Corrigé complet — Bac S 2012 Asie (ancien programme)

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

Ex 1	**Lumière et analyse** Réfraction et dispersion · Spectre de raies · Quantification de l'énergie · Spectrophotométrie · Loi de Beer-Lambert	6,5 pts	1 h 18	22 questions	p. 2
Ex 2	**La suspension de la 2 cV Citroën** Oscillateur mécanique · Deuxième loi de Newton · Équation différentielle · Oscillations libres · Oscillations forcées et résonance	5,5 pts	1 h 05	13 questions	p. 9
Ex 3	**Traitement électrolytique des objets ferreux** Électrolyse · Oxydation et réduction aux électrodes · Quantité d'électricité et faraday · Volume molaire · Corrosion humide · Anode sacrificielle	4 pts	52 min	13 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : L'anodisation dure colorée** Oxydoréduction · Réactif limitant · Électrolyse · Quantité d'électricité · Masse volumique · Facteurs cinétiques	4 pts	52 min	11 questions	p. 16

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

Lumière et analyse

Bac S 2012 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Définir l'indice de réfraction d'un milieu transparent en fonction des célérités c (vide) et v (milieu).

L'indice de réfraction est le rapport de la célérité de la lumière dans le vide à sa célérité dans le milieu :

$n = \dfrac{c}{v}$ (sans unité, $n \geqslant 1$ car $v \leqslant c$)

COMPRENDRE
Plus le milieu est réfringent, plus la lumière y est lente : dans le verre ($n \approx 1{,}5$), $v \approx 2 \times 10^8$ m · s^{-1}.

1.2 La fréquence est-elle modifiée quand une radiation passe d'un milieu transparent dans un autre ?

Non. La fréquence est imposée par la source : elle ne dépend pas du milieu traversé. Ce sont la célérité v et la longueur d'onde $\lambda = \dfrac{v}{\nu}$ qui changent.

La fréquence ν n'est pas modifiée.

PIÈGE
Dire que « la radiation change de couleur » dans le verre : la longueur d'onde change, mais la fréquence, qui caractérise la radiation, reste la même.

1.3 Sachant que l'indice d'un prisme dépend de la longueur d'onde, donner la définition d'un milieu dispersif.

Puisque $n = \dfrac{c}{v}$ et que n dépend de la radiation, la célérité v dans le prisme dépend de la radiation, c'est-à-dire de sa fréquence (qui la caractérise, Q1.2).

Un milieu est dispersif lorsque la célérité d'une onde dans ce milieu dépend de sa fréquence.

COMPRENDRE
Chaque radiation est alors déviée d'un angle différent par le prisme (lois de Snell-Descartes) : les radiations d'une lumière polychromatique sont séparées, c'est la dispersion.

2.1 À quel domaine (visible, ultraviolet ou infrarouge) appartiennent les raies α et β ? Justifier.

Données utiles $\lambda_\alpha = 459$ nm ; $\lambda_\beta = 455$ nm

Le domaine visible s'étend, dans le vide, de 400 nm à 800 nm environ. Or $400\ \text{nm} < 455\ \text{nm} < 459\ \text{nm} < 800\ \text{nm}$.

Les raies α et β appartiennent au domaine visible (bleu).

COMPRENDRE
Ultraviolet : $\lambda < 400$ nm ; infrarouge : $\lambda > 800$ nm. Ces deux raies bleues ont donné son nom au césium (du latin *caesius*, bleu ciel).

2.2 La lumière analysée est-elle monochromatique ou polychromatique ? Justifier.

Le spectre de la figure 2 comporte plusieurs raies, donc plusieurs radiations de longueurs d'onde différentes (au moins α et β).

La lumière analysée est polychromatique.

PIÈGE
Une lumière monochromatique ne contient qu'une seule radiation : son spectre ne présente qu'une seule raie.

2.3 Quelle relation existe-t-il entre la fréquence ν d'une radiation et sa longueur d'onde λ dans le vide ?

$\lambda = \dfrac{c}{\nu}$, avec λ en m, c en m · s^{-1} et ν en Hz.

2.4 Quelle est la fréquence ν de la raie α ?

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda_\alpha = 459\ \text{nm}$

D'après Q2.3 : $\nu_\alpha = \dfrac{c}{\lambda_\alpha}$

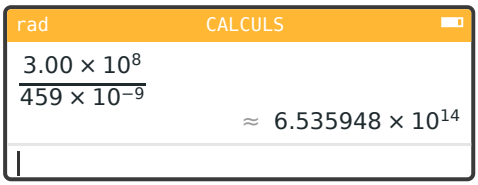
$$\nu_\alpha = \frac{3{,}00 \times 10^8}{459 \times 10^{-9}} = 6{,}54 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

$\nu_\alpha = 6{,}54 \times 10^{14}$ Hz

PIÈGE
Convertir : $1\ \text{nm} = 10^{-9}$ m.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise (c et λ_α).

À LA CALCULATRICE



2.5 Donner l'expression de l'énergie E du photon émis en fonction de λ, h et c.

$E = h\,\nu$ et $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$, donc :

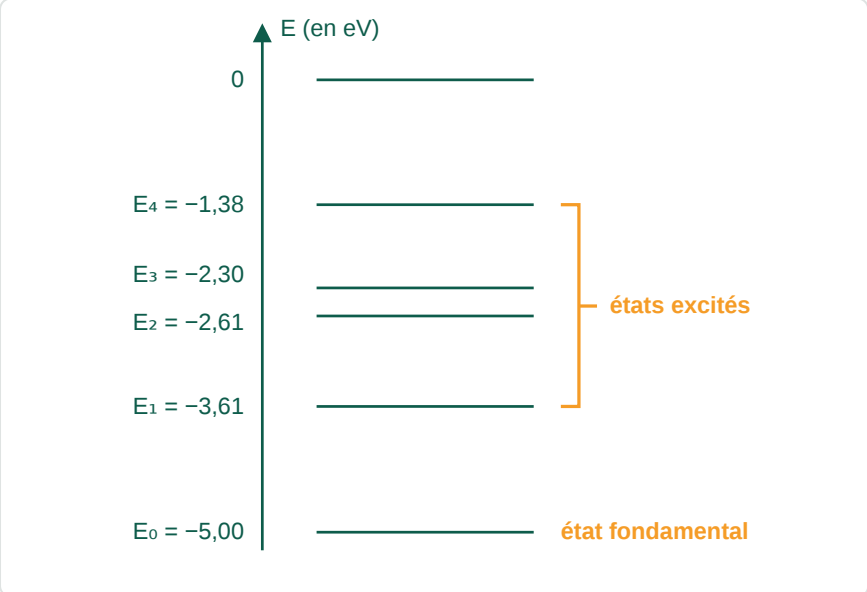
$E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$ (E en J, h en J·s, c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, λ en m)

2.6.1 Indiquer sur le diagramme l'état fondamental et les états excités.

L'état fondamental est le niveau de plus basse énergie, $E_0 = -5{,}00$ eV. Les niveaux d'énergie supérieure sont des états excités.

