

# Sujet Dimitri MENDELEÏEV

## 1 La chimie et la mythologie

### Attention

Les inconnues de cet exercice sont notées en gras sous la forme **A**, **B**, **C**, etc. Ces notations ne doivent pas être confondues avec le symbole des éléments chimiques. Ainsi, l'inconnue **B** ne représente, *a priori*, pas l'atome de bore de symbole B.

Les trois parties de ce problème sont indépendantes.

« The beginning is the most important part of the work »  
PLATO

L'histoire de la chimie a débuté par la découverte du feu à l'époque paléolithique, 400 000 ans avant notre ère. Le feu est devenu la première source d'énergie utilisée par l'être humain pour améliorer son quotidien. La maîtrise du feu a permis de réaliser les premières transformations contrôlées de la matière, notamment la fabrication du verre et de la céramique mais également d'alliages métalliques.



### 1.1 Première partie (26 points)

L'étude de la chimie est liée à la Grèce Antique, c'est pourquoi de nombreux termes ou notions utilisés en chimie sont liés à la mythologie grecque. En particulier, le nom de certains éléments chimiques font référence à des personnages célèbres de la mythologie grecque.

L'objet de cet exercice est d'identifier six de ces éléments : trois métaux et trois non-métaux. Parmi les métaux, deux ont, entre autres, des sous-couches de valence de type  $5d$ . Un des non-métaux a un numéro atomique de parité différente des deux autres.

Élément	Information	Description	Nom du dieu
<b>A</b>	Possède un numéro atomique pair	Dieu du soleil	(Xxxx)os <sup>a</sup>
<b>B</b>	Non-métal dont les degrés d'oxydation usuels sont -II, +IV et +VI	Déesse de la lune	(Xxxxx)é
<b>C</b>	$Z(\mathbf{C}) / Z(\mathbf{A}) = 46$	Dieu du ciel	O(xxxx)os
<b>D</b>	Non-métal qui à l'état d'atome neutre possède deux fois moins d'électrons que l'ion $\mathbf{B}^{4+}$	Dieu des étoiles	(Xxxxxx)oros
<b>E</b>	Élément qui à l'état d'atome neutre possède le même nombre d'électrons qu'un ion théorique $\mathbf{F}^{4+}$	Un fils de ZEUS	T(xxxxx)e
<b>F</b>	Un métal de la colonne du cobalt	Déesse de l'arc-en-ciel	(Xxx)s

a. Le nombre de x correspond au nombre de lettres manquantes.

1. Identifier les éléments **A**, ..., **F** et le nom de la divinité correspondante.

	Symbole de l'élément	Nom de la divinité
<b>A</b>		
<b>B</b>		
<b>C</b>		
<b>D</b>		
<b>E</b>		
<b>F</b>		

2. Établir la configuration électronique de **B** et de l'ion  $\mathbf{B}^{2+}$ .

3. Donner l'équation de formation d'un noyau **A** à partir d'un noyau **C**.

4. Quel est l'ordre de cette réaction ?

5. Comment s'appelle le noyau **A** ? Entourer la bonne réponse.

a) particule  $\alpha$    b) particule  $\beta$    c) particule  $\gamma$    d) noyau radioactif   e) positron   f) neutrino

L'élément **D** existe dans la nature sous forme d'un composé de formule **D<sub>4</sub>** dont la structure est tétraédrique. Il forme facilement deux oxydes qui ont respectivement pour composition massique en élément oxygène 44 et 56%.

### Remarque

Le pourcentage massique ou fraction massique  $w_i$  d'une espèce ou d'un élément  $i$  est défini comme le rapport de la masse  $m_i$  de l'espèce ou de l'élément sur la masse totale  $m_{tot}$  des espèces ou du composé.

$$w_i(\text{en } \%) = \frac{m_i}{m_{tot}} \times 100$$

6. Déterminer la formule brute des deux oxydes.

Ces deux oxydes ont des structures semblables à celle de l'adamantane, proposée ci-dessous.



7. Représenter les structures de ces oxydes en sachant que le nombre d'atomes **D** est le même que dans le corps simple. On précise qu'aucune liaison O-O ou **D-D** n'apparaît.

8. Écrire les équations des réactions d'hydrolyse de ces deux oxydes sachant que dans les deux cas un polyacide se forme.

