EXERCICES DE SYNTHÈSE

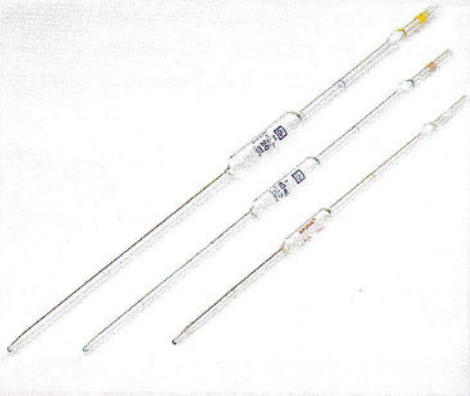
1 Des éléments chimiques familiers

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

$_1H$								$_2He$
$_3Li$	$_4Be$		$_5B$	$_6C$	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$
$_{11}Na$	$_{12}Mg$		$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$

DOC 3 Données

La configuration électronique du soufre est :

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

La masse du nucléon est :

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

1. On peut trouver expérimentalement un encadrement de la concentration en masse de diiode de la solution *S* que Jérémy a trouvée.
   a. Expliquer brièvement la méthode expérimentale.
   b. Lors de la mise en œuvre de cette méthode, pourquoi faut-il que les récipients utilisés soient tous identiques ?
   c. En utilisant la verrerie disponible, expliquer comment Jérémy devra procéder pour préparer une solution *S'* dix fois plus diluée que la solution *S*.

2. a. Donner la composition du noyau d'un atome de soufre qui possède 32 nucléons.
   b. Un noyau isotope du soufre a une masse de $5{,}7 \times 10^{-26}$ kg. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?
   c. Quelle est la composition du noyau isotope ?
   d. Quel ion stable le soufre peut-il former facilement ? Justifier la réponse.

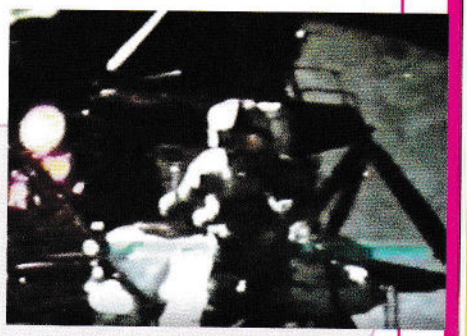
2 Suite

1. *Au court de la phase de descente :*
   a. Quelle est la valeur du vecteur vitesse de Curiosity ?
   b. Comment varie le vecteur vitesse de Curiosity ?
   c. Comment qualifier le mouvement de Curiosity ?
   d. Que peut-on dire des forces qui modélisent les actions mécaniques qui agissent sur Curiosity ? Représenter ces forces sur un schéma.
   e. Déterminer la valeur de ces forces.
2. À partir des informations données dans l'énoncé et en émettant différentes hypothèses, estimer par un calcul la durée Δt de la phase de descente du robot entre le moment où la grue commence à le descendre et son atterrissage sur le sol martien.

3 Expérience de physique sur la Lune

Le 21 juillet 1969, Neil Armstrong fut le premier Homme à poser le pied sur la Lune.

Lors de l'une des cinq expéditions lunaires qui suivirent celle d'Armstrong, l'astronaute de la mission Apollo 15, Dave Scott, réalisa une expérience de physique.



DOC 1 Expérience de Dave Scott

L'astronaute prit dans ses mains levées à hauteur des épaules un marteau dans l'une et une plume dans l'autre. Puis, il les lâcha en même temps. Contrairement à ce qui se serait passé sur Terre, la plume ne se mit pas à voleter doucement mais tomba exactement comme le marteau. Sans résistance de l'air pour freiner la plume, les deux objets s'enfoncèrent dans la poussière lunaire exactement au même instant.

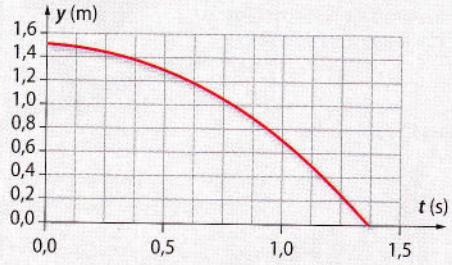
DOC 2 Mouvements du marteau et de la plume

On peut, à partir du document vidéo de la NASA, construire des graphiques A et B relatifs au mouvement des deux objets.

