Corrigé complet — Bac S 2010 Métropole (ancien programme)

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

Ex 1	**Des écrits d'illustres scientifiques** Estérification · Titrage acido-basique · Tableau d'avancement · Loi de gravitation universelle · Deuxième loi de Newton · Période de révolution	6,5 pts	1 h 18	21 questions	p. 2
Ex 2	**Nucléaire au service de la médecine** Diagramme (N, Z) et stabilité · Désintégration β− et lois de conservation · Activité d'un échantillon · Énergie libérée et perte de masse · Loi de décroissance radioactive · Demi-vie	5,5 pts	1 h 05	13 questions	p. 8
Ex 3	**La pile génépac (générateur électrique à pile à combustible)** Pile à combustible · Demi-équations d'oxydoréduction · Polarité et porteurs de charge · Quantité d'électricité · Loi des gaz parfaits · Durée de fonctionnement d'une pile	4 pts	52 min	12 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : De la brocante à l'orfèvrerie** Électrolyse à anode soluble · Oxydation et réduction aux électrodes · Quantité d'électricité · Quantité de matière d'électrons · Masse volumique et épaisseur d'un dépôt	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.

Des écrits d'illustres scientifiques

Bac S 2010 Métropole (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1.1 Calculer la quantité de matière n_1 d'acide éthanoïque introduite dans le flacon.

Données utiles $V_1 = 57$ mL ; $\rho_1 = 1{,}05$ g · mL^{-1} ; $M_1 = 60{,}0$ g · mol^{-1}

La masse d'acide introduite est $m_1 = \rho_1 V_1$, donc $n_1 = \dfrac{m_1}{M_1} = \dfrac{\rho_1 V_1}{M_1}$.

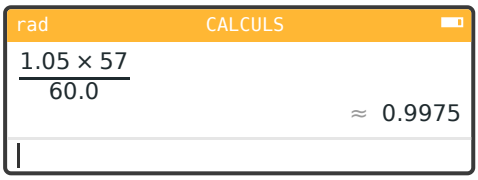
$$n_1 = \frac{1{,}05 \times 57}{60{,}0} = 0{,}9975 \text{ mol}$$

$n_1 = 1{,}0$ mol

PIÈGE
Calculer V_1/M_1 en oubliant la masse volumique : l'acide est un liquide pur, il faut passer par sa masse. Ici ρ en g · mL^{-1} et V en mL donnent directement des grammes.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($V_1 = 57$ mL). Cette règle vaut pour tous les calculs de l'exercice.

À LA CALCULATRICE



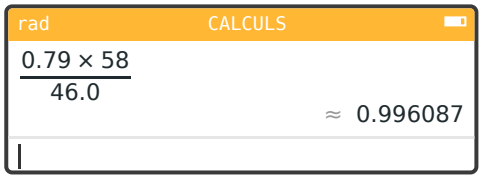
1.1.2 Montrer que le mélange réalisé est équimolaire.

Données utiles $V_2 = 58$ mL ; $\rho_2 = 0{,}79$ g · mL^{-1} ; $M_2 = 46{,}0$ g · mol^{-1} ; n_1 (1.1.1)

Pour l'éthanol, de la même façon : $n_2 = \dfrac{\rho_2 V_2}{M_2} = \dfrac{0{,}79 \times 58}{46{,}0} = 1{,}0$ mol.

$n_2 = n_1 = 1{,}0$ mol : les deux réactifs sont apportés en même quantité, le mélange est **équimolaire**.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 À l'aide des formules semi-développées, écrire l'équation de l'équilibre chimique d'estérification entre l'acide éthanoïque et l'éthanol.

$$CH_3{-}COOH + CH_3{-}CH_2{-}OH \rightleftharpoons CH_3{-}COO{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O$$

Acide éthanoïque + éthanol ⇌ éthanoate d'éthyle + eau.

COMPRENDRE
La double flèche traduit une transformation limitée : l'ester et l'eau réagissent en sens inverse (hydrolyse), comme l'écrit Berthelot : les esters « peuvent reproduire en se décomposant les acides et les alcools ».

1.2.2 Écrire l'équation de la réaction chimique support du dosage.

L'acide éthanoïque restant réagit avec les ions hydroxyde de la soude :

$$CH_3COOH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3COO^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

PIÈGE
Écrire Na^+ dans l'équation : l'ion sodium est spectateur. Ne pas non plus faire réagir HO^- avec H_3O^+ : l'acide éthanoïque est un acide faible, présent sous forme CH_3COOH.

1.2.3 Définir l'équivalence du dosage et en déduire la quantité de matière n_R d'acide éthanoïque restant au bout de six mois dans le prélèvement de 2,0 mL.

Données utiles $C_B = 1{,}00\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_E = 12{,}0$ mL

À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de la réaction de dosage : ils sont tous deux entièrement consommés.

Les nombres stœchiométriques valent 1 et 1, donc $n_R = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} = C_B\,V_E$.

$$n_R = 1{,}00 \times 12{,}0 \times 10^{-3}$$

$$\boxed{n_R = 1{,}20 \times 10^{-2}\ \text{mol}}$$

PIÈGE
Laisser V_E en millilitres : avec C_B en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, il faut $V_E = 12{,}0 \times 10^{-3}$ L.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$1.00 \times 12.0 \times 10^{-3}$
$\approx$ 0.012

1.2.4 En supposant que le volume du milieu réactionnel est resté constant, en déduire la quantité de matière n'_R d'acide éthanoïque restant au bout de six mois dans le milieu réactionnel.

Données utiles $V = 2{,}0$ mL ; $V_1 = 57$ mL ; $V_2 = 58$ mL ; n_R (1.2.3)

Volume du milieu réactionnel : $V_{\text{tot}} = V_1 + V_2 = 57 + 58 = 115$ mL.

Le prélèvement a la même composition que le mélange : la quantité d'acide est proportionnelle au volume.

$$n'_R = n_R \times \frac{V_{\text{tot}}}{V} = 1{,}20 \times 10^{-2} \times \frac{115}{2{,}0}$$

$$\boxed{n'_R = 0{,}69\ \text{mol}}$$

MÉTHODE
Passer d'un prélèvement au mélange entier : multiplier par le rapport des volumes V_{tot}/V (ici 57,5). Les deux volumes dans la même unité, sans conversion nécessaire.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\dfrac{1.20 \times 10^{-2} \times 115}{2.0}$
$\approx$ 0.69

1.2.5 Déterminer les quantités de matière de toutes les espèces chimiques présentes dans le flacon au bout de six mois.

Données utiles $n_1 = n_2 = 1{,}0$ mol (1.1.1 et 1.1.2) ; $n'_R = 0{,}69$ mol (1.2.4)

Tableau d'avancement (quantités en mol) :

État	acide	alcool	ester	eau
initial ($x = 0$)	1,0	1,0	0	0
en cours (x)	$1{,}0 - x$	$1{,}0 - x$	x	x
à six mois (x_6)	$1{,}0 - x_6$	$1{,}0 - x_6$	x_6	x_6

Acide restant : $1{,}0 - x_6 = n'_R = 0{,}69$ mol, donc $x_6 = 1{,}0 - 0{,}69 = 0{,}31$ mol.

