Corrigé complet — Bac 2022 Centres étrangers 2 Jour 2

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

Ex 1	**Quelques utilisations du condensateur** Capacité d'un condensateur plan · Charge d'un circuit RC · Constante de temps · Champ électrique uniforme · Théorème de l'énergie cinétique · Accélérateur linéaire	10 pts	1 h 45	16 questions	p. 2
Ex 2	**Arôme de vanille** Couples acide/base · Titrage suivi par conductimétrie · Conductivité ionique molaire · Équivalence · Spectre UV-visible · Loi de Beer-Lambert	5 pts	53 min	10 questions	p. 8
Ex 3	**Synthèse du 2-méthylpropan-2-ol** Suivi conductimétrique · Loi de Kohlrausch · Vitesse volumique de disparition · Temps de demi-réaction · Température, facteur cinétique · Loi de vitesse d'ordre 1	5 pts	53 min	9 questions	p. 12
Ex 4	**Défibrillateur cardiaque implantable** Pile électrochimique · Demi-équations aux électrodes · Oxydant et réducteur · Réactif limitant · Capacité électrique · Énergie massique	5 pts	53 min	7 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.

Quelques utilisations du condensateur

Bac 2022 Centres étrangers 2 Jour 2 · Exercice 1 **10 points** **Durée conseillée 1 h 45**

1.1 Partie 1 (balance capacitive). Déterminer la valeur de la capacité C_0 du condensateur lorsque la balance est à vide, avec $\varepsilon_r = 1{,}0$. Commenter.

Données utiles $C = \varepsilon_0\,\varepsilon_r\,\dfrac{S}{e}$; $\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\ \text{F}\cdot\text{m}^{-1}$; $L = 4{,}0$ cm ; $\ell = 3{,}0$ cm ; $e_0 = 1$ cm

Les armatures sont des rectangles : $S = L \times \ell = 4{,}0 \times 10^{-2} \times 3{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}2 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$.

À vide, $e = e_0 = 1 \times 10^{-2}$ m :

$$C_0 = \varepsilon_0\,\varepsilon_r\,\frac{L\,\ell}{e_0} = 8{,}85 \times 10^{-12} \times 1{,}0 \times \frac{1{,}2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-2}}$$

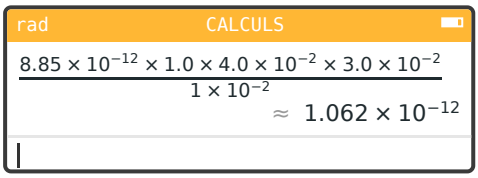
$C_0 = 1{,}1 \times 10^{-12}$ F, soit environ 1 pF.

Commentaire : cette capacité est très faible devant celles des condensateurs usuels (du nanofarad au microfarad). Le dispositif électronique de mesure doit donc être très sensible.

PIÈGE
Laisser les longueurs en centimètres. Avec ε_0 en $\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$, tout se convertit en mètres : S en m^2 et e_0 en m.

COMPRENDRE
$e_0 = 1$ cm n'a qu'un chiffre significatif : le résultat ne peut guère être plus précis que « 1 pF ». On garde deux chiffres (1,1 pF) pour ne pas trop arrondir.

À LA CALCULATRICE



1.2 Partie 1. Préciser si la capacité du condensateur augmente ou diminue lorsque l'on place une masse sur le plateau. Justifier qualitativement.

La masse posée abaisse le plateau, donc l'armature mobile : la distance e entre les armatures diminue.

Dans $C = \varepsilon_0\,\varepsilon_r\,\dfrac{S}{e}$, les grandeurs ε_0, ε_r et S ne changent pas : C est inversement proportionnelle à e.

Quand on place une masse sur le plateau, e diminue donc la capacité C **augmente**.

1.3.1 Partie 1. L'objet de masse M étant à l'équilibre sur le plateau, vérifier que $M = \dfrac{k}{g}\,(D_0 - D)$.

Données utiles $F = k\,(D_0 - D)$

Système {objet}, référentiel terrestre supposé galiléen. Forces : le poids $\vec{P}$, vertical vers le bas, de valeur $P = M\,g$; la force $\vec{F}$ exercée par le plateau, verticale vers le haut.

L'objet est immobile : d'après le principe d'inertie, $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$. Les deux forces ont donc la même valeur :

$$M\,g = k\,(D_0 - D)$$

$M = \dfrac{k}{g}\,(D_0 - D)$

MÉTHODE
Pour un équilibre : système, référentiel, bilan des forces, principe d'inertie (somme vectorielle nulle), puis égalité des valeurs lorsque les deux forces sont opposées.

1.3.2 Partie 1. L'armature mobile se déplaçant de la même distance que le plateau, calculer la masse maximale que peut mesurer cette balance.

Données utiles $k = 980\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$; $g = 9{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $e_0 = 1$ cm ; hauteur d'une butée $h = 0{,}50$ mm

L'armature mobile descend au plus jusqu'aux butées : son déplacement maximal vaut $e_0 - h$. Le plateau descend de la même distance, donc $(D_0 - D)_{\max} = e_0 - h$.

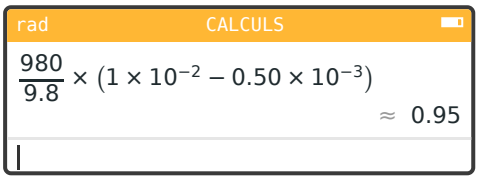
$$M_{\max} = \frac{k}{g}(e_0 - h) = \frac{980}{9{,}8} \times (1 \times 10^{-2} - 0{,}50 \times 10^{-3})$$

$M_{\max} = 0{,}95$ kg, soit environ 1 kg.

PIÈGE
Prendre e_0 comme déplacement maximal : les butées arrêtent l'armature à la distance h de l'armature fixe. Penser aussi à convertir h en mètres.

COMPRENDRE
Le graphique 2 confirme cette valeur : la courbe d'étalonnage s'arrête vers 950 g.

À LA CALCULATRICE



2.1 Partie 1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur s'écrit $RC\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = E$.

Loi des mailles : $E = u_R(t) + u_C(t)$.

Loi d'Ohm : $u_R(t) = R\,i(t)$.

Pour le condensateur : $i(t) = \dfrac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t}$ et $q(t) = C\,u_C(t)$ avec C constante (masse immobile), donc $i(t) = C\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t}$.

En remplaçant dans la loi des mailles :

$$RC\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t) = E$$

MÉTHODE
Toujours trois étapes pour un circuit RC : loi des mailles, loi d'Ohm, relation $i = C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$. On remplace ensuite pour ne garder que u_C.

2.2 Partie 1. Déterminer l'expression de τ en fonction de R et de C pour que $u_C(t) = E\left(1 - \exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)\right)$ soit solution de l'équation différentielle.

On dérive la fonction proposée : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = \dfrac{E}{\tau}\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)$.

On reporte dans l'équation différentielle :

$$RC\frac{E}{\tau}\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + E - E\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) = E$$

$$E\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\left(\frac{RC}{\tau} - 1\right) = 0$$

Cette égalité doit être vraie à chaque instant et l'exponentielle ne s'annule jamais : il faut $\dfrac{RC}{\tau} - 1 = 0$.

$$\tau = RC$$

PIÈGE
Oublier le facteur $-\dfrac{1}{\tau}$ en dérivant l'exponentielle, ou se tromper de signe : la dérivée de $-\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)$ est $+\dfrac{1}{\tau}\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)$.

