Corrigé complet — Bac S 2008 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme)

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

Ex 1	**Acide carboxylique inconnu** Titrage pH-métrique · Équivalence · Tableau d'avancement · Constante d'acidité · Demi-équivalence · Identification par le pKA	4 pts	52 min	13 questions	p. 2
Ex 2	**Alimentation simplifiée d'un injecteur d'automobile** Période d'un signal · Loi d'additivité des tensions · Loi d'Ohm · Tension aux bornes d'une bobine · Inductance · Exploitation d'un oscillogramme	4 pts	52 min	11 questions	p. 7
Ex 3	**Déchets radioactifs et synthèse organique** Décroissance radioactive · Activité et demi-vie · Équations de réactions nucléaires · Équivalence masse-énergie · Estérification · Optimisation du rendement	8 pts	1 h 44	24 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : élaboration industrielle du zinc** Bilan de matière · Constante d'équilibre · Précipitation et pH · Oxydoréduction · Électrolyse · Quantité d'électricité	4 pts	52 min	10 questions	p. 17

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.

Acide carboxylique inconnu

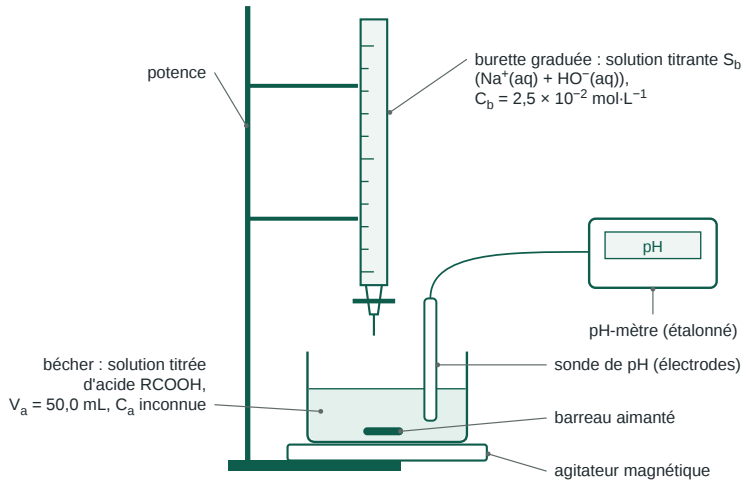
Bac S 2008 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Faire un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé pour effectuer ce titrage.

Montage de titrage pH-métrique : la solution titrante S_b est dans la burette graduée, la solution titrée d'acide dans le bécher, sous agitation, avec la sonde du pH-mètre plongée dans le bécher.

Schéma légendé ci-dessous : burette (S_b, C_b), bécher (V_a d'acide), pH-mètre et sa sonde, agitateur magnétique et barreau aimanté.

PIÈGE
Une légende incomplète coûte des points : il faut nommer la verrerie et aussi préciser le contenu de la burette (solution titrante) et du bécher (solution titrée).



1.1 · Montage du titrage pH-métrique

1.2 Écrire l'équation de la réaction du titrage.

L'acide RCOOH réagit avec la base $\mathrm{HO^-}$ apportée par la solution d'hydroxyde de sodium ; les ions $\mathrm{Na^+}$ sont spectateurs.

$$\mathrm{RCOOH\,(aq) + HO^-\,(aq) = RCOO^-\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

COMPRENDRE
Le signe « = » est la notation de l'ancien programme. Aujourd'hui, une réaction de titrage, totale, s'écrit avec une flèche simple $\longrightarrow$; la double flèche $\rightleftharpoons$ est réservée aux équilibres comme la réaction (1).

1.3 Compléter le tableau d'avancement du document 2, en utilisant les grandeurs C_a, C_b, V_a et V_b.

Quantités introduites : $n(\mathrm{RCOOH})_i = C_aV_a$ dans le bécher et $n(\mathrm{HO^-})_i = C_bV_b$ versée à la burette. L'eau est le solvant, en large excès.

Tableau complété ci-dessous ; à l'état final : $n(\mathrm{RCOOH}) = C_aV_a - x_f$, $n(\mathrm{HO^-}) = C_bV_b - x_f$, $n(\mathrm{RCOO^-}) = x_f$.

MÉTHODE
Pour un titrage, on raisonne comme si le volume V_b était versé d'un seul coup : l'état initial contient C_aV_a d'acide et C_bV_b d'ions hydroxyde. Le tableau reste alors valable pour tout volume versé.

équation de la réaction		$RCOOH(aq)$ + $HO^-(aq)$ = $RCOO^-(aq)$ + $H_2O(l)$			
état	avancement	quantités de matière en mol			
initial	x = 0	C_aV_a	C_bV_b	0	solvant
intermédiaire	x	$C_aV_a - x$	$C_bV_b - x$	x	solvant
final	x_f	$C_aV_a - x_f$	$C_bV_b - x_f$	x_f	solvant

1.3 · Document 2 complété (en orange : ce que l'élève écrit)

1.4 Définir l'équivalence du titrage.

L'équivalence est l'état du titrage où le réactif titrant et le réactif titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage : ils sont tous deux entièrement consommés.

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, le réactif limitant est HO^- (titrant) ; après, c'est $RCOOH$ (titré). L'équivalence correspond donc au changement de réactif limitant.

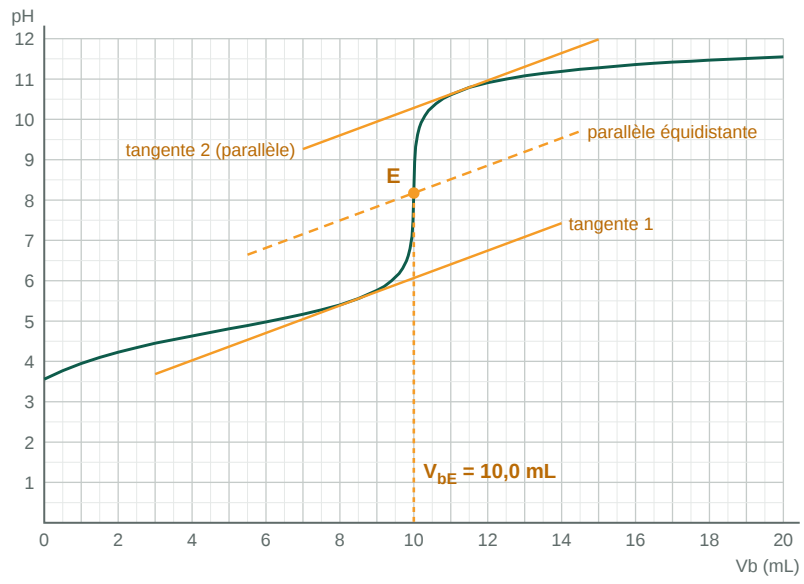
1.5 Déterminer graphiquement le volume V_{bE} de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence, en laissant les traits de construction sur le document 1.

Méthode des tangentes parallèles : on trace deux tangentes à la courbe, parallèles entre elles, de part et d'autre du saut de pH, puis la droite parallèle située à égale distance des deux. Cette droite coupe la courbe au point d'équivalence E.

On lit l'abscisse de E sur le document 1.

$V_{bE} = 10{,}0\ \text{mL}$

PIÈGE
Les deux tangentes doivent être réellement parallèles et placées dans les parties courbées, avant et après le saut. Sans traits de construction sur l'annexe, la lecture seule ne rapporte pas tous les points.



