

## EXERCICE 4 (5 points)

(physique-chimie)

Les éthylotests sont des détecteurs d'éthanol qui mettent en œuvre des réactions d'oxydoréduction. Cet exercice a pour but de comprendre leur fonctionnement.

L'alcool contenu dans les boissons est l'éthanol, de formule semi-développée  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . L'éthanol est absorbé, passe dans le tube digestif puis dans le sang.

La concentration en masse d'éthanol dans le sang est appelée alcoolémie. Sa valeur maximale est atteinte une demi-heure après l'ingestion, si l'on est à jeun, ou en une heure, si l'on a mangé.

L'estimation de cette alcoolémie est faite à partir d'une mesure réalisée sur un volume d'air expiré. On admet que l'alcoolémie est proportionnelle à la concentration en masse de l'éthanol dans l'air expiré : 0,25 mg d'éthanol par litre d'air expiré correspond à une alcoolémie de  $0,50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Données :

- Couples oxydant/réducteur :

- Ion dichromate (jaune) / ion chrome (III) (vert) :  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) / \text{Cr}^{3+}(\text{aq})$ .
- Acide éthanoïque (incolore) / éthanol (incolore) :  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) / \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{aq})$ .

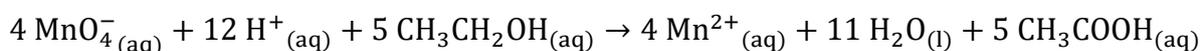
L'équation de demi-réaction associée s'écrit :



- Ion permanganate (violet) / ion manganèse (incolore) :  $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ .
- Masse molaire de l'éthanol :  $M_1 = 46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Masse molaire du dichromate de potassium :  $M_2 = 294 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

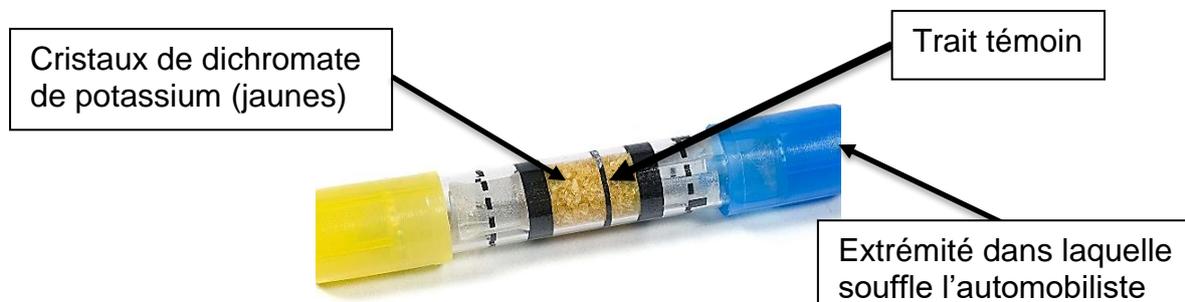
Le premier appareil permettant d'estimer la quantité d'alcool dans l'air expiré, de façon suffisamment fiable et hors laboratoire, est mis au point par Rolla N. Harger de l'Université de l'Indiana en 1931. La personne souffle dans un ballon. L'air contenu dans ce dernier traverse ensuite une solution de permanganate de potassium ( $\text{K}^+$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ) acidifiée par de l'acide sulfurique. En cas de test positif, les ions permanganate sont totalement consommés.

L'équation modélisant la transformation chimique mise en jeu lors de ce test est :



1. À l'aide de l'équation écrite ci-dessus, expliquer en quoi il est pertinent d'utiliser une solution de permanganate de potassium acidifiée par de l'acide sulfurique.
2. Préciser le changement de teinte observé lorsque le test réalisé est positif.
3. Déterminer le nombre d'oxydation de l'élément manganèse dans l'ion manganèse, puis dans l'ion permanganate.
4. En déduire si, pour l'élément manganèse, on a affaire à une oxydation ou une réduction au cours d'un test positif.

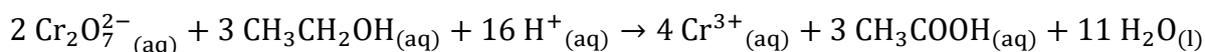
De nos jours, on peut acheter des alcootests jetables dans les stations-services, en pharmacie, ou encore en grande surface. Ils sont constitués d'un sachet gonflable de capacité 1 L et d'un tube de verre contenant des cristaux jaunes de dichromate de potassium en milieu acide. Ceux-ci se colorent en vert au contact de l'éthanol. L'automobiliste souffle dans le ballon et l'air expiré passe à travers le tube. Si la coloration verte dépasse le trait témoin sur le tube, le seuil toléré de  $0,50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  est dépassé.



Source : d'après *futura-sciences.com*

5. Expliquer le changement de coloration des cristaux présents dans le tube de verre au contact de l'éthanol.

La transformation chimique se déroulant dans l'alcootest est modélisée par la réaction d'équation :



6. Écrire la demi-équation électronique pour le couple  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})/\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$  intervenant dans cette transformation chimique.
7. Déterminer la quantité de matière d'éthanol  $n_1$  expiré par litre d'air dans l'hypothèse d'une alcoolémie égale au seuil limite de  $0,50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .
8. Montrer que la quantité de matière d'ions dichromate qui doit alors réagir avec l'éthanol expiré vaut  $n_2 = 3,6 \times 10^{-6} \text{ mol}$ .
9. En déduire la masse de dichromate de potassium minimale nécessaire afin de détecter une alcoolémie située au seuil limite de  $0,50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .