

Corrigé N° 2 — Semaine du du 15 Septembre 2025  
**Atomes et table périodique des éléments**

1. Vrai ou faux ?

	Vrai	Faux
a. Selon la théorie de la mécanique quantique un électron peut apparaître comme une onde ou comme une particule. <i>Vrai : Les électrons ont à la fois un caractère ondulatoire et un caractère corpusculaire. L'électron ne ressemble à rien de macroscopique. Suivant comment on l'observe il apparaît soit plutôt comme une onde, soit plutôt comme une particule.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène variant comme $-13.6eV/n^2$ , la différence d'énergie entre le niveau fondamental ( $n=1$ ) et le 1er niveau excité ( $n=2$ ) vaut 10.2 eV. <i>Vrai : Le niveau d'énergie est donné par <math>E_n = -(13.6eV)/n^2</math> ; la différence d'énergie entre <math>n_1 = 1</math> et <math>n_2 = 2</math> est donnée par <math>\Delta E = E_2 - E_1 = -13.6eV(1/(n_2^2) - 1/(n_1^2)) = 10.2eV</math>.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. L'atome d'oxygène a 4 électrons sur son orbitale 3p. <i>Faux : la configuration électronique de l'atome d'oxygène est <math>1s^2 2s^2 2p^4</math>. Les 4 électrons sont dans le niveau <math>n = 2</math>, orbitale 2p et non pas au <math>n = 3</math>, qui représente l'orbitale 3p.</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d. Selon les règles de l'Aufbau, les orbitales 4s se remplissent après les orbitales 3d. <i>Faux : Selon la règle de Klechkowski, les électrons occupent d'abord les orbitales dont le niveau d'énergie est le plus bas, donc les orbitales 4s se remplissent avant les orbitales 3d.</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
e. Le Scandium, l'Osmium et l'Iridium appartiennent tous à la classe des métaux. <i>Vrai : Voir sur la table périodique.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. La règle de Hund nous indique que si on doit distribuer 4 électrons dans les 3 orbitales 2p, on remplit d'abord un dans chaque, avec des spins identiques, avant de remplir la première avec un électron de spin opposé. <i>Vrai : voir les transparents du cours</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- |   | Vrai                                | Faux                                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| g. L'atome de Dubnium appartient à la période 7. <i>Vrai : c'est le numéro 105 de la table périodique, sur la ligne 7.</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| h. Le numéro d'une période est égal au nombre quantique principal, $n$ , des électrons de la couche de valence (à l'exception du palladium). <i>Vrai : un atome de n'importe quel élément de la période <math>n_x</math> a au moins un électron pour lequel <math>n = n_x</math>, mais aucun électron pour lequel la valeur de <math>n</math> est supérieure à <math>n_x</math>. (sauf pour l'élément Pd, il n'y a pas d'électrons dans l'orbitale 5s, même si Pd appartient à la cinquième période).</i> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| i. Une orbitale atomique ne contient toujours qu'un seul électron. <i>Faux : une orbitale atomique peut contenir deux électrons au maximum, selon le principe d'exclusion du Pauli, on en a un de spin <math>+1/2</math> et l'autre de spin <math>-1/2</math>.</i>  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

## 2. Dualité onde-particule

Déterminez la longueur d'onde de :

- un électron se déplaçant à un centième de la vitesse de la lumière. En utilisant l'équation de Broglie, la longueur d'onde est donnée par  $\lambda = h/mv$ . La masse de l'électron est  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ . La vitesse de la lumière est  $3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ . On sait aussi que  $1 \text{J} = 1 \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$ . Donc

$$\lambda = \frac{(6.626 \cdot 10^{-34} \text{Js})}{(9.1 \cdot 10^{-31} \text{kg})(3 \cdot 10^8 \text{m/s})/100} = 2.43 \cdot 10^{-10} \text{m}$$

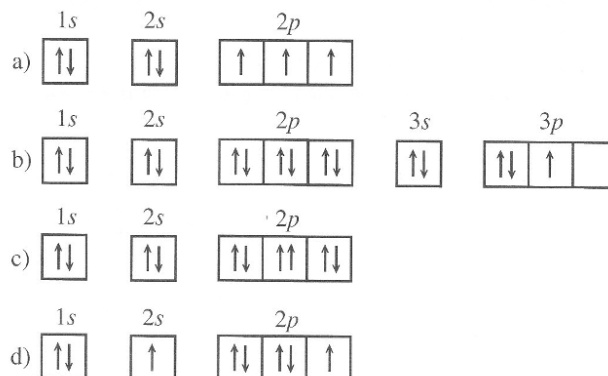
- une balle de golf d'une masse de 45.9 g se déplaçant à une vitesse de 193 km/h. La masse de cette balle est  $45.9 \text{g} = 45.9 \cdot 10^{-3} \text{kg}$  et sa vitesse  $193 \text{km/h} \cdot \frac{1000}{3600} = 53.6 \text{m/s}$ . La longueur d'onde de de Broglie est

$$\lambda = \frac{(6.626 \cdot 10^{-34} \text{Js})}{(45.9 \cdot 10^{-3} \text{kg})(53.61 \text{m/s})} = 2.69 \cdot 10^{-34} \text{m}$$

