Corrigé complet — Bac S 2009 La Réunion (ancien programme)

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

Ex 1	**étude d'un oscillateur mécanique** Vitesse et accélération à partir d'un pointage · Deuxième loi de Newton · Force de rappel d'un ressort · Analyse dimensionnelle · Période propre · Énergie mécanique	5 pts	1 h 05	15 questions	p. 2
Ex 2	**L'élément chlore** Acide de Brönsted · Tableau d'avancement · Taux d'avancement final · Désintégration radioactive · Loi de décroissance radioactive · Datation	7 pts	1 h 31	21 questions	p. 7
Ex 3	**Suivi spectrophotométrique** Demi-équations d'oxydoréduction · Absorbance et réactif limitant · Tableau d'avancement · Temps de demi-réaction · Vitesse volumique de réaction · Catalyse	4 pts	52 min	13 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : électrozincage d'une pièce en acier** Électrolyse · Oxydation et réduction aux électrodes · Constante d'équilibre · pH et produit ionique de l'eau · Charge électrique et quantité d'électrons · Masse volumique	4 pts	52 min	12 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.

étude d'un oscillateur mécanique

Bac S 2009 La Réunion (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Calculer la valeur de la vitesse V_{G19} à la date t_{19} à partir du tableau de pointage.

Données utiles $x_{G18} = -0{,}046$ m ; $x_{G20} = 0{,}017$ m ; $t_{18} = 1{,}44$ s ; $t_{20} = 1{,}60$ s

La vitesse à la date t_{19} est assimilée à la vitesse moyenne entre les deux positions qui encadrent G_{19} :

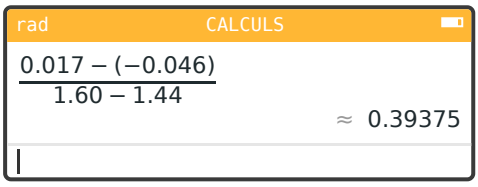
$$V_{G19} = \frac{x_{G20} - x_{G18}}{t_{20} - t_{18}} = \frac{0{,}017 - (-0{,}046)}{1{,}60 - 1{,}44}$$

$V_{G19} = 0{,}39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Oublier que x_{G18} est négative : le mobile parcourt $0{,}063$ m entre les deux dates, et non $0{,}029$ m. La durée vaut $2\tau = 0{,}16$ s, pas τ.

COMPRENDRE
Le déplacement $0{,}063$ m n'a que deux chiffres significatifs : le résultat aussi. C'est la précision de $V_{G17} = 0{,}31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ donnée par l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



1.2 Exprimer le vecteur accélération $\vec{a}_{G18}$ en fonction de $\vec{V}_{G17}$, $\vec{V}_{G19}$ et de l'intervalle de temps, puis vérifier que sa valeur est $0{,}50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Données utiles $V_{G17} = 0{,}31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $V_{G19} = 0{,}39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.1) ; $\tau = 80$ ms

$$\vec{a}_{G18} = \frac{\vec{V}_{G19} - \vec{V}_{G17}}{t_{19} - t_{17}} = \frac{\vec{V}_{G19} - \vec{V}_{G17}}{2\tau}$$

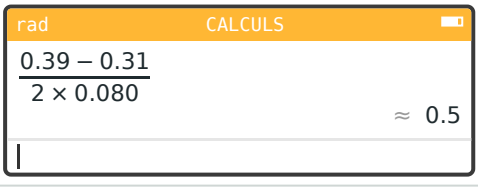
Les deux vecteurs vitesse ont la même direction et le même sens (le mobile va vers la droite), donc :

$$a_{G18} = \frac{V_{G19} - V_{G17}}{2\tau} = \frac{0{,}39 - 0{,}31}{2 \times 0{,}080}$$

$a_{G18} = 0{,}50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, valeur attendue.

COMPRENDRE
Avec la valeur non arrondie $0{,}394 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, on obtiendrait $0{,}52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Une différence de deux valeurs proches est très sensible aux arrondis : l'énoncé attend le calcul avec $0{,}39$.

À LA CALCULATRICE



1.3 Représenter, sans souci d'échelle, les trois forces qui s'exercent sur le mobile sur la figure 1 de l'annexe (ressort comprimé, frottements négligés).

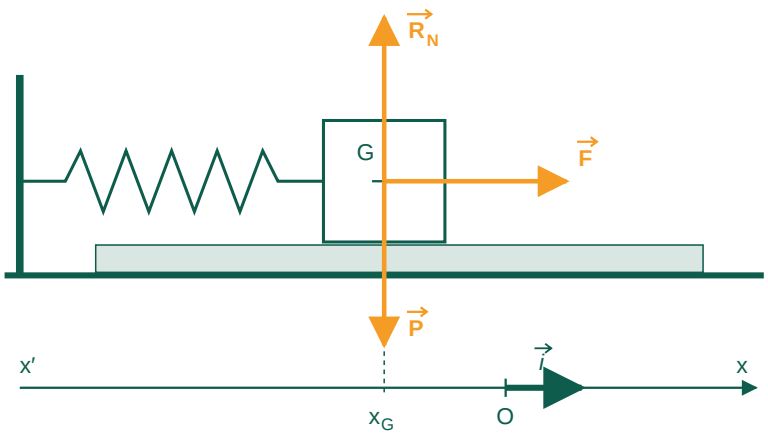
Système {mobile}, référentiel de la table (terrestre, supposé galiléen).
Le mobile est soumis à :

- son poids $\vec{P}$, vertical, vers le bas ;
- la réaction $\vec{R}_N$ de la table, verticale et vers le haut car il n'y a pas de frottements ;
- la force de rappel $\vec{F}$ du ressort, horizontale, vers la droite : un ressort comprimé repousse le mobile.

$\vec{P}$ vers le bas, $\vec{R}_N$ vers le haut, de même longueur, et $\vec{F}$ horizontale vers la droite (voir la figure).

PIÈGE
Dessiner $\vec{F}$ vers la gauche. Le ressort comprimé cherche à retrouver sa longueur à vide : il pousse le mobile vers O, donc ici vers la droite.

COMPRENDRE
Le mouvement est horizontal : les forces verticales se compensent, $\vec{P} + \vec{R}_N = \vec{0}$. Les deux flèches verticales doivent donc avoir la même longueur.



1.3 · Figure 1 de l'annexe complétée : les trois forces, tracées à partir de G

1.4 Choisir l'expression vectorielle de la force de rappel : $\vec{F} = K\,x_G\,\vec{i}$ ou $\vec{F} = -K\,x_G\,\vec{i}$.

Sur la figure 1, le ressort est comprimé : G est à gauche de O, donc $x_G < 0$, et la force $\vec{F}$ est dirigée vers la droite, dans le sens de $\vec{i}$.
La coordonnée de $\vec{F}$ sur l'axe doit donc être positive. Comme $K > 0$ et $x_G < 0$, c'est $-K\,x_G$ qui est positif.

$\vec{F} = -K\,x_G\,\vec{i}$

MÉTHODE
Pour trancher un signe, tester l'expression sur une situation dont on connaît le sens de la force. Vérification avec le ressort étiré : $x_G > 0$ et la force ramène le mobile vers la gauche, ce que donne bien $-K\,x_G < 0$.

