

Examen de remplacement (ST & TM ingénieur)

Exercice1 :5 pts

Un échantillon de carbone contenant les isotopes  $^{12}_6\text{C}$  et X est analysé avec un spectrographe de Bainbridge. Les ions, chargés de  $q=1,6\times 10^{-19}\text{ C}$ , pénètrent dans l'analyseur à une vitesse  $v=1,24\times 10^5\text{ m/s}$ . L'isotope X, plus lourd, décrit une trajectoire de rayon  $r=3,60\text{ cm}$  dans un champ magnétique  $B=0,5\text{ T}$ .

1- Trouvez l'intensité du champ magnétique  $B_0$  nécessaire dans le filtre de vitesse, sachant que l'intensité du champ électrique est de  $1,20\times 10^4\text{ V.m}^{-1}$

2- Calculez la masse de l'isotope X et identifiez-le parmi le  $^{13}\text{C}$  et  $^{14}\text{C}$ .

3- Sachant que la masse moyenne du carbone est de  $12,01\text{ g/mol}$ , calculez les abondances des isotopes X et  $^{12}\text{C}$ .

4- Comparez la stabilité des isotopes  $^{12}\text{C}$  et  $^{14}\text{C}$  sachant que l'énergie de liaison par nucléon de  $^{14}\text{C}$  est  $7,52\text{ MeV/nucéon}$ .

Donnée :  $m_p = 1,007277\text{ uma}$ ,  $m_n = 1,008665\text{ uma}$ ,  $1\text{ uma} = 1,66\times 10^{-27}\text{ kg}$ ,  $m_{\text{noyau}}(^{12}\text{C})\approx 11,9967\text{ uma}$

Exercice2 :6pts

I-Un atome d'hydrogène, initialement à l'état fondamental, absorbe un photon d'une énergie égale à  $10,2\text{ eV}$ .

1- À quel niveau d'énergie se trouve l'électron après cette absorption ?

2- À quelle raie correspond cette transition ? Donner la série correspondante ? Dans quel domaine spectral cette raie se situe-t-elle ?

II-Une radiation de longueur d'onde  $\lambda = 0,1\text{ nm}$  provoque l'ionisation d'un atome hydrogénoïde initialement à l'état fondamental.

1- Calculer la charge nucléaire Z et l'énergie d'ionisation de cet hydrogénoïde.

2- Calculer selon le modèle de Bohr le rayon de l'orbite électronique de cet hydrogénoïde pris dans son premier état excité.

Données :  $R_H = 1,097\times 10^7\text{ m}^{-1}$  ;  $C=3\times 10^8\text{ m/s}$  ;  $h = 6,627\times 10^{-34}\text{ J.s}$  ;  $a_0 = 0,53\text{ \AA}$  (rayon de Bohr). ( $1\text{ \AA} = 10^{-10}\text{ m}$ ).

Exercice 03 :9pts

Soit les éléments suivants :  $^{19}\text{K}$ ,  $^{21}\text{Sc}$ ,  $^{29}\text{Cu}$ ,  $^{31}\text{Ga}$ ,  $^{35}\text{Br}$ ,  $^{24}\text{Cr}$ .

1-Donnez la configuration électronique détaillée et abrégée pour chacun des éléments.

2-Indiquez pour chaque élément sa période, son groupe et sous-groupe, sa colonne, et son bloc.

3-Quels ions ces éléments forment-ils préférentiellement ? Justifiez.

4-Donnez les nombres quantiques des électrons de valence de  $^{21}\text{Sc}$ .

5-Parmi ces éléments, identifiez ceux de la quatrième période ayant un seul électron célibataire. Classez-les par ordre croissant de rayon atomique et d'énergie d'ionisation. Justifiez ce classement.

6-Identifiez l'élément appartenant à la famille des alcalins parmi ceux donnés et calculez son énergie de première ionisation.

Données: Constantes d'écran:  $\partial 4s-4s = 0,35$ ;  $\partial 4s-3s3p = 0,85$ ;  $\partial 4s-2s2p = 1$ ;  $\partial 4s-1s = 1$

### Corrigé examen de remplacement ING ST&TM

#### Exercice 1 : (5 points)

##### 1) Dans le filtre de vitesse (E perpendiculaire à B<sub>0</sub>)

$$qE = qvB_0 \quad (0.5)$$

$$B_0 = E / v = (1.20 \times 10^4) / (1.24 \times 10^5)$$

$$B_0 = 0.097 \text{ T} \quad (0.25)$$

##### 2) La masse de l'isotope X

$$\text{Dans l'analyseur : } qvB = m(v^2 / r) \quad (0.5)$$

$$m_X = (q B r) / v \quad (0.25)$$

$$\text{Application numérique : } m_X = [(1.60 \times 10^{-19}) \times (0.50) \times (3.60 \times 10^{-2})] / (1.24 \times 10^5)$$

$$m_X = 2.32 \times 10^{-26} \text{ kg} \quad (0.25)$$

$$\text{Conversion en uma : } 2.32 \times 10^{-26} / 1.66 \times 10^{-27} \approx 14 \text{ uma} \quad (0.25)$$

