Corrigé complet — Bac S 2008 Métropole rattrapage (ancien programme)

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

Ex 1	**Piles et appareils nomades** Pile à hydrogène et oxydoréduction · Quantité d'électricité débitée · Radioactivité β^- · Décroissance radioactive et demi-vie · Circuit RC : charge et décharge · Constante de temps	6,5 pts	1 h 18	19 questions	p. 2
Ex 2	**Lancement d'un satellite météorologique** Deuxième loi de Newton · Équations horaires · Force gravitationnelle · Mouvement circulaire uniforme · Lois de Kepler · Orbite de transfert	5,5 pts	1 h 05	17 questions	p. 6
Ex 3	**Histoire des savons** Saponification d'un triester · Chauffage à reflux · Relargage et filtration sous vide · Quantité de matière et rendement · Facteurs cinétiques · Ion carboxylate amphiphile	4 pts	52 min	15 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Sirop de menthe** Hydrodistillation · Extraction liquide-liquide · Décantation et densité · Chromatographie · Spectre d'absorption · Dosage par étalonnage	4 pts	52 min	11 questions	p. 16

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.

Piles et appareils nomades

Bac S 2008 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Écrire la demi-équation électronique qui correspond à l'oxydation du dihydrogène.

Données utiles couple $\mathrm{H^+(aq)/H_2(g)}$

Une oxydation est une perte d'électrons : le réducteur $\mathrm{H_2}$ est transformé en son oxydant conjugué $\mathrm{H^+}$.

$$\mathrm{H_2\,(g) = 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^-}$$

PIÈGE
Pour une oxydation, les électrons figurent du côté des produits. Vérifier ensuite les charges : zéro à gauche, $2 - 2 = 0$ à droite.

1.2 Préciser le sens de circulation du courant électrique dans le circuit extérieur.

L'oxydation de $\mathrm{H_2}$ libère des électrons à l'électrode 1. Ils rejoignent l'électrode 2 par le circuit extérieur, où ils sont consommés avec $\mathrm{H^+}$ et $\mathrm{O_2}$.

Le sens conventionnel du courant est opposé à celui du déplacement des électrons.

Dans le circuit extérieur, le courant circule de l'électrode 2 vers l'électrode 1.

COMPRENDRE
L'électrode 1, siège de l'oxydation, est l'anode et le pôle négatif de la pile. L'électrode 2, siège de la réduction, est la cathode et le pôle positif : le courant sort de la pile par elle.

1.3 Expliquer pourquoi le dihydrogène est le réactif limitant de la réaction $\mathrm{O_2\,(g) + 2\,H_2\,(g) = 2\,H_2O\,(l)}$.

Le dioxygène est prélevé dans l'air ambiant, qui en fournit sans limite : il est toujours en excès. Le dihydrogène provient au contraire d'un réservoir, qui en contient une quantité finie.

Le dihydrogène s'épuise en premier : c'est le réactif limitant.

1.4 En exploitant la demi-équation de la question 1.1, exprimer la quantité d'électrons échangés $n(\mathrm{e^-})$ en fonction de $n_i(\mathrm{H_2})$.

D'après $\mathrm{H_2 = 2\,H^+ + 2\,e^-}$, chaque mole de dihydrogène oxydée libère deux moles d'électrons. Lorsque tout le dihydrogène est consommé :

$$n(\mathrm{e^-}) = 2\,n_i(\mathrm{H_2})$$

1.5 Déterminer l'expression littérale de $n_i(\mathrm{H_2})$ en fonction de l'intensité I, de la durée Δt, de la constante d'Avogadro N_A et de la charge élémentaire e.

Données utiles $n(\mathrm{e^-}) = 2\,n_i(\mathrm{H_2})$ (1.4)

Charge électrique débitée pendant la durée Δt : $Q = I\,\Delta t$.

Cette charge est portée par $n(\mathrm{e^-})$ moles d'électrons, soit $n(\mathrm{e^-})\,N_A$ électrons de charge e en valeur absolue : $Q = n(\mathrm{e^-})\,N_A\,e$.

Donc $I\,\Delta t = 2\,n_i(\mathrm{H_2})\,N_A\,e$, d'où :

$$n_i(\mathrm{H_2}) = \frac{I\,\Delta t}{2\,N_A\,e}$$

PIÈGE
Dans la formule, Δt s'exprime en secondes : $200\ \mathrm{h}$ devront être convertis en $7{,}2 \times 10^5\ \mathrm{s}$.

MÉTHODE
Pour toute pile ou électrolyse : écrire la charge de deux façons, $Q = I\,\Delta t$ et $Q = n(\mathrm{e^-})\,N_A\,e$, puis relier $n(\mathrm{e^-})$ au réactif grâce à la demi-équation.

1.6.1 Calculer le volume $V(\mathrm{H_2})$ du réservoir de stockage nécessaire dans les conditions usuelles de température et de pression.

Données utiles $n_i(\mathrm{H_2}) = 7{,}5 \times 10^2$ mol ; $V_m = 24$ L · mol^{-1}

Pour un gaz : $n_i(\mathrm{H_2}) = \dfrac{V(\mathrm{H_2})}{V_m}$, donc $V(\mathrm{H_2}) = n_i(\mathrm{H_2}) \times V_m$.

$$V(\mathrm{H_2}) = 7{,}5 \times 10^2 \times 24 = 7{,}5 \times 2{,}4 \times 10^3 = 1{,}8 \times 10^1 \times 10^3$$

$V(\mathrm{H_2}) = 1{,}8 \times 10^4$ L, soit 18 m^3

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les deux données. Sans calculatrice, on isole $2{,}4 \times 7{,}5$ pour utiliser l'aide au calcul, puis on regroupe les puissances de dix.

1.6.2 Au regard de ce résultat, quel inconvénient peut présenter l'utilisation de la pile à hydrogène dans les conditions usuelles de pression et de température ?

Données utiles $V(\mathrm{H_2}) = 1{,}8 \times 10^4$ L (1.6.1)

Un réservoir de 18 m^3 est bien trop encombrant pour accompagner un appareil que l'on transporte.

Inconvénient : à pression et température usuelles, le stockage du dihydrogène demande un volume beaucoup trop grand.

COMPRENDRE
C'est pourquoi le dihydrogène est stocké comprimé sous forte pression : la même quantité de gaz occupe alors un volume bien plus faible.

2.1 Quel est le type de transformation radioactive du nickel 63 évoqué dans le texte ?

Le texte indique que le nickel 63 émet des électrons.

Il s'agit d'une radioactivité β^-.

2.2 Compléter l'équation de désintégration du nickel 63 en précisant la nature (symbole, nombre de nucléons et nombre de charges) du noyau formé.