État fondamental : E_0 ; états excités : E_1, E_2, E_3 et E_4.

COMPRENDRE
Le niveau $E = 0$ correspond à l'atome ionisé (électron arraché, au repos) : ce n'est pas un état excité de l'atome.



2.6.1 · Annexe 1 complétée : état fondamental et états excités

2.6.2 Calculer l'énergie ΔE (en eV) qui correspond à l'émission de la raie α.

Données utiles $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J·s ; $1\text{ eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $\lambda_\alpha = 459$ nm

D'après Q2.5 : $\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda_\alpha}$ (l'unité de h est le J·s ; le « J · s^{-1} » de l'énoncé est une coquille).

$$\Delta E = \frac{6{,}62 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{459 \times 10^{-9}} = 4{,}33 \times 10^{-19}\text{ J}$$

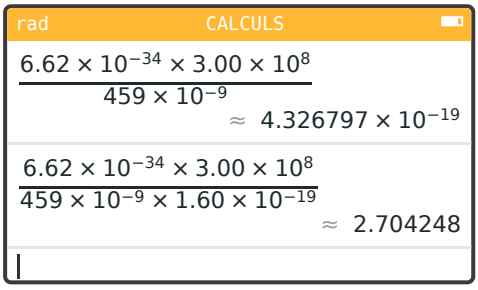
En électronvolts : $\Delta E = \dfrac{4{,}33 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}} = 2{,}70$ eV

$\Delta E = 2{,}70$ eV

PIÈGE
Diviser par $1{,}60 \times 10^{-19}$ pour passer des joules aux électronvolts, et non multiplier.

MÉTHODE
Vérification : sur le diagramme, $E_3 - E_0 = -2{,}30 - (-5{,}00) = 2{,}70$ eV. Le résultat désigne la transition.

À LA CALCULATRICE



2.6.3 Indiquer par une flèche, sur le diagramme de l'annexe 1, la transition correspondant à la raie α.

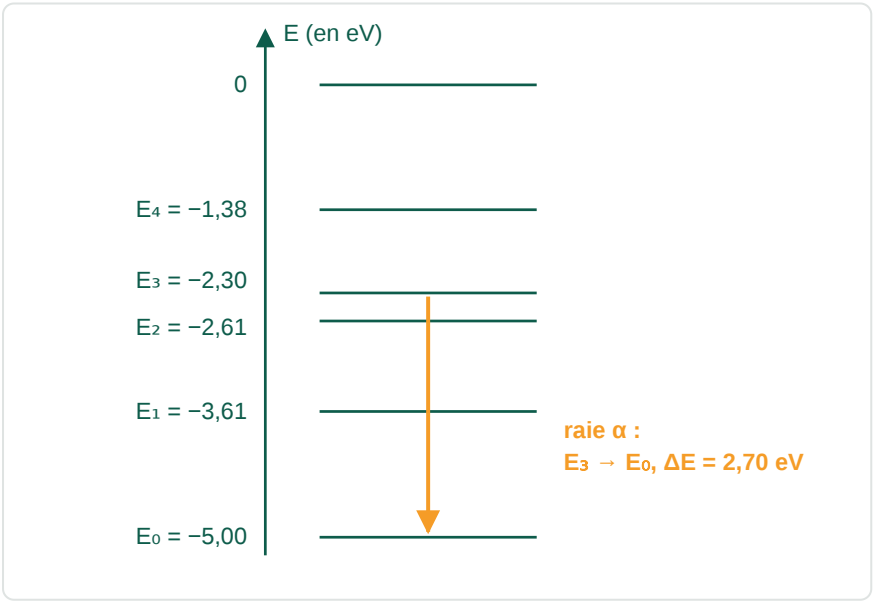
Données utiles $\Delta E = 2{,}70$ eV (Q2.6.2)

$E_3 - E_0 = -2{,}30 - (-5{,}00) = 2{,}70$ eV $= \Delta E$: aucun autre écart entre deux niveaux ne vaut 2,70 eV.

Il s'agit d'une émission : l'atome perd de l'énergie, la flèche descend.

Transition du niveau E_3 vers le niveau E_0 (flèche vers le bas).

PIÈGE
Flèche dans le mauvais sens : une émission va d'un niveau haut vers un niveau bas.



2.6.3 · Annexe 1 complétée : transition de la raie α

2.7.1 Cette radiation peut-elle interagir avec l'atome de césium dans l'état E_0 ? Justifier.

Données utiles quantum $\Delta E' = 2{,}39$ eV ; $E_0 = -5{,}00$ eV ; $E_2 = -2{,}61$ eV

L'atome ne peut absorber un photon que si son énergie correspond exactement à l'écart entre E_0 et un niveau supérieur.

$E_0 + \Delta E' = -5{,}00 + 2{,}39 = -2{,}61$ eV $= E_2$ (autrement dit $E_2 - E_0 = -2{,}61 - (-5{,}00) = 2{,}39$ eV).

Oui : l'atome absorbe le photon et passe de l'état E_0 à l'état E_2.

COMPRENDRE
L'énergie est quantifiée : un photon de 2,40 eV ou de 2,38 eV traverserait la vapeur de césium sans être absorbé.

2.7.2 La raie associée à cette transition est-elle une raie d'absorption ou une raie d'émission ? Justifier.

L'atome reçoit de l'énergie et passe d'un niveau inférieur (E_0) à un niveau supérieur (E_2) : le photon disparaît du faisceau.

C'est une raie d'absorption (raie noire sur le fond coloré du spectre).

COMPRENDRE
Sa longueur d'onde vaut $\lambda = \dfrac{hc}{\Delta E'} \approx 519$ nm (vert). Si l'atome se désexcite ensuite de E_2 à E_0, il émet une raie à la même longueur d'onde.

3.1 Par quel facteur a-t-on dilué la vanilline présente dans l'échantillon commercial ?

Données utiles $V = 1$ mL de vanille liquide ; fiole jaugée $V_1 = 250$ mL

La quantité de vanilline se conserve lors de la dilution : le facteur de dilution est le rapport des volumes.

$$F = \frac{V_1}{V} = \frac{250}{1} = 250$$

La vanilline a été diluée 250 fois : $F = 250$.

MÉTHODE
$F = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}} = \dfrac{c_{\text{mère}}}{c_{\text{fille}}}$: on s'en servira en Q3.9 pour remonter à l'échantillon commercial.

3.2 Écrire l'équation de la réaction entre la vanilline et les ions hydroxyde.

Données utiles couples $\mathrm{HVan/Van^-}$ et $\mathrm{H_2O/HO^-}$

La vanilline (acide du couple $\mathrm{HVan/Van^-}$) cède un proton à l'ion hydroxyde (base du couple $\mathrm{H_2O/HO^-}$) :

$$\mathrm{HVan + HO^- \longrightarrow Van^- + H_2O}$$

PIÈGE
Vérifier la conservation des éléments et des charges : une charge négative de chaque côté.

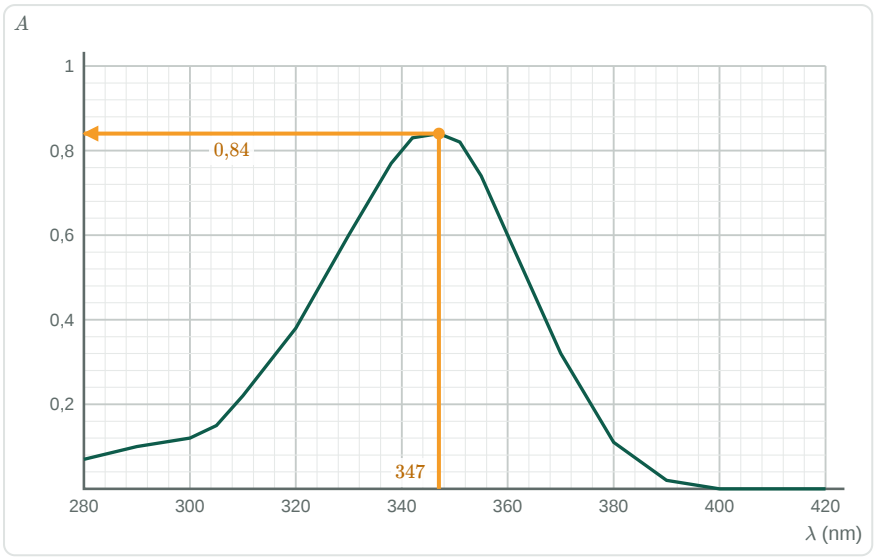
3.3 D'après la figure 3, estimer la longueur d'onde à laquelle il est judicieux de se placer pour la courbe d'étalonnage (à ± 5 nm). Justifier.

On se place au maximum d'absorption de l'ion vanillinate : c'est là que l'absorbance est la plus grande, donc la mesure la plus sensible et la plus précise ; au voisinage du maximum, une petite erreur sur λ modifie peu A.

Sur la figure 3, le maximum ($A \approx 0{,}84$) est atteint pour :

$\lambda_{\max} \approx 347$ nm (à ± 5 nm près)

COMPRENDRE
Cette longueur d'onde appartient à l'ultraviolet : la solution de vanillinate est presque incolore, mais elle absorbe fortement dans l'UV. Le spectrophotomètre doit donc fonctionner dans l'UV.



3.3 · Figure 3 du sujet, avec la lecture du maximum d'absorption

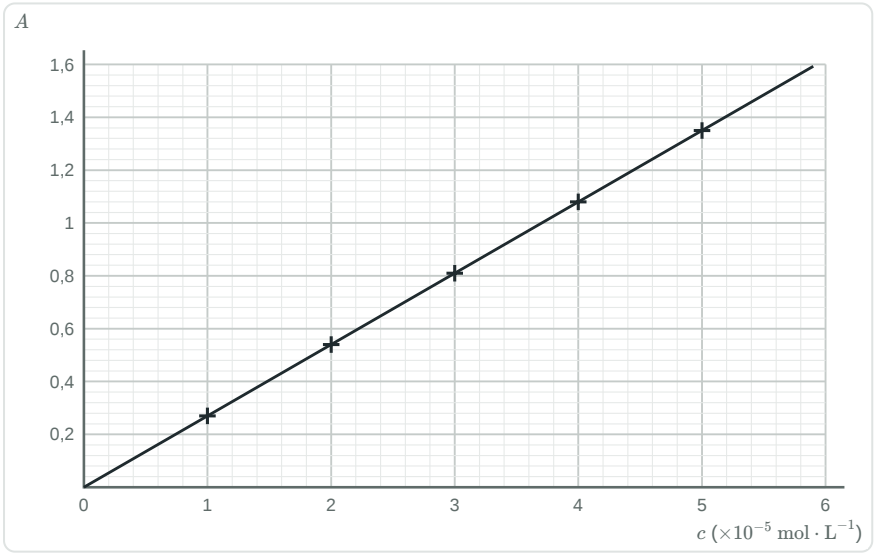
3.4 Tracer la courbe donnant A en fonction de c sur l'annexe 2.

Données utiles c ($\times 10^{-5}$ mol · L^{-1}) : 5,0 ; 4,0 ; 3,0 ; 2,0 ; 1,0 ; A : 1,35 ; 1,08 ; 0,81 ; 0,54 ; 0,27

Choix des échelles : en abscisse, $1\ \text{cm} \leftrightarrow 0{,}5 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; en ordonnée, $1\ \text{cm} \leftrightarrow 0{,}1$. On place les cinq points, puis on trace la droite moyenne, qui passe par l'origine.

Courbe d'étalonnage tracée (figure ci-dessous) : les points sont alignés sur une droite passant par l'origine.

PIÈGE
Axes non légendés ou sans unité, échelle irrégulière, ou courbe tracée point à point au lieu d'une droite moyenne : chacun coûte des points.



3.4 · Annexe 2 complétée : courbe d'étalonnage $A = f(c)$

3.5 Montrer que la représentation graphique est en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = k\,c$.

Les points expérimentaux sont alignés sur une droite qui passe par l'origine : A est proportionnelle à c.

$A = k\,c$: la courbe d'étalonnage est conforme à la loi de Beer-Lambert.

PIÈGE
« Une droite » ne suffit pas : il faut préciser qu'elle passe par l'origine, sinon A serait une fonction affine de c.

