Corrigé complet — Bac S 2012 Métropole (ancien programme)

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

Ex 1	**Du bang d'un avion au claquement d'un coup de fouet** Ondes mécaniques progressives · Célérité d'une onde · Analyse dimensionnelle · Chauffage à reflux · Saponification · Quantité de matière et stœchiométrie	6,5 pts	1 h 18	17 questions	p. 2
Ex 2	**Quand le jeu vidéo devient réalité** Analyse dimensionnelle · Condensateur · Circuit RC et constante de temps · Conservation de la charge · Ondes électromagnétiques · Diffraction	5,5 pts	1 h 05	14 questions	p. 8
Ex 3	**Suivi cinétique par conductimétrie** Équilibre chimique et taux d'avancement · Tableau d'avancement · Conductimétrie · Temps de demi-réaction · Vitesse volumique de réaction · Facteurs cinétiques	4 pts	52 min	10 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : C'est nickel** Électrolyse · Oxydoréduction · Quantité d'électricité · Titrage indirect · Complexation par l'EDTA · Dilution	4 pts	52 min	13 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.

Du bang d'un avion au claquement d'un coup de fouet

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

1.1.1 Pourquoi peut-on dire que les ondes sonores sont des ondes mécaniques ?

Une onde sonore est la propagation d'une perturbation (compressions et dilatations successives) dans un milieu matériel, ici l'air, sans transport de matière. Elle a besoin de ce milieu matériel pour se propager.

L'onde sonore nécessite un milieu matériel : c'est une onde mécanique.

COMPRENDRE
Une onde électromagnétique, comme la lumière, se propage aussi dans le vide : ce n'est pas une onde mécanique.

1.1.2 Choisir la ou les caractéristiques d'une onde sonore parmi : progressive, tridimensionnelle, transversale, longitudinale, en expliquant leur signification.

a) **Progressive** : la perturbation se déplace de proche en proche à partir de la source, avec une célérité donnée.

b) **Tridimensionnelle** : elle se propage dans toutes les directions de l'espace qui lui sont offertes (figures 1 à 3 : fronts d'onde sphériques).

d) **Longitudinale** : la perturbation (déplacement des tranches d'air) a la même direction que la propagation.

L'onde sonore n'est pas transversale : une onde transversale a une perturbation perpendiculaire à la direction de propagation.

Réponses a), b) et d).

PIÈGE
Oublier de justifier : la question demande la signification de chaque caractéristique retenue, une simple liste de lettres ne rapporte pas tous les points.

1.1.3 Choisir le ou les milieux dans lesquels le son ne se propage pas : acier, béton, vide, eau.

Le son, onde mécanique, se propage dans tous les milieux matériels (solides, liquides, gaz) : acier, béton et eau conviennent. Le vide ne contient pas de matière.

Le son ne se propage pas dans le vide : réponse c).

COMPRENDRE
Le son va même plus vite dans l'eau (environ 1500 m/s) et dans l'acier (environ 5000 m/s) que dans l'air.

1.2.1 Calculer la célérité des ondes sonores à 10 km d'altitude, où la température de l'air vaut -50 °C.

Données utiles $v_{\text{son}}(\theta) = v_{\text{son}}(0\ ^\circ\text{C}) \times \sqrt{1 + \dfrac{\theta}{273}}$; $v_{\text{son}}(0\ ^\circ\text{C}) = 3{,}3 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\theta = -50$ °C

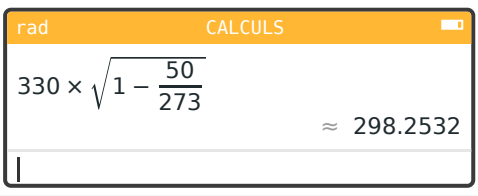
$$v_{\text{son}}(-50\ ^\circ\text{C}) = 3{,}3 \times 10^2 \times \sqrt{1 + \frac{-50}{273}} = 2{,}98 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_{\text{son}}(-50\ ^\circ\text{C}) \approx 3{,}0 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Le signe de θ : avec $+50$ on trouverait $3{,}6 \times 10^2$ m/s. Il fait plus froid, le son est plus lent.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $v_{\text{son}}(0\ ^\circ\text{C})$. On garde toutefois la valeur non arrondie 298 m/s pour la comparaison suivante.

À LA CALCULATRICE



1.2.2 Comparer cette valeur avec la vitesse de l'avion. Celui-ci a-t-il passé le mur du son ?

Données utiles $v_{avion} = 800\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $v_{son} = 3{,}0 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.2.1)

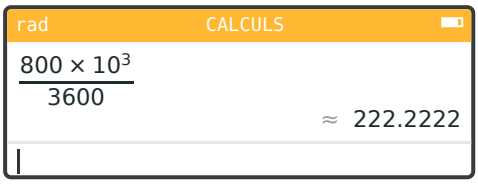
Conversion : $v_{avion} = \dfrac{800 \times 10^3\ \text{m}}{3600\ \text{s}} = 222\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$v_{avion} = 222\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} < v_{son} \approx 298\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: l'avion vole en régime subsonique (situation de la figure 1).

$v_{avion} < v_{son}$: le mur du son n'est pas franchi par l'avion.

MÉTHODE
Pour passer des km/h aux m/s, on divise par 3,6. Comparer deux vitesses exige la même unité.

À LA CALCULATRICE



2.1 Montrer, par une analyse dimensionnelle, l'homogénéité de la relation $v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$.

Force : d'après la deuxième loi de Newton, $F = m\,a$, donc $[F] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2}$.

Masse linéique : $\mu = \dfrac{m}{L}$, donc $[\mu] = \text{M} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$\left[\frac{F}{\mu}\right] = \frac{\text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2}}{\text{M} \cdot \text{L}^{-1}} = \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \qquad \text{donc} \qquad \left[\sqrt{\frac{F}{\mu}}\right] = \text{L} \cdot \text{T}^{-1}$$

$\sqrt{F/\mu}$ a la dimension $\text{L} \cdot \text{T}^{-1}$ d'une vitesse : la relation est homogène.

MÉTHODE
Exprimer chaque grandeur avec les dimensions de base M, L, T à partir d'une relation connue ($F = m\,a$, a en $\text{L} \cdot \text{T}^{-2}$), puis simplifier.

2.2.1 Calculer la durée τ mise par l'onde pour parcourir toute la lanière.

Données utiles figure 4 : l'ébranlement part de A à t_0 et atteint B à t_8 ; $\Delta t = 3{,}5 \times 10^{-2}$ s

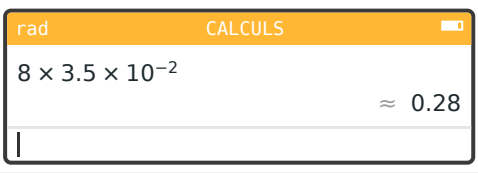
D'après la figure 4, l'ébranlement, parti de A à $t_0 = 0$, atteint l'extrémité B à $t_8 = t_0 + 8\,\Delta t$.

$$\tau = 8\,\Delta t = 8 \times 3{,}5 \times 10^{-2} = 0{,}28\ \text{s}$$

$\tau = 0{,}28$ s

PIÈGE
Compter les neuf positions dessinées au lieu des huit intervalles qui les séparent.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 En déduire la valeur de la célérité v de l'onde.

