Corrigé complet — Bac S 2008 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme)

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

Ex 1	**Sur une balançoire** Analyse dimensionnelle · Période d'un pendule simple · Conservation de l'énergie mécanique · Chute libre et trajectoire · Pile et corrosion du fer · Électrolyse	6,5 pts	1 h 18	22 questions	p. 2
Ex 2	**Un titre de transport intelligent** Ondes électromagnétiques et mécaniques · Longueur d'onde · Charge d'un condensateur · Circuit RC · Équation différentielle · Constante de temps	5,5 pts	1 h 05	13 questions	p. 8
Ex 3	**Un constituant du beurre** Estérification · Catalyseur et facteurs cinétiques · Hydrolyse basique d'un ester (saponification) · Extraction par décantation · Réactif limitant · Rendement	4 pts	52 min	9 questions	p. 12

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Sur une balançoire

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

1.1 Par une analyse dimensionnelle, choisir parmi $2\pi\sqrt{\frac{m_2}{g}}$, $2\pi\sqrt{\frac{m_2}{L}}$ et $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ la seule expression possible de la période propre T_{02}.

Une période est une durée : $[T_{02}] = \mathrm{T}$. Le facteur 2π est sans dimension. L'intensité de la pesanteur est une accélération : $[g] = \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-2}$.

- $\left[\sqrt{\frac{m_2}{g}}\right] = \frac{\mathrm{M}^{1/2}}{\mathrm{L}^{1/2} \cdot \mathrm{T}^{-1}} = \mathrm{M}^{1/2} \cdot \mathrm{L}^{-1/2} \cdot \mathrm{T}$: ce n'est pas une durée.
- $\left[\sqrt{\frac{m_2}{L}}\right] = \mathrm{M}^{1/2} \cdot \mathrm{L}^{-1/2}$: ce n'est pas une durée.
- $\left[\sqrt{\frac{L}{g}}\right] = \left(\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-2}}\right)^{1/2} = \left(\mathrm{T}^2\right)^{1/2} = \mathrm{T}$: c'est une durée.

Seule expression homogène à une durée : $T_{02} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

MÉTHODE
Remplacer chaque grandeur par sa dimension (M, L, T), simplifier, puis comparer à la dimension attendue. Avec les unités : g en $\mathrm{N} \cdot \mathrm{kg}^{-1}$ équivaut à $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$, car $1\ \mathrm{N} = 1\ \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$.

1.2 En déduire si l'affirmation de Pierre est correcte ou non.

L'expression $T_{02} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ne contient pas la masse. Les deux systèmes ont la même longueur L au même endroit : $T_{02} = T_{01}$.

La période ne dépend pas de la masse : l'affirmation de Pierre est incorrecte.

1.3 Sophie est lâchée à $t_0 = 0$ sans vitesse initiale depuis $\theta_m = 50^\circ$, sans frottements. Choisir, en justifiant, la courbe $\theta(t)$ qui convient parmi les figures 2 à 5.

- À $t = 0$, on doit lire $\theta = \theta_m = 50^\circ$: la figure 3 ($\theta(0) = 0^\circ$) et la figure 4 ($\theta(0) = 25^\circ$) ne conviennent pas.
- Sans frottements, l'amplitude reste constante : la figure 5, dont l'amplitude diminue, ne convient pas.

La courbe correcte est celle de la figure 2.

MÉTHODE
Procéder par élimination avec deux critères : la valeur initiale (ici 50°, tangente horizontale car la vitesse initiale est nulle), puis l'amplitude (constante sans frottements, décroissante sinon).

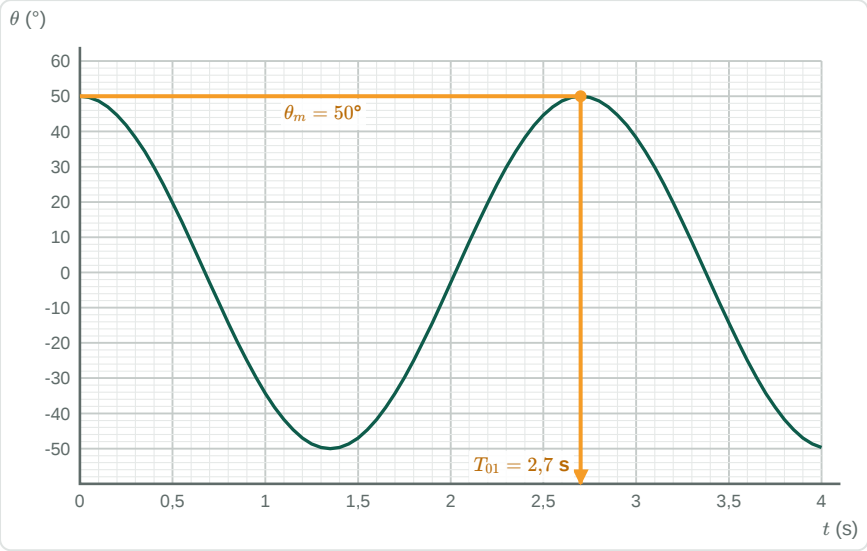
1.4 Mesurer la valeur de la période propre T_{01} du système S_1.

Sur la figure 2, la période est la durée qui sépare deux maximums successifs : le premier est à $t = 0$, le suivant à $t \approx 2{,}7$ s.

$T_{01} \approx 2{,}7$ s

PIÈGE
Mesurer la durée entre deux passages successifs par $\theta = 0$: on obtient seulement une demi-période (environ 1,35 s).

COMPRENDRE
Vérification possible avec la formule de 1.1 : $2\pi\sqrt{L/g} \approx 2{,}7$ s. La lecture graphique et le modèle du pendule simple sont cohérents.



