

CHAPITRE 6

L'OXYDATION MENAGÉE DES ALCOOLS



*L'éthylotest (ou alcootest) est un dispositif qui permet de détecter la présence de vapeurs d'éthanol dans l'air expiré par une personne ayant consommée une boisson alcoolisée.
Comment fonctionne un éthylotest ?*

OBJECTIFS

- Réaliser et interpréter une expérience d'oxydation ménagée d'un alcool.
- Trouver la classe d'un alcool à partir des résultats de l'oxydation ménagée.
- Citer quelques applications de l'oxydation ménagée des alcools.

PRÉREQUIS

Corriger, s'il y a lieu, les affirmations incorrectes.

Combustion

1. La combustion est une oxydation par le dioxygène.
2. La combustion complète d'un composé organique donne du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau.

Oxydation et réduction

1. Une oxydation est une transformation qui correspond à un gain d'électron.
2. Une réduction est une transformation qui correspond à une perte d'électron.

Les alcools aliphatiques saturés

1. Un alcool aliphatique saturé est un composé dont la molécule renferme un groupe hydroxyle-OH.
2. La formule brute d'un alcool aliphatique saturé est de la forme $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$.
3. La molécule du 2-méthylbutan-2-ol renferme quatre atomes de carbone.
4. Le 2-méthylpropan-2-ol est un alcool secondaire.

L'OXYDATION MENAGEE DES ALCOOLS

A. COMBUSTION DES ALCOOLS

I. COMBUSTION DE L'ETHANOL

I.1. Activité

1. Placer 1 à 2 mL d'éthanol C_2H_5OH dans une soucoupe (ou dans un bécher en verre pyrex). Enflammer l'alcool à l'aide d'une allumette et présenter un verre à pied au dessus de la flamme (*figure 1a*). Noter votre observation.

Quand la combustion est terminée, ajouter quelques millilitres d'eau de chaux dans le verre à pied, boucher le récipient et agiter (*figure 1b*). Noter votre observation.

2. Expliquer vos observations.



Figure 1a. Réaction de combustion de l'éthanol

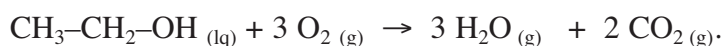


Figure 1b. Test à l'eau de chaux

I.2. Interprétation

Les parois du verre à pied se recouvrent de buées résultant de la condensation de la vapeur d'eau produite par la combustion de l'éthanol.

Le gaz qui trouble l'eau de chaux est le dioxyde de carbone CO_2 . Il trouble l'eau de chaux par suite de la précipitation du carbonate de calcium $CaCO_3$. La combustion de l'éthanol C_2H_5OH produit de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone CO_2 . L'équation chimique de la réaction de combustion est :



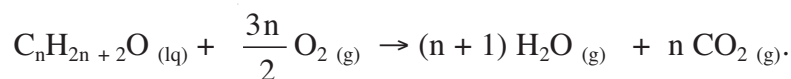
Il s'agit donc d'une réaction de destruction de la chaîne carbonée.

Remarques

- a) Pour éviter tout accident il faut réaliser l'expérience avec une très faible quantité d'éthanol et de tenir le verre à pied à l'aide d'une pince en bois.
- b) L'équation chimique de la réaction de combustion peut être écrite en utilisant la formule brute de l'éthanol à la place de la formule semi développée:
$$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(lq)} + 3 \text{O}_2_{(g)} \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O}_{(g)} + 2 \text{CO}_2_{(g)}$$
- c) La combustion d'un alcool est une oxydation par le dioxygène.
- d) La réaction de combustion est complète si elle donne du dioxyde de carbone et de l'eau; elle est incomplète si elle produit de l'eau, du carbone et/ou du monoxyde de carbone.

II. GENERALISATION

Des expériences similaires montrent que la combustion complète des alcools conduit à la formation du dioxyde de carbone et de l'eau selon :



B. OXYDATION MENAGEE DES ALCOOLS

I. CAS DES ALCOOLS PRIMAIRES

I.1. Oxydation ménagée de l'éthanol par le dioxygène de l'air

I.1.a. Activité

1. Introduire dans un bécher quelques millilitres d'éthanol. Recouvrir le bécher d'une plaque de liège traversée par un tube de verre (pour créer un effet de cheminée). Chauffer modérément l'éthanol au moyen d'une plaque chauffante. Au moment où l'ébullition du liquide commence à se produire, introduire par la cheminée une spirale de cuivre décapée et chauffée au rouge et la maintenir au dessus du liquide. Présenter un papier imbibé de réactif de Schiff et un papier indicateur de pH humidifié (*figure 2*).

2. Noter ce qui se produit au niveau du fil de cuivre. Une odeur se répand dans les environs ; indiquer à quoi elle vous fait penser. Noter les changements de couleur du papier pH et du papier imbibé par le réactif de Schiff. Interpréter.

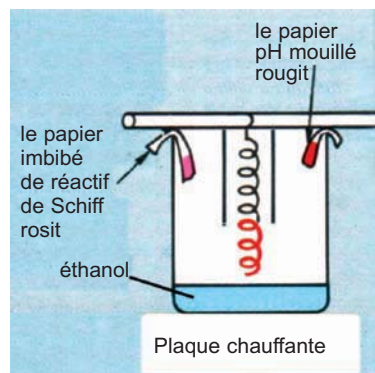


Figure 2. Réaction d'oxydation ménagée de l'éthanol par le dioxygène de l'air

Préparation du REACTIF DE SCHIFF

Dissoudre 0,01 g de fuschine et 0,18 g de bisulfite de sodium dans 10 mL d'eau distillée. Ajouter ensuite 0,2 mL d'acide chlorhydrique concentré. Conserver la solution dans un flacon brun à l'abri de la lumière.

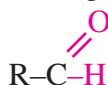
I.1.b. Interprétation

Le gaz entourant la spirale de cuivre contient du dioxygène O_2 et des vapeurs d'éthanol C_2H_5OH . L'incandescence du fil de cuivre persiste car il se produit à son contact une réaction exothermique qui élève la température.

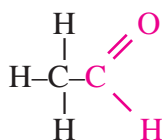
La teinte rose du réactif de Schiff caractérise la formation d'un produit nouveau qui renferme

le groupe $\begin{array}{c} O \\ // \\ -C-H \end{array}$.

Ce groupe caractérise une famille de composés organiques dits **aldéhydes** de formule générale:

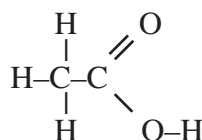


L'aldéhyde obtenu au cours de la réaction réalisée est l'éthanal dont la formule brute est C_2H_4O et reconnu par son odeur de pomme. La formule développée de l'éthanal est :

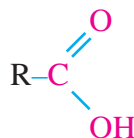


La teinte rouge du papier indicateur de pH caractérise la présence d'un **acide**: dans notre expérience l'acide obtenu est l'acide éthanoïque dont la formule brute est $C_2H_4O_2$.