Données utiles $L = 3{,}0$ m ; $\tau = 0{,}28$ s (2.2.1)

$$v = \frac{L}{\tau} = \frac{3{,}0}{0{,}28} = 11\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 11\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Cette célérité est très inférieure à celle du son dans l'air : c'est la vitesse transversale de la mèche, étudiée en 2.3, qui dépasse le mur du son.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{3.0}{0.28} \approx 10.71429$

2.2.3 La masse linéique μ diminue de la poignée vers l'extrémité et F est constante : comment évolue la célérité de l'onde le long de la lanière ?

$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$: avec F constante, v est d'autant plus grande que μ est petite.

μ diminue de la poignée vers l'extrémité, donc la célérité de l'onde augmente le long de la lanière.

COMPRENDRE
C'est cette accélération de l'onde, jusqu'à la mèche très fine, qui permet à l'extrémité du fouet d'atteindre une vitesse supersonique.

2.3 En déduire la vitesse v' de déplacement de la mèche. Le mur du son a-t-il été passé par la mèche ?

Données utiles 4000 images par seconde ; $d = 11$ cm entre deux images successives ; $v_{son} = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 20 °C

Durée entre deux images successives : $\tau' = \frac{1}{4000} = 2{,}5 \times 10^{-4}$ s.

$$v' = \frac{d}{\tau'} = \frac{0{,}11}{2{,}5 \times 10^{-4}} = 4{,}4 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v' = 4{,}4 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} > v_{son} = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$v' = 4{,}4 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: la mèche a passé le mur du son, d'où le claquement.

PIÈGE
Convertir d en mètres (0,11 m). La fréquence de prise de vue n'est pas une durée : il faut en prendre l'inverse.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1}{4000} \approx 2.5 \times 10^{-4}$

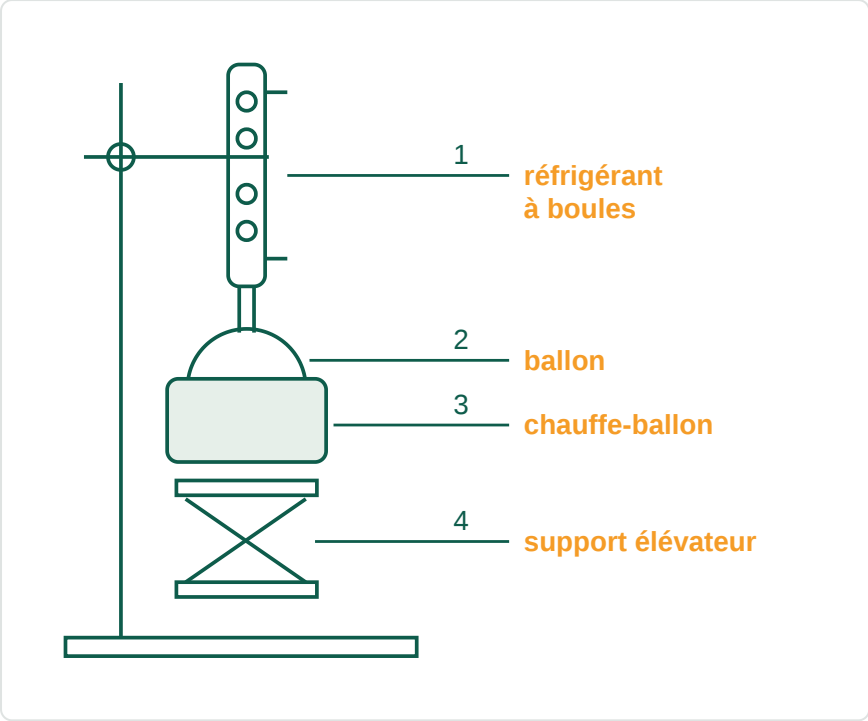
$\frac{0.11}{2.5 \times 10^{-4}} \approx 440$

3.1.1 Légender la figure A1 de l'annexe (éléments 1 à 4 du montage).

1 : réfrigérant à boules (réfrigérant à eau).
2 : ballon contenant le mélange réactionnel.
3 : chauffe-ballon.
4 : support élévateur.

1 réfrigérant à boules ; 2 ballon ; 3 chauffe-ballon ; 4 support élévateur.

COMPRENDRE
Le support élévateur permet de retirer rapidement le chauffe-ballon en cas d'emballement de l'ébullition.



3.1.1 · Annexe A1 complétée

3.1.2 Quel est le nom de ce type de montage ? Quel est le rôle de la partie désignée par la flèche 1 ?

Il s'agit d'un montage de **chauffage à reflux**.

Le réfrigérant à boules (1) condense les vapeurs qui s'échappent du mélange porté à ébullition ; le liquide retombe dans le ballon.

Chauffage à reflux ; le réfrigérant évite les pertes de réactifs et de produits par évaporation.

COMPRENDRE
Le chauffage accélère la réaction ; le reflux permet de chauffer longtemps (ici une heure) sans perte de matière.

3.1.3 a. Donner le nom de ce type de réaction. b. Donner des caractéristiques de cette réaction.

a. L'huile d'olive (un triester du glycérol) réagit avec les ions hydroxyde : c'est une **saponification**, c'est-à-dire l'hydrolyse basique d'un ester. Elle donne du glycérol et des ions carboxylate (le savon).

b. La saponification est une réaction **totale** et **lente** à température ambiante, d'où le chauffage.

a. saponification ; b. réaction totale et lente.

PIÈGE
Confondre avec l'hydrolyse d'un ester par l'eau, qui est lente et limitée. Avec les ions hydroxyde, la réaction est totale.

3.2.1 Calculer la quantité de matière n_S de savon correspondant à $m_S = 100$ g.

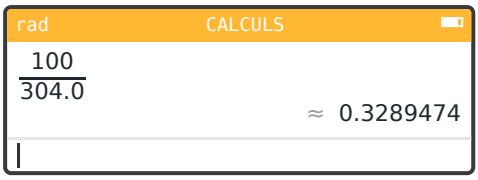
Données utiles $m_S = 100$ g ; $M_S = 304{,}0$ g · mol^{-1}

$$n_S = \frac{m_S}{M_S} = \frac{100}{304{,}0} = 0{,}329 \text{ mol}$$

$n_S = 0{,}329$ mol

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, ceux de $m_S = 100$ g.
On garde la valeur non arrondie en mémoire pour la suite.