1.5 · Document 1 complété : méthode des tangentes parallèles

1.6 Écrire la relation existant entre C_a, V_a, C_b et V_{bE} à l'équivalence. En déduire la valeur de la concentration molaire C_a de l'acide titré.

Données utiles $V_a = 50{,}0\ \text{mL}$; $C_b = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_{bE} = 10{,}0\ \text{mL}$ (1.5)

À l'équivalence, les deux réactifs sont entièrement consommés : $C_aV_a - x_f = 0$ et $C_bV_{bE} - x_f = 0$, d'où

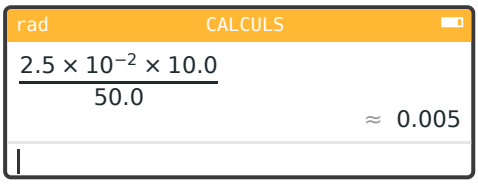
$$C_aV_a = C_bV_{bE} \qquad \text{soit} \qquad C_a = \frac{C_bV_{bE}}{V_a}$$

$$C_a = \frac{2{,}5 \times 10^{-2} \times 10{,}0}{50{,}0}$$

$$\boxed{C_a = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_b, la donnée la moins précise. Les deux volumes peuvent rester en mL : leur rapport est sans unité.

À LA CALCULATRICE



2.1 Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple $\text{RCOOH(aq)}/\text{RCOO}^-\text{(aq)}$.

K_A est la constante d'équilibre associée à la réaction (1) de l'acide avec l'eau :

$$\boxed{K_A = \frac{[\text{RCOO}^-]_{éq} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}}{[\text{RCOOH}]_{éq}}}$$

PIÈGE
L'eau, solvant, ne figure pas dans l'expression de K_A. Les concentrations sont celles de l'état d'équilibre, pas les concentrations apportées.

2.2 Montrer qu'à partir de l'expression de K_A on peut écrire $\text{pH} = \text{p}K_A + \log \dfrac{[\text{RCOO}^-]_{éq}}{[\text{RCOOH}]_{éq}}$.

On prend l'opposé du logarithme décimal de K_A, avec $\log(a \times b) = \log a + \log b$:

$$-\log K_A = -\log \frac{[\text{RCOO}^-]_{éq}}{[\text{RCOOH}]_{éq}} - \log[\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}$$

Or $\text{p}K_A = -\log K_A$ et $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}$, donc $\text{p}K_A = -\log \dfrac{[\text{RCOO}^-]_{éq}}{[\text{RCOOH}]_{éq}} + \text{pH}$.

$$\boxed{\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{RCOO}^-]_{éq}}{[\text{RCOOH}]_{éq}}}$$

PIÈGE
Dans le quotient, la base est au numérateur et l'acide au dénominateur. Inverser les deux change le signe du logarithme.

2.3.1 Quel est le réactif limitant lorsqu'on a versé un volume de solution S_b égal à $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$?

Pour $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2} < V_{bE}$, l'équivalence n'est pas atteinte : les ions hydroxyde versés sont entièrement consommés et il reste de l'acide dans le bécher.

$$\boxed{\text{Le réactif limitant est l'ion hydroxyde } \text{HO}^-.}$$

2.3.2 En utilisant la dernière ligne du tableau d'avancement, montrer que pour $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$ on a $x_f = \dfrac{C_b V_{bE}}{2}$.

$\mathrm{HO^-}$ est le réactif limitant (2.3.1) : sa quantité finale est nulle. La dernière ligne du tableau donne $C_b V_b - x_f = 0$, avec $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$:

$$C_b \frac{V_{bE}}{2} - x_f = 0$$

$$\boxed{x_f = \frac{C_b V_{bE}}{2}}$$

2.3.3 À l'aide des réponses aux questions 1.6 et 2.3.2, montrer que $[\mathrm{RCOOH}]_{éq} = [\mathrm{RCOO^-}]_{éq}$ lorsque $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$.

Données utiles $C_a V_a = C_b V_{bE}$ (1.6) ; $x_f = \dfrac{C_b V_{bE}}{2}$ (2.3.2)

Le volume du mélange est $V = V_a + \dfrac{V_{bE}}{2}$. D'après la dernière ligne du tableau :

$$[\mathrm{RCOO^-}]_{éq} = \frac{x_f}{V} = \frac{C_b V_{bE}}{2V}$$

$$[\mathrm{RCOOH}]_{éq} = \frac{C_a V_a - x_f}{V} = \frac{C_b V_{bE} - \dfrac{C_b V_{bE}}{2}}{V} = \frac{C_b V_{bE}}{2V}$$

$[\mathrm{RCOOH}]_{éq} = [\mathrm{RCOO^-}]_{éq} = \dfrac{C_b V_{bE}}{2V}$: les deux concentrations sont égales à la demi-équivalence.

COMPRENDRE
À la demi-équivalence, la moitié de l'acide initial a été transformée en sa base conjuguée : il reste autant d'acide qu'il s'est formé de base. Les deux espèces étant dans le même volume, l'égalité des quantités donne celle des concentrations.

2.4 À l'aide de la relation de la question 2.2 et de l'égalité $[\mathrm{RCOOH}]_{éq} = [\mathrm{RCOO^-}]_{éq}$, déduire l'expression du pH pour $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$.

Pour $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2}$, le quotient $\dfrac{[\mathrm{RCOO^-}]_{éq}}{[\mathrm{RCOOH}]_{éq}}$ vaut 1 et $\log 1 = 0$, donc $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A + \log 1$.

$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A$ à la demi-équivalence.

MÉTHODE
Résultat à retenir : sur la courbe de titrage d'un acide faible par une base forte, le pH lu à la demi-équivalence donne directement le $\mathrm{p}K_A$ du couple.

2.5 En utilisant la courbe du document 1 et le tableau des pK_A, identifier l'acide carboxylique $RCOOH$.

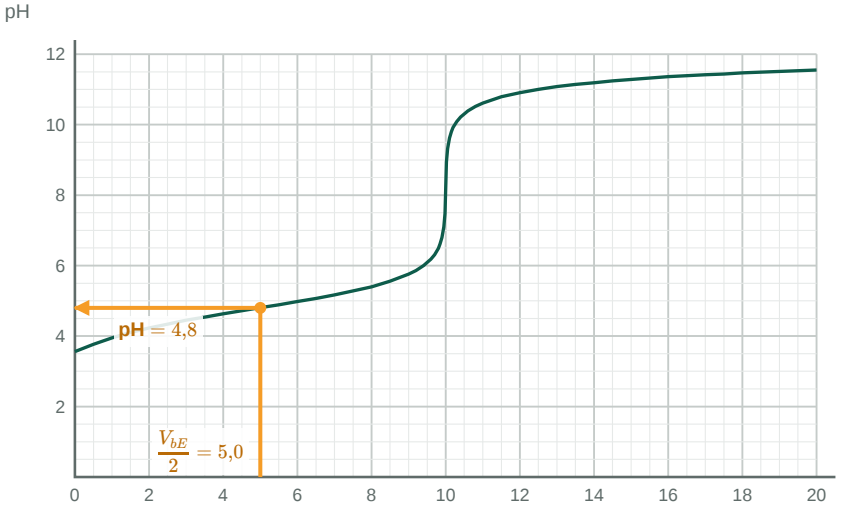
Données utiles $V_{bE} = 10{,}0\ mL$ (1.5) ; pK_A : $HCl_2C-COOH$ 1,3 ; $H_2ClC-COOH$ 2,9 ; $H-COOH$ 3,8 ; $H_3C-COOH$ 4,8

La demi-équivalence correspond à $V_b = \dfrac{V_{bE}}{2} = \dfrac{10{,}0}{2} = 5{,}0\ mL$.