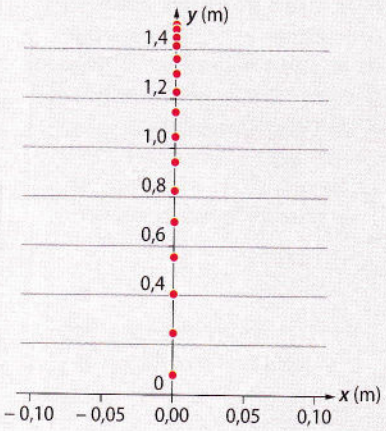
À l'instant du lâcher, pris comme origine des temps, le marteau est à une hauteur $h = 1{,}50$ m du sol.

Le mouvement est étudié dans le référentiel lunaire, muni d'un repère dont l'axe Ox correspond au sol et l'axe Oy est dirigé vers le haut, perpendiculairement au sol.

Le marteau est assimilé à un point matériel M et la plume à un point matériel P.



Graphique A



Graphique B

1. a. Établir le bilan des actions mécaniques qui s'exercent, à l'instant où l'objet est lâché, sur :
   - la plume de masse m_P ;
   - le marteau de masse m_M.
   b. Donner l'expression des valeurs des forces qui modélisent ces actions mécaniques en fonction de l'intensité de pesanteur lunaire g_L et représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle.
2. a. Des deux graphiques A et B, lequel correspond à la trajectoire du point M ?
   b. À quoi correspond l'autre graphique ?
3. a. Quelle est la valeur du vecteur vitesse entre les instants :
   - $t = 0$ s et $t = 0{,}25$ s ?
   - $t = 0{,}5$ s et $t = 0{,}75$ s ?
   b. Comment évolue le vecteur vitesse du point M lors de la chute ?
   c. Cette variation du vecteur vitesse est-elle cohérente avec le principe d'inertie (ou avec sa contraposée) ?
4. Décrire le mouvement du point M.
5. a. Quelle est la durée de chute du point M ?
   b. Quelle est la vitesse moyenne de chute ?

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 (H^+ (aq) + NO_3^- (aq)) pour former des ions cuivre Cu^{2+} (aq), de l'eau et du monoxyde d'azote NO (g) selon cette équation chimique :

$$3\ Cu\ (s) + 8\ H^+\ (aq) + 2\ NO_3^-\ (aq) \rightarrow 3\ Cu^{2+}\ (aq) + 4\ H_2O\ (\ell) + 2\ NO\ (g)$$

DOC 1 Dangers du dioxyde d'azote

Le monoxyde d'azote NO (g) est un gaz instable à température ordinaire et se combine avec le dioxygène atmosphérique en formant du dioxyde d'azote NO_2 (g), un gaz roux dont les pictogrammes de sécurité sont donnés ci-contre.

DOC 2 Protocole expérimental

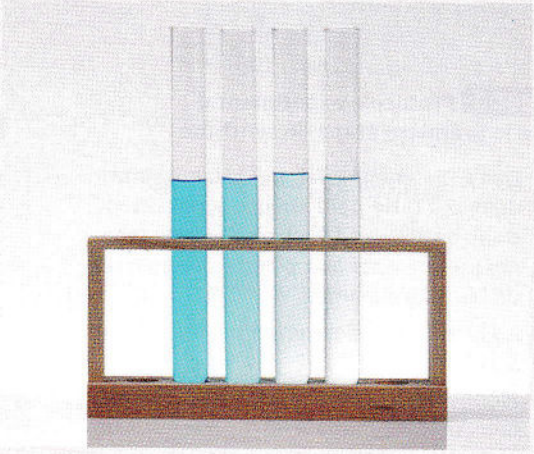
On souhaite étudier la transformation chimique entre le cuivre et l'acide nitrique. Pour cela, on dépose une pièce de 10 centimes dans un erlenmeyer de 100 mL que l'on place sous une hotte aspirante en fonctionnement. Équipé de gants et de lunettes de protection, on verse dans l'erlenmeyer 20 mL d'une 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 (Cu^{2+} (aq) + SO_4^{2-} (aq)).

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



1. Le mélange de métaux constituant une pièce de 10 centimes est-il homogène ou hétérogène ? Justifier la réponse.
2. Justifier que l'expérience devrait être réalisée sous une hotte aspirante (**Doc. 2**).
3. **a.** 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**).
   b. Qu'est-ce qui permettrait d'affirmer que le réactif limitant est le cuivre ?
4. La solution *S* obtenue, placée dans un tube à essais, a la couleur de la solution S_3.
   a. Donner une estimation de la masse de cuivre présente dans la pièce de monnaie.
   b. En déduire le pourcentage massique du cuivre dans cette pièce.
   c. 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**-**acét**yl-**am**ino-phén**ol** est entre autres un antipyrétique, synthétisé pour la première fois en 1878 par Harmon Northrop Morse, chimiste américain.