1.4 · Figure 2 du sujet : durée entre deux maximums successifs

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2 \times \pi \times \sqrt{\frac{1.80}{9.8}} \approx 2.692794$

2.1 Quelle est la valeur de la vitesse v_A de la bille au point A si Sophie la lâche sans lui donner d'impulsion ?

A est la position d'amplitude maximale : la balançoire y change de sens, sa vitesse est nulle. La bille, lâchée sans impulsion, a la vitesse de la balançoire.

$v_A = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.2 Quelle est la nature du mouvement de la bille après avoir été lâchée du point A ?

Sans frottement, la bille n'est soumise qu'à son poids : c'est une chute libre. Sa vitesse initiale étant nulle, elle tombe suivant la verticale passant par A.

Chute libre verticale : mouvement rectiligne uniformément accéléré.

2.3 Déterminer l'abscisse x_1 de la bille lorsqu'elle atteint le sol.

Données utiles $L = 1{,}80 \text{ m}$; $\theta_m = 50^\circ$

La bille tombe verticalement : son abscisse reste celle du point A.
Dans le triangle rectangle formé par le fil (hypoténuse L) et la verticale du point de suspension :

$$\sin\theta_m = \frac{x_1}{L} \quad \text{donc} \quad x_1 = L \sin\theta_m = 1{,}80 \times \sin(50^\circ)$$

$x_1 = 1{,}4 \text{ m}$

À LA CALCULATRICE

deg CALCULS

$1.80 \times \sin(50^\circ) \approx 1.37888$

PIÈGE
Calculatrice en radians : $\sin(50)$ donne alors $-0{,}26$ et une abscisse négative. Vérifier le mode degré.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $\theta_m = 50^\circ$ et $g = 9{,}8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$, les données les moins précises de l'exercice.

2.4 En appliquant la conservation de l'énergie mécanique entre A et B, donner l'expression littérale de la vitesse v_B de la bille et montrer que $v_B = 3{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données utiles $E_{PA} = 0{,}34$ J ; $m = 30$ g $= 0{,}030$ kg ; $h = 0{,}50$ m ; $g = 9{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $v_A = 0$ (2.1)

Sans frottement, l'énergie mécanique de la bille se conserve : $E_{cA} + E_{PA} = E_{cB} + E_{PB}$.

En A, $v_A = 0$ donc $E_{cA} = 0$. En B, l'altitude est $z_B = h$ donc $E_{PB} = m\,g\,h$:

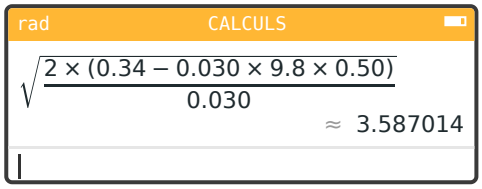
$$E_{PA} = \tfrac{1}{2}\,m\,v_B^2 + m\,g\,h \quad \text{d'où} \quad v_B = \sqrt{\frac{2\,(E_{PA} - m\,g\,h)}{m}}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2 \times (0{,}34 - 0{,}030 \times 9{,}8 \times 0{,}50)}{0{,}030}}$$

$v_B = 3{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, valeur attendue.

PIÈGE
Écrire $E_{PB} = 0$: l'origine des énergies potentielles est au sol (point O), et B se trouve à l'altitude h. Penser aussi à convertir la masse en kilogrammes.

À LA CALCULATRICE



2.5 Donner les valeurs des coordonnées v_{Bx} et v_{Bz} du vecteur vitesse $\vec{v}_B$ représenté sur la figure 6.

Données utiles $v_B = 3{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.4)

En B, le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire circulaire, donc horizontal. Sur la figure 6, il est dirigé dans le sens de $\vec{i}$.

$v_{Bx} = v_B = 3{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_{Bz} = 0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Partie de A (côté des x positifs), Sophie passe une première fois en B vers les x négatifs, puis une seconde fois vers les x positifs : d'où le signe positif de v_{Bx}.

2.6 En utilisant la seconde loi de Newton, donner les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération de la bille au cours de sa chute.

Système {bille}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$ (pas de frottement).

Seconde loi de Newton : $m\,\vec{a} = \vec{P} = m\,\vec{g}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical et dirigé vers le bas, donc opposé à $\vec{k}$.

$a_x = 0$ et $a_z = -g = -9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

PIÈGE
Oublier le signe de a_z : l'axe (Oz) est orienté vers le haut, alors que $\vec{g}$ pointe vers le bas.

2.7 Établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$, l'origine des dates étant l'instant de passage au point B dans le sens indiqué sur la figure 6.

Données utiles à $t = 0$: $x = 0$, $z = h$, $v_x = v_B$, $v_z = 0$ (2.5) ; $a_x = 0$, $a_z = -g$ (2.6)

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de $a_x = 0$ et $a_z = -g$:

$v_x(t) = C_1$ et $v_z(t) = -g\,t + C_2$. À $t = 0$: $v_x(0) = v_B$ et $v_z(0) = 0$, donc $C_1 = v_B$ et $C_2 = 0$:

$$v_x(t) = v_B \qquad v_z(t) = -g\,t$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, on intègre une seconde fois : $x(t) = v_B\,t + C_3$ et $z(t) = -\tfrac{1}{2}\,g\,t^2 + C_4$. À $t = 0$, la bille est en B : $x(0) = 0$ et $z(0) = h$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = h$.

$x(t) = v_B\,t$ et $z(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + h$

MÉTHODE
Deux intégrations successives, de $\vec{a}$ vers $\vec{v}$ puis de $\vec{v}$ vers la position. Après chacune, déterminer les constantes avec les conditions initiales, coordonnée par coordonnée.

2.8 Montrer que l'équation de la trajectoire de la bille est de la forme $z(x) = -\frac{1}{2}\frac{g}{v_B^2}x^2 + h$.

On élimine le temps : $x = v_B\,t$ donne $t = \frac{x}{v_B}$. En reportant dans $z(t)$:

$$z = -\frac{1}{2}\,g\left(\frac{x}{v_B}\right)^2 + h$$

$z(x) = -\frac{1}{2}\frac{g}{v_B^2}x^2 + h$: c'est bien la forme demandée (arc de parabole).

