Corrigé complet — Bac S 2003 Asie (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**Q.R.O.C. à propos de l'énergie** Énergie d'un condensateur · Circuit RLC · Énergie mécanique · Quotient de réaction · Pile · Quantité d'électricité	5,5 pts	1 h 05	13 questions	p. 2
Ex 2	**Fabrication et propriétés d'un savon** Saponification d'un ester · Chauffage à reflux · Tableau d'avancement et réactif limitant · Rendement d'une synthèse · Espèces amphiphiles · Couples acide-base	4 pts	52 min	4 questions	p. 6
Ex 3	**Les applications technologiques de la radioactivité** Composition du noyau et isotopes · Radioactivités α, β^-, β^+ et γ · Lois de conservation · Loi de décroissance radioactive · Activité · Demi-vie	6,5 pts	1 h 18	19 questions	p. 9
Ex 4	**Spécialité : Dosage d'une eau de Javel** Dilution · Choix de la verrerie · Réaction d'oxydoréduction · Titrage indirect · Équivalence · Volume molaire d'un gaz	4 pts	52 min	8 questions	p. 14

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.

Q.R.O.C. à propos de l'énergie

Bac S 2003 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1 Question 1 (circuit RLC). Identifier la tension représentée par la courbe 1 (propositions a, b, c) et par la courbe 2 (propositions d, e).

Données utiles $E = 4{,}0$ V ; voies d'acquisition reliées aux points A, B et M

Avec M pour référence, le système d'acquisition mesure $u_{AM} = u_C$ (condensateur) et $u_{BM} = u_R$ (conducteur ohmique). La tension de la bobine, u_{AB}, n'est pas mesurée directement : **c et d sont FAUX**.

À $t = 0$, le condensateur est chargé sous la tension du générateur : $u_C(0) = E = 4{,}0$ V. La courbe 1 part de 4 V : **a est VRAI**, donc **b est FAUX**.

La bobine s'oppose à l'établissement du courant : $i(0) = 0$, donc $u_R(0) = R\,i(0) = 0$ V. La courbe 2 part de 0 V : **e est VRAI**.

Courbe 1 : tension u_C du condensateur (a) ; courbe 2 : tension u_R du conducteur ohmique (e).

COMPRENDRE
La bobine et les circuits RL et RLC ne figurent plus au programme actuel de spécialité. Le condensateur, sa charge et l'étude du circuit RC y restent.

MÉTHODE
Pour identifier une courbe, regarder sa valeur à $t = 0$: la tension du condensateur est continue (elle part de E), l'intensité dans une bobine est continue (elle part de 0).

2 Question 1. Énergie E_1 emmagasinée par le circuit RLC à l'instant initial : 8,0 mJ, $8{,}0 \times 10^{-6}$ J ou $2{,}0 \times 10^{-6}$ J ?

Données utiles $C = 1{,}0 \times 10^{-6}$ F ; $u_C(0) = E = 4{,}0$ V ; $i(0) = 0$

À $t = 0$ l'intensité est nulle : la bobine ne stocke aucune énergie ($\frac{1}{2} L\, i^2 = 0$). Toute l'énergie est dans le condensateur :

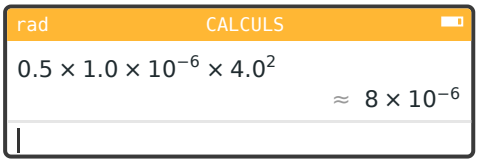
$$E_1 = \frac{1}{2}\, C\, E^2 = \frac{1}{2} \times 1{,}0 \times 10^{-6} \times 4{,}0^2 = 8{,}0 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$E_1 = 8{,}0 \times 10^{-6}$ J : **b est VRAI**, a et c sont FAUX.

PIÈGE
Oublier le carré de la tension donne $2{,}0 \times 10^{-6}$ J (proposition c). Et $8{,}0 \times 10^{-6}$ J valent 8,0 µJ, pas 8,0 mJ (proposition a).

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C et E.

À LA CALCULATRICE



3 Question 1. Intensité du courant lorsque les deux courbes se coupent pour la première fois : 5,0 mA, 7,7 mA ou 4,2 mA ?

Données utiles $R = 4{,}0 \times 10^2\ \Omega$; graphe : premier point d'intersection à $u \approx 1{,}7$ V

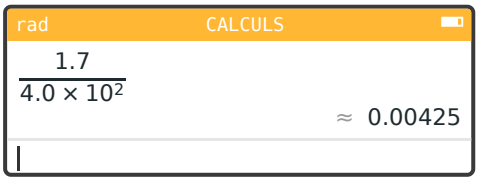
Au premier point d'intersection, on lit sur le graphe $u_R = u_C \approx 1{,}7$ V.

Loi d'Ohm : $i = \frac{u_R}{R} = \frac{1{,}7}{4{,}0 \times 10^2} = 4{,}2 \times 10^{-3}$ A

$i \approx 4{,}2$ mA : **c est VRAI**, a et b sont FAUX.

COMPRENDRE
La lecture graphique est peu précise (une graduation vaut 0,2 V). Les autres propositions correspondraient à 2,0 V et 3,1 V, lectures incompatibles avec le graphe.

À LA CALCULATRICE



4 Question 1. Somme E_2 des énergies emmagasinées dans la bobine et dans le condensateur au premier point d'intersection : $7{,}0 \times 10^{-6}$ J, $5{,}0 \times 10^{-6}$ J ou $2{,}0 \times 10^{-6}$ J ?

Données utiles $L = 0{,}40$ H ; $C = 1{,}0 \times 10^{-6}$ F ; $u_C \approx 1{,}7$ V et $i \approx 4{,}2 \times 10^{-3}$ A (Q3)

$$E_2 = \frac{1}{2} C\, u_C^2 + \frac{1}{2} L\, i^2$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \times 1{,}0 \times 10^{-6} \times 1{,}7^2 + \frac{1}{2} \times 0{,}40 \times (4{,}2 \times 10^{-3})^2$$

$$E_2 = 1{,}4 \times 10^{-6} + 3{,}5 \times 10^{-6} = 5{,}0 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$E_2 \approx 5{,}0 \times 10^{-6}$ J : **b est VRAI**, a et c sont FAUX.

PIÈGE
Laisser l'intensité en mA : il faut $4{,}2 \times 10^{-3}$ A. Ne pas oublier non plus l'énergie de la bobine, qui est ici la plus grande des deux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.5 \times 1.0 \times 10^{-6} \times 1.7^2 \approx 1.445 \times 10^{-6}$

$0.5 \times 0.40 \times (4.2 \times 10^{-3})^2 \approx 3.528 \times 10^{-6}$

$0.5 \times 1.0 \times 10^{-6} \times 1.7^2 + 0.5 \times 0.40 \times (4.2 \times 10^{-3})^2 \approx 4.973 \times 10^{-6}$

5 Question 1. Énergie dissipée dans la résistance au premier point d'intersection : $3{,}0 \times 10^{-6}$ J, $1{,}0 \times 10^{-3}$ J ou 10 mJ ?

Données utiles $E_1 = 8{,}0 \times 10^{-6}$ J (Q2) ; $E_2 = 5{,}0 \times 10^{-6}$ J (Q4)

L'énergie perdue par l'ensemble {condensateur + bobine} a été dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique :

$$E_{\text{dissipée}} = E_1 - E_2 = 8{,}0 \times 10^{-6} - 5{,}0 \times 10^{-6} = 3{,}0 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$E_{\text{dissipée}} = 3{,}0 \times 10^{-6}$ J : **a est VRAI**, b et c sont FAUX.

COMPRENDRE
Les propositions b et c dépassent l'énergie initiale E_1 : le circuit ne peut pas dissiper plus qu'il n'a reçu. Ce contrôle d'ordre de grandeur suffit à les écarter.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$8.0 \times 10^{-6} - 5.0 \times 10^{-6} \approx 3 \times 10^{-6}$

1 Question 2 (système solide-ressort). Vrai ou faux : la courbe correspondant à l'énergie cinétique est représentée en trait plein.

Le solide est lâché sans vitesse initiale : $v(0) = 0$, donc $E_c(0) = \frac{1}{2} m\, v^2 = 0$.

Sur le graphe, la courbe nulle à $t = 0$ est celle en pointillés. La courbe en trait plein, maximale à $t = 0$, est l'énergie potentielle élastique (ressort étiré de x_0).

FAUX : l'énergie cinétique est représentée en pointillés.

COMPRENDRE
L'oscillateur solide-ressort et l'énergie potentielle élastique ne figurent plus au programme actuel de spécialité. Le raisonnement sur les conditions initiales et la conservation de l'énergie mécanique reste exigible.

2 Question 2. Vrai ou faux : l'énergie mécanique du système a pour expression $E_m = \frac{1}{2} k x_0^2$.

L'énergie potentielle de pesanteur étant nulle : $E_m = E_c + E_{pe} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$.

À $t = 0$: $v = 0$ et $x = x_0$, donc $E_m(0) = \frac{1}{2} k x_0^2$.

D'après le graphe, la somme des deux énergies reste constante : cette valeur initiale est celle de E_m à chaque instant.

VRAI : $E_m = \frac{1}{2} k x_0^2$

PIÈGE
S'arrêter à l'instant initial. L'expression n'est valable à toute date que parce que l'énergie mécanique se conserve : il faut le dire.

3 Question 2. Vrai ou faux : l'allure des courbes permet d'affirmer qu'il n'y a pas de frottements.

Les maximums des deux courbes gardent la même valeur au cours du temps, et quand une énergie est maximale l'autre est nulle : la somme $E_c + E_{pe} = E_m$ est constante.

L'énergie mécanique se conserve, donc aucune force de frottement ne dissipe d'énergie.

VRAI : l'énergie mécanique est constante, il n'y a pas de frottements.

COMPRENDRE
Avec des frottements, l'amplitude des deux courbes diminuerait au fil des oscillations, comme celle des tensions du circuit RLC de la question 1, où la résistance joue le rôle des frottements.

1 Question 3 (pile cuivre-argent). Valeur du quotient de réaction initial (50 ou 0,02) et sens d'évolution spontanée (direct ou inverse).

Données utiles $2\,Ag^+(aq) + Cu(s) = 2\,Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$; $K = 2{,}0 \times 10^{15}$; $[Ag^+]_i = 0{,}10\ mol \cdot L^{-1}$; $[Cu^{2+}]_i = 0{,}50\ mol \cdot L^{-1}$

Les solides n'apparaissent pas dans le quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[Cu^{2+}]_i}{[Ag^+]_i^2} = \frac{0{,}50}{0{,}10^2} = 50$$

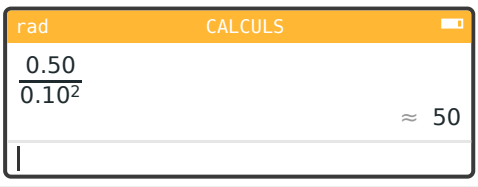
$Q_{r,i} < K$: le système évolue spontanément dans le sens direct.

$Q_{r,i} = 50 < K$, sens direct : **a est VRAI**, b, c et d sont FAUX.

PIÈGE
Oublier l'exposant 2 du nombre stœchiométrique de Ag^+, ou inverser la fraction : on obtient alors 0,02 (inverse de 50), valeur des propositions c et d.

MÉTHODE
Comparer $Q_{r,i}$ à K : si $Q_{r,i} < K$, sens direct ; si $Q_{r,i} > K$, sens inverse ; si $Q_{r,i} = K$, équilibre.

À LA CALCULATRICE



2 Question 3. Lorsque la pile débite, son quotient de réaction augmente, diminue ou ne varie pas ?

La réaction se fait dans le sens direct : $[Cu^{2+}]$ augmente et $[Ag^+]$ diminue.

Dans $Q_r = \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2}$, le numérateur augmente et le dénominateur diminue.

Q_r augmente : **a est VRAI**, b et c sont FAUX.

COMPRENDRE
Q_r croît en se rapprochant de K. Si Q_r atteignait K, le système serait à l'équilibre et la pile ne débiterait plus : elle serait usée.