2.3 Partie 1. Pour quelle courbe, 1 ou 2, du graphique 1, la valeur de la capacité du condensateur est-elle la plus élevée ? Justifier.

La courbe 2 monte plus lentement vers la valeur finale $E = 5{,}0$ V que la courbe 1 : la charge est plus lente, donc $\tau_2 > \tau_1$.

Comme $\tau = RC$ et que R est la même dans les deux cas, $C = \dfrac{\tau}{R}$ est d'autant plus grande que τ est grande.

La capacité est la plus élevée pour la **courbe 2** : $C_2 > C_1$.

COMPRENDRE
Une capacité plus grande correspond à des armatures plus proches, donc à une masse plus grande : $M_2 > M_1$.

2.4 Partie 1. En exploitant les graphiques 1 et 2, déterminer la valeur de la masse pesée M_2, en faisant apparaître la méthode sur l'annexe.

Données utiles $R = 10\ \text{M}\Omega$; $\tau = RC$ (2.2) ; valeur finale $E = 5{,}0$ V (graphique 1)

Constante de temps. À $t = \tau$, $u_C(\tau) = E\,(1 - \text{e}^{-1}) = 0{,}63\,E = 0{,}63 \times 5{,}0 = 3{,}15$ V. Sur le graphique 1, la courbe 2 atteint cette tension à $\tau_2 = 44$ µs.

Capacité. $C_2 = \dfrac{\tau_2}{R}$, donc

$$\frac{1}{C_2} = \frac{R}{\tau_2} = \frac{10 \times 10^6}{44 \times 10^{-6}} = 2{,}3 \times 10^{11}\ \text{F}^{-1}$$

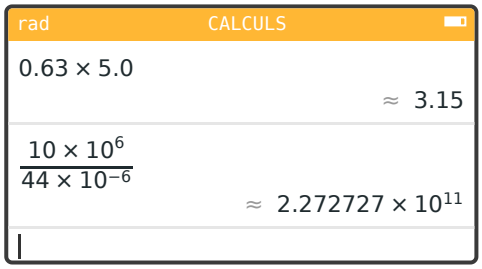
Masse. Sur le graphique 2, le point de la courbe d'étalonnage d'abscisse $2{,}3 \times 10^{11}\ \text{F}^{-1}$ a pour ordonnée environ 760 g.

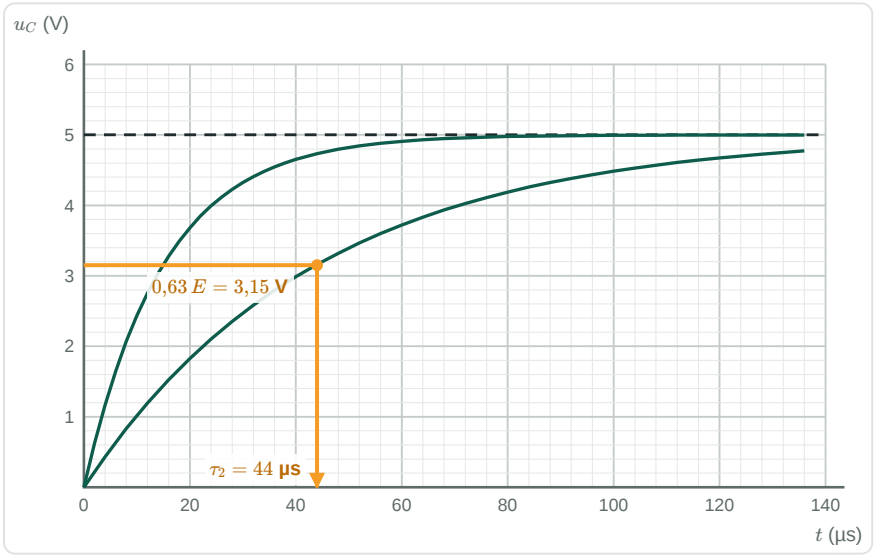
$M_2 \approx 7{,}6 \times 10^2$ g, soit 0,76 kg.

PIÈGE
Laisser R en mégaohms ou τ_2 en microsecondes : $10\ \text{M}\Omega = 10 \times 10^6\ \Omega$ et $44\ \mu\text{s} = 44 \times 10^{-6}$ s. L'axe du graphique 2 est gradué en $10^{11}\ \text{F}^{-1}$.

MÉTHODE
Autre lecture de τ : tracer la tangente à l'origine ; elle coupe l'asymptote $u_C = E$ à $t = \tau$. La méthode des 63 % est plus précise, la tangente étant délicate à tracer.

À LA CALCULATRICE





2.4 · Graphique 1 de l'annexe : lecture de τ_2 sur la courbe 2 (en haut : courbe 1 ; en bas : courbe 2)

1.1 Partie 2 (accélérateur linéaire). Préciser le signe des charges portées par les armatures A et B si on souhaite que le proton soit accéléré entre ces deux armatures. Justifier.

Le proton porte une charge positive et doit être accéléré de O vers S, c'est-à-dire de A vers B. La force électrique doit donc être dirigée de A vers B.

Une charge positive est repoussée par une armature positive et attirée par une armature négative.

L'armature A est chargée **positivement**, l'armature B **négativement**.

COMPRENDRE
C'est cohérent avec la donnée $U_{AB} = +1$ kV : A est au potentiel le plus élevé. Le champ $\vec{E}$ va de A vers B et $\vec{F_e} = q\,\vec{E}$ a le même sens puisque $q > 0$.

1.2 Partie 2. Exprimer la norme F_e de la force électrique exercée sur le proton entre les armatures, en fonction de U_{AB}, q et d .

Données utiles $E = \dfrac{|U|}{d}$

$\vec{F_e} = q\,\vec{E}$, donc en norme $F_e = |q|\,E$, avec $q > 0$ et $E = \dfrac{U_{AB}}{d}$ ($U_{AB} > 0$).

$$F_e = \frac{q\,U_{AB}}{d}$$

1.3 Partie 2. Exploiter le théorème de l'énergie cinétique pour montrer que la vitesse du proton au point S est $v_S = \sqrt{\dfrac{2\,q\,U_{AB}}{m_p}}$.

Données utiles $W_{OS}(\vec{F_e}) = q\,U_{AB}$; vitesse nulle en O

Système {proton}, référentiel du laboratoire supposé galiléen. Seule la force électrique travaille : le poids du proton est négligeable devant elle.

Théorème de l'énergie cinétique entre O et S :

$$\frac{1}{2}\,m_p\,v_S^2 - \frac{1}{2}\,m_p\,v_O^2 = W_{OS}(\vec{F_e})$$

Avec $v_O = 0$ et $W_{OS}(\vec{F_e}) = q\,U_{AB}$: $\dfrac{1}{2}\,m_p\,v_S^2 = q\,U_{AB}$, soit $v_S^2 = \dfrac{2\,q\,U_{AB}}{m_p}$.

$$v_S = \sqrt{\frac{2\,q\,U_{AB}}{m_p}}$$

COMPRENDRE
La distance d a disparu : la vitesse de sortie ne dépend que de la tension. En effet $W_{OS} = F_e \times d = \dfrac{q\,U_{AB}}{d} \times d$.