2.9 Donner l'expression littérale de l'abscisse x_2 de la bille lorsqu'elle atteint le sol et calculer sa valeur.

Données utiles $v_B = 3{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.4) ; $h = 0{,}50\ \text{m}$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

La bille touche le sol quand $z(x_2) = 0$:

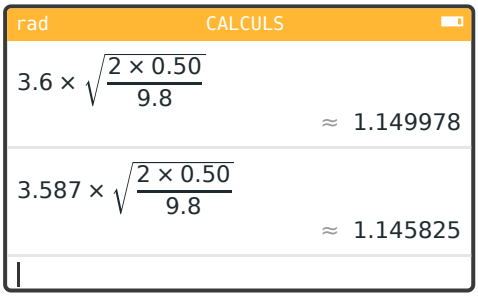
$$-\frac{1}{2}\frac{g}{v_B^2}x_2^2 + h = 0 \quad \text{soit} \quad x_2^2 = \frac{2\,h\,v_B^2}{g}$$

La bille part vers les x positifs, on garde la solution positive : $x_2 = v_B\sqrt{\frac{2\,h}{g}} = 3{,}6 \times \sqrt{\frac{2\times 0{,}50}{9{,}8}}$

$x_2 = v_B\sqrt{\frac{2\,h}{g}} = 1{,}1\ \text{m}$

COMPRENDRE
Le calcul donne 1,15 m, à la limite entre 1,1 et 1,2. Avec la valeur non arrondie de v_B (3,587), on trouve 1,146 m, qui s'arrondit à 1,1 m.

À LA CALCULATRICE



2.10 Comparer x_1 et x_2 et dire si Sophie a raison dans ce cas d'étude.

Données utiles $x_1 = 1{,}4$ m (2.3) ; $x_2 = 1{,}1$ m (2.9)

$x_1 = 1{,}4$ m est supérieure à $x_2 = 1{,}1$ m : lâchée du point le plus haut A, la bille touche le sol plus loin de O que lâchée du point le plus bas B.

$x_1 > x_2$: dans ce cas d'étude, Sophie a tort.

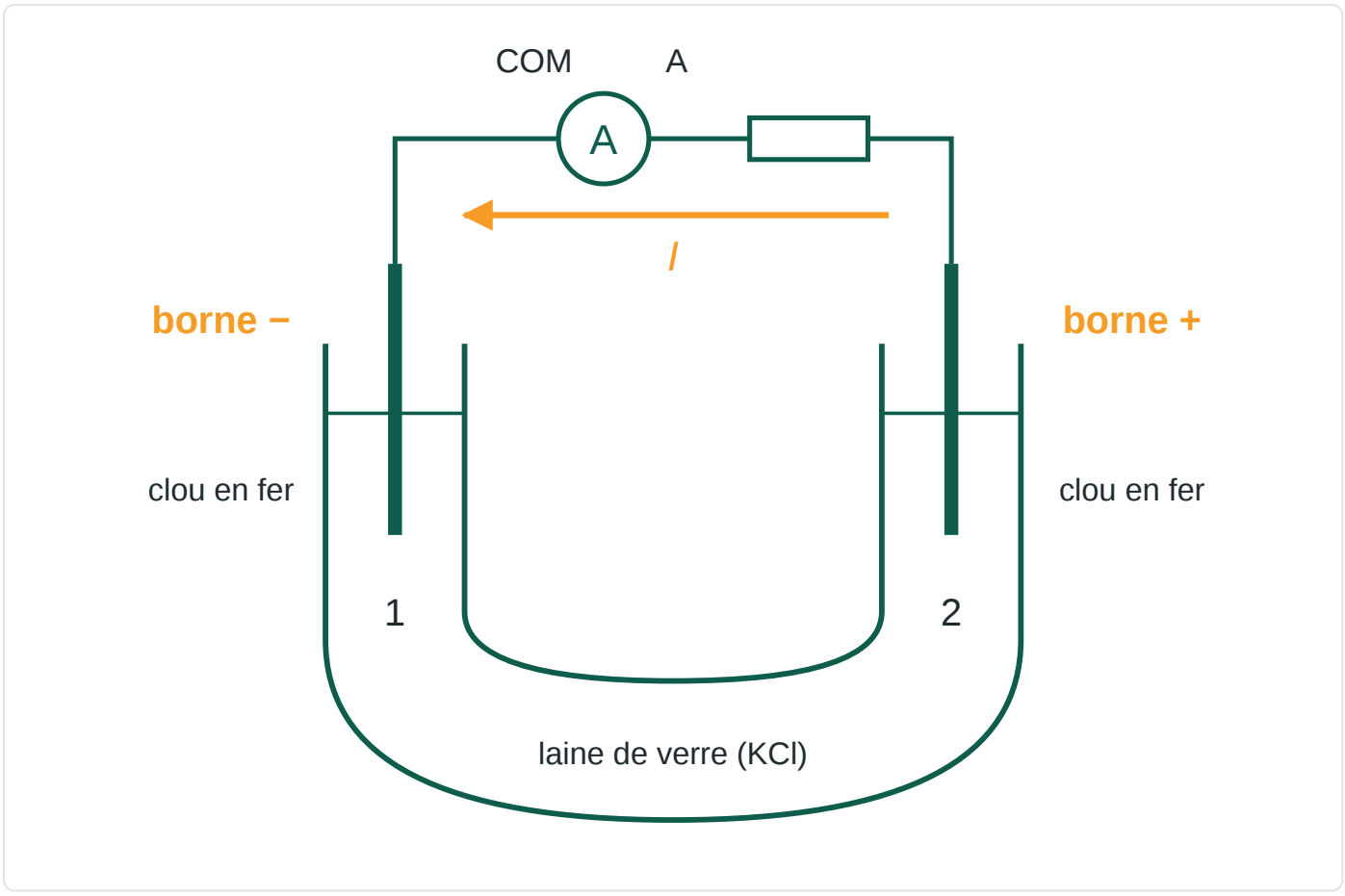
COMPRENDRE
En B, la bille va vite mais elle part de bas ($h = 0{,}50$ m) : sa chute ne dure que 0,32 s. La distance parcourue reste inférieure à l'avance que procure le point A, déjà à 1,4 m de O.