Sur le document 1, pour $V_b = 5{,}0\ mL$, on lit $pH = 4{,}8$. D'après la question 2.4, $pK_A = 4{,}8$: c'est la valeur du couple $H_3C-COOH/H_3C-COO^-$.

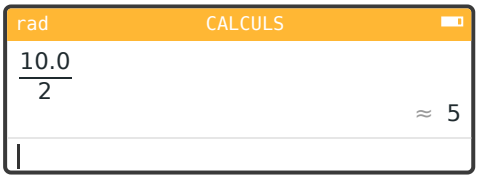
L'acide inconnu est l'acide éthanoïque $H_3C-COOH$: R est le groupe méthyle CH_3.

PIÈGE
Lire le pH au point d'équivalence (environ 8) au lieu de la demi-équivalence. C'est à $V_b = 5{,}0\ mL$, et non à $10{,}0\ mL$, que le pH est égal au pK_A.



2.5 · Document 1 : lecture du pH à la demi-équivalence

À LA CALCULATRICE



Alimentation simplifiée d'un injecteur d'automobile

Bac S 2008 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Déterminer la période T de la tension $u_L(t)$ à partir du document a.

Le motif de $u_L(t)$ (créneau haut puis palier bas) se reproduit à l'identique à $t = 0$, 20, 40 et 60 ms.

$T = 20$ ms

MÉTHODE
Pour limiter l'erreur de lecture, mesurer plusieurs périodes : ici trois motifs occupent 60 ms, soit $T = 60 \div 3 = 20$ ms.

1.2 La période T' du cycle de l'injection vaut-elle Δt, $\Delta t'$ ou $\Delta t + \Delta t'$?

Un cycle complet comprend la phase d'injection (durée $\Delta t = 3$ ms) puis la phase sans injection (durée $\Delta t' = 17$ ms) : les injections débutent à 0, 20, 40 et 60 ms.

$T' = \Delta t + \Delta t' = 3 + 17 = 20$ ms

PIÈGE
Répondre Δt : c'est la durée d'une injection, pas la durée qui sépare deux débuts d'injection consécutifs.

1.3 Comparer T et T'.

$T = T' = 20$ ms : la tension aux bornes de la bobine et le cycle d'injection ont la même période.

COMPRENDRE
C'est attendu : l'électroaimant commande l'injecteur. Le créneau haut de u_L coïncide avec la phase d'injection, le palier bas avec la phase de repos.

1.4 Montrer que la valeur de T' est en accord avec les « 3000 tours par minute » effectués par le moteur.

Données utiles $T' = 20$ ms (Q1.2) ; document a : une injection par tour du moteur

D'après le document a, il y a un cycle d'injection par tour : un tour du moteur dure $T' = 20\text{ ms} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ s.

Nombre de tours en une minute :

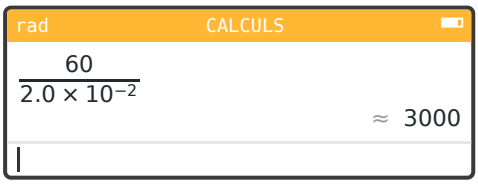
$$N = \frac{60}{T'} = \frac{60}{2{,}0 \times 10^{-2}} = 3{,}0 \times 10^{3}$$

$N = 3{,}0 \times 10^3$ tours par minute : T' est bien en accord avec les 3000 tours par minute annoncés.

PIÈGE
Oublier de convertir T' en secondes, ou la minute en secondes : les deux durées doivent être dans la même unité avant de diviser.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la lecture de T'. On peut aussi partir du moteur : 3000 tours en 60 s, soit 50 tours par seconde, donc 0,020 s par tour.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Quelle tension visualise-t-on sur l'entrée EA0 du système d'acquisition ?

L'entrée EA0 est reliée au point commun à la bobine et au conducteur ohmique ; l'autre borne du conducteur ohmique est à la masse.

EA0 visualise la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

MÉTHODE
Une voie d'acquisition mesure la tension entre le point où elle est branchée et la masse : repérer les dipôles situés entre ces deux points.

2.1.2 Quelle tension visualise-t-on sur l'entrée EA1 du système d'acquisition ?

L'entrée EA1 est reliée à la borne du générateur qui n'est pas à la masse : entre ce point et la masse se trouve l'ensemble bobine et conducteur ohmique.

EA1 visualise la tension $e(t)$ aux bornes du générateur, avec $e(t) = u_L(t) + u_R(t)$.

PIÈGE
Répondre $u_L(t)$ parce que EA1 est dessinée à la pointe de la flèche u_L : la bobine n'a aucune borne à la masse, sa tension n'est pas mesurée directement.

2.2 Comment a-t-on obtenu la courbe $u_L(t)$ à partir des tensions enregistrées en EA0 et EA1 ?

Loi d'additivité des tensions : $e(t) = u_L(t) + u_R(t)$.

Le logiciel de traitement calcule, à chaque instant, la différence des deux tensions enregistrées (voie EA1 moins voie EA0).

$$u_L(t) = e(t) - u_R(t)$$

2.3.1 Donner l'expression littérale de $u_R(t)$ en fonction de $i(t)$. En déduire l'expression de $\dfrac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$.

Loi d'Ohm, le conducteur ohmique étant en convention récepteur (flèches u_R et i de sens opposés) : $u_R(t) = R\,i(t)$, donc $i(t) = \dfrac{u_R(t)}{R}$.

On dérive par rapport au temps, R étant une constante :

$$u_R(t) = R\,i(t) \text{ et } \frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{R}\,\frac{\mathrm{d}u_R(t)}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
La tension u_R est l'image de l'intensité, à un facteur R près : sa pente donne donc celle de $i(t)$. C'est la raison d'être du conducteur ohmique dans ce montage.

2.3.2 À l'aide du document b, compléter le tableau fourni en annexe 1.

Données utiles $R = 1{,}00\ \mathrm{k\Omega} = 1{,}00 \times 10^3\ \Omega$; relation de la question 2.3.1

Sur chaque intervalle, $u_R(t)$ est un segment de droite : $\dfrac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t}$ est son coefficient directeur.

Sur $\Delta t'$ (de 3 ms à 20 ms), u_R passe de 2,0 V à $-2{,}0$ V :

$$\frac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = \frac{-2{,}0 - 2{,}0}{(20-3)\times 10^{-3}} = -2{,}4 \times 10^2\ \mathrm{V\cdot s^{-1}}$$

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{R}\,\frac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = \frac{-2{,}4\times 10^2}{1{,}00\times 10^3} = -0{,}24\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$$

Lecture de u_L (paliers horizontaux) : $u_L = 2{,}5$ V sur Δt et $u_L = -0{,}5$ V sur $\Delta t'$.