Données utiles extrait de la classification : ${}_{27}\mathrm{Co}$, ${}_{28}\mathrm{Ni}$, ${}_{29}\mathrm{Cu}$

Conservation du nombre de nucléons : $63 = A + 0$, donc $A = 63$.

Conservation du nombre de charges : $28 = Z - 1$, donc $Z = 29$: l'élément est le cuivre.

${}^{63}_{28}\mathrm{Ni} \longrightarrow {}^{63}_{29}\mathrm{Cu} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}^-$: le noyau formé est le cuivre 63 (63 nucléons, 29 protons).

PIÈGE
L'électron porte le nombre de charges -1 : on obtient $Z = 28 + 1 = 29$ et non 27. Le noyau fils est le cuivre, pas le cobalt.

2.3.1 Rappeler la loi de décroissance radioactive $N(t)$ en fonction de N_0 et λ.

$N(t) = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}$

2.3.2 Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'une source radioactive.

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

2.3.3 Montrer que $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$.

Par définition : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$. Avec la loi de décroissance :

$N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{N_0}{2}$, soit $\mathrm{e}^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$.

En prenant le logarithme népérien : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

MÉTHODE
Pour extraire une inconnue placée en exposant : isoler l'exponentielle, puis appliquer $\ln$ aux deux membres. Se rappeler que $\ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$.

2.3.4 Calculer $t_{1/2}$.

Données utiles $\lambda = 6{,}9 \times 10^{-3}\ \text{an}^{-1}$; $\ln 2 \approx 6{,}9 \times 10^{-1}$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{6{,}9 \times 10^{-1}}{6{,}9 \times 10^{-3}} = 10^{-1-(-3)}\ \text{ans}$$

$$t_{1/2} = 1{,}0 \times 10^{2}\ \text{ans}$$

PIÈGE
λ est en an^{-1} : le résultat sort directement en années. Aucune conversion en secondes n'est utile ici.

2.3.5 Ce résultat est-il en accord avec la durée de fonctionnement de la pile indiquée dans le document ?

Données utiles $t_{1/2} = 1{,}0 \times 10^{2}$ ans (2.3.4) ; document : fonctionnement pendant plusieurs dizaines d'années

Plusieurs dizaines d'années représentent une durée inférieure à la demi-vie de 100 ans. Pendant ce temps, plus de la moitié des noyaux de nickel 63 sont encore présents : la source continue d'émettre des électrons et la pile fonctionne.

Oui : une demi-vie de 100 ans est en accord avec un fonctionnement de plusieurs dizaines d'années.

3.1 Donner la relation qui lie l'intensité $i(t)$ à la charge $q(t)$ de l'armature du condensateur notée sur la figure 3, puis à la tension $u_C(t)$.

Le courant i arrive sur l'armature qui porte la charge q : $i(t) = \dfrac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t}$.

La flèche de u_C pointe vers cette armature : $q(t) = C\,u_C(t)$. Comme C est constante :

$$i(t) = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$$

PIÈGE
Ces relations sans signe « $-$ » ne valent qu'avec l'orientation de la figure 3 : i entrant par l'armature de charge q, flèche de u_C pointant vers elle.

3.2 Déterminer, en justifiant, l'équation différentielle qui régit l'évolution de $u_C(t)$ au cours de la charge du condensateur.

Données utiles $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ (3.1)

On note u_R la tension aux bornes du conducteur ohmique, fléchée en sens opposé à i.

Loi d'additivité des tensions : $E = u_R + u_C$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i = RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

$$RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = E, \text{ soit } \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

MÉTHODE
Toujours trois étapes : loi des mailles, loi d'Ohm, puis remplacement de i par $C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$. L'équation finale ne contient plus que u_C et des constantes.

3.3 Déterminer, en justifiant, l'équation différentielle qui régit l'évolution de $u_C(t)$ au cours de la décharge du condensateur dans le conducteur ohmique de résistance R_B.

Données utiles $i = C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ (3.1), orientation de la figure 4 identique à celle de la figure 3

Le circuit de la figure 4 ne contient plus de générateur. Loi d'additivité des tensions : $u_{R_B} + u_C = 0$.

Loi d'Ohm : $u_{R_B} = R_B\, i = R_B\, C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

$$R_B\, C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = 0, \text{ soit } \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{u_C}{R_B\, C} = 0$$

COMPRENDRE
Même équation que pour la charge, avec E remplacé par 0 et R par R_B. Pendant la décharge, u_C diminue : $i = C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ est négatif, le courant réel circule en sens inverse de la flèche.

3.4 Sachant que les durées de charge et de décharge sont proportionnelles aux constantes de temps du circuit, expliquer, sans calcul, pourquoi T_1 est supérieure à T_2.

La charge se fait à travers R_A et R_B en série : constante de temps $\tau_1 = (R_A + R_B)\, C$.

La décharge se fait à travers R_B seul : constante de temps $\tau_2 = R_B\, C$.

Comme $R_A + R_B > R_B$, on a $\tau_1 > \tau_2$. Les durées étant proportionnelles aux constantes de temps :

$T_1 > T_2$: la charge dure plus longtemps que la décharge.

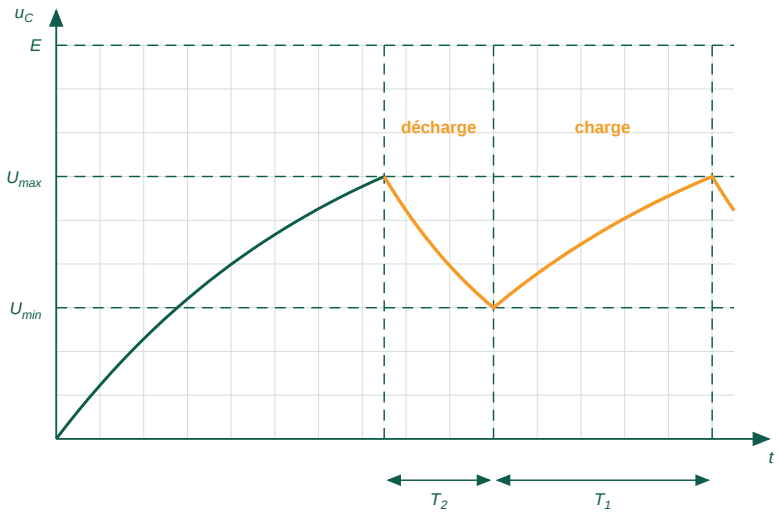
COMPRENDRE
Avec $R_A + R_B = 66\ \mathrm{k\Omega}$ et $R_B = 33\ \mathrm{k\Omega}$, la constante de temps de charge est double : $T_1 = 2\,T_2$, ce que respectent les durées repérées sur l'annexe.

3.5 Compléter, sur la figure 5 de l'annexe, l'allure de l'évolution de $u_C(t)$ lors des différentes phases de charge et de décharge.