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

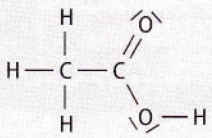
Le genre Cinchona (photo) rassemble une vingtaine d'espèces d'arbres ou d'arbustes, tous originaires d'Amérique du Sud.

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 éthanoïque. L'équation de la réaction de la synthèse est :

$$\underset{\textbf{para-aminophénol}}{C_6H_7NO} + \underset{\textbf{anhydride éthanoïque}}{C_4H_6O_3} \rightarrow \underset{\textbf{paracétamol}}{C_8H_9NO_2} + \underset{\textbf{acide éthanoïque}}{C_2H_4O_2}$$



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 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 éthanoïque 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.

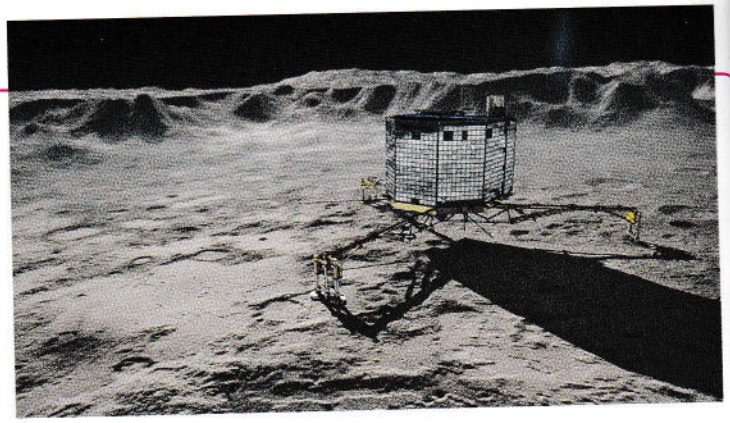
DOC 4 Données

- Masses atomiques du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène :
  $m_C = 2{,}00 \times 10^{-23}$ g ; $m_O = 2{,}67 \times 10^{-23}$ g ; $m_H = 1{,}67 \times 10^{-24}$ g.
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}.
- Masse volumique de l'anhydride éthanoïque :
  $\rho = 1{,}08$ g · mL^{-1}
- Configurations électroniques de l'hydrogène, du carbone et de l'oxygène :
  H $1s^1$ **C** $1s^2\,2s^2\,2p^2$ **O** $1s^2\,2s^2\,2p^4$

1. **a.** Réaliser un schéma légendé du dispositif expérimental utilisé (**Doc. 3**).
   b. Quel nom ce dispositif porte-t-il ?
2. **a.** Montrer que l'on a introduit 37 mmol d'anhydride éthanoïque (**Doc. 3**).
   b. La quantité initiale de para-aminophénol est égale à 25 mmol. Déterminer quel est le réactif limitant.
3. La chromatographie sur couche mince (CCM) est l'une des techniques qui permet de s'assurer de la formation du paracétamol.
   a. Expliquer sa mise en œuvre en s'aidant d'un schéma légendé.
   b. Dessiner l'allure du chromatogramme obtenu.
4. Justifier alors le schéma de Lewis de l'acide éthanoïque donné (**Doc. 1**).

EXERCICES DE SYNTHÈSE

4 La mission Philae



En 2004, la sonde européenne Rosetta a quitté la Terre pour un voyage long de 10 ans. Sa destination ? la comète Tchouri.

En novembre 2014, la sonde a largué Philae, un atterrisseur qui est venu se poser à la surface de la comète.

Données :

Constante de gravitation :
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$.

Intensité de pesanteur sur Terre :
$g_T = 10\ N \cdot kg^{-1}$.

DOC 1 Objectif de la mission

La mission de Philae consista à analyser la comète sous tous ses aspects. En effet, les comètes se sont formées en même temps que le Système solaire il y a 4,5 milliards d'années, bien avant les planètes. Leur étude est donc l'occasion de mieux comprendre la situation qui prévalait lorsque notre Système solaire est né.