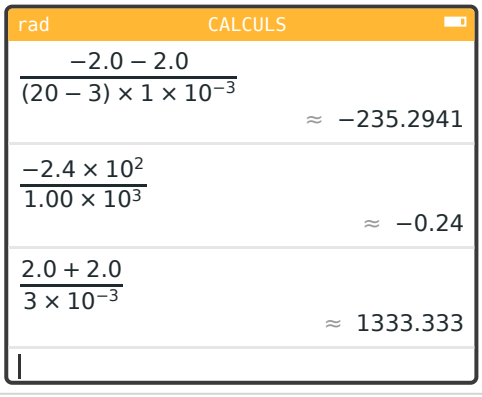
Vérification de la valeur donnée sur Δt (de 0 à 3 ms) : $\dfrac{2{,}0 - (-2{,}0)}{3\times 10^{-3}} = 1{,}3 \times 10^3\ \mathrm{V\cdot s^{-1}}$.

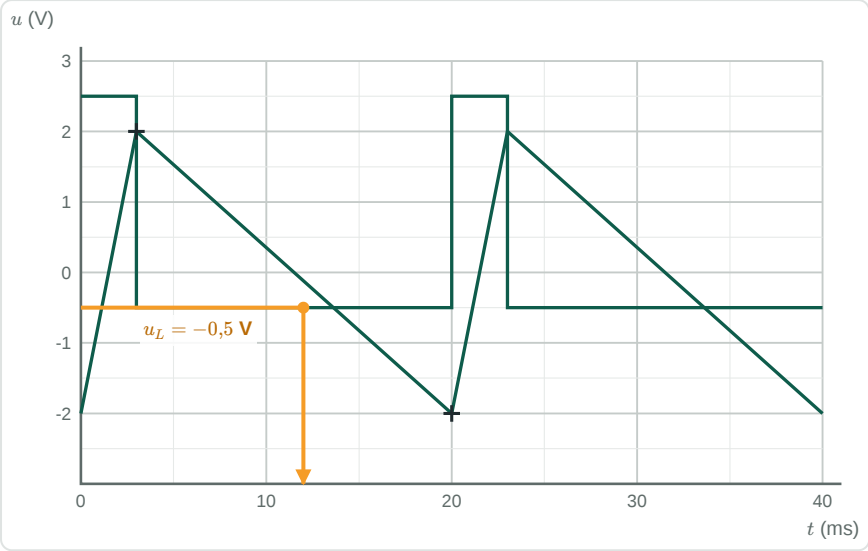
Sur $\Delta t'$: $\dfrac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{d}t} = -2{,}4\times 10^2\ \mathrm{V\cdot s^{-1}}$ et $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = -0{,}24\ \mathrm{A\cdot s^{-1}}$; $u_L = 2{,}5$ V sur Δt, $u_L = -0{,}5$ V sur $\Delta t'$.

PIÈGE
Oublier le signe : sur $\Delta t'$ la tension u_R décroît, la pente est négative. Oublier aussi de convertir les millisecondes en secondes donne une pente mille fois trop petite.

COMPRENDRE
Les lectures graphiques ($\pm 2{,}0$ V) n'ont que deux chiffres significatifs : les pentes sont données avec deux chiffres.

À LA CALCULATRICE





2.3.2 · Document b : $u_R(t)$ en dents de scie, $u_L(t)$ en créneaux ; croix : extrémités du segment sur $\Delta t'$

2.3.3 Dans le tableau de l'annexe 1, préciser les unités, dans le système international, de $\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$ et de L.

$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ est une intensité (en ampères) divisée par une durée (en secondes). L'inductance s'exprime en henrys.

$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ en $\mathrm{A \cdot s^{-1}}$; L en henrys (H).

COMPRENDRE

Comme $L = u_L \div \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$, on a $1\ \mathrm{H} = 1\ \mathrm{V \cdot s \cdot A^{-1}}$. Les « 2,0 S.I. » du constructeur signifient donc 2,0 H.

	Δt	Δt′
du_R/dt ($V \cdot s^{-1}$)	$1{,}3 \times 10^3$	$-2{,}4 \times 10^2$
di/dt ($A \cdot s^{-1}$)	1,3	−0,24
u_L (t) (V)	2,5	−0,5
L (H)	1,9	2,1

2.3.3 · Annexe 1 complétée (en orange : ce que l'on ajoute ; ligne L : question 2.4)

2.4 À partir de l'expression littérale de $u_L(t)$ et des valeurs du tableau, en déduire la valeur de l'inductance L sur les intervalles Δt et $\Delta t'$. Commenter les deux valeurs sachant que le constructeur annonce $L \approx 2{,}0$ S.I.

Données utiles valeurs de l'annexe 1 (Q2.3.2) ; $L_{\text{constructeur}} \approx 2{,}0$ H

Pour une bobine idéale en convention récepteur : $u_L(t) = L\dfrac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$, donc $L = \dfrac{u_L}{\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}}$.

Sur Δt : $L = \dfrac{2{,}5}{1{,}3} = 1{,}9$ H Sur $\Delta t'$: $L = \dfrac{-0{,}5}{-0{,}24} = 2{,}1$ H

Écart relatif à la valeur du constructeur : $\dfrac{|1{,}9 - 2{,}0|}{2{,}0} = \dfrac{|2{,}1 - 2{,}0|}{2{,}0} = 5\,\%$.

$L = 1{,}9$ H sur Δt et $L = 2{,}1$ H sur $\Delta t'$: deux valeurs voisines, en accord à 5 % près avec les 2,0 H annoncés.

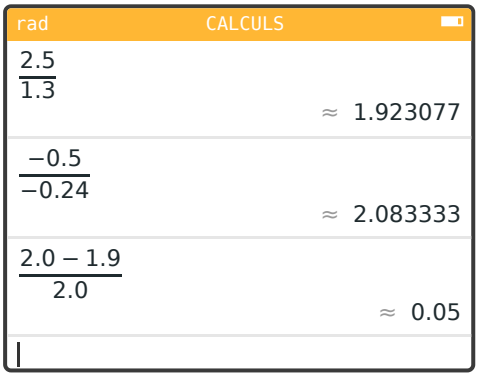
PIÈGE

Perdre un signe sur $\Delta t'$: u_L et $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ sont tous deux négatifs, leur quotient est positif. Une inductance est toujours positive.

COMPRENDRE

Une tension u_L constante impose une pente de $i(t)$ constante : c'est pourquoi des créneaux de u_L accompagnent des rampes de u_R. L'écart de 5 % vient de l'imprécision des lectures graphiques.

À LA CALCULATRICE



Déchets radioactifs et synthèse organique

Bac S 2008 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **8 points** **Durée conseillée 1 h 44**

1.1.1 Qu'est-ce qu'une particule α ? Donner sa représentation symbolique sous la forme ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$.

Une particule α est un noyau d'hélium 4, formé de 2 protons et 2 neutrons.

$\alpha = {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

1.1.2 Qu'est-ce qu'une particule β^- ? Qu'est-ce qu'une particule β^+ ?

Une particule β^- est un électron, noté ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

Une particule β^+ est un positon, noté ${}^{0}_{1}\mathrm{e}$: même masse que l'électron, charge opposée.

β^- : électron ; β^+ : positon

PIÈGE
Répondre « un proton » pour β^+. Le positon porte bien la charge $+e$, mais sa masse est celle de l'électron et son nombre de nucléons est nul.

1.1.3 Combien de désintégrations par seconde se produit-il dans un litre de lait ?

Données utiles $A = 0{,}22$ Bq pour un litre

Un becquerel correspond à une désintégration par seconde.

Il se produit en moyenne 0,22 désintégration par seconde dans un litre de lait.