L'isotope X est donc <sup>14</sup>C. (0.25)

##### 3) Les abondances des isotopes <sup>12</sup>C et <sup>14</sup>C

$$\text{Masse moyenne de carbone} = M(^{12}\text{C}) X_1 + M(^{14}\text{C}) X_2 / 100 \rightarrow 12.01 = 12 X_1 + 14 X_2 / 100$$

$$X_1 + X_2 = 100 \rightarrow X_1 = 100 - X_2 \quad (0.5)$$

$$\text{Substitution : } 1201 = 12(100 - X_2) + 14 X_2$$

$$\text{Résultat : } X_1 (^{12}\text{C}) = 99.5 \% \quad (0.5), \quad X_2 (^{14}\text{C}) = 0.5 \% \quad (0.5)$$

##### 4) Comparaison de stabilité des isotopes

$$\text{Energie de liaison par nucléon de } ^{14}\text{C} = 7.52 \text{ MeV/nucléon}$$

Energie de liaison de <sup>12</sup>C :

$$\Delta m = [6 \times 1.007277 + 6 \times 1.008665] - 11.9967 = 0.098952 \text{ uma} \quad (0.25)$$

$$E_1 = 0.098952 \text{ uma} \times 931 = 92.1243 \text{ MeV} \quad (0.5)$$

$$\text{Energie par nucléon} = 92.1243 / 12 = 7.67 \text{ MeV/nucléon} \quad (0.25)$$

**Conclusion :** <sup>12</sup>C est plus stable que <sup>14</sup>C car son énergie de liaison par nucléon est plus élevée. (0.25)

### Exercice 2 : (6points)

I- Un atome d'hydrogène, initialement à l'état fondamental, absorbe un photon d'une énergie de  $\Delta E_{1 \rightarrow n}$  (0.25)=10,2 eV.

- L'énergie du niveau fondamental de l'hydrogène est  $E_1 = -13,6$  eV

- Après absorption, l'électron atteint un niveau où  $\Delta E_{1 \rightarrow n} = E_n - E_1 \rightarrow E_n = E_1 + 10,2$  eV (0.5)

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2} \text{ (0.25)} = -13,6 + 10,2 = -3,4 \text{ eV} \rightarrow n^2 = -13,6 / -3,4 = 4 \text{ (n=2)}. \text{ (1)}$$

- Cela correspond au niveau  $n = 2$ .

- Cette transition correspond à la raie de la série de Balmer (transition de  $n=1$  vers  $n=2$ ). (0.5)

- Cette raie se situe dans le domaine du spectre visible. (0.5)

II- 1) Calcul de la charge nucléaire  $Z$  et de l'énergie d'ionisation :

- Energie du photon :  $E = hc / \lambda$  (0.5)

$$E = (6,627 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / (0,1 \times 10^{-9}) \approx 1,99 \times 10^{-15} \text{ J} \text{ (0.25)}$$

$$E \approx 1,99 \times 10^{-15} \text{ J} \approx 12,4 \times 10^3 \text{ eV} \text{ (conversion en eV)} \text{ (0.25)}$$

- L'énergie d'ionisation hydrogénoïde =  $E_\infty - E_1 = 0 - (-13,6Z^2/1^2) = 12,4 \times 10^3 \text{ eV}$  (0.5)

-  $Z^2 \times 13,6 = 12,4 \times 10^3 \text{ eV} \rightarrow Z^2 \approx 912 \rightarrow Z \approx 30$ . (0.5)

- L'hydrogénoïde est donc un ion de zinc  $\text{Zn}^{+29}$  ( $Z = 30$ ).

2) Calcul du rayon de l'orbite électronique dans le premier état excité :

- Le rayon de Bohr est donné par  $r_n = n^2 a_0 / Z$ . (0.25)

- Pour le premier état excité ( $n=2$ ),  $r_2 = (2^2 \times 0,53 \text{ \AA}) / 30$ . (0.5)

-  $r_2 \approx (4 \times 0,53 \times 10^{-10}) / 30$ .