3.1 L'ampèremètre indique une valeur positive. En déduire le sens du courant puis les signes des bornes de la pile.

Un ampèremètre affiche une valeur positive quand le courant entre par sa borne A et sort par sa borne COM. La borne A est reliée, à travers le conducteur ohmique, au clou du compartiment 2 ; la borne COM est reliée au clou du compartiment 1.

Dans le circuit extérieur, le courant circule donc du clou 2 vers le clou 1. Or, à l'extérieur d'une pile, le courant sort par la borne positive et rentre par la borne négative.

Le courant va du clou 2 vers le clou 1 dans le circuit extérieur : le clou 2 est la borne $+$, le clou 1 la borne $-$.



3.1 · Sens du courant et bornes de la pile

3.2 Dans cette pile, quel est le rôle de la laine de verre imbibée de chlorure de potassium ?

Elle joue le rôle de pont salin : ses ions (K^+ et Cl^-) se déplacent entre les deux compartiments, ce qui ferme le circuit électrique et maintient la neutralité électrique de chaque solution.

Pont salin : fermeture du circuit par déplacement d'ions et neutralité électrique des solutions.

COMPRENDRE
Dans les fils, le courant est dû aux électrons ; dans les solutions et le pont, il est dû aux ions. Sans cette jonction, le circuit est ouvert et la pile ne débite pas.

3.3.1 Quelle est l'espèce réduite lors du fonctionnement de cette pile ?

Une espèce réduite est un oxydant qui gagne des électrons. Parmi les réactifs présents (fer et dioxygène dissous), le seul oxydant est le dioxygène, oxydant du couple $O_2\,(aq)$ / $H_2O\,(l)$.

L'espèce réduite est le dioxygène $O_2\,(aq)$.

PIÈGE
Confondre « espèce réduite » et « réducteur ». L'espèce qui subit la réduction est un oxydant ; le fer, réducteur, est oxydé.

3.3.2 Écrire la demi-équation électronique traduisant cette réduction.

$$O_2\,(aq) + 4\,H^+\,(aq) + 4\,e^- = 2\,H_2O\,(l)$$

MÉTHODE
Équilibrer dans l'ordre : l'élément oxygène avec H_2O, l'élément hydrogène avec H^+, puis les charges avec les électrons. Pour une réduction, les électrons sont du côté de l'oxydant.

3.3.3 Comment nomme-t-on l'électrode à laquelle a lieu la réduction ?

L'électrode où se produit la réduction est la cathode.

COMPRENDRE
Ici la cathode est le clou du compartiment 2, riche en dioxygène : les électrons y arrivent, c'est bien la borne $+$ trouvée en 3.1.

3.3.4 On observe à l'autre électrode une oxydation du fer. Écrire la demi-équation électronique traduisant cette oxydation.

$\mathrm{Fe(s) = Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-}$

3.4 Un morceau de fer est enfoncé en partie dans le sol. Prévoir, à l'aide de 3.3.1 et 3.3.4, si le fer sera oxydé plutôt dans le sol (zone moins aérée) ou dans l'air.

Dans la pile, le dioxygène est réduit au niveau du clou placé dans la solution riche en dioxygène (compartiment 2), tandis que le fer est oxydé dans le compartiment 1, pauvre en dioxygène.

Par analogie, la partie du portique à l'air correspond au compartiment 2 et la partie enterrée, moins aérée, au compartiment 1.

Le fer est oxydé plutôt dans le sol, zone la moins aérée.

COMPRENDRE
Résultat contre-intuitif : la corrosion attaque la zone qui manque de dioxygène. Le métal conduit les électrons de la partie enterrée (anode) vers la partie aérée (cathode), où le dioxygène est réduit.

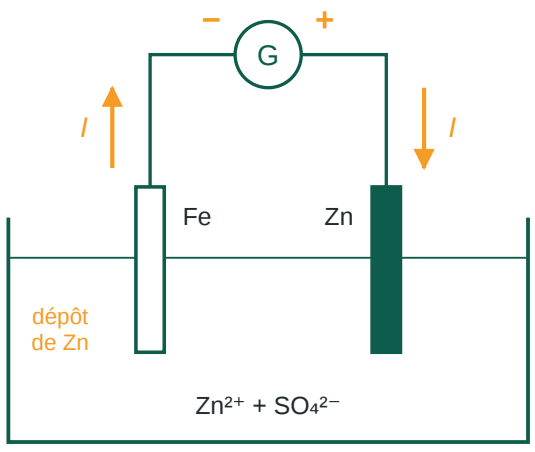
3.5 Préciser le sens du courant dans la partie métallique du circuit et les signes des bornes du générateur, sachant que la lame de fer se recouvre de zinc métallique. Justifier.

Le dépôt de zinc sur la lame de fer correspond à la réduction $\mathrm{Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- = Zn(s)}$. Cette réduction consomme des électrons, fournis par le générateur : la lame de fer est reliée à sa borne négative, la lame de zinc à sa borne positive.

Le courant circule en sens inverse des électrons : il sort de la borne $+$ du générateur, arrive à la lame de zinc et, dans les fils, revient de la lame de fer vers la borne $-$.

Lame de fer reliée à la borne $-$, lame de zinc à la borne $+$; dans les fils, le courant va de la lame de fer vers la lame de zinc en traversant le générateur.