3.6 Déterminer la valeur de k en $\mathrm{L \cdot mol^{-1}}$.

Données utiles point de la droite : $c = 5{,}0 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, $A = 1{,}35$

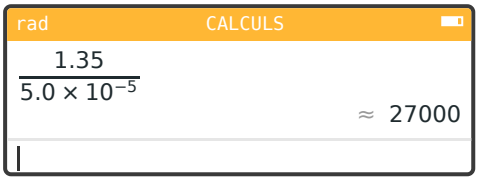
k est le coefficient directeur de la droite. Avec le point $(5{,}0 \times 10^{-5}\ ;\ 1{,}35)$, qui est sur la droite :

$$k = \frac{A}{c} = \frac{1{,}35}{5{,}0 \times 10^{-5}} = 2{,}7 \times 10^{4}\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$$

$$\boxed{k = 2{,}7 \times 10^{4}\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}}$$

MÉTHODE
Calculer le coefficient directeur avec des points de la droite tracée, éloignés l'un de l'autre. Ici, chaque point du tableau donne $\frac{A}{c} = 2{,}7 \times 10^{4}$: l'alignement est parfait.

À LA CALCULATRICE



3.7 La solution S_1 a une absorbance $A = 0{,}88$. Calculer sa concentration molaire c_1.

Données utiles $A_1 = 0{,}88$; $k = 2{,}7 \times 10^{4}\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$ (Q3.6)

D'après la loi de Beer-Lambert : $c_1 = \frac{A_1}{k}$

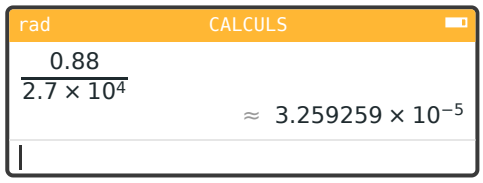
$$c_1 = \frac{0{,}88}{2{,}7 \times 10^{4}} = 3{,}3 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

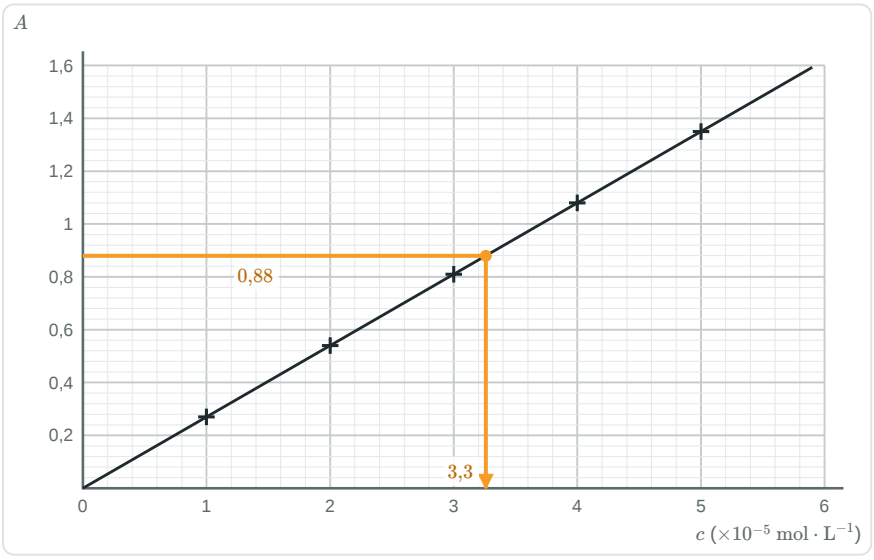
La réaction de Q3.2 étant totale, cette concentration en ions $\mathrm{Van^-}$ est celle de la vanilline introduite.

$$\boxed{c_1 = 3{,}3 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}}$$

MÉTHODE
Vérification graphique : sur la droite d'étalonnage, $A = 0{,}88$ donne $c \approx 3{,}3 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. La valeur est bien dans la gamme étalonnée.

À LA CALCULATRICE





3.7 · Lecture graphique de c_1 sur la courbe d'étalonnage

3.8 En déduire la concentration massique c_{m1} de la solution S_1.

Données utiles $c_1 = 3{,}3 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (Q3.7) ; $M_{\text{vanilline}} = 152\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

$$c_{m1} = c_1 \times M = 3{,}26 \times 10^{-5} \times 152 = 4{,}95 \times 10^{-3}\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$$

$$\boxed{c_{m1} = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}}$$

PIÈGE
Calculer avec c_1 non arrondie ; arrondir à la fin à deux chiffres significatifs, comme $A = 0{,}88$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$3.259259259 \times 10^{-5} \times 152$

≈ 0.004954074

3.9 Quelle est finalement la concentration massique c_m de l'échantillon commercial ?

Données utiles $c_{m1} = 4{,}95 \times 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q3.8) ; $F = 250$ (Q3.1)

L'échantillon commercial est 250 fois plus concentré que S_1 :

$$c_m = F \times c_{m1} = 250 \times 4{,}95 \times 10^{-3} = 1{,}24\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$\boxed{c_m = 1{,}2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}}$

PIÈGE

Diviser par 250 au lieu de multiplier : la solution commerciale est plus concentrée que la solution diluée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.954074074 \times 10^{-3} \times 250$

≈ 1.238519

La suspension de la 2 cV Citroën

Bac S 2012 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Dans l'expression $T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$, que représente k ? Quelle est son unité ?

k est la constante de raideur du ressort : la force de rappel vaut k fois l'allongement du ressort.

k s'exprime en $\mathrm{N \cdot m^{-1}}$

COMPRENDRE
En unités de base : $\mathrm{N \cdot m^{-1} = kg \cdot s^{-2}}$.

1.2 En déduire l'expression littérale de k.

On élève $T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ au carré : $T_0^2 = 4\pi^2 \dfrac{m}{k}$.

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2}$$

PIÈGE
Oublier d'élever 2π au carré : on obtient alors $2\pi\, m/T_0^2$, faux d'un facteur 2π.

1.3 Calculer k sachant que T_0 vaut environ une demi-seconde.

Données utiles $m = 100$ kg ; $T_0 \approx 0{,}50$ s

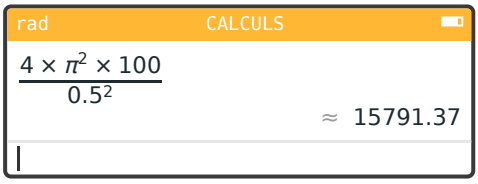
D'après Q1.2, avec $m = 100$ kg et $T_0 = 0{,}50$ s :

$$k = \frac{4\pi^2 \times 100}{0{,}50^2} = 1{,}6 \times 10^4 \ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$$

$k \approx 1{,}6 \times 10^4 \ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$

COMPRENDRE
Donnée peu précise (« environ ») : deux chiffres significatifs, pas 15 791.

