

A. PHYSIQUE (8 points)

I. TRAITEMENT DE L'EAU D'UNE PISCINE (3,5 points)

On peut lire sur le site Internet d'un fournisseur de matériel pour piscine privée :

*L'électrolyseur de sel : la star des traitements automatiques.
Ce procédé consiste à saler légèrement votre eau de piscine. Ensuite, un appareil dit d'électrolyse est installé sur votre filtration. L'eau salée passe par une cellule générant un courant et qui « dégage » un dérivé du chlore appelé ion hypochlorite (ClO^-), très doux et très puissant. La désinfection est parfaite car douce et permanente.*

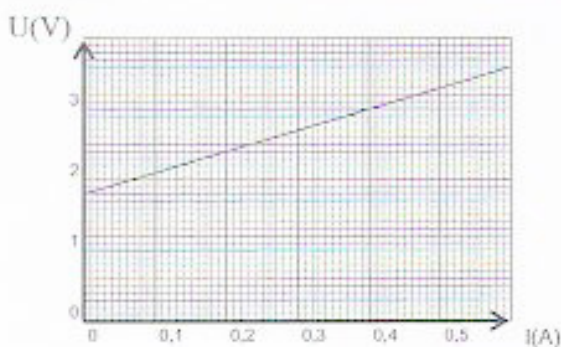
On se propose par la suite d'étudier le principe de ce dispositif.

1. Principe de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium

Pour cette étude, on met en œuvre au laboratoire l'expérience décrite ci-après.

Un tube en U muni de deux électrodes joue le rôle d'électrolyseur. Il contient une solution de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$). Les deux électrodes A et B sont reliées chacune aux bornes positive et négative d'un générateur de tension continue comme indiqué sur la figure 1 en annexe page 8.

L'étude expérimentale permet d'obtenir la courbe caractéristique modélisée de l'électrolyseur ci-dessous donnant l'évolution de la tension U aux bornes de l'électrolyseur en fonction de l'intensité I du courant qui le traverse.



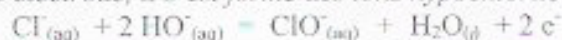
L'électrolyseur est caractérisé par sa force contre électromotrice E' et sa résistance interne r' .

I.1 Donner l'expression générale de la tension U aux bornes d'un électrolyseur.

I.2 Déterminer à l'aide du graphique les valeurs des deux grandeurs E' et r' qui caractérisent cet électrolyseur.

2. Après plusieurs minutes de fonctionnement, on identifie les produits formés :

- à une électrode, il s'est formé des ions hypochlorite :



- à l'autre électrode, il s'est formé du dihydrogène gazeux et des ions hydroxyde HO^- :



2.1. Sur l'annexe à rendre avec la copie, compléter le schéma de la figure 1 en indiquant :

- le sens de déplacement des électrons dans les fils ;
- l'anode et la cathode.

2.2. Identifier l'électrode à laquelle se forment les ions hypochlorite.

3. Etude d'un électrolyseur de piscine

L'électrolyse est réalisée par un coffret d'alimentation électrique délivrant une tension continue $U = 10,0 \text{ V}$. L'intensité du courant, considérée comme constante, vaut $I = 20,0 \text{ A}$.

3.1. Montrer que la charge électrique circulant dans le dispositif pendant la durée $\Delta t = 30,0 \text{ min}$ a pour valeur $Q = 3,60 \times 10^4 \text{ C}$.

3.2. Exprimer puis calculer la quantité de matière d'ions hypochlorite notée $n(\text{ClO}^-)$, que peut produire cette électrolyse en 30,0 minutes de fonctionnement.

Données :

La constante de Faraday \mathcal{F} : $\mathcal{F} = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

II. IRIDIUM 192 ET CURITHERAPIE (4,5 points)

La curiethérapie est une technique qui consiste à implanter temporairement, des sources radioactives dans une tumeur, ou à proximité d'une tumeur. Ces sources émettent des rayonnements dont la caractéristique commune est de produire des ionisations de la matière qu'ils traversent et de provoquer la destruction des cellules tumorales.

Cette technique permet d'irradier la tumeur en protégeant au maximum les organes voisins et dans certains cas d'éviter les traitements chirurgicaux.

1. Pour détruire certaines tumeurs, on utilise l'iridium $^{192}_{77}\text{Ir}$ (radioélément artificiel) à partir duquel on obtient, par désintégration, un noyau de platine $^{192}_{78}\text{Pt}$, une particule chargée, ainsi qu'un rayonnement γ . La période radioactive (ou demi-vie) de l'iridium est $T = 74$ jours.

1.1. Ecrire l'équation de désintégration de l'iridium 192, en indiquant les lois de conservation utilisées.

1.2. Donner le nom de la particule émise et le type de radioactivité correspondant.

2. L'expression générale de l'évolution temporelle du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un radioélément en fonction du temps est : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$.

λ étant la constante radioactive et N_0 étant le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon étudié.

2.1. Donner la définition de la période radioactive d'un radioélément.

2.2. Etablir la relation $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$, puis calculer la valeur de λ en jours⁻¹.

2.3. Tracer sur la copie l'allure de la courbe de décroissance radioactive $N = f(t)$ en précisant en fonction de N_0 les ordonnées des points d'abscisses $t = 0$, $t = T$ et $t = 2T$.

3. On suppose que le corps humain ne contient pas d'iridium 192 initialement. A la date $t = 0$, on implante à un patient un fil de platine iridié (alliage de platine et de 20% d'iridium) contenant $N_0 = 8,0 \times 10^4$ noyaux d'iridium 192.

3.1. Déterminer le nombre de noyaux d'iridium 192 restants dans le patient aux instants de date $t_1 = 74$ jours, $t_2 = 148$ jours et $t_3 = 222$ jours.

3.2. On considère qu'au bout de deux ans, la quantité de noyaux restants est négligeable par rapport à celle introduite.

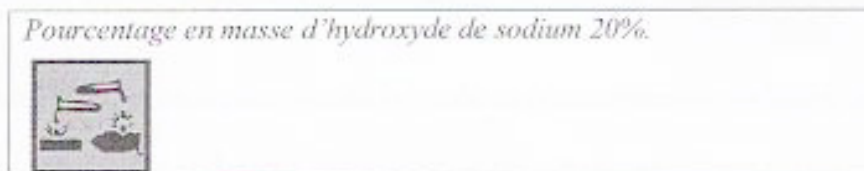
Vérifier numériquement cette affirmation.

B. CHIMIE (12 points)

I. TITRAGE D'UN PRODUIT DÉBOUCHEUR D'ÉVIER (6,5 points)

Un produit ménager liquide déboucheur d'évier est constitué entre autres d'hydroxyde de sodium aqueux ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$).

Sur l'étiquette, on trouve les indications suivantes :



Un élève souhaite vérifier l'indication portée par l'étiquette grâce à un titrage pH-métrique.

1. Préparation de la solution à titrer

Le produit ménager étant très concentré, l'élève procède initialement à une dilution au $1/20^{\text{ème}}$ afin d'obtenir une solution aqueuse diluée appelée solution S.

1.1. Indiquer la signification du pictogramme figurant sur le flacon et préciser les précautions d'emploi correspondantes.

1.2. Calculer le volume V_0 de produit ménager à prélever pour préparer un volume $V = 100,0$ mL de solution S.

1.3. Dans la liste suivante, choisir le matériel adapté pour réaliser cette dilution :

- Pipettes jaugées de 5,0 mL, 10,0 mL et 20,0 mL ;
- Éprouvettes graduées de 5 mL, 10 mL, 100 mL et 200 mL ;
- Fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL et 200,0 mL.

2. Titrage pH-métrique de la solution S

L'élève prélève un volume $V = 5,0$ mL de solution S auquel il ajoute environ 20 mL d'eau distillée. Il titre le mélange obtenu par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$) de concentration molaire $C_A = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On appelle V_A le volume de solution d'acide chlorhydrique progressivement versé.

$V_A(\text{mL})$	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	11,5	12,0	13,0	13,5	14,0
pH	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,5	13,4	13,3	13,1	12,8

$V_A(\text{mL})$	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	18,0	20,0	21,0	22,0
pH	11,6	7,1	3,0	2,5	2,0	1,6	1,3	1,1	1,1	1,0

2.1. Tracer la courbe $pH = f(V_A)$ donnant l'évolution du pH en fonction de V_A .

On prend l'échelle suivante :

en abscisses : 1 cm \leftrightarrow 1 mL ; en ordonnées : 1 cm \leftrightarrow une unité de pH .

2.2. Déterminer graphiquement la valeur du volume équivalent en précisant le nom de la méthode utilisée.

2.3. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

2.4. Donner une définition de l'équivalence et expliciter la relation entre quantités de matière utiles.

2.5. Etablir l'expression puis calculer la valeur de la concentration molaire C de la solution S.

2.6. Dans le tableau ci-dessous, figurent quelques indicateurs colorés et leur zone de virage. Préciser l'indicateur le plus approprié pour ce titrage. Justifier.

Indicateur coloré	Zone de virage
Hélianthine	3,1 – 4,4
Rouge de phénol	6,5 – 8,4
Phénolphthaléine	8,2 – 10,0

3. Confrontation des résultats expérimentaux avec les indications de l'étiquette

3.1. À partir du résultat de la question 2.4, déterminer la concentration molaire C_0 d'hydroxyde de sodium dans le produit ménager.

3.2. Dédurre du résultat précédent la masse d'hydroxyde de sodium par litre de solution de produit ménager.

3.3. Déterminer le pourcentage massique d'hydroxyde de sodium dans le produit ménager sachant que la masse volumique de ce produit ménager est $\rho = 1,23 \text{ kg.L}^{-1}$.

3.4. Ce résultat est-il cohérent avec l'indication portée par l'étiquette ?

Justifier la réponse à l'aide du calcul de l'écart relatif entre le résultat obtenu et le résultat attendu.

Données :

Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

$M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

$M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$

II. SUIVI CINÉTIQUE D'UNE RÉACTION D'OXYDOREDUCTION (5,5 points)

L'eau oxygénée ou solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène a des propriétés désinfectantes dues à son pouvoir oxydant. On souhaite étudier la réaction d'oxydation des ions iodure $I^-_{(aq)}$ par le peroxyde d'hydrogène $H_2O_{2(aq)}$ en milieu acide. Cette réaction est lente.

1. Les réactifs en présence

Dans la classification périodique des éléments, on trouve pour l'iode la notation : $^{127}_{53}I$.

1.1. Donner le nom et la signification du nombre écrit en bas à gauche du symbole de l'élément.

1.2. Donner la configuration électronique (s, p, d...) de l'atome d'iode, pris dans son état fondamental, en appliquant les règles de remplissage des sous-couches électroniques.

1.3. Déduire de cette configuration la position (ligne et colonne) de l'iode dans la classification périodique.

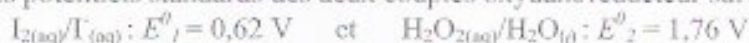
1.4. L'iode est présent dans un grand nombre de composés sous la forme d'ion iodure I^- . Proposer une explication quant à la tendance à la formation de l'ion iodure I^- .

1.5. Établir le schéma de Lewis de la molécule H_2O_2 .

2. Suivi cinétique de la réaction

À l'instant $t = 0$, on mélange dans un becher un volume $V_1 = 100,0$ mL d'une solution d'iodure de potassium ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$) de concentration molaire $C_1 = 0,50$ mol.L $^{-1}$ et $V_2 = 100,0$ mL d'une solution de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 de concentration molaire $C_2 = 5,0 \times 10^{-2}$ mol.L $^{-1}$. On ajoute en large excès de l'acide sulfurique.

2.1. On donne les potentiels standards des deux couples oxydant/réducteur suivants :



Écrire la demi-équation électronique pour chacun de ces deux couples et montrer que l'équation de la réaction entre le peroxyde d'hydrogène et les ions iodure peut s'écrire :



2.2. Calculer les quantités de matière d'ions iodure n_1 et de peroxyde d'hydrogène n_2 apportées dans le mélange initial. Déterminer le réactif limitant.

2.3. À l'instant $t = 2,5$ min, on prélève un volume $V = 10,0$ mL du mélange et on dose la quantité de diiode I_2 formée. On répète cette opération toutes les 2 minutes 30 s. La courbe donnant l'évolution de la concentration molaire en diiode $[I_2]$ en fonction du temps est fournie sur la figure 2 de l'annexe page 8.

Calculer la valeur de la vitesse de formation du diiode à l'instant $t = 5$ min.

2.4. Déduire de la réponse précédente la valeur de la vitesse de disparition du peroxyde d'hydrogène à l'instant $t = 5$ min.

2.5. Proposer une méthode qui permettrait d'augmenter la vitesse de formation du diiode.

Données :

Pour l'élément hydrogène H : $Z = 1$; Pour l'élément oxygène O : $Z = 8$.

ANNEXE (à rendre avec la copie)

Figure 1 : PHYSIQUE - Exercice I : traitement de l'eau d'une piscine

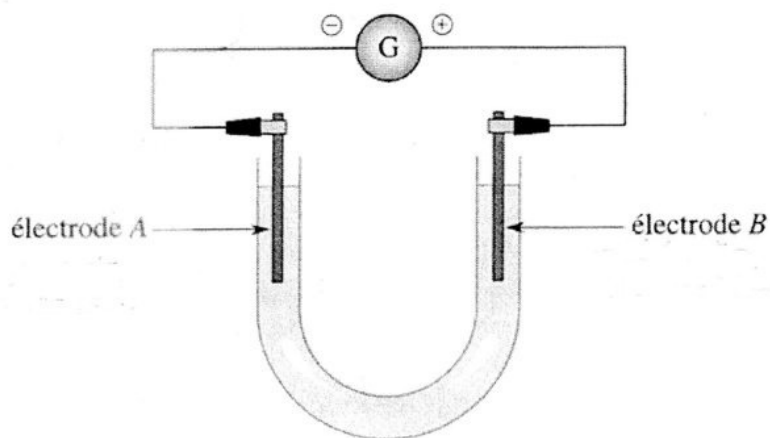


Figure 2. CHIMIE - Exercice II :
Suivi cinétique d'une réaction d'oxydoréduction : évolution de la concentration de diiode en fonction du temps

$[I_2]$ (mmol.L⁻¹)