COMPRENDRE
C'est une électrolyse : le générateur impose le sens du courant. La lame de fer est la cathode (réduction). À l'anode, le zinc est oxydé en $\mathrm{Zn^{2+}}$, ce qui renouvelle les ions de la solution.



3.5 · Électrozingage : sens du courant et bornes du générateur

Un titre de transport intelligent

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

1.1 À l'aide de la figure 9 et du texte, vérifier que les ondes échangées entre le lecteur et l'étiquette appartiennent au domaine des ondes radio.

Données utiles $f = 13{,}56$ MHz ; figure 9 : ondes radio en dessous de 3×10^7 Hz

Le texte indique $f = 13{,}56\ \text{MHz} = 1{,}356 \times 10^7\ \text{Hz}$.

Sur la figure 9, le domaine des ondes radio s'étend jusqu'à 3×10^7 Hz.

$1{,}356 \times 10^7\ \text{Hz} < 3 \times 10^7\ \text{Hz}$: il s'agit bien d'ondes radio.

PIÈGE
Le texte écrit « Mhz » : il faut lire MHz, mégahertz, soit 10^6 Hz. Sans conversion en hertz, la comparaison avec la graduation de la figure 9 n'a pas de sens.

1.2 Calculer la longueur d'onde du signal radio dans l'air, assimilé au vide.

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 1{,}356 \times 10^7$ Hz (1.1)

Dans le vide, l'onde se propage à la célérité c : $\lambda = \dfrac{c}{f}$

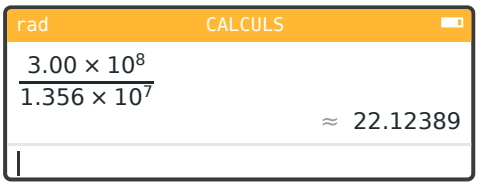
$$\lambda = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1{,}356 \times 10^7}$$

$\lambda = 22{,}1\ \text{m}$

PIÈGE
Laisser la fréquence en MHz donne une longueur d'onde un million de fois trop grande.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs : c en a trois, f en a quatre, le résultat garde la précision de la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE



1.3 Retrouver la ou les bonnes propositions parmi a, b et c sur la propagation des ondes mécaniques et électromagnétiques.

Une onde mécanique est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel : elle ne se propage pas dans le vide. Une onde électromagnétique, comme la lumière, se propage dans le vide.

Seule la proposition **c** est correcte.

COMPRENDRE
La proposition a est fausse à cause de la lumière, qui traverse le vide entre le Soleil et la Terre ; la b est fausse à cause du son, qui ne s'y propage pas.

1.4 Une onde sonore dans l'air est-elle longitudinale ou transversale ? Définir le type d'onde choisi.

Le son dans l'air est une succession de compressions et de dilatations des couches d'air, qui se déplacent parallèlement à la direction dans laquelle le son avance.

L'onde sonore est **longitudinale** : la perturbation a la même direction que la propagation de l'onde.

PIÈGE
Répondre sans définir ne rapporte qu'une partie des points. Pour une onde transversale, la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation (vague, corde).

1.5 Quelle grandeur physique l'onde radio transfère-t-elle à l'étiquette pour qu'elle fonctionne sans pile ?

L'onde reçue fait naître un courant dans la bobine de l'étiquette et charge le condensateur.

L'onde radio transfère de l'**énergie**, sans transport de matière.

COMPRENDRE
C'est la propriété commune à toutes les ondes, mécaniques ou électromagnétiques : elles transportent de l'énergie d'un point à un autre sans déplacement global de matière.

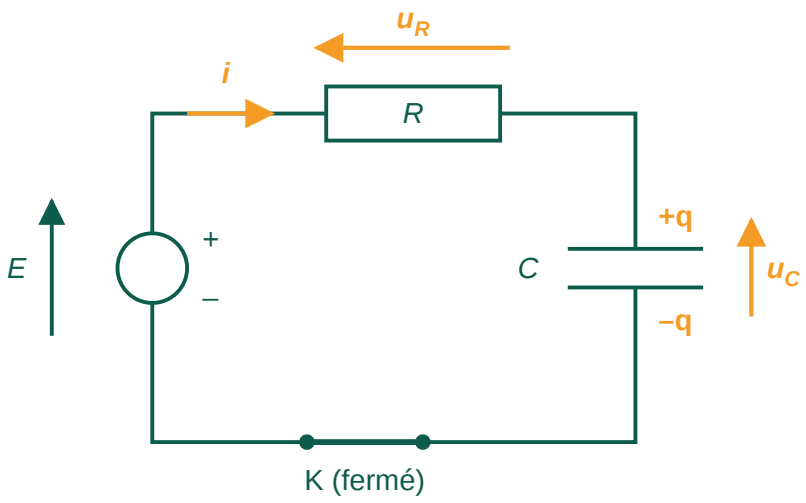
2.1 Compléter la figure 10 : sens du courant dans la branche du condensateur lorsque K est fermé, charges $+q$ et $-q$ des armatures, flèches des tensions u_C et u_R en convention récepteur.

Le courant sort par la borne $+$ du générateur : il traverse R puis arrive sur l'armature supérieure du condensateur, qui porte donc la charge $+q$; l'armature inférieure porte $-q$.

En convention récepteur, la flèche d'une tension est de sens opposé à celui du courant.

Voir la figure complétée : i de la borne $+$ vers R, $+q$ sur l'armature du haut, flèches u_R et u_C opposées au sens de i.

MÉTHODE
La pointe de la flèche tension désigne la borne par laquelle le courant entre dans le dipôle. L'armature qui reçoit le courant est celle qui porte $+q$.



2.1 · Figure 10 (partie A) complétée : en orange, ce que l'élève ajoute

2.2 Pour un condensateur, donner la relation entre q et i, puis entre q et u_C, en précisant les unités.

Avec le sens positif choisi en 2.1 (le courant arrive sur l'armature de charge q) :

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} \qquad \text{et} \qquad q = C\,u_C$$

Unités : i en ampères (A), q en coulombs (C), t en secondes (s), u_C en volts (V), capacité C en farads (F).