À LA CALCULATRICE



3.2.2 Calculer la quantité de matière minimale n_h d'huile d'olive nécessaire.

Données utiles $n_S = 0{,}329$ mol (3.2.1)

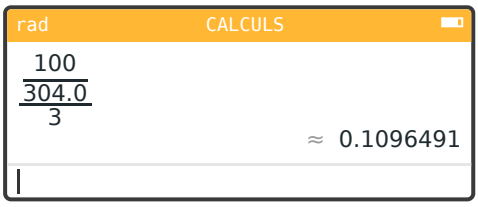
D'après l'équation, 1 mol d'huile donne 3 mol de savon. Au minimum (huile entièrement consommée, réaction totale) :

$$n_h = \frac{n_S}{3} = \frac{0{,}3289}{3} = 0{,}110 \text{ mol}$$

$n_h = 0{,}110$ mol

PIÈGE
Multiplier par 3 au lieu de diviser : le coefficient 3 est du côté du savon.

À LA CALCULATRICE



3.2.3 En déduire la masse m_h d'huile d'olive correspondante.

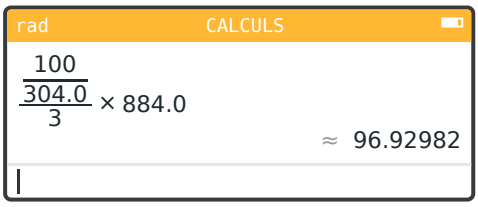
Données utiles $n_h = 0{,}110$ mol (3.2.2) ; $M_h = 884{,}0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$m_h = n_h \times M_h = \frac{0{,}3289}{3} \times 884{,}0 = 96{,}9 \text{ g}$$

$m_h = 96{,}9$ g

PIÈGE
Avec la valeur arrondie $0{,}110$ mol on trouve $97{,}2$ g : il faut calculer avec la valeur non arrondie.

À LA CALCULATRICE



3.2.4 Le Destop® doit être en excès. Quel volume minimal V_D de Destop® faut-il utiliser ?

Données utiles $c = 6{,}15\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $n_S = 0{,}329$ mol (3.2.1)

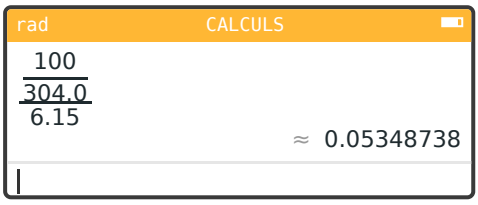
D'après l'équation, 3 mol d'ions HO^- donnent 3 mol de savon : il faut au moins autant d'ions hydroxyde que de savon formé, $n_{\text{HO}^-} \geq n_S$.

$$V_D = \frac{n_S}{c} = \frac{0{,}3289}{6{,}15} = 5{,}35 \times 10^{-2}\ \text{L}$$

$V_D = 53{,}5$ mL au minimum ; on en verse davantage pour que la soude soit en excès.

MÉTHODE
Pour l'excès d'un réactif, on calcule d'abord la quantité qui correspond aux proportions stœchiométriques ; c'est le volume minimal à dépasser.

À LA CALCULATRICE



Quand le jeu vidéo devient réalité

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

1.1 À l'aide d'une analyse dimensionnelle, montrer que l'expression de a_x tirée de $x = -\dfrac{m}{k}\,a_x$ est homogène à une accélération.

De $x = -\dfrac{m}{k}\,a_x$ on tire $a_x = -\dfrac{k\,x}{m}$, donc $[a_x] = \dfrac{[k]\,[x]}{[m]}$.

k s'exprime en $\mathrm{N\cdot m^{-1}}$ et, d'après $F = m\,a$, $[F] = \mathrm{M\cdot L\cdot T^{-2}}$, d'où $[k] = \dfrac{[F]}{\mathrm{L}} = \mathrm{M\cdot T^{-2}}$.

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

$[a_x] = \mathrm{L\cdot T^{-2}}$: a_x s'exprime en $\mathrm{m\cdot s^{-2}}$, c'est bien une accélération.

PIÈGE
Le signe « $-$ » et les constantes sans dimension n'interviennent pas : ne pas les faire apparaître dans les dimensions.

MÉTHODE
Pour une analyse dimensionnelle, ramener chaque unité dérivée aux grandeurs de base (M, L, T) grâce à une loi connue : ici $F = m\,a$ pour le newton.

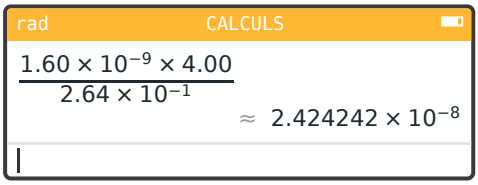
1.2.1 Calculer la valeur du déplacement x_1 de l'armature mobile par rapport au cadre.

Données utiles $m = 1{,}60\times10^{-9}$ kg ; $k = 2{,}64\times10^{-1}\ \mathrm{N\cdot m^{-1}}$; $a_{1x} = -4{,}00\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$

$$x_1 = -\frac{m}{k}\,a_{1x} = -\frac{1{,}60\times10^{-9}\times(-4{,}00)}{2{,}64\times10^{-1}} = 2{,}42\times10^{-8}\ \mathrm{m}$$

$x_1 = 2{,}42\times10^{-8}\ \mathrm{m} = 24{,}2\ \mathrm{nm}$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier le signe de a_{1x} : on trouverait $x_1 < 0$ et une conclusion fausse à la question suivante.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les données. Le déplacement est positif car l'accélération est négative : la partie mobile « retarde » sur le cadre, comme un passager plaqué vers l'arrière.

1.2.2 La capacité du condensateur augmente-t-elle, diminue-t-elle ou reste-t-elle constante sous l'accélération a_{1x} ? Justifier.

Données utiles x_1 (Q1.2.1)

D'après la figure 8, la distance entre les armatures est $d_1 = d_0 + x_1$.
Comme $x_1 > 0$, $d_1 > d_0$: les armatures s'écartent.
Or $C = \dfrac{\alpha}{d}$ avec $\alpha > 0$: C diminue quand d augmente.

La capacité **diminue** : $C_1 < C_0$.

MÉTHODE
Relier le signe du déplacement à la variation de d à l'aide du schéma, puis utiliser le sens de variation de $C = \alpha/d$.

1.2.3 Montrer que la capacité s'écrit $C_1 = C_0\,\dfrac{d_0}{d_1}$.

Au repos : $C_0 = \dfrac{\alpha}{d_0}$, donc $\alpha = C_0\,d_0$.
Sous l'accélération : $C_1 = \dfrac{\alpha}{d_1}$. La constante α étant la même :

$$C_1 = \frac{C_0\,d_0}{d_1} = C_0\,\frac{d_0}{d_1}$$

COMPRENDRE
α ne dépend que de la surface des armatures et du milieu entre elles, qui ne changent pas : seule la distance varie.