COMPRENDRE
La valeur est inférieure à 1 parce que c'est une moyenne : on compte environ une désintégration toutes les 4,5 secondes.

1.1.4 Donner la définition de la demi-vie d'un élément radioactif.

La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs présents au départ dans l'échantillon s'est désintégrée : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$.

PIÈGE
Dire qu'après deux demi-vies tout a disparu. À chaque demi-vie la population restante est divisée par deux : il reste un quart, puis un huitième, etc.

1.1.5 Donner la loi de décroissance radioactive.

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

$N(t)$: nombre de noyaux radioactifs à la date t ; N_0 : nombre de noyaux à $t = 0$; λ : constante radioactive, inverse d'un temps.

1.1.6 À l'aide des deux réponses précédentes, démontrer la relation $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

À la date $t_{1/2}$, la définition donne $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$ et la loi de décroissance $N(t_{1/2}) = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t_{1/2}}$.

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

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

MÉTHODE
Pour faire descendre un exposant, isoler d'abord l'exponentielle seule d'un côté, puis prendre le logarithme népérien des deux membres : $\ln(\mathrm{e}^{x}) = x$.

1.1.7 En déduire la valeur de la constante radioactive du césium 137 en an^{-1} puis en s^{-1}.

Données utiles $t_{1/2} = 30$ ans

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30} = 2{,}3 \times 10^{-2} \text{ an}^{-1}$$

En secondes : $t_{1/2} = 30 \times 365{,}25 \times 24 \times 3600 = 9{,}5 \times 10^{8}$ s, d'où $\lambda = \dfrac{\ln 2}{9{,}5 \times 10^{8}}$

$$\boxed{\lambda = 2{,}3 \times 10^{-2} \text{ an}^{-1} = 7{,}3 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}}$$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{\ln(2)}{30} \approx 0.02310491$

$30 \times 365.25 \times 24 \times 3600 \approx 9.46728 \times 10^{8}$

$\dfrac{\ln(2)}{30 \times 365.25 \times 24 \times 3600} \approx 7.321503 \times 10^{-10}$

PIÈGE
Multiplier λ par le nombre de secondes d'une année au lieu de diviser. λ est l'inverse d'un temps : exprimée en s^{-1}, sa valeur est beaucoup plus petite.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la demi-vie (30 ans) et l'activité (0,22 Bq). On garde la valeur non arrondie en mémoire pour les calculs suivants.

1.1.8 Déterminer le nombre de noyaux radioactifs de césium 137 présents dans un litre de lait.

Données utiles $A = 0{,}22$ Bq ; $\lambda = 7{,}3 \times 10^{-10}$ s^{-1} (1.1.7)

L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs : $A = \lambda N$, donc $N = \dfrac{A}{\lambda}$.

$$N = \frac{0{,}22}{7{,}3 \times 10^{-10}}$$

$$\boxed{N = 3{,}0 \times 10^{8} \text{ noyaux de césium 137 dans un litre de lait}}$$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.22}{7.3 \times 10^{-10}} \approx 3.013699 \times 10^{8}$

PIÈGE
Utiliser λ en an^{-1}. L'activité en becquerels compte des désintégrations par seconde : λ doit être en s^{-1}.

1.1.9 En déduire la concentration molaire volumique en césium 137 du lait de vache.

Données utiles $N = 3{,}0 \times 10^{8}$ (1.1.8) ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; $V = 1{,}0$ L

Quantité de matière : $n = \dfrac{N}{N_A}$; concentration : $c = \dfrac{n}{V} = \dfrac{N}{N_A V}$.

$$c = \frac{3{,}0 \times 10^{8}}{6{,}02 \times 10^{23} \times 1{,}0}$$

$$\boxed{c = 5{,}0 \times 10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

COMPRENDRE
Cette concentration est infime, impossible à mesurer par un dosage chimique. Le comptage des désintégrations permet pourtant de détecter ces quelques centaines de millions de noyaux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.0 \times 10^{8}}{6.02 \times 10^{23} \times 1.0} \approx 4.983389 \times 10^{-16}$$

1.1.10 L'origine des dates est l'instant où l'activité d'un litre de lait vaut 0,22 Bq. Au bout de combien de temps ne restera-t-il plus que 1 % de cette activité ?

Données utiles $\lambda = \dfrac{\ln 2}{30}$ an^{-1} (1.1.7)

L'activité suit la même loi que N : $A(t) = A_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}$.

On cherche t tel que $A(t) = \dfrac{A_0}{100}$: $\mathrm{e}^{-\lambda t} = \dfrac{1}{100}$, donc $-\lambda t = -\ln 100$ et

$$t = \frac{\ln 100}{\lambda} = \frac{\ln 100}{\ln 2} \times 30$$

$t = 2{,}0 \times 10^{2}$ ans, soit $6{,}3 \times 10^{9}$ s

PIÈGE
La valeur $A_0 = 0{,}22$ Bq ne sert pas : seul le rapport A/A_0 intervient. Ne pas écrire non plus $\ln(0{,}01)$ sans le signe moins, ce qui donnerait une durée négative.

COMPRENDRE
Contrôle rapide : diviser par 100 demande entre 6 demi-vies ($2^6 = 64$) et 7 demi-vies ($2^7 = 128$), donc entre 180 et 210 ans.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{\ln(100)}{\ln(2)} \times 30 \approx 199.3157$$

$$\frac{\ln(100)}{\ln(2)} \times 30 \times 365.25 \times 24 \times 3600 \approx 6.289925 \times 10^{9}$$

1.2.1 Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la capture d'un neutron par l'uranium 238, en énonçant les lois de conservation utilisées.

Lois de conservation (lois de Soddy) : au cours d'une réaction nucléaire, le nombre de charge Z et le nombre de nucléons A se conservent.

Nucléons : $238 + 1 = 239$; charge : $92 + 0 = 92$.

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{239}_{92}\mathrm{U}$$

1.2.2 L'uranium 239 et le plutonium 239 sont-ils des isotopes ? Justifier.

Des isotopes ont le même numéro atomique Z et des nombres de nucléons A différents. Ici c'est l'inverse : même $A = 239$, mais $Z = 92$ pour l'uranium et $Z = 94$ pour le plutonium.

Ce ne sont pas des isotopes : ce sont deux éléments chimiques différents.

1.2.3 Écrire l'équation de la désintégration de l'uranium 239 en neptunium 239, puis celle du neptunium 239 en plutonium 239.

Chaque noyau libère un électron : ce sont deux désintégrations β^-.

$$^{239}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{239}_{93}\mathrm{Np} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

$$^{239}_{93}\mathrm{Np} \longrightarrow {}^{239}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

MÉTHODE
Vérifier chaque équation ligne par ligne : en haut $239 = 239 + 0$; en bas $92 = 93 - 1$ puis $93 = 94 - 1$.

1.2.4 Calculer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'uranium 239 en neptunium 239. Convertir le résultat en eV.

Données utiles $m(^{239}\text{U}) = 239{,}054\,29$ u ; $m(^{239}\text{Np}) = 239{,}052\,94$ u ; $m(\text{e}) = 0{,}000\,55$ u ; $1\text{ u} = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}$ kg ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $1\text{ eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Perte de masse : $\Delta m = m(^{239}\text{U}) - m(^{239}\text{Np}) - m(\text{e}) = 239{,}054\,29 - 239{,}052\,94 - 0{,}000\,55 = 0{,}000\,80$ u.