1.5.1 En projetant la deuxième loi de Newton sur l'axe $x'x$, établir la relation entre K, m, x et a_x (équation 1).

Système {mobile} de masse m, référentiel de la table supposé galiléen. Deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{F} = m\,\vec{a}_G$$

$\vec{P}$ et $\vec{R}_N$ sont perpendiculaires à l'axe : leur coordonnée sur $x'x$ est nulle. Celle de $\vec{F}$ vaut $-K\,x$.

$-K\,x = m\,a_x$ (équation 1)

COMPRENDRE
a_x et x sont toujours de signes contraires : l'accélération est dirigée vers la position d'équilibre O, quel que soit le côté où se trouve le mobile.

1.5.2 À partir de l'abscisse et de l'accélération à la date t_{18}, estimer la valeur de la constante de raideur K.

Données utiles $m = 0{,}714$ kg ; $x_{G18} = -0{,}046$ m ; $a_{G18} = 0{,}50\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ (1.2)

D'après l'équation 1 : $K = -\dfrac{m\,a_x}{x}$.

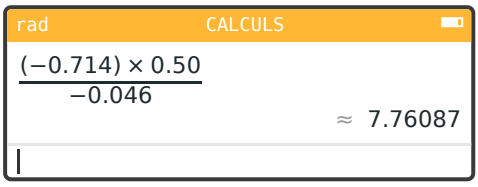
À la date t_{18}, $x < 0$: le ressort est comprimé et la vitesse augmente vers la droite, donc $a_x = +0{,}50\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

$$K = -\frac{0{,}714 \times 0{,}50}{-0{,}046}$$

$K = 7{,}8\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$

PIÈGE
Perdre le signe de x_{G18} et trouver une raideur négative. K est toujours positive : un résultat négatif signale une erreur de signe.

À LA CALCULATRICE



2.1 Nommer les deux grandeurs X_m et φ_0 de l'équation horaire.

X_m est l'amplitude des oscillations (en m) ; φ_0 est la phase à l'origine des dates (en rad).

COMPRENDRE
X_m est l'abscisse maximale atteinte par G. φ_0 dépend des conditions initiales : elle est nulle seulement si le mobile est lâché sans vitesse depuis $x = X_m$.

2.2 Choisir l'expression correcte de la période propre parmi les trois proposées et justifier par une analyse dimensionnelle.

Dimension de K : d'après l'équation 1, $K = -\dfrac{m\,a_x}{x}$, donc

$$[K] = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L} = M \cdot T^{-2}$$

- $\left[\sqrt{\dfrac{K}{m}}\right] = \left(\dfrac{M \cdot T^{-2}}{M}\right)^{1/2} = T^{-1}$: inverse d'une durée, à rejeter ;
- $\left[\sqrt{m \times K}\right] = \left(M^2 \cdot T^{-2}\right)^{1/2} = M \cdot T^{-1}$: à rejeter ;
- $\left[\sqrt{\dfrac{m}{K}}\right] = \left(\dfrac{M}{M \cdot T^{-2}}\right)^{1/2} = T$: c'est une durée.

Le facteur 2π est sans dimension.

$T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{K}}$

MÉTHODE
Exprimer d'abord la dimension de la grandeur inconnue (K) à partir d'une relation sûre, en M, L, T. Puis tester chaque formule : une seule doit donner la dimension cherchée.

2.3 À partir de la période mesurée, déduire une nouvelle estimation de K.

Données utiles $T_0 = 1{,}88$ s ; $m = 0{,}714$ kg

$T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{K}}$ donne, en élevant au carré, $T_0^2 = \dfrac{4\pi^2\,m}{K}$, d'où

$$K = \frac{4\pi^2\,m}{T_0^2} = \frac{4\pi^2 \times 0{,}714}{1{,}88^2}$$

$K = 7{,}98\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$, valeur proche de celle de la question 1.5.2 ($7{,}8\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$).

COMPRENDRE
Cette estimation est plus précise : m et T_0 sont connues avec trois chiffres significatifs, alors que le calcul de 1.5.2 repose sur une accélération à deux chiffres, obtenue par différences de valeurs pointées.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{4 \times \pi^2 \times 0.714}{1.88^2}$

$\approx$ 7.975212

3.1 Vérifier, avec la modélisation, que l'abscisse x_{G0} à la date $t_0 = 0$ s vaut 10,6 cm.

Données utiles $x_G(t) = a\cos(bt + c)$ avec $a = 0{,}120$ m ; $b = 3{,}34$ rad · s^{-1} ; $c = -0{,}488$ rad

$$x_{G0} = x_G(0) = a\cos(c) = 0{,}120 \times \cos(-0{,}488) = 0{,}106 \text{ m}$$

$x_{G0} = 0{,}106$ m $= 10{,}6$ cm, valeur attendue.

PIÈGE
Calculatrice restée en degrés : on trouve alors 0,120 m. L'angle c est en radians, il faut régler la calculatrice en mode radian.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.120 \times \cos(-0.488)$

$\approx$ 0.1059927

3.2 Montrer que la vitesse s'écrit $V_G(t) = -0{,}401\ \sin(3{,}34\,t - 0{,}488)$ en m · s^{-1}.

Données utiles $a = 0{,}120$ m ; $b = 3{,}34$ rad · s^{-1} ; $c = -0{,}488$ rad

La vitesse est la dérivée de l'abscisse par rapport au temps :

$$V_G(t) = \frac{\mathrm{d}x_G}{\mathrm{d}t} = -a\,b\,\sin(b\,t + c)$$

avec $a\,b = 0{,}120 \times 3{,}34 = 0{,}401$ m · s^{-1}.

$V_G(t) = -0{,}401\ \sin(3{,}34\,t - 0{,}488)$ en m · s^{-1}, expression attendue.

MÉTHODE
La dérivée de $\cos(bt + c)$ est $-b\,\sin(bt + c)$: le cosinus devient « moins sinus » et le coefficient de t sort en facteur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.120×3.34

$\approx$ 0.4008

3.3 Calculer la vitesse initiale V_{G0} communiquée au mobile et préciser dans quel sens elle l'a été.

Données utiles $V_G(t) = -0{,}401\ \sin(3{,}34\,t - 0{,}488)$ (3.2)

$$V_{G0} = V_G(0) = -0{,}401 \times \sin(-0{,}488) = 0{,}188 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$V_{G0} > 0$: le vecteur vitesse initiale a le sens de $\vec{i}$.

$V_{G0} = 0{,}188$ m · s^{-1} ; le mobile a été lancé vers la droite.

COMPRENDRE
À t_0, le mobile est à droite de O ($x_{G0} > 0$) et part vers la droite : il s'éloigne d'abord de sa position d'équilibre. La courbe de la figure 2 commence donc par monter jusqu'à 0,120 m.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$(-0.401) \times \sin(-0.488)$

$\approx$ 0.188013

3.4.1 Donner l'expression de l'énergie mécanique E_m du système {mobile + ressort} en fonction de K, m, x_G et V_G.

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique du mobile et de l'énergie potentielle élastique du ressort (sa masse est négligeable) :

$$E_m = \frac{1}{2} m V_G^2 + \frac{1}{2} K x_G^2$$

COMPRENDRE
Le mouvement est horizontal : l'énergie potentielle de pesanteur reste constante, on la choisit nulle au niveau de la table. Elle n'apparaît donc pas dans E_m.