La formule développée de l'acide éthanoïque est :

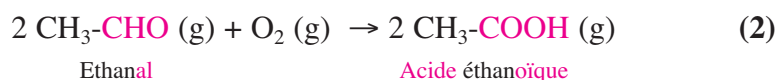
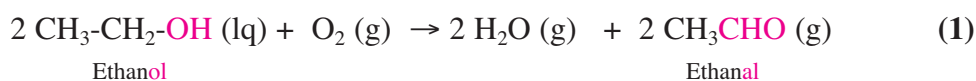


L'acide éthanoïque appartient à la famille des **acides carboxyliques** de formule générale :



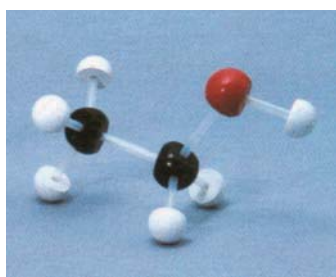
qu'on peut écrire sous la forme $R-CO_2H$ ou $R-COOH$.

Les équations chimiques à considérer sont :

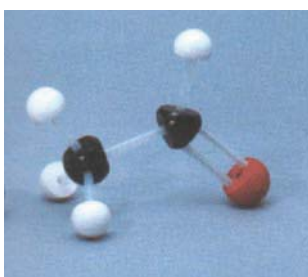


Remarques

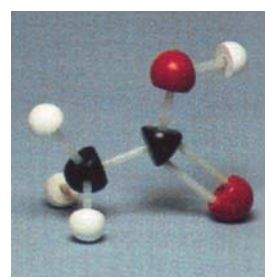
- a) En fait les réactions (1) et (2) ont lieu simultanément, en d'autres termes une partie de l'éthanal formé par la réaction (1) est oxydée par le dioxygène en acide éthanoïque CH_3COOH . Donc l'oxydation de l'éthanol en acide éthanoïque peut être considérée comme se produisant en deux étapes (1) et (2).
- b) L'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, l'éthanal CH_3CHO et l'acide éthanoïque CH_3COOH présentent une chaîne carbonée à deux atomes de carbone (*figure 3*) : en conséquence l'oxydation de l'alcool ainsi réalisée ne détruit pas la chaîne carbonée contrairement aux réactions de combustion. Une telle oxydation est dite **ménagée**.



Ethanol $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$



Ethanal $\text{CH}_3\text{-CHO}$



Acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{-CO}_2\text{H}$

Figure 3. Représentation de l'éthanol, de l'éthanal et de l'acide éthanoïque par les modèles moléculaires.

I.2. Oxydation du butan-1-ol par le permanganate de potassium en milieu acide

I.2.a. Première activité

Dans un tube à essai contenant 1 mL de butan-1-ol $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, ajouter dans l'ordre 2 mL d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 de concentration molaire égale à 6 mol.L^{-1} et 1 mL d'une solution de permanganate de potassium KMnO_4 de concentration molaire égale à $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ (*figure 4a*).

Boucher le tube et agiter (*figure 4b*). Noter l'évolution de la couleur du milieu réactionnel.

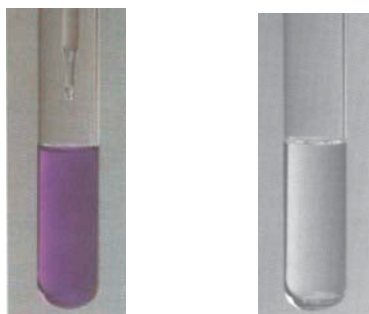


Figure 4. Action du permanganate de potassium sur le butan-1-ol en milieu acide.

Préparation de LA LIQUEUR DE FEHLING

La liqueur de Fehling est formée par le mélange de volumes égaux des solutions (S_1) et (S_2) suivantes.

Solution (S_1) : dissoudre 0,693 g de sulfate de cuivre hydraté $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ dans 10 mL d'eau distillée.

Solution (S_2) : dissoudre 3,46 g de tartrate double de sodium et de potassium $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$ et 1 g de soude dans 10 mL d'eau distillée refroidie.

Le mélange doit être réalisé au moment de l'utilisation de la liqueur de Fehling.

Ajouter au contenu du tube quelques gouttes de liqueur de Fehling et chauffer modérément le mélange (*figure 5a*). Noter les changements observés.

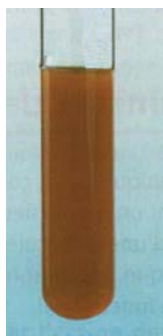


Figure 5. Test d'identification des aldéhydes par la liqueur de Fehling

I.2.b. Interprétation

La décoloration de la solution prouve que les ions permanganate MnO_4^- (de coloration violette) ont réagi avec le butan-1-ol et ont disparu totalement.

Le précipité rouge brique obtenu avec le test à la liqueur de Fehling caractérise la présence d'un **aldéhyde** : c'est le butanal $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ (*figure 6*).

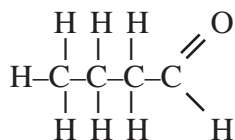


Figure 6. Formule développée et modèle moléculaire du butanal.

Le butan-1-ol $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ est donc oxydé en butanal $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ par l'ion permanganate MnO_4^- qui se réduit en ions manganèse (II) Mn^{2+} incolore. L'équation chimique de la réaction d'oxydoréduction est :



Il est possible de retrouver l'équation chimique (1) en considérant les deux demi-équations correspondant aux couples redox $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ et $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}/\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$:



et



En multipliant (3a) par 2 et (3b) par 5 et en additionnant les résultats on obtient l'équation chimique (3) de la réaction d'oxydoréduction précédente.

Remarque

Pour la mise en évidence des aldéhydes nous avons utilisé le réactif de Schiff dans le paragraphe **I.1** et la liqueur de Fehling dans le paragraphe **I.2**. A défaut de ces réactifs on peut éventuellement utiliser le réactif de Tollens qui donne un miroir d'argent avec les aldéhydes. Tous ces réactifs sont équivalents et servent à prouver expérimentalement la présence d'aldéhyde parmi les produits de la réaction.

Préparation du REACTIF DE TOLLENS

Le réactif de Tollens est constitué du complexe diammine d'argent (I) $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$. Il est formé par le mélange de 10 mL d'une solution aqueuse de nitrate d'argent AgNO_3 0,1 M avec 15 mL d'une solution aqueuse d'ammoniac 0,1 M. Le mélange doit être réalisé au moment de l'utilisation de ce réactif.

I.2.c. Deuxième activité

Dans un erlenmeyer contenant 1 mL de butan-1-ol $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, ajouter dans l'ordre 10 mL d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 de concentration molaire égale à 6 mol.L^{-1} et 10 mL d'une solution de permanganate de potassium KMnO_4 de concentration molaire égale à $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$.



Figure 7. Action du permanganate de potassium sur le butan-1-ol en milieu acide.

Boucher l'erlenmeyer et agiter. Présenter un papier pH humidifié à l'ouverture de l'erlenmeyer et chauffer modérément le mélange pendant quelques minutes (*figure 7*). Observer et noter la teinte du milieu réactionnel et la couleur du papier pH. Conclure.