- Pendant T_2 : décharge. u_C décroît de U_{max} à U_{min} suivant un arc d'exponentielle qui tend vers 0, de moins en moins pentu.
- Pendant T_1 : charge. u_C croît de U_{min} à U_{max} suivant un arc d'exponentielle qui tend vers E, de moins en moins pentu.
- Ensuite, le cycle recommence à l'identique.

u_C oscille entre U_{min} et U_{max} : décharge rapide (durée T_2), puis charge deux fois plus longue (durée T_1).

PIÈGE
Ne pas tracer de segments de droite, ni faire redescendre u_C jusqu'à 0 ou remonter jusqu'à E : la tension reste entre U_{min} et U_{max} et la courbe est continue aux changements de phase.



3.5 · Figure 5 de l'annexe complétée : en orange, le tracé de l'élève

Lancement d'un satellite météorologique

Bac S 2008 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

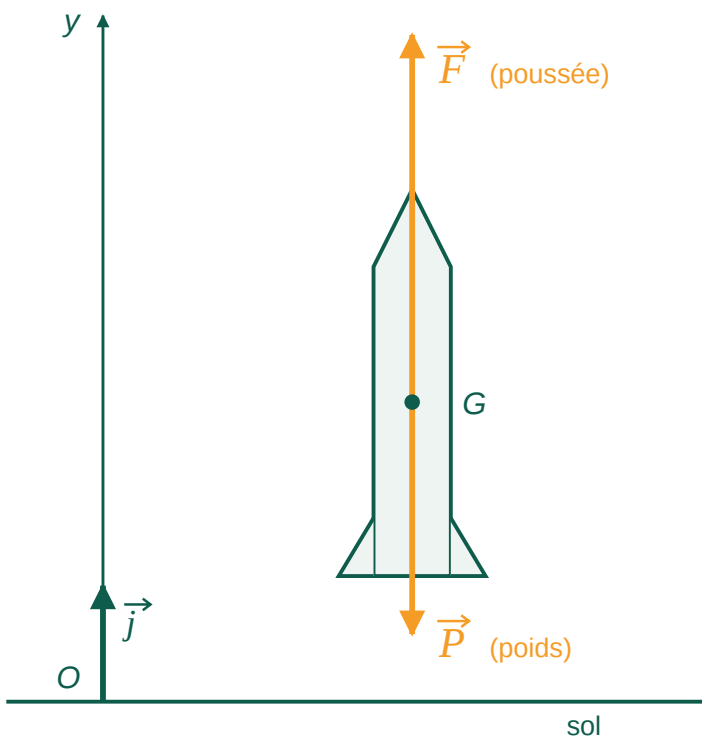
1.1.1 Sans calcul, représenter le poids $\vec{P}$ et la force de poussée $\vec{F}$ sur un schéma pendant le décollage.

Les deux forces sont verticales et appliquées à la fusée : le poids $\vec{P}$ vers le bas, la poussée $\vec{F}$ vers le haut.

La fusée décolle, donc $F > P$: la flèche de $\vec{F}$ est tracée plus longue que celle de $\vec{P}$.

$\vec{F}$ vers le haut, $\vec{P}$ vers le bas, avec $F > P$ (schéma).

PIÈGE
Dessiner deux flèches de même longueur : la fusée resterait immobile ou en mouvement uniforme. Le schéma doit montrer que la poussée l'emporte.



1.1.1 · Forces sur la fusée pendant le décollage : la flèche de la poussée est plus longue que celle du poids

1.1.2 En appliquant une loi de Newton au système {fusée}, trouver l'expression littérale de la valeur a de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.

Système {fusée}, de masse M constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; forces : $\vec{P}$ et $\vec{F}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F} + \vec{P} = M\,\vec{a}$.

En projection sur l'axe (Oy), orienté vers le haut : $F - M\,g = M\,a$.

$$a = \frac{F}{M} - g$$

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel, bilan des forces, loi vectorielle, puis projection sur l'axe. Le signe de chaque terme vient du sens de la force par rapport à $\vec{j}$.

1.1.3 Calculer la valeur de cette accélération a.

Données utiles $M = 7{,}3 \times 10^5$ kg ; $F = 1{,}16 \times 10^7$ N ; $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; aide au calcul : $\dfrac{1{,}16}{7{,}3} \approx 1{,}6 \times 10^{-1}$

$$a = \frac{1{,}16 \times 10^7}{7{,}3 \times 10^5} - 10 = 1{,}6 \times 10^{-1} \times 10^2 - 10 = 16 - 10$$

$\boxed{a = 6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$

PIÈGE
Sans calculatrice, choisir la bonne aide : c'est le quotient $\dfrac{1{,}16}{7{,}3}$ qui sert, pas le produit ni le quotient inverse. Ne pas oublier de retrancher g.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : $\dfrac{F}{M} = 16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ sont connus à l'unité près ; leur différence aussi. On écrit donc 6, sans décimale.

1.1.4 L'accélération restant constante, déterminer l'équation horaire de la valeur $v(t)$ de la vitesse.

Données utiles $a = 6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ (1.1.3) ; fusée immobile à $t_0 = 0$ s

Par définition, $a = \dfrac{\text{d}v}{\text{d}t}$ avec a constante. Une primitive donne $v(t) = a\,t + C_1$.

Condition initiale : $v(0) = 0$, donc $C_1 = 0$.

$\boxed{v(t) = a\,t = 6\,t \text{ (avec } v \text{ en m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ et } t \text{ en s)}}$

1.1.5 En déduire l'équation horaire de la valeur $y(t)$ de la position.

Données utiles $v(t) = 6\,t$ (1.1.4) ; G confondu avec O à $t_0 = 0$ s

Par définition, $v = \dfrac{\text{d}y}{\text{d}t} = a\,t$. Une primitive donne $y(t) = \dfrac{1}{2}\,a\,t^2 + C_2$.

Condition initiale : $y(0) = 0$, donc $C_2 = 0$.

$\boxed{y(t) = \dfrac{1}{2}\,a\,t^2 = 3\,t^2 \text{ (avec } y \text{ en m et } t \text{ en s)}}$

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration, ou ne pas les justifier. Même nulles, elles se déterminent avec les conditions initiales de l'énoncé.

1.1.6 La trajectoire reste verticale jusqu'à la date t_1. Quelle distance la fusée a-t-elle parcourue depuis son décollage ?

Données utiles $t_1 = 6{,}0$ s ; $y(t) = 3\,t^2$ (1.1.5)

La fusée part de O et monte verticalement : la distance parcourue est $d = y(t_1)$.

$$d = 3 \times 6{,}0^2 = 3 \times 36 = 108\ \text{m}$$

$\boxed{d \approx 1{,}1 \times 10^2\ \text{m}}$

1.2 En réalité, Ariane 5 a parcouru un peu moins de 90 m pendant les 6 premières secondes. Citer un phénomène permettant d'interpréter cette donnée.