3.4.2 À partir de la valeur de l'énergie mécanique à la date t_{17} et du tableau, retrouver la valeur de la constante de raideur K.

Données utiles $E_m = 5{,}6 \times 10^{-2}$ J ; $V_{G17} = 0{,}31$ m · s^{-1} ; $x_{G17} = -0{,}073$ m ; $m = 0{,}714$ kg

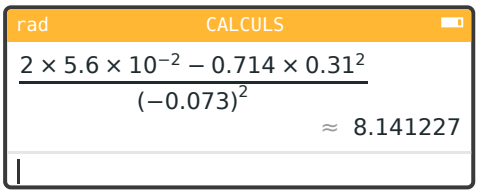
$2\,E_m = m\,V_G^2 + K\,x_G^2$, d'où

$$K = \frac{2\,E_m - m\,V_{G17}^2}{x_{G17}^2} = \frac{2 \times 5{,}6 \times 10^{-2} - 0{,}714 \times 0{,}31^2}{(-0{,}073)^2}$$

$K = 8{,}1$ N · m^{-1}, en accord avec les deux estimations précédentes (7,8 et 7,98 N · m^{-1}).

PIÈGE
Oublier le facteur 2 devant E_m, ou ne pas élever x_{G17} au carré. Le carré fait disparaître le signe de l'abscisse.

À LA CALCULATRICE



3.4.3 L'énergie mécanique du système se conserve-t-elle sur la durée de l'enregistrement ? Justifier sans calcul.

Sur la figure 2, l'amplitude des oscillations reste la même pendant tout l'enregistrement : la courbe remonte à chaque fois à la même abscisse maximale. Les oscillations ne sont pas amorties, donc les frottements sont négligeables.

Aux positions extrêmes, la vitesse est nulle et $E_m = \frac{1}{2} K X_m^2$: une amplitude constante signifie une énergie mécanique constante.

Oui, l'énergie mécanique se conserve sur la durée de l'enregistrement.

COMPRENDRE
Au cours du mouvement, l'énergie passe sans perte de la forme cinétique à la forme potentielle élastique et inversement. Avec des frottements, l'amplitude diminuerait d'une oscillation à la suivante.

L'élément chlore

Bac S 2009 La Réunion (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Donner la définition d'un acide au sens de Brönsted.

Un acide au sens de Brönsted est une espèce chimique capable de céder au moins un ion hydrogène H^+ (un proton).

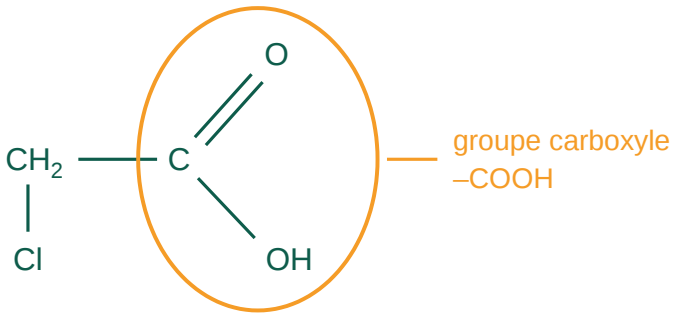
COMPRENDRE
L'ion H^+ cédé est capté par une base. Ici la base est l'eau, qui devient l'ion oxonium H_3O^+.

1.2 Recopier la formule semi-développée de l'acide monochloroéthanoïque et entourer le groupe acide carboxylique.

On recopie la formule du tableau et on entoure l'ensemble formé par le carbone, l'oxygène doublement lié et le groupe OH.

Le groupe entouré est le groupe carboxyle $-COOH$ (voir figure).

PIÈGE
N'entourer que OH (ce serait un groupe hydroxyle) ou que $C{=}O$ (un groupe carbonyle). Le groupe carboxyle réunit les deux sur le même carbone.



1.2 · Formule semi-développée de l'acide monochloroéthanoïque, groupe carboxyle entouré

1.3 Montrer que les concentrations c_1 et c_2 sont égales.

Données utiles $m_1 = 0{,}945$ g ; $M = 94{,}5$ g · mol^{-1} ; $V_1 = 1{,}00$ L ; $n_2 = 1{,}00 \times 10^{-3}$ mol ; $V_2 = 100$ mL

Solution S_1 : $n_1 = \dfrac{m_1}{M}$, donc $c_1 = \dfrac{n_1}{V_1} = \dfrac{m_1}{M\,V_1}$

$$c_1 = \frac{0{,}945}{94{,}5 \times 1{,}00} = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Solution S_2 : $c_2 = \dfrac{n_2}{V_2}$ avec $V_2 = 0{,}100$ L

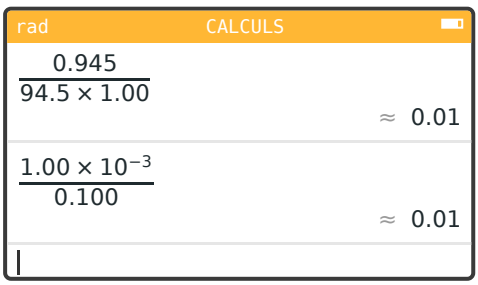
$$c_2 = \frac{1{,}00 \times 10^{-3}}{0{,}100} = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$c_1 = c_2 = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} : les deux concentrations en soluté apporté sont égales.

PIÈGE
Laisser V_2 en millilitres : on trouverait c_2 mille fois trop petite.

COMPRENDRE
Toutes les données ont trois chiffres significatifs : le résultat s'écrit $1{,}00 \times 10^{-2}$, et non $0{,}01$.

À LA CALCULATRICE



1.4.1 Compléter le tableau d'avancement de la réaction de l'acide AH avec l'eau, avec les grandeurs c, V, x, x_{max} et x_f.

La quantité initiale d'acide est $n_0 = cV$. D'après l'équation, quand l'avancement vaut x, il a disparu x mol de AH et il s'est formé x mol de $\mathrm{H_3O^+}$ et x mol de $\mathrm{A^-}$. L'eau est le solvant, en large excès : sa colonne reste barrée.

Tableau complété sur l'annexe (voir figure) : il reste $cV - x_f$ mol d'acide à l'état final.

MÉTHODE
Les quatre lignes ont la même structure : on remplace seulement x par $x(t)$, x_f puis x_{max}. Dans la dernière ligne, le réactif limitant est entièrement consommé.

Équation chimique		AH(aq) + H₂O(l) = H₃O⁺(aq) + A⁻(aq)			
État du système	Avancement (mol)	Quantité de matière (en mol)			
État initial	x = 0	cV		0	0
En cours	x(t)	cV − x(t)		x(t)	x(t)
État final	x_f	cV − x_f		x_f	x_f
Avancement maximal	x_{max}	cV − x_{max} = 0		x_{max}	x_{max}

1.4.1 · Annexe complétée (en orange : ce que l'élève écrit)

1.4.2 Exprimer la quantité de matière finale en ion oxonium en fonction du pH et du volume V.

Par définition du pH : $[\mathrm{H_3O^+}]_f = 10^{-\mathrm{pH}}$ (en $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$).