1.4 Partie 2. Calculer la valeur de v_S.

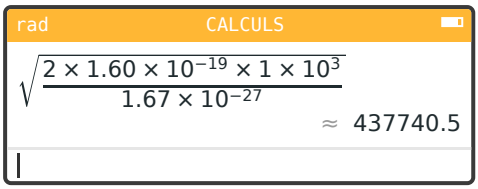
Données utiles $q = e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $U_{AB} = 1$ kV ; $m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg

$$v_S = \sqrt{\frac{2\,q\,U_{AB}}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}60 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{3}}{1{,}67 \times 10^{-27}}} = 4{,}4 \times 10^{5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_S \approx 4 \times 10^{5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

COMPRENDRE
$U_{AB} = 1$ kV est donnée avec un seul chiffre significatif, d'où $4 \times 10^{5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



2.1 Partie 2. Justifier la nécessité de changer le signe de la tension entre les blocs B et C lors du passage de la particule de la première cavité à la deuxième.

Pendant que le proton traverse la cavité 1 (entre A et B), B est négatif et C positif. Si rien ne changeait, le proton arrivant dans la cavité 2 (entre B et C) serait attiré par B et repoussé par C : il serait freiné.

Pour qu'il soit de nouveau accéléré, B doit devenir positif et C négatif à son entrée dans la cavité 2.

La tension entre B et C doit changer de signe pour que la force électrique reste dirigée dans le sens du mouvement dans la cavité 2.

2.2 Partie 2. Justifier que le proton doit parcourir la longueur d'un bloc plus la longueur d'une cavité en $2{,}5 \times 10^{-7}$ s.

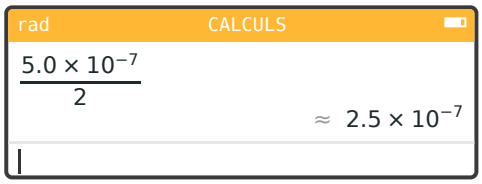
Données utiles $T = 5{,}0 \times 10^{-7}$ s

La tension $u_a(t)$ est un créneau de période T : elle change de signe toutes les demi-périodes, soit toutes les $\frac{T}{2} = \frac{5{,}0 \times 10^{-7}}{2} = 2{,}5 \times 10^{-7}$ s.

Le proton doit entrer dans chaque cavité juste au moment où la tension vient de s'inverser. Entre deux entrées successives dans une cavité, il traverse une cavité puis un bloc.

Le trajet « une cavité + un bloc » doit durer $\frac{T}{2} = 2{,}5 \times 10^{-7}$ s.

À LA CALCULATRICE



2.3 Partie 2. Expliquer qualitativement pourquoi les blocs sont de plus en plus longs dans l'accélérateur linéaire.

À chaque cavité, le proton gagne de la vitesse. Dans un bloc, son mouvement est rectiligne uniforme, à une vitesse plus grande que dans le bloc précédent.

Or la durée de parcours « une cavité + un bloc » est imposée : $\frac{T}{2}$. Les cavités ayant toutes la même longueur d, la distance parcourue dans le bloc pendant cette durée augmente avec la vitesse.

Le proton allant de plus en plus vite pour une durée de parcours fixée, les blocs doivent être de plus en plus longs.

2.4 Partie 2. Déterminer le nombre de cavités accélératrices nécessaires pour qu'un proton atteigne une énergie égale à 8,0 MeV, le gain en énergie cinétique étant identique pour toutes les cavités.

Données utiles $U_{a\ \max} = 1$ kV ; $q = e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $1\ \text{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J ; gain par cavité qU (1.3)

Gain d'énergie cinétique dans une cavité : $\Delta E_c = q\,U_{a\ \max} = 1{,}60 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{3} = 1{,}6 \times 10^{-16}$ J.

Énergie à atteindre : $E_c = 8{,}0\ \text{MeV} = 8{,}0 \times 10^{6} \times 1{,}6 \times 10^{-19} = 1{,}28 \times 10^{-12}$ J.

Le proton part avec une énergie cinétique négligeable, donc :

$$N = \frac{E_c}{\Delta E_c} = \frac{1{,}28 \times 10^{-12}}{1{,}6 \times 10^{-16}}$$

$N = 8{,}0 \times 10^{3}$: il faut environ 8 000 cavités.

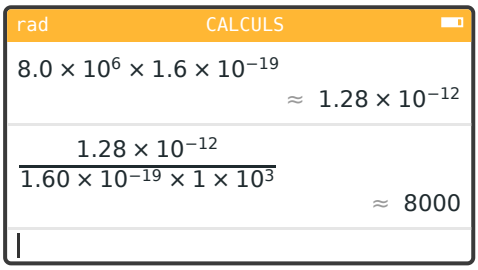
COMPRENDRE

Vérification : 800 m pour 8 000 cavités, soit environ 10 cm par ensemble « cavité + bloc » en moyenne, ce qui est plausible.

MÉTHODE

Plus rapide en électronvolts : une charge e accélérée sous 1 V gagne 1 eV. Sous 1 kV, le gain est de 1 keV par cavité, d'où $N = \frac{8{,}0 \times 10^{6}\ \text{eV}}{1 \times 10^{3}\ \text{eV}}$.

À LA CALCULATRICE



Arôme de vanille

Bac 2022 Centres étrangers 2 Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

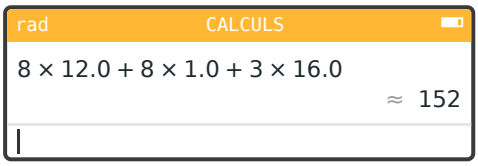
1.1 Écrire la formule brute de la vanilline.

On compte les atomes sur la formule topologique : 6 C dans le cycle, 1 C dans le groupe $-\mathrm{CHO}$ et 1 C dans le groupe $-\mathrm{OCH_3}$, soit 8 C ; 3 H sur le cycle, 1 H dans $-\mathrm{CHO}$, 3 H dans $-\mathrm{OCH_3}$ et 1 H dans $-\mathrm{OH}$, soit 8 H ; 3 O.

Formule brute de la vanilline : $\mathrm{C_8H_8O_3}$

MÉTHODE
Vérifier avec la masse molaire donnée : $8 \times 12{,}0 + 8 \times 1{,}0 + 3 \times 16{,}0 = 152\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$. Le compte des atomes d'hydrogène, non dessinés sur le cycle, est ainsi validé.

À LA CALCULATRICE



1.2 Identifier les deux couples acide/base mis en jeu lors de cette réaction.

La vanilline VH cède un ion $\mathrm{H^+}$ et devient l'ion vanillinate $\mathrm{V^-}$: VH est un acide, $\mathrm{V^-}$ sa base conjuguée.

L'ion hydroxyde $\mathrm{HO^-}$ capte cet ion $\mathrm{H^+}$ et devient $\mathrm{H_2O}$: $\mathrm{HO^-}$ est une base, $\mathrm{H_2O}$ son acide conjugué.

Couples : VH / $\mathrm{V^-}$ (soit $\mathrm{C_8H_8O_3}$ / $\mathrm{C_8H_7O_3^-}$) et $\mathrm{H_2O}$ / $\mathrm{HO^-}$

PIÈGE
Un couple s'écrit toujours acide/base, dans cet ordre. Écrire $\mathrm{HO^-}$ / $\mathrm{H_2O}$, ou associer VH et $\mathrm{HO^-}$ dans un même couple, fait perdre le point.