Ajouter au contenu de l'erlenmeyer 10 mL de cyclohexane C_6H_{12} . Agiter le mélange et laisser décanter. Récupérer la phase supérieure, lui ajouter quelques gouttes de liqueur de Fehling et chauffer modérément le mélange. Noter votre observation et conclure.

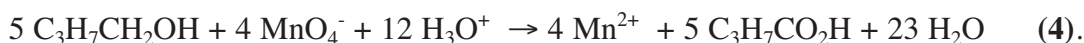
I.2.d. Interprétation

Dans cette expérience les ions permanganate disparaissent partiellement; la réaction s'arrête par épuisement du butan-1-ol ce qui explique la persistance de la coloration violette de la solution.

Le test à la liqueur de Fehling est négatif: l'oxydation du butan-1-ol ne donne pas du butanal C_4H_8O .

Le virage au rouge du papier indicateur de pH caractérise la formation de vapeur d'acide : il s'agit de l'acide butanoïque de formule brute $C_4H_8O_2$ et dont la formule peut être aussi présentée sous la forme $C_3H_7CO_2H$.

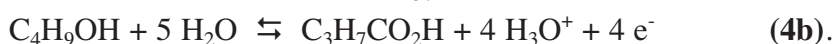
L'équation de la réaction d'oxydoréduction est :



Il est possible de retrouver l'équation chimique (4) en considérant les deux demi-équations correspondant aux couples redox MnO_4^- / Mn^{2+} et $C_3H_7CO_2H / C_4H_9OH$ suivantes :



et



En multipliant la demi-équation (4a) par 4 et la demi équation (4b) par 5 et en additionnant les deux demi-équations résultantes on obtient l'équation chimique (4) de la réaction d'oxydoréduction précédente.

Remarque

Pour l'écriture de l'équation chimique (2) nous avons envisagé l'oxydation du butan-1-ol par les ions permanganate directement en acide butanoïque $C_3H_7CO_2H$. En fait le butan-1-ol est oxydé d'abord en butanal C_4H_8O , qui à son tour est oxydé en acide butanoïque.

I.3. Généralisation

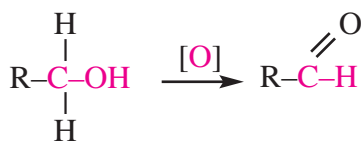
Les résultats des expériences précédentes sont observés avec d'autres alcools primaires.

L'oxydation ménagée d'un alcool primaire $R-CH_2OH$ conduit dans une première étape à un aldéhyde $RCHO$ qui peut être oxydé éventuellement en acide carboxylique $RCOOH$ dans une seconde étape.

Lorsque l'oxydant est en excès l'alcool est entièrement oxydé en acide carboxylique.

Symboliquement on peut représenter ces transformations par :

Première étape



alcool primaire

aldéhyde

Deuxième étape



aldéhyde

acide carboxylique

II. CAS DES ALCOOLS SECONDAIRES

II.1. Oxydation ménagée du butan-2-ol

II.1.a. Activité

Dans un erlenmeyer contenant 1 mL de butan-2-ol C_4H_9OH , ajouter dans l'ordre 10 mL d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 de concentration molaire égale à 6 mol.L^{-1} et 10 mL d'une solution de permanganate de potassium $KMnO_4$ de concentration molaire égale à $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$. Chauffer modérément le mélange sur une plaque chauffante pendant quelques minutes.

Ajouter au contenu de l'erlenmeyer 10 mL de cyclohexane C_6H_{12} . Agiter le mélange et laisser décanter. Récupérer la phase supérieure et la partager en deux portions.

Ajouter à la première portion quelques gouttes de liqueur de Fehling et chauffer le mélange. Observer et conclure.

Ajouter quelques gouttes d'une solution de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH) à la deuxième portion (figure 8). Observer et noter le changement qui se produit dans le milieu et conclure.

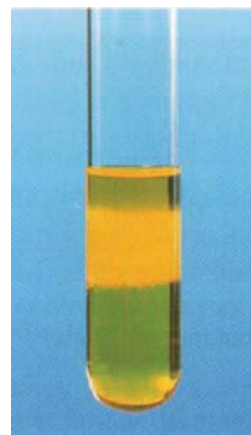


Figure 8.
Test à la 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH)

II.1.b. Interprétation

Le précipité jaune orangé obtenu avec la DNPH caractérise la présence du groupe fonctionnel $\text{C}=\text{O}$ qui peut être contenu soit dans un aldéhyde (composé de formule générale $R_1\text{-CHO}$ où R_1 est un groupe alkyle) soit dans une cétone (composé de formule générale $R_1\text{-CO-}R_2$ où R_1 et R_2 sont des groupes alkyles).

Le test à la liqueur de Fehling est négatif : l'oxydation du butan-2-ol ne donne pas d'aldéhyde. Le butan-2-ol est oxydé en cétone: c'est la butan-2-one $CH_3\text{-CO-C}_2\text{H}_5$ (figure 9) qui donne le précipité jaune avec la DNPH mais ne réagit pas avec la liqueur de Fehling.

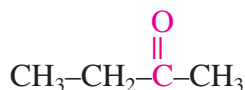
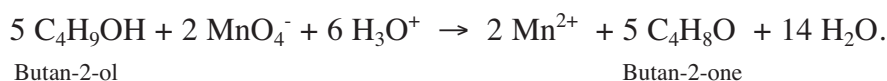


Figure 9. Formule semi-développée et modèle moléculaire de la butan-2-one.

L'équation de la réaction est :

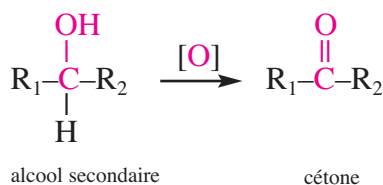


II.2. Généralisation

Des réactions d'oxydation réalisées avec les alcools secondaires autres que le butan-2-ol conduisent à des résultats similaires à ceux de l'expérience précédente ce qui nous permet de généraliser :

L'oxydation ménagée d'un alcool secondaire $\text{R}_1-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{R}_2$ conduit à la cétone correspondante $\text{R}_1-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{R}_2$.

Symboliquement on peut représenter cette transformation par :



III. CAS DES ALCOOLS TERTIAIRES

III.1. Essai d'oxydation du 2-méthylpropan-2-ol

III.1.a. Activité

Dans un erlenmeyer contenant 1 mL de 2-méthylpropan-2-ol et 10 mL d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 de concentration molaire égale à 6 mol.L^{-1} , ajouter à l'aide d'une pipette goutte à goutte une solution de permanganate de potassium KMnO_4 de concentration molaire égale à $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$.

Suivre la couleur prise par le mélange dès l'addition de la première goutte de KMnO_4 . Observer la teinte du mélange au fur et à mesure que la quantité de KMnO_4 augmente.

III.1.b. Interprétation

La persistance de la coloration violette prouve que les ions permanganate n'oxydent pas le 2-méthylpropan-2-ol.

III.2. Généralisation

Des expériences similaires réalisées avec d'autres alcools tertiaires permettent de confirmer que ces derniers ne subissent pas d'oxydation ménagée.

IV. CONCLUSION

Les alcools primaires R-CH₂OH sont oxydables de manière ménagée en deux étapes : l'alcool est d'abord transformé en aldéhyde R-CHO, puis l'aldéhyde est oxydé en acide carboxylique R-CO₂H.

Les alcools secondaires R-CHOHR' sont oxydables de manière ménagée en cétone R-CO-R'. Les alcools tertiaires ne subissent pas d'oxydation ménagée.

La réaction d'oxydation ménagée des alcools peut donc être utilisée pour déterminer la classe d'un alcool.

Remarque

L'oxydation ménagée des alcools peut être aussi réalisée par le dioxygène de l'air en présence de cuivre ou par un autre oxydant comme le bichromate de dipotassium K₂Cr₂O₇ en milieu acide.

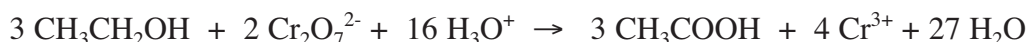
C. APPLICATIONS

I. L'ETHYLOTTEST

L'éthylotest (ou alcootest) est un dispositif utilisé pour détecter la présence éventuelle de vapeurs d'éthanol dans l'air expiré par les personnes ayant consommé du vin ou un produit renfermant de l'éthanol d'une manière générale (*figure 10a*).

L'éthylotest comporte un tube en verre contenant une solution acidifiée de dichromate de potassium K₂Cr₂O₇ imbibant du gel de silice.

Si l'air expiré est chargé de vapeur d'éthanol C₂H₅OH celui-ci est oxydé en acide éthanoïque CH₃COOH et les ions bichromate Cr₂O₇²⁻ sont réduits en ions chrome (III) Cr³⁺ ce qui provoque un changement de couleur du jaune orangé due à la présence des ions bichromate Cr₂O₇²⁻ au vert due à la présence des ions chrome (III) Cr³⁺ (*figure 10b*).



Le dispositif contient, aussi, du nitrate d'argent (AgNO₃) qui sert de catalyseur de la réaction. Par contre, l'acide sulfurique est là pour absorber la vapeur d'eau contenue dans l'air expiré. La décoloration du réactif est proportionnelle à la quantité d'alcool oxydé.

Lorsqu'une personne consomme de l'alcool, celui-ci passe dans le sang lors de la digestion, relativement rapidement (1/2 heure) et presque en totalité. 90 % de cet alcool sera détruit par le foie tout en ayant toutefois fait un petit tour par le cerveau et le système nerveux central provoquant l'ivresse et la diminution des facultés intellectuelles. L'alcool restant, transporté par le sang vers les alvéoles, est éliminé par les poumons. C'est cet alcool contenu dans les poumons qui est mesuré par les appareils de mesure (chimique ou électronique). L'alcool est également éliminé par les urines et par la peau via la transpiration.



Figure 10a. Kit de mise en évidence de la présence d'alcool dans le sang



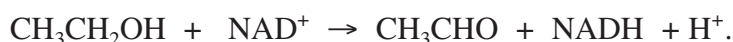
Figure 10b. Dans le tube le réactif initialement jaune orangé vire au vert en présence d'alcool

II. L'OXYDATION BIOLOGIQUE DES ALCOOLS

Au cours du métabolisme les alcools sont oxydés en aldéhydes correspondants. La réaction catalysée par une enzyme: l'alcool déshydrogénase nécessite la présence d'une coenzyme qui est une substance organique de structure complexe autorisant la transformation de l'alcool en aldéhyde. La plupart des composés appelés vitamines dans le langage courant sont des coenzymes.

Ainsi l'oxydation biologique de l'éthanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ en éthanal CH_3CHO est favorisée par la présence du Nicotinamide Adénine Dinucléotide (souvent symbolisé par NAD^+ pour simplifier) qui à son tour est réduit en NADH qui est la forme réduite du nicotinamide adénine dinucléotide.

L'équation chimique de la réaction d'oxydation biologique de l'éthanol est :



Exercice résolu

Énoncé

On dispose de deux monoalcools saturés (A) et (B) de masse molaire moléculaire égale à $74 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Par oxydation ménagée avec du permanganate de potassium KMnO_4 en milieu acide, l'alcool (A) donne un produit (A_1) et l'alcool (B) donne un produit (B_1). Les composés (A_1) et (B_1) donnent un précipité jaune orangé avec la D.N.P.H. Seul le composé (A_1) réagit avec le réactif de Schiff.

1. Déterminer la formule brute des alcools (A) et (B).
2. Trouver les classes des alcools (A) et (B).
3. Identifier l'alcool (B) et donner les formules semi-développées possibles de l'alcool (A).
4. Identifier l'alcool (A) sachant qu'il est l'isomère de position de l'alcool (B).
5. En déduire les formules semi-développées de (A_1) et (B_1).
6. Donner la formule semi-développée du composé (C) produit par l'oxydation ménagée de l'alcool (A) en présence d'un excès d'oxydant.

Solution

Méthode et conseils de résolution	Solution
<p>- La formule brute des alcools aliphatiques saturés est de la forme $C_nH_{2n+2}O$.</p> <p>- La 2,4-DNPH réagit aussi bien avec les aldéhydes qu'avec les cétones.</p> <p>- Le réactif de Schiff permet de mettre en évidence seulement les aldéhydes.</p> <p>- Appliquer les règles de nomenclature des alcools.</p>	<p>1. Les composés (A) et (B) sont des alcools aliphatiques saturés. Leur formule brute est de la forme $C_nH_{2n+2}O$. Si M désigne la masse molaire des alcools (A) ou (B) on a : $M = (12 \times n) + 1 \times (2n + 1) + 17 = 74 \text{ g.mol}^{-1}$. D'où $n = 4$. Les deux alcools (A) et (B) ont pour formule brute $C_4H_{10}OH$.</p> <p>2. Le composé (A₁) réagit avec la DNPH et le réactif de Schiff: le composé (A₁) est un aldéhyde, donc l'alcool (A) est un alcool primaire. Le composé (B₁) réagit avec la DNPH et ne réagit pas avec le réactif de Schiff: le composé (B₁) est une cétone, donc l'alcool (B) est un alcool secondaire.</p> <p>3. La seule formule semi-développée possible pour l'alcool (B) est : $CH_3-CHOH-CH_2-CH_3$: c'est le butan-2-ol. Les formules semi-développées possibles de l'alcool (A) sont:</p> <p>$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$: butan-1-ol</p> <p>$CH_3-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}-CH_2-OH$: 2-méthylpropan-1-ol</p> <p>4. Puisque (A) est l'isomère de position de l'alcool (B), il s'agit alors du butan-1-ol.</p> <p>5. Les formules semi-développées de l'aldéhyde (A₁) et de la cétone (B₁) sont respectivement :</p> <p>$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{ }}{CH}$</p> <p>et</p> <p>$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{ }}{C}-CH_3$</p> <p>6. L'oxydation ménagée de l'alcool (A) en présence d'un excès d'oxydant donne un acide carboxylique (C) de formule semi-développée :</p> <p>$CH_3-CH_2-CH_2-CO_2H$</p>

L'ESSENTIEL DU COURS

- L'oxydation ménagée des alcools primaires peut se faire en deux étapes. L'alcool est d'abord transformé en aldéhyde, puis l'aldéhyde est oxydé en acide carboxylique.
- L'oxydation ménagée des alcools secondaires conduit à une cétone.
- Les alcools tertiaires ne subissent pas d'oxydation ménagée.