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

PIÈGE
Ne pas confondre la capacité C (grandeur, en farads) et le coulomb C (unité de charge). La relation $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$ suppose que q est la charge de l'armature sur laquelle arrive le courant.

2.3 Montrer que la tension u_C vérifie l'équation différentielle $u_C + RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E$.

Loi des mailles (additivité des tensions), K fermé : $E = u_R + u_C$

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$

Or $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_C$ avec C constante, donc $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ et $u_R = RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

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

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement pour un circuit RC : 1) loi des mailles ; 2) loi d'Ohm ; 3) $i = C\,\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t$; 4) on remplace pour ne garder que u_C.

2.4 Vérifier que $u_C(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/RC}\right)$ est solution de cette équation différentielle.

On dérive : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E \times \dfrac{1}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC} = \dfrac{E}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC}$

On reporte dans le membre de gauche :

$$u_C + RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E - E\,\mathrm{e}^{-t/RC} + RC \times \frac{E}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC} = E$$

Le membre de gauche vaut E à toute date t : la fonction proposée est bien solution.

PIÈGE
Erreur de signe dans la dérivée : la dérivée de $-\mathrm{e}^{-t/RC}$ est $+\dfrac{1}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/RC}$, les deux signes « moins » se compensent.

2.5 Vers quelle valeur tend u_C pour un temps de charge très long ? En déduire graphiquement la valeur de E et la faire apparaître sur la figure 11.

Quand t devient très grand, $\mathrm{e}^{-t/RC}$ tend vers 0, donc u_C tend vers E.

Sur la figure 11, la courbe admet une asymptote horizontale d'ordonnée 7,0 V (tracée sur la figure de la question 2.7).

$u_C \to E$ et $E = 7{,}0$ V

2.6 Donner l'expression littérale de la constante de temps τ du circuit et vérifier son unité par analyse dimensionnelle.

$\tau = RC$

Loi d'Ohm $u_R = R\,i$: $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$

Relation $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$: $[I] = [C]\,\dfrac{[U]}{[T]}$, donc $[C] = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$

$$[\tau] = [R]\,[C] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]$$

$\tau = RC$ est homogène à un temps : elle s'exprime en secondes.

MÉTHODE
Pour une analyse dimensionnelle, exprimer chaque grandeur à partir d'une relation connue qui la contient, puis simplifier. On peut aussi lire l'équation de 2.3 : $RC\,\mathrm{d}u_C/\mathrm{d}t$ doit être une tension.

2.7 Montrer par un calcul que $u_C(\tau) = 0{,}63\,E$. En déduire graphiquement la valeur de τ en faisant apparaître la construction sur la figure 11. Calculer ensuite la valeur de la capacité C du condensateur.

Données utiles $E = 7{,}0$ V (2.5) ; $R = 1{,}0\ \mathrm{M\Omega} = 1{,}0 \times 10^6\ \Omega$

À la date $t = \tau = RC$: $u_C(\tau) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-RC/RC}\right) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-1}\right) = 0{,}63\,E$

$u_C(\tau) = 0{,}63 \times 7{,}0 = 4{,}4$ V

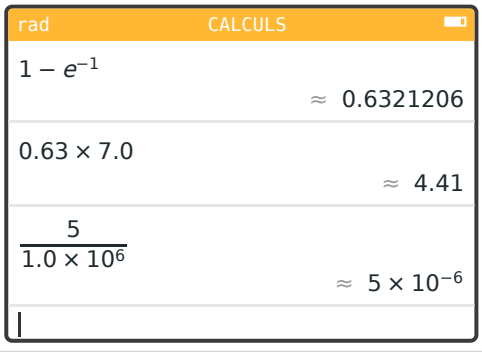
Sur la figure 11, le point de la courbe d'ordonnée 4,4 V a pour abscisse 5 s.

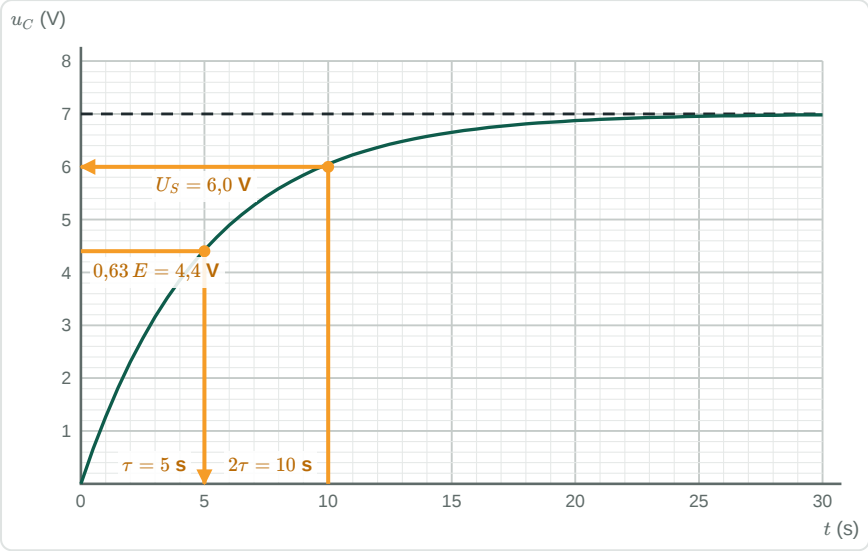
Comme $\tau = RC$: $C = \dfrac{\tau}{R} = \dfrac{5}{1{,}0 \times 10^6} = 5 \times 10^{-6}$ F

$\tau = 5$ s ; $C = 5 \times 10^{-6}$ F $= 5\ \mu$F

COMPRENDRE
Une lecture graphique sur ce quadrillage ne donne τ qu'à une demi-seconde près : on écrit $\tau = 5$ s, ou $\tau \approx 5{,}0$ s.