Au bout de six mois : acide 0,69 mol ; éthanol 0,69 mol ; ester 0,31 mol ; eau 0,31 mol.

COMPRENDRE
Tous les nombres stœchiométriques valent 1 : chaque mole d'acide consommée consomme une mole d'alcool et forme une mole d'ester et une mole d'eau. L'état final n'étant pas atteint, x_6 n'est pas l'avancement final.

1.2.6 À partir des résultats de la question précédente, justifier la phrase en gras dans le texte de Berthelot et Péan de Saint Gilles.

Les quantités initiales étant connues (les « matières primitivement mélangées »), il a suffi de mesurer la quantité d'une seule espèce, l'acide, à une date donnée pour obtenir l'avancement x à cette date.

Les quantités des trois autres espèces s'expriment toutes en fonction de x : elles s'en déduisent sans autre mesure. Comme $m = n\,M$, connaître une quantité de matière revient à connaître une masse.

Une seule masse mesurée, avec les masses initiales, fixe l'avancement et donc la composition complète du système : c'est ce qu'affirme la phrase en gras.

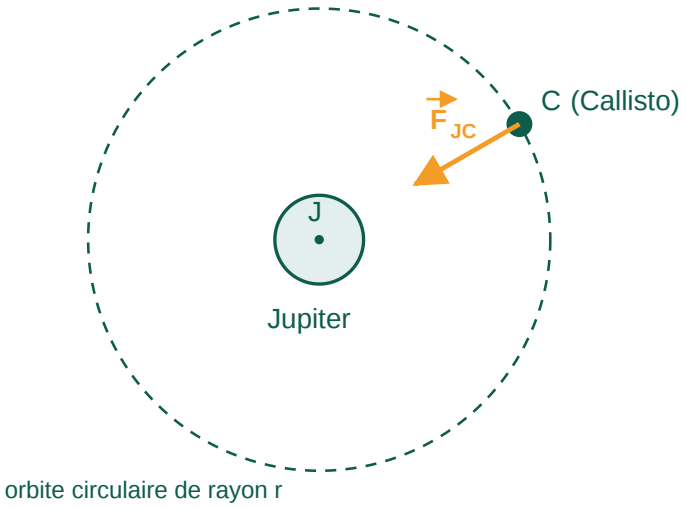
COMPRENDRE
Berthelot choisit l'acide car c'est l'espèce la plus facile à doser : un titrage acido-basique avec un indicateur coloré suffit.

2.1 Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma la force $\vec{F}_{JC}$ exercée par Jupiter sur le satellite Callisto en orbite circulaire autour de Jupiter.

Voir le schéma : la force s'applique au centre C de Callisto, elle est portée par la droite (JC) et dirigée de C vers J.

$\vec{F}_{JC}$: origine C, direction (JC), sens de C vers J.

PIÈGE
Dessiner la force à partir de J, ou tangente à l'orbite. Elle agit sur Callisto : son point d'application est C et elle pointe vers Jupiter.



2.1 · Force exercée par Jupiter sur Callisto (en orange, le vecteur à tracer)

2.2 À propos des forces, donner la signification de chacune des deux parties de phrase en gras à la fin du texte de Newton.

- « tendent au centre de Jupiter » : la force subie par chaque satellite est dirigée vers le centre J de la planète ; c'est une force attractive, portée par la droite joignant les deux centres.
- « sont en raison réciproque des carrés de leurs distances à ce centre » : la valeur de la force varie comme l'inverse du carré de la distance r séparant le satellite du centre de Jupiter.

Force centripète, dirigée vers J, de valeur proportionnelle à $\frac{1}{r^2}$.

COMPRENDRE
« Raison réciproque » signifie « proportion inverse » : si la distance double, la force est divisée par quatre.

2.3 En utilisant les notations de l'énoncé, donner l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{JC}$, avec $\vec{u}_{JC}$ vecteur unitaire de la droite (JC) dirigé de J vers C.

Loi de la gravitation universelle, les deux astres étant à répartition de masse à symétrie sphérique :

$$\vec{F}_{JC} = -G\frac{M_J\,M_C}{r^2}\,\vec{u}_{JC}$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » : $\vec{u}_{JC}$ va de J vers C, alors que la force attire Callisto vers J, en sens opposé.

2.4 En appliquant la seconde loi de Newton à Callisto, déterminer l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_C$ de son centre C.

Système {Callisto}, de masse M_C constante ; référentiel jovicentrique, galiléen ; seule force : $\vec{F}_{JC}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{JC} = M_C\,\vec{a}_C$, soit $-G\frac{M_J\,M_C}{r^2}\,\vec{u}_{JC} = M_C\,\vec{a}_C$.

$$\vec{a}_C = -G\frac{M_J}{r^2}\,\vec{u}_{JC}$$

COMPRENDRE
La masse M_C se simplifie : l'accélération, donc le mouvement, ne dépend pas de la masse du satellite. C'est pourquoi l'énoncé n'en donne pas la valeur.

MÉTHODE
Toujours annoncer le système, le référentiel galiléen et le bilan des forces avant d'écrire la deuxième loi de Newton : ces trois éléments sont notés.

2.5 Le mouvement de Callisto étant uniforme sur son orbite, donner l'expression de l'accélération a_C du centre C en fonction de v_C et r.

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon r, l'accélération est centripète et sa valeur est :

$$a_C = \frac{v_C^2}{r}$$

COMPRENDRE
La vitesse garde la même valeur mais change sans cesse de direction : l'accélération n'est donc pas nulle. Elle est entièrement normale, dirigée vers le centre de la trajectoire.

2.6 Montrer que la vitesse v_C peut s'exprimer par $v_C = \sqrt{\frac{G\,M_J}{r}}$.

D'après 2.4, la valeur de l'accélération est $a_C = \frac{G\,M_J}{r^2}$; d'après 2.5, $a_C = \frac{v_C^2}{r}$.

En égalant : $\frac{v_C^2}{r} = \frac{G\,M_J}{r^2}$, d'où $v_C^2 = \frac{G\,M_J}{r}$. Une vitesse étant positive :

$v_C = \sqrt{\frac{G\,M_J}{r}}$, expression attendue.

2.7.1 Déterminer l'expression de la période de révolution T_C du satellite Callisto autour de Jupiter en fonction de G, M_J et r.

Pendant une période T_C, Callisto parcourt à la vitesse constante v_C la circonférence $2\pi r$ de son orbite :

$$T_C = \frac{2\pi r}{v_C} = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{G\,M_J}}$$

$$T_C = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G\,M_J}}$$

COMPRENDRE
En élevant au carré, $\frac{T_C^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_J}$: c'est la troisième loi de Kepler, la constante ne dépendant que de l'astre attracteur.

2.7.2 Calculer la valeur de cette période.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_J = 1{,}90 \times 10^{27}$ kg ; $r = 1{,}88 \times 10^6$ km

Rayon en mètres : $r = 1{,}88 \times 10^6\ \text{km} = 1{,}88 \times 10^9\ \text{m}$.

