

EXERCICES DE SYNTHÈSE

1 Des éléments chimiques familiers

En faisant du tri, Jérémy trouve un vieux flacon de désinfectant dans son armoire à pharmacie. Il s'agit d'un antiseptique utilisé pour lutter contre la multiplication des bactéries. Cet antiseptique de couleur jaune peut être considéré comme une solution aqueuse de diiode. On notera S cette solution.

Il découvre ensuite un pulvérisateur nasal à base de soufre, prévu pour déboucher le nez en cas de rhume.

Le soufre est un élément chimique qu'il a repéré dans le tableau périodique accroché au mur de la salle de TP !



DOC 1 Matériel à disposition



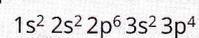
Volumes : 5 mL, 10 mL et 20 mL.

DOC 2 Extrait du tableau périodique

${}^1_1\text{H}$									${}^2_2\text{He}$
${}^3_3\text{Li}$	${}^4_4\text{Be}$		${}^5_5\text{B}$	${}^6_6\text{C}$	${}^7_7\text{N}$	${}^8_8\text{O}$	${}^9_9\text{F}$		${}^{10}_{10}\text{Ne}$
${}^{11}_{11}\text{Na}$	${}^{12}_{12}\text{Mg}$		${}^{13}_{13}\text{Al}$	${}^{14}_{14}\text{Si}$	${}^{15}_{15}\text{P}$	${}^{16}_{16}\text{S}$	${}^{17}_{17}\text{Cl}$		${}^{18}_{18}\text{Ar}$

DOC 3 Données

La configuration électronique du soufre est :



La masse du nucléon est :

$$m_{\text{nu}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

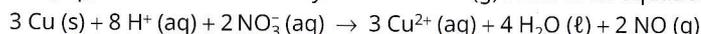
- On peut trouver expérimentalement un encadrement de la concentration en masse de diiode de la solution S que Jérémy a trouvée.
 - Expliquer brièvement la méthode expérimentale.
 - Lors de la mise en œuvre de cette méthode, pourquoi faut-il que les récipients utilisés soient tous identiques ?
 - En utilisant la verrerie disponible, expliquer comment Jérémy devra procéder pour préparer une solution S' dix fois plus diluée que la solution S .
- Donner la composition du noyau d'un atome de soufre qui possède 32 nucléons.
 - Un noyau isotope du soufre a une masse de $5,7 \times 10^{-26} \text{ kg}$. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?
 - Quelle est la composition du noyau isotope ?
 - Quel ion stable le soufre peut-il former facilement ? Justifier la réponse.

2 Le cuivre dans une pièce de 10 centimes

Une pièce de 10 centimes d'euro est constituée d'un mélange de plusieurs métaux : cuivre, aluminium, zinc et étain. Sa masse est 4,10 g.

On souhaite déterminer expérimentalement le pourcentage massique de cuivre dans une pièce et le comparer à la valeur de référence égale à 89 %.

Le cuivre est un métal qui réagit avec l'acide nitrique ($\text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$) pour former des ions cuivre $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, de l'eau et du monoxyde d'azote $\text{NO}(\text{g})$ selon cette équation chimique :



DOC 1 Dangers du dioxyde d'azote

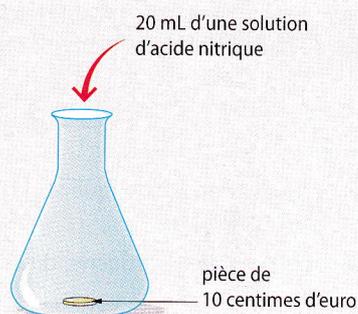
Le monoxyde d'azote $\text{NO}(\text{g})$ est un gaz instable à température ordinaire et se combine avec le dioxygène atmosphérique en formant du dioxyde d'azote $\text{NO}_2(\text{g})$, un gaz roux dont les pictogrammes de sécurité sont donnés ci-contre.



DOC 2 Protocole expérimental

On souhaite étudier la transformation chimique entre le cuivre et l'acide nitrique. Pour cela, on dépose une pièce de 10 centimes dans un erlenmeyer de 100 mL que l'on place sous une hotte aspirante en fonctionnement. Équipé de gants et de lunettes de protection, on verse dans l'erlenmeyer 20 mL d'une solution d'acide nitrique très concentrée.