1.2.4 Calculer la valeur de la capacité C_1.

Données utiles $C_0 = 1{,}30 \times 10^{-14}$ F ; $d_0 = 1{,}50\ \mu$m ; x_1 (Q1.2.1)

$$d_1 = d_0 + x_1 = 1{,}52 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

$$C_1 = C_0 \frac{d_0}{d_0 + x_1} = 1{,}30 \times 10^{-14} \times \frac{1{,}50 \times 10^{-6}}{1{,}50 \times 10^{-6} + 2{,}42 \times 10^{-8}}$$

$$C_1 = 1{,}28 \times 10^{-14}\ \text{F}$$

$C_1 = 1{,}28 \times 10^{-14}$ F, inférieure à C_0 comme prévu.

PIÈGE
Garder d_0 en micromètres et x_1 en mètres. Les deux longueurs doivent être dans la même unité avant l'addition.

MÉTHODE
Utiliser la valeur non arrondie de x_1 gardée en mémoire : la variation de C est petite, et les arrondis intermédiaires la faussent.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.50 \times 10^{-6} + 2.424242424 \times 10^{-8} \approx 1.524242 \times 10^{-6}$

$\dfrac{1.30 \times 10^{-14} \times 1.50 \times 10^{-6}}{1.524242424 \times 10^{-6}} \approx 1.279324 \times 10^{-14}$

1.2.5 Avec $\beta = 120$, calculer $\Delta C_1^{\text{tot}} = \beta\,(C_1 - C_0)$.

Données utiles $\beta = 120$; $C_0 = 1{,}30 \times 10^{-14}$ F ; C_1 (Q1.2.4)

$$\Delta C_1^{\text{tot}} = 120 \times (1{,}2793 - 1{,}30) \times 10^{-14}$$

$$\Delta C_1^{\text{tot}} = -2{,}48 \times 10^{-14}\ \text{F}$$

$\Delta C_1^{\text{tot}} \approx -2{,}5 \times 10^{-14}$ F (négative : la capacité totale diminue)

PIÈGE
Oublier le signe « − » : il traduit la diminution de la capacité et sert ensuite au calcul de U_1.

COMPRENDRE
La différence de deux valeurs proches perd des chiffres significatifs. Avec C_1 arrondie à $1{,}28 \times 10^{-14}$ F, on obtient $-2{,}40 \times 10^{-14}$ F, valeur que le sujet reprend en 2.2.2. Les deux résultats sont acceptés.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$120 \times (1.279324056 \times 10^{-14} - 1.30 \times 10^{-14}) \approx -2.481113 \times 10^{-14}$

2.1.1 Calculer la constante de temps τ du circuit. Le régime permanent est-il atteint au bout de 0,1 s ? Justifier.

Données utiles $R = 100\ \text{k}\Omega$; $C_0^{\text{tot}} = 1{,}56 \times 10^{-12}$ F

$$\tau = R\,C_0^{\text{tot}} = 100 \times 10^3 \times 1{,}56 \times 10^{-12} = 1{,}56 \times 10^{-7}\ \text{s}$$

Le condensateur est pratiquement chargé au bout de $5\tau = 7{,}80 \times 10^{-7}$ s.

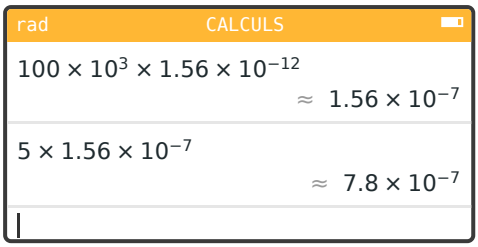
Or $7{,}80 \times 10^{-7}\ \text{s} \ll 0{,}1$ s.

$\tau = 1{,}56 \times 10^{-7}$ s ; le régime permanent est atteint bien avant 0,1 s.

PIÈGE
Oublier de convertir les kilohms : $R = 1{,}00 \times 10^5\ \Omega$.

COMPRENDRE
À $t = 5\tau$, la tension atteint 99 % de sa valeur finale : on considère la charge terminée.

À LA CALCULATRICE



2.1.2 En régime permanent, que vaut l'intensité i du courant dans le circuit ? Justifier.

$i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ avec $q = C_0^{\text{tot}}\, u_C$. En régime permanent, le condensateur est chargé : u_C et q ne varient plus, donc $\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = 0$.

$\boxed{i = 0 \text{ A}}$

COMPRENDRE
En régime permanent continu, un condensateur chargé se comporte comme un interrupteur ouvert.

2.1.3 Que vaut alors la tension u_C aux bornes du condensateur chargé ? Justifier.

Données utiles $E = 3{,}00$ V ; i (Q2.1.2)

Loi d'additivité des tensions dans le circuit fermé : $E = R\,i + u_C$.

En régime permanent $i = 0$, donc $R\,i = 0$ et $u_C = E$.

$\boxed{u_C = E = 3{,}00 \text{ V}}$

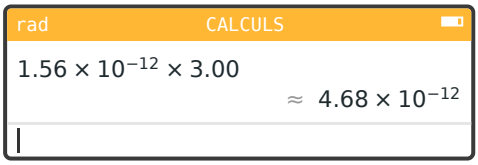
PIÈGE
Ne pas écrire $u_C = E$ sans justification : c'est la nullité de la tension aux bornes de R qui l'impose.

2.2.1 Au repos, exprimer la charge q_0 de l'armature positive en fonction de C_0^{tot} et U_0.

$\boxed{q_0 = C_0^{\text{tot}}\, U_0}$

COMPRENDRE
Ici $U_0 = E = 3{,}00$ V puisque l'interrupteur est ouvert une fois la charge terminée, d'où $q_0 = 4{,}68 \times 10^{-12}$ C.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 a. Montrer que $U_1 = \dfrac{U_0\, C_0^{\text{tot}}}{C_0^{\text{tot}} + \Delta C_1^{\text{tot}}}$. b. Calculer U_1 avec $\Delta C_1^{\text{tot}} = -2{,}40 \times 10^{-14}$ F. c. Un dispositif sensible à 1 mV peut-il détecter a_{1x} ?

Données utiles $C_0^{\text{tot}} = 1{,}56 \times 10^{-12}$ F ; $\Delta C_1^{\text{tot}} = -2{,}40 \times 10^{-14}$ F ; $U_0 = 3{,}00$ V (Q2.1.3) ; seuil : 1 mV

a. Le circuit est ouvert : la charge ne peut pas s'écouler, q_0 reste constante.

$q_0 = C_0^{\text{tot}}\, U_0 = C_1^{\text{tot}}\, U_1$, donc $U_1 = \dfrac{C_0^{\text{tot}}\, U_0}{C_1^{\text{tot}}} = \dfrac{U_0\, C_0^{\text{tot}}}{C_0^{\text{tot}} + \Delta C_1^{\text{tot}}}$.

b. Avec $U_0 = E = 3{,}00$ V :

$$U_1 = \frac{3{,}00 \times 1{,}56 \times 10^{-12}}{1{,}56 \times 10^{-12} - 2{,}40 \times 10^{-14}} = 3{,}05 \text{ V}$$

c. $\Delta U = U_1 - U_0 = 3{,}047 - 3{,}00 = 4{,}7 \times 10^{-2}$ V $= 47$ mV, soit bien plus que 1 mV.