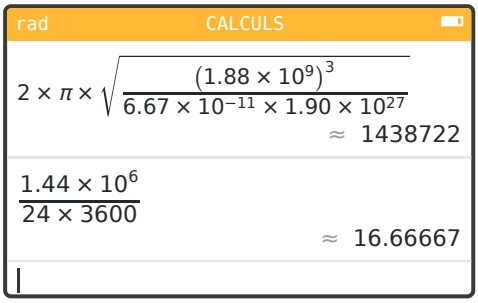
$$T_C = 2\pi\sqrt{\frac{(1{,}88 \times 10^9)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 1{,}90 \times 10^{27}}} = 1{,}44 \times 10^6\ \text{s}$$

En jours : $\dfrac{1{,}44 \times 10^6}{24 \times 3600} = 16{,}7$ j.

$T_C = 1{,}44 \times 10^6$ s, soit environ 16,7 jours.

PIÈGE
Laisser r en kilomètres : avec G en unités SI, on obtiendrait une période fausse d'un facteur $1000^{3/2} \approx 3 \times 10^4$, soit moins d'une minute.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 La figure 1 correspond-elle au croquis (a), (b) ou (c) ? Justifier.

Sur la figure 1, vue depuis la lunette : Callisto et Europe se trouvent du côté Est de Jupiter, Ganymède du côté Ouest, et Io est aligné avec Jupiter et l'observateur, donc invisible.

Galilée voit alors trois « étoiles » : deux à l'Est (Ori.) et une seule à l'Ouest (Occ.).

La figure 1 correspond au **croquis (a)**.

MÉTHODE
Projeter chaque satellite sur la droite Est-Ouest, perpendiculaire à la ligne de visée : on obtient sa position apparente dans la lunette. Le croquis (b) montre trois astres à l'Ouest, le (c) quatre astres.

3.1.2 Donner une raison possible permettant d'expliquer pourquoi les quatre satellites ne sont pas toujours vus en même temps par Galilée.

L'observateur est dans le plan des orbites : au cours de sa révolution, un satellite passe régulièrement derrière Jupiter, qui le cache, ou devant le disque brillant de la planète, où il ne se distingue plus.

Un satellite aligné avec Jupiter et la Terre (derrière ou devant la planète) n'est pas visible.

3.1.3 Quelle est la trajectoire des satellites de Jupiter vue par Galilée ?

Galilée regarde les orbites circulaires par la tranche, puisqu'il se trouve dans leur plan (P) : chaque cercle lui apparaît comme un trait.

Vue par Galilée, la trajectoire de chaque satellite est un **segment de droite** centré sur Jupiter, parcouru dans un sens puis dans l'autre.

COMPRENDRE
C'est ce qui a intrigué Galilée : les « étoiles » restent alignées et passent d'un côté à l'autre de Jupiter, ce que des étoiles fixes ne feraient pas.

3.2.1 À certaines dates, le satellite Callisto apparaît le plus éloigné de Jupiter pour Galilée. À l'aide de la figure 1, justifier cette observation.

Sur la figure 1, l'orbite de Callisto est celle de plus grand rayon. Quand Callisto se trouve sur la droite Est-Ouest, comme sur la figure, son écart apparent à Jupiter est égal au rayon de son orbite, qu'aucun autre satellite ne peut atteindre.

Callisto a l'orbite la plus grande : à ses positions extrêmes, c'est le satellite vu le plus loin de Jupiter.

3.2.2 Le 11 février, Callisto apparaît le plus éloigné à l'Est de Jupiter. a. À quelle date Galilée voit-il Callisto à nouveau le plus éloigné à l'Est ? b. En déduire la valeur approchée de T_C en jours entiers. Est-ce compatible avec le résultat du 2.7.2 ?

Données utiles figure 2 (croquis du 8 février au 2 mars 1610) ; $T_C \approx 16{,}7$ j (2.7.2)

a. Sur la figure 2, après le 11 février, l'astre le plus à l'Est (côté « Ori. ») se rapproche de Jupiter, passe à l'Ouest (19 et 21 février), puis revient à l'Est. Il retrouve le même écart maximal qu'au 11 février sur le croquis du **27 février 1610**.

b. Entre ces deux dates, Callisto a effectué un tour complet : $T_C \approx 27 - 11 = 16$ jours.

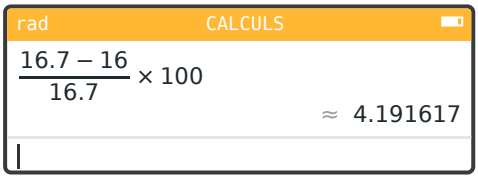
Le calcul du 2.7.2 donne 16,7 jours, soit un écart d'environ 4 %. Avec un seul croquis par nuit et des nuits de ciel couvert, la mesure ne peut pas être plus fine que le jour.

a. Le 27 février 1610. b. $T_C \approx 16$ jours, valeur compatible avec les 16,7 jours calculés.

PIÈGE

Compter une demi-période : entre l'écart maximal à l'Est et l'écart maximal à l'Ouest, Callisto ne fait qu'un demi-tour. Il faut deux passages du même côté.

À LA CALCULATRICE



Nucléaire au service de la médecine

Bac S 2010 Métropole (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

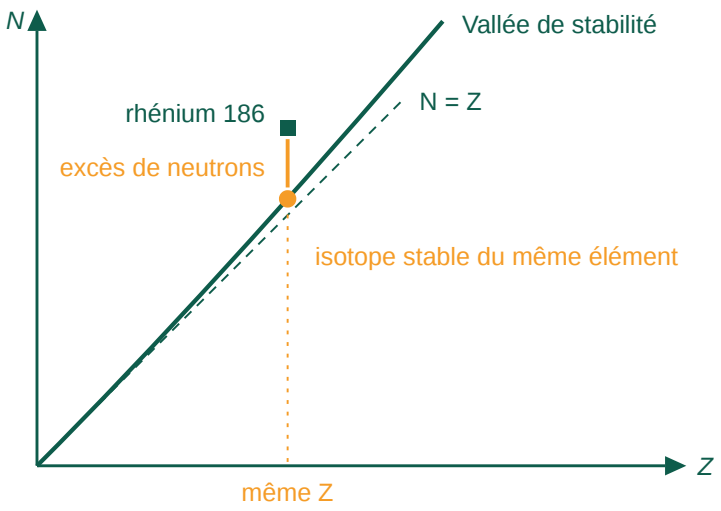
1.1.1 Déduire du diagramme (N, Z) si le rhénium 186 possède un excès de neutrons ou un excès de protons par rapport à un isotope stable du même élément.

Deux isotopes d'un même élément ont le même nombre de protons Z : l'isotope stable du rhénium se trouve sur la courbe de stabilité, à la verticale du point représentatif du rhénium 186.

Ce point est placé au-dessus de la courbe : pour le même Z, son nombre de neutrons N est plus grand.

Le rhénium 186 possède un **excès de neutrons**.