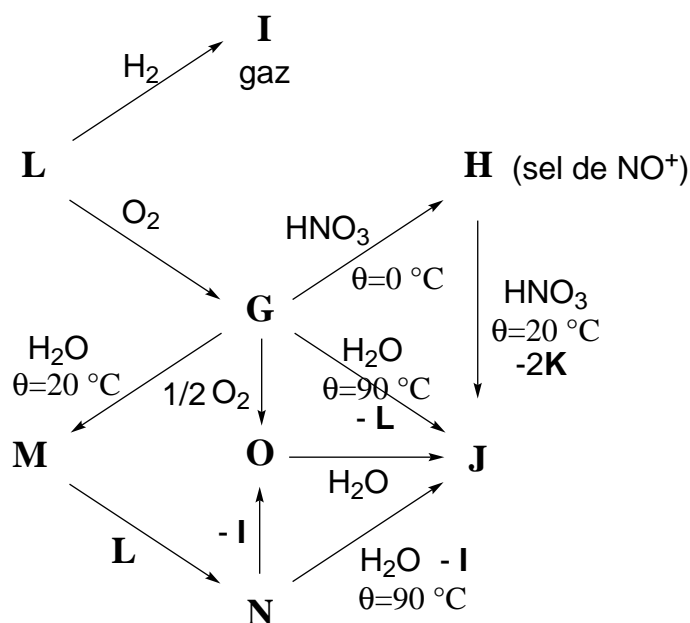
## 1.2 Deuxième partie (30 points)

On retrouve dans les ouvrages de littérature grecque mention de composés chimiques. Par exemple, dans l'*Odyssée* d'HOMÈRE, ULYSSE, le roi d'Ithaque dit à sa nourrice EURYCLÉE <sup>a</sup> après s'être débarrassé des prétendants de sa femme : « Vieille, apporte du **L**, ce remède contre les miasmes ; apporte aussi du feu, afin que je purifie cette demeure par le **L**. ».

<sup>a</sup>. Chant XXII



Le schéma ci-dessous présente l'ensemble des réactions étudiées dans la suite de ce problème. Ces équations sont toutes ajustées sauf l'équation  $\mathbf{G} \rightarrow \mathbf{J} + \mathbf{L}$ .



$\mathbf{L}$  est un corps simple qui peut exister sous la forme de cycles de formules  $\mathbf{L}_n$  parmi lesquels les plus stables ont pour formule  $\mathbf{L}_6$  et  $\mathbf{L}_8$ . La masse molaire moyenne d'un mélange solide des composés  $\mathbf{L}_6$  et  $\mathbf{L}_8$  est égale à  $220 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $\mathbf{L}$  a des propriétés analogues à l'élément  $\mathbf{B}$  qui est à l'origine du nom de la déesse de la lune (cf première partie).

La réaction de  $\mathbf{L}$  avec le dioxygène conduit à la formation d'un gaz incolore, dense et toxique  $\mathbf{G}$ . Sa masse volumique est égale à  $2,83 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  sous pression standard ( $P^\circ = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ) et à  $273 \text{ K}$ . Ce gaz est responsable des pluies acides mais utilisé en faible quantité il peut servir de désinfectant, d'agent antibactérien, de gaz réfrigérant et de conservateur de produits alimentaires tels que les fruits secs ainsi que dans la production de boissons alcoolisées et dans l'élaboration du vin. L'oxydation du gaz  $\mathbf{G}$  donne un oxyde solide  $\mathbf{O}$ .

La réaction de  $\mathbf{L}$  avec le dihydrogène donne un gaz  $\mathbf{I}$ , à peu près deux fois moins dense que  $\mathbf{G}$ .

9. Déterminer l'élément  $\mathbf{L}$ , les formules des gaz  $\mathbf{G}$ ,  $\mathbf{I}$  et de l'oxyde  $\mathbf{O}$ .

10. Calculer les fractions molaires (pourcentage molaire) de  $\mathbf{L}_6$  et  $\mathbf{L}_8$  présents dans le mélange solide décrit ci-dessus.

11. Les chaînes  $\mathbf{L}_6$  et  $\mathbf{L}_8$  sont-elles planes? Discuter.

12. Le composé  $\mathbf{I}$  en solution aqueuse se comporte-t-il comme un acide de BRÖNSTED? Discuter.

La dissolution du gaz  $\mathbf{G}$  dans l'eau froide ( $\theta = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ) conduit à la formation d'un acide faible  $\mathbf{M}$ . À  $\theta = 90\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\mathbf{M}$  en solution aqueuse est converti en un acide fort  $\mathbf{J}$ , très utilisé industriellement, et en  $\mathbf{L}$ .