Adresses de sites Internet conseillés

- <http://www.tc.gc.ca/Securiteroutiere/tp/tp1535/alcool.htm>
- <http://atchimiebiologie.free.fr/alcootest/alcootest.html>
- <http://www.tc.gc.ca/Securiteroutiere/tp/tp1535/alcool.htm#corps>
- <http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/theorie/alcootest.html>

FICHE EXPERIMENTALE

DETERMINATION DE LA CLASSE D'UN ALCOOL

I. OBJECTIF

Déterminer la classe d'un alcool par recours à la réaction d'oxydation par le permanganate de potassium en milieu acide.

II. EXPERIENCE

Dans trois tubes à essai numérotés **I**, **II** et **III** sont introduits dans un ordre aléatoire environ 1 mL de butan-1-ol, de butan-2-ol et de 2-méthylpropan-2-ol.

Verser dans chaque tube environ 10 mL d'une solution de permanganate de potassium KMnO_4 de concentration molaire égale à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ préalablement tiédie et 2 mL d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 de concentration molaire égale à 1 mol.L^{-1} . Homogénéiser les mélanges à l'aide d'un agitateur en verre. La coloration violette disparaît dans deux tubes et persiste dans l'autre.

Ajouter au contenu de chaque tube 10 mL de cyclohexane et agiter vigoureusement chaque mélange. Laisser décanter et récupérer les phases organiques supérieures des tubes **I**, **II** et **III**. Les numéroter respectivement **I'**, **II'** et **III'**.

Fractionner chaque phase organique en trois portions et tester chacune de ces portions à la DNPH, au réactif de Schiff et au réactif de Tollens.

III. EXPLOITATION DES RESULTATS

1. Compléter le tableau suivant en indiquant si le test réalisé est positif ou négatif.

Phase organique	I'	II'	III'
Test à la DNPH			
Test au réactif de Schiff			
Test au réactif de Tollens			

Préciser pour chaque test la coloration observée.

2. Identifier la classe de chaque alcool et associer à chaque tube à essai l'alcool qu'il renferme.

3. Ecrire l'équation chimique de la réaction globale d'oxydoréduction observée.

EXERCICES D'EVALUATION

VERIFIER SES ACQUIS

A. Tester ses connaissances

1. Donner les produits de la combustion complète d'un alcool.
2. Quelle est la différence entre la combustion et l'oxydation ménagée ?
3. Pour caractériser la présence d'un aldéhyde doit-on utiliser la DNPH ou le réactif de Schiff?
4. L'oxydation ménagée des alcools secondaires conduit-elle à un aldéhyde ?

B. Répondre par vrai ou faux

1. La DNPH permet de caractériser la présence des aldéhydes et des cétones.
2. L'oxydation ménagée d'un alcool primaire conduit à une cétone.
3. Les alcools secondaires sont oxydables en cétone.
4. Le réactif de Schiff permet de caractériser un aldéhyde.
5. Les alcools tertiaires ne subissent pas d'oxydation ménagée.
6. L'éthylotest est un dispositif qui permet de détecter la présence éventuelle de vapeurs d'éthanol.

C. Q.C.M.

Choisir la bonne réponse

1. La combustion complète d'un alcool donne :
 - a) un aldéhyde et de l'eau,
 - b) une cétone et de l'eau,
 - c) de l'eau et du dioxyde de carbone.
2. L'oxydation ménagée d'un alcool est une réaction au cours de laquelle la chaîne carbonée est:
 - a) détruite ;
 - b) conservée ;
 - c) coupée en deux chaînes plus courtes.
3. L'acide carboxylique à quatre atomes de carbone peut être obtenu par oxydation ménagée du:
 - a) butan-1-ol ;
 - b) 2-méthylbutan-1-ol ;
 - c) 2-méthylpropan-2-ol.

UTILISER SES ACQUIS DANS DES SITUATIONS SIMPLES

Les masses molaires atomiques sont données dans le tableau périodique à la fin du manuel.

Exercice n°1

Indiquer parmi les réactions suivantes la réaction de combustion et la réaction d'oxydation ménagée.

- $2 \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2 (\text{g})$
- $\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$.
- $2 \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CH}_3\text{-CHO}$.

Exercice n°2

La masse molaire d'un monoalcool (A) aliphatique saturé est égale à $60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- Déterminer la formule brute de (A).
- L'oxydation ménagée de (A) donne d'abord un produit (B) qui rosit le réactif de Schiff puis un composé (C) qui fait rougir un papier indicateur de pH. Ecrire la formule semi-développée de l'alcool (A) et préciser sa classe.
- Ecrire les formules semi-développées des composés (B) et (C).

Exercice n°3

Un monoalcool (A) aliphatique saturé a pour formule brute $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.

- Donner les formules semi-développées possibles et les noms de l'alcool (A).
- L'oxydation ménagée de (A) donne une cétone (C).
 - Identifier l'alcool (A).
 - Donner la formule semi-développée de (C).
 - Comment peut-on mettre en évidence la présence de (C) ?

UTILISER SES ACQUIS POUR UNE SYNTHÈSE

Exercice n°4

On réalise la combustion complète de 1,76 g de pentan-3-ol.

1. Écrire l'équation chimique de la réaction de combustion en utilisant la formule brute de l'alcool.
2. Déterminer :
 - a) la masse de dioxyde de carbone CO_2 et la masse d'eau obtenues.
 - b) le volume de dioxygène nécessaire à cette combustion sachant que le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience est égal à $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exercice n°5

L'oxydation ménagée, par le permanganate de potassium KMnO_4 en milieu acide, d'un alcool (A) de formule brute $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ donne un composé (B) de formule brute $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$.

Le composé (B) donne un précipité jaune orangé avec la DNPH et ne réagit pas avec le réactif de Schiff.

1. Préciser les groupes fonctionnels des composés (A) et (B).
2. Écrire l'équation chimique de la réaction d'oxydoréduction en utilisant pour les composés (A) et (B) les formules brutes.
3. Écrire les formules semi-développées possibles pour (A) et pour (B).
4. Identifier les composés (A) et (B) sachant que (A) est un alcool à chaîne carbonée ramifiée.

Exercice n°6

Depuis 1987 la législation française autorise l'ajout de l'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ dans les essences utilisées par les automobiles. La loi limite à 5 % (en volume) la proportion d'éthanol autorisée.

Afin de vérifier si un carburant contenant de l'éthanol est conforme à la législation française, on le fait réagir avec du permanganate de potassium en milieu acide. Seul l'éthanol est oxydé: il donne de l'acide éthanoïque $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

1. Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction sachant qu'elle met en jeu les couples redox $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ et $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.
2. L'oxydation ménagée de 10 mL de carburant nécessite $5,6 \cdot 10^{-3}$ mole de permanganate de potassium.
 - a) Calculer la concentration molaire de l'éthanol dans le carburant.
 - b) Ce carburant est-il conforme à la législation française ?