MÉTHODE
Sur un diagramme (N, Z), comparer deux isotopes revient à se déplacer verticalement, à Z constant. Au-dessus de la vallée de stabilité : trop de neutrons, radioactivité β−.



1.1.1 · Figure 3 du sujet : le rhénium 186 et l'isotope stable de même Z

1.1.2 Quel nom porte la particule émise au cours d'une désintégration β− ?

La particule émise est un **électron**, noté ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

PIÈGE
Ne pas confondre avec le positon ${}^{0}_{+1}\mathrm{e}$, émis lors d'une désintégration β+.

1.1.3 Écrire l'équation de la désintégration du rhénium 186, le noyau fils étant un isotope de l'osmium ${}^{\mathrm{A}}_{76}\mathrm{Os}$. En énonçant les lois utilisées, déterminer A et Z.

Équation : ${}^{186}_{\mathrm{Z}}\mathrm{Re} \longrightarrow {}^{\mathrm{A}}_{76}\mathrm{Os} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

Lois de Soddy :

- conservation du nombre de nucléons : $186 = A + 0$, donc $A = 186$;
- conservation du nombre de charge : $Z = 76 + (-1)$, donc $Z = 75$.

${}^{186}_{75}\mathrm{Re} \longrightarrow {}^{186}_{76}\mathrm{Os} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ avec $A = 186$ et $Z = 75$

PIÈGE
La charge de l'électron compte pour -1 : le noyau fils a un proton de plus que le noyau père, pas un de moins. Les deux lois doivent être nommées, pas seulement appliquées.

1.2 Le flacon a une activité $A_0 = 3700$ MBq « à la date de calibration ». Pourquoi cette date est-elle précisée en plus de l'activité ?

Les noyaux de rhénium 186 se désintègrent au fil du temps : leur nombre $N(t)$ diminue. Comme $A(t) = \lambda N(t)$, l'activité du flacon diminue elle aussi.

Une valeur d'activité n'a de sens qu'associée à une date : A_0 n'est valable qu'à la date de calibration, l'activité est plus faible ensuite.

COMPRENDRE
Avec une demi-vie de 3,7 jours seulement, l'activité baisse nettement en quelques jours : le médecin doit recalculer la dose à la date de l'injection (questions 1.3.2 et 1.3.3).

1.3.1 Calculer la masse m de rhénium 186 contenu dans le flacon à la date de calibration.

Données utiles $A_0 = 3700\ \text{MBq}$; $\lambda = 2{,}2 \times 10^{-6}\ \text{s}^{-1}$; $M = 186\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6{,}0 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

Nombre de noyaux à la date de calibration : $A_0 = \lambda N_0$, donc $N_0 = \dfrac{A_0}{\lambda}$.

Quantité de matière : $n = \dfrac{N_0}{N_A}$, et masse : $m = n\,M$. D'où :

$$m = \frac{A_0\,M}{\lambda\,N_A}$$

Avec $A_0 = 3700\ \text{MBq} = 3700 \times 10^6\ \text{Bq}$:

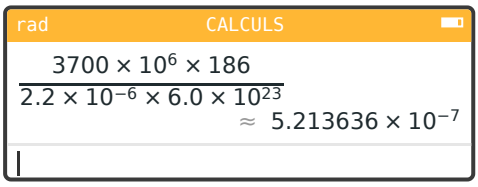
$$m = \frac{3700 \times 10^6 \times 186}{2{,}2 \times 10^{-6} \times 6{,}0 \times 10^{23}}$$

$m = 5{,}2 \times 10^{-7}$ g, soit environ $0{,}52$ µg

PIÈGE
Laisser l'activité en MBq. Le becquerel est une désintégration par seconde, cohérent avec λ en s^{-1} : il faut $3{,}7 \times 10^9$ Bq.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme λ et N_A, données les moins précises. Une masse infime suffit : elle contient tout de même $N_0 = 1{,}7 \times 10^{15}$ noyaux.

À LA CALCULATRICE



1.3.2 Quelle est la valeur de l'activité A_1 du flacon 3,7 jours après la date de calibration ?

Données utiles $t_{1/2} = 3{,}7\ \text{j}$; $A_0 = 3700\ \text{MBq}$

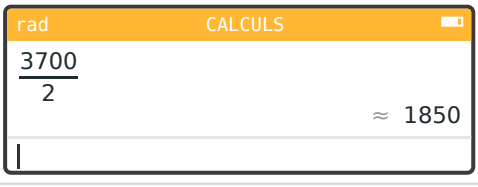
La durée écoulée, 3,7 jours, est égale à la demi-vie du rhénium 186. Au bout d'une demi-vie, le nombre de noyaux radioactifs est divisé par deux ; l'activité, qui lui est proportionnelle, l'est aussi :

$$A_1 = \frac{A_0}{2} = \frac{3700}{2}$$

$A_1 = 1850$ MBq

MÉTHODE
Avant de poser $A_0\,e^{-\lambda t}$, comparer la durée à la demi-vie : pour une durée égale à k demi-vies, l'activité est simplement divisée par 2^k.

À LA CALCULATRICE



1.3.3 L'activité à injecter dans l'épaule est $A_{\text{thérapie}} = 70$ MBq, 3,7 jours après la date de calibration. Calculer le volume V de solution à injecter.

Données utiles $V_{\text{flacon}} = 10$ mL ; $A_1 = 1850$ MBq (1.3.2) ; $A_{\text{thérapie}} = 70$ MBq

La solution est homogène : l'activité d'un prélèvement est proportionnelle à son volume. À la date de l'injection, V_{flacon} correspond à A_1 et V correspond à $A_{\text{thérapie}}$:

$$\frac{V}{V_{\text{flacon}}} = \frac{A_{\text{thérapie}}}{A_1} \quad \text{donc} \quad V = V_{\text{flacon}} \times \frac{A_{\text{thérapie}}}{A_1} = 10 \times \frac{70}{1850}$$

$$\boxed{V = 0{,}38 \text{ mL}}$$

PIÈGE
Utiliser $A_0 = 3700$ MBq au lieu de A_1 : on trouverait 0,19 mL, soit une dose deux fois trop faible le jour de l'injection.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{10 \times 70}{1850}$ ≈ 0.3783784

2.1 Donner la composition du noyau de phosphore 32.

Pour $^{32}_{15}\text{P}$: $Z = 15$ et $A = 32$, donc $N = A - Z = 32 - 15 = 17$.

Le noyau de phosphore 32 contient **15 protons et 17 neutrons**.

PIÈGE
Citer des électrons : le noyau n'en contient pas. Et 32 est le nombre de nucléons, pas le nombre de neutrons.

2.2 À l'aide des masses données et de la carte d'identité, vérifier par un calcul la valeur E de l'énergie du rayonnement émis par la désintégration du phosphore 32.