À LA CALCULATRICE



1.4 Faire le bilan des forces appliquées à la masse m dans la position de la figure 2 et les représenter sur l'annexe, sans souci d'échelle.

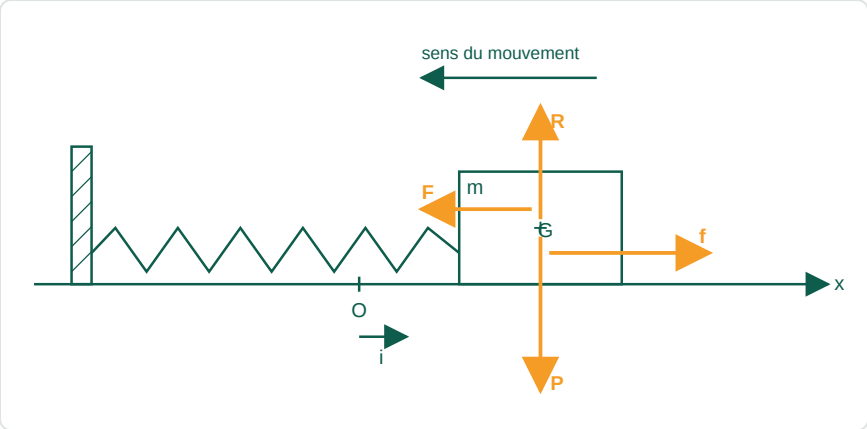
Système : la masse m, dans le référentiel terrestre. Dans la position de la figure 2, G est à droite de O ($x > 0$, ressort allongé) et la masse se déplace vers la gauche.

- le poids $\vec{P}$: vertical, vers le bas ;
- la réaction normale du support $\vec{R}$: verticale, vers le haut, $\vec{R} = -\vec{P}$;
- la force de rappel du ressort $\vec{F}$: horizontale, vers la gauche (vers O), car le ressort est allongé ;
- la force de frottement $\vec{f}$: horizontale, vers la droite, opposée à la vitesse.

Quatre forces : $\vec{P}$, $\vec{R}$, $\vec{F}$ vers la gauche, $\vec{f}$ vers la droite (voir l'annexe complétée)

PIÈGE
Orienter $\vec{f}$ selon $-\vec{i}$ par habitude : le frottement s'oppose au mouvement, qui va ici vers la gauche, donc $\vec{f}$ est vers la droite.

COMPRENDRE
$\vec{F}$ dépend de la position (vers O), $\vec{f}$ dépend du sens de la vitesse : ici elles sont opposées.



1.4 · Annexe complétée : forces appliquées à la masse m

1.5 Avec la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle du mouvement et montrer qu'elle est du type $a_x + \alpha\, v_x + \dfrac{k}{m}\, x = 0$.

Système : la masse m ; référentiel terrestre supposé galiléen.

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

Projection sur l'axe (Ox) : $P_x = R_x = 0$; $F_x = -k\,x$ (rappel vers O) ; $f_x = -\mu\, v_x$ (opposée à la vitesse).

$$-k\,x - \mu\, v_x = m\, a_x$$

On divise par m et on regroupe :

$a_x + \dfrac{\mu}{m}\, v_x + \dfrac{k}{m}\, x = 0$: c'est bien la forme attendue.

PIÈGE
Écrire $f_x = +\mu\, v_x$ parce que $\vec{f}$ pointe vers la droite sur la figure : ici $v_x < 0$, donc $-\mu\, v_x > 0$ convient aussi.

MÉTHODE
Projeter chaque force avec son signe : une force toujours opposée à une grandeur (position ou vitesse) s'écrit $-k\,x$ ou $-\mu\, v_x$, valable quel que soit le sens.

1.5.1 Exprimer α en fonction de μ et m.

Données utiles équation obtenue en Q1.5

Par identification de $a_x + \dfrac{\mu}{m}\, v_x + \dfrac{k}{m}\, x = 0$ avec $a_x + \alpha\, v_x + \dfrac{k}{m}\, x = 0$:

$\alpha = \dfrac{\mu}{m}$

1.5.2 Avec $\alpha = 0$, montrer que $x(t) = X_m \cos\left(\dfrac{2\pi}{T_0}\, t + \varphi\right)$ est solution de $\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{k}{m}\, x = 0$, quelles que soient X_m et φ.

Données utiles $k = \dfrac{4\pi^2\, m}{T_0^2}$ (Q1.2)

On dérive deux fois :

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = -X_m\, \frac{2\pi}{T_0}\, \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}\, t + \varphi\right) \qquad \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} = -X_m \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}\, t + \varphi\right) = -\frac{4\pi^2}{T_0^2}\, x$$

D'après Q1.2, $\dfrac{k}{m} = \dfrac{4\pi^2}{T_0^2}$, donc :

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \frac{k}{m}\, x = -\frac{4\pi^2}{T_0^2}\, x + \frac{4\pi^2}{T_0^2}\, x = 0$$

L'égalité est vraie pour tout t, quelles que soient X_m et φ : $x(t)$ est solution.

PIÈGE
Oublier le facteur $\dfrac{2\pi}{T_0}$ à chaque dérivation (dérivée d'une fonction composée), ou le signe « $-$ » de la dérivée du cosinus.

COMPRENDRE
X_m et φ ne sont pas fixées par l'équation : elles dépendent des conditions initiales (position et vitesse à $t = 0$).

1.5.3 Quel type d'oscillations obtient-on si α est nul ?

Sans frottement, aucune énergie n'est dissipée : $x(t)$ est une sinusoïde de période T_0.

Oscillations libres non amorties : périodiques, d'amplitude X_m constante.

1.5.4 Une 2 CV passe une bosse à 20 km/h. Décrire son mouvement après la bosse si chaque suspension est un oscillateur élastique sans frottement.

La bosse écarte la caisse de sa position d'équilibre puis la libère : la suspension oscille librement.

Sans frottement, la caisse oscille verticalement indéfiniment, avec une amplitude constante et la période propre $T_0 \approx 0{,}5$ s.

COMPRENDRE
Un tel mouvement de pompage sans fin serait inconfortable et dangereux (perte d'appui des roues) : c'est la raison d'être des amortisseurs, vue en Q2.4.