- Comparez les résultats, que peut-on en conclure ? La longueur d'onde d'une particule macroscopique (ici la balle), qui est beaucoup plus lourde que n'importe quelle particule subatomique, est très petite, en fait indétectable ; il en est de même pour tout objet macroscopique (visible) qui se déplace à une vitesse normale. Par contre la longueur d'onde d'un électron en mouvement rapide est d'un ordre de grandeur similaire au diamètre d'un atome.

### 3. Principes de constructions des atomes

- a. Déterminez le nombre d'électrons (maximal) qui se trouvent dans les niveaux d'énergie qui ont les nombres quantiques suivants :
1.  $n=3$ . il y a 9 orbitales au niveau  $n=3$ , chacune peut contenir 2 électrons, donc on peut trouver 18 électrons avec ce nombre quantique.
  2.  $n=4, l=1$ .  $n=4, l=1$  correspond aux orbitales 4p qui sont 3 par sous-couche donc il existe 6 électrons.
  3.  $n=3, l=2, m_l=1$ . Dans ce cas, cela correspond à l'une des cinq orbitales 3d donc il existe 2 électrons qui ont ces nombres quantiques là, un avec  $m_s = +1/2$  et un avec  $m_s = -1/2$ .
- b. Ecrivez la configuration électronique de l'état fondamental de chacun de ces atomes :
1. Le chlore :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
  2. Le calcium :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
  3. Le chrome (attention, celui-ci est une exception, donc écrivez la configuration selon la règle, et regardez ensuite sur le tableau périodique, pour voir ce qui diffère) : Selon la règle on devrait avoir :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$ , alors qu'en fait, on a  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ . On voit que le Chrome est un peu particulier car il remplit 4s avec 1 électron, en vertu de la règle de Hund, car 4s et 3d ont des énergies pas très différentes et il est plus stable de remplir 4s et 3d chacun avec 1 électron, que de remplir 4s avec deux électrons et seulement 4 orbitales 3d.
- c. Quelles valeurs des nombres quantiques  $n, l$  et  $m_l$  correspondent à l'orbitale 2p ?  $n = 2, l = 1, m_l = -1, 0, +1$
- d. Quelles valeurs des nombres quantiques  $n, l$  et  $m_l$  correspondent à l'orbitale 5d ?  $n = 5, l = 2, m_l = -2, -1, 0, 1, 2$
- e. Quels non-métaux de la deuxième période ont des électrons non appariés à l'état fondamental (cela veut dire qu'ils ont des électrons célibataires dans une de leurs orbitales) ? Le carbone, l'azote, l'oxygène et le fluor ont des électrons non appariés.
- f. En appliquant le principe d'exclusion de Pauli et la règle de Hund, déterminez quelles cases quantiques suivantes représentent la configuration électronique d'un atome à l'état fondamental.



Solution : (a) Permise, les cases représentent ici l'azote, N. ; (b) Non permise, car les spins des 3 électrons non appariés devraient être tous parallèles ; (c) non permise, car la deuxième case de l'orbitale 2p comporte deux électrons de spins parallèles ; (d) Non permise : l'orbitale 2s ne compte que 1 seul électron alors que les orbitales 2p sont remplies.

#### 4. Utilisation du tableau périodique

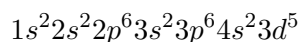
- a. La masse molaire du manganèse Mn est de 54.9 g/mol. Quelle est la masse d'un atome de Mn ?

Dans une mole de manganèse, il y a le nombre d'Avogadro d'atomes de manganèse, la masse d'un atome est donc donnée par :

$$m = M_n/N_A = (54.9g/mol)/(6.022 \cdot 10^{23} \text{ atomes/mol}) = 9.11 \cdot 10^{-23}g$$

- b. Sachant que le numéro atomique du manganèse est 25, quelle est sa structure électronique ? Aidez-vous du principe de Pauli et de la règle de Hund.

Avec ses 25 électrons la structure électronique du manganèse est la suivante :



- c. Sachant que l'oxygène a la structure électronique  $1s^2 2s^2 2p^4$ , quels sont son numéro atomique, sa masse molaire (sachant que le principal isotope de l'oxygène possède autant de protons que de neutrons) ?

