

EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points) (physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : **exercice 4 – A** ou **exercice 4 – B**

EXERCICE 4 – A L'ÉTHYLOTEST

Mots clés : *nombre d'oxydation, réaction d'oxydoréduction, pile*

Les éthylotests et les éthylomètres sont des détecteurs qui mettent en œuvre des transformations modélisées par des réactions d'oxydo-réduction pour détecter la présence d'éthanol dans l'air expiré. Cet exercice étudie leur fonctionnement.

L'éthanol, de formule $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, est l'alcool contenu dans les boissons. Il n'est pas transformé dans le tube digestif, et passe dans le sang très rapidement après son ingestion. Après une absorption d'une certaine quantité d'alcool, la concentration en masse maximale dans le sang en éthanol est appelée « taux d'alcoolémie ». Celle-ci, atteinte en une demi-heure à jeun ou en une heure après un repas, est proportionnelle à la concentration en masse d'éthanol dans l'air expiré.

Le seuil toléré est de 0,2 g d'éthanol par litre de sang qui correspond à 0,1 mg d'éthanol par litre d'air expiré.

D'après sécurité-routière.gouv.fr

Partie A : L'éthylotest à usage unique

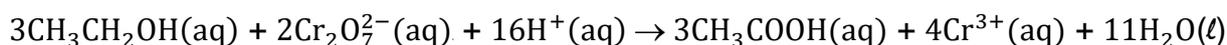
Aujourd'hui, dans les stations-services, en pharmacie ou en grandes surfaces, on peut acheter des alcootests jetables. Ils sont constitués d'un sachet gonflable de volume 1,0 L et d'un tube en verre contenant des cristaux jaunes de dichromate de potassium : $(2\text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}))$ en milieu acide.

Lorsque l'automobiliste souffle dans le ballon et fait passer l'air qui contient des vapeurs d'alcool à travers le tube, les cristaux se colorent en vert. Si la coloration verte dépasse le trait témoin sur le tube, le seuil est dépassé et celui-ci est en infraction.

Données :

- masses molaires moléculaires :
 $M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- couple oxydant-réducteur pour l'éthanol : $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})/\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{aq})$;
- couple oxydant-réducteur pour l'ion dichromate : $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})/\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$.

La transformation chimique mise en jeu dans l'éthylotest consiste en l'oxydation de l'éthanol par les ions dichromate. Elle est modélisée par la réaction chimique dont l'équation est la suivante :



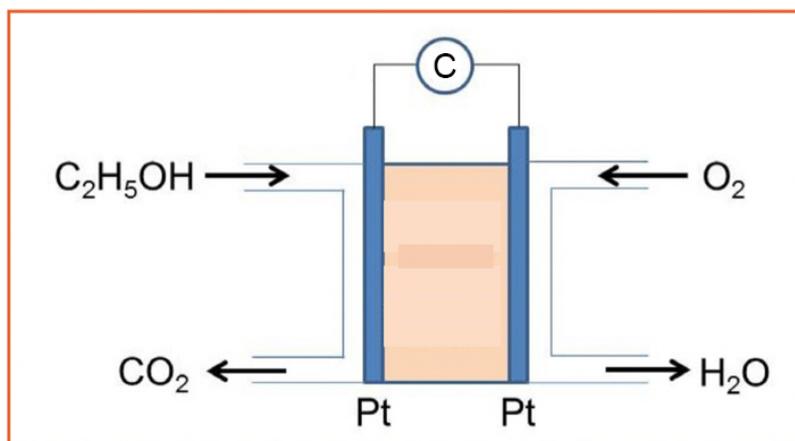
1. À partir des couples redox fournis, retrouver l'équation bilan de la réaction qui modélise cette transformation.

Lors de l'utilisation d'un éthylotest à usage unique, le test est positif si une masse de 0,425 mg de dichromate de potassium change de couleur.

2. Déterminer la quantité de matière de dichromate de potassium correspondant à cette masse.
3. Retrouver la masse d'éthanol contenue dans l'air expiré qui rend le test positif.

