Antilles Guyane 2008 EXERCICE II. L'EAU DE JAVEL (6,5 points)

Sur l'étiquette d'un berlingot d'eau de Javel on peut lire :

- Volume du berlingot : V_b = 250 mL
- Composition : Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium ($Na^+(aq)+ ClO^-(aq)$)
- Dilution : introduire un berlingot dans un flacon de 1 litre et le compléter d'eau.
- À utiliser dans les trois mois suivant l'achat

On se propose, au cours de ce sujet, d'étudier dans trois parties indépendantes
- la préparation du dichlore nécessaire à l'obtention de l'eau de Javel
- la cinétique de la décomposition de l'eau de Javel
- la conservation de l'eau de Javel.

1. Préparation du dichlore

L'eau de Javel est préparée industriellement par réaction entre le dichlore (Cl_2) et la soude ($Na^+(aq)+HO^-(aq)$). Le dichlore est obtenu par électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium ($Na^+(aq)+Cl^-(aq)$).

1.1. Quelle transformation subissent les ions chlorure lors de l'électrolyse ? Écrire la demi-équation associée à cette transformation.

1.2. Quel nom donne-t-on à l'électrode où a lieu cette transformation ?

1.3. Afin de préparer en 90 minutes la solution commercialisée dont l'étiquette est donnée ci-dessus, il faut obtenir $5{,}25.10^{-1}$ mol de dichlore à partir de la solution électrolysée.
Déterminer la quantité n_e d'électrons nécessaire puis l'intensité I du courant qui doit circuler dans l'électrolyseur si la transformation est considérée comme totale.
Donnée: la constante de Faraday a pour valeur : $9{,}65.10^4$ C.mol^{-1}

2. Décomposition de l'eau de Javel

2.1. Étude préliminaire

L'eau de Javel est une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium *($Na^+(aq)+ClO^-(aq)$)*. L'ion hypochlorite est fortement oxydant. Il est, en particulier, susceptible d'oxyder l'eau selon l'équation chimique :

$$2\ ClO^-(aq) = O_2(g) + 2\ Cl^-(aq)$$

2.1.1. Cette réaction étant très lente, on peut la catalyser par les ions cobalt $Co^{2+}(aq)$.
Donner la définition d'un catalyseur.
2.1.2. Pour étudier la cinétique de la décomposition de l'eau de Javel, on prépare une solution diluée à partir de la solution S_0 de concentration c_0 contenue dans un berlingot récemment fabriqué.
Choisir, en justifiant, le lot de verrerie adapté à la préparation d'un volume V_1 = 100 mL de solution diluée S_1 de concentration $c_1 = c_0/4$.

Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
Éprouvette graduée de 50 mL Éprouvette graduée de 100 mL Becher de 50m L	Pipette jaugée de 50,0 mL Fiole jaugée de 100 mL Becher de 50 mL	Pipette jaugée de 25,0 mL Éprouvette graduée de 100 mL Becher de 50 mL	Pipette jaugée de 25,0 mL Fiole jaugée de 100 mL Becher de 50 mL

2.2. Suivi cinétique

La réaction s'effectue dans un ballon de volume V_B = 1,2 L hermétiquement fermé. On mesure, à une température constante, la variation de la pression ΔP due au dioxygène gazeux produit.

Dans le ballon de volume V_B, on introduit V_1 = 100 mL de la solution S_1, puis on déclenche le chronomètre à l'instant où l'on met le catalyseur dans la solution.

On montre que la pression mesurée P_{mes} dans le ballon à une date t quelconque a pour expression :

$$P_{mes} = P_0 + n(O_2)\frac{RT}{V_B}$$

La température est T = 290 K.

La pression initiale dans le ballon est $P_0 = 1{,}00.10^5$ Pa,

$n(O_2)$ la quantité de dioxygène produit

et R la constante des gaz parfaits : R = 8,31 $J.mol^{-1}.K^{-1}$.

Dans cette expression, on néglige le volume de la solution devant le volume gazeux.

2.2.1. Montrer que l'avancement x de la réaction, à une date quelconque, a pour expression :

$$x = 5{,}0.10^{-7}\Delta P$$

On pourra s'aider d'un tableau d'évolution de la réaction.