Le numéro atomique est donné par le nombre de protons contenus dans le noyau de l'atome, celui-ci est également équivalent au nombre d'électrons qui orbitent autour du noyau d'un atome neutre. La structure électronique nous indique comment les électrons sont répartis dans les orbitales. Les exposants en donnent le nombre. On obtient donc pour l'oxygène :

$$Z_0 = \sum \text{exposants} = 2 + 2 + 4 = 8$$

L'oxygène contient donc 8 protons ainsi que 8 neutrons qui font l'essentiel de la masse de l'atome. Sachant que protons et neutrons ont une masse environ équivalente, la masse molaire se calcule comme suit :

$$M_n = 2 \cdot 8 \cdot 1.66 \cdot 10^{-24} \text{g} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \text{at/mol} = 15.99 \text{g/mol}$$

- d. Le manganèse et l'oxygène se combinent pour former un oxyde, celui qui est le plus important sur le plan des applications pratiques est de composition chimique  $MnO_2$ , qui est utilisé dans les piles alcalines, et que l'on trouve naturellement sur terre, comme minerai de manganèse. Quelle est la masse molaire de cet oxyde ? En regardant les électrons de valence du manganèse et de l'oxygène (les électrons sur les orbitales supérieures), est-il attendu qu'un tel oxyde se forme de manière naturelle ?

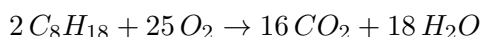
La masse molaire de  $MnO_2$  est donnée par :

$$M_{MnO_2} = M_{Mn} + 2M_O = 54.9 + 2 \cdot 15.99 = 86.88 \text{g/mol}$$

Et on voit que le Mn a 5 électrons sur la couche 3d (et la valence totale est donc 7, en considérant aussi l'orbitale 4s sur la ligne n=4), donc pourra les partager ou donner (pour devenir l'ion  $Mn^{4+}$ ), et l'oxygène est à deux cases du Neon, donc il lui manque 2 électrons pour arriver à remplir son orbitale 2p, qu'il pourra emprunter au Mn, la molécule formée de dioxyde de manganèse fait donc du sens, comme on va le voir bientôt, pour arriver à un solide de type ionique.

5. **Un peu de pratique d'équations chimiques (facultatif mais utile pour ceux et celles qui ont besoin de se rafraichir la mémoire)**

- a. Donnez l'équation de la combustion de l'octane, de formule chimique  $C_8H_{18}$ , qui forme un important constituant de l'essence, en présence d'oxygène. Quels sont les produits ?



Les produits sont le gaz carbonique et l'eau.

- b. Quelle quantité d'oxygène, en moles, est consommée au cours de la combustion de  $6.5 \cdot 10^4$  mol de  $C_8H_{18}$  ? Pour brûler  $6.5 \cdot 10^4$  mol d'octane on a besoin de  $25/2 = 12.5$  fois plus d'oxygène, donc la quantité est donnée par :  $6.5 \cdot 10^4 \text{mol} \cdot 12.5 = 812500 \text{mol}$ .

- c. A combien de litres d'oxygène, aux conditions standards, cette quantité correspond-elle? Les conditions standards sont une température de 298K (25°C!) et une pression de 1 bar = 0.9869 atm. En supposant que l'oxygène se comporte comme un gaz parfait, le volume est donné par :

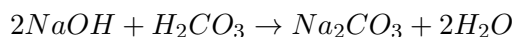
$$V = \frac{812500 \text{ mol} \cdot 0.08205 (\text{atmL}) / (\text{K mol}) \cdot 298 \text{ K}}{0.9869 \text{ atm}} = 2.013 \cdot 10^7 \text{ L} (25^\circ \text{C}; 1 \text{ bar})$$

- d. Equilibrez les équations suivantes :

1.

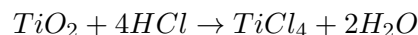


2.

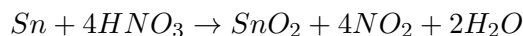


Pour trouver on peut poser : pour Na :  $a = 2c$ , pour O :  $a + 3b = 3c + d$ , pour H :  $a + 2b = 2d$ , pour C :  $b = c$ . On résout, par exemple C mis dans Na :  $a = 2c = 2b$  puis mis dans O :  $2b + 3b = 3b + d$  donc  $2b = d$ ,  $a = d$  et  $b = c$ . Comme on doit choisir des nombres entiers pour équilibrer une équation :  $a = d = 2$  et  $b = c = 1$ .

3.



4.



Pour trouver on peut poser : pour Sn :  $a = c$ , pour H :  $b = 2e$ , pour N :  $b = d$ , pour O :  $3b = 2c + 2d + e$ ; H et N mis dans O :  $3b = 2c + 2b + 0.5b$ , multiplié par 2 :  $b = 4c$  donc finalement  $a = c$ ,  $b = 4c$ ,  $d = 4c$ ,  $e = 2c$ ; Si on pose  $a = 1$ , alors  $b = 4$ ,  $c = 1$ ,  $d = 4$ ,  $e = 2$