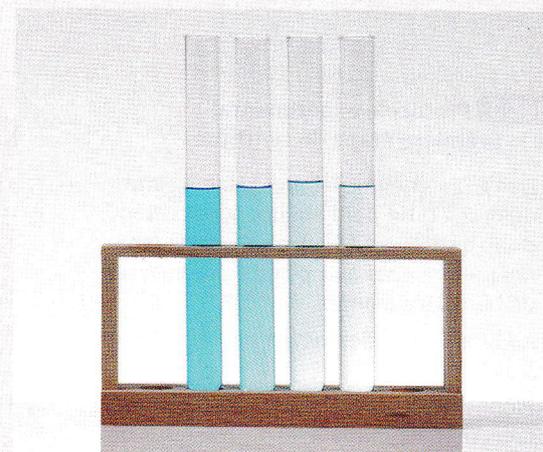
Lorsque la pièce est complètement dissoute, on transfère intégralement le contenu de l'erlenmeyer dans une fiole jaugée de 100 mL et on complète cette dernière avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge : on obtient une solution S .



DOC 3 Échelle de teintes

On prépare une échelle de teintes de quatre solutions de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$).

Solution S_i	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration c_{mi} (en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	150	75,0	37,5	20,0



- Le mélange de métaux constituant une pièce de 10 centimes est-il homogène ou hétérogène ? Justifier la réponse.
- Justifier que l'expérience devrait être réalisée sous une hotte aspirante (Doc. 2).
- Justifier que la quantité d'ions cuivre produits lors de la transformation chimique serait égale à la quantité d'atomes de cuivre ayant réagi (Doc. 2).
 - Qu'est-ce qui permettrait d'affirmer que le réactif limitant est le cuivre ?
- La solution S obtenue, placée dans un tube à essais, a la couleur de la solution S_3 .
 - Donner une estimation de la masse de cuivre présente dans la pièce de monnaie.
 - En déduire le pourcentage massique du cuivre dans cette pièce.
 - Proposer un argument expliquant l'écart entre la valeur du pourcentage déterminée et celle du pourcentage de référence donné.

EXERCICES DE SYNTHÈSE

3 Le paracétamol

Le paracétamol ou **para-acétyl-amino-phénol** est entre autres un antipyrétique, synthétisé pour la première fois en 1878 par Harmon Northrop Morse, chimiste américain.

Jusqu'à-là, les antipyrétiques étaient obtenus à partir de préparations réalisées avec des écorces de Cinchona ou de Saule.

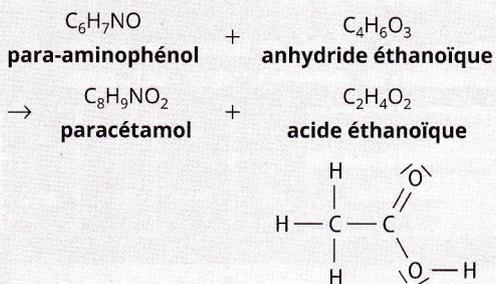
Le genre Cinchona (photo) rassemble une vingtaine d'espèces d'arbres ou d'arbustes, tous originaires d'Amérique du Sud.

Le paracétamol découvert par H. N. Morse ne fut commercialisé qu'une cinquantaine d'années plus tard sous le nom de paracétamol.



DOC 1 Synthèse du paracétamol

La synthèse du paracétamol peut être réalisée au laboratoire à partir du para-aminophénol et de l'anhydride éthanóïque. L'équation de la réaction de la synthèse est :



DOC 3 Protocole expérimental de la première étape de synthèse

- Dans un erlenmeyer de 150 mL, introduire 2,7 g de para-aminophénol, 25 mL d'eau distillée et 3,5 mL d'anhydride éthanóïque prélevés à la pipette graduée, et un barreau aimanté.
- Adapter sur l'erlenmeyer un réfrigérant à air.
- Plonger l'erlenmeyer pendant 20 minutes dans un bain-marie à 80 °C, placé sur un agitateur magnétique chauffant.

DOC 2 Matériel à disposition

Pour effectuer une chromatographie sur couche mince, on dispose :

- de plaques pour CCM, de capillaires et d'une cuve à chromatographie ;
- d'éluant, un mélange de CHCl_3 (chloroforme) et de CH_3OH (méthanol) en proportions 60/40 en volume ;
- de trois échantillons de solutions :
 - 1 mL d'éluant et une pointe de spatule de para-aminophénol,
 - 1 mL d'éluant et une pointe de spatule de paracétamol synthétisé et purifié,
 - 1 mL d'éluant et une pointe de spatule de paracétamol du commerce.