Énergie libérée : $E = \Delta m\, c^2$

$$E = 0{,}000\,80 \times 1{,}660\,54 \times 10^{-27} \times (3{,}00 \times 10^{8})^2 = 1{,}2 \times 10^{-13}\text{ J}$$

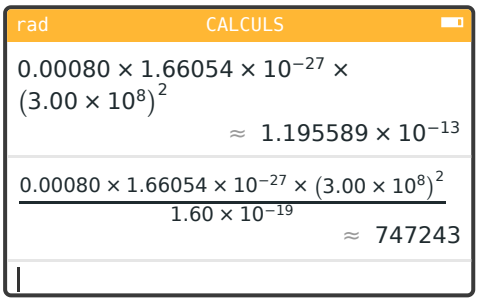
En électronvolts : $E = \dfrac{1{,}2 \times 10^{-13}}{1{,}60 \times 10^{-19}}$

$E = 1{,}2 \times 10^{-13}\text{ J} = 7{,}5 \times 10^{5}\text{ eV}$ (soit 0,75 MeV)

PIÈGE
Laisser la masse en u dans $E = \Delta m\, c^2$: il faut des kilogrammes pour obtenir des joules. Arrondir les masses avant la soustraction fait aussi disparaître toute la perte de masse.

COMPRENDRE
La différence de masses ne garde que deux chiffres significatifs (0,000 80 u) alors que chaque masse en a huit : c'est elle qui fixe la précision du résultat.

À LA CALCULATRICE



1.2.5 En déduire l'énergie libérée par 1,0 g d'uranium 239.

Données utiles $E = 1{,}2 \times 10^{-13}$ J par noyau (1.2.4) ; $m(^{239}\text{U}) = 239{,}054\,29$ u ; $1\text{ u} = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}$ kg

Nombre de noyaux dans $m = 1{,}0\text{ g} = 1{,}0 \times 10^{-3}$ kg : $N_U = \dfrac{m}{m(^{239}\text{U})}$

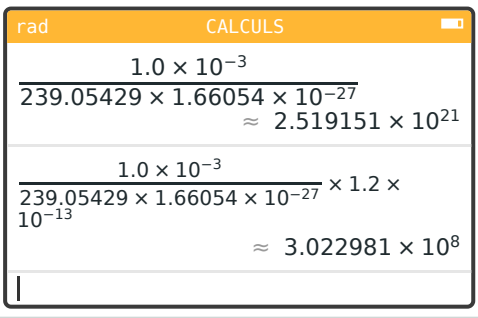
$$N_U = \frac{1{,}0 \times 10^{-3}}{239{,}054\,29 \times 1{,}660\,54 \times 10^{-27}} = 2{,}5 \times 10^{21}\text{ noyaux}$$

Énergie libérée : $E_{1\,\text{g}} = N_U \times E = 2{,}5 \times 10^{21} \times 1{,}2 \times 10^{-13}$

$E_{1\,\text{g}} = 3{,}0 \times 10^{8}$ J

PIÈGE
Garder 1,0 g en grammes alors que la masse du noyau est en kilogrammes : le nombre de noyaux serait mille fois trop grand.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Écrire la formule semi-développée de l'éthanol.

CH_3-CH_2-OH

2.1.2 Écrire la formule semi-développée de l'acide méthanoïque.

Un seul atome de carbone, porteur du groupe carboxyle : le carbone est lié à H, doublement lié à O et lié au groupe OH (schéma en 2.1.3).

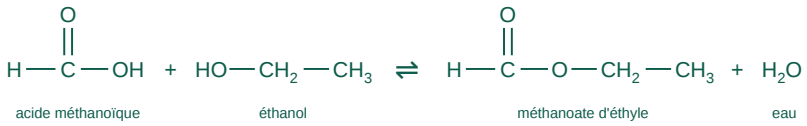
$H-COOH$, soit $H-C(=O)-OH$

2.1.3 En utilisant ces deux formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction qui a eu lieu entre l'éthanol et l'acide méthanoïque.

C'est une estérification : l'acide carboxylique et l'alcool donnent un ester et de l'eau. La transformation est limitée, d'où la double flèche.

$H-COOH + CH_3-CH_2-OH \rightleftharpoons H-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$

PIÈGE
Oublier la molécule d'eau, ou écrire une flèche simple : l'estérification est limitée par la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester.



2.1.3 · Équation de l'estérification en formules semi-développées

2.1.4 Quel est le nom de l'ester synthétisé dans la nomenclature officielle ?

Le nom d'un ester se construit en deux parties : la chaîne venant de l'acide (méthanoïque → méthanoate), puis le groupe venant de l'alcool (éthanol → éthyle).

méthanoate d'éthyle

2.2 Quel est l'intérêt d'utiliser un dispositif de chauffage à reflux ?

Chauffer accélère la réaction : la température est un facteur cinétique. Le réfrigérant condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon.

Le chauffage à reflux accélère la transformation sans perte de matière (réactifs ou produits).

PIÈGE
Écrire que le chauffage augmente le rendement. Pour une estérification, la température change la durée nécessaire pour atteindre l'état final, pas la composition de cet état.

2.3 À la place de l'acide paratoluène sulfonique, on aurait pu utiliser de l'acide sulfurique. Quel est le rôle de ces deux acides ?

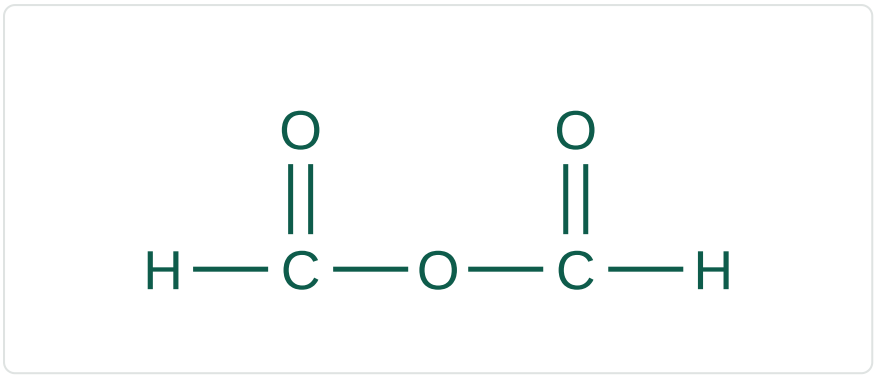
Ces acides jouent le rôle de catalyseur : ils augmentent la vitesse de la réaction sans figurer dans son équation et sans modifier l'état final.

2.4 Pour augmenter le rendement, on aurait pu remplacer l'acide méthanoïque par un autre réactif. Donner sa formule semi-développée et son nom.

On remplace l'acide carboxylique par l'anhydride d'acide correspondant : sa réaction avec l'alcool est totale (et rapide).

anhydride méthanoïque : $H-CO-O-CO-H$

COMPRENDRE
Avec un anhydride, il ne se forme pas d'eau mais une molécule d'acide carboxylique : l'hydrolyse de l'ester n'a plus lieu, la transformation va jusqu'au bout.



2.4 · Anhydride méthanoïque

2.5.1 Quel est le nom du dispositif représenté ?

On reconnaît le ballon chauffé, la colonne de Vigreux surmontée d'un thermomètre, le réfrigérant droit incliné et l'erlenmeyer de récupération.

C'est un montage de distillation fractionnée.