2.1 À quel type d'oscillations la suspension est-elle soumise ? À quelle condition entre-t-elle en résonance ?

La route bosselée impose son rythme à la suspension (excitateur), qui joue le rôle de résonateur.

Oscillations forcées ; résonance quand la période des bosses (excitateur) est égale à la période propre T_0 de la suspension.

COMPRENDRE
En oscillations forcées, le système oscille à la période de l'excitateur, pas à sa période propre. À la résonance, l'amplitude devient maximale.

2.2 Calculer la durée Δt mise par la 2 CV pour parcourir la distance d.

Données utiles $v = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $d = 1{,}00$ m

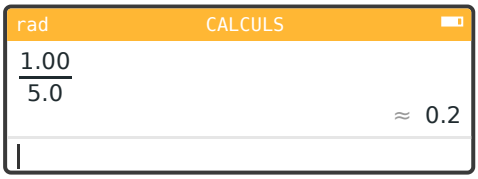
Mouvement uniforme : $v = \dfrac{d}{\Delta t}$, donc $\Delta t = \dfrac{d}{v}$.

$$\Delta t = \frac{1{,}00}{5{,}0} = 0{,}20\ \text{s}$$

$\Delta t = 0{,}20$ s

COMPRENDRE
Δt est la durée entre deux bosses successives : c'est la période de l'excitateur.

À LA CALCULATRICE



2.3 Comparer Δt et T_0. La suspension entre-t-elle en résonance ?

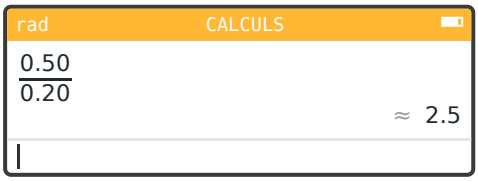
Données utiles $\Delta t = 0{,}20$ s (Q2.2) ; $T_0 \approx 0{,}50$ s (Q1.3)

$\dfrac{T_0}{\Delta t} = \dfrac{0{,}50}{0{,}20} = 2{,}5$: la période de l'excitateur est nettement plus courte que la période propre.

$\Delta t \neq T_0$: la suspension n'entre pas en résonance.

COMPRENDRE
La résonance aurait lieu pour $\Delta t = T_0$, soit $v = \dfrac{d}{T_0} = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ environ (7 km/h).

À LA CALCULATRICE



2.4 Quel élément de la figure 1 permet de limiter la résonance ? Justifier.

Les amortisseurs (6) exercent une force de frottement fluide : ils augmentent l'amortissement (μ donc α plus grands).

Plus l'amortissement est grand, plus l'amplitude à la résonance est faible (résonance floue).

Les amortisseurs (6) limitent la résonance en augmentant l'amortissement.

PIÈGE
Citer les ressorts (2/3) : ils fixent la raideur k donc T_0, mais ne dissipent pas d'énergie.

Traitement électrolytique des objets ferreux

Bac S 2012 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 La réaction qui se produit à la surface du canon est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier.

D'après le schéma, le canon est la cathode : il est relié à la borne $-$ du générateur et reçoit des électrons.

Par définition, la cathode est l'électrode où se produit une réduction (gain d'électrons) ; on y observe d'ailleurs un dégagement de dihydrogène, issu de la réduction de $\mathrm{H^+}$.

C'est une **réduction**.

MÉTHODE
Moyen mnémotechnique : anode et oxydation commencent par une voyelle, cathode et réduction par une consonne.

1.2 Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'anode, le couple intervenant étant $\mathrm{Cl_2\,(g)/Cl^-\,(aq)}$.

À l'anode se produit une oxydation : le réducteur $\mathrm{Cl^-}$ du couple perd des électrons.

$$\mathrm{2\,Cl^-\,(aq) \longrightarrow Cl_2\,(g) + 2\,e^-}$$

PIÈGE
Écrire la demi-équation dans le sens de la réduction ; à l'anode, les électrons sont du côté des produits.

1.3.1 Établir une relation entre la quantité de matière $n(\mathrm{H_2})$ de dihydrogène dégagé et la quantité d'électrons échangés $n(e^-)$.

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

D'après la demi-équation, la formation d'une mole de $\mathrm{H_2}$ consomme deux moles d'électrons. Avec l'avancement x : $n(e^-) = 2x$ et $n(\mathrm{H_2}) = x$.

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

PIÈGE
Écrire $n(\mathrm{H_2}) = 2\,n(e^-)$: le coefficient 2 est devant les électrons, il faut donc diviser.

1.3.2 Quelle relation existe-t-il entre la valeur absolue de la charge totale Q, l'intensité I du courant et la durée Δt de l'électrolyse ?

Le courant est constant pendant toute l'électrolyse :

$Q = I \cdot \Delta t$ avec Q en C, I en A et Δt en s.

1.3.3 Quelle relation existe-t-il entre Q, $n(e^-)$, N_A et e ?

Le nombre d'électrons échangés est $N = n(e^-) \cdot N_A$ et chacun porte une charge de valeur absolue e :

$$Q = n(e^-) \cdot N_A \cdot e$$

COMPRENDRE
Le produit $N_A \cdot e = \mathcal{F} \approx 9{,}63 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$ est le faraday, charge d'une mole d'électrons.

1.3.4 En déduire une relation entre $n(\mathrm{H_2})$, I, Δt, N_A et e.

D'après 1.3.2 et 1.3.3 : $n(e^-) \cdot N_A \cdot e = I \cdot \Delta t$, donc $n(e^-) = \dfrac{I\,\Delta t}{N_A\,e}$.

Avec 1.3.1 :

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

1.3.5 Calculer la quantité de matière $n(\mathrm{H_2})$ produite durant le dégangage.

Données utiles $I = 7{,}50$ A ; $\Delta t = 700$ h ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C

Conversion : $\Delta t = 700 \times 3600 = 2{,}52 \times 10^6$ s.

$$n(\mathrm{H_2}) = \frac{I\,\Delta t}{2\,N_A\,e} = \frac{7{,}50 \times 2{,}52 \times 10^6}{2 \times 6{,}02 \times 10^{23} \times 1{,}60 \times 10^{-19}}$$

$n(\mathrm{H_2}) = 98{,}1$ mol

PIÈGE
Laisser Δt en heures : le résultat serait 3600 fois trop petit.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme I, N_A et e ; la durée « 700 h » est prise comme exacte.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

7.50 × 700 × 3600
≈ 1.89 × 10^7

7.50 × 700 × 3600 / (2 × 6.02 × 10^23 × 1.60 × 10^−19)
≈ 98.11047

1.3.6 À quel volume de $\mathrm{H_2\,(g)}$ cette quantité de matière correspond-elle ?