Or $n(\mathrm{H_3O^+})_f = [\mathrm{H_3O^+}]_f \times V$, donc

$$n(\mathrm{H_3O^+})_f = 10^{-\mathrm{pH}} \times V$$

COMPRENDRE
D'après le tableau, cette quantité est aussi l'avancement final : $x_f = 10^{-\mathrm{pH}} \times V$. C'est la mesure du pH qui donne accès à x_f.

1.4.3 Définir le taux d'avancement final τ.

Le taux d'avancement final est le quotient de l'avancement final par l'avancement maximal :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$$

COMPRENDRE
τ est sans unité, compris entre 0 et 1. Si $\tau = 1$ la transformation est totale ; si $\tau < 1$ elle est limitée (non totale).

1.4.4 Montrer que le taux d'avancement s'écrit $\tau = \dfrac{10^{-\mathrm{pH}}}{c}$.

Avancement final (1.4.2) : $x_f = n(\mathrm{H_3O^+})_f = 10^{-\mathrm{pH}} \times V$.

Avancement maximal : si la transformation était totale, l'acide serait entièrement consommé, $cV - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = cV$.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{10^{-\mathrm{pH}} \times V}{c \times V}$$

$\tau = \dfrac{10^{-\mathrm{pH}}}{c}$: c'est bien l'expression attendue.

PIÈGE
Oublier de justifier $x_{max} = cV$: l'eau étant en excès, c'est l'acide qui est le réactif limitant.

1.4.5 En déduire les valeurs τ_1 et τ_2 du taux d'avancement final pour les solutions S_1 et S_2.

Données utiles $\mathrm{pH}_1 = 2{,}5$; $\mathrm{pH}_2 = 2{,}0$; $c_1 = c_2 = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (1.3)

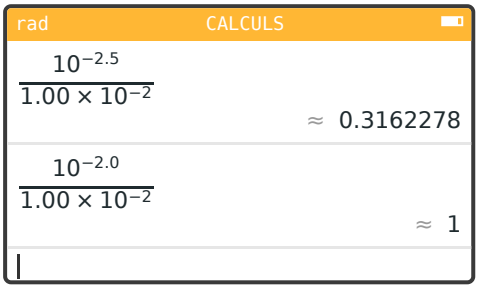
Solution S_1 : $\tau_1 = \dfrac{10^{-\mathrm{pH}_1}}{c_1} = \dfrac{10^{-2{,}5}}{1{,}00 \times 10^{-2}} = 0{,}32$

Solution S_2 : $\tau_2 = \dfrac{10^{-\mathrm{pH}_2}}{c_2} = \dfrac{10^{-2{,}0}}{1{,}00 \times 10^{-2}} = 1{,}0$

$\tau_1 = 0{,}32$ (soit 32 %) et $\tau_2 = 1{,}0$ (soit 100 %)

COMPRENDRE
Le pH n'est donné qu'au dixième : on se limite à deux chiffres significatifs, écrire $\tau_1 = 0{,}316$ serait illusoire.

À LA CALCULATRICE



1.4.6 Conclure sur la réactivité avec l'eau des deux acides étudiés.

$\tau_2 = 1{,}0$: la transformation entre le chlorure d'hydrogène et l'eau est totale.

$\tau_1 = 0{,}32 < 1$: la transformation entre l'acide monochloroéthanoïque et l'eau est limitée, elle conduit à un équilibre chimique où seul un tiers environ des molécules d'acide a réagi.

À concentration égale, l'acide chlorhydrique réagit davantage avec l'eau que l'acide monochloroéthanoïque ($\tau_2 > \tau_1$).

COMPRENDRE
Dans le vocabulaire actuel, l'acide chlorhydrique est un acide fort (réaction totale avec l'eau) et l'acide monochloroéthanoïque un acide faible.

MÉTHODE
La comparaison n'a de sens que parce que $c_1 = c_2$: le taux d'avancement d'un acide faible dépend de sa concentration.

2.1 Donner la composition du noyau de chlore 36.

Le noyau $^{36}_{17}\mathrm{Cl}$ a pour numéro atomique $Z = 17$ et pour nombre de nucléons $A = 36$. Nombre de neutrons : $N = A - Z = 36 - 17 = 19$.

Le noyau de chlore 36 contient 17 protons et 19 neutrons.

PIÈGE
Citer des électrons : il n'y en a pas dans le noyau. Et 36 est le nombre de nucléons, pas le nombre de neutrons.

2.2 Donner la définition du terme « isotope ».

Des noyaux isotopes ont le même nombre de protons (même Z, donc même élément chimique) mais des nombres de neutrons différents (donc des A différents).

COMPRENDRE
Les chlores 35, 36 et 37 ont tous 17 protons, avec respectivement 18, 19 et 20 neutrons.

2.3 Donner la définition d'un noyau radioactif.

Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément, de façon aléatoire, en un autre noyau avec émission d'une particule (et souvent d'un rayonnement).

2.4.1 Donner l'équation de la désintégration d'un noyau de chlore 36 en indiquant les lois de conservation utilisées.

On écrit ${}^{36}_{17}\mathrm{Cl} \longrightarrow {}^{36}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ et on applique les lois de conservation (lois de Soddy) :

- conservation du nombre de nucléons : $36 = 36 + A$, donc $A = 0$;
- conservation du nombre de charge : $17 = 18 + Z$, donc $Z = -1$.

La particule ${}^{0}_{-1}\mathrm{X}$ est un électron.

$$ {}^{36}_{17}\mathrm{Cl} \longrightarrow {}^{36}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} $$

PIÈGE
Écrire « conservation de la masse » ou « des éléments » : dans une réaction nucléaire, l'élément chimique change. Ce sont A et Z qui se conservent.

2.4.2 Donner le nom de la particule émise et le nom du type de radioactivité mis en jeu.

La particule émise est un électron : il s'agit d'une radioactivité β^-.

COMPRENDRE
Dans le noyau, un neutron s'est transformé en proton : Z augmente d'une unité et A ne change pas.

2.5 Donner l'expression de la loi de décroissance, c'est-à-dire $N(t)$ en fonction de N_0 et de t.

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

COMPRENDRE
$\lambda\,t$ doit être sans unité : si t est en années, λ s'exprime en an^{-1}.

2.6 Donner la définition du temps de demi-vie.

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

PIÈGE
Dire que tous les noyaux ont disparu au bout de deux demi-vies : il en reste alors le quart.

2.7 Calculer la valeur de la constante radioactive.

Données utiles $t_{1/2} = 3{,}08 \times 10^5$ ans

D'après la relation rappelée : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

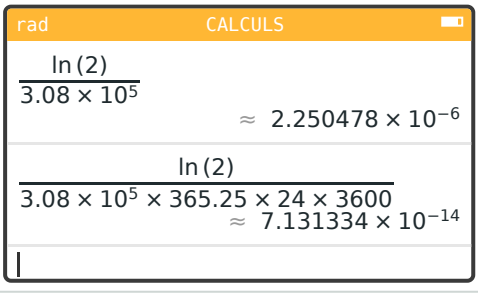
$$ \lambda = \frac{\ln 2}{3{,}08 \times 10^5} = 2{,}25 \times 10^{-6}\ \mathrm{an}^{-1} $$

En secondes, avec 1 an $= 365{,}25 \times 24 \times 3600$ s : $\lambda = 7{,}13 \times 10^{-14}\ \mathrm{s}^{-1}$.

$\lambda = 2{,}25 \times 10^{-6}\ \mathrm{an}^{-1}$ (soit $7{,}13 \times 10^{-14}\ \mathrm{s}^{-1}$)

MÉTHODE
Garder λ en an^{-1} est le plus commode ici : l'âge demandé ensuite sortira directement en années.

À LA CALCULATRICE



2.8.1 Donner la valeur du rapport $\frac{N(t_1)}{N_0}$ pour le morceau de glace étudié.

Il reste 75 % des noyaux de chlore 36 d'un échantillon récent : $N(t_1) = 0{,}75\,N_0$.

$$\frac{N(t_1)}{N_0} = 0{,}75$$

COMPRENDRE
L'échantillon récent, de même masse, joue le rôle de l'état initial : la teneur en chlore 36 des eaux de surface est constante au cours du temps.

2.8.2 À l'aide de la loi de décroissance, montrer que $t_1 = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right)$.

À la date t_1 : $N(t_1) = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t_1}$, soit $\frac{N(t_1)}{N_0} = \mathrm{e}^{-\lambda t_1}$.

On prend le logarithme népérien des deux membres : $\ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right) = -\lambda\,t_1$.

$t_1 = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right)$: c'est l'expression attendue.

MÉTHODE
Pour extraire une inconnue placée en exposant : isoler l'exponentielle, puis appliquer $\ln$, car $\ln(\mathrm{e}^a) = a$.

2.8.3 Déterminer l'âge t_1 de l'échantillon de glace de l'Arctique.

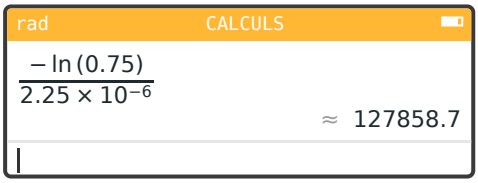
Données utiles $\frac{N(t_1)}{N_0} = 0{,}75$ (2.8.1) ; $\lambda = 2{,}25 \times 10^{-6}\ \mathrm{an}^{-1}$ (2.7)

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N(t_1)}{N_0}\right) = -\frac{\ln(0{,}75)}{2{,}25\times10^{-6}} = 1{,}28\times10^{5}\ \text{ans}$$

$t_1 = 1{,}28 \times 10^5$ ans : la glace a environ 128 000 ans.

COMPRENDRE
Contrôle : il reste plus de la moitié des noyaux, donc $t_1 < t_{1/2} = 3{,}08\times10^5$ ans. Le signe « $-$ » compense $\ln(0{,}75) < 0$.

À LA CALCULATRICE



2.8.4 Pourquoi ne pas avoir utilisé la datation au carbone 14, de demi-vie 5 700 ans, pour dater cet échantillon ?

Données utiles $t_1 = 1{,}28 \times 10^5$ ans (2.8.3)

L'âge de la glace représente $\dfrac{t_1}{t_{1/2}(^{14}\text{C})} = \dfrac{1{,}28 \times 10^5}{5\,700} \approx 22$ demi-vies du carbone 14.

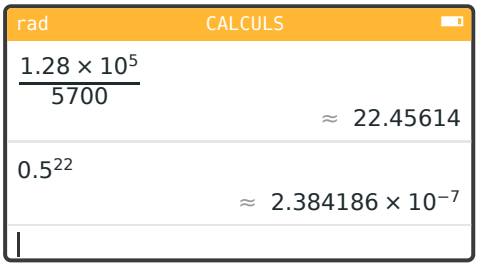
La proportion de carbone 14 restant est alors de l'ordre de $\dfrac{1}{2^{22}} \approx 2 \times 10^{-7}$: il n'en reste pratiquement plus, la quantité est trop faible pour être mesurée avec précision.

La demi-vie du carbone 14 est beaucoup trop courte devant l'âge de l'échantillon : le carbone 14 a presque entièrement disparu, la datation serait impossible ou très imprécise.

MÉTHODE

Un radioélément date correctement des âges du même ordre de grandeur que sa demi-vie (jusqu'à une dizaine de demi-vies environ).

À LA CALCULATRICE



Suivi spectrophotométrique

Bac S 2009 La Réunion (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Écrire la demi-équation électronique du couple $\mathrm{MnO_4^-/Mn^{2+}}$ intervenant dans la réaction 1.

Dans la réaction 1, l'ion permanganate est un réactif : la demi-équation s'écrit dans le sens de sa consommation, en milieu acide.

$$\mathrm{MnO_4^-\,(aq) + 8\,H^+\,(aq) + 5\,e^- = Mn^{2+}\,(aq) + 4\,H_2O\,(l)}$$

MÉTHODE
Équilibrer dans l'ordre : l'élément Mn, puis O avec $\mathrm{H_2O}$, puis H avec $\mathrm{H^+}$, enfin les charges avec des électrons. Vérifier : charge $+2$ de chaque côté.

1.2 Quel est l'oxydant de ce couple ? Justifier.

Un oxydant est une espèce capable de capter un ou plusieurs électrons. D'après la demi-équation (1.1), l'ion $\mathrm{MnO_4^-}$ capte cinq électrons pour donner $\mathrm{Mn^{2+}}$.

L'oxydant du couple est l'ion permanganate $\mathrm{MnO_4^-}$.

COMPRENDRE
Un couple se note toujours oxydant/réducteur : l'écriture $\mathrm{MnO_4^-/Mn^{2+}}$ donne la réponse, mais la justification attendue est le gain d'électrons.

1.3 L'espèce conjuguée de l'acide oxalique est le dioxyde de carbone. Écrire la demi-équation électronique de ce second couple intervenant dans la réaction 1.

L'acide oxalique est le réducteur du couple $\mathrm{CO_2/H_2C_2O_4}$: il est oxydé, il cède des électrons.

$$\mathrm{H_2C_2O_4\,(aq) = 2\,CO_2\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^-}$$

COMPRENDRE
On retrouve la réaction 1 en multipliant la demi-équation du permanganate par 2 et celle-ci par 5 : dix électrons échangés, et $16 - 10 = 6$ ions $\mathrm{H^+}$ restent à gauche.

2.1 L'absorbance du mélange étant nulle dans l'état final, identifier sans calcul le réactif limitant. Justifier.

L'ion permanganate est la seule espèce colorée du mélange : lui seul absorbe la lumière, et l'absorbance est proportionnelle à sa concentration (loi de Beer-Lambert).

Une absorbance finale nulle signifie donc qu'il ne reste plus d'ions $\mathrm{MnO_4^-}$ dans l'état final. La transformation étant totale, le réactif entièrement consommé est le réactif limitant (les ions $\mathrm{H^+}$ sont en excès).

Le réactif limitant est l'ion permanganate $\mathrm{MnO_4^-}$.

2.2 En utilisant le tableau, déterminer la valeur de l'avancement final x_f.

Données utiles $x = 475 \times 10^{-9}$ mol à $t = 550$ s, 600 s et 650 s

À partir de $t = 550$ s, l'avancement ne varie plus : le système a atteint son état final.

$$x_f = 475 \times 10^{-9}\ \mathrm{mol} = 4{,}75 \times 10^{-7}\ \mathrm{mol}$$

2.3 Exprimer la quantité de matière en ion $\mathrm{Mn^{2+}}$ dans l'état final en fonction de x_f, et calculer sa valeur.

Données utiles $x_f = 4{,}75 \times 10^{-7}$ mol (2.2)

Tableau d'avancement (quantités en mol, $\mathrm{H^+}$ en excès, eau solvant) :

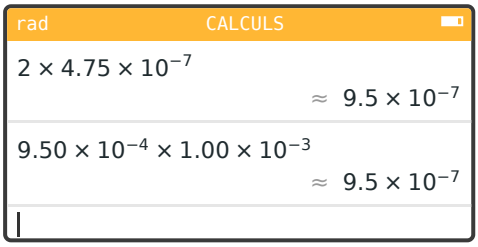
- état initial ($x = 0$) : $n(\mathrm{MnO_4^-}) = c_1V_1$; $n(\mathrm{H_2C_2O_4}) = c_2V_2$; $n(\mathrm{Mn^{2+}}) = 0$; $n(\mathrm{CO_2}) = 0$
- en cours (avancement x) : $c_1V_1 - 2x$; $c_2V_2 - 5x$; $2x$; $10x$
- état final (x_f) : $c_1V_1 - 2x_f$; $c_2V_2 - 5x_f$; $2x_f$; $10x_f$

Donc $n_f(\mathrm{Mn^{2+}}) = 2\,x_f = 2 \times 4{,}75 \times 10^{-7}$

$$\boxed{n_f(\mathrm{Mn^{2+}}) = 2\,x_f = 9{,}50 \times 10^{-7}\ \mathrm{mol}}$$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme x_f (le coefficient 2 est un nombre exact). Contrôle : $c_1V_1 = 9{,}50 \times 10^{-7}$ mol, donc $c_1V_1 - 2x_f = 0$, ce qui confirme le réactif limitant de 2.1.

À LA CALCULATRICE



2.4 En déduire la valeur de la concentration molaire en ion $\mathrm{Mn^{2+}}$ produit lors de cette réaction.

Données utiles $n_f(\mathrm{Mn^{2+}}) = 9{,}50 \times 10^{-7}$ mol (2.3) ; $V_1 = V_2 = 1{,}00$ mL

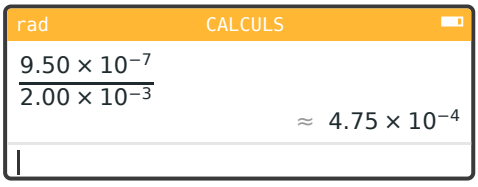
Le volume du mélange est $V = V_1 + V_2 = 2{,}00\ \mathrm{mL} = 2{,}00 \times 10^{-3}\ \mathrm{L}$.

$$[\mathrm{Mn^{2+}}]_f = \frac{n_f(\mathrm{Mn^{2+}})}{V_1 + V_2} = \frac{9{,}50 \times 10^{-7}}{2{,}00 \times 10^{-3}}$$

$$\boxed{[\mathrm{Mn^{2+}}]_f = 4{,}75 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}}$$

PIÈGE
Diviser par V_1 seul, ou laisser le volume en mL. Le mélange dilue chaque solution : c'est le volume total, en litres, qui intervient.

À LA CALCULATRICE



2.5 Définir le temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur et montrer graphiquement comment l'obtenir sur l'annexe.

Données utiles $x_f = 475 \times 10^{-9}$ mol (2.2)

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

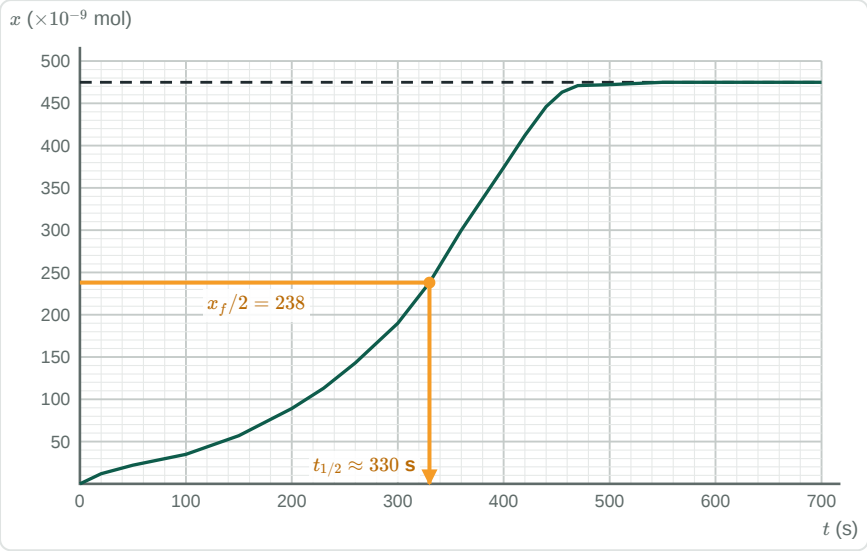
Ici $\dfrac{x_f}{2} = \dfrac{475 \times 10^{-9}}{2} \approx 238 \times 10^{-9}$ mol.

Sur l'annexe, on trace l'horizontale d'ordonnée 238×10^{-9} mol jusqu'à la courbe, puis on descend à la verticale et on lit l'abscisse.

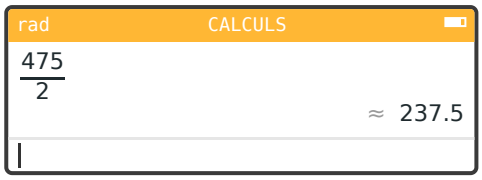
$$\boxed{t_{1/2} \approx 3{,}3 \times 10^{2}\ \mathrm{s}}$$

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale de la réaction (environ 275 s). C'est l'avancement que l'on divise par deux, puis on lit le temps correspondant.

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs au mieux : toute valeur comprise entre 320 s et 340 s est acceptable.



À LA CALCULATRICE



2.5 · Annexe complétée : lecture de $t_{1/2}$ sur la courbe $x = f(t)$

2.6 Rappeler la définition de la vitesse volumique de réaction, puis expliquer pourquoi, pour la réaction 1, elle est proportionnelle à la dérivée de l'avancement par rapport au temps.

La vitesse volumique de réaction est la dérivée de l'avancement par rapport au temps, divisée par le volume V du mélange réactionnel :

$$v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$$

avec x en mol, V en L, t en s et v en $\mathrm{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$.

Ici le volume $V = V_1 + V_2$ reste constant pendant toute la transformation : le facteur $\frac{1}{V}$ est une constante.

$v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ avec V constant : v est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$.

COMPRENDRE

Le programme actuel définit plutôt les vitesses volumiques de disparition d'un réactif ou d'apparition d'un produit, par exemple $v = \frac{\mathrm{d}[\mathrm{Mn^{2+}}]}{\mathrm{d}t}$. L'idée reste la même : une pente de courbe.