Données utiles $d \approx 1{,}1 \times 10^2$ m dans le cas idéal (1.1.6)

La distance réelle (moins de 90 m) est inférieure à celle du modèle (environ 110 m) : l'accélération réelle est plus faible que prévu.

Le modèle néglige les frottements de l'air. Cette force, opposée au mouvement, s'ajoute au poids et diminue l'accélération.

$\boxed{\text{Phénomène : les frottements de l'air sur la fusée.}}$

COMPRENDRE
Un seul phénomène est demandé. La masse, elle, diminue quand les ergols sont éjectés : cela augmenterait l'accélération, ce qui n'explique donc pas une distance plus courte.

2.1 Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données.

La distance entre le centre T de la Terre et le satellite S est $TS = R_T + h$. La force est attractive, donc dirigée de S vers T, comme $\vec{n}$.

$$\vec{F}_{T/S} = G\,\frac{m\,M_T}{(R_T+h)^2}\,\vec{n}$$

PIÈGE
Écrire h^2 au dénominateur : la distance se compte entre les centres, pas depuis le sol. Pas de signe « $-$ » non plus, puisque $\vec{n}$ pointe déjà vers la Terre.

2.2 En appliquant une loi de Newton, trouver l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_S$ du centre d'inertie du satellite.

Système {satellite}, de masse m constante ; référentiel géocentrique supposé galiléen ; seule force : $\vec{F}_{T/S}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{T/S} = m\,\vec{a}_S$, soit $G\,\dfrac{m\,M_T}{(R_T+h)^2}\,\vec{n} = m\,\vec{a}_S$.

$$\vec{a}_S = \frac{G\,M_T}{(R_T+h)^2}\,\vec{n}$$

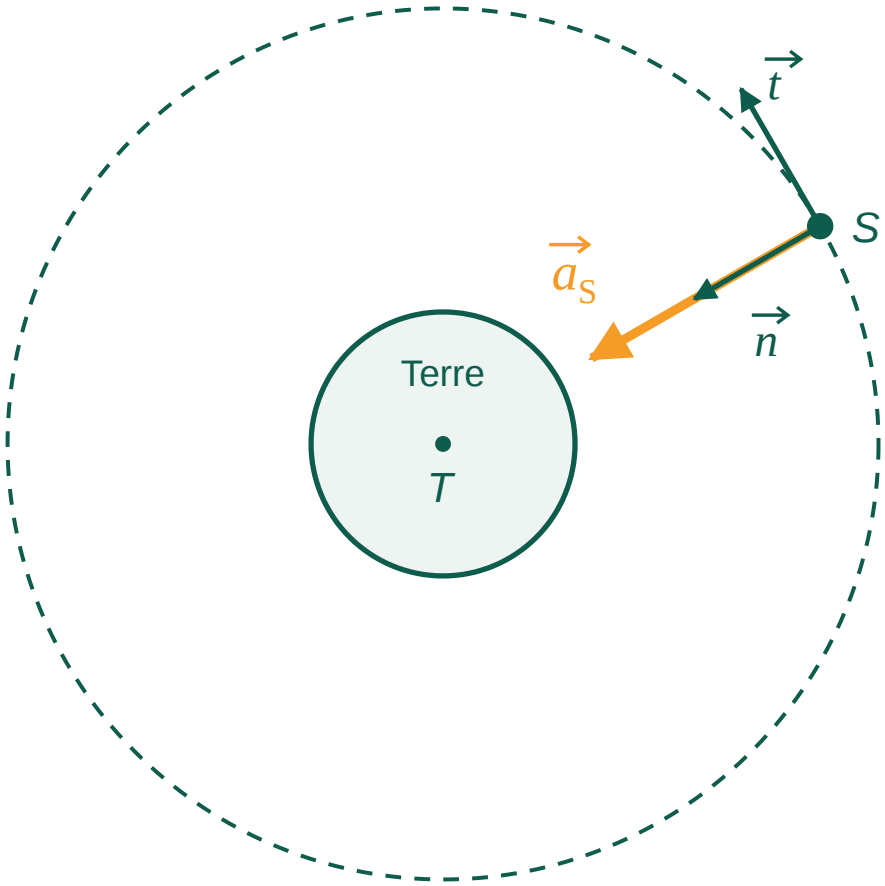
COMPRENDRE
La masse m du satellite se simplifie : l'accélération, donc le mouvement, ne dépend pas du satellite mais seulement de la Terre et de l'altitude.

2.3 Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à une date t quelconque, la Terre, le satellite, le repère $(S, \vec{t}, \vec{n})$ et le vecteur accélération $\vec{a}_S$.

Le vecteur $\vec{t}$ est tangent au cercle, dans le sens du mouvement ; $\vec{n}$ est porté par le rayon et pointe vers T.

D'après 2.2, $\vec{a}_S$ a la direction et le sens de $\vec{n}$: il part de S et pointe vers le centre de la Terre.

$\vec{a}_S$ est radial et centripète (schéma).



orbite circulaire basse

2.3 · Le vecteur accélération est porté par la droite (ST) et dirigé vers le centre T de la Terre

2.4 Déterminer l'expression de la vitesse v_S du centre d'inertie du satellite. Vérifier que sa valeur est de l'ordre de $7{,}6 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ sur son orbite basse.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_T = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6{,}4 \times 10^3$ km ; $h = 6{,}0 \times 10^2$ km ; aides au calcul : $6{,}67 \times 6{,}0 \approx 4{,}0 \times 10^1$ et $\sqrt{\dfrac{4{,}0}{7{,}0}} \approx 7{,}6 \times 10^{-1}$

Le mouvement est circulaire et uniforme, de rayon $R_T + h$:

l'accélération est centripète et vaut $\vec{a}_S = \dfrac{v_S^2}{R_T + h}\vec{n}$.

En égalant avec l'expression de 2.2 : $\dfrac{v_S^2}{R_T + h} = \dfrac{G\,M_T}{(R_T + h)^2}$, d'où

$$v_S = \sqrt{\frac{G\,M_T}{R_T + h}}$$

Avec $R_T + h = 6{,}4 \times 10^6 + 0{,}60 \times 10^6 = 7{,}0 \times 10^6$ m :

$$v_S = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 6{,}0 \times 10^{24}}{7{,}0 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4{,}0 \times 10^{14}}{7{,}0 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4{,}0}{7{,}0}} \times 10^4$$

$v_S = 7{,}6 \times 10^{-1} \times 10^4 = 7{,}6 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Laisser R_T et h en kilomètres : avec G en unités SI, les distances sont en mètres. Autre erreur fréquente : oublier d'ajouter R_T à l'altitude.