$\boxed{U_1 = 3{,}05 \text{ V} \,;\, \Delta U \approx 47 \text{ mV} > 1 \text{ mV} : \text{l'accélération } a_{1x} \text{ est détectée.}}$

PIÈGE
Calculer ΔU avec U_1 arrondi à 3,05 V donne 50 mV : la conclusion est la même, mais garder la valeur non arrondie est plus juste.

COMPRENDRE
À charge constante, $U = q/C$: la capacité diminue, la tension augmente. C'est ainsi que l'accéléromètre traduit un déplacement en tension mesurable.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.00 \times 1.56 \times 10^{-12}}{1.56 \times 10^{-12} - 2.40 \times 10^{-14}} \approx 3.046875$$

$$3.046875 - 3.00 \approx 0.046875$$

3.1 Calculer la longueur d'onde λ dans l'air des ondes émises par la manette.

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 2\,450$ MHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{2\,450 \times 10^{6}} = 0{,}122\ \text{m}$$

$\lambda = 0{,}122\ \text{m} = 12{,}2\ \text{cm}$

PIÈGE
Convertir les mégahertz : $1\ \text{MHz} = 10^{6}$ Hz. Oublier la conversion donne une longueur d'onde d'un million de fois trop grande.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.00 \times 10^{8}}{2450 \times 10^{6}} \approx 0.122449$$

3.2 À l'aide de la figure 11, indiquer le domaine des ondes utilisées par le procédé Bluetooth.

Données utiles λ (Q3.1)

Sur la figure 11, le domaine des micro-ondes s'étend d'environ 10^{-3} m à 1 m. Or $10^{-3}\ \text{m} < 0{,}122\ \text{m} < 1\ \text{m}$.

Les ondes Bluetooth appartiennent au domaine des **micro-ondes**.

PIÈGE
L'axe de la figure est gradué en puissances de dix décroissantes de gauche à droite : bien repérer où se place 10^{-1} m.

3.3 Citer un phénomène physique expliquant que la manette communique avec la console malgré une pile de livres.

Données utiles λ (Q3.1)

La pile de livres a des dimensions de quelques dizaines de centimètres, du même ordre de grandeur que $\lambda = 12{,}2$ cm. L'onde est donc fortement diffractée et contourne l'obstacle.

Phénomène : la **diffraction** des ondes électromagnétiques.

COMPRENDRE
La diffraction est marquée quand la taille de l'obstacle ou de l'ouverture est du même ordre que la longueur d'onde, voire plus petite. La lumière visible (λ de l'ordre de 5×10^{-7} m) ne contourne pas les livres.

Suivi cinétique par conductimétrie

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

1.1 Dire si chaque affirmation du tableau A2 sur le taux d'avancement final et l'équilibre chimique est vraie ou fausse, en justifiant brièvement.

Affirmation 1 : **FAUX**. L'équilibre chimique est dynamique : au niveau microscopique, la réaction se fait dans le sens direct et dans le sens inverse à la même vitesse, si bien que les quantités de matière ne varient plus à l'échelle macroscopique.

Affirmation 2 : **VRAI**. À l'équilibre, $Q_{r,\text{éq}} = K$. Ajouter un réactif diminue Q_r : $Q_r < K$, le système évolue dans le sens direct jusqu'à un nouvel état d'équilibre, avec un taux d'avancement final différent.

Affirmation 3 : **FAUX**. Un état d'équilibre correspond à une transformation limitée : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{\max}} < 1$, le réactif limitant n'est pas totalement consommé. $\tau = 1$ caractérise une transformation totale.

Faux ; Vrai ; Faux (tableau A2 complété ci-dessous)

PIÈGE
Répondre seulement « vrai » ou « faux » : sans justification, la réponse ne rapporte pas de point.

COMPRENDRE
Le taux d'avancement final $\tau = x_f/x_{\max}$ compare l'avancement réellement atteint à celui qu'on obtiendrait si le réactif limitant disparaissait entièrement.

	Vrai ou faux	Brève justification
À l'équilibre chimique, les espèces arrêtent de réagir entre elles au niveau microscopique.	FAUX	L'équilibre est dynamique : les réactions directe et inverse continuent, à la même vitesse, donc les quantités ne varient plus.
Pour un équilibre chimique, le taux d'avancement final change si on augmente la quantité de l'un des réactifs.	VRAI	Ajouter un réactif rend Qr < K : le système évolue dans le sens direct jusqu'à un nouvel état d'équilibre, de taux d'avancement différent.
À l'équilibre chimique, le taux d'avancement final est toujours égal à 1.	FAUX	À l'équilibre, la réaction est limitée : τ < 1. Le réactif limitant n'est pas entièrement consommé ; τ = 1 correspond à une réaction totale.

1.1 · Tableau A2 complété

1.2 Compléter le tableau d'avancement A3 avec des expressions littérales, en respectant les notations de l'énoncé.

Données utiles $n_i(\text{RCl}) = 9{,}1 \times 10^{-3}$ mol ; eau en très large excès ; ions H_3O^+ initiaux négligés

Au départ, aucun produit n'est présent. Les produits ont tous un coefficient stœchiométrique égal à 1 : quand x mol de RCl disparaissent, il se forme x mol de chaque produit. L'eau, en excès, n'a pas à figurer.

- RCl : $n_i(\text{RCl})$; $n_i(\text{RCl}) - x$; $n_i(\text{RCl}) - x_f$; $n_i(\text{RCl}) - x_{\max}$
- ROH, H_3O^+ et Cl^- (chacun) : 0 ; x ; x_f ; $x_{\max}$

Tableau complet ci-dessous. L'eau étant en excès, RCl est le réactif limitant : $n_i(\text{RCl}) - x_{\max} = 0$.

$x_{\max} = n_i(\text{RCl}) = 9{,}1 \times 10^{-3}$ mol

PIÈGE
Mettre un coefficient 2 devant les produits : le 2 ne concerne que l'eau, notée « en excès ».

Équation chimique de la réaction		RCℓ(ℓ)	+ 2 H_2O(ℓ)	= ROH(aq)	+ H_3O^+	+ Cl^-(aq)
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol				
État initial	x = 0	$n_i(RCℓ)$	En excès	0	0	0
En cours	x	$n_i(RCℓ) - x$		x	x	x
État final	x_f	$n_i(RCℓ) - x_f$		x_f	x_f	x_f
État final si totale	x_{max}	$n_i(RCℓ) - x_{max} = 0$		x_{max}	x_{max}	x_{max}

1.2 · Tableau A3 complété

2.1 Pourquoi peut-on suivre cette transformation par conductimétrie ?

Les espèces présentes au départ (RCl, eau, acétone) sont moléculaires : la solution ne contient pratiquement pas d'ions (autoprotolyse de l'eau négligée).

La réaction forme des ions H_3O^+ et Cl^-, en quantité égale à x.

La conductivité σ de la solution augmente au cours de la transformation : sa mesure renseigne sur l'avancement.

MÉTHODE
Un suivi conductimétrique est possible dès que la quantité d'ions en solution varie au cours de la réaction (ions formés, consommés ou remplacés par des ions de conductivités molaires différentes).

2.2.1 Exprimer la conductivité σ de la solution en ne tenant compte que des ions oxonium et chlorure produits.

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}[Cl^-]$$

COMPRENDRE
Concentrations en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ si λ est en $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ et σ en $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$.

2.2.2 En déduire l'expression de σ à la date t en fonction de x, V, $\lambda_{H_3O^+}$ et λ_{Cl^-}.

Données utiles tableau d'avancement (Q1.2) ; expression de σ (Q2.2.1)

D'après le tableau d'avancement, à la date t : $n(H_3O^+) = n(Cl^-) = x$, d'où

$$[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{x}{V}$$

En reportant dans l'expression de la question 2.2.1 :

$$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})\frac{x}{V}$$

COMPRENDRE
σ est proportionnelle à x : on calcule l'avancement à chaque date par $x = \dfrac{\sigma V}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}}$, ce qui donne la figure A4.

2.3.1 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

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

PIÈGE
Ce n'est pas la moitié de la durée de la transformation.

2.3.2 Déterminer graphiquement $t_{1/2}$ sur la figure A4 en faisant apparaître la construction.

Données utiles figure A4 ; état final atteint à partir de $t = 60$ min

Sur le palier ($t \geq 60$ min), on lit $x_f = 9{,}1$ mmol.

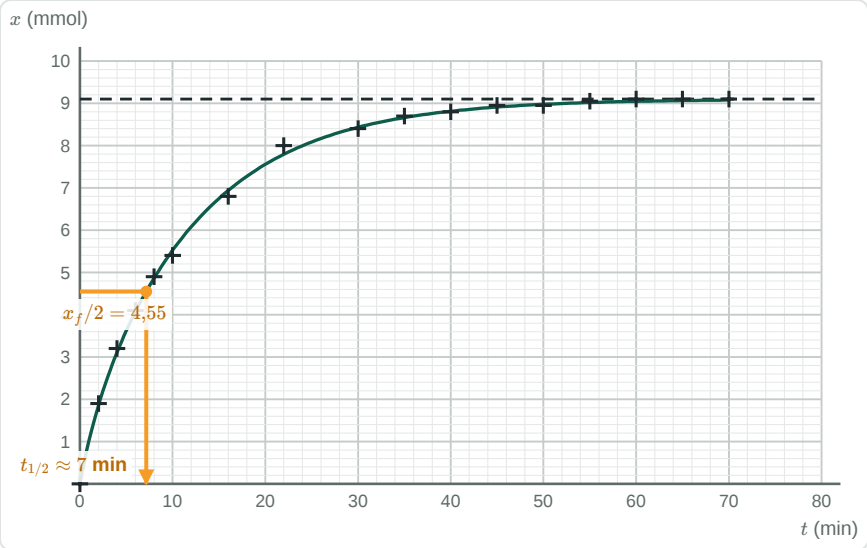
$$\frac{x_f}{2} = \frac{9{,}1}{2} = 4{,}55 \text{ mmol}$$

On trace l'horizontale d'ordonnée $4{,}55$ mmol jusqu'à la courbe, puis on lit l'abscisse du point obtenu.

$t_{1/2} \approx 7$ min

COMPRENDRE
$x_f = n_i(RCl) = x_{max}$: la transformation est totale. La précision du graphique ne permet qu'un chiffre significatif pour $t_{1/2}$.

MÉTHODE
Tracer d'abord la courbe passant au mieux par les points, puis lire x_f sur le palier avant de diviser par deux.



À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{9.1}{2} \approx 4.55$

2.3.2 · Figure A4 complétée : construction de $t_{1/2}$

2.3.3 Comparer les vitesses volumiques v_0, v_{20} et v_{65} aux dates 0, 20 min et 65 min, en justifiant par un tracé sur la figure A4.

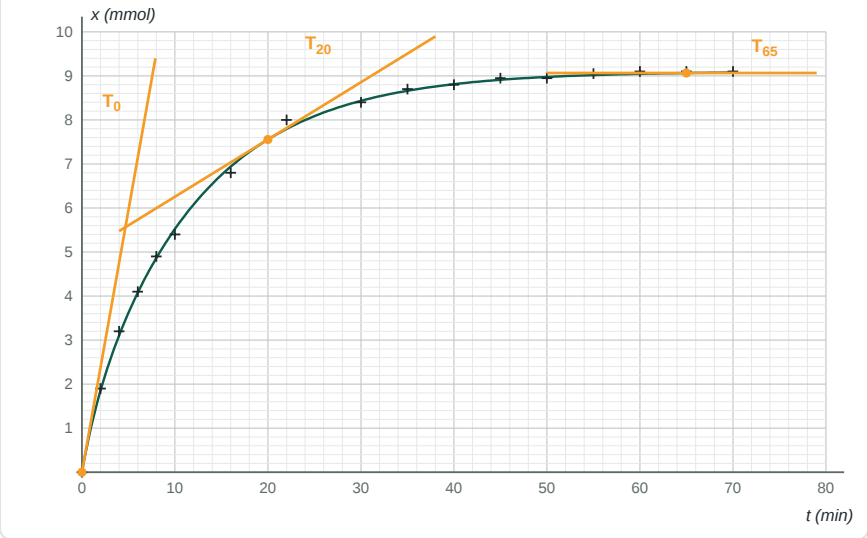
$v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ avec V constant : v est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, coefficient directeur de la tangente à la courbe $x(t)$ à la date considérée.

On trace les tangentes T_0, T_{20} et T_{65}. Leur pente diminue : T_0 est la plus raide, T_{65} est horizontale car l'état final est atteint.

$$v_0 > v_{20} > v_{65} \approx 0$$

PIÈGE

Comparer les valeurs de x aux trois dates au lieu des pentes : x augmente alors que la vitesse diminue.



2.3.3 · Figure A4 complétée : tangentes aux dates 0, 20 min et 65 min

2.3.4 Quel facteur cinétique est responsable de la variation de la vitesse volumique ? Expliquer.

La température est maintenue à 40 °C (enceinte thermostatée) : ce n'est pas elle qui varie.

Le facteur responsable est la **concentration du réactif** RCl : elle diminue au cours de la transformation, car RCl est consommé.

Les molécules de RCl étant de moins en moins nombreuses par unité de volume, les chocs efficaces entre RCl et l'eau sont de moins en moins fréquents.

La diminution de la concentration en RCl fait diminuer la vitesse volumique.

COMPRENDRE
L'eau, en très large excès, garde une concentration pratiquement constante : seule celle de RCl compte ici.