-  $r_2 \approx 0,0707 \text{ \AA} \approx 7,07 \times 10^{-12} \text{ m}$ . (0.25)

### Exercice 03 : (09 points)

#### 1) Configuration électronique détaillée et abrégée :

Élément	Configuration détaillée	Configuration abrégée	
${}_{19}\text{K}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 4s^1$	(0.25)
${}_{21}\text{Sc}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^1 4s^2$	(0.25)
${}_{29}\text{Cu}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$	(0.25)
${}_{31}\text{Ga}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^1$	(0.25)
${}_{35}\text{Br}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^5$	(0.25)
${}_{24}\text{Cr}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	${}_{18}[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$	(0.25)

#### 2) Classification périodique :

Élément	Période	Colonne	Groupe/Sous-groupe	Bloc	
${}_{19}\text{K}$	4	1	I <sub>A</sub>	s	(0.5)
${}_{21}\text{Sc}$	4	3	III <sub>B</sub>	d	(0.5)
${}_{29}\text{Cu}$	4	11	I <sub>B</sub>	d	(0.5)
${}_{31}\text{Ga}$	4	13	III <sub>A</sub>	p	(0.5)
${}_{35}\text{Br}$	4	17	VII <sub>A</sub>	p	(0.5)
${}_{24}\text{Cr}$	4	6	VI <sub>B</sub>	d	(0.5)

#### 3) Ions formés préférentiellement :

- $\text{K} \rightarrow \text{K}^+$ , car il perd facilement un électron pour atteindre la configuration stable de l'argon. (0.25)
- $\text{Sc} \rightarrow \text{Sc}^{3+}$ , perte de 3 électrons pour atteindre la structure stable de l'argon. (0.25)
- $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+, \text{Cu}^{2+}$ , (0.25) le cuivre peut perdre 1 ou 2 électrons (atteindre la configuration stable).
- $\text{Ga} \rightarrow \text{Ga}^{3+}$ , pour atteindre la configuration stable de l'argon. (0.25)
- $\text{Br} \rightarrow \text{Br}^-$ , gain d'un électron, ce qui correspond à la configuration stable du krypton. (0.25)
- $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{2+}, \text{Cr}^{3+}$ , pertes préférentielles de 2 ou 3 électrons. (0.25)

**4) Nombres quantiques des électrons de valence de  ${}_{21}\text{Sc}$  :**

- ( $n = 4, l = 0, m = 0, s = \pm 1/2$ ) pour l'électron  $4s^2$  (0.25)

- ( $n = 3, l = 2, m = -2, s = \pm 1/2$ ) pour l'électron  $3d^1$  (0.25)

**5) Éléments avec un seul électron et  $n=4$  célibataires : (0.5)**

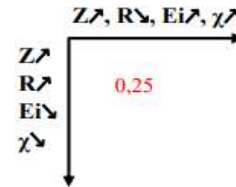
-  ${}_{19}\text{K}$  : 1 électron célibataire ( $4s^1$ )

-  ${}_{21}\text{Sc}$  : 1 électron célibataire ( $3d^1$ )

-  ${}_{29}\text{Cu}$  : 1 électron célibataire ( $4s^1$ )

-  ${}_{31}\text{Ga}$  : 1 électron célibataire ( $4p^1$ )

-  ${}_{35}\text{Br}$  : 1 électron célibataire ( $4p^5$ )



Classement par ordre croissant de rayon atomique :  $\text{Br} < \text{Ga} < \text{Cu} < \text{Sc} < \text{K}$  (0.25)

Classement par ordre croissant d'énergie d'ionisation :  $\text{K} < \text{Sc} < \text{Cu} < \text{Ga} < \text{Br}$  (0.25)

4) L'élément alcalin est le potassium (K). Son énergie de première ionisation est calculée par :

$${}_{19}\text{K} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$$

$${}_{19}\text{K}^- \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 \quad (0.25)$$

$$E_{1.1} = E_{19\text{K}^-} - E_{19\text{K}} = (E_{1s} + E_{2s2p} + E_{3s3p}) - (E_{1s} + E_{2s2p} + E_{3s3p} + E_{4s}) = -E_{4s} \quad (0.25)$$

$$E_{1.1} = -E_{4s} = -(-13,6 \times (Z_{4s \text{ eff}} / n_4^*)^2) \quad (0.25)$$

$$Z_{\text{eff}} = Z - \sum \sigma = 19 - [(0 \times 0,35) + (0,85 \times 8) + (1 \times 8) + (2 \times 1)] = 2,2 \quad (0.25)$$

$$E_1 = -13,6 \times (2,2/3,7)^2 = 4,8 \text{ eV} \quad (0.25)$$