2.1 Écrire l'équation de la réaction support du titrage qui a lieu lors de la première phase.

Les ions hydroxyde en excès réagissent avec les ions oxonium apportés par l'acide chlorhydrique.

$$\mathrm{HO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq) \longrightarrow 2\,H_2O\,(l)}$$

COMPRENDRE
L'acide chlorhydrique est la solution $(\mathrm{H_3O^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)})$. Les ions $\mathrm{Cl^-}$ et $\mathrm{Na^+}$ sont spectateurs : ils n'apparaissent pas dans l'équation, mais ils comptent dans la conductivité.

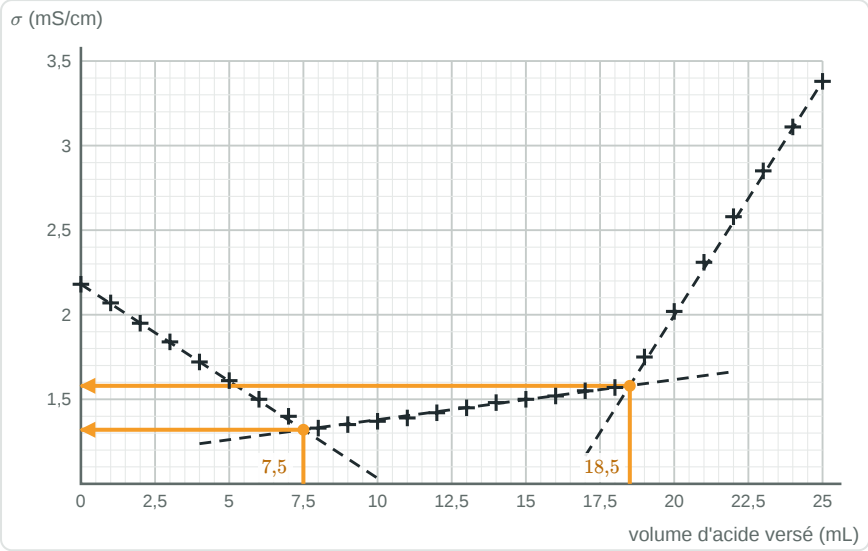
2.2 Déterminer graphiquement le volume d'acide nécessaire au titrage des ions hydroxyde.

On modélise chacune des trois phases par un segment de droite passant au plus près des points.

La fin du titrage des ions hydroxyde correspond à la première rupture de pente : on lit l'abscisse du point d'intersection des deux premières droites.

$V_{E1} \approx 7{,}5\ \mathrm{mL}$

PIÈGE
Ne pas lire l'abscisse du point le plus bas (8 mL) : près de l'équivalence les points s'écartent des droites. C'est l'intersection des droites prolongées qui donne le volume.



2.2 · Courbe de titrage du sujet : les trois droites tracées et les deux lectures

2.3 Justifier la pente de la courbe lors de cette première phase.

Données utiles $\lambda^0(HO^-) = 20\ mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$; $\lambda^0(Cl^-) = 7{,}6\ mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

Pendant la première phase, chaque ion H_3O^+ versé est consommé aussitôt et fait disparaître un ion HO^-. Il est accompagné d'un ion Cl^- qui reste en solution. Les quantités d'ions Na^+ et V^- ne changent pas.

Tout se passe comme si un ion HO^- était remplacé par un ion Cl^-. Or $\lambda^0(Cl^-) < \lambda^0(HO^-)$: l'ion chlorure conduit moins bien le courant que l'ion hydroxyde.

La conductivité σ diminue : la pente est négative.

COMPRENDRE
D'après la loi de Kohlrausch, $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$. Les 150 mL d'eau ajoutés rendent la dilution négligeable pendant le titrage : les concentrations varient linéairement avec le volume versé, d'où des portions de droite.

2.4 D'après l'allure de la courbe dans la deuxième phase, indiquer si la conductivité ionique molaire de l'ion vanillinate est inférieure, supérieure ou égale à celle des ions chlorure. Justifier.

Pendant la deuxième phase, chaque ion H_3O^+ versé est consommé et fait disparaître un ion V^- ; la vanilline VH formée n'est pas chargée et ne conduit pas. Un ion Cl^- est apporté en même temps : un ion V^- est remplacé par un ion Cl^-.

La courbe montre que σ augmente légèrement : l'ion apporté conduit donc mieux que l'ion consommé.

$\lambda^0(V^-) < \lambda^0(Cl^-)$: la conductivité ionique molaire de l'ion vanillinate est inférieure à celle de l'ion chlorure.

MÉTHODE
Avant une équivalence, faire le bilan « ion consommé, ion apporté » et comparer leurs λ^0. Après, les ions H_3O^+ et Cl^- s'accumulent : la pente est forte, comme dans la troisième phase.

2.5 Déterminer le volume d'acide nécessaire au seul titrage de l'ion vanillinate, en explicitant la démarche.

Données utiles $V_{E1} = 7{,}5\ \text{mL}$ (2.2)

La fin du titrage des ions vanillinate correspond à la seconde rupture de pente. L'intersection de la deuxième et de la troisième droite donne $V_{E2} \approx 18{,}5\ \text{mL}$ (voir la figure de la question 2.2).

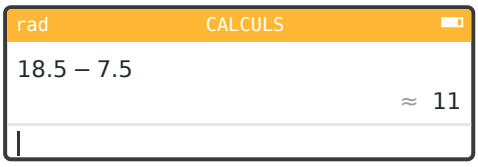
Ce volume total comprend l'acide qui a d'abord servi à titrer les ions hydroxyde. Le volume consacré aux seuls ions vanillinate est donc :

$$V_a = V_{E2} - V_{E1} = 18{,}5 - 7{,}5 = 11{,}0\ \text{mL}$$

$V_a = 11{,}0\ \text{mL}$

PIÈGE
Répondre 18,5 mL : ce volume est celui versé depuis le début, il a titré les ions hydroxyde puis les ions vanillinate. Dans un titrage successif, on raisonne sur la différence des deux volumes équivalents.

À LA CALCULATRICE



2.6 En déduire la valeur de la concentration C_{V^-} en ions vanillinate dans la solution S_1.

Données utiles $C_a = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_1 = 20{,}0\ \text{mL}$; $V_a = 11{,}0\ \text{mL}$ (2.5)

À l'équivalence du second titrage, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction $\text{V}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{VH} + \text{H}_2\text{O}$:

$$n(\text{V}^-)_{\text{initial}} = n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad C_{V^-}\,V_1 = C_a\,V_a$$

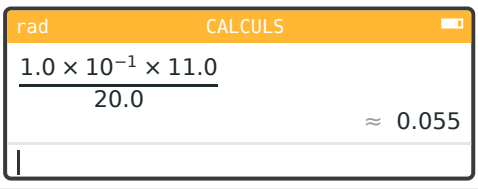
$$C_{V^-} = \frac{C_a\,V_a}{V_1} = \frac{1{,}0 \times 10^{-1} \times 11{,}0}{20{,}0}$$

$C_{V^-} = 5{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

PIÈGE
Diviser par 170 mL. L'eau distillée ajoutée ne change pas la quantité d'ions vanillinate prélevée : seul le volume $V_1 = 20{,}0\ \text{mL}$ de solution S_1 compte.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_a, la donnée la moins précise. Les deux volumes étant dans la même unité, le rapport V_a/V_1 se calcule sans conversion en litres.