Donnée : la masse volumique de l'éthanol est égale à $0,79 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$.

Exercice n°7

Un éthylotest est constitué d'un tube de verre gradué de 8 cm de longueur et contenant $11,6 \cdot 10^{-6}$ mole de dichromate de potassium acidifié déposé uniformément sur un support inerte. Un ballon en plastique d'une capacité de 1 L, fixé à l'une de ses extrémités, doit être gonflé par l'utilisateur qui souffle par l'autre extrémité du tube. Lorsque l'air expiré est chargé de vapeurs d'éthanol, l'oxydation totale de cet alcool en acide éthanoïque provoque le virage de l'orangé au vert de tout ou une partie du contenu du tube. Le repère situé à la moitié du tube est atteint pour une alcoolémie de $0,8 \text{ g.L}^{-1}$ d'éthanol dans le sang.

1. Sachant que la réaction d'oxydation se fait à raison de 3 moles d'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ pour 2 moles d'ion dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, calculer la quantité d'éthanol par litre d'air expiré correspondant à une alcoolémie de $0,8 \text{ g.L}^{-1}$.
2. Un automobiliste a fait virer un alcootest sur une longueur de 5,5 cm; déterminer son alcoolémie sanguine.
3. Sachant que le taux d'alcoolémie diminue en moyenne de $0,15 \text{ g.L}^{-1}$ par heure, combien de temps devra-t-il attendre avant de pouvoir reprendre la route avec une alcoolémie inférieure au maximum autorisé, c'est-à-dire à $0,8 \text{ g.L}^{-1}$?

L'ALCOTEST

L'instrument de mesure du taux d'alcool, le Breathalyser, a été inventé et développé par le docteur Robert F. Borckenstein, en 1958. L'alcootest désigne à la fois l'appareil qui sert à faire le test et le test lui-même.

Une fois ingéré, l'alcool se retrouve dans le sang et fait le tour de nos organes, sans oublier le cerveau. Au niveau du foie une très grande quantité de cet alcool est très lentement métabolisée. L'alcool restant est acheminé par le sang jusqu'aux alvéoles pulmonaires et se retrouve donc dans l'air expiré. La quantité d'alcool présente dans l'air expiré est 2000 fois plus faible que celle présente dans le sang. En mesurant la quantité d'alcool présente dans l'air expiré on peut donc connaître celle présente dans le sang.

L'alcootest contient le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$, un oxydant de couleur orange, qui réagit avec l'éthanol pour donner des ions chrome Cr^{3+} de couleur bleu-vert et de l'acide éthanoïque.

Il suffit ainsi d'injecter une quantité définie de solution orangée dans un ballon et de mesurer au moyen d'une cellule photoélectrique l'intensité de la couleur après que quelqu'un ait soufflé dedans. La donnée recueillie est alors convertie directement en taux d'alcoolémie du sang (masse d'éthanol contenue dans un litre de sang) qui s'affiche sur un cadran.

Questions

1. Chercher dans le texte le coefficient de proportionnalité qui lie la quantité d'alcool présent dans l'air expiré et la quantité d'alcool présente dans le sang.
2. Ecrire l'équation chimique de la réaction qui se produit lors d'un alcootest.
3. Définir l'alcoolémie dans le sang.

REPONSES AUX EXERCICES

CHAPITRE 1

Exercice n°1



L'équation chimique précédente peut être simplifiée en écrivant simplement :



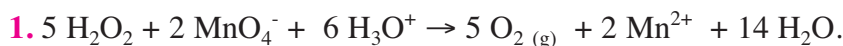
2. L'état du mélange correspond à une équivalence acido-basique car $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = n_{\text{HO}^-} = 10^{-2} \text{ mol}$.

Exercice n°2



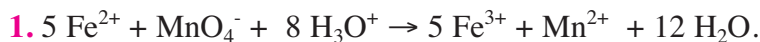
2. $C_A = 0,075 \text{ mol.L}^{-1}$.

Exercice n°3



2. $C_{\text{Red}} = 0,23 \text{ mol.L}^{-1}$.

Exercice n°4



2. $C_{\text{Red}} = 0,075 \text{ mol.L}^{-1}$.

3. $m = 29,4 \text{ g}$.

Exercice n°5



2. $n_A = 9,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. $n_{A(\text{S})} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

3. $m_{A(\text{S})} = 0,96 \text{ g}$.

4. $P = 96\%$

Exercice n°6

1. On dissout 3 g de ce sel dans 20 mL d'eau environ. La solution est transvasée dans une fiole jaugée de 100 ml et le volume de la solution est complétée à l'eau jusqu'au trait de jauge.
2. Les ions Fe^{2+} donnent avec l'hydroxyde de sodium un précipité de couleur vert :
$$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{sd})}$$
3.
 - a) La verrerie nécessaire est : burette graduée ; pipette de 10 mL ; bécher ou erlenmeyer.
 - b) L'équivalence est repérée par persistance de la coloration violette de la solution de permanganate de potassium.
 - c) $C_{(\text{s})} = 0,108 \text{ mol.L}^{-1}$.
 - d) $n = 7$.

CHAPITRE 2

Exercice n°1

1. $n_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol}$.
2. $m_{\text{NaOH}} = 6 \text{ g}$.

Exercice n°2

1. $m_{\text{méthanol}} = 1,5 \text{ kg}$ et $m_{\text{eau}} = 3,5 \text{ kg}$.
2. $n_{\text{éthanol}} = 32,61 \text{ mol}$. $n_{\text{eau}} = 194,4 \text{ mol}$.

Exercice n°3

1. $n(\text{N}_2) = 0,15 \text{ mol}$, $V(\text{N}_2) = 3,6 \text{ L}$.
2. $n(\text{NH}_3) = 0,30 \text{ mol}$, $m(\text{NH}_3) = 5,1 \text{ g}$.

Exercice n°4

1. $n = 0,14 \text{ mol}$.
2. $m = 25,2 \text{ g}$.

Exercice n°5

1. $n_C = 4,26 \cdot 10^{-4}$ mol.
2. $V = 185$ mL.

Exercice n°6

1. La courbe $G = f(C)$ est un segment de droite qui passe par l'origine de coefficient directeur 0,25. $G = 0,25 C$.
2. $C = 3,5 \cdot 10^{-3}$ mol.L⁻¹.

Exercice n°7

1. $n = 2,77 \cdot 10^{-3}$ mol.
2. **a)** $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}$.
b) $m = 0,7$ g.
c) $n = 1,59 \cdot 10^{-2}$ mol.
d) $V = 0,382$ L.

Exercice n°8

1. $[\text{NO}_3^-]_{\text{max}} = 0,807 \cdot 10^{-3}$ mol.L⁻¹.
2. **a)** $n = 0,242 \cdot 10^4$ mol.
b) $V = 20$ m³.

Exercice n°9

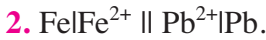
1.