Partie B : L'éthylomètre électronique

Contrairement à l'éthylotest à usage unique, les **éthylomètres électroniques** sont réutilisables et fournissent la valeur du taux d'alcoolémie. Ils sont équipés de cellules qui fonctionnent sur le principe d'une pile à combustible telle que celle représentée ci-dessous :



« C » (partie supérieure du schéma) représente le circuit extérieur à la pile.
Les deux électrodes sont en platine (Pt)

Données :

Couples oxydant-réducteur mis en jeu dans cette pile :

- CO_{2(g)}/CH₃CH₂OH_(aq) avec la demi-équation électronique associée :
$$2 \text{CO}_{2(g)} + 12 \text{H}^+_{(aq)} + 12 \text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}_{(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
- O_{2(g)}/H₂O_(l) avec la demi-équation électronique associée :
$$\text{O}_{2(g)} + 4 \text{H}^+_{(aq)} + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

La pile ainsi constituée fait circuler un courant électrique dans le circuit extérieur dès qu'elle fonctionne, c'est-à-dire dès que de l'éthanol est présent dans l'air expiré de la personne testée.

4. Justifier que le compartiment de droite correspond à la cathode de la pile.
5. Faire figurer sur le schéma de **L'ANNEXE page 15/15, À RENDRE AVEC LA COPIE** :
 - a) la polarité de la pile ;
 - b) le sens de déplacement des électrons et du courant à l'extérieur de la pile ;
 - c) le nom de chaque électrode.
6. Écrire l'équation de la réaction qui modélise la transformation chimique lors du fonctionnement de la pile.

Partie C : Étude de cas

Lors d'un accident de voiture, un test d'alcoolémie est réalisé sur un conducteur de 80 kg qui affirme n'avoir bu qu'une canette de bière de 25 cL à 5,1 degrés.

On calcule le taux d'alcoolémie T (exprimée en g d'éthanol par litre de sang) avec la relation :

$$T = \frac{V \cdot \rho \cdot 8 \times 10^{-2}}{K \cdot m}$$

Avec :

- V : le volume de boisson ingéré en cL ;
- ρ : le degré d'alcool de la boisson ingérée ;
- K : le coefficient de diffusion (0,7 pour un homme de 80 kg) ;
- m : la masse de l'individu en kg.

7. Déterminer le taux d'alcoolémie de l'homme, exprimé en g d'éthanol par litre de sang, correspondant à ses affirmations.

L'intensité du courant électrique I débité par la pile de l'éthylomètre est liée à la masse d'éthanol en mg d'éthanol par litre d'air expiré par la relation :

$$m_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} = \frac{M_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}}}{1,16 \times 10^2} \times I$$

avec $M_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} = 46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

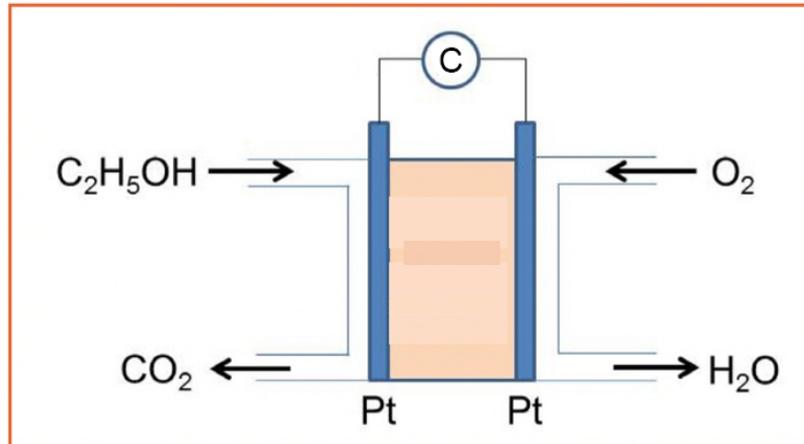
Lors du test du conducteur, l'intensité débitée par la pile de l'éthylomètre est de :
 $I = 0,39 \text{ A}$.

8. Exploiter cette donnée pour savoir si le conducteur dit la vérité sur sa consommation d'alcool.

EXERCICE 4-A : ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Partie B – question 5

Principe d'une pile à combustible fonctionnant à l'éthanol



« C » (partie supérieure du schéma) représente le circuit extérieur de la pile.