3 Question 3. Quel est le pôle négatif de la pile : l'électrode d'argent ou l'électrode de cuivre ?

Dans le sens direct, le cuivre est oxydé : $\mathrm{Cu\,(s) = Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$.

La lame de cuivre libère des électrons vers le circuit extérieur : c'est le pôle négatif. Sur le fil d'argent se produit la réduction $\mathrm{Ag^+\,(aq) + e^- = Ag\,(s)}$: c'est le pôle positif.

Le pôle négatif est l'électrode de cuivre : **b est VRAI**, a est FAUX.

MÉTHODE
Dans une pile, les électrons sortent par le pôle négatif : c'est l'électrode où a lieu l'oxydation (anode). La réduction a lieu au pôle positif (cathode).

1 Question 4 (pile de f.é.m. 2,0 V). Énergie maximale disponible : 11,5 J, $1{,}15 \times 10^4$ J ou $2{,}30 \times 10^4$ J ?

Données utiles $E = 2{,}0$ V ; $I = 320$ mA ; $\Delta t = 10$ h

La pile fournit la puissance $P = E\,I$ pendant la durée $\Delta t = 10 \times 3600 = 3{,}6 \times 10^4$ s :

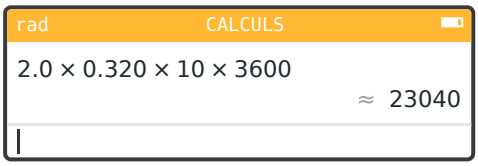
$$W = E\,I\,\Delta t = 2{,}0 \times 0{,}320 \times 3{,}6 \times 10^4 = 2{,}3 \times 10^4 \text{ J}$$

$W = 2{,}3 \times 10^4$ J : **c est VRAI**, a et b sont FAUX.

PIÈGE
Convertir la durée en secondes et l'intensité en ampères. La proposition b ($1{,}15 \times 10^4$) est la charge $I\,\Delta t$ en coulombs : il manque le facteur E.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs suffisent ($E = 2{,}0$ V) : $2{,}3 \times 10^4$ J correspond bien à la proposition $2{,}30 \times 10^4$ J.

À LA CALCULATRICE



2 Question 4. Quantité d'électrons qui circulent pendant la durée totale du fonctionnement : 0,12 mol, 1,0 mol ou 2,0 mol ?

Données utiles $I = 320$ mA ; $\Delta t = 10$ h ; $1\ F = 9{,}65 \times 10^4$ C · mol^{-1}

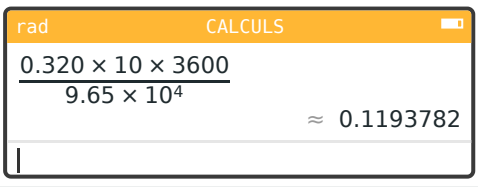
La charge débitée vaut $Q = I\,\Delta t$; elle est transportée par $n(\mathrm{e^-})$ moles d'électrons : $Q = n(\mathrm{e^-})\,F$.

$$n(\mathrm{e^-}) = \frac{I\,\Delta t}{F} = \frac{0{,}320 \times 3{,}6 \times 10^4}{9{,}65 \times 10^4} = 0{,}12 \text{ mol}$$

$n(\mathrm{e^-}) = 0{,}12$ mol : **a est VRAI**, b et c sont FAUX.

COMPRENDRE
Le faraday F est la charge d'une mole d'électrons. Deux chiffres significatifs, comme la durée (10 h).

À LA CALCULATRICE



Fabrication et propriétés d'un savon

Bac S 2003 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie I, mode opératoire. **a)** Nommer l'opération réalisée aux étapes 1 et 3. **b)** Justifier l'emploi de l'eau salée à l'étape 2. **c)** Nommer les éléments (a), (b), (c) du montage ; rôle de (a). **d)** Rôle de la pierre ponce. **e)** Pourquoi opère-t-on à chaud ?

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

a) Étape 1 : chauffage à reflux. Étape 3 : filtration sous vide (sur entonnoir Büchner).

b) Le savon se dissout dans l'eau, mais très peu dans l'eau salée : versé dans la solution de chlorure de sodium, il précipite et on peut le recueillir par filtration. La soude restante, soluble dans l'eau salée, reste dans le filtrat.

c) (a) : réfrigérant à boules (réfrigérant à eau) ; (b) : ballon ; (c) : chauffe-ballon. Le réfrigérant condense les vapeurs qui s'élèvent du mélange : elles retombent à l'état liquide dans le ballon. On chauffe ainsi sans perdre de matière.

d) La pierre ponce régularise l'ébullition et évite les projections.

e) La température est un facteur cinétique.

Chauffer accélère la transformation : la saponification, très lente à froid, est réalisée en trente minutes.

PIÈGE

Répondre seulement « filtration » ou « chauffage » ne suffit pas : le schéma montre une fiole à vide reliée à une trompe à eau et un réfrigérant vertical, d'où « sous vide » et « à reflux ».

COMPRENDRE

Cette précipitation du savon dans l'eau salée s'appelle le relargage. L'éthanol, lui, dissout à la fois l'oléine et la soude : les réactifs sont dans une même phase et se rencontrent mieux.

2 Partie I, étude quantitative. **a)** Écrire l'équation de la réaction de l'étape 1 avec les formules semi-développées ; nommer les produits 1 et 2. **b)** Compléter le tableau d'avancement de l'annexe et en déduire le réactif limitant. **c)** Définir puis calculer le rendement.