2.7 À partir du résultat de cours rappelé, décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps dans le cas général. Justifier.

Au cours d'une transformation, les réactifs sont consommés : leurs concentrations diminuent au fil du temps.

Or, à température constante, la vitesse volumique est d'autant plus grande que les concentrations des réactifs sont élevées.

Dans le cas général, la vitesse volumique de réaction diminue au cours du temps, jusqu'à s'annuler.

2.8 En s'appuyant sur le graphe de l'annexe, décrire l'évolution de la vitesse volumique au cours du temps pour la réaction 1. Est-elle conforme au résultat général de 2.7 ?

D'après 2.6, v est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, c'est-à-dire au coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date considérée.

Sur l'annexe :

- du début jusqu'à environ 400 s, les tangentes sont de plus en plus inclinées : la vitesse augmente ;
- vers 400 s, la pente est la plus forte : la vitesse est maximale ;
- ensuite la pente diminue, puis la courbe devient horizontale (vers 500 s) : la vitesse décroît et s'annule.

La vitesse augmente d'abord, passe par un maximum vers 400 s, puis diminue jusqu'à zéro : le début de l'évolution n'est pas conforme au résultat général de 2.7.

MÉTHODE
Pour comparer des vitesses sur une courbe $x = f(t)$, tracer les tangentes à plusieurs dates et comparer leurs pentes : plus la tangente est raide, plus la réaction est rapide.

2.9.1 Rappeler le rôle d'un catalyseur.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une réaction sans figurer dans son équation : il est régénéré en fin de transformation.

Il ne modifie pas l'état final du système : l'avancement final est le même, il est simplement atteint plus vite.

Un catalyseur accélère la réaction sans modifier son état final.

2.9.2 En quoi cette hypothèse permet-elle d'expliquer la différence entre le résultat de cours de 2.7 et celui trouvé en 2.8 ?

Si un produit (par exemple l'ion Mn^{2+}) catalyse la réaction, deux effets s'opposent :

- la concentration des réactifs diminue, ce qui tend à ralentir la réaction ;
- la concentration du catalyseur, formé par la réaction elle-même, augmente, ce qui tend à l'accélérer.

Au début, le second effet l'emporte : la vitesse augmente. Quand les réactifs se raréfient (ici le permanganate), le premier effet domine : la vitesse diminue puis s'annule.

La formation progressive du catalyseur explique que la vitesse commence par augmenter, contrairement au cas général.

COMPRENDRE
On parle d'autocatalyse : la réaction fabrique son propre catalyseur. La courbe $x = f(t)$ a alors une forme en S, avec un point d'inflexion à l'instant où la vitesse est maximale.

Spécialité : électrozincage d'une pièce en acier

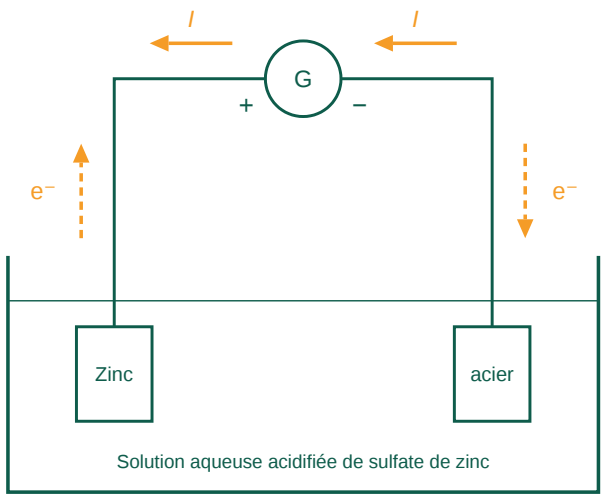
Bac S 2009 La Réunion (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Indiquer sur le schéma du montage (annexe) le sens conventionnel du courant et le sens de circulation des électrons.

À l'extérieur du générateur, le courant sort par la borne $+$ et rentre par la borne $-$. Dans les fils, les électrons circulent en sens inverse du courant : ils quittent la pièce de zinc et arrivent sur la pièce en acier.

Courant : de la borne $+$ vers le zinc, puis de l'acier vers la borne $-$; électrons : sens opposé (voir l'annexe complétée).

PIÈGE
Dessiner des électrons dans la solution. Ils ne circulent que dans les fils et les électrodes ; dans la solution, le courant est transporté par les ions.



1.1 · Annexe complétée : en orange, le sens du courant (trait plein) et celui des électrons (tirets)

1.2 La pièce en zinc se désagrège. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu au niveau de cette pièce, à l'aide de l'un des couples proposés.

Données utiles couples $Zn^{2+}(aq)$ / $Zn(s)$; $O_2(g)$ / $H_2O(l)$; $H^+(aq)$ / $H_2(g)$

Le zinc solide disparaît : c'est le métal Zn, réducteur du couple $Zn^{2+}(aq)$ / $Zn(s)$, qui est consommé.

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

COMPRENDRE
Les électrons libérés partent dans le fil vers la borne $+$ du générateur : c'est bien le sens trouvé à la question 1.1.

1.3 À quelle électrode, de zinc ou d'acier, l'oxydation a-t-elle lieu ? Justifier.

Une oxydation est une perte d'électrons. D'après l'équation de la question 1.2, le zinc métallique cède deux électrons.

L'oxydation a lieu à l'électrode de zinc, qui est donc l'anode.

MÉTHODE
Dans une électrolyse, l'électrode reliée à la borne $+$ du générateur est toujours l'anode (oxydation) ; celle reliée à la borne $-$ est la cathode (réduction).

1.4 La concentration en ions zinc dans la solution varie-t-elle au cours de l'électrolyse ? Justifier.

À l'anode : $\mathrm{Zn(s) = Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-}$. À la cathode en acier : $\mathrm{Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- = Zn(s)}$.

Les deux électrodes sont traversées par la même quantité d'électrons : chaque fois qu'un ion $\mathrm{Zn^{2+}}$ est consommé à la cathode, un autre est formé à l'anode.

La concentration en ions $\mathrm{Zn^{2+}}$ ne varie pas : le zinc est seulement transporté de l'anode vers la pièce en acier.

COMPRENDRE
On parle d'électrolyse « à anode soluble » : c'est la pièce de zinc qui fournit, à mesure, le métal déposé sur l'acier.

2.1 Donner l'expression de la constante d'équilibre K associée à la réaction $\mathrm{Zn^{2+}(aq) + 2\,HO^-(aq) = Zn(HO)_2(s)}$.

Le solide $\mathrm{Zn(HO)_2(s)}$ n'apparaît pas dans l'expression.

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

PIÈGE
Oublier l'exposant 2 sur $[\mathrm{HO^-}]$ (nombre stœchiométrique), ou faire figurer le précipité dans le quotient.

COMPRENDRE
Les concentrations sont exprimées en $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et K est sans unité. Aujourd'hui, on écrit chaque concentration divisée par $c^\circ = 1\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

2.2 Le précipité se forme si la concentration en ions hydroxyde dépasse $3{,}16 \times 10^{-9}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. Montrer que le pH correspondant est égal à 5,5.