MÉTHODE
Sans calculatrice, regrouper les puissances de dix pour faire apparaître une puissance paire sous la racine : $\sqrt{10^8} = 10^4$. Il reste alors exactement une des aides au calcul.

2.5 Comment appelle-t-on le temps T mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre ? Montrer que $T^2 = \dfrac{4\pi^2(R_T+h)^3}{G\,M_T}$.

Données utiles $v_S^2 = \dfrac{G\,M_T}{R_T+h}$ (2.4)

T est la **période de révolution** du satellite.

À vitesse constante, le satellite parcourt le périmètre de l'orbite pendant une période : $v_S = \dfrac{2\pi(R_T+h)}{T}$, donc $T^2 = \dfrac{4\pi^2(R_T+h)^2}{v_S^2}$.

En remplaçant v_S^2 par son expression : $T^2 = 4\pi^2(R_T+h)^2 \times \dfrac{R_T+h}{G\,M_T}$.

$T^2 = \dfrac{4\pi^2(R_T+h)^3}{G\,M_T}$: c'est la relation attendue.

COMPRENDRE
On retrouve la troisième loi de Kepler : $\dfrac{T^2}{(R_T+h)^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_T}$ est une constante, la même pour tous les satellites de la Terre.

3.1 Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou « loi des aires ».

Le segment qui relie le centre de la Terre au satellite balaie des aires égales pendant des durées égales.

COMPRENDRE
La loi est énoncée ici pour un satellite de la Terre. Pour une planète, le segment relie le centre du Soleil à celui de la planète.

3.2 Montrer que la vitesse du satellite n'est pas constante sur son orbite de transfert. Préciser en quels points sa vitesse est maximale, minimale.

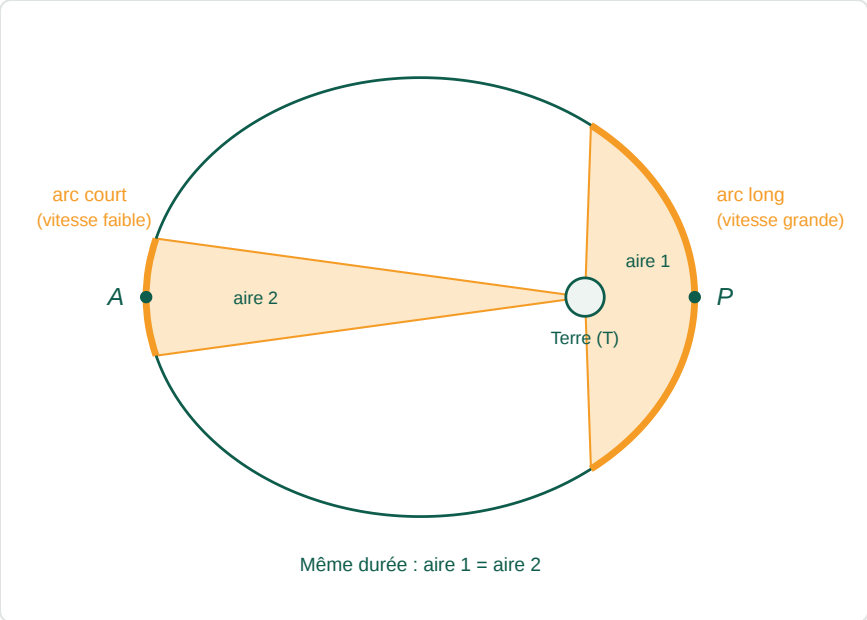
On considère deux durées égales Δt, l'une autour de P, l'autre autour de A. D'après la loi des aires, les deux aires balayées par le segment [TS] sont égales.

Près de P, le satellite est proche de la Terre : pour balayer la même aire, il doit parcourir un arc plus long que près de A, où le segment [TS] est grand.

Une distance plus grande pendant la même durée : la vitesse est plus grande près de P que près de A. Elle n'est donc pas constante.

Vitesse maximale au périgée P, minimale à l'apogée A.

PIÈGE
Se contenter d'affirmer « maximale en P ». La justification attendue passe par la loi des aires : mêmes aires, mêmes durées, arcs de longueurs différentes.



3.2 · Loi des aires sur l'orbite de transfert : deux aires égales balayées pendant la même durée

3.3 Exprimer la distance AP en fonction de R_T, h et h'. Montrer que $AP = 4{,}9 \times 10^7$ m.

Données utiles $R_T = 6{,}4 \times 10^3$ km ; $h = 6{,}0 \times 10^2$ km ; $h' = 3{,}6 \times 10^4$ km

A, T et P sont alignés, avec T entre A et P : $AP = AT + TP = (R_T + h') + (R_T + h)$.

$$AP = 2\,R_T + h + h'$$

En mètres : $2\,R_T = 1{,}28 \times 10^7$ m ; $h = 0{,}06 \times 10^7$ m ; $h' = 3{,}6 \times 10^7$ m.

$$AP = (1{,}28 + 0{,}06 + 3{,}6) \times 10^7 = 4{,}94 \times 10^7 \text{ m}$$

$AP \approx 4{,}9 \times 10^7$ m : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Compter une seule fois le rayon terrestre : les altitudes h et h' se mesurent depuis le sol, de part et d'autre de la Terre. Écrire tous les termes avec la même puissance de dix avant d'additionner.

3.4 Déterminer la durée minimale Δt du transfert du satellite du point P de son orbite basse au point A de son orbite géostationnaire.

Données utiles durée de révolution sur l'orbite elliptique : $T' = 10\text{ h }42\text{ min}$

P et A sont les deux extrémités du grand axe de l'ellipse : aller de P à A, c'est parcourir une moitié de l'orbite de transfert. Par symétrie, cette moitié dure une demi-période.

$$\Delta t = \frac{T'}{2} = \frac{10\text{ h }42\text{ min}}{2}$$

$\Delta t = 5\text{ h }21\text{ min}$

COMPRENDRE
La vitesse varie, mais les deux moitiés de l'ellipse (de P à A, puis de A à P) sont symétriques par rapport au grand axe : chacune dure bien $\frac{T'}{2}$. La durée est minimale car le satellite peut aussi faire des tours supplémentaires.

3.5 Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu proche de l'équateur comme Kourou en Guyane.

Un satellite géostationnaire reste à la verticale d'un même point du sol : son orbite est dans le plan de l'équateur et il tourne dans le même sens que la Terre.

Deux avantages à un tir proche de l'équateur :

- la fusée part presque dans le plan de l'orbite visée : peu de corrections de trajectoire, donc peu de carburant pour y amener le satellite ;
- la vitesse du sol due à la rotation de la Terre est la plus grande à l'équateur : en tirant vers l'est, la fusée profite de cette vitesse initiale.

Près de l'équateur, on économise du carburant : orbite déjà presque équatoriale et vitesse de rotation de la Terre maximale.