Données utiles $n_0(\text{oléine}) = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol ; $n_1(\text{soude}) = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol ; $m_{\text{exp}} = 10{,}5$ g ; $M(\text{savon}) = 304\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

a) Saponification de l'oléine (un triester) par les ions hydroxyde :

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{33}-CO-O-CH_2 \\ C_{17}H_{33}-CO-O-CH \\ C_{17}H_{33}-CO-O-CH_2 \end{array} + 3\,(Na^+ + HO^-) \longrightarrow 3\,(C_{17}H_{33}-COO^- + Na^+) + \begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-OH \\ CH_2-OH \end{array}$$

Produit 1 : oléate de sodium (le savon). Produit 2 : glycérol (propane-1,2,3-triol).

b) Tableau complété : voir l'annexe. L'avancement maximal est la plus petite des deux valeurs :

- oléine épuisée : $n_0 - x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol ;
- soude épuisée : $n_1 - 3\,x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = \dfrac{n_1}{3} = \dfrac{5{,}0 \times 10^{-2}}{3} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

Donc $x_{\max} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol : la soude est le réactif limitant.

c) Le rendement est le quotient de la masse de savon réellement obtenue par la masse maximale que l'on obtiendrait si la transformation était totale et sans perte : $\eta = \dfrac{m_{\text{exp}}}{m_{\max}}$.

$m_{\max} = 3\,x_{\max} \times M(\text{savon}) = n_1 \times M(\text{savon}) = 5{,}0 \times 10^{-2} \times 304 = 15{,}2$ g

$$\eta = \frac{10{,}5}{15{,}2} = 0{,}69$$

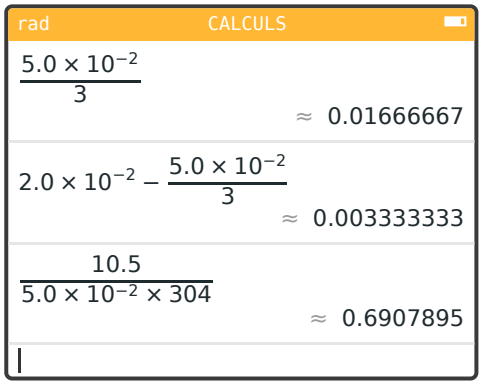
$\eta = 0{,}69$, soit un rendement de 69 %.

PIÈGE
Comparer directement $2{,}0 \times 10^{-2}$ et $5{,}0 \times 10^{-2}$ mol conduit à désigner l'oléine. Il faut diviser chaque quantité par son nombre stœchiométrique : la soude est consommée trois fois plus vite.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les quantités de matière initiales. Dans le calcul, on garde $3\,x_{\max} = n_1$ exactement : reprendre la valeur arrondie $1{,}7 \times 10^{-2}$ fausserait le dernier chiffre.

MÉTHODE
Le rendement se calcule toujours à partir du réactif limitant. Ici, il est inférieur à 1 : transformation peut-être inachevée, savon resté dissous dans l'eau salée, pertes au transvasement et au rinçage.

À LA CALCULATRICE



	Oléine	Soude	Produit 1 savon	Produit 2 glycérol
Quantité de matière dans l'état initial (en mol)	2,0×10⁻²	5,0×10⁻²	0	0
Quantité de matière en cours de transformation (en mol)	2,0×10⁻² − x	5,0×10⁻² − 3x	3x	x
Quantité de matière dans l'état final (en mol)	3,3×10⁻³	0	5,0×10⁻²	1,7×10⁻²

Avancement maximal : 1,7×10⁻² mol (la soude est épuisée)

2 · Annexe complétée : en orange, ce que l'élève écrit

1 Partie II. Sur le schéma de l'ion carboxylate, identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe. Justifier la solubilité du savon dans l'eau.

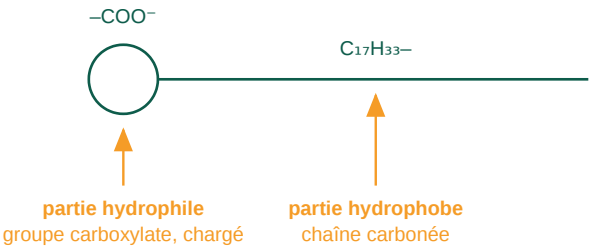
Le cercle représente le groupe carboxylate $-COO-$: il porte une charge et attire les molécules d'eau, qui sont polaires. C'est la partie hydrophile.

Le trait représente la longue chaîne carbonée $C_{17}H_{33}{}^{-}$, non polaire, sans affinité pour l'eau : c'est la partie hydrophobe.

Le savon est soluble dans l'eau grâce à ses têtes hydrophiles, qui s'entourent de molécules d'eau. Les ions se regroupent en micelles : les chaînes se rassemblent au centre, à l'abri de l'eau, et les têtes chargées restent en surface, au contact de l'eau.

Groupe carboxylate (cercle) : hydrophile ; chaîne carbonée (trait) : hydrophobe.

COMPRENDRE
La chaîne hydrophobe a de l'affinité pour les graisses : elle s'y plante pendant que la tête reste dans l'eau. La salissure grasse est ainsi entourée, détachée et emportée par l'eau de rinçage.



1 · Schéma de l'ion carboxylate du sujet, légendé

2 Partie II. Écrire l'équation de la réaction entre l'ion carboxylate et l'eau, en précisant les couples acido-basiques mis en jeu.

L'ion carboxylate est une base : il capte un ion H^+ cédé par l'eau, qui joue le rôle d'acide.

Couples acide / base : $C_{17}H_{33}COOH$ / $C_{17}H_{33}COO^-$ et H_2O / HO^-.

$$C_{17}H_{33}COO^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons C_{17}H_{33}COOH\,(aq) + HO^-\,(aq)$$

PIÈGE
Utiliser le couple H_3O^+/H_2O : l'eau y est la base. Face à une base, l'eau intervient comme acide, par le couple H_2O/HO^-.

COMPRENDRE
La réaction produit des ions hydroxyde : c'est ce qui rend l'eau savonneuse basique (pH supérieur à 7). Elle est très limitée, d'où la double flèche (le sujet de 2003 écrit un signe « = »).

Les applications technologiques de la radioactivité

Bac S 2003 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Par quels nombres caractérise-t-on le noyau d'un atome ?

Un noyau ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ est caractérisé par son numéro atomique Z (nombre de protons) et son nombre de masse A (nombre de nucléons).

COMPRENDRE
Le nombre de neutrons s'en déduit : $N = A - Z$.

1.2 Le carbone 11 et le carbone 12 sont deux isotopes. Qu'est-ce qui différencie les isotopes d'un même élément chimique ?