Concentration (mmol.L⁻¹)	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
G (en mS)	0,31	0,62	1,23	1,87	2,50	3,09

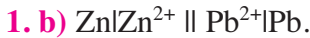
2. La courbe est un segment de droite qui passe par l'origine de coefficient directeur 0,31. $G = 0,31C$.
3. $C = 4,77 \cdot 10^{-3}$ mol.L⁻¹.

CHAPITRE 3

Exercice n°1



Exercice n°2



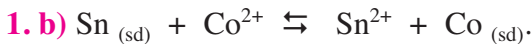
2. a) La borne de droite est la borne positive et le courant circule dans le circuit extérieur de Pb vers Zn.



La réaction chimique qui se produit quand la pile débite du courant est

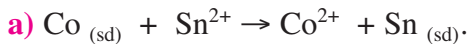


Exercice n°3

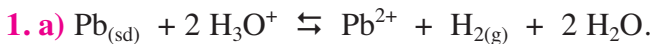


2. a) $E < 0$.

b) Le courant circule dans le circuit extérieur de Sn vers Co.



Exercice n°4



2. a) Le pôle positif de la pile correspond au cuivre.

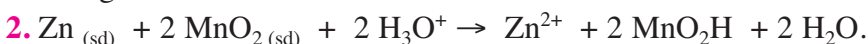


Le courant circule de Cu vers Pb et les électrons circulent en sens inverse.



Exercice n°5

1. Il s'agit d'une solution acide.



3. a) $m_{\text{Zn}} = 0,0286 \text{ g}$. $n_{\text{Zn}} = 4,37 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Le zinc est en excès par rapport aux ions H_3O^+ .

b) La plaque de zinc ne peut pas être perforée dans ces conditions.

CHAPITRE 4

Exercice n°1

1. Les entités chimiques initialement présentes en solution sont Cu^{2+} et Br^- issus de la dissociation ionique de CuBr_2 selon : $\text{CuBr}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Br}^-$.
2. En solution, les ions Cu^{2+} migrent vers la cathode et les ions bromure Br^- migrent vers l'anode.
3. Il s'agit d'un dépôt de cuivre Cu. Le cuivre se dépose à la cathode A l'autre électrode on obtient du dibrome selon : $2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_{2(g)} + 2\text{e}^-$
4. $2\text{Br}^- + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Br}_{2(g)} + \text{Cu}_{(sd)}$. Il s'agit d'une réaction imposée.

Exercice n°2

1. Cu^{2+}/Cu et Cl_2/Cl^- .
2. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(sd)}$ et $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_{2(g)} + 2\text{e}^-$. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_{2(g)} + \text{Cu}_{(sd)}$
3. $m_{\text{Cu}} = \frac{Q \cdot M_{\text{Cu}}}{2F} = 2,37 \text{ g}$. $V(\text{Cl}_2) = 0,89 \text{ L}$.

Exercice n°3

2. $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}_{(sd)}$ et $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_{2(g)} + 2\text{e}^-$.
 - a) $n_{\text{Sn}} = 0,026 \text{ mol}$.
 - b) $m_{\text{Sn}} = 3,1 \text{ g}$.
 - c) $V(\text{Cl}_2) = 0,62 \text{ L}$.

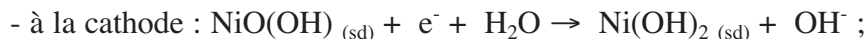
Exercice n°4

1. Pendant la charge on a :
 - à la cathode : $\text{Ni}(\text{OH})_{2(sd)} + \text{OH}^- \rightarrow \text{NiO}(\text{OH})_{(sd)} + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O}$;
 - à l'anode : $\text{Cd}(\text{OH})_{2(sd)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}_{(sd)} + 2\text{OH}^-$.

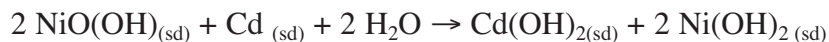
L'équation chimique de la réaction est :



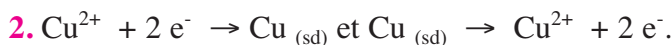
2. Pendant la décharge on a :



L'équation chimique de la réaction est :



Exercice n°5



3. $t = 6,2$ heures.

Exercice n°6

1. Il faut réaliser une électrolyse en utilisant une anode en argent et une cathode constituée par la cuillère elle-même plongeant dans une solution de nitrate d'argent AgNO_3 .



3. $m_{\text{Ag}} = 5,25$ g.

4. $t = 470$ s = 7,8 min.

Exercice n°7

1. L'objet en fer doit constituer la cathode.



L'équation de la réaction bilan de l'électrolyse est :



3. $m_{\text{Ni}} = 1,48$ g.

4. $V(\text{O}_2) = 0,30$ L.

Exercice n°8

1. $t = 2066$ s = 34,4 min.

2. $C' = 0,393 \text{ mol.l}^{-1} \approx 0,4 \text{ mol.l}^{-1}$.

CHAPITRE 5

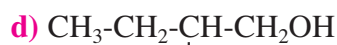
Exercice n°1



|
OH
Pentanol

|
OH
Pentan-2-ol

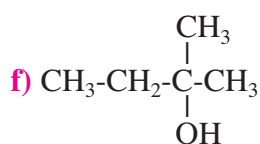
|
OH
Pentan-3-ol



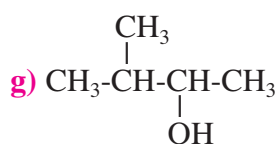
|
CH₃
2-méthyl butanol



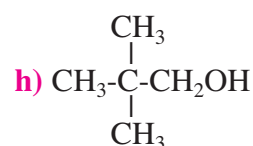
|
CH₃
3-méthyl butanol



2-méthyl butan-2-ol



3-méthyl butan-2-ol

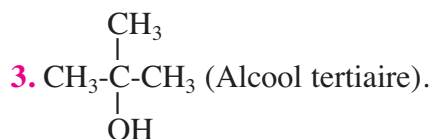
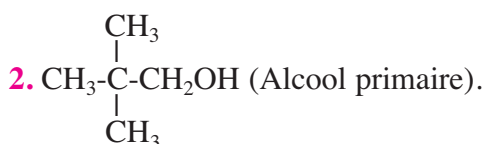
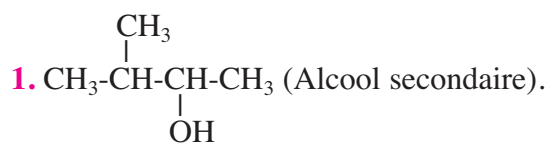


2,2-diméthylpropanol

Exercice n°2

1. Alcool primaire : 2-méthyl butan-1-ol.
2. Alcool primaire : Butan-1-ol.
3. Alcool secondaire : Butan-2-ol.
4. Alcool secondaire : Pentan-3-ol.
5. Alcool tertiaire : 2-méthyl propan-2-ol.