DOC 2 Les chiffres-clés

La comète Tchouri

le noyau de la comète

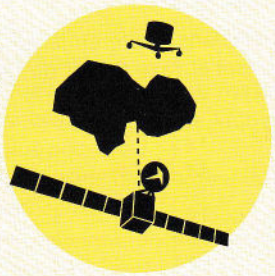
mesure environ **4,1 × 5,4 km**

a une masse de **10 milliards de tonnes**

L'atterisseur Philae

3,5 km/h soit 1 m/s

La vitesse de descente de Philae sur la comète au moment de l'atterrissage soit la vitesse d'un Homme marchant au pas



20 km

C'est l'altitude lors de la séparation entre l'orbiteur et Philae

Philae pèse :

100 kg sur Terre

1 g sur la comète

On s'intéresse à l'atterrisseur Philae qui s'est posé sur la comète.
La comète est assimilée à une sphère de rayon 2,5 km.

1. Donner l'expression de la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philae, quand l'atterrisseur est à la surface de la comète.
2. En supposant que cette force est égale au poids de Philae sur la comète, déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g_C sur la comète.
3. Expliquer et apporter une correction scientifique à l'information du **document 2** :
« Philae pèse 100 kg sur Terre et 1 g sur la comète. »
4. On émet l'hypothèse que la vitesse de Philae reste constante lors de sa descente sur la comète.
   a. Estimer la valeur de la durée de la phase d'atterrissage de Philae.
   b. Donner les caractéristiques des forces qui modélisent les actions mécaniques agissant sur Philae.

EXERCICES DE SYNTHÈSE

1 Décollage d'un drone

Les drones de loisirs à quatre hélices sont des véhicules aériens de faibles dimensions. Ils sont vendus au grand public comme un jeu pour l'intérieur ou pour l'extérieur.

On étudie le mouvement du drone dépourvu de webcam lors de son décollage. Le drone étudié ici, de masse 110 g, est assimilé à un point matériel noté M.

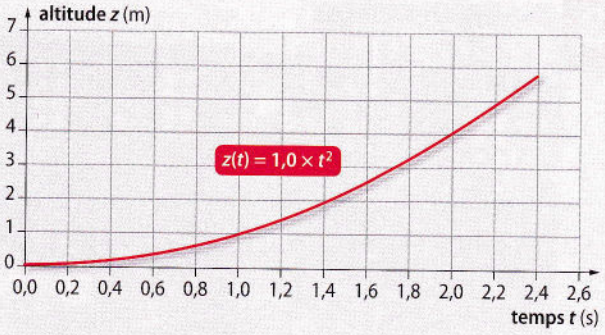
Données : *le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ est considéré uniforme, la valeur de son intensité g est 9,8 N · kg⁻¹.*

DOC 1 Modélisation

Un film du décollage vertical du drone a été réalisé afin de déterminer la force *F* qui modélise l'action de poussée exercée sur ce drone par l'air.

L'exploitation du film a permis de tracer le graphique représentant l'évolution dans le temps de la grandeur $z(t)$.

$z(t)$ permet de connaître les coordonnées de la position du drone suivant l'axe vertical. La courbe ci-dessous modélise l'évolution de cette grandeur.

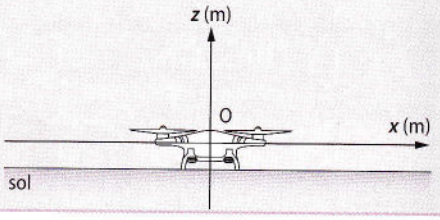


1. Identifier le système et le référentiel d'étude.
2. **a.** Quels sont la direction et le sens du vecteur déplacement du drone ?
   b. Comment évolue le vecteur vitesse du drone ?
   c. Décrire le mouvement du drone.

DOC 2 Position du drone

Le schéma ci-dessous, tracé sans souci d'échelle, représente la position du drone à l'instant initial.

Le point O est l'origine du repère.



3. **a.** En absence de vent, établir le bilan des deux actions mécaniques qui agissent sur le drone.
   b. Représenter sur un schéma, sans souci d'échelle, les forces qui modélisent ces actions mécaniques.
   c. Comparer qualitativement les valeurs des forces lors du décollage. Justifier la réponse.
4. On souhaite fixer une webcam de masse m_C sur ce drone.
   a. Quelle est la masse maximale $m_{C\,max}$ de cette webcam au-delà de laquelle le décollage n'est plus possible ?
   b. Quel est le mouvement du drone pour une telle webcam ?