Des isotopes ont le même nombre de protons Z, mais des nombres de neutrons différents, donc des nombres de nucléons A différents.

1.3 L'oxygène 15 est radioactif β⁺. Écrire l'équation de la désintégration, le noyau fils n'étant pas émis dans un état excité.

Données utiles extrait de la classification : ${}_{6}\mathrm{C}$, ${}_{7}\mathrm{N}$, ${}_{8}\mathrm{O}$, ${}_{9}\mathrm{F}$

Une désintégration β⁺ émet un positon ${}^{0}_{1}\mathrm{e}$.

Conservation du nombre de nucléons : $15 = A + 0$, donc $A = 15$.

Conservation de la charge : $8 = Z + 1$, donc $Z = 7$: le noyau fils est de l'azote.

${}^{15}_{8}\mathrm{O} \longrightarrow {}^{15}_{7}\mathrm{N} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$

PIÈGE
Confondre β⁺ et β⁻ : avec un électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$, on obtiendrait à tort du fluor ($Z = 9$).

MÉTHODE
Pour toute équation nucléaire : écrire la particule émise, puis appliquer les deux lois de conservation (somme des A, somme des Z) et identifier l'élément dans la classification.

2.1 Dans le texte on parle de traceurs : quelle propriété commune présentent-ils ?

Les traceurs sont radioactifs et à l'origine d'un rayonnement γ détectable à l'extérieur du corps.

COMPRENDRE
Un traceur a les mêmes propriétés chimiques que l'espèce naturelle : il suit le même trajet dans l'organisme, et son rayonnement révèle où il se fixe.

2.2 Le texte donne une particularité des radioéléments utilisables en scintigraphie : laquelle ?

Leur activité décroît rapidement : leur demi-vie est courte.

2.3.1 Donner le nom et le symbole ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ des particules des radioactivités β⁻ et alpha.

β⁻ : électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$; α : noyau d'hélium ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

2.3.2 Justifier la phrase « un rayonnement de type alpha plus massif que les autres ».

La particule α contient $A = 4$ nucléons. L'électron (β⁻) et le positon (β⁺) n'en contiennent aucun ($A = 0$) : leur masse est très inférieure à celle d'un seul nucléon. Le rayonnement γ, lui, n'a pas de masse.

La particule α, formée de 4 nucléons, est bien plus massive que l'électron ou le positon.

COMPRENDRE
Un nucléon est environ 1 800 fois plus lourd qu'un électron : la particule α est donc plus de 7 000 fois plus massive qu'une particule β.

3.1 Donner la définition du temps de demi-vie.

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

COMPRENDRE
L'activité étant proportionnelle au nombre de noyaux restants, elle est elle aussi divisée par 2 à chaque demi-vie.

3.2 À l'aide du tableau, justifier le choix de l'iode 131 en scintigraphie.

Données utiles pour les deux traceurs, $A_0 = 2 \times 10^5$ Bq ; après 400 jours : $A_{400} = 6 \times 10^{-3}$ Bq (demi-vie de 8 jours) et $A_{400} = 6\,255$ Bq (demi-vie de 80 jours)

À l'injection, les deux traceurs ont la même activité : ils sont détectés aussi bien l'un que l'autre par la gamma caméra.

Après 400 jours, l'activité de l'iode 131 est pratiquement nulle, alors que celle du traceur de demi-vie 80 jours vaut encore $6\,255$ Bq, soit $\dfrac{6\,255}{2 \times 10^5} \approx 3\ \%$ de sa valeur initiale.

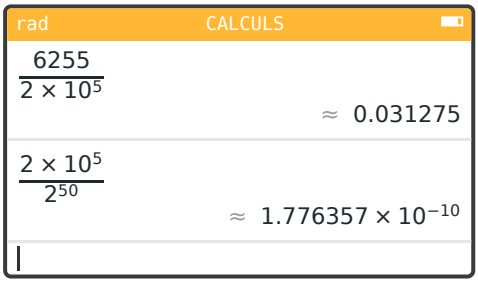
Remarque : la valeur 6×10^{-3} Bq du tableau ne correspond pas à une demi-vie de 8 jours (le calcul donne une activité encore plus faible) ; la conclusion ne change pas.

L'iode 131 disparaît vite de l'organisme : le patient est irradié peu de temps, l'examen est moins nocif.

COMPRENDRE
400 jours représentent 50 demi-vies de 8 jours : $A_{400} = \dfrac{A_0}{2^{50}} \approx 2 \times 10^{-10}$ Bq, et non 6×10^{-3} Bq.
Pour 80 jours : 5 demi-vies, $\dfrac{A_0}{2^5} = 6\,250$ Bq, en accord avec le tableau.

MÉTHODE
Après n demi-vies, l'activité est divisée par 2^n. Calculer $n = \dfrac{t}{t_{1/2}}$ suffit souvent à comparer deux sources sans exponentielle.

À LA CALCULATRICE



4.1 Écrire l'équation de désintégration du cobalt 60, le noyau fils étant produit dans un état excité.

Données utiles ${}^{60}_{27}\mathrm{Co}$ émetteur β^- ; extrait de la classification : ${}_{25}\mathrm{Mn}$, ${}_{26}\mathrm{Fe}$, ${}_{27}\mathrm{Co}$, ${}_{28}\mathrm{Ni}$, ${}_{29}\mathrm{Cu}$

Émission β^- : un électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ est émis.

Conservation du nombre de nucléons : $60 = A + 0$, donc $A = 60$.

Conservation de la charge : $27 = Z - 1$, donc $Z = 28$: le noyau fils est du nickel, noté Ni^* car excité.

Le noyau fils se désexcite ensuite en émettant un rayonnement gamma : ${}^{60}_{28}\mathrm{Ni}^* \longrightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + \gamma$.

$${}^{60}_{27}\mathrm{Co} \longrightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni}^* + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

PIÈGE
Écrire $27 = Z + 1$ et obtenir du fer : la charge de l'électron est négative, donc Z augmente d'une unité lors d'une désintégration β^-.