Données utiles $n(\mathrm{H_2}) = 98{,}1$ mol (Q1.3.5) ; $V_m = 24{,}0$ L · mol^{-1}

$$V(\mathrm{H_2}) = n(\mathrm{H_2}) \cdot V_m = 98{,}1 \times 24{,}0$$

$V(\mathrm{H_2}) = 2{,}35 \times 10^3$ L, soit $2{,}35$ m^3

PIÈGE
Recopier 2354,4 L : le résultat n'a que trois chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

98.1 × 24.0
≈ 2354.4

2.1 Écrire les demi-équations électroniques des couples $\mathrm{Fe^{2+}\,(aq)/Fe\,(s)}$ et $\mathrm{O_2\,(g)/HO^-\,(aq)}$.

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

Couple du dioxygène, en milieu basique (ions $\mathrm{HO^-}$) : on équilibre l'oxygène et l'hydrogène avec l'eau.

$\mathrm{Fe^{2+}\,(aq) + 2\,e^- = Fe\,(s)}$ et $\mathrm{O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) + 4\,e^- = 4\,HO^-\,(aq)}$

MÉTHODE
Pour un couple faisant intervenir $\mathrm{HO^-}$: équilibrer l'élément principal, puis O et H avec $\mathrm{H_2O}$ et $\mathrm{HO^-}$, enfin les charges avec e^-. Vérifier : 4 O et 4 H de chaque côté.

2.2 Écrire l'équation de la réaction entre le fer et le dioxygène. Justifier que la corrosion se fait en milieu aqueux.

Le fer est oxydé : $\mathrm{Fe\,(s) \longrightarrow Fe^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$ (à multiplier par 2) ; le dioxygène est réduit : $\mathrm{O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) + 4\,e^- \longrightarrow 4\,HO^-\,(aq)}$.

On combine pour que 4 électrons soient échangés :

$\mathrm{2\,Fe\,(s) + O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \longrightarrow 2\,Fe^{2+}\,(aq) + 4\,HO^-\,(aq)}$

L'eau est un réactif de cette réaction et les ions formés n'existent qu'en solution : sans eau, pas de corrosion, elle se fait donc en milieu aqueux.

PIÈGE
Laisser des électrons dans l'équation bilan : il faut multiplier la demi-équation du fer par 2 avant d'additionner.

3.1 Écrire l'équation ayant lieu à l'anode, le couple mis en jeu étant $\mathrm{Zn^{2+}\,(aq)/Zn\,(s)}$.

L'anode est le siège d'une oxydation : le zinc perd des électrons.

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

3.2 Pourquoi qualifie-t-on cette électrode de « sacrificielle » ?

Le zinc est oxydé à la place du fer : il se dissout progressivement (consommé sous forme d'ions $\mathrm{Zn^{2+}}$) tandis que le canon, cathode, n'est pas oxydé.

Le zinc est détruit pour protéger le fer : il est « sacrifié ».

COMPRENDRE
L'anode doit donc être remplacée régulièrement. Le zinc convient car c'est un réducteur plus fort que le fer : il s'oxyde avant lui.

3.3 Les seules espèces susceptibles de réagir étant $\mathrm{Fe\,(s)}$, $\mathrm{H^+\,(aq)}$ et $\mathrm{Cl^-\,(aq)}$, quelle est la seule réaction possible à la cathode ? Justifier.

Données utiles couples : $\mathrm{Fe^{2+}\,(aq)/Fe\,(s)}$; $\mathrm{H^+\,(aq)/H_2\,(g)}$; $\mathrm{Cl_2\,(g)/Cl^-\,(aq)}$

À la cathode se produit une réduction : il faut un oxydant.

$\mathrm{Fe\,(s)}$ et $\mathrm{Cl^-\,(aq)}$ sont les réducteurs de leurs couples ; le seul oxydant présent est $\mathrm{H^+\,(aq)}$.

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

PIÈGE
Proposer la réduction de $\mathrm{Fe^{2+}}$ ou de $\mathrm{Cl_2}$: ces espèces ne sont pas présentes.

Spécialité : L'anodisation dure colorée

Bac S 2012 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Écrire l'équation de la formation de l'alumine Al_2O_3 par action du dioxygène de l'air sur l'aluminium.

Réactifs : aluminium $Al(s)$ et dioxygène $O_2(g)$; produit : alumine $Al_2O_3(s)$.

$$4\,Al(s) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2\,Al_2O_3(s)$$

MÉTHODE
Ajuster d'abord l'oxygène (coefficients 3 et 2 : 6 atomes O de chaque côté), puis l'aluminium : $2 \times 2 = 4$.

1.2 Quel réactif limite la formation de la couche d'alumine ?

Le dioxygène de l'air est en très large excès : il est sans cesse renouvelé autour de la pièce.

Le réactif limitant est l'aluminium accessible en surface de la pièce.

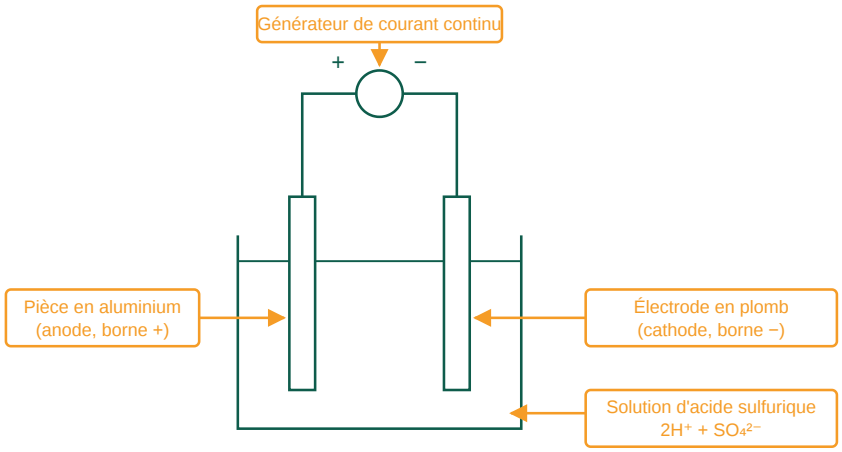
COMPRENDRE
Une fois la surface oxydée, la couche d'alumine sépare le métal de l'air : la réaction s'arrête d'elle-même après quelques nanomètres.

