

**Examen de Chimie 1 (Ingénieur)**

**Exercice 1 (6 points)**

- I. Le Silicium naturel ( ${}_{14}\text{Si}$ ) de masse atomique moyenne de 28,085 uma, est un mélange de trois isotopes stables  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{29}\text{Si}$  et  ${}^{30}\text{Si}$ . L'abondance de l'isotope le plus abondant est de 92,23% et celle de l'isotope le moins abondant ( ${}^{30}\text{Si}$ ) est de 3,04%. Les masses atomiques respectives de ces deux isotopes sont : 27,977uma et 29,974 uma.
1. Déduire, sans calcul, l'isotope du Silicium le plus abondant.
  2. Déduire l'abondance du 3<sup>ème</sup> isotope ensuite calculer sa masse atomique.
- II. Le mélange de deux isotopes du lithium ( ${}^6\text{Li}^+$  et  ${}^7\text{Li}^+$ ) est analysé à l'aide d'un spectrographe de Bainbridge. Ces deux ions entrent d'abord dans le filtre de vitesse où ils sont soumis à l'action simultanée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique  $B_0$ , pénètrent ensuite dans l'analyseur où il règne un champ magnétique B, avant d'impressionner une plaque photographique.
1. Représenter le schéma correspondant.
  2. Quelle est l'expression de la vitesse avec laquelle se déplacent ces ions ?
  3. Établir l'expression du rayon R de la trajectoire circulaire décrite par chacun de ces ions.
  4. Déterminer l'expression de la masse atomique de l'ion  ${}^A_3\text{Li}^+$  et en déduire la valeur de A, sachant que les rayons des trajectoires de  ${}^6_3\text{Li}^+$  et  ${}^A_3\text{Li}^+$  sont respectivement égaux à 20,5 et 23,9 cm. La masse atomique de l'isotope  ${}^6_3\text{Li}^+$  est égale à 6,0151 uma.
- III. L'énergie de cohésion (liaison) par nucléon (E/A) du noyau de Lithium  ${}^7_3\text{Li}$  est égale à 5,38 MeV/nucléon. Comparer la stabilité de ce noyau avec l'élément le plus abondant du Silicium.
- Données :  $m_p = 1,00728$  uma,  $m_n = 1,00866$  uma.

**Exercice 2 (4 points)**

- L'électron d'un ion  $\text{Be}^{3+}$  passant de son état fondamental vers son premier état excité absorbe une énergie lumineuse dont la longueur d'onde est de  $75,75 \cdot 10^{-10}$  mètres.
1. Calculer le numéro atomique Z de cet ion. Comment on appelle ce type d'ion ?
  2. Calculer l'énergie correspondante a cette transition.
  3. Représenter cette transition sur un diagramme énergétique et donner la série correspondante en précisant le domaine spectral.
  4. Calculer l'énergie des 3 premiers niveaux de l'ion  $\text{Be}^{3+}$ .
  5. Calculer l'énergie d'ionisation de l'ion  $\text{Be}^{3+}$ .
- Données :  $R_H = 1,1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ ,  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ,  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

**Exercice 3 (6 points)**

Soient les éléments suivants :  ${}_{15}\text{P}$ ,  ${}_{17}\text{Cl}$ ,  ${}_{37}\text{Rb}$ ,  ${}_{49}\text{In}$  et  ${}_{51}\text{Sb}$ .

1. Donner sous forme d'un tableau : la configuration électronique de ces atomes à l'état fondamental et situer chaque élément dans le tableau périodique (période, groupe et colonne).
2. Les classer par ordre croissant : de rayon, d'énergie de 1<sup>ère</sup> ionisation et d'électronégativité. Justifier votre réponse.
3. Représenter dans des cases quantiques les électrons de la dernière couche de l'atome du  ${}_{17}\text{Cl}$ .
4. Déterminer les nombres quantiques (n, l, m, s) pour l'électron célibataire du  ${}_{17}\text{Cl}$  et donner la fonction d'onde  $\Psi$  correspondante.

**Question de cours (4 points)**

- I. Représenter sur un diagramme énergétique le spectre des niveaux électroniques de l'atome d'hydrogène correspondants à la première raie, troisième raie et à la raie limite de la série de Paschen dans le cas d'une émission.
- II. Soit la configuration électronique de l'aluminium Al :  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^1$ . Expliquer pourquoi l'ion le plus stable de Al est l'ion  $\text{Al}^{3+}$ . Déduire si l'atome Al a un caractère métallique où pas. Justifier votre réponse.
- III.
  1. Donner la structure de Lewis des atomes  ${}_{7}\text{N}$ ,  ${}_{15}\text{P}$  et  ${}_{17}\text{Cl}$ . Déduire la valence de ces atomes à l'état fondamental.
  2. Donner la structure de Lewis des molécules  $\text{NCl}_3$  et  $\text{PCl}_5$ .
  3. N et P appartiennent à la même colonne et ont la même configuration externe. Expliquer pourquoi la molécule  $\text{PCl}_5$  existe alors que la molécule  $\text{NCl}_5$  n'existe pas.

*Bon courage*

**Corrigé**

**Exercice 1 (6 points)**

**I.1. L'isotope du Silicium le plus abondant :** la masse molaire atomique du Silicium naturel est très proche de 28 uma donc l'isotope  $^{28}\text{Si}$  est le plus abondant dont  $x_1 = 92,23\%$  **0.5pt**

**2. Déduire l'abondance du 3ème isotope :**

$$\begin{cases} x_1 = 92,23\% \text{ pour } ^{28}\text{Si}, m_1 = 27,977\text{uma} \\ x_2 = ? \text{ pour } ^{29}\text{Si}, m_2 = ? \\ x_3 = 3,04\% \text{ pour } ^{30}\text{Si}, m_3 = 29,974 \text{ uma} \end{cases}$$

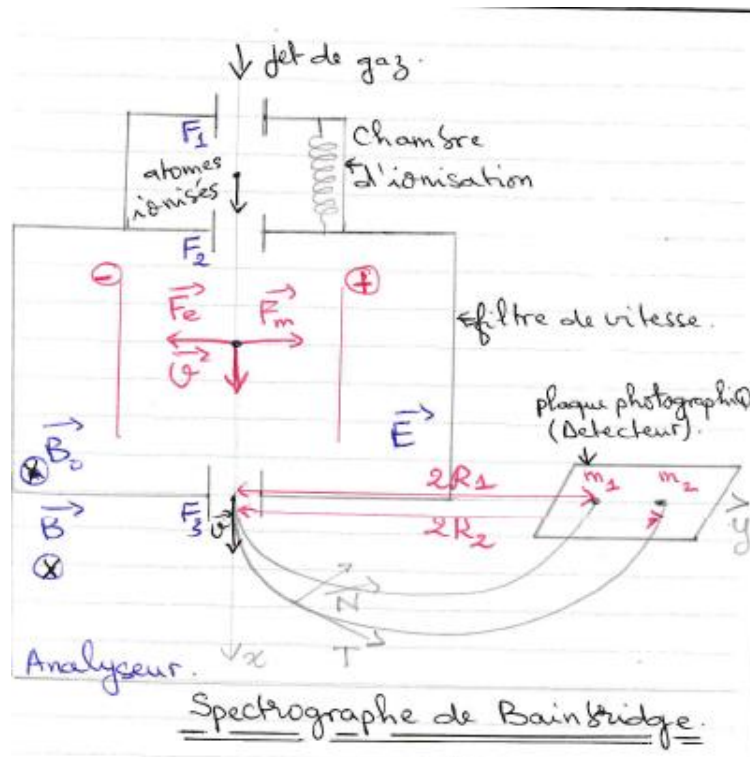
on a :

$$x_1 + x_2 + x_3 = 100 \quad \text{0.25pt} \quad \rightarrow \quad x_2 = 4,73\% \quad \text{0.25pt}$$

➤ **Calculer sa masse atomique  $M_2$  sachant que  $m = 28,085 \text{ uma}$**

$$\text{on a : } m = \frac{\sum m_i x_i}{100} = \frac{m x_1 + m_2 x_2 + m x_3}{100} \quad \text{0.25pt} \quad \rightarrow \quad m_2 = 28,976 \text{ uma} \quad \text{0.25pt}$$

**II.1. Le schéma 1pt**



## 2. Expression de la vitesse V

Dans le filtre de vitesse, la force électrique  $F_e$  est égale à la force magnétique  $F_m$  ( $F_e = F_m$ )

Avec :

$$\begin{cases} F_e = q.E & 0.25\text{pt} \\ F_m = q.V.B_0 & 0.25\text{pt} \end{cases}$$

Donc :  $q.E = q.V.B_0 \rightarrow V = \frac{E}{B_0}$  0.25pt

## 3. Expression du rayon R

Dans l'analyseur : équilibre des forces dans le cas d'un mouvement circulaire de rayon R ( $F_m = m.\gamma_N$ )

$$q.V.B = m.V^2/R \rightarrow R = m.V/(q.B) \quad 0.5\text{pt}$$

## 4. Expression de la masse atomique de l'ion ${}^A_3\text{Li}^+$

On a :

$$\begin{cases} R_1 = m_1.V/(q.B) & ({}^6_3\text{Li}) \\ R_2 = m_2.V/(q.B) & ({}^A_3\text{Li}) \end{cases} \Rightarrow R_1/R_2 = m_1/m_2 \Rightarrow m_2 = m_1 \times (R_2/R_1) \quad 0.25\text{pt}$$

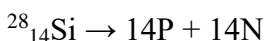
$$m_2 = 6,0151 \times (23,9/20,5) \Rightarrow m_2 = 6,995 \text{ uma ou } 6,995 \text{ g/mol} \quad 0.25\text{pt}$$

$A = 7$  ( $A$  : nombre entier,  $>0$ ), il s'agit de  ${}^7_3\text{Li}$ . 0.25pt

## III. Comparer la stabilité du noyau ${}^7_3\text{Li}$ ( $E_{Li}/A_{Li}=5,38$ MeV/nucléon) avec l'élément le plus abondant du Silicium

➤ Calculer l'énergie de cohésion (liaison) par nucléon ( $E/A$ ) du Silicium  ${}^{28}_{14}\text{Si}$ :

$$E = \Delta m.C^2 \quad 0.25\text{pt}$$



$$\Delta m = (14.m_p + 14.m_n) - m_{\text{Si}} = (14 \times 1,00728 + 14 \times 1,00866) - 27,977 = 0,24616 \text{ uma} \quad 0.25\text{pt}$$

$$E_{\text{Si}} = (0,24616 \times 1,66 \cdot 10^{-27}) \times (3 \cdot 10^8)^2 = 3,6776 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 230 \text{ MeV} \quad 0.25\text{pt}$$

$$(E_{\text{Si}}/A_{\text{Si}}) = 8,2 \text{ MeV/nucléon} \quad 0.25\text{pt}$$

On remarque que :  $(E_{\text{Si}}/A_{\text{Si}}) > (E_{\text{Li}}/A_{\text{Li}})$ , donc le Si est plus stable que le Li 0.25pt

### Exercice 2 : (4 points)

1) Détermination de Z

$$Z = q + 1 = 3 + 1 = 4 \quad 0.25\text{pt}$$

ou bien on utilise la formule :  $\frac{1}{\lambda} = R_H \times Z^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$  (transition 1→2)

- Cet ion est un hydrogénéoïde. 0.25pt

*Bon courage*

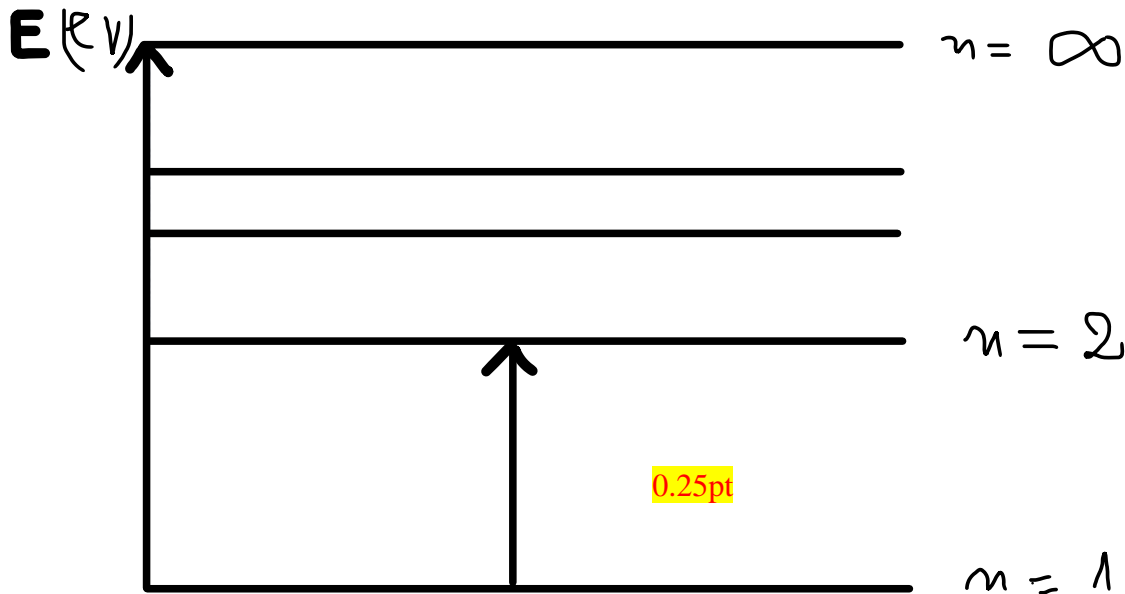
2) Calcule de l'énergie correspondante.

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{75,75 \times 10^{-10}} = 262,178 \times 10^{-19} J = 163,86 eV$$

0.5pt 0.25pt

Ou bien on utilise :  $\Delta E = \left( \frac{-13,6Z^2}{2^2} - \frac{-13,6Z^2}{1^2} \right) = 163,2 eV$

Représentation de la transition. La transition de l'état fondamental vers le 1<sup>er</sup> état excité correspond à la transition 1→2. 0.25pt



Transition 1→2 => série de Lyman 0.25pt et domaine de l'UV. 0.25pt

3) Les 3 1ers niveau de l'électron :

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2} \times Z^2 \quad 0.25pt$$

$$E_1 = \frac{-13,6}{1^2} \times 4^2 = -217,6 eV \quad 0.25pt$$

$$E_2 = \frac{-13,6}{2^2} \times 4^2 = -54,4 eV \quad 0.25pt$$

$$E_3 = \frac{-13,6}{3^2} \times 4^2 = -24,17 eV \quad 0.25pt$$

5- Energie d'ionisation : transition 1→∞ 0.25pt

$$E_i = E_\infty - E_1 = \left( \frac{-13,6Z^2}{\infty^2} - \frac{-13,6Z^2}{1^2} \right) = 217,6 eV \quad 0.25pt$$

0.25pt

*Bon courage*

**Exercice 03 : (6 points)**

Elément	Structure électronique	Période 0.5pt	Groupe 0.5pt	Colonne 0.5pt
<sup>37</sup> Rb	$1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^6 3d^{10} 4S^2 4p^6 5s^1$ (ou $_{36}[Kr] 5S^1$ ) 0.25pt	5	I <sub>A</sub>	1
<sup>49</sup> In	$1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^6 3d^{10} 4S^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^1$ (ou $_{36}[Kr] 4d^{10} 5s^2 5p^1$ ) 0.25pt	5	III <sub>A</sub>	13
<sup>51</sup> Sb	$1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^6 3d^{10} 4S^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^3$ (ou $_{36}[Kr] 4d^{10} 5s^2 5p^3$ ) 0.25pt	5	V <sub>A</sub>	15
<sup>15</sup> P	$1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^3$ (ou $_{10}[Ne] 3S^2 3P^3$ ) 0.25pt	3	V <sub>A</sub>	15
<sup>17</sup> Cl	$1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^5$ (ou $_{10}[Ne] 3S^2 3P^5$ ) 0.25pt	3	VII <sub>A</sub>	17

2. Classement par ordre croissant : de rayon, d'énergie de 1<sup>ère</sup> ionisation et d'électronégativité :

**Justification:**

Dans une meme periode Z augmente, R diminue et E<sub>i</sub> avec X

augmentent 0.25pt

Dans un même groupe Z augmente, R diminue

et E<sub>i</sub> avec X augmentent 0.25pt

**Selon le rayon (r)**

<sup>37</sup>Rb, <sup>49</sup>In et <sup>51</sup>Sb appartiennent à la même période (n = 5) → r(<sup>51</sup>Sb) < r(<sup>49</sup>In) < r(<sup>37</sup>Rb)

<sup>15</sup>P et <sup>17</sup>Cl appartiennent à la même période (n = 3) → r(<sup>17</sup>Cl) < r(<sup>15</sup>P)

<sup>15</sup>P et <sup>51</sup>Sb appartiennent au même groupe (V<sub>A</sub>) → r(<sup>15</sup>P) < r(<sup>51</sup>Sb)

0.25pt

Donc, r(<sup>17</sup>Cl) < r(<sup>15</sup>P) r(<sup>51</sup>Sb) < r(<sup>49</sup>In) < r(<sup>37</sup>Rb) 0.25pt

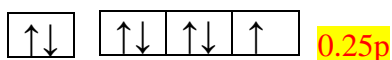
**Selon l'énergie d'ionisation (E<sub>i</sub>)**

E<sub>i</sub>(<sup>37</sup>Rb) < E<sub>i</sub>(<sup>49</sup>In) < E<sub>i</sub>(<sup>51</sup>Sb) < E<sub>i</sub>(<sup>15</sup>P) < E<sub>i</sub>(<sup>17</sup>Cl) 0.25pt

**Selon l'électronégativité (X)**

X(<sup>37</sup>Rb) < X(<sup>49</sup>In) < X(<sup>51</sup>Sb) < X(<sup>15</sup>P) < X(<sup>17</sup>Cl) 0.25pt

3. <sup>17</sup>Cl :  $_{10}[Ne] 3S^2 3P^5$



4. n = 3 , l = 1 , m = +1 , s = + 1/2 1pt

La fonction d'onde correspondante :  $\Psi_{3,1,+1}$  0.5pt

**Questions de cours : (4 points)**

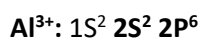
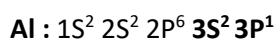
*Bon courage*

I- Représentation de la 1<sup>ère</sup> raie, 3<sup>ème</sup> raie et raie limite.

E (eV)



II- Pourquoi l'ion  $Al^{3+}$  est le plus stable de l'atome Al



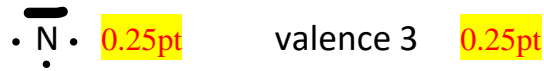
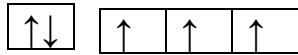
$Al^{3+}$  est l'ion le plus stable car il a la structure d'un gaz rare 0.25pt

- Un atome présente un caractère métallique si le nombre d'électrons sur la couche la plus élevée est inférieur ou égal à la période et comme l'atome de Al appartient à la période 3 et le nombre d'électrons sur la dernière couche est égal à 3 ( $3 \leq 3$ ) 0.25pt donc Al présente un caractère métallique. 0.25pt

III- Structure de lewis des atomes

*Bon courage*

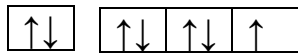
N :  $1S^2 2S^2 2P^3$



P:  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^3$



Cl:  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^5$

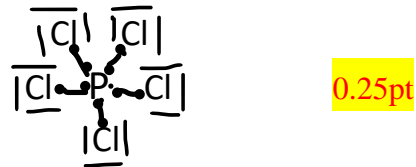


2- Structure de Lewis des molécules :

-  $NCl_3$  :

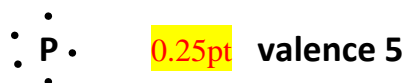


-  $NCl_5$  :



3-  $PCl_5$  existe alors que  $NCl_5$  n'existe pas car N est à la deuxième période et ne contient que la sous couche s et p donc on ne peut pas augmenter sa valence, alors que P est dans la 3eme période et celle-ci contient les sous couche s, p et d, ce qui permet d'augmenter la valence de p de 3 jusqu'à 5 en faisant intervenir la sous couche 3d. **0.25pt**

$P^*$ :  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^1 3P^3 3d^1$



*Bon courage*