4.2.1 Déterminer le nombre N_0 de noyaux contenus dans l'échantillon de 1 µg à l'instant de sa réception.

Données utiles $m = 1\ \mu g = 1 \times 10^{-6}$ g ; $M = 60\ g \cdot mol^{-1}$; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

Quantité de matière : $n = \dfrac{m}{M}$, et $N_0 = n \times N_A$, donc

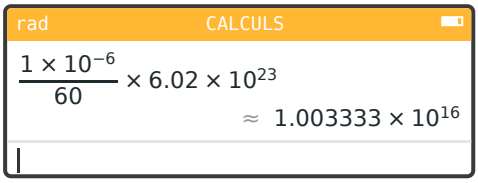
$$N_0 = \frac{m}{M} \times N_A = \frac{1 \times 10^{-6}}{60} \times 6{,}02 \times 10^{23}$$

$N_0 = 1 \times 10^{16}$ noyaux

PIÈGE
Laisser la masse en microgrammes : M est en $g \cdot mol^{-1}$, il faut $m = 1 \times 10^{-6}$ g.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la masse « 1 µg » n'en a qu'un, le résultat aussi. On garde $1{,}0 \times 10^{16}$ pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



4.2.2 Rappeler l'expression liant ΔN, Δt, λ et N, où N est le nombre de noyaux encore présents à la date t.

$\Delta N = -\lambda\, N\, \Delta t$

PIÈGE
Oublier le signe « − » : ΔN est la variation du nombre de noyaux restants, elle est négative.

4.2.3 Donner l'expression de ΔN en fonction de Δt, λ, N_0 et t.

Loi de décroissance radioactive : $N = N_0\, e^{-\lambda t}$. En remplaçant dans la relation précédente :

$\Delta N = -\lambda\, N_0\, e^{-\lambda t}\, \Delta t$

4.2.4 L'activité $A = \dfrac{|\Delta N|}{\Delta t}$ peut se mettre sous la forme $A = A_0\, e^{-\lambda t}$. Que vaut littéralement A_0 ?

$A = \dfrac{|\Delta N|}{\Delta t} = \lambda\, N_0\, e^{-\lambda t}$. Par identification avec $A = A_0\, e^{-\lambda t}$:

$A_0 = \lambda\, N_0$

COMPRENDRE
Plus généralement $A = \lambda N$ à chaque instant : l'activité et le nombre de noyaux décroissent selon la même loi exponentielle.

4.2.5 Exprimer $\ln A$ en fonction de t, λ et A_0.

Données utiles rappel : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$

$\ln A = \ln\left(A_0\, e^{-\lambda t}\right) = \ln A_0 + \ln\left(e^{-\lambda t}\right)$, et $\ln\left(e^{x}\right) = x$.

$\ln A = \ln A_0 - \lambda\, t$

4.2.6 Montrer que la forme de la courbe constitue une vérification expérimentale de l'expression trouvée.

Données utiles $\lambda = 4 \times 10^{-9}\ s^{-1}$; $N_0 = 1{,}0 \times 10^{16}$ (4.2.1)

L'expression $\ln A = -\lambda\, t + \ln A_0$ est celle d'une fonction affine de t, de coefficient directeur $-\lambda$ (négatif) et d'ordonnée à l'origine $\ln A_0$.

Le graphe est bien une droite décroissante ne passant pas par l'origine : il est en accord avec $\ln A = \ln A_0 - \lambda\, t$.

COMPRENDRE
L'ordonnée à l'origine se vérifie aussi : $A_0 = \lambda N_0 = 4 \times 10^{7}$ Bq, d'où $\ln A_0 \approx 17{,}5$, la valeur lue sur le graphe à $t = 0$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

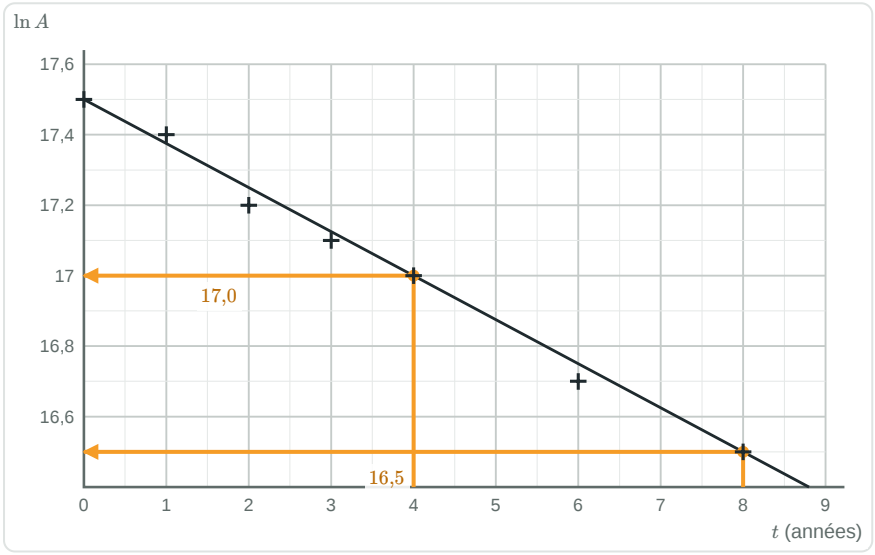
$\ln\left(4 \times 10^{-9} \times 1.0 \times 10^{16}\right) \approx 17.50439$

4.2.7 Déterminer graphiquement la valeur de la constante de désintégration radioactive λ en an^{-1}.

Le coefficient directeur de la droite vaut $-\lambda$. On choisit deux points de la droite, éloignés et faciles à lire : $(4{,}0\ ;\ 17{,}0)$ et $(8{,}0\ ;\ 16{,}5)$.

$$-\lambda = \frac{16{,}5 - 17{,}0}{8{,}0 - 4{,}0} = -0{,}125\ \text{an}^{-1}$$

$$\lambda = 0{,}125\ \text{an}^{-1} \approx 0{,}13\ \text{an}^{-1}$$



4.2.7 · Graphe du sujet : lecture des deux points choisis sur la droite

PIÈGE

Prendre des points de mesure qui ne sont pas sur la droite, ou donner λ négatif : c'est le coefficient directeur qui est négatif.

MÉTHODE

Coefficient directeur : deux points de la droite tracée (pas forcément des points expérimentaux), les plus éloignés possible, puis $\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$ avec l'unité des axes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{16.5 - 17.0}{8.0 - 4.0} \approx -0.125$

4.2.8 Donner la relation entre $t_{1/2}$ et λ.

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

COMPRENDRE

Elle vient de la définition : $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$ donne $e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$, soit $\lambda\, t_{1/2} = \ln 2$.

4.2.9 Calculer $t_{1/2}$ en années. Dans les tables on trouve $t_{1/2} = 1{,}68 \times 10^8$ s pour le cobalt 60. Commenter.

Données utiles $\lambda = 0{,}125\ \text{an}^{-1}$ (4.2.7)

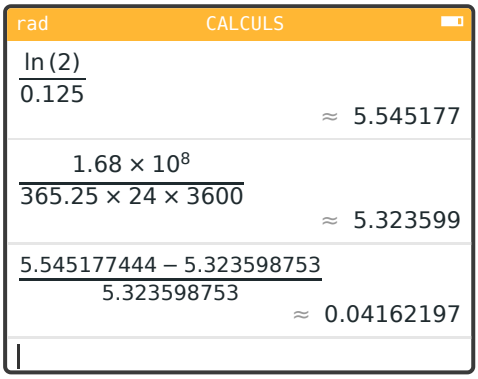
$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{0{,}125} = 5{,}5\ \text{ans}$$

Valeur des tables convertie en années (1 an $= 365{,}25 \times 24 \times 3600$ s) :

$$t_{1/2} = \frac{1{,}68 \times 10^8}{365{,}25 \times 24 \times 3600} = 5{,}32\ \text{ans}$$

$t_{1/2} = 5{,}5$ ans, proche de la valeur des tables (5,32 ans) : l'écart, d'environ 4 %, s'explique par l'imprécision de la lecture graphique.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Comparer 5,5 et $1{,}68 \times 10^8$ sans conversion : les deux durées doivent être dans la même unité avant de commenter.

COMPRENDRE
La valeur de l'énoncé, $\lambda = 4 \times 10^{-9}\ \text{s}^{-1}$, donne $t_{1/2} \approx 1{,}7 \times 10^8$ s : les trois valeurs sont cohérentes.

Spécialité : Dosage d'une eau de Javel

Bac S 2003 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Décrire une méthode permettant de diluer au dixième l'eau de Javel commerciale pour obtenir 50,0 mL de solution S. Préciser la verrerie (noms et volumes).

Données utiles $V_S = 50{,}0$ mL ; facteur de dilution $F = 10$

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée : $c_0\,V_0 = c_S\,V_S$ avec $c_S = \dfrac{c_0}{10}$.

Volume de solution commerciale à prélever : $V_0 = \dfrac{V_S}{10} = \dfrac{50{,}0}{10} = 5{,}0$ mL.

Protocole :

- verser un peu d'eau de Javel commerciale dans un bécher ;
- prélever $5{,}0$ mL avec une **pipette jaugée de 5,0 mL** munie d'une propipette ;
- les introduire dans une **fiole jaugée de 50,0 mL** ;
- ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

Pipette jaugée de $5{,}0$ mL et fiole jaugée de $50{,}0$ mL : $V_0 = 5{,}0$ mL de solution commerciale complétés à $50{,}0$ mL.

PIÈGE
Proposer une éprouvette graduée ou un bécher : la concentration de S ne serait plus connue avec précision. Ne jamais pipeter directement dans le flacon.

MÉTHODE
Dilution d'un facteur F : le rapport volume de la fiole sur volume de la pipette vaut F. Toujours citer deux verreries jaugées, avec leurs volumes.

1.2 Quelle verrerie utiliser pour prélever $V = 10{,}0$ mL de solution S, puis $V' = 20$ mL de solution d'iodure de potassium ?

Le volume $V = 10{,}0$ mL de solution S contient les ions hypochlorite à doser : il doit être connu avec précision. On utilise une **pipette jaugée de 10,0 mL**.

Les ions iodure sont introduits en excès : la quantité de diiode formé ne dépend que de la quantité d'ions hypochlorite. Le volume $V' = 20$ mL n'a pas besoin d'être précis : une **éprouvette graduée** (de 25 mL ou 50 mL) convient.

V : pipette jaugée de $10{,}0$ mL ; V' : éprouvette graduée.

COMPRENDRE
L'écriture des volumes donne l'indice : « 10,0 mL » (trois chiffres significatifs) annonce une verrerie jaugée, « 20 mL » une verrerie simplement graduée.

2.1 Écrire l'équation de la réaction de titrage, notée (2), entre le diiode et les ions thiosulfate.

Données utiles couples $\mathrm{I_2\,(aq)}$ / $\mathrm{I^-\,(aq)}$ et $\mathrm{S_4O_6^{2-}\,(aq)}$ / $\mathrm{S_2O_3^{2-}\,(aq)}$

Réduction du diiode : $\mathrm{I_2\,(aq) + 2\,e^- = 2\,I^-\,(aq)}$

Oxydation des ions thiosulfate : $\mathrm{2\,S_2O_3^{2-}\,(aq) = S_4O_6^{2-}\,(aq) + 2\,e^-}$

Les deux demi-équations échangent deux électrons ; on les additionne :

$$\mathrm{I_2\,(aq) + 2\,S_2O_3^{2-}\,(aq) \longrightarrow 2\,I^-\,(aq) + S_4O_6^{2-}\,(aq)} \qquad (2)$$

PIÈGE
Vérifier les charges : $0 + 2 \times (-2) = -4$ à gauche, $2 \times (-1) + (-2) = -4$ à droite. Aucun électron ne doit rester dans l'équation finale.