Données utiles $[\mathrm{HO^-}] = 3{,}16 \times 10^{-9}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$ à 25 °C

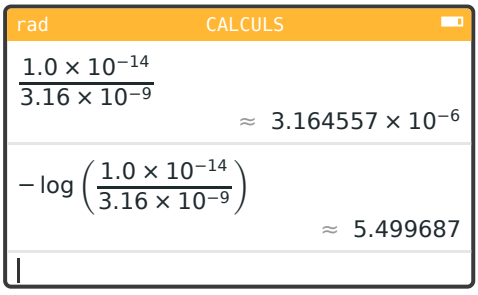
Produit ionique de l'eau : $K_e = [\mathrm{H_3O^+}] \times [\mathrm{HO^-}]$, donc $[\mathrm{H_3O^+}] = \dfrac{K_e}{[\mathrm{HO^-}]}$.

$$\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H_3O^+}] = -\log\left(\frac{K_e}{[\mathrm{HO^-}]}\right) = -\log\left(\frac{1{,}0 \times 10^{-14}}{3{,}16 \times 10^{-9}}\right)$$

$\mathrm{pH} = 5{,}5$, valeur attendue.

COMPRENDRE
K_e est donné avec deux chiffres significatifs : on garde un seul chiffre après la virgule pour le pH.

À LA CALCULATRICE



2.3 Justifier que le pH de la solution doit être inférieur à 5,5 pour réaliser cette électrolyse.

Quand le pH augmente, $[\mathrm{HO^-}]$ augmente. Si $\mathrm{pH} > 5{,}5$, alors $[\mathrm{HO^-}] > 3{,}16 \times 10^{-9}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et les ions $\mathrm{Zn^{2+}}$ précipitent sous forme de $\mathrm{Zn(HO)_2(s)}$.

Ces ions ne sont alors plus disponibles en solution pour être réduits en zinc sur la pièce en acier.

Avec $\mathrm{pH} < 5{,}5$, les ions $\mathrm{Zn^{2+}}$ restent dissous : le dépôt de zinc est possible. C'est pourquoi la solution est acidifiée.

3.1 Quelle relation existe-t-il entre la quantité de matière de zinc formé n_{Zn} et la quantité de matière d'électrons échangés n_{e^-} ?

D'après $\text{Zn}^{2+}\,(\text{aq}) + 2\,\text{e}^- = \text{Zn}\,(\text{s})$, la formation d'une mole de zinc nécessite deux moles d'électrons.

$$n_{\text{Zn}} = \frac{n_{e^-}}{2}$$

PIÈGE
Écrire $n_{\text{Zn}} = 2\,n_{e^-}$. Il faut deux fois plus d'électrons que d'atomes de zinc, donc $n_{e^-} = 2\,n_{\text{Zn}}$.

3.2 Montrer que la masse de zinc formée s'écrit $m_{\text{Zn}} = \dfrac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Zn})}{2F}$.

Charge électrique qui traverse le circuit pendant Δt : $Q = I \cdot \Delta t$.

Cette charge est portée par n_{e^-} moles d'électrons, chaque mole portant la charge F : $Q = n_{e^-} \cdot F$, d'où $n_{e^-} = \dfrac{I \cdot \Delta t}{F}$.

Avec la question 3.1 : $n_{\text{Zn}} = \dfrac{n_{e^-}}{2} = \dfrac{I \cdot \Delta t}{2F}$.

Or $m_{\text{Zn}} = n_{\text{Zn}} \cdot M(\text{Zn})$.

$$m_{\text{Zn}} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Zn})}{2F}$$

MÉTHODE
Pour toute électrolyse ou pile : 1) $Q = I \cdot \Delta t$; 2) $n_{e^-} = Q/F$; 3) passage des électrons à l'espèce voulue par la demi-équation ; 4) $m = n \cdot M$.

3.3 Calculer la masse de zinc formé pendant la durée Δt.

Données utiles $I = 2{,}00\ \text{A}$; $\Delta t = 40{,}0\ \text{min}$; $M(\text{Zn}) = 65{,}37\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $F = 96\,500\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\Delta t = 40{,}0 \times 60 = 2{,}40 \times 10^3\ \text{s}$

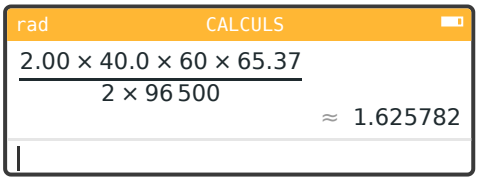
$$m_{\text{Zn}} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Zn})}{2F} = \frac{2{,}00 \times 2{,}40 \times 10^3 \times 65{,}37}{2 \times 96\,500}$$

$$m_{\text{Zn}} = 1{,}63\ \text{g}$$

PIÈGE
Laisser Δt en minutes : $Q = I \cdot \Delta t$ donne des coulombs seulement si la durée est en secondes.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme I et Δt, les données les moins précises. On conserve la valeur non arrondie en mémoire pour la suite.

À LA CALCULATRICE



3.4.1 Le zinc se dépose uniformément sur les deux faces de la plaque carrée de côté d. Calculer l'épaisseur e_1 de zinc déposé sur un côté.

Données utiles $d = 10{,}0\ \text{cm}$; $\rho_{\text{Zn}} = 7{,}14\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; $m_{\text{Zn}} = 1{,}63\ \text{g}$ (3.3)

Volume de zinc déposé : $V_{\text{Zn}} = \dfrac{m_{\text{Zn}}}{\rho_{\text{Zn}}}$.

Ce volume est réparti sur deux faces d'aire d^2 chacune, en une couche d'épaisseur e_1 : $V_{\text{Zn}} = 2\,d^2\,e_1$.

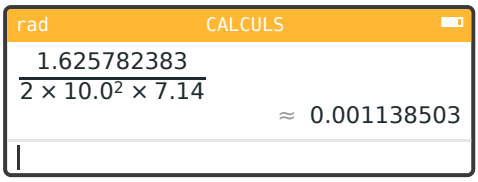
$$e_1 = \frac{m_{\text{Zn}}}{2\,d^2\,\rho_{\text{Zn}}} = \frac{1{,}63}{2 \times 10{,}0^2 \times 7{,}14}$$

$$e_1 = 1{,}14 \times 10^{-3}\ \text{cm}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : le dépôt couvre les deux faces, l'aire totale est $2\,d^2 = 200\ \text{cm}^2$.

MÉTHODE
Avec ρ en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, garder m en g et d en cm : l'épaisseur sort directement en cm, sans conversion intermédiaire.

À LA CALCULATRICE



3.4.2 Convertir ce résultat en micromètres. Est-il conforme à la valeur indiquée dans le texte introductif ?

Données utiles $e_1 = 1{,}14 \times 10^{-3}$ cm (3.4.1)

$1\ \text{cm} = 10^{-2}\ \text{m}$ et $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$, donc $1\ \text{cm} = 10^{4}\ \mu\text{m}$.

$e_1 = 1{,}14 \times 10^{-3} \times 10^{4} = 11{,}4\ \mu\text{m}$

Le texte annonce un dépôt « d'une dizaine de micromètres ».

$e_1 = 11{,}4\ \mu\text{m}$: le résultat est conforme au texte introductif.