2.5.2 Identifier, à l'aide du tableau, la première espèce chimique récupérée dans l'erlenmeyer, puis expliquer pourquoi ce dispositif permet d'améliorer le rendement.

Données utiles températures d'ébullition : acide méthanoïque 101 °C ; éthanol 78 °C ; ester 54 °C

L'ester a la température d'ébullition la plus basse (54 °C) : c'est l'espèce la plus volatile, elle est recueillie en premier dans l'erlenmeyer.

L'ester est ainsi retiré du ballon au fur et à mesure de sa formation. Privée d'un de ses réactifs, la réaction inverse (hydrolyse de l'ester) ne peut plus se faire : l'équilibre est déplacé dans le sens de l'estérification.

L'élimination de l'ester par distillation rend la transformation quasi totale : le rendement augmente.

MÉTHODE

Deux façons d'améliorer le rendement d'une transformation limitée : mettre un réactif en excès, ou éliminer un produit au fur et à mesure. En tête de colonne, le thermomètre doit rester proche de 54 °C.

Spécialité : élaboration industrielle du zinc

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

1 Déterminer la masse m_{ZnS} de sulfure de zinc à utiliser pour produire une masse m_{ZnO} d'oxyde de zinc.

Données utiles $2\,\text{ZnS}\,(\text{s}) + 3\,\text{O}_2\,(\text{g}) = 2\,\text{ZnO}\,(\text{s}) + 2\,\text{SO}_2\,(\text{g})$; $m_{\text{ZnO}} = 1{,}0 \times 10^3$ kg ; $M(\text{O}) = 16{,}0$, $M(\text{S}) = 32{,}1$, $M(\text{Zn}) = 65{,}4\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masses molaires : $M(\text{ZnS}) = 65{,}4 + 32{,}1 = 97{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(\text{ZnO}) = 65{,}4 + 16{,}0 = 81{,}4\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Les nombres stœchiométriques de ZnS et de ZnO sont égaux (2 et 2) : $n(\text{ZnS})_{\text{consommé}} = n(\text{ZnO})_{\text{formé}}$, soit

$$\frac{m_{\text{ZnS}}}{M(\text{ZnS})} = \frac{m_{\text{ZnO}}}{M(\text{ZnO})} \quad \text{donc} \quad m_{\text{ZnS}} = m_{\text{ZnO}} \times \frac{M(\text{ZnS})}{M(\text{ZnO})}$$

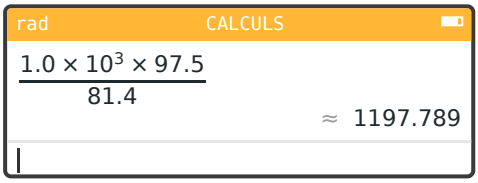
$$m_{\text{ZnS}} = 1{,}0 \times 10^3 \times \frac{97{,}5}{81{,}4}$$

$$\boxed{m_{\text{ZnS}} = 1{,}2 \times 10^3\ \text{kg}}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme m_{ZnO}, la donnée la moins précise. Le rapport des masses molaires est sans unité : la masse peut rester en kilogrammes.

MÉTHODE
Sans tableau d'avancement : diviser chaque quantité de matière par son nombre stœchiométrique, $\frac{n(\text{ZnS})}{2} = \frac{n(\text{ZnO})}{2} = x_{\max}$, puis passer aux masses.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à l'équation de précipitation de l'hydroxyde de zinc.

Données utiles $\text{Zn}^{2+}\,(\text{aq}) + 2\,\text{HO}^-\,(\text{aq}) = \text{Zn(OH)}_2\,(\text{s})$

Le solide $\text{Zn(OH)}_2\,(\text{s})$ n'apparaît pas dans l'expression ; chaque concentration à l'équilibre est élevée à la puissance de son nombre stœchiométrique.

$$\boxed{K = \frac{1}{[\text{Zn}^{2+}]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}}^2}}$$

PIÈGE
Faire figurer $[\text{Zn(OH)}_2]$ au numérateur, ou oublier le carré sur $[\text{HO}^-]$.

COMPRENDRE
Les concentrations sont exprimées en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et divisées par $c^\circ = 1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: K n'a pas d'unité.

2.1.2 Calculer la concentration en ions hydroxyde $[\text{HO}^-]$ lorsque l'hydroxyde de zinc commence à précipiter.

Données utiles $[\text{Zn}^{2+}] = 2{,}3\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $K = 10^{17}$ à 25 °C ; expression de K (2.1.1)

Quand le précipité commence à se former, l'équilibre est tout juste atteint et $[\text{Zn}^{2+}]$ vaut encore $2{,}3\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. D'après 2.1.1 :

$$[\text{HO}^-]_{\text{éq}}^2 = \frac{1}{K \times [\text{Zn}^{2+}]_{\text{éq}}} \quad \text{donc} \quad [\text{HO}^-]_{\text{éq}} = \sqrt{\frac{1}{K \times [\text{Zn}^{2+}]_{\text{éq}}}}$$

$$[\text{HO}^-]_{\text{éq}} = \sqrt{\frac{1}{10^{17} \times 2{,}3}}$$

$$\boxed{[\text{HO}^-]_{\text{éq}} = 2{,}1 \times 10^{-9}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}}$$

PIÈGE
Oublier la racine carrée : on obtient alors $4{,}3 \times 10^{-18}$, qui est $[\text{HO}^-]^2$.

COMPRENDRE
$K = 10^{17}$ est donné sans chiffre après la puissance : le résultat est un ordre de grandeur, écrit avec deux chiffres comme $[\text{Zn}^{2+}]$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\sqrt{\frac{1}{1 \times 10^{17} \times 2.3}} \approx 2.085144 \times 10^{-9}$$

2.1.3 En déduire la valeur du pH pour laquelle l'hydroxyde de zinc commence à précipiter.

Données utiles $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$ à 25 °C ; $[HO^-]_{éq} = 2{,}1 \times 10^{-9}\ mol \cdot L^{-1}$ (2.1.2)

Produit ionique de l'eau : $K_e = [H_3O^+]_{éq} \times [HO^-]_{éq}$, donc $[H_3O^+]_{éq} = \dfrac{K_e}{[HO^-]_{éq}}$.

$$pH = -\log[H_3O^+]_{éq} = -\log\left(\frac{K_e}{[HO^-]_{éq}}\right)$$

$$pH = -\log\left(\frac{1{,}0 \times 10^{-14}}{2{,}1 \times 10^{-9}}\right)$$

$pH = 5{,}3$: l'hydroxyde de zinc commence à précipiter à ce pH.

PIÈGE
Calculer $-\log[HO^-] = 8{,}7$ et l'annoncer comme pH : c'est le pOH. Il faut passer par K_e.