2.2 Déduire des résultats du titrage la quantité de matière de diiode présente dans le mélange réactionnel.

Données utiles $c_1 = 0{,}10\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_{1E} = 10{,}0\ \text{mL}$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation (2) :

$$n(\text{I}_2) = \frac{n(\text{S}_2\text{O}_3{}^{2-})_{\text{versé}}}{2} = \frac{c_1\, V_{1E}}{2}$$

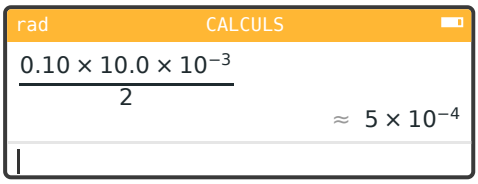
$$n(\text{I}_2) = \frac{0{,}10 \times 10{,}0 \times 10^{-3}}{2}$$

$$\boxed{n(\text{I}_2) = 5{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur $\frac{1}{2}$: il faut deux ions thiosulfate pour une molécule de diiode. Convertir V_{1E} en litres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c_1, la donnée la moins précise. Le thiodène (ou l'empois d'amidon) est bleu foncé en présence de diiode : l'équivalence se repère à la décoloration.

À LA CALCULATRICE



2.3 Calculer la quantité de matière d'ions hypochlorite initialement présents dans le prélèvement de volume V.

Données utiles $n(\text{I}_2) = 5{,}0 \times 10^{-4}$ mol (2.2)

La réaction (1) est totale et les ions iodure sont en excès : les ions hypochlorite sont le réactif limitant, ils sont entièrement consommés.

D'après l'équation (1), une mole d'ions ClO^- forme une mole de I_2 :

$$n(\text{ClO}^-)_{\text{initial}} = n(\text{I}_2)_{\text{formé}}$$

$$\boxed{n(\text{ClO}^-) = 5{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol}}$$

MÉTHODE
Titrage indirect : l'espèce étudiée est d'abord transformée entièrement en une autre (ici I_2), que l'on titre. On remonte ensuite à l'espèce de départ par la stœchiométrie de la première réaction.

2.4 Déterminer la concentration en ions hypochlorite de la solution S, puis de la solution commerciale.

Données utiles $n(\text{ClO}^-) = 5{,}0 \times 10^{-4}$ mol (2.3) ; $V = 10{,}0$ mL ; dilution au dixième

Dans la solution S :

$$[\text{ClO}^-]_S = \frac{n(\text{ClO}^-)}{V} = \frac{5{,}0 \times 10^{-4}}{10{,}0 \times 10^{-3}} = 5{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

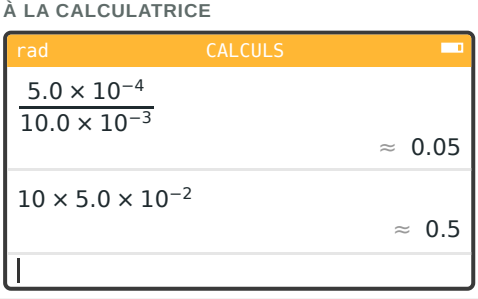
La solution commerciale est dix fois plus concentrée que S :

$$[\text{ClO}^-]_0 = 10 \times [\text{ClO}^-]_S = 10 \times 5{,}0 \times 10^{-2}$$

$$\boxed{[\text{ClO}^-]_S = 5{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ et } [\text{ClO}^-]_0 = 0{,}50\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

PIÈGE
Diviser par le volume total du mélange (30 mL) ou par V_{1E}. Les ions hypochlorite dosés étaient contenus dans les seuls 10,0 mL de solution S.

À LA CALCULATRICE



2.5 (2.5.1) À l'aide de l'équation donnée dans le texte encadré, calculer la quantité de matière de dichlore produite par un litre d'eau de Javel.

Données utiles $[\mathrm{ClO^-}]_0 = 0{,}50\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (2.4) ; $V_J = 1{,}0\ \mathrm{L}$

Équation : $\mathrm{ClO^-\,(aq) + Cl^-\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) = H_2O\,(l) + Cl_2\,(g)}$

La transformation est complète et une mole d'ions $\mathrm{ClO^-}$ produit une mole de $\mathrm{Cl_2}$:

$$n(\mathrm{Cl_2}) = n(\mathrm{ClO^-}) = [\mathrm{ClO^-}]_0 \times V_J = 0{,}50 \times 1{,}0$$

$n(\mathrm{Cl_2}) = 0{,}50$ mol

COMPRENDRE
L'eau de Javel est préparée à partir de dichlore et de soude, ce qui forme autant d'ions $\mathrm{Cl^-}$ que d'ions $\mathrm{ClO^-}$: en milieu acide, les ions hypochlorite sont donc tous consommés.

2.5.2 En déduire le degré chlorométrique de l'eau de Javel commerciale utilisée. Commenter le résultat.

Données utiles $V_m = 22{,}4\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$; $n(\mathrm{Cl_2}) = 0{,}50$ mol (2.5.1) ; indication de la bouteille : 12° chl

Le degré chlorométrique est le volume de dichlore, en litres, libéré par un litre d'eau de Javel :

$$V(\mathrm{Cl_2}) = n(\mathrm{Cl_2}) \times V_m = 0{,}50 \times 22{,}4 = 11\ \mathrm{L}$$

Écart relatif avec l'indication de l'étiquette : $\dfrac{12 - 11{,}2}{12} \approx 7\ \%$.

Le résultat est proche de la valeur annoncée mais un peu plus faible. L'écart est compatible avec la précision du titrage (c_1 connue à deux chiffres significatifs). Il peut aussi venir du vieillissement de l'eau de Javel, dont les ions hypochlorite se décomposent lentement.

Degré chlorométrique : environ 11° chl, voisin des 12° chl annoncés (écart de 7 %).

PIÈGE
Utiliser $24\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$: le degré chlorométrique est défini à 0 °C et 1,013 bar, d'où $V_m = 22{,}4\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$, quelle que soit la température du laboratoire.

COMPRENDRE
« Commenter » demande une comparaison chiffrée avec l'étiquette, puis une cause plausible de l'écart. Une eau de Javel perd du titre avec le temps, la chaleur et la lumière.

À LA CALCULATRICE