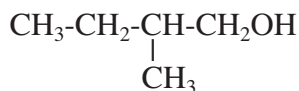
Exercice n°3



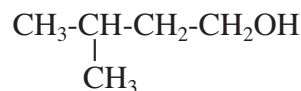
Exercice n°4



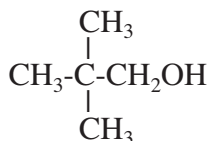
Pentanol



2-méthyl butanol



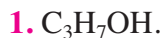
3-méthyl butanol



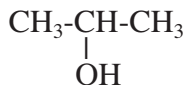
2,2-diméthyl propanol

3. Ces alcools sont des isomères de chaîne.
4. L'alcool (A) est le 2,2-diméthylpropanol.

Exercice n°5



Propanol



Propan-2-ol

3. C'est le Propan-2-ol.

CHAPITRE 6

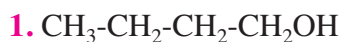
Exercice n°1

La réaction 2 est une réaction de combustion. La réaction 4 est une réaction d'oxydation ménagée.

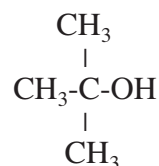
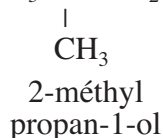
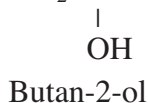
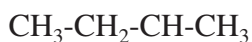
Exercice n°2



Exercice n°3



Butan-1-ol



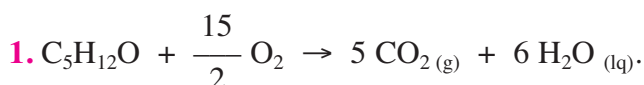
2-méthyl
propan-2-ol

2. a) Il s'agit du Butan-2-ol.

b) (C): $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$.

c) On utilise le test avec la 2,4-DNPH.

Exercice n°4

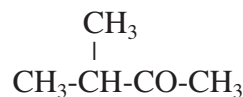
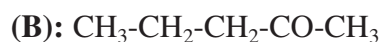
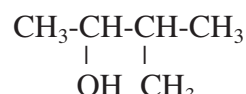
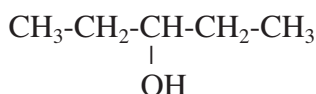
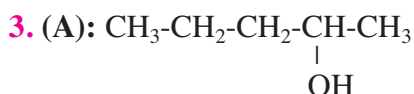
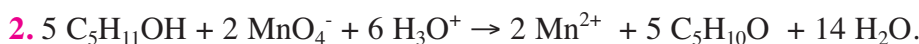


2. a) $m(\text{CO}_2) = 4,4 \text{ g}$; $m(\text{H}_2\text{O}) = 2,16 \text{ g}$.

b) $V(\text{O}_2) = 3,6 \text{ L}$.

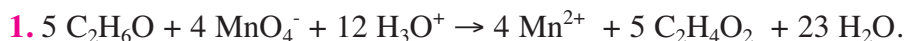
Exercice n°5

1. (B) est une cétone et (A) est un alcool secondaire.



4. (A): est le 3-méthyl butan-2-ol et (B) la 3-méthyl butan-2-one.

Exercice n°6



2. a) $C = 0,7 \text{ mol.L}^{-1}$.

b) $C = 53,2 \text{ g.L}^{-1}$. Ce carburant n'est pas conforme à la législation car sa concentration massique est supérieure à celle autorisée par la législation soit $39,5 \text{ g.L}^{-1}$.

Exercice n°7

1. $n_{\text{éthanol}} = 8,7 \text{ mol}$.

2. L'alcoolémie sanguine est égale à 1,1 g.

3. Il doit attendre 2 heures.

LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
colonne périodes	1 H hydrogène 1,0	2 Li lithium 6,9	3 Na sodium 22,9	4 K potassium 39,1	5 Rb rubidium 85,5	6 Cs césium 132,9	7 Fr francium -223	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p style="margin: 0;">A → nombre de masse de l'isotope le plus abondant</p> <p style="margin: 0;">Z → nombre de charge (ou numéro atomique)</p> <p style="margin: 0; text-align: center;">X</p> <p style="margin: 0;">nom</p> <p style="margin: 0;">M → masse molaire atomique de l'élément (g · mol⁻¹)</p> </div>						8 He hélium 4,0	9 Ne néon 19,9	10 Ar argon 39,9	11 Kr krypton 83,8	12 Xe xénon 131,3	13 Rn radon -222	14 X -	15 X -	16 X -	17 X -	18 X -
1																								
2		Be béryllium 9,0																						
3		Mg magnésium 24,3																						
4		Ca calcium 40,1	Sc scandium 45,0	Ti titane 47,9	V vanadium 50,9	Cr chrome 52,0	Mn manganèse 54,9	Fe fer 55,8	Co cobalt 58,9	Ni nickel 58,7	Cu cuivre 63,5	Zn zinc 65,4	Ga gallium 69,7	Ge germanium 72,6	As arsenic 74,9	Se sélénium 79,0	Br brome 79,9	Kr krypton 83,8						
5		Sr strontium 87,6	Y yttrium 88,9	Zr zirconium 91,2	Nb niobium 92,9	Mo molybdène 95,9	Tc technetium 98,9	Ru ruthénium 101,1	Rh rhodium 102,9	Pd palladium 106,4	Ag argent 107,9	Cd cadmium 112,4	In indium 114,8	Sn étain 118,7	Sb antimoine 121,7	Te tellure 127,6	I iode 126,9	Xe xénon 131,3						
6		Ba baryum 137,3	L	Hf hafnium 178,5	Ta tantalum 180,9	W tungstène 183,9	Re rhenium 186,2	Os osmium 190,2	Ir iridium 192,2	Pt platine 195,1	Au or 197,0	Hg mercure 200,6	Tl thallium 204,4	Pb plomb 207,2	Bi bismuth 209,0	Po polonium -209	At astate -210	Rn radon -222						
7		Ra radium 226,0	A	Rf rutherfordium -261	Hs hassium -262	Sg seaborgium -262	Ns nibélium -	Hs hassium 108	Mt meitnerium -	X -	X -	X -	X -	X -	X -	X -	X -	X -						

L = Lanthanides : 57 à 71

57 La lanthane 138,9	58 Ce cerium 140,1	59 Pr praseodyme 140,9	60 Nd néodyme 144,2	61 Pm prométhium -145	62 Sm samarium 150,4	63 Eu europium 152,0	64 Gd gadolinium 157,2	65 Tb terbium 158,9	66 Dy dysprosium 162,5	67 Ho holmium 164,9	68 Er erbium 167,3	69 Tm thulium 168,9	70 Yb ytterbium 173,0	71 Lu lutetium 175,0
--------------------------------------	------------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

A = Actinides : 89 à 103

89 Ac actinium 227	90 Th thorium 232,0	91 Pa protactinium 231,0	92 U uranium 238,0	93 Np néptunium -237	94 Pu plutonium -244	95 Am américium -243	96 Cm curium -247	97 Bk berkélium -247	98 Cf californium -251	99 Es einsteinium -254	100 Fm fermium -257	101 Md mendelevium -258	102 No nobélium -259	103 Lr lawrencium -260
------------------------------------	-------------------------------------	--	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	--	-------------------------------------	---	--------------------------------------	--