2.3.5 Tracer sur la figure A4 l'allure de la courbe pour une température supérieure à 40 °C, et justifier.

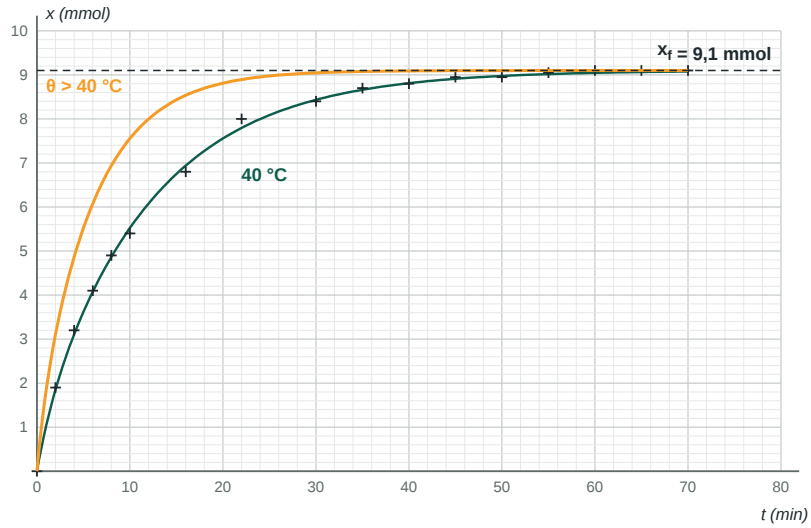
La température est un facteur cinétique : à une température plus élevée, l'agitation thermique augmente, les chocs efficaces sont plus fréquents et la réaction est plus rapide.

La courbe monte donc plus vite et atteint le palier plus tôt ; $t_{1/2}$ est plus petit.

La quantité initiale de RCl est la même et la transformation reste totale : l'avancement final ne change pas.

Courbe au-dessus de la précédente, de même palier $x_f = 9{,}1$ mmol, atteint plus tôt.

PIÈGE
Tracer un palier plus haut : la température modifie la durée de la transformation, pas l'avancement final, fixé ici par $n_i(\mathrm{RCl})$.



2.3.5 · Figure A4 complétée : allure de la courbe à une température supérieure à 40 °C

Spécialité : C'est nickel

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

1.1.1 Pourquoi la pièce à recouvrir est-elle reliée au pôle négatif du générateur ? Justifier par la réaction qui a lieu sur cette pièce.

Le pôle négatif du générateur fournit des électrons à la pièce. Les ions Ni^{2+} du bain captent ces électrons à sa surface et se réduisent en nickel métallique, qui se dépose :

$\mathrm{Ni}^{2+}(\mathrm{aq}) + 2\,\mathrm{e}^- \longrightarrow \mathrm{Ni}(\mathrm{s})$: le nickel se dépose sur la pièce reliée au pôle $-$.

COMPRENDRE
Pour déposer un métal, il faut réduire son cation, donc lui apporter des électrons : c'est le rôle de la borne négative, par où les électrons sortent du générateur.

1.1.2 La pièce constitue-t-elle l'anode ou la cathode ? Justifier.

Sur la pièce a lieu une réduction (question 1.1.1). Par définition, l'électrode où se produit une réduction est la cathode.

La pièce à nickeler est la **cathode**.

MÉTHODE
Moyen mnémotechnique : Réduction à la Cathode, Oxydation à l'Anode (deux consonnes, deux voyelles). La définition repose sur la réaction, pas sur le signe de la borne.

1.1.3 Pourquoi l'électrode reliée au pôle positif du générateur est-elle en nickel ?

À l'électrode reliée au pôle $+$ (l'anode), le générateur prélève des électrons : il s'y produit une oxydation. Avec une électrode en nickel, c'est le métal lui-même qui s'oxyde :

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

Il se forme à l'anode autant d'ions Ni^{2+} qu'il en est consommé à la cathode.

L'anode en nickel régénère les ions Ni^{2+} : leur concentration dans le bain reste constante.

COMPRENDRE
C'est une électrolyse à anode soluble : le nickel passe de l'anode à la pièce par l'intermédiaire de la solution. Le texte demandait justement une concentration à peu près constante.

1.2.1 Déterminer la quantité de matière $n(\mathrm{Ni})$ correspondant à un dépôt de masse m, puis la quantité d'électrons $n(\mathrm{e}^-)$ qui doit circuler.

Données utiles $m = 1{,}0$ g ; $M(\mathrm{Ni}) = 59$ g · mol^{-1}

$$n(\mathrm{Ni}) = \frac{m}{M(\mathrm{Ni})} = \frac{1{,}0}{59} = 1{,}7 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

D'après $\mathrm{Ni}^{2+} + 2\,\mathrm{e}^- \longrightarrow \mathrm{Ni}$, il faut deux électrons par atome de nickel déposé :

$$n(\mathrm{e}^-) = 2\,n(\mathrm{Ni}) = 2 \times \frac{1{,}0}{59}$$

$n(\mathrm{Ni}) = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol ; $n(\mathrm{e}^-) = 3{,}4 \times 10^{-2}$ mol

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 de la demi-équation donne une durée d'électrolyse deux fois trop faible.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme m et $M(\mathrm{Ni})$. Garder la valeur non arrondie en mémoire pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.0}{59} \approx 0.01694915$

$\frac{2 \times 1.0}{59} \approx 0.03389831$

1.2.2 Déterminer la quantité d'électricité Q nécessaire à cette électrolyse.

Données utiles $n(\mathrm{e}^-)$ (Q1.2.1) ; $N_A = 6{,}0 \times 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$; $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C

Chaque électron porte la charge e ; le nombre d'électrons est $n(\mathrm{e}^-) \times N_A$:

$$Q = n(\mathrm{e}^-)\, N_A\, e = 2 \times \frac{1{,}0}{59} \times 6{,}0 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19}$$

$\boxed{Q = 3{,}3 \times 10^{3}\ \mathrm{C}}$

MÉTHODE
Le produit $N_A\, e \approx 9{,}6 \times 10^{4}\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$ est la charge d'une mole d'électrons (le faraday) : $Q = n(\mathrm{e}^-) \times 9{,}6 \times 10^{4}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{2 \times 1.0}{59} \times 6.0 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} \approx 3254.237$

1.2.3 L'intensité vaut $I = 6{,}0$ A. Calculer la durée Δt de l'électrolyse (rendement de 100 %).

Données utiles Q (Q1.2.2) ; $I = 6{,}0$ A

Courant constant : $Q = I\,\Delta t$, donc $\Delta t = \dfrac{Q}{I}$

$$\Delta t = \frac{3254}{6{,}0} = 5{,}4 \times 10^{2}\ \mathrm{s}$$

$\boxed{\Delta t = 5{,}4 \times 10^{2}\ \mathrm{s}\text{, soit environ 9 min}}$

PIÈGE
Diviser la valeur arrondie $3{,}3 \times 10^{3}$ par 6,0 donne 550 s : utiliser la valeur non arrondie de Q .