Données utiles $m(^{32}_{15}\text{P}) = 5{,}30803 \times 10^{-26}$ kg ; $m(^{32}_{16}\text{S}) = 5{,}30763 \times 10^{-26}$ kg ; $m(\text{e}) = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg ; $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}6 \times 10^{-19}$ J

Pour $^{32}_{15}\text{P} \longrightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^{0}_{-1}\text{e}$, la variation de masse est :

$$\Delta m = m(^{32}_{16}\text{S}) + m(\text{e}) - m(^{32}_{15}\text{P})$$

$$\Delta m = (5{,}30763 - 5{,}30803) \times 10^{-26} + 9{,}1 \times 10^{-31}$$

$$\Delta m = -4{,}0 \times 10^{-30} + 0{,}91 \times 10^{-30} = -3{,}09 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

$\Delta m < 0$: la masse diminue, de l'énergie est libérée.

$$E = |\Delta m|\, c^2 = 3{,}09 \times 10^{-30} \times (3{,}0 \times 10^{8})^2 = 2{,}8 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$E = \frac{2{,}78 \times 10^{-13}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 1{,}7 \times 10^{6} \text{ eV}$$

$$\boxed{E = 1{,}7 \text{ MeV} \text{ : on retrouve la valeur de la carte d'identité.}}$$

PIÈGE
Oublier la masse de l'électron (E vaudrait 2,3 MeV) ou arrondir les masses des noyaux : elles ne diffèrent qu'au cinquième chiffre, tous les chiffres donnés sont nécessaires.

COMPRENDRE
Le calcul $\Delta m\, c^2$ donne $-2{,}8 \times 10^{-13}$ J : le signe négatif indique une énergie cédée par le système au milieu extérieur. L'énergie du rayonnement émis en est la valeur absolue.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$(5.30803 \times 10^{-26} - 5.30763 \times 10^{-26} - 9.1 \times 10^{-31}) \times (3.0 \times 10^{8})^2$ ≈ 2.781×10^{-13}

$\frac{2.781 \times 10^{-13}}{1.6 \times 10^{-19}}$ ≈ 1738125

2.3 Les noyaux fils ne sont en général pas dans un état excité. À quel type de rayonnement particulièrement pénétrant le patient n'est-il pas exposé ?

Un noyau fils produit dans un état excité se désexcite en émettant un rayonnement électromagnétique de très grande énergie. Ici, le noyau de soufre 32 est obtenu directement dans son état fondamental : cette émission n'a pas lieu.

Le patient n'est pas exposé au **rayonnement gamma (γ)**.

COMPRENDRE
Les électrons β− sont arrêtés par quelques millimètres de tissu : l'irradiation reste localisée près de la zone à traiter. Un rayonnement γ traverserait tout le corps.

2.4 Rappeler la loi de décroissance du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un échantillon en fonction de λ et N_0.

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

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » dans l'exponentielle : $N(t)$ doit décroître. Avec λ en s^{-1}, t s'exprime en secondes.

2.5 Définir le temps de demi-vie radioactive $t_{1/2}$ et établir la relation entre la demi-vie et la constante radioactive λ.

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

Avec la loi de décroissance : $N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{N_0}{2}$, soit $e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$.

En prenant le logarithme : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$.

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

MÉTHODE
« Établir » demande la démonstration : définition traduite en égalité, loi de décroissance, simplification par N_0, puis logarithme. Donner seulement la formule finale ne rapporte pas tous les points.

2.6 Vérifier, par un calcul, la valeur approchée du temps de demi-vie proposée dans la carte d'identité.

Données utiles $\lambda(^{32}_{15}\text{P}) = 5{,}6 \times 10^{-7}\ \text{s}^{-1}$; carte d'identité : demi-vie de 14 jours

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{5{,}6 \times 10^{-7}} = 1{,}2 \times 10^{6}\ \text{s}$$

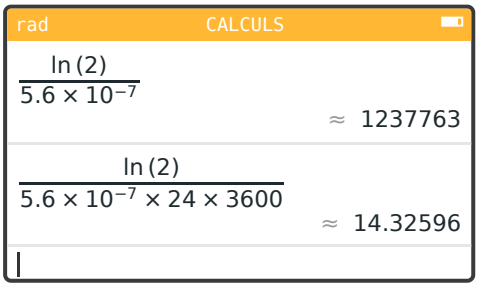
Un jour dure $24 \times 3600 = 86\,400$ s :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{5{,}6 \times 10^{-7} \times 24 \times 3600} = 14{,}3\ \text{j}$$

$t_{1/2} \approx 14$ j : valeur en accord avec la carte d'identité.

PIÈGE
Convertir à partir de la valeur arrondie $1{,}2 \times 10^6$ s donne 13,9 j : garder le résultat complet de la calculatrice pour la conversion en jours.

À LA CALCULATRICE



La pile génépac (générateur électrique à pile à combustible)

Bac S 2010 Métropole (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1.1 Écrire les équations des réactions à chaque électrode quand la pile débite.

Données utiles couples $H^+(aq)/H_2(g)$ et $O_2(g)/H_2O(l)$

Les réactifs sont le dihydrogène et le dioxygène.

Électrode alimentée en dihydrogène : $H_2(g) = 2\,H^+(aq) + 2\,e^-$ (1)

Électrode alimentée en dioxygène :

$O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- = 2\,H_2O(l)$ (2)

(1) $H_2 = 2\,H^+ + 2\,e^-$; (2) $O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- = 2\,H_2O$

PIÈGE
Chaque demi-équation s'écrit dans le sens où elle se produit : H_2 et O_2, les réactifs injectés, sont à gauche.

MÉTHODE
Pour équilibrer une demi-équation : l'élément principal, puis l'oxygène avec H_2O, l'hydrogène avec H^+, enfin les charges avec des électrons.

1.1.2 Préciser pour chaque réaction s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

Réaction (1) : H_2 cède des électrons, c'est une **oxydation**.

Réaction (2) : O_2 capte des électrons, c'est une **réduction**.

(1) : oxydation du dihydrogène ; (2) : réduction du dioxygène.

COMPRENDRE
L'électrode où a lieu l'oxydation est l'anode, celle où a lieu la réduction est la cathode. Dans une pile, l'anode est la borne négative.

1.1.3 Montrer que l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile est $2\,H_2(g) + O_2(g) = 2\,H_2O(l)$.

Il faut autant d'électrons cédés que d'électrons captés : on additionne $2 \times (1)$ et (2).

$$2\,H_2(g) + O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- = 4\,H^+(aq) + 4\,e^- + 2\,H_2O(l)$$

Les $4\,H^+$ et les 4 électrons se simplifient :

$2\,H_2(g) + O_2(g) = 2\,H_2O(l)$

PIÈGE
Aucun électron ne doit rester dans l'équation finale. Additionner (1) et (2) sans multiplier (1) par 2 laisse deux électrons à gauche.

1.2 Sur la figure 5 de l'annexe, indiquer le sens et la nature des porteurs de charge à l'extérieur de la pile, le sens conventionnel du courant, la polarité des électrodes et le sens de circulation des protons dans la membrane.

À l'électrode alimentée en H_2, l'oxydation libère des électrons : c'est la borne **négative**. À l'électrode alimentée en O_2, la réduction consomme des électrons : c'est la borne **positive**.