Histoire des savons

Bac S 2008 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Quelles caractéristiques différencient la saponification (hydrolyse basique) et l'hydrolyse d'un ester, en termes de cinétique et d'avancement final ?

Hydrolyse d'un ester (par l'eau) : transformation **lente** et **limitée**, car l'estérification se produit en sens inverse ; $x_f < x_{max}$.

Saponification (par les ions HO^-) : transformation **rapide** à chaud et **totale** ; $x_f = x_{max}$.

Hydrolyse : lente et limitée ($x_f < x_{max}$) ; saponification : rapide et totale ($x_f = x_{max}$).

COMPRENDRE
L'ion carboxylate formé en milieu basique ne réagit pas avec l'alcool : la réaction inverse est impossible, d'où le caractère total de la saponification.

1.2.1 Choisir, parmi les trois montages de la figure 7, celui à utiliser pour réaliser une saponification.

Le ballon chauffé doit être surmonté d'un réfrigérant vertical, sans récipient de récupération.

Il faut utiliser le **montage (b)**.

PIÈGE
Les montages (a) et (c) sont des distillations : le réfrigérant incliné envoie les vapeurs condensées dans un erlenmeyer, hors du ballon. Ils servent à séparer, pas à synthétiser.

1.2.2 Donner le nom de ce montage.

C'est un montage de **chauffage à reflux**.

1.2.3 Quel est l'intérêt d'un tel montage ?

Chauffer accélère la transformation, la température étant un facteur cinétique.

Les vapeurs qui montent se liquéfient dans le réfrigérant à boules et retombent dans le ballon : aucune perte de réactifs ni de produits.

Le chauffage à reflux accélère la réaction sans perte de matière.

MÉTHODE
Pour justifier un reflux, toujours donner deux arguments : la durée (on chauffe) et la conservation de la matière (on condense les vapeurs).

1.3.1 Justifier, à l'aide du tableau des données, l'utilisation d'eau salée dans l'étape 2.

Données utiles savon : soluble dans l'eau, peu soluble dans l'eau salée ; potasse : soluble dans l'eau salée

D'après le tableau, le savon se dissout dans l'eau mais très peu dans l'eau salée. En versant le contenu du ballon dans l'eau salée, le savon précipite, alors que la potasse en excès reste en solution.

L'eau salée fait apparaître le savon à l'état solide (relargage) et le sépare de la potasse restante.

COMPRENDRE
Cette opération s'appelle le relargage. Le glycérol, très soluble dans l'eau, reste lui aussi dans la phase aqueuse.

1.3.2 Quel est le nom du dispositif utilisé à l'étape 3 ? Quel est son intérêt ?

L'entonnoir Büchner est posé sur une fiole à vide reliée à une trompe à eau : c'est une filtration sous vide (ou sur Büchner).

L'aspiration rend la filtration plus rapide qu'une filtration par gravité et le solide recueilli est mieux essoré.

Filtration sous vide sur Büchner : plus rapide et plus efficace qu'une filtration simple.

1.4.1 Écrire une formule semi-développée du savon noté Sav dans l'équation.

Chaque groupe ester $-O-CO^-$ est rompu entre O et CO : la chaîne libérée porte un groupe carboxylate, associé à un ion K^+.

Sav : $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COO^- + K^+$ (oléate de potassium)

PIÈGE
Écrire l'acide $-COOH$: en milieu basique, c'est l'ion carboxylate qui se forme.

COMPRENDRE
Vérification : $C_{18}H_{33}O_2K$ donne $18\times12+33+2\times16+39=320\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, la valeur M_{Sav} du tableau.

1.4.2 La potasse étant en excès, calculer la quantité de matière maximale de savon n_{Sav} obtenue par saponification de 884 kg d'huile.

Données utiles $m_{Olé}=884\ \text{kg}$; $M_{Olé}=884\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

L'oléine est le réactif limitant et la transformation est totale. D'après l'équation, une mole d'oléine fournit trois moles de savon :

$$n_{Sav}=3\,n_{Olé}=3\,\frac{m_{Olé}}{M_{Olé}}$$

$$n_{Sav}=3\times\frac{884\times10^3}{884}=3\times1{,}00\times10^3$$

$n_{Sav}=3{,}00\times10^3\ \text{mol}$

PIÈGE
Laisser la masse en kilogrammes avec une masse molaire en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, ou oublier le coefficient 3 de l'équation.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les données 884 kg et $884\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; le coefficient 3 est un nombre exact.

1.4.3 Montrer que la masse maximale de savon m_{Sav} susceptible d'être obtenue est 960 kg.

Données utiles $n_{Sav}=3{,}00\times10^3$ mol (1.4.2) ; $M_{Sav}=320\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$m_{Sav}=n_{Sav}\times M_{Sav}$$

$$m_{Sav}=3{,}00\times10^3\times320=9{,}60\times10^5\ \text{g}$$

$m_{Sav}=9{,}60\times10^2\ \text{kg}=960\ \text{kg}$: c'est bien la valeur attendue.

1.4.4 Quelle est la masse de savon réellement obtenue m_r si le rendement de l'expérience est égal à 90 % ?

Données utiles $m_{Sav}=960\ \text{kg}$ (1.4.3) ; rendement $\eta=0{,}90$; aide au calcul : $9{,}6\times0{,}9\approx8{,}6$

Le rendement est le rapport de la masse obtenue à la masse maximale : $\eta=\dfrac{m_r}{m_{Sav}}$, donc

$$m_r=\eta\times m_{Sav}=0{,}90\times9{,}60\times10^2$$

$m_r\approx8{,}6\times10^2\ \text{kg}$

PIÈGE
Diviser par 0,90 : on trouverait une masse supérieure à la masse maximale, ce qui est impossible.

MÉTHODE
Sans calculatrice, écrire les nombres en notation scientifique pour faire apparaître une ligne de l'aide au calcul : ici $9{,}6\times0{,}9$. Les deux autres lignes de l'aide sont des leurres.

2.1 Attribuer aux termes « savons » et « graisses de mouton, de bœuf ou de chèvre » la famille chimique correspondante parmi : triester d'acides gras, acide carboxylique, carboxylate de potassium.

Les graisses animales sont des corps gras, comme l'oléine étudiée dans la partie 1. La lessive de cendres apporte les ions potassium du savon.

Savons : **carboxylate de potassium** ; graisses : **triester d'acides gras**.

2.2 Quel facteur cinétique a permis d'améliorer la recette de Galien au XVe siècle ?

Le texte indique qu'au XVe siècle le savon est fabriqué « par ébullition » du corps gras et de la base : le mélange est chauffé.

Le facteur cinétique est la **température**.

2.3 Recopier la formule semi-développée du glycol, entourer le ou les groupes caractéristiques et nommer la fonction correspondante.