2.1 Compléter le schéma de l'annexe avec les termes du texte d'introduction.

La pièce en aluminium est reliée à la borne positive du générateur, l'électrode en plomb à la borne négative ; les deux plongent dans la solution d'acide sulfurique.

Annexe complétée ci-dessous : générateur de courant continu, pièce en aluminium (borne +), électrode en plomb (borne −), solution d'acide sulfurique $2\,H^+ + SO_4^{2-}$.

PIÈGE
Inverser les électrodes : sur le schéma, la borne + est à gauche, donc l'électrode de gauche est la pièce en aluminium.



2.1 · Annexe complétée : schéma de l'anodisation

2.2 Écrire la demi-équation électronique du dégagement de dihydrogène sur l'une des électrodes.

Couple $H^+(aq)/H_2(g)$; le milieu acide fournit les ions H^+.

$$2\,H^+(aq) + 2\,e^- \longrightarrow H_2(g)$$

2.3 S'agit-il d'une oxydation ou d'une réduction ?

Les ions $\mathrm{H^+}$ captent des électrons (les électrons sont du côté des réactifs) : il y a gain d'électrons.

C'est une réduction.

2.4 Quel est le nom de l'électrode où se produit ce dégagement gazeux ?

La réduction a lieu à la cathode ; dans une électrolyse, c'est l'électrode reliée à la borne négative du générateur, ici l'électrode en plomb.

Le dihydrogène se dégage à la cathode (électrode en plomb).

PIÈGE
Raisonner avec le signe : la cathode est la borne − en électrolyse, mais la borne + dans une pile. Seule la définition (lieu de la réduction) vaut dans les deux cas.

2.5 À partir de $\mathrm{Al\,(s) \longrightarrow Al^{3+}\,(aq) + 3\,e^-}$ puis $\mathrm{2\,Al^{3+}\,(aq) + 3\,H_2O\,(l) \longrightarrow Al_2O_3\,(s) + 6\,H^+\,(aq)}$, montrer que l'équation globale est $\mathrm{2\,Al\,(s) + 3\,H_2O\,(l) \longrightarrow Al_2O_3\,(s) + 3\,H_2\,(g)}$.

Anode, $\times 2$: $\mathrm{2\,Al\,(s) \longrightarrow 2\,Al^{3+}\,(aq) + 6\,e^-}$

Cathode, $\times 3$: $\mathrm{6\,H^+\,(aq) + 6\,e^- \longrightarrow 3\,H_2\,(g)}$

Réaction des ions aluminium :
$\mathrm{2\,Al^{3+}\,(aq) + 3\,H_2O\,(l) \longrightarrow Al_2O_3\,(s) + 6\,H^+\,(aq)}$

On additionne membre à membre : les 6 électrons, les 2 ions $\mathrm{Al^{3+}}$ et les 6 ions $\mathrm{H^+}$ apparaissent de chaque côté et se simplifient.

$\mathrm{2\,Al\,(s) + 3\,H_2O\,(l) \longrightarrow Al_2O_3\,(s) + 3\,H_2\,(g)}$: c'est l'équation attendue.

COMPRENDRE
Les ions $\mathrm{H^+}$ produits par la réaction des ions aluminium sont consommés à la cathode : globalement, l'acide n'est pas consommé.

MÉTHODE
Multiplier les demi-équations pour que les électrons cédés à l'anode soient tous captés à la cathode (ici 6), puis éliminer les espèces présentes des deux côtés.

3 Exprimer la quantité d'électricité Q en fonction de l'intensité I du courant et de la durée Δt de l'électrolyse.

Pour un courant d'intensité constante :

$Q = I \cdot \Delta t$, avec Q en coulombs (C), I en ampères (A) et Δt en secondes (s).

4 Exprimer Q en fonction de la quantité de matière d'électrons, montrer que $Q = 3\,n_{\mathrm{Al}} N_A e$, puis en déduire que $\Delta t = \dfrac{3\,m_{\mathrm{Al}} N_A e}{I\,M_{\mathrm{Al}}}$.

Chaque électron porte la charge e ; $n(e^-)$ moles contiennent $n(e^-) \cdot N_A$ électrons :

$$Q = n(e^-) \cdot N_A \cdot e$$

D'après $\mathrm{Al \longrightarrow Al^{3+} + 3\,e^-}$, chaque atome d'aluminium oxydé libère 3 électrons : $n(e^-) = 3\,n_{\mathrm{Al}}$, donc

$$Q = 3\,n_{\mathrm{Al}} \cdot N_A \cdot e$$

Avec $Q = I \cdot \Delta t$ (Q3) et $n_{\mathrm{Al}} = \dfrac{m_{\mathrm{Al}}}{M_{\mathrm{Al}}}$: $\quad I \cdot \Delta t = \dfrac{3\,m_{\mathrm{Al}} N_A e}{M_{\mathrm{Al}}}$

$$\Delta t = \frac{3\,m_{\mathrm{Al}} \cdot N_A \cdot e}{I \cdot M_{\mathrm{Al}}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 3 : il vient de la demi-équation de l'aluminium, pas de celle du dihydrogène.

COMPRENDRE
Le produit $N_A \cdot e$ est la charge d'une mole d'électrons, le faraday : $\mathcal{F} \approx 9{,}65 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$.

5 Calculer la masse d'alumine à déposer pour un volume $V = 0{,}17$ mL.

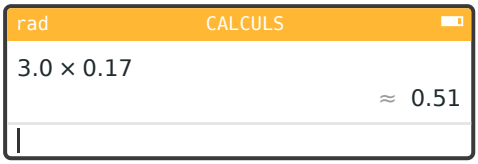
Données utiles $V = 0{,}17$ mL ; $\rho = 3{,}0$ g · mL^{-1}

$$m = \rho \cdot V = 3{,}0 \times 0{,}17$$

$m = 0{,}51$ g d'alumine

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme ρ et V. Les unités sont cohérentes : g · mL^{-1} × mL = g, aucune conversion n'est nécessaire.

À LA CALCULATRICE



6 D'après le texte introductif, quel est le facteur cinétique mis en jeu au cours de la dernière étape (le colmatage) ?

Le colmatage se fait en plongeant les pièces dans de l'eau en ébullition pour accélérer la réaction.

Le facteur cinétique est la température : plus elle est élevée, plus la réaction est rapide.

PIÈGE
Répondre « l'eau » ou « l'ébullition » : le facteur cinétique est une grandeur, la température.