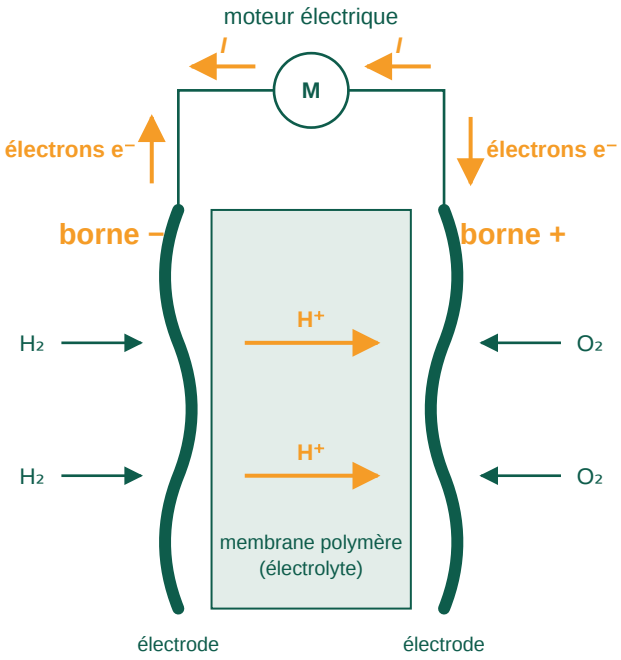
À l'extérieur de la pile, les porteurs de charge sont les **électrons** : ils vont de la borne $-$ vers la borne $+$ en traversant le moteur. Le courant I circule en sens inverse, de la borne $+$ vers la borne $-$.

Dans la membrane, les protons H^+ sont produits du côté H_2 et consommés du côté O_2.

Électrons : de l'électrode H_2 ($-$) vers l'électrode O_2 ($+$) par le circuit ; I en sens inverse ; H^+ : du côté H_2 vers le côté O_2 dans la membrane.

PIÈGE
Aucun électron ne traverse la membrane. Dans l'électrolyte, le courant est porté par les ions H^+, qui se déplacent dans le sens du courant à l'intérieur de la pile.

MÉTHODE
Partir des demi-équations : l'électrode qui libère des électrons est la borne $-$. Les électrons en partent, le courant y arrive, et les cations de l'électrolyte vont vers l'autre électrode.



1.2 · Figure 5 de l'annexe complétée (ajouts en orange)

1.3 Quel peut être l'intérêt d'utiliser des électrodes ondulées plutôt que des électrodes planes ?

Les réactions ont lieu à la surface des électrodes. Pour un même encombrement, une électrode ondulée offre une surface plus grande qu'une électrode plane.

La surface de contact entre les gaz et les électrodes est plus grande : davantage de réactifs réagissent à chaque instant, ce qui permet un courant plus intense.

COMPRENDRE
La surface de contact est un facteur cinétique des réactions qui se produisent à une interface : plus elle est grande, plus la transformation est rapide.

2.1.1 Calculer la quantité de matière $n_R(\mathrm{H_2})$ de dihydrogène contenue dans le réservoir plein, puis le volume V_0 de dihydrogène, pris dans les conditions normales de pression et de température, qu'il a fallu comprimer.

Données utiles $m(\mathrm{H_2}) = 3{,}0$ kg ; $M(\mathrm{H}) = 1{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $R = 8{,}314\ \mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}}$; $P_0 = 1{,}01 \times 10^5$ Pa ; $T_0 = 273$ K

$$M(\mathrm{H_2}) = 2 \times 1{,}0 = 2{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$$

$$n_R(\mathrm{H_2}) = \frac{m(\mathrm{H_2})}{M(\mathrm{H_2})} = \frac{3{,}0 \times 10^3}{2{,}0} = 1{,}5 \times 10^3\ \mathrm{mol}$$

Loi des gaz parfaits dans les conditions normales : $P_0\,V_0 = n_R(\mathrm{H_2})\,R\,T_0$, donc

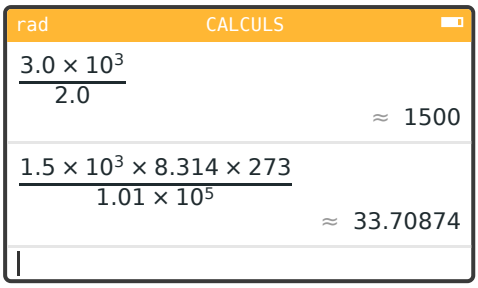
$$V_0 = \frac{n_R(\mathrm{H_2})\,R\,T_0}{P_0} = \frac{1{,}5 \times 10^3 \times 8{,}314 \times 273}{1{,}01 \times 10^5} = 34\ \mathrm{m^3}$$

$n_R(\mathrm{H_2}) = 1{,}5 \times 10^3$ mol ; $V_0 = 34\ \mathrm{m^3}$ (soit $3{,}4 \times 10^4$ L)

PIÈGE
La masse se convertit en grammes ($3{,}0 \times 10^3$ g) et la masse molaire est celle de la molécule $\mathrm{H_2}$. Avec P_0 en pascals, la loi des gaz parfaits donne V_0 en $\mathrm{m^3}$, pas en litres.

COMPRENDRE
La masse 3,0 kg n'a que deux chiffres significatifs : les résultats en ont deux. Ces $34\ \mathrm{m^3}$ tiennent dans un réservoir de 15,0 L, d'où la très forte pression de stockage.

À LA CALCULATRICE



2.1.2 Quelle est la relation entre la quantité de matière $n_C(\mathrm{H_2})$ disponible pour chaque cellule élémentaire et $n_R(\mathrm{H_2})$?

Le dihydrogène du réservoir se répartit également entre les 170 cellules identiques.

$$n_C(\mathrm{H_2}) = \frac{n_R(\mathrm{H_2})}{170}$$

COMPRENDRE
Les cellules sont en série : le même courant les traverse toutes, donc chacune consomme la même quantité de dihydrogène pendant la même durée.

2.2.1 Donner l'expression de la quantité d'électricité Q échangée par une cellule élémentaire pendant une durée Δt.

Le courant a une intensité I constante :

$$Q = I\,\Delta t$$

COMPRENDRE
Q s'exprime en coulombs, avec I en ampères et Δt en secondes : $1\ \mathrm{C} = 1\ \mathrm{A}\cdot\mathrm{s}$.

2.2.2 Donner l'expression de Q en fonction de la quantité de matière d'électrons échangés $n(\mathrm{e^-})$, de N_A et de e.

Le nombre d'électrons échangés est $N = n(\mathrm{e^-})\,N_A$ et chacun porte, en valeur absolue, la charge e.

$$Q = n(\mathrm{e^-})\,N_A\,e$$

COMPRENDRE
Le produit $N_A\,e$ est la charge d'une mole d'électrons, soit $9{,}6\times10^4\ \mathrm{C\cdot mol^{-1}}$ avec les données : c'est la constante de Faraday.

2.2.3 Donner, en la justifiant, la relation entre la quantité de matière d'électrons échangés $n(\mathrm{e^-})$ et la quantité de matière $n_C(\mathrm{H_2})$.