DOC 4 Données

- Masses atomiques du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène :
 $m_{\text{C}} = 2,00 \times 10^{-23} \text{ g}$; $m_{\text{O}} = 2,67 \times 10^{-23} \text{ g}$; $m_{\text{H}} = 1,67 \times 10^{-24} \text{ g}$.
- Nombre d'Avogadro : $N_{\text{A}} = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Masse volumique de l'anhydride éthanóïque :
 $\rho = 1,08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$
- Configurations électroniques de l'hydrogène, du carbone et de l'oxygène :
 $\text{H } 1s^1$ $\text{C } 1s^2 2s^2 2p^2$ $\text{O } 1s^2 2s^2 2p^4$

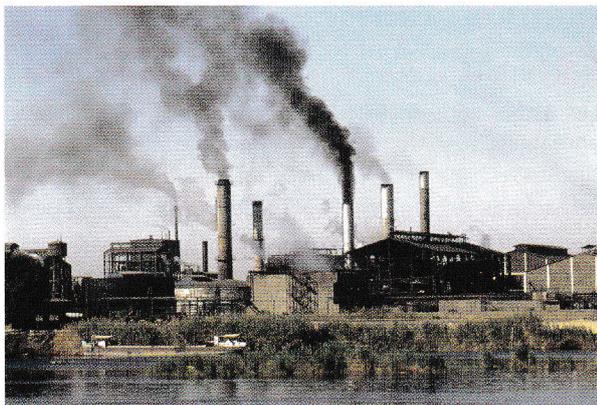
- Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé (Doc. 3).
 - Quel nom ce dispositif porte-t-il ?
- Montrer que l'on a introduit 37 mmol d'anhydride éthanóïque (Doc. 3).
 - La quantité initiale de para-aminophénol est égale à 25 mmol. Déterminer quel est le réactif limitant.

- La chromatographie sur couche mince (CCM) est l'une des techniques qui permet de s'assurer de la formation du paracétamol.
 - Expliquer sa mise en œuvre en s'aidant d'un schéma légendé.
 - Dessiner l'allure du chromatogramme obtenu.
- Justifier alors le schéma de Lewis de l'acide éthanóïque donné (Doc. 1).

4 Réduire le dioxyde de carbone dans l'atmosphère

La lutte contre le réchauffement climatique constitue un défi majeur du XXI^e siècle. Parmi les priorités, il faut chercher à diminuer les émissions de CO₂, le dioxyde de carbone.

C'est dans cette optique que de nouvelles technologies ont été développées. Elles visent d'abord les activités fortement émettrices de dioxyde de carbone, telles que la production d'énergie dans les centrales thermiques, le raffinage des pétroles, la fabrication des ciments ou la sidérurgie. Mais, il est également possible de valoriser le dioxyde de carbone qui est émis en le transformant.



DOC 1 Synthèse industrielle de l'urée

L'urée CO(NH₂)₂ est fabriquée industriellement à partir d'ammoniac NH₃ et de dioxyde de carbone CO₂.

Soixante-dix millions de tonnes d'urée sont produites chaque année.

La synthèse de l'urée réalisée sous forte pression, de 140 à 160 bars, et à des températures comprises entre 160 °C et 180 °C, forme également de l'eau H₂O.

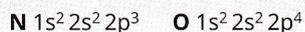
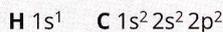
DOC 3 Données

- Masses atomiques du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote :

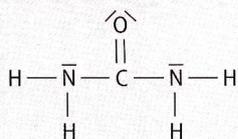
$$m_C = 2,00 \times 10^{-23} \text{ g} ; m_O = 2,67 \times 10^{-23} \text{ g} ;$$

$$m_H = 1,67 \times 10^{-24} \text{ g} ; m_N = 2,32 \times 10^{-23} \text{ g}.$$

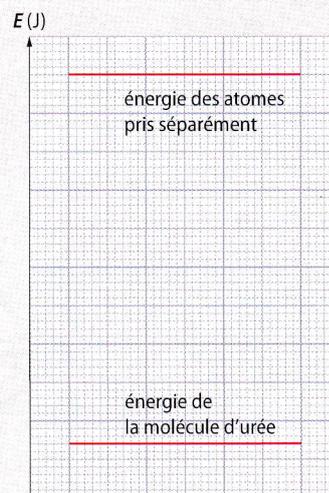
- Configurations électroniques de l'hydrogène, du carbone, de l'azote et de l'oxygène :



- Schéma de Lewis de l'urée :



DOC 2 Diagramme énergétique de la molécule d'urée



1. Écrire l'équation ajustée de la synthèse de l'urée à partir du dioxyde de carbone.
2. a. Combien de doublets liants et non liants chacun des atomes de carbone, hydrogène, azote et oxygène possède-t-il ?
b. Justifier alors le schéma de Lewis de la molécule d'urée.
3. a. Exprimer la masse de la molécule d'urée en fonction de la masse des atomes la constituant.
b. Calculer sa valeur.
- c. Comment pourrait-on identifier l'urée synthétisée dans un échantillon solide ?
4. a. Établir un bilan de la nature et du nombre de liaisons qu'il faut rompre pour dissocier la molécule d'urée.
b. Analyser le diagramme énergétique (Doc. 2) et conclure sur l'effet de la formation de ces liaisons.