À  $\theta = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , **G** réagit avec l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  pour conduire à un sel instable **H**, où le cation est l'ion nitrosonium  $\text{NO}^+$ . Le chauffage de ce sel en présence d'acide nitrique donne l'acide **J** et deux équivalents molaires d'un gaz **K**, composé de deux éléments chimiques différents de formule  $\text{X}_x\text{Y}_y$ , de masse molaire  $46\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

L'acide **J** se forme directement par solubilisation de l'oxyde **O** dans l'eau.

La réaction entre **L** et l'acide **M** donne un acide **N**, de masse molaire  $114\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , qui possède un arrangement des atomes identique à celui de l'acide fort **J**.

13. Déterminer les formules des acides **J**, **M**, **N** et des composés **H** et **K**.

14. Donner les équations ajustées des transformations  $\text{G} \rightarrow \text{H}$ ,  $\text{H} \rightarrow \text{J}$  et  $\text{G} \rightarrow \text{J}$ .

15. Ajuster l'équation de la réaction de formation des composés **J** et **L** à partir de l'acide **M**. Comment nomme-t-on une telle transformation ?

16. Quel est le degré d'oxydation de l'atome d'azote N dans le cation nitrosonium  $\text{NO}^+$  ?

17. Expliquer pourquoi le gaz **K** peut se dimériser tandis que **G** non.

### 1.3 Troisième partie (16 points)

Les ouvrages de Grèce antique mentionnent souvent un métal ou un alliage légendaire qui a été nommé « orichalque » et dont la nature demeure encore inconnue. PLATON l'a, par exemple, mentionné dans sa description de l'Atlantide, ce mystérieux continent : « [...] L'orichalque était alors le métal le plus précieux après l'or », ou « [...] à l'intérieur, tout le plafond était d'ivoire, mêlé d'or, d'argent et d'orichalque, ce qui lui donnait un aspect bariolé [...] ».



HÉSIODE, dans son œuvre intitulée *Bouclier d'Héraclès*, dit : « Ayant ainsi parlé, HÉRACLÈS mit autour de ses jambes les cnémides d'orichalque éclatant, présent de l'illustre HÉPHAÏSTOS » ou dans un autre morceau de *Hymne à Aphrodite* où il est fait mention qu'après la naissance de la déesse APHRODYTE les Heures aux riches bandeaux la reçoivent avec allégresse et l'ornent de vêtements divins parmi lesquels des boucles d'oreilles dorées d'orichalque.

18. En supposant que l'orichalque soit un métal pur, en utilisant les informations fournies ci-dessus et vos connaissances des métaux, choisissez le métal **P** le plus probable. Entourer la bonne réponse.

- a) Al   b) Au   c) Pt   d) Cu   e) Tc   f) Ag   g) Pu   h) Li

Supposons maintenant que l'orichalque est un alliage bimétallique. Dans l'ouvrage *Géographie*, STRABONE décrit la production de cet alliage : « Il y a une pierre près d'ANDEIRA qui, grillée, devient un métal pur **Q**. Ensuite mise au four avec une certaine terre **R** (composition massique en soufre égale à 32,85%), elle distille un métal **S** appelé faux argent. C'est le même mélange qui, par addition du métal **P**, donne l'alliage que certains appellent l'orichalque ».



La réaction entre 55,9 g du métal **Q** et un excès de terre **R** donne une mole de **S**. Si l'on fait réagir la quantité de solide **S** obtenue à l'issue de l'étape précédente et **P**, 100,0 g d'alliage sont obtenus. Cet alliage contient 34,6% en masse de **P**.

19. Déterminer les formules des composés **Q**, **R** et **S**.

20. Donner l'équation ajustée de la réaction de formation de **S**.

Malgré ces informations, les recherches sur la composition de l'orichalque restaient infructueuses. Toutefois, en 2015, un ancien bateau grec a été retrouvé aux abords de la Sicile. Ce bateau transportait des lingots métalliques qui sont supposés être des lingots d'orichalque. L'analyse de leur composition par spectrométrie de fluorescence X a permis de montrer que l'alliage était composé de trois métaux : **P** (fraction massique égale à 80,0%), **S** (fraction massique égale à 15,0%) et un métal **T** (fraction *molaire* égale à 5,41%).

21. Identifier le métal **T**.