À LA CALCULATRICE





2.7 · Figure 11 complétée : asymptote $u_C = E = 7{,}0$ V (tirets), lecture de τ (2.7) et de U_S à 2τ (2.8)

2.8 Le composant P n'alimente le haut-parleur qu'au bout d'une durée 2τ. En déduire graphiquement U_S. Le condensateur est-il complètement chargé à cette date ? Ce temps de réponse est-il vraisemblable pour un passe Navigo ?

Données utiles $\tau = 5$ s (2.7) ; $E = 7{,}0$ V (2.5)

Temps de réponse : $2\tau = 2 \times 5 = 10$ s. Le haut-parleur se déclenche quand u_C atteint U_S, donc $U_S = u_C(2\tau)$. Sur la figure 11 complétée (2.7), à $t = 10$ s, on lit $u_C = 6{,}0$ V.

Le condensateur n'est pas complètement chargé : $6{,}0\ \text{V} < E = 7{,}0\ \text{V}$. Par le calcul, $u_C(2\tau) = E\left(1 - \text{e}^{-2}\right) = 0{,}86\,E$, soit 86 % de la tension finale.

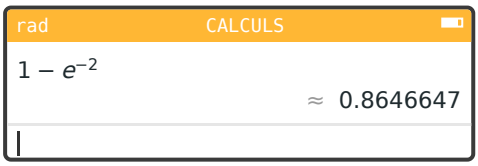
Un temps de réponse de 10 s n'est pas vraisemblable : le texte insiste sur la rapidité de l'opération, et un usager ne reste pas dix secondes devant le lecteur.

$U_S = 6{,}0$ V ; condensateur chargé à 86 % seulement ; temps de réponse de 10 s beaucoup trop long pour un passe réel.

PIÈGE
Trois questions sont posées : une lecture, une comparaison à E, un avis argumenté. Chacune attend sa réponse justifiée ; un simple « non » ne rapporte rien.

COMPRENDRE
Le modèle reproduit le principe, pas la durée. Comme $\tau = RC$, il faudrait une résistance ou une capacité bien plus faibles pour obtenir une réponse quasi instantanée.

À LA CALCULATRICE



Un constituant du beurre

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

1 La réaction associée à la transformation décrite en (1) est-elle : a. une estérification ; b. une hydrolyse ?

a. VRAI. L'acide butanoïque porte un groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$: c'est un acide carboxylique. La glycérine porte trois groupes hydroxyle $-\mathrm{OH}$: c'est un triol. Un acide carboxylique réagit avec un alcool pour donner un ester (ici le triester E) et de l'eau :

$$3\,\mathrm{C_3H_7COOH} + \mathrm{C_3H_8O_3} = \mathrm{C_{15}H_{26}O_6} + 3\,\mathrm{H_2O}$$

b. FAUX. L'hydrolyse est la réaction inverse (ester et eau donnent acide et alcool).

a. VRAI (estérification) ; b. FAUX

MÉTHODE
Dans ce type d'exercice, seule une réponse « VRAI » doit être justifiée. Une phrase ou une équation suffit : repérer les groupes caractéristiques des réactifs, puis nommer la réaction.

2 La transformation décrite dans l'étape (1) est-elle : a. limitée ; b. rapide ?

a. VRAI. L'estérification est limitée par la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester : on atteint un état d'équilibre où coexistent acide, alcool, ester et eau. L'avancement final est inférieur à l'avancement maximal.

b. FAUX. L'estérification est une transformation lente.

a. VRAI (limitée) ; b. FAUX (lente)

PIÈGE
Confondre « limitée » et « lente ». La première notion concerne l'état final (taux d'avancement inférieur à 1), la seconde la durée nécessaire pour l'atteindre. Ces deux caractères sont indépendants.

3 Lors de l'étape (1), l'acide sulfurique joue-t-il le rôle de : a. solvant ; b. réactif ; c. catalyseur ?

a. FAUX. b. FAUX.

c. VRAI. L'acide sulfurique apporte des ions $\mathrm{H^+}$ qui accélèrent la réaction sans figurer dans son équation : il n'est pas consommé, on le retrouve en fin de transformation. C'est la définition d'un catalyseur.

a. FAUX ; b. FAUX ; c. VRAI (catalyseur)

COMPRENDRE
Un catalyseur augmente la vitesse de l'estérification et celle de l'hydrolyse inverse : l'équilibre est atteint plus tôt, mais la composition finale du mélange reste la même.

4 Le chauffage utilisé dans l'étape (1) permet-il : a. d'homogénéiser le milieu réactionnel ; b. d'augmenter le rendement ; c. d'accélérer la transformation ?

a. FAUX. b. FAUX.

c. VRAI. La température est un facteur cinétique : plus elle est élevée, plus la vitesse de la réaction est grande. Chauffer permet d'atteindre l'état final en moins de temps.

a. FAUX ; b. FAUX ; c. VRAI (accélérer)

COMPRENDRE
Pour une estérification, la température ne modifie pas l'état d'équilibre. On améliore le rendement autrement : en mettant un réactif en excès ou en éliminant un produit au fur et à mesure. L'homogénéisation est assurée par l'agitation.

5 Pour séparer l'huile obtenue dans l'étape (1) de la solution aqueuse, peut-on utiliser : a. une filtration sur Büchner ; b. une ampoule à décanter ; c. une filtration sur papier filtre ?

a. FAUX. c. FAUX.

b. VRAI. L'huile E est un liquide peu soluble dans l'eau : elle forme avec la solution aqueuse deux phases liquides non miscibles. L'ampoule à décanter permet de les laisser se superposer, puis de les recueillir l'une après l'autre.

a. FAUX ; b. VRAI (ampoule à décanter) ; c. FAUX

MÉTHODE
Choisir la technique d'après l'état physique : une filtration (papier filtre ou Büchner) sépare un solide d'un liquide ; une décantation sépare deux liquides non miscibles.