La molécule porte deux groupes hydroxyle $-\mathrm{OH}$, chacun lié à un atome de carbone tétraédrique.

Deux groupes hydroxyle : fonction **alcool** (le glycol est un diol).

PIÈGE
Confondre le groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ d'une molécule avec l'ion hydroxyde $\mathrm{HO^-}$, ou nommer le groupe sans nommer la fonction demandée.



2.3 · Formule du glycol : les deux groupes hydroxyle sont entourés

3.1 Identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe de l'ion carboxylate.

La partie 2, le groupe $-\mathrm{COO^-}$, est chargée : elle a une forte affinité pour l'eau, solvant polaire. La partie 1 ne porte aucune charge et n'a pas d'affinité pour l'eau.

Partie 2 : **hydrophile** ; partie 1 : **hydrophobe**.

COMPRENDRE
La partie 1, hydrophobe, est aussi lipophile : elle se fixe dans les graisses pendant que la partie 2 reste dans l'eau. C'est l'origine du pouvoir nettoyant.

3.2 Que représente la partie 1 de l'ion carboxylate ?

Dans cette écriture topologique, chaque sommet de la ligne brisée est un atome de carbone, lié à des atomes d'hydrogène non dessinés.

La partie 1 est une **longue chaîne carbonée** (carbone et hydrogène), linéaire.

Spécialité : Sirop de menthe

Bac S 2008 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Quel est le nom du procédé d'extraction correspondant au montage de la figure 7 ?

Le ballon contient les feuilles de menthe et de l'eau portée à ébullition : la vapeur d'eau entraîne les espèces odorantes, puis elle est condensée.

Ce montage réalise une **hydrodistillation** (entraînement à la vapeur).

PIÈGE
Répondre « distillation fractionnée » : il n'y a pas de colonne de Vigreux, et l'on ne sépare pas ici deux liquides miscibles.

1.1.2 Sur la figure 7, la légende 1 correspond-elle à l'entrée ou à la sortie de l'eau ? Préciser le rôle du réfrigérant.

Le repère 1 est le raccord le plus haut du réfrigérant. L'eau froide entre par le bas (repère 2) et ressort par le haut.

Rôle du réfrigérant : refroidir les vapeurs qui sortent du ballon pour les liquéfier ; le liquide obtenu (le distillat) coule dans l'erlenmeyer.

Le repère 1 est la **sortie** de l'eau ; le réfrigérant **condense les vapeurs**.

COMPRENDRE
L'eau circule du bas vers le haut pour que le manchon reste plein : toute la paroi est alors froide. En entrant par le haut, l'eau s'écoulerait sans remplir le réfrigérant.

1.2.1 À l'aide du tableau des caractéristiques physiques, justifier l'ajout de chlorure de sodium dans le distillat.

Données utiles solubilité de l'huile essentielle : faible dans l'eau, très faible dans l'eau salée ; densités : huile essentielle 0,9, eau salée saturée 1,1

D'après le tableau, l'huile essentielle de menthe est encore moins soluble dans l'eau salée (très faible) que dans l'eau (faible).

En salant le distillat, l'huile essentielle dissoute ou dispersée dans l'eau quitte la phase aqueuse : les deux phases se séparent mieux. L'écart de densité augmente aussi (0,9 contre 1,1 au lieu de 1,0).

Le sel **diminue la solubilité de l'huile essentielle dans la phase aqueuse** : la séparation est plus nette.

COMPRENDRE
Cette opération s'appelle le relargage. Elle améliore le rendement de l'extraction, car moins d'huile essentielle reste perdue dans l'eau.

1.2.2 Citer deux raisons qui justifient le choix du dichlorométhane comme solvant extracteur.

Données utiles solubilité de l'huile essentielle dans le dichlorométhane : importante ; solubilité du dichlorométhane dans l'eau et dans l'eau salée : quasi nulle

- L'huile essentielle de menthe est très soluble dans le dichlorométhane, bien plus que dans l'eau salée : elle passe dans ce solvant.
- Le dichlorométhane n'est pas miscible à l'eau salée (solubilité quasi nulle) : on obtient deux phases que l'ampoule à décanter sépare.

Solvant où l'espèce à extraire est **très soluble** et qui est **non miscible à la phase aqueuse**.

COMPRENDRE
Troisième avantage, utile à la fin du protocole : le dichlorométhane bout à 40 °C, très en dessous du menthol (212 °C) et de la menthone (207 °C). L'évaporateur rotatif l'élimine donc facilement.

1.2.3 Faire un schéma de l'ampoule à décanter en indiquant la position des phases aqueuse et organique obtenues. Justifier.

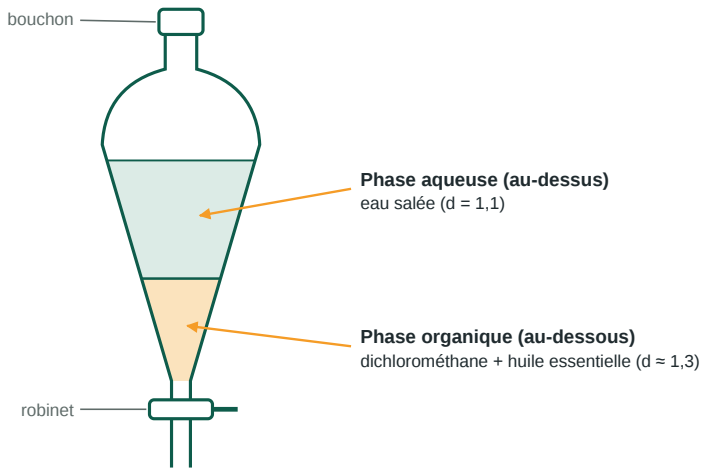
Données utiles densités : dichlorométhane 1,3 ; eau salée saturée 1,1 ; huile essentielle 0,9

La phase organique est le dichlorométhane dans lequel l'huile essentielle est dissoute ; la phase aqueuse est l'eau salée.

Le liquide le plus dense se place en bas. Or le dichlorométhane ($d = 1{,}3$) est plus dense que l'eau salée ($d = 1{,}1$).

La **phase organique est en dessous**, la **phase aqueuse au-dessus** (voir schéma).

PIÈGE
Placer d'office la phase organique en haut. C'est vrai pour l'éther ou le cyclohexane, pas pour un solvant chloré : seule la comparaison des densités permet de conclure.



1.2.3 · Ampoule à décanter après décantation

2.1.1 Une révélation du chromatogramme est-elle nécessaire ? Pourquoi ?

Les espèces déposées sont des colorants : leurs taches, jaune et bleue, se voient directement sur le papier.

Non, aucune révélation n'est nécessaire car les taches sont colorées.

COMPRENDRE
Une révélation (lampe UV, diiode, permanganate) ne sert que pour des espèces incolores.