D'après la demi-équation (1), $\mathrm{H_2} = 2\,\mathrm{H^+} + 2\,\mathrm{e^-}$: une mole de dihydrogène consommée libère deux moles d'électrons.

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

PIÈGE
Le coefficient 2 vient de la demi-équation de l'électrode à dihydrogène, pas du « $2\,\mathrm{H_2}$ » de l'équation de fonctionnement, qui met en jeu 4 électrons pour 2 molécules.

2.3.1 Montrer que $\Delta t = \dfrac{2\,n_C(\mathrm{H_2})\,N_A\,e}{I}$.

On égale les deux expressions de Q (2.2.1 et 2.2.2) : $I\,\Delta t = n(\mathrm{e^-})\,N_A\,e$.

Avec $n(\mathrm{e^-}) = 2\,n_C(\mathrm{H_2})$ (2.2.3) : $I\,\Delta t = 2\,n_C(\mathrm{H_2})\,N_A\,e$.

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

MÉTHODE
Pour toute pile : écrire Q de deux façons ($I\,\Delta t$ et $n(\mathrm{e^-})\,N_A\,e$), puis relier $n(\mathrm{e^-})$ au réactif grâce à la demi-équation.

2.3.2 Calculer la durée théorique Δt de fonctionnement de la pile.

Données utiles $n_R(\mathrm{H_2}) = 1{,}5 \times 10^3$ mol (2.1.1) ; $n_C(\mathrm{H_2}) = \dfrac{n_R(\mathrm{H_2})}{170}$ (2.1.2) ; $N_A = 6{,}0 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$; $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C ; $I = 120$ A

Avec $n_C(\mathrm{H_2}) = \dfrac{n_R(\mathrm{H_2})}{170}$: $\Delta t = \dfrac{2\, n_R(\mathrm{H_2})\, N_A\, e}{170\, I}$

$$\Delta t = \frac{2 \times 1{,}5 \times 10^3 \times 6{,}0 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19}}{170 \times 120} = 1{,}4 \times 10^4 \text{ s}$$

En heures : $\Delta t = \dfrac{1{,}4 \times 10^4}{3600} = 3{,}9$ h.

$\boxed{\Delta t = 1{,}4 \times 10^4 \text{ s} \approx 3{,}9 \text{ h}}$

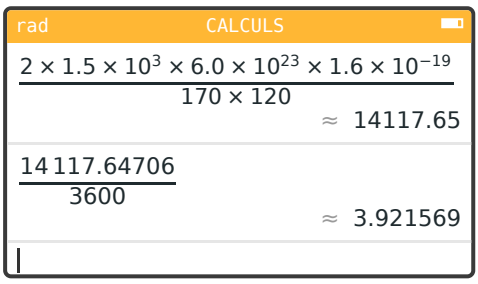
PIÈGE

Utiliser $n_R(\mathrm{H_2})$ à la place de $n_C(\mathrm{H_2})$, donc oublier la division par 170, donne une durée 170 fois trop grande (près de 28 jours).

COMPRENDRE

Durée théorique : elle suppose que tout le dihydrogène du réservoir est consommé, sans aucune perte, avec un courant constant de 120 A.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : De la brocante à l'orfèvrerie

Bac S 2010 Métropole (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

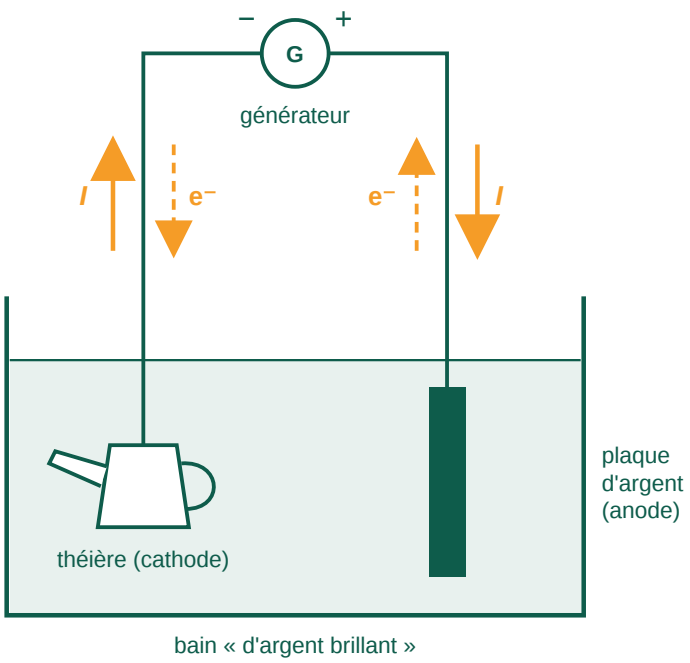
1.1 Indiquer sur la figure 5 de l'annexe le sens conventionnel du courant électrique et le sens de déplacement des électrons.

Dans le circuit extérieur, le courant sort de la borne $+$ du générateur et y revient par la borne $-$: il va de la borne $+$ vers la plaque d'argent, puis de la théière vers la borne $-$.

Les électrons circulent dans les fils en sens inverse du courant.

Courant : borne $+$ → plaque d'argent, puis théière → borne $-$.
Électrons : plaque d'argent → borne $+$, puis borne $-$ → théière.

PIÈGE
Dessiner des électrons dans le bain. Ils ne circulent que dans les fils et les électrodes ; dans la solution, ce sont les ions qui transportent la charge.



1.1 · Figure 5 de l'annexe complétée : courant (trait plein) et électrons (tirets)

1.2 Les ions argent réagissent à la cathode selon $\mathrm{Ag^+(aq) + e^- = Ag(s)}$. Quel est l'intérêt d'avoir utilisé la théière comme cathode ?

La théière est reliée à la borne $-$ du générateur : elle reçoit des électrons. Les ions $\mathrm{Ag^+}$ du bain y sont réduits en argent métallique $\mathrm{Ag(s)}$.

L'argent solide se forme à la surface de la cathode : en prenant la théière comme cathode, le dépôt d'argent se fait directement sur elle.

MÉTHODE
À la cathode a toujours lieu une réduction, à l'anode une oxydation. Dans une électrolyse, la cathode est l'électrode reliée à la borne $-$ du générateur.

1.3 Écrire l'équation de la réaction qui a lieu à l'anode, où l'argent métallique des plaques réagit. De quel type de réaction s'agit-il ?

À l'anode, l'argent des plaques cède des électrons, qui repartent vers la borne $+$ du générateur :

$\mathrm{Ag\,(s) = Ag^+\,(aq) + e^-}$: c'est une **oxydation**.

COMPRENDRE
L'argent métallique perd un électron : il est le réducteur du couple $\mathrm{Ag^+/Ag}$ et il est oxydé. C'est l'inverse de la réaction de la cathode.

1.4 Écrire l'équation de la réaction ayant lieu lors de l'électrolyse. Pourquoi parle-t-on d'« électrolyse à anode soluble » ?