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{\frac{2 \times 1.0}{59} \times 6.0 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.0} \approx 542.3729$

2.1 Le titrage est-il direct ou indirect ? Justifier.

Les ions $\mathrm{Ni^{2+}}$ ne réagissent pas avec la solution titrante : ils sont d'abord consommés par un excès connu d'EDTA (réaction 1), puis c'est l'EDTA restant qu'on titre par les ions $\mathrm{Zn^{2+}}$ (réaction 2).

Le titrage est **indirect** (titrage de l'excès d'EDTA, dit « en retour »).

COMPRENDRE
On obtient $n(\mathrm{Ni^{2+}})$ par différence : quantité d'EDTA introduite moins quantité d'EDTA restante.

2.2 Parmi Zn^{2+}, Y^{4-} et Ni^{2+}, quels ions sont présents dans l'erlenmeyer avant puis après l'équivalence ?

Réaction de titrage : $Zn^{2+} + Y^{4-} \longrightarrow ZnY^{2-}$ (réaction 2).

Avant l'équivalence : les ions Ni^{2+} ont tous réagi avec l'EDTA en excès (réaction 1 totale) ; chaque ion Zn^{2+} versé est aussitôt consommé par l'EDTA restant.

Après l'équivalence : tout l'EDTA a été consommé ; les ions Zn^{2+} ajoutés ne réagissent plus et s'accumulent.

Avant : Y^{4-} seulement ; après : Zn^{2+} seulement.

PIÈGE
Citer Ni^{2+} avant l'équivalence : ils sont sous forme complexée NiY^{2-}, donc absents à l'état libre.

2.3 En déduire la couleur de la solution avant et après l'équivalence.

Données utiles NET rose en présence d'ions Zn^{2+} ou Ni^{2+} libres, bleu en leur absence

Avant l'équivalence, aucun ion Zn^{2+} ni Ni^{2+} libre (question 2.2) : l'indicateur est bleu. Après, des ions Zn^{2+} libres apparaissent : il devient rose.

Bleu avant l'équivalence, rose après : l'équivalence est repérée par le virage du bleu au rose.

2.4 Déterminer, à l'aide de la réaction 2, la quantité $n_{rest}(Y^{4-})$ d'ions EDTA restant à l'issue de la deuxième étape.

Données utiles $[Zn^{2+}] = 6{,}45 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$; $V_E = 6{,}1$ mL

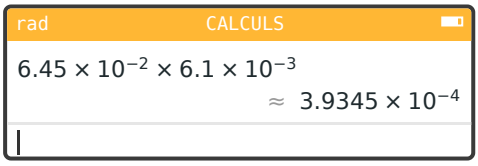
À l'équivalence, les réactifs de la réaction 2 ont été introduits dans les proportions stœchiométriques (1 pour 1) :

$$n_{rest}(Y^{4-}) = n_{versé}(Zn^{2+}) = [Zn^{2+}]\,V_E = 6{,}45 \times 10^{-2} \times 6{,}1 \times 10^{-3}$$

$$n_{rest}(Y^{4-}) = 3{,}9 \times 10^{-4}\ mol$$

PIÈGE
Laisser V_E en mL donne un résultat mille fois trop grand.

À LA CALCULATRICE



2.5 Écrire une relation entre $n_0(Y^{4-})$, $n_{rest}(Y^{4-})$ et $n_{réagi}(Y^{4-})$.

L'EDTA introduit a en partie réagi avec les ions nickel, le reste demeure en solution :

$$n_0(Y^{4-}) = n_{réagi}(Y^{4-}) + n_{rest}(Y^{4-})$$

2.6 À l'aide de la réaction 1, en déduire $n(Ni^{2+})$ ayant réagi avec Y^{4-}, puis calculer $[Ni^{2+}]_2$.

Données utiles $n_0(Y^{4-}) = 8{,}6 \times 10^{-4}$ mol ; $n_{rest}(Y^{4-})$ (Q2.4) ; $V_2 = 10{,}0$ mL

Réaction 1 : $Ni^{2+} + Y^{4-} \longrightarrow NiY^{2-}$, totale, EDTA en excès : un ion Ni^{2+} consomme un ion Y^{4-}.

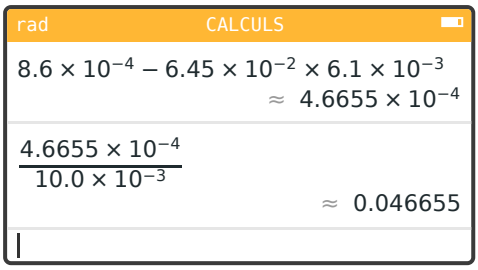
$$n(Ni^{2+}) = n_{réagi}(Y^{4-}) = n_0(Y^{4-}) - n_{rest}(Y^{4-}) = 8{,}6 \times 10^{-4} - 3{,}9 \times 10^{-4} = 4{,}7 \times 10^{-4}\ mol$$

$$[Ni^{2+}]_2 = \frac{n(Ni^{2+})}{V_2} = \frac{4{,}7 \times 10^{-4}}{10{,}0 \times 10^{-3}}$$

$$n(Ni^{2+}) = 4{,}7 \times 10^{-4}\ mol\ ;\ [Ni^{2+}]_2 = 4{,}7 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$$

COMPRENDRE
Tous les ions Ni^{2+} du prélèvement ont réagi, car l'EDTA était en excès : il en reste encore à l'issue de l'étape 2.

À LA CALCULATRICE



2.7 Vérifier que $[Ni^{2+}]_1 \approx 9{,}4 \times 10^{-1}\ mol \cdot L^{-1}$, puis montrer que la solution S1 convient pour l'électrolyse.

Données utiles $[Ni^{2+}]_2$ (Q2.6) ; S2 obtenue en diluant S1 vingt fois ; concentration habituelle du bain : de l'ordre de $1\ mol \cdot L^{-1}$ (partie 1)

Dilution d'un facteur 20 : $[Ni^{2+}]_1 = 20 \times [Ni^{2+}]_2 = 20 \times 4{,}7 \times 10^{-2} = 9{,}4 \times 10^{-1}\ mol \cdot L^{-1}$, valeur attendue.

Cette concentration est proche de $1\ mol \cdot L^{-1}$, l'ordre de grandeur indiqué dans la partie 1.

$[Ni^{2+}]_1 \approx 9{,}4 \times 10^{-1}\ mol \cdot L^{-1}$ (attendu : $9{,}4 \times 10^{-1}$) : S1 peut servir à l'électrolyse.

COMPRENDRE

Sans arrondi intermédiaire, on trouve $0{,}93\ mol \cdot L^{-1}$: l'écart avec 0,94 vient seulement de l'arrondi, d'où le « environ » de l'énoncé.

À LA CALCULATRICE