COMPRENDRE
Le précipité apparaît en milieu encore acide (pH < 7) : la solution est si concentrée en ions zinc qu'une trace d'ions hydroxyde suffit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$-\log\left(\frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.085144141 \times 10^{-9}}\right) \approx 5.319136$$

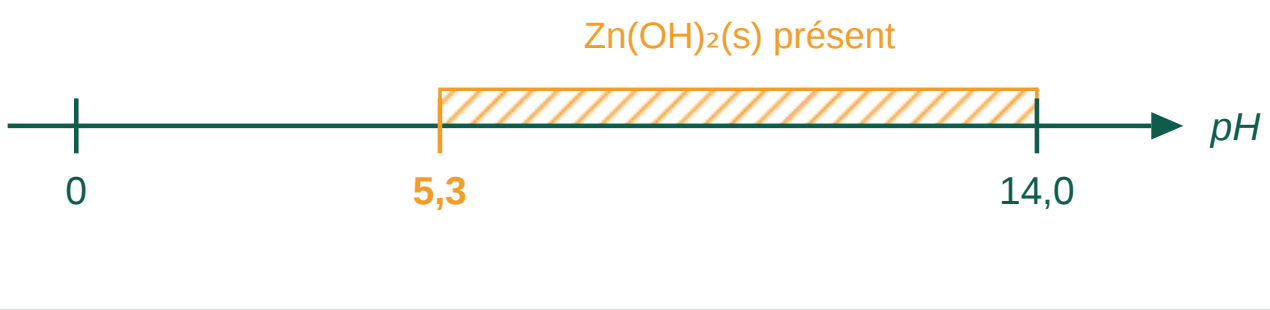
2.1.4 Sur le diagramme de l'annexe 2, indiquer le pH de début de précipitation de l'hydroxyde de zinc et hachurer le domaine d'existence de $Zn(OH)_2\,(s)$.

Données utiles pH de début de précipitation : 5,3 (2.1.3)

Plus le pH est élevé, plus $[HO^-]$ est grande : le précipité existe pour les pH supérieurs à la valeur de début de précipitation.

On écrit 5,3 à la place des pointillés et on hachure l'axe de 5,3 à 14,0.

$Zn(OH)_2\,(s)$ existe pour $5{,}3 < pH \leqslant 14{,}0$ (voir l'annexe complétée).



2.1.4 · Annexe 2 complétée : domaine d'existence de $Zn(OH)_2(s)$

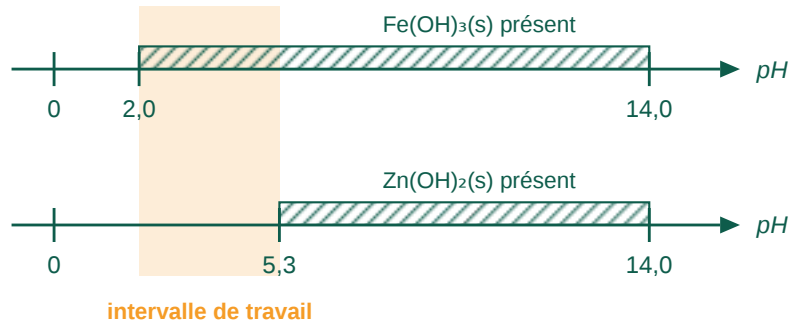
2.1.5 Dans quel intervalle de pH se place-t-on industriellement pour faire seulement précipiter l'hydroxyde de fer (III) ? Justifier.

Données utiles $Fe(OH)_3\,(s)$ existe pour pH > 2,0 ; $Zn(OH)_2\,(s)$ existe pour pH > 5,3 (2.1.4)

Il faut que $Fe(OH)_3\,(s)$ existe (pH > 2,0) et que $Zn(OH)_2\,(s)$ n'existe pas (pH < 5,3). Les ions Fe^{3+} sont alors éliminés sous forme de précipité, tandis que les ions Zn^{2+} restent en solution.

On se place à $2{,}0 < \text{pH} < 5{,}3$.

COMPRENDRE
En pratique on reste à l'écart des deux bornes : assez haut pour que presque tout le fer ait précipité, assez bas pour ne perdre aucun zinc.



2.1.5 · Les deux domaines d'existence et l'intervalle de travail

2.2.1 Écrire l'équation de la réaction entre les ions $Cu^{2+}\,(aq)$ et le métal zinc $Zn\,(s)$, en précisant les couples oxydant / réducteur mis en jeu.

Couples : $Cu^{2+}\,(aq)$ / $Cu\,(s)$ et $Zn^{2+}\,(aq)$ / $Zn\,(s)$.

Les ions cuivre (II) sont réduits : $Cu^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Cu\,(s)$

Le zinc est oxydé : $Zn\,(s) = Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-$

$$Cu^{2+}\,(aq) + Zn\,(s) \longrightarrow Cu\,(s) + Zn^{2+}\,(aq)$$

PIÈGE
Écrire un couple dans l'ordre réducteur / oxydant, ou laisser des électrons dans l'équation finale.

COMPRENDRE
L'intérêt du procédé : l'impureté Cu^{2+} est remplacée par des ions Zn^{2+}, ceux que l'on veut justement garder dans la solution.

2.2.2 Nommer une technique de laboratoire simple permettant de séparer la solution destinée à l'électrolyse des impuretés solides.

Le cuivre formé est solide, déposé sur la poudre de zinc : le filtre retient ces solides et laisse passer la solution.

Une **filtration**.

2.3.1 Le zinc métallique se dépose-t-il aux électrodes appelées anode ou cathode ? Justifier.

Données utiles électrodes en aluminium : $Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Zn\,(s)$

Le zinc se forme par la réaction $Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Zn\,(s)$: les ions Zn^{2+} gagnent des électrons, c'est une réduction. L'électrode où se produit une réduction est la cathode.

Le zinc se dépose à la **cathode** (les électrodes en aluminium).

MÉTHODE
Les définitions valent pour une pile comme pour un électrolyseur : réduction à la cathode, oxydation à l'anode. Ici l'anode est l'électrode en alliage de plomb, où l'eau est oxydée.

2.3.2 Déterminer la durée d'électrolyse Δt nécessaire pour faire passer la concentration en ions Zn^{2+} de sa valeur initiale à sa valeur finale, l'intensité étant constante.

Données utiles $[Zn^{2+}]_i = 2{,}3\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $[Zn^{2+}]_f = 0{,}76\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V = 1{,}0\times10^{3}$ L ; $I = 1{,}0\times10^{5}$ A ; $F = 9{,}65\times10^{4}\ \text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$

Quantité d'ions zinc consommée : $n(Zn^{2+})_{cons} = \left([Zn^{2+}]_i - [Zn^{2+}]_f\right)\times V$.

D'après $Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- = Zn(s)$, il faut deux électrons par ion : $n(e^-) = 2\,n(Zn^{2+})_{cons}$.

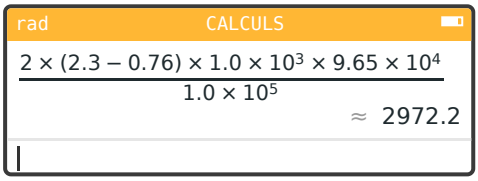
Charge transportée : $Q = n(e^-)\times F = I\times\Delta t$, donc

$$\Delta t = \frac{2\left([Zn^{2+}]_i - [Zn^{2+}]_f\right)\times V\times F}{I}$$

$$\Delta t = \frac{2\times(2{,}3-0{,}76)\times1{,}0\times10^{3}\times9{,}65\times10^{4}}{1{,}0\times10^{5}}$$

$\Delta t = 3{,}0\times10^{3}$ s, soit environ 50 min.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Oublier le facteur 2 (deux électrons échangés par ion Zn^{2+}) : la durée trouvée est alors deux fois trop courte.

COMPRENDRE

On retrouve le texte : $0{,}76 \approx 2{,}3 \div 3$, la solution est recyclée au tiers de sa teneur initiale. Les données e et N_A sont inutiles, puisque $F = N_A \times e$ est fournie.