



La pelouse synthétique

Mots clés*Distillation, dosage en retour, mécanisme réactionnel, spectroscopie IR*

Aux JO de Paris, les hockeyeurs vont jouer sur un gazon synthétique particulièrement respectueux de l'environnement. Les fibres de ce gazon seront majoritairement composées de polyéthylène biosourcé car il est fabriqué à partir de cannes à sucre.

Le polyéthylène est une matière plastique très utilisée, notamment dans la fabrication de pelouses synthétiques. Il s'obtient par polymérisation de l'éthène (appelé aussi éthylène), lui-même obtenu par déshydratation de l'éthanol.

Le plus souvent, le polyéthylène est issu de combustibles fossiles de la pétrochimie.

Extraction de l'éthanol du moût fermenté

Le broyage des cannes à sucre permet d'obtenir un sirop épais appelé la mélasse. Après fermentation alcoolique de la mélasse, on obtient un moût fermenté riche en éthanol, qui est extrait par distillation.

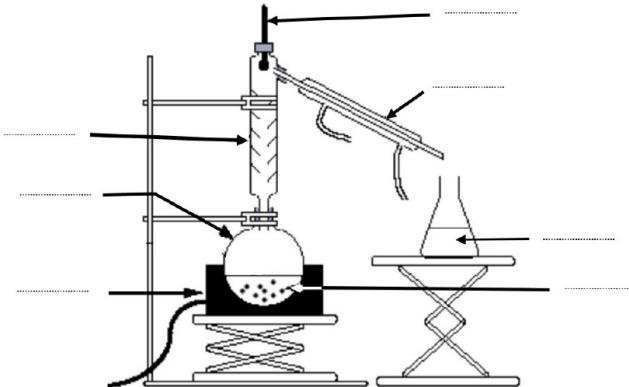
On estime que la concentration en quantité de matière d'éthanol dans le moût fermenté est $7,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Afin de contrôler la concentration en éthanol dans le moût fermenté, noté solution S, on réalise une distillation fractionnée. À partir du distillat, on fabrique par dilution une solution S1. **Dans la suite de l'exercice nous considérerons que la solution S1 correspond à la solution S diluée 50 fois.**

1) Légender le schéma de la distillation donné ci-contre et préciser le sens de circulation de l'eau.

2) L'éthanol réagit avec les ions dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ en milieu acide, mais cette transformation, quoique totale, est lente : elle ne peut donc pas être le support d'un titrage.

On réalise alors un dosage en retour de l'éthanol présent dans le distillat, selon les deux étapes suivantes.



Étape 1 : les ions dichromate sont introduits en excès dans un volume donné de la solution S₁ pour transformer tout l'éthanol présent en acide éthanoïque et on laisse le temps nécessaire à la transformation de s'effectuer.

L'équation chimique de la réaction est :



Protocole expérimental de l'étape 1 :

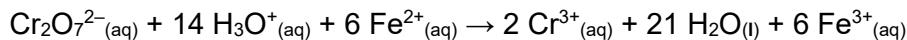
-dans un erlenmeyer, on mélange un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S₁ (distillat dilué), un volume $V_2 = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution de dichromate de potassium ($2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) de concentration en quantité de matière $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et environ 5 mL d'acide sulfurique concentré ;

-on bouche l'erlenmeyer et on laisse réagir pendant environ 30 minutes ;

-on obtient alors une solution verdâtre.

Montrer que la relation entre la quantité de matière n_1 d'éthanol oxydé et la quantité de matière d'ions dichromate restant $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ restant à la fin de l'étape 1 est : $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = C_2 \times V_2 - \frac{2}{3}n_1$

3) Étape 2 : on réalise le dosage par titrage des ions dichromate restant dans l'érémeyer, par les ions Fe^{2+} apportés par une solution acidifiée de sel de Mohr. L'équation de la réaction support du titrage est :



La solution de sel de Mohr a une concentration en quantité de matière $C_3 = 2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en ions Fe^{2+} . L'équivalence est repérée à l'aide d'un indicateur de fin de réaction. Le volume de solution de sel de Mohr nécessaire pour atteindre l'équivalence est $V_E = 11,8 \text{ mL}$.

3.1. Réaliser un schéma légendé du montage permettant d'effectuer le titrage.

3.2. Définir l'équivalence d'un titrage.

3.3. Écrire, à partir de l'équation de l'étape 2, la relation qui existe à l'équivalence entre les quantités de matière d'ions dichromate et d'ions Fe^{2+} versés, notés $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})_{\text{restant}}$ et $n(\text{Fe}^{2+})$.

3.4. Montrer que la quantité de matière n_1 d'éthanol présente dans 10,0 mL de solution S₁ s'exprime par la relation suivante :

$$n_1 = \frac{3}{2}C_2 \times V_2 - \frac{1}{4}C_3 \times V_E$$

3.5. Calculer la valeur numérique de n_1 .

3.6. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière C_1 en éthanol de la solution diluée S₁.

3.7. Calculer la valeur de la concentration en quantité de matière C en éthanol dans le moût fermenté, appelé solution S.

3.8. Comparer l'ordre de grandeur de la valeur de C trouvée avec celle donnée en introduction

3.9. Identifier deux sources d'erreur dans la mesure de C .

Production de l'éthène

La production d'éthène se fait par déshydratation de l'éthanol selon l'équation suivante :

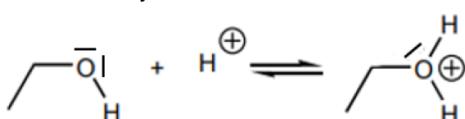


4) Identifier le type de réaction chimique à laquelle appartient la réaction de production de l'éthène parmi les termes suivants : addition, élimination, substitution, acide-base, oxydation, réduction.

5) La première étape du mécanisme réactionnel de cette réaction chimique consiste en une réaction entre une molécule d'éthanol et un ion hydrogène H^+ présent dans le milieu réactionnel.

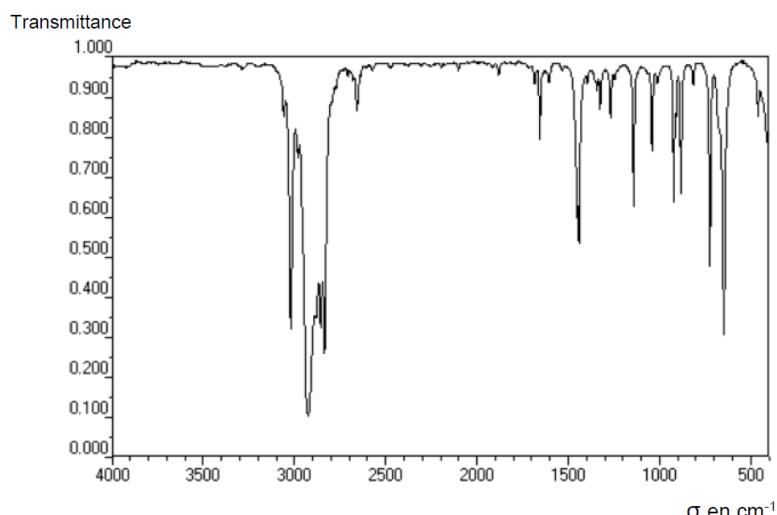
L'équation de cette réaction est donnée ci-dessous

Mécanisme réactionnel de la déshydratation de l'éthanol en milieu acide :



Identifier le site donneur et le site accepteur d'électrons mis en jeu lors de cette première étape et représenter, à l'aide d'une flèche courbe, le mouvement du doublet d'électrons

- 6)** À l'issue de la transformation chimique, un contrôle de pureté est réalisé par spectroscopie IR. Le spectre IR obtenu est présenté ci-dessous :



Données : principaux nombres d'ondes σ utiles pour identifier certains groupes caractéristiques

Liaison	Nombre d'onde σ (cm^{-1})
C-H (carbone tétraédrique)	2850 - 3020
C-H (carbone trigonal)	3050 - 3080
C=O (aldéhyde)	1720 - 1740
C=O (acide carboxylique)	1700 - 1720
C=O (ester)	1735 - 1750
C=O (acide aminé)	1590 - 1600
O-H (acide carboxylique)	2500 - 3300 (bande large)
O-H (alcool)	3200 - 3550
C=C (alcène)	1640

Justifier qu'il ne reste plus d'éthanol à l'aide du spectre IR.