À LA CALCULATRICE



3.1 Les solutions S_2 et S_3 sont-elles colorées ? Justifier.

Le domaine visible s'étend de 400 nm à 800 nm environ. Sur les deux spectres, l'absorbance est pratiquement nulle dans tout ce domaine : les solutions n'absorbent que dans l'ultraviolet, avec un maximum vers 350 nm.

Aucune radiation visible n'étant absorbée, la lumière blanche traverse ces solutions sans être modifiée.

Les solutions S_2 et S_3 sont incolores.

PIÈGE
Confondre « absorbe » et « est colorée ». Une espèce n'est colorée que si elle absorbe dans le visible ; sa couleur est alors complémentaire de celle absorbée. Un pic à 350 nm est invisible pour l'œil.

3.2 Estimer la masse de vanilline présente dans 1 litre d'arôme alimentaire, en supposant la loi de Beer-Lambert vérifiée.

Données utiles $C_{val} = 5{,}3 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_2 = 250{,}0\ \text{mL}$; prise d'essai : 1,0 mL d'arôme ; $M = 152\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Lecture des spectres. Au maximum d'absorption (vers 350 nm), on lit $A_3 \approx 1{,}26$ pour S_3 et $A_2 \approx 0{,}60$ pour S_2.

Concentration de S_2. Les deux solutions contiennent la même espèce absorbante, étudiée à la même longueur d'onde et dans la même cuve. D'après la loi de Beer-Lambert, $A = k\,C$ avec le même coefficient k :

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{C_2}{C_{val}} \quad \text{donc} \quad C_2 = C_{val} \times \frac{A_2}{A_3}$$

$$C_2 = 5{,}3 \times 10^{-5} \times \frac{0{,}60}{1{,}26} = 2{,}52 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Masse dans la fiole. Toute la vanilline de la prise d'essai se retrouve dans les 250,0 mL de S_2 :

$$m_2 = C_2\,V_2\,M = 2{,}52 \times 10^{-5} \times 0{,}2500 \times 152 = 9{,}6 \times 10^{-4}\ \text{g}$$

Masse dans 1 litre. Cette masse provient de 1,0 mL d'arôme. Un litre, soit $1{,}0 \times 10^{3}\ \text{mL}$, en contient 1000 fois plus : $m = 1000 \times m_2$.

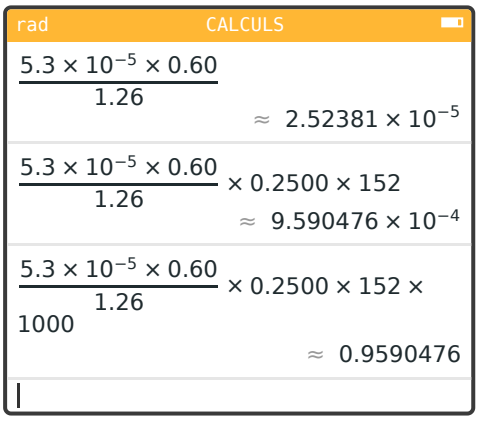
$m \approx 0{,}96\ \text{g}$ de vanilline dans 1 litre d'arôme, soit environ 1 g.

PIÈGE
Oublier une étape de proportion : C_2 est la concentration dans la fiole de 250,0 mL, pas dans l'arôme. Il faut passer par la quantité contenue dans la fiole, puis ramener 1,0 mL à 1 L.

COMPRENDRE
On garde la valeur non arrondie de C_2 dans le calcul suivant. La lecture graphique limite la précision : selon que l'on lit 1,26 ou 1,27, on trouve 0,96 g ou 0,95 g. « Estimer » appelle deux chiffres significatifs.

MÉTHODE
Dosage par étalonnage avec une seule solution étalon : écrire le rapport des absorbances, égal au rapport des concentrations. Se placer au maximum d'absorption, où la lecture est la plus précise.

À LA CALCULATRICE



Synthèse du 2-méthylpropan-2-ol

Bac 2022 Centres étrangers 2 Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Justifier qu'un suivi temporel de la transformation peut se faire à l'aide de mesures conductimétriques.

Les réactifs (RCl et l'eau) sont des molécules, alors que la transformation forme des ions : H_3O^+ et Cl^-.

La concentration de ces ions augmente avec l'avancement, donc la conductivité σ de la solution augmente au cours du temps, puis se stabilise quand la transformation est terminée.

Des ions apparaissent au cours de la transformation : la mesure de $\sigma(t)$ permet de suivre son avancement.

COMPRENDRE
Un suivi conductimétrique exige que la quantité d'ions (ou leur nature) change pendant la transformation. Ici le milieu de départ ne conduit presque pas : toute la conductivité vient des produits.

2 Donner l'expression littérale reliant la conductivité $\sigma(t)$ de la solution et les concentrations en quantité de matière des espèces chimiques concernées.

Données utiles loi de Kohlrausch : $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$

Les seuls ions présents en solution sont H_3O^+ et Cl^-. D'après la loi de Kohlrausch :

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

PIÈGE
Faire figurer RCl, ROH, l'eau ou l'acétone dans la somme : ce sont des molécules, elles ne transportent pas de charge et ne contribuent pas à σ.

COMPRENDRE
Les deux ions se forment en même quantité, donc $\sigma(t)$ est proportionnelle à l'avancement. C'est ce qui justifie la relation $[RCl](t) = C_0\left(1 - \frac{\sigma(t)}{\sigma_{finale}}\right)$ fournie par le sujet.

3 Déterminer la valeur de la vitesse volumique de disparition du réactif RCl à la date $t = 1$ min et à 25 °C. Justifier par un tracé graphique sur l'annexe 2.

Données utiles annexe 2, graphique 1 (25 °C)

La vitesse volumique de disparition de RCl est $v = -\frac{d[RCl]}{dt}$: c'est l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe à la date considérée.

On trace la tangente à la courbe du graphique 1 au point d'abscisse $t = 1$ min. Elle passe par les points A $(0\ ;\ 34)$ et B $(2{,}4\ ;\ 0)$.

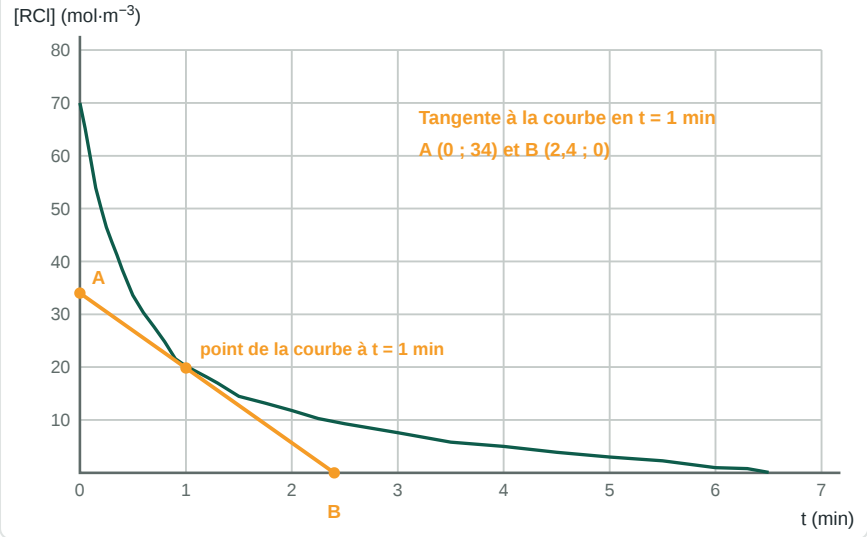
$$v = -\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = -\frac{0 - 34}{2{,}4 - 0}$$

$v(1\text{ min}) \approx 14\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ à 25 °C

PIÈGE
Calculer $\frac{[RCl]}{t}$ avec le seul point de la courbe ($20 \div 1$) : ce n'est pas une pente. Oublier le signe moins donne une vitesse négative, ce qui n'a pas de sens.

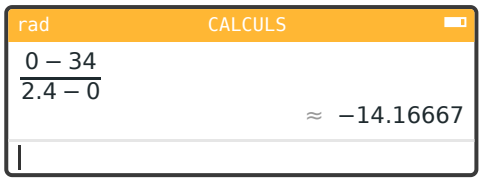
COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs au plus : la précision est celle d'une lecture graphique. L'unité de temps est la minute, comme sur l'axe ; en secondes, $v \approx 0{,}24\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$.

MÉTHODE
Prendre deux points de la tangente très éloignés, de préférence sur les axes : la lecture est plus précise. Selon le tracé, une valeur entre 12 et 16 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ reste acceptable.



3 · Annexe 2, graphique 1 (25 °C) : tangente tracée à la date $t = 1$ min

À LA CALCULATRICE



4 Déterminer la valeur du temps de demi-réaction à 30 °C, en explicitant la démarche suivie, et la comparer à celle de l'expérience à 25 °C. Proposer une interprétation.

Données utiles annexe 2, graphiques 1 et 2 ; $[\mathrm{RCl}]_0 = 70\ \mathrm{mol \cdot m^{-3}}$ dans les deux cas

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale. La transformation est totale et RCl est le réactif limitant : à $t_{1/2}$, sa concentration est divisée par deux.

$$[\mathrm{RCl}](t_{1/2}) = \frac{[\mathrm{RCl}]_0}{2} = \frac{70}{2} = 35\ \mathrm{mol \cdot m^{-3}}$$

On lit l'abscisse du point de la courbe d'ordonnée $35\ \mathrm{mol \cdot m^{-3}}$:

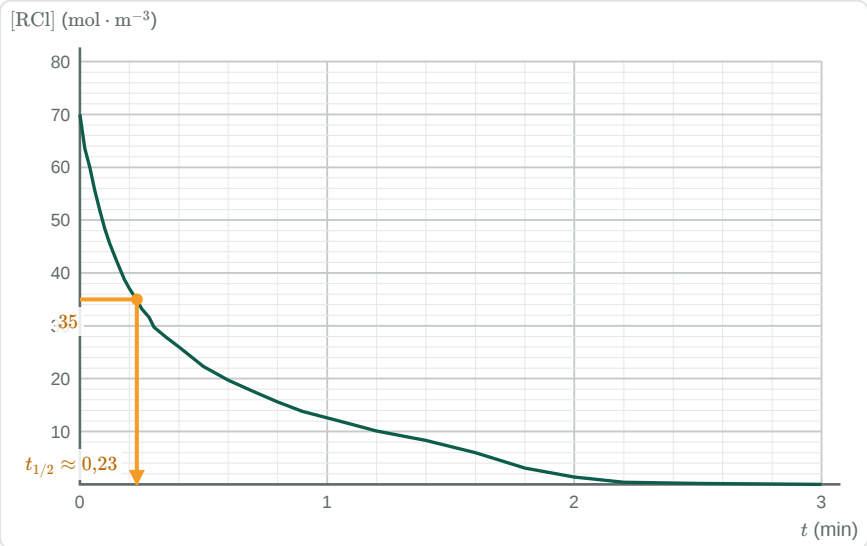
- à 30 °C (graphique 2) : $t_{1/2} \approx 0{,}23$ min, soit environ 14 s ;
- à 25 °C (graphique 1) : $t_{1/2} \approx 0{,}5$ min, soit environ 30 s.

Le temps de demi-réaction est environ deux fois plus court à 30 °C : la transformation est plus rapide quand la température est plus élevée.

$t_{1/2}(30\ ^\circ\mathrm{C}) \approx 0{,}23\ \mathrm{min} < t_{1/2}(25\ ^\circ\mathrm{C}) \approx 0{,}5\ \mathrm{min}$: la température est un facteur cinétique.

PIÈGE
Les deux graphiques n'ont pas la même échelle de temps (0 à 6 min pour l'un, 0 à 3 min pour l'autre). Comparer l'allure des courbes sans lire les valeurs conduit à une conclusion fausse.

COMPRENDRE
À 30 °C, la lecture est délicate (une graduation par minute) : toute valeur entre 0,20 et 0,25 min convient. L'état final est le même aux deux températures : seule la durée pour l'atteindre change.



4 · Annexe 2, graphique 2 (30 °C) : lecture du temps de demi-réaction

5.1 Donner la définition de la vitesse volumique v de disparition de RCl.

La vitesse volumique de disparition de RCl est l'opposé de la dérivée par rapport au temps de sa concentration :

$$v = -\frac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
$[\mathrm{RCl}]$ diminue, sa dérivée est négative : le signe moins rend la vitesse positive. Pour un produit, la vitesse d'apparition s'écrit sans ce signe.

5.2 En déduire l'expression de l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par $[\mathrm{RCl}](t)$.

Données utiles $v = k \times [\mathrm{RCl}](t)$

On égale la définition de v (question 5.1) et la loi de vitesse du sujet :

$$-\frac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t} = k\,[\mathrm{RCl}](t)$$

$$\frac{\mathrm{d}[\mathrm{RCl}]}{\mathrm{d}t} + k\,[\mathrm{RCl}](t) = 0$$

COMPRENDRE
C'est une équation de la forme $y' + k\,y = 0$, dont les solutions sont $y = A\,\mathrm{e}^{-kt}$. Avec $y(0) = [\mathrm{RCl}]_0$, on retrouve la solution donnée par le sujet.

5.3 En déduire l'expression du temps de demi-réaction en fonction de la constante de vitesse k.

Données utiles $[\mathrm{RCl}](t) = [\mathrm{RCl}]_0\,\exp(-k\,t)$

À $t = t_{1/2}$, la concentration de RCl vaut la moitié de sa valeur initiale :

$$[\mathrm{RCl}]_0\,\exp(-k\,t_{1/2}) = \frac{[\mathrm{RCl}]_0}{2} \quad \text{donc} \quad \exp(-k\,t_{1/2}) = \frac{1}{2}$$

En prenant le logarithme népérien : $-k\,t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln 2$.

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

COMPRENDRE
Pour une loi d'ordre 1, $t_{1/2}$ ne dépend pas de la concentration initiale : c'est une signature de cet ordre, utile pour tester le modèle.

6.1 La vitesse initiale de disparition de RCl à 30 °C étant égale à $3{,}9\ \mathrm{mol\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}}$, déterminer la valeur de k dans l'hypothèse d'une loi de vitesse d'ordre 1.