On ajoute les deux demi-équations, qui échangent chacune un électron :

$$\mathrm{Ag\,(s)_{anode} + Ag^+\,(aq)_{cathode} \longrightarrow Ag^+\,(aq)_{anode} + Ag\,(s)_{cathode}}$$

L'argent des plaques passe en solution sous forme d'ions $\mathrm{Ag^+}$: l'anode est consommée, sa masse diminue, comme si elle se dissolvait dans le bain.

Bilan : l'argent est transféré de l'anode vers la cathode ; l'anode disparaît peu à peu, d'où le nom « anode soluble ».

PIÈGE
Simplifier l'équation en supprimant tout : les espèces sont identiques mais pas au même endroit. Il faut préciser l'électrode pour chaque espèce.

COMPRENDRE
Chaque ion $\mathrm{Ag^+}$ consommé à la cathode est remplacé par un ion formé à l'anode : la concentration en ions argent du bain reste constante.

2.1 Exprimer la quantité d'électricité Q qui a traversé l'électrolyseur pendant une durée Δt.

L'intensité I du courant est constante, donc :

$$Q = I \cdot \Delta t$$

COMPRENDRE
Q s'exprime en coulombs (C) si I est en ampères et Δt en secondes.

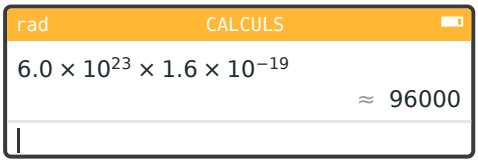
2.2 Donner l'expression de la quantité de matière d'électrons échangés $n(\mathrm{e^-_{éch}})$ en fonction de Q, N_A et e.

Une mole d'électrons contient N_A électrons, chacun de charge e en valeur absolue. La charge transportée par $n(\mathrm{e^-_{éch}})$ moles est donc $Q = n(\mathrm{e^-_{éch}}) \cdot N_A \cdot e$.

$$n(\mathrm{e^-_{éch}}) = \frac{Q}{N_A \cdot e}$$

COMPRENDRE
Le produit $N_A \cdot e$ est la charge d'une mole d'électrons : c'est la constante de Faraday, ici $6{,}0 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19} = 9{,}6 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$.

À LA CALCULATRICE



2.3 Montrer que $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \dfrac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag})$, puis calculer sa valeur.

Données utiles $I = 7{,}0$ A ; $\Delta t = 35$ min ; $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6{,}0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C

D'après $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag}(\text{s})$, un électron échangé donne un atome d'argent : $n(\text{Ag}_{\text{dép}}) = n(\text{e}^-_{\text{éch}})$.

Avec 2.2 puis 2.1 : $n(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \dfrac{Q}{N_A \cdot e} = \dfrac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e}$.

Comme $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = n(\text{Ag}_{\text{dép}}) \cdot M(\text{Ag})$, on obtient bien $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \dfrac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag})$.

Avec $\Delta t = 35 \times 60 = 2{,}1 \times 10^3$ s :

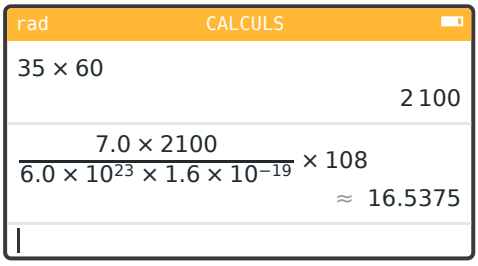
$$m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{7{,}0 \times 2{,}1 \times 10^3}{6{,}0 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19}} \times 108 = 16{,}5 \text{ g}$$

$$\boxed{m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag}) \approx 17 \text{ g}}$$

PIÈGE
Laisser Δt en minutes : on trouverait $0{,}28$ g, soit soixante fois trop peu. La durée doit être en secondes pour que $I \cdot \Delta t$ soit en coulombs.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme I, Δt, N_A et e. On garde $16{,}5$ g pour les calculs suivants et on n'arrondit qu'au résultat.

À LA CALCULATRICE



2.4 La théière est suspendue entre deux plaques d'argent jouant le rôle d'anode. Quel avantage présente ce dispositif pour le dépôt d'argent ?

Avec une seule plaque, la face de la théière tournée vers l'anode recevrait plus d'argent que la face opposée.

Deux anodes placées de part et d'autre donnent un dépôt d'argent plus régulier sur toute la surface de la théière.

3.1 Exprimer le volume $V(\text{Ag}_{\text{dép}})$ d'argent déposé sur la théière en fonction de $m(\text{Ag}_{\text{dép}})$ et $\rho(\text{Ag})$.

Par définition de la masse volumique, $\rho(\text{Ag}) = \dfrac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{V(\text{Ag}_{\text{dép}})}$, donc :

$$\boxed{V(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{\rho(\text{Ag})}}$$

3.2 À partir de la question 2.3, calculer l'épaisseur moyenne d d'argent déposé sur la théière au cours de l'électrolyse.

Données utiles $m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = 16{,}5$ g (2.3) ; $\rho(\text{Ag}) = 10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; $S = 850 \text{ cm}^2$

Le dépôt est uniforme : c'est une couche de surface S et d'épaisseur d, de volume $V(\text{Ag}_{\text{dép}}) = S \cdot d$.

Avec 3.1 : $S \cdot d = \dfrac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{\rho(\text{Ag})}$, donc $d = \dfrac{m(\text{Ag}_{\text{dép}})}{\rho(\text{Ag}) \cdot S}$.

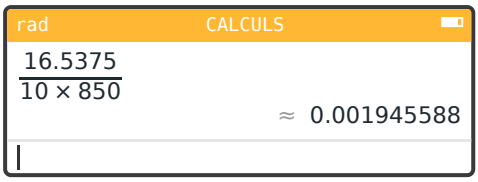
$$d = \frac{16{,}5}{10 \times 850} = 1{,}9 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\boxed{d = 1{,}9 \times 10^{-3} \text{ cm} = 19 \text{ µm}}$$

PIÈGE
Calculer avec la masse arrondie à 17 g donne 20 µm : on reprend la valeur non arrondie. Conversion : $1 \text{ cm} = 10^4$ µm.

MÉTHODE
Garder les unités du sujet quand elles sont cohérentes : des grammes divisés par des $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ et des cm^2 donnent des centimètres. On convertit seulement à la fin.

À LA CALCULATRICE



3.3 Déduire des données du tableau le poinçon de l'orfèvre à appliquer sur la théière restaurée.

Données utiles $d = 19$ µm (3.2) ; articles d'orfèvrerie au contact des aliments : 15 µm au minimum en qualité I, 9 µm en qualité II

Une théière est un article d'orfèvrerie au contact des aliments.
L'épaisseur du dépôt, $d = 19$ µm, est supérieure au minimum exigé pour la qualité I : $19\ \mu\text{m} > 15\ \mu\text{m}$.

L'orfèvre applique le poinçon de **qualité I**.

PIÈGE
Se tromper de colonne : 19 µm ne suffirait pas pour un couvert d'usage fréquent (33 µm en qualité I). Il faut d'abord identifier le type d'objet.