2.2.2. On relève la pression P_{mes} dans le ballon à différentes dates afin de tracer la courbe $\Delta P = f(t)$ où $\Delta P = P_{mes} - P_0$ (exprimée en Pascal).

En faisant clairement apparaître la construction nécessaire sur la courbe $\Delta P = f(t)$ représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE**, déterminer la valeur de l'avancement final x_f.

2.2.3. Donner la définition du temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur en faisant clairement apparaître les constructions nécessaires sur la courbe $\Delta P = f(t)$ représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE**.

2.2.4. La vitesse volumique de réaction étudiée est donnée par la relation : $v_r = \frac{1}{V_1}.\frac{dx}{dt}$

Préciser l'unité de v_r lorsque le volume est exprimé en litre.

2.2.5. Déduire de l'expression précédente que la vitesse volumique de réaction s'exprime par :

$$v_r = 5{,}0.10^{-6}.\frac{d(\Delta P)}{dt}$$

2.2.6. Comment évolue, qualitativement, la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier la réponse en utilisant la courbe représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE**.

3. Conservation de l'eau de Javel

Le degré chlorométrique français de l'eau de Javel correspond au volume de dichlore gazeux, exprimé en litre, (à une température T = 273 K et sous une pression de 10^5 Pa) nécessaire à la préparation d'un litre d'eau de Javel suivant une transformation totale modélisée par l'équation chimique suivante :

$$Cl_2(g) + 2\ HO^-(aq) = ClO^-(aq) + Cl^-(aq) + H2O(\ell)$$

Dans les conditions de l'expérience, la quantité de matière de dichlore nécessaire à la fabrication d'un litre d'eau de Javel à 48° est donc $n(Cl_2)$ = 2,10 mol.

3.1. Déterminer la concentration molaire c_0 en ions hypochlorite de l'eau de Javel contenue dans un berlingot.

En déduire la concentration c_1 de la solution S_1.

3.2. Calculer la quantité de matière n_1 des ions hypochlorite présents dans le volume V_1 = 100 mL de solution S_1.

3.3. En utilisant la courbe représentée sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE** et la relation donnée dans la question 2.2.1., déterminer la quantité de matière d'ions hypochlorite restant dans la solution après 10 minutes de décomposition ?

3.4. Conclure quant à l'importance d'utiliser rapidement l'eau de Javel concentrée après l'achat.

ANNEXE DE L'EXERICE II

Questions 2.2.2., 2.2.6. et 3.3.

variation de la pression en fonction du temps

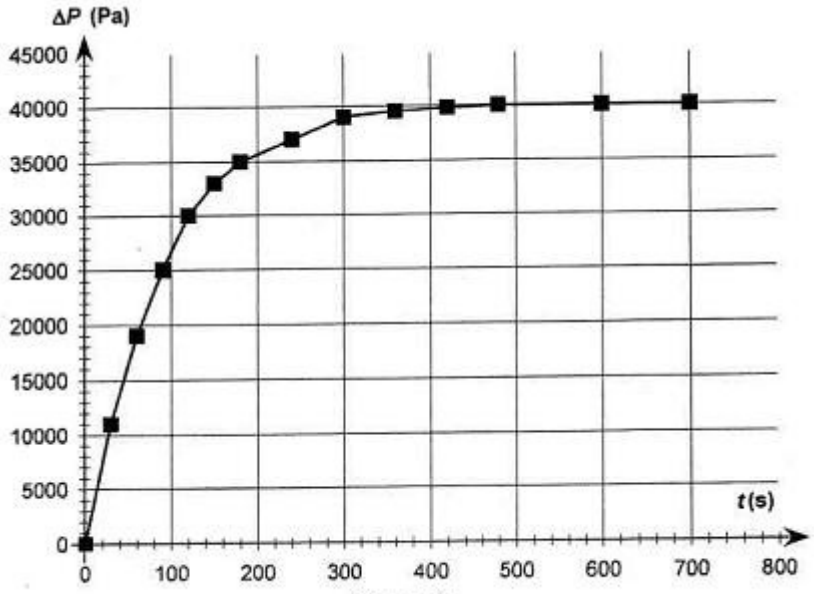


Figure 3