Données utiles $v_0 = 3{,}9\ \mathrm{mol\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}}$; $[\mathrm{RCl}]_0 = 70\ \mathrm{mol\cdot m^{-3}}$ (graphique 2)

La loi de vitesse $v = k\,[\mathrm{RCl}](t)$ s'écrit, à la date $t = 0$: $v_0 = k\,[\mathrm{RCl}]_0$.

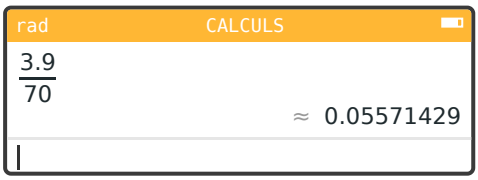
$$k = \frac{v_0}{[\mathrm{RCl}]_0} = \frac{3{,}9}{70}$$

$$k = 5{,}6 \times 10^{-2}\ \mathrm{s^{-1}}$$

PIÈGE
La vitesse est donnée par seconde alors que les graphiques sont gradués en minutes : k sort en $\mathrm{s^{-1}}$, et le temps de demi-réaction qui en découle sera en secondes.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme v_0 et $[\mathrm{RCl}]_0$. Les $\mathrm{mol\cdot m^{-3}}$ se simplifient : pour un ordre 1, k est l'inverse d'un temps.

À LA CALCULATRICE



6.2 En déduire la valeur du temps de demi-réaction calculée dans le cadre du modèle de la question 5. Commenter.

Données utiles $k = 5{,}6 \times 10^{-2}\ \text{s}^{-1}$ (6.1) ; $t_{1/2} \approx 0{,}23$ min lu sur le graphique 2 (4)

D'après la question 5.3 :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln 2}{5{,}6 \times 10^{-2}} = 12\ \text{s}, \quad \text{soit} \quad \frac{12}{60} = 0{,}20\ \text{min}$$

La lecture graphique de la question 4 donnait $t_{1/2} \approx 0{,}23$ min (environ 14 s). L'écart relatif est de l'ordre de 10 à 15 %.

Les deux valeurs sont du même ordre : compte tenu de l'imprécision des lectures graphiques (tangente à l'origine, abscisse du point d'ordonnée 35), ce résultat est compatible avec une loi d'ordre 1, sans suffire à la valider.

$t_{1/2} = 12\ \text{s} \approx 0{,}20\ \text{min}$, proche de la valeur expérimentale ($\approx 0{,}23$ min).

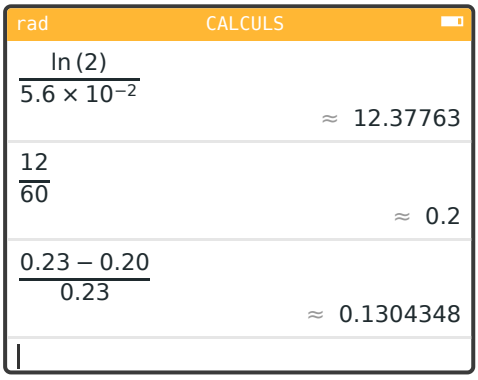
PIÈGE

Comparer 12 et 0,23 sans convertir : l'un est en secondes, l'autre en minutes. Un commentaire sans comparaison chiffrée ne rapporte pas les points.

COMPRENDRE

Test plus exigeant : pour un ordre 1, passer de 35 à 17,5 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ prendrait encore $t_{1/2}$. Sur le graphique 2, il faut environ 0,5 min : le modèle ne décrit pas bien toute la courbe.

À LA CALCULATRICE



Défibrillateur cardiaque implantable

Bac 2022 Centres étrangers 2 Jour 2 · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Écrire les réactions électrochimiques aux électrodes quand la pile débite, puis en déduire l'équation de fonctionnement de la pile.

Données utiles couples $\mathrm{Li^+}$ / $\mathrm{Li(s)}$ et $\mathrm{MnO_2(s)}$ / $\mathrm{MnO_2H(s)}$; électrode négative : feuille de lithium ; électrode positive : dioxyde de manganèse

À l'électrode négative, des électrons partent vers le circuit extérieur : le lithium y est oxydé.

$$\mathrm{Li(s) = Li^+ + e^-}$$

À l'électrode positive, des électrons arrivent : le dioxyde de manganèse y est réduit.

$$\mathrm{MnO_2(s) + H^+ + e^- = MnO_2H(s)}$$

Chaque demi-équation met en jeu un seul électron : on les additionne membre à membre et les électrons s'éliminent.

$\mathrm{Li(s) + MnO_2(s) + H^+ \longrightarrow Li^+ + MnO_2H(s)}$: on retrouve l'équation proposée.

PIÈGE
Oublier $\mathrm{H^+}$ dans la seconde demi-équation : il équilibre l'hydrogène de $\mathrm{MnO_2H}$, et la charge se vérifie ensuite ($+1 - 1 = 0$ de chaque côté).

MÉTHODE
Dans une pile, la borne négative fournit les électrons au circuit : c'est le siège de l'oxydation (anode). La borne positive les reçoit : c'est le siège de la réduction (cathode).

2 Justifier qu'un atome de lithium donne un ion monoatomique $\mathrm{Li^+}$, puis préciser, en justifiant, si le lithium métallique est un réducteur ou un oxydant.

Données utiles configuration électronique du lithium : $1s^2\,2s^1$; extrait du tableau périodique

L'atome de lithium possède un seul électron de valence (sous-couche $2s$). En le perdant, il prend la configuration $1s^2$, celle de l'hélium, gaz noble le plus proche dans le tableau périodique : cette configuration est particulièrement stable. Il lui manque alors un électron pour compenser ses 3 protons : l'ion formé porte la charge $+e$, c'est $\mathrm{Li^+}$.

Le lithium métallique cède un électron : $\mathrm{Li(s) = Li^+ + e^-}$.

Une espèce capable de céder des électrons est un réducteur : le lithium métallique est un **réducteur**.

COMPRENDRE
Tous les éléments de la première colonne (Li, Na…) ont un seul électron de valence : ils forment des cations de charge $+e$ et leurs métaux sont de bons réducteurs.

3 Montrer que la quantité de matière initiale de lithium vaut $2{,}1 \times 10^{-2}$ mol et déterminer la quantité de matière initiale de dioxyde de manganèse $\mathrm{MnO_2}$.