6 La transformation citée dans l'étape (2) est-elle : a. une estérification ; b. une hydrolyse basique d'un ester ; c. une réaction acide-base ; d. une saponification ?

a. FAUX. c. FAUX.

b. VRAI. Le triester E réagit avec les ions hydroxyde HO^- de la potasse : il se forme des ions carboxylate (butanoate) et un alcool (la glycérine). C'est l'hydrolyse d'un ester en milieu basique.

d. VRAI. « Saponification » est l'autre nom de l'hydrolyse basique d'un ester.

a. FAUX ; b. VRAI ; c. FAUX ; d. VRAI

PIÈGE
La présence de HO^- ne suffit pas à faire une réaction acide-base : il faudrait un transfert d'ion H^+ entre deux couples. Ici, une liaison $C-O$ de l'ester est rompue.

COMPRENDRE
Contrairement à l'hydrolyse en milieu acide, la saponification est totale : l'ion carboxylate formé ne réagit pas avec l'alcool.

7 L'ion butanoate obtenu lors de l'étape (2) possède-t-il : a. une partie hydrophobe ; b. une partie anhydre ; c. une partie hydrophile ?

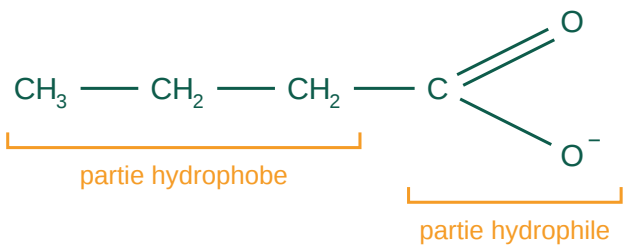
a. VRAI. La chaîne carbonée $CH_3-CH_2-CH_2^-$, non polaire, n'a pas d'affinité pour l'eau : elle est hydrophobe.

b. FAUX.

c. VRAI. Le groupe carboxylate $-COO-$, chargé, a une forte affinité pour l'eau, solvant polaire : il est hydrophile.

a. VRAI (chaîne carbonée) ; b. FAUX ; c. VRAI (groupe $-COO-$)

COMPRENDRE
« Anhydre » qualifie une substance qui ne contient pas d'eau (un solide anhydre, par exemple) ; ce mot ne décrit pas une partie d'un ion.



7 · Ion butanoate : les deux parties

8.1 On mélange 15 g de butyrine avec 0,15 mol d'hydroxyde de potassium. Les réactifs sont-ils : a. en proportions stœchiométriques ; b. avec la butyrine en excès ; c. avec la potasse en excès ?

Données utiles $m_1 = 15$ g ; $M_1 = 302$ g · mol^{-1} ; $n(\mathrm{HO}^-) = 0{,}15$ mol ; équation : 1 mol de E réagit avec 3 mol de HO^-

Quantité de butyrine : $n_1 = \dfrac{m_1}{M_1} = \dfrac{15}{302} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol

D'après l'équation, les proportions sont stœchiométriques si $\dfrac{n_1}{1} = \dfrac{n(\mathrm{HO}^-)}{3}$.

Or $\dfrac{n(\mathrm{HO}^-)}{3} = \dfrac{0{,}15}{3} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol $= n_1$.

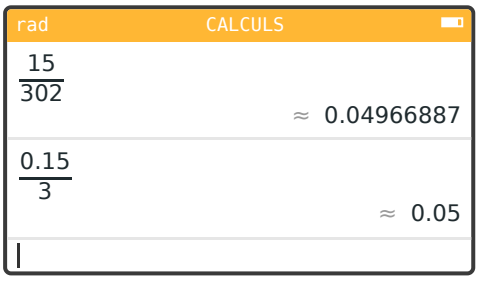
a. VRAI. b. FAUX. c. FAUX.

a. VRAI : $n_1 = \dfrac{n(\mathrm{HO}^-)}{3} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol, proportions stœchiométriques ; b. FAUX ; c. FAUX

PIÈGE
Comparer directement 0,050 mol et 0,15 mol et conclure que la potasse est en excès. Chaque quantité doit d'abord être divisée par son nombre stœchiométrique.

COMPRENDRE
Les données ont deux chiffres significatifs (15 g ; 0,15 mol) : les résultats aussi. À cette précision, $0{,}0497$ et $0{,}050$ mol sont égaux ; les deux réactifs sont limitants et $x_{max} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol.

À LA CALCULATRICE



8.2 On obtient une masse $m = 6{,}3$ g de butanoate de potassium. Le rendement de la réaction vaut-il : a. 33 % ; b. 50 % ; c. 99 % ?

Données utiles $m = 6{,}3$ g ; $M_2 = 126$ g · mol^{-1} ; $x_{max} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol (8.1)

Le rendement est le rapport de la masse obtenue à la masse maximale attendue : $\eta = \dfrac{m}{m_{max}}$.

L'équation indique qu'il se forme 3 mol de butanoate de potassium par mole de butyrine : $n_{max} = 3\,x_{max}$, donc $m_{max} = 3\,x_{max}\,M_2$.

$$\eta = \frac{m}{3\,x_{max}\,M_2} = \frac{6{,}3}{3 \times 5{,}0 \times 10^{-2} \times 126} = 0{,}33$$

a. VRAI. b. FAUX. c. FAUX.

a. VRAI : $\eta = 0{,}33 = 33\,\%$; b. FAUX ; c. FAUX

PIÈGE
Oublier le facteur 3 : avec $m_{max} = x_{max}\,M_2 = 6{,}3$ g, on trouverait un rendement de 100 %, absent des propositions mais proche de la réponse c.

COMPRENDRE
Une saponification est totale : un rendement de 33 % traduit ici une réaction arrêtée trop tôt ou des pertes lors de la récupération du produit, pas un équilibre chimique.

À LA CALCULATRICE

