

*L'usage des téléphones portables est interdit pendant toute la durée des épreuves, y compris lors de la préparation des épreuves orales. Les appareils doivent impérativement être éteints pendant les épreuves. Ils ne peuvent donc pas être utilisés comme chronomètre ou calculatrice.*

**Calculatrice autorisée pendant la durée de l'épreuve. Tout document interdit**

Données :  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J.s ;  $c = 3,000 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup> ;  $R_H = 1,097 \cdot 10^7$  m<sup>-1</sup> ;  $m_{\text{proton}} = 1,6726 \cdot 10^{-27}$  kg ;  $m_{\text{électron}} = 9,1094 \cdot 10^{-31}$  kg ;  $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$  J

**Exercice n°1 : (8 points)**

- a) Rappeler la définition d'un ion hydrogéoïde. (1pt)

Un ion hydrogéoïde est un ion monoatomique qui possède 1 seul électron.

- b) Les ions  ${}_3\text{Li}^+$  et  ${}_4\text{Be}^{3+}$  sont-ils des systèmes hydrogéoïdes ? (1pt)

$\text{Li}^+$  n'est pas un hydrogéoïde car il possède 2 électrons.  $\text{Li}^{2+}$  est un hydrogéoïde.

$\text{Be}^{3+}$  est un hydrogéoïde car il possède un seul électron.

- c) Définir l'énergie d'ionisation. La calculer pour l'ion  $\text{Be}^{3+}$ . A quelle longueur d'onde cela correspond-il ? (3 points)

L'énergie d'ionisation est l'énergie *minimale* qu'il faut fournir pour arracher un électron à l'hydrogéoïde dans son *état fondamental*. Elle est positive. (1 pt)

Énergie de l'ion hydrogéoïde :  $E = -13,6 \cdot (Z)^2 / n^2$ . Ionisation de  $\text{Be}^{3+}$  ( $Z = 4$ ) dans son état fondamental ( $n = 1$ ) :  $E_1 = 13,6 \cdot (4)^2 / (1)^2 = 217,6 \text{ eV} = 3,49 \cdot 10^{-17} \text{ J}$  (1 pt)

$\lambda = h \cdot c / E_1$  où  $E_1$  est en J. D'où  $\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3,49 \cdot 10^{-17} = 5,7 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 5,7 \text{ nm}$ . (1 pt)

- d) Un photon de longueur d'onde  $\lambda = 25,64 \text{ nm}$  peut-il être absorbé par un électron se trouvant initialement sur le niveau  $n=2$  de  $\text{Be}^{3+}$  ? Si oui, dans quel état se trouve alors l'ion  $\text{Be}^{3+}$  ? (3 points)

Formule de Ritz-Balmer pour un ion hydrogéoïde :

$$\frac{1}{\lambda_{n,m}} = R_H Z^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Ici absorption de  $\lambda$  à partir du niveau  $n=2$  donc

$$n = \sqrt{\frac{n^2 R_H Z^2 \lambda}{R_H Z^2 \lambda - n^2}} = \sqrt{\frac{2^2 * 1,097 \cdot 10^7 * 4^2 * 25,64 \cdot 10^{-9}}{1,097 \cdot 10^7 * 4^2 * 25,64 \cdot 10^{-9} - 2^2}} = 6$$

On trouve  $n=6$ , nombre entier. Le photon est donc absorbé par  $\text{Be}^{3+}$  qui passe à l'état excité  $n=6$ .

**Exercice n°2 : (9 points)**

- a) Dans quel cas dit-on que des orbitales atomiques sont dégénérées ? Combien y a-t-il d'orbitales atomiques dégénérées dans une couche électronique  $n$  de l'atome d'hydrogène ? (1 pt)

Les orbitales atomiques ayant la même énergie sont dites dégénérées. Une couche électronique  $n$  de l'atome d'hydrogène a une énergie  $E_n$  dépendant uniquement de  $n$  et  $n^2$  OA dégénérées sur cette couche.

b) Qu'indique le principe d'incertitude de Heisenberg ? Donner un exemple. (1 pt)

2 grandeurs, la position et la quantité de mouvement, ne peuvent pas être connues simultanément avec une précision infinie.

c) Représenter les orbitales atomiques  $1s$  et  $2p_z$ . (2pt)

Pas de point si pas les axes corrects pour  $2p_z$ .

d) Répondez aux questions suivantes en justifiant par une ou deux phrases claires et précises. (5pts) (pas de point si pas de justification)

1. Quelle est l'orbitale atomique associée aux nombres quantiques  $n=2$  ;  $l=2$  et  $m=0$  ?

Impossible car  $l$  doit être inférieur ou égal à  $n-1$

2. Quelle est l'orbitale atomique associée aux nombres quantiques  $n=5$  ;  $l=2$  et  $m=-1$  ?

$l=2$  : sous-couche  $d$  ; on a bien  $-l \leq m \leq l$  donc il s'agit d'une OA  $5d$

3. Combien y a-t-il d'orbitales  $5f$  ?

7 OA  $5f$ . Une sous-couche  $f$  correspond à  $l=3$  donc il y a  $2l+1=7$  valeurs de  $m$  possibles soit 7 OA dans une sous-couche  $f$ .

4. Combien d'électrons d'un atome peuvent-ils avoir les nombres quantiques  $n=3$  et  $m=1$  ?

$n=3$  ;  $l=1 \leq n-1$  ;  $m=1$  ;  $m_s = \pm 1/2$

$n=3$  ;  $l=2 \leq n-1$  ;  $m=1$  ;  $m_s = \pm 1/2$

Donc 4 électrons peuvent avoir les nombres quantiques  $n=3$  et  $m=1$ .

5. Un électron ayant les nombres quantiques  $n=4$  et  $m=2$  est forcément un électron  $d$ , vrai ou faux ?

Faux. Un électron ayant les nombres quantiques  $n=4$  et  $m=2$  peut avoir  $l=3$  ( $l \leq n-1=3$  et  $-l \leq m \leq l$ ). Il s'agit alors d'un électron  $f$ .

### **Exercice n°3** : (3 points)

Calculer la longueur d'onde d'un avion de 10 tonnes se déplaçant à deux fois la vitesse du son, la vitesse du son dans l'air étant de  $340 \text{ m.s}^{-1}$ . Faire de même pour un proton accéléré dans un cyclotron à une vitesse de  $3,5 \cdot 10^2 \text{ km.s}^{-1}$ . Commenter.

1 pt cours ; 1 pt applications numériques ; 1 pt commentaire

Toute particule est dotée d'une onde associée

Relation de de Broglie :  $\lambda = h/p = h/(mv)$

Avion :  $\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} / (10^4 \cdot 340) = 1,9 \cdot 10^{-40} \text{ m}$  La longueur d'onde est très petite par rapport à la taille de l'avion. Le caractère ondulatoire des objets macroscopiques n'est pas observable.

Proton :  $\lambda = 6