Données utiles $m_{\text{pile}} = 2{,}9$ g ; fractions massiques : 5 % de Li et 30 % de $\mathrm{MnO_2}$; $M(\mathrm{Li}) = 6{,}9\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{MnO_2}) = 86{,}9\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

La masse de lithium représente 5 % de la masse de la pile : $m(\mathrm{Li}) = 0{,}05 \times m_{\text{pile}}$.

$$n_i(\mathrm{Li}) = \frac{m(\mathrm{Li})}{M(\mathrm{Li})} = \frac{0{,}05 \times 2{,}9}{6{,}9} = 2{,}1 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

De même, avec 30 % de dioxyde de manganèse :

$$n_i(\mathrm{MnO_2}) = \frac{0{,}30 \times m_{\text{pile}}}{M(\mathrm{MnO_2})} = \frac{0{,}30 \times 2{,}9}{86{,}9} = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

$n_i(\mathrm{Li}) = 2{,}1 \times 10^{-2}$ mol (valeur attendue) et $n_i(\mathrm{MnO_2}) = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol

PIÈGE
Diviser la masse totale de la pile par la masse molaire : seule une fraction de la pile est du lithium ou du dioxyde de manganèse.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la masse de la pile (2,9 g) et la valeur annoncée par l'énoncé.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.05 \times 2.9}{6.9} \approx 0.02101449$

$\dfrac{0.30 \times 2.9}{86.9} \approx 0.01001151$

4 En déduire le réactif limitant le fonctionnement de la pile et la composition de la pile quand elle est usée.

Données utiles $n_i(\text{Li}) = 2{,}1 \times 10^{-2}$ mol et $n_i(\text{MnO}_2) = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol (Q3)

D'après l'équation de fonctionnement, une mole de Li réagit avec une mole de MnO_2. Comme $n_i(\text{MnO}_2) < n_i(\text{Li})$, le dioxyde de manganèse est épuisé en premier : c'est le réactif limitant, et $x_{max} = n_i(\text{MnO}_2) = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol.

Pile usée (état final) :

- $n_f(\text{MnO}_2) = 0$ mol ;
- $n_f(\text{Li}) = n_i(\text{Li}) - x_{max} = 2{,}1 \times 10^{-2} - 1{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}1 \times 10^{-2}$ mol ;
- $n_f(\text{Li}^+) = n_f(\text{MnO}_2\text{H}) = x_{max} = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol formés.

Réactif limitant : MnO_2. La pile usée contient $1{,}1 \times 10^{-2}$ mol de Li, $1{,}0 \times 10^{-2}$ mol de Li^+ et $1{,}0 \times 10^{-2}$ mol de MnO_2H.

PIÈGE
« Composition » : donner seulement le réactif restant ne suffit pas, les produits formés font aussi partie de la pile usée.

MÉTHODE
Avec des nombres stœchiométriques tous égaux à 1, le réactif limitant est celui dont la quantité initiale est la plus petite. Sinon, comparer les rapports n_i sur nombre stœchiométrique.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2.1 \times 10^{-2} - 1.0 \times 10^{-2} \approx 0.011$

5 Définir la capacité électrique Q d'une pile et calculer sa valeur maximale pour la pile au lithium considérée.

Données utiles $F = 96\,500$ C · mol^{-1} ; $x_{max} = n_i(\text{MnO}_2) = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol (Q4)

La capacité électrique Q d'une pile est la charge électrique totale qu'elle peut faire circuler dans un circuit, depuis l'état neuf jusqu'à l'épuisement du réactif limitant.

D'après les demi-équations, un électron est échangé chaque fois qu'un MnO_2 est consommé : $n(\text{e}^-) = x_{max} = n_i(\text{MnO}_2)$.

Une mole d'électrons porte la charge F (en valeur absolue), donc :

$$Q_{max} = n(\text{e}^-) \times F = \frac{0{,}30 \times 2{,}9}{86{,}9} \times 96\,500 = 9{,}7 \times 10^2 \text{ C}$$

$Q_{max} = 9{,}7 \times 10^2$ C

PIÈGE
Calculer avec la quantité de lithium : les $1{,}1 \times 10^{-2}$ mol en excès ne réagissent jamais et ne fournissent aucun électron.

COMPRENDRE
$F = N_A \times e$: c'est la charge d'une mole d'électrons. On pouvait donc aussi écrire $Q = n(\text{e}^-) \times N_A \times e$ avec les deux autres données.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.30 \times 2.9}{86.9} \times 96\,500 \approx 966.1105$

6 Le fabricant annonce une capacité réelle de 225 mAh. Proposer une cause pour rendre compte de l'écart entre la valeur maximale et la valeur réelle.

Données utiles $Q_{max} = 9{,}7 \times 10^2$ C, soit 966 C avant arrondi (Q5) ; 1 mAh $= 10^{-3}$ A $\times$ 3600 s $= 3{,}6$ C

Conversion de la valeur maximale : $Q_{max} = \dfrac{966}{3{,}6} = 2{,}7 \times 10^2$ mAh.

La capacité réelle (225 mAh) est inférieure à cette valeur maximale : la pile ne délivre qu'environ 84 % de la charge théorique.

Le calcul de Q_{max} suppose une transformation totale. En pratique, la pile cesse d'être utilisable avant que tout le dioxyde de manganèse ait réagi : une partie du solide reste inaccessible aux ions, et la tension devient trop faible avant l'épuisement complet.

$Q_{réelle} = 225$ mAh $< Q_{max} = 2{,}7 \times 10^2$ mAh : le réactif limitant n'est pas entièrement consommé.

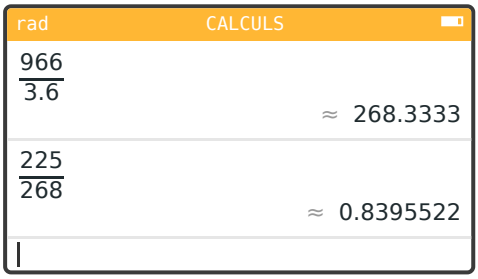
COMPRENDRE

Une seule cause plausible et argumentée suffit. L'autodécharge (réactions parasites pendant le stockage) ou une composition massique connue de façon approchée sont d'autres réponses recevables.

MÉTHODE

Pour comparer deux grandeurs, les mettre d'abord dans la même unité. Ici $Q = I \times \Delta t$ donne 1 Ah $= 1$ A $\times$ 3600 s $= 3600$ C.

À LA CALCULATRICE



7 Avec la capacité donnée par le fabricant, comparer l'énergie massique de la pile au lithium du défibrillateur à celles des autres piles du tableau. Commenter.

Données utiles $Q = 225$ mAh ; $U = 3{,}0$ V ; $m_{\text{pile}} = 2{,}9$ g ; $E = Q \cdot U$; énergies massiques du tableau (en $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$) : 1215 ; 378 ; 130 ; 363

Capacité en coulombs : $Q = 225 \times 10^{-3}\ \text{A} \times 3600\ \text{s} = 810\ \text{C}$.

Énergie massique : énergie stockée divisée par la masse de la pile.

$$E_m = \frac{E}{m_{\text{pile}}} = \frac{Q \times U}{m_{\text{pile}}} = \frac{810 \times 3{,}0}{2{,}9} = 8{,}4 \times 10^2\ \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$$

Cette valeur est plus de deux fois supérieure à celles des piles zinc-argent (378) et alcaline (363), plus de six fois supérieure à celle de la pile zinc-air (130), mais inférieure à celle de la pile lithium-monofluorure de carbone (1215).

Commentaire : à énergie égale, cette pile est bien plus légère que les piles au zinc ou alcalines. C'est adapté à un boîtier implanté dans le thorax, qui doit rester petit et léger et dont on veut remplacer la pile le moins souvent possible.

$E_m = 8{,}4 \times 10^2\ \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$: deuxième du classement, derrière la pile lithium-monofluorure de carbone.

PIÈGE

Laisser Q en mAh dans $E = Q \cdot U$: la formule exige des coulombs pour obtenir des joules. Utiliser aussi la capacité du fabricant, pas celle calculée en question 5.

À LA CALCULATRICE