2.1.2 Le chromatogramme est-il en accord avec les indications portées sur la bouteille de sirop ? Justifier.

Le dépôt S donne deux taches : S est un mélange d'au moins deux espèces colorées.

Sur un même support et avec un même éluant, une espèce donnée monte toujours à la même hauteur. La tache jaune de S est au niveau de celle du E102 ; la tache bleue de S est au niveau de celle du E131.

S contient la tartrazine E102 et le bleu patenté V E131 : **accord avec l'étiquette**.

MÉTHODE
Lecture d'un chromatogramme : verticalement, le nombre de taches donne le nombre d'espèces du dépôt ; horizontalement, deux taches à la même hauteur signalent la même espèce.

2.1.3 À partir des données, proposer une interprétation de la disposition relative des taches sur le chromatogramme.

Données utiles solubilité dans une solution de chlorure de sodium : faible pour E102, importante pour E131

L'éluant est une solution de chlorure de sodium. Plus une espèce y est soluble, plus l'éluant l'entraîne lors de sa montée.

Le E131, très soluble dans l'éluant, migre haut. Le E102, peu soluble, reste plus retenu par le papier et migre peu.

La tache bleue (E131) est **plus haute** que la tache jaune (E102) car le E131 est le plus soluble dans l'éluant.

2.2.1 Pourquoi se place-t-on à 450 nm plutôt qu'à 420 nm pour le dosage par étalonnage de la tartrazine dans le mélange ?

Données utiles figure 9 : spectres d'absorption de la tartrazine et du bleu patenté V

Dans le sirop, l'absorbance mesurée est la somme de celles des deux colorants.

D'après la figure 9, à 420 nm le bleu patenté V absorbe encore ($A \approx 0{,}2$) : la mesure ne serait pas due à la tartrazine seule. À 450 nm, son absorbance est pratiquement nulle, alors que celle de la tartrazine reste forte, proche de son maximum ($A \approx 0{,}75$ pour un maximum de $0{,}82$).

À 450 nm, **seule la tartrazine absorbe** : l'absorbance du sirop donne directement sa concentration.

COMPRENDRE
On travaille d'habitude au maximum d'absorption pour la précision. Dans un mélange, la priorité change : il faut d'abord une longueur d'onde où l'autre espèce n'absorbe pas.

2.2.2 À partir des figures 10 et 11, déterminer graphiquement la concentration massique en colorants jaune et bleu dans le sirop dilué, en faisant apparaître les constructions.

Données utiles $\lambda_1 = 450$ nm pour la tartrazine ; $\lambda_2 = 640$ nm pour le bleu patenté V

Figure 10 (sirop dilué) : $A = 0{,}82$ à 450 nm et $A = 1{,}06$ à 640 nm. À 640 nm, la tartrazine n'absorbe pas : cette absorbance est due au bleu seul.

Figure 11 : pour chaque colorant, les points sont alignés avec l'origine (loi de Beer-Lambert) ; on trace les deux droites d'étalonnage, puis on reporte les absorbances.

- Tartrazine : $A = 0{,}82$ donne $c \approx 23\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Bleu patenté V : $A = 1{,}06$ donne $c \approx 6{,}5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Sirop dilué : $c_{\text{jaune}} \approx 23\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ et $c_{\text{bleu}} \approx 6{,}5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Se tromper de droite : la plus pentue est celle du bleu patenté V. Pour la tartrazine, il faut prolonger la droite au-delà du dernier point ($20\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$).

COMPRENDRE
Une lecture graphique ne justifie que deux chiffres significatifs. Selon le tracé de la droite, une valeur voisine (22 à 24 pour le jaune, 6,4 à 6,7 pour le bleu) est acceptée.

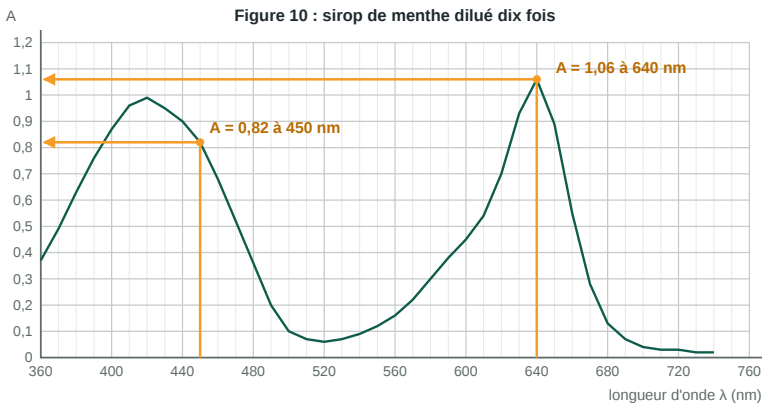


Figure 10 : sirop de menthe dilué dix fois

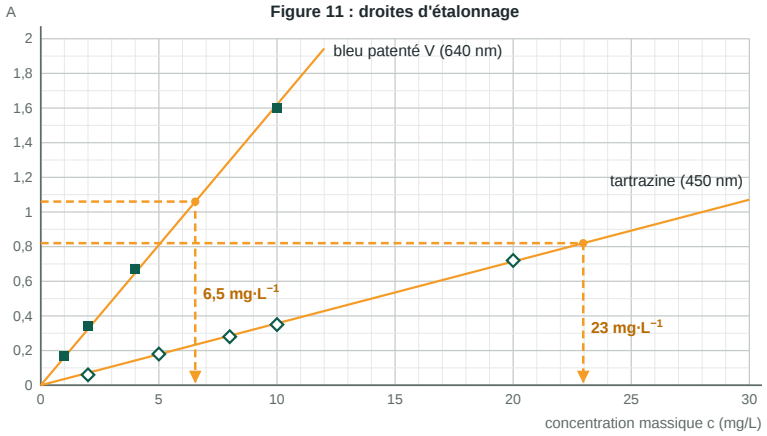


Figure 11 : droites d'étalonnage

2.2.2 · Annexe complétée : lectures sur la figure 10, puis report sur les droites d'étalonnage de la figure 11

2.2.3 En déduire les concentrations massiques en tartrazine c_{mT} et en bleu patenté c_{mB} dans le sirop.

Données utiles sirop dilué dix fois ; $c_{\text{jaune}} \approx 23\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ et $c_{\text{bleu}} \approx 6{,}5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (2.2.2)

Le sirop a été dilué dix fois : il est dix fois plus concentré que la solution analysée.

$c_{mT} = 10 \times 23 = 2{,}3 \times 10^{2}\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$c_{mB} = 10 \times 6{,}5 = 65\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$c_{mT} \approx 2{,}3 \times 10^{2}\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} = 0{,}23\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ et $c_{mB} \approx 65\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Diviser par 10 au lieu de multiplier : la solution mère (le sirop) est toujours plus concentrée que la solution diluée.