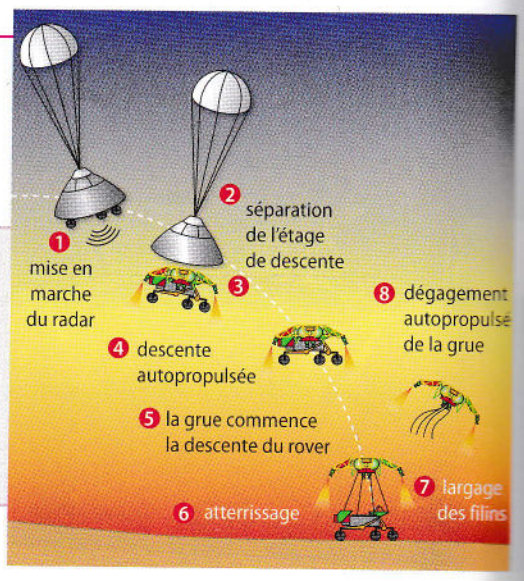
2 Atterrissage de Curiosity sur Mars

Faire atterrir une sonde sur Mars est un exercice périlleux. En août 2012, la NASA a réussi à faire atterrir sans encombre Curiosity, le plus gros rover de l'histoire de l'exploration martienne : 3 m de longueur, 2,7 m de largeur et une masse de 900 kg.

DOC 1 La phase de descente de Curiosity

À 20 mètres du sol, l'étage de descente a une vitesse de 75 centimètres par seconde seulement, la grue commence alors à descendre le robot Curiosity au bout de trois filins (des câbles fins) de 7,50 mètres de longueur. L'engin dépose ensuite Curiosity en douceur. Les filins sont coupés. L'étage de descente augmente alors la poussée de ses moteurs pour aller s'écraser un peu plus loin.

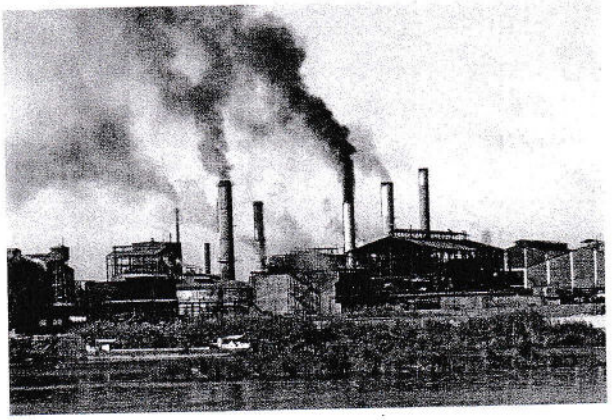
Donnée :
Intensité de pesanteur au voisinage de la surface de Mars : g = 3,7 N · kg⁻¹.



4 Réduire le dioxyde de carbone dans l'atmosphère

La lutte contre le réchauffement climatique constitue un défi majeur du XXIe siècle. Parmi les priorités, il faut chercher à diminuer les émissions de CO_2, 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 $CO(NH_2)_2$ est fabriquée industriellement à partir d'ammoniac NH_3 et de dioxyde de carbone CO_2.

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 H_2O.

DOC 3 Données

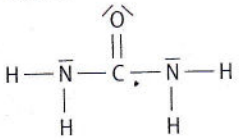
- Masses atomiques du carbone, de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote :

$$m_C = 2{,}00 \times 10^{-23}\ \text{g} ;\ m_O = 2{,}67 \times 10^{-23}\ \text{g} ;$$
$$m_H = 1{,}67 \times 10^{-24}\ \text{g} ;\ m_N = 2{,}32 \times 10^{-23}\ \text{g}.$$

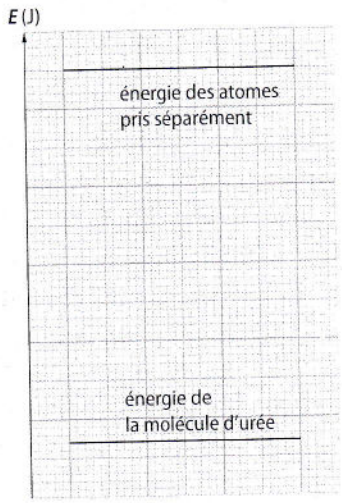
- Configurations électroniques de l'hydrogène, du carbone, de l'azote et de l'oxygène :

H $1s^1$ **C** $1s^2\,2s^2\,2p^2$
N $1s^2\,2s^2\,2p^3$ **O** $1s^2\,2s^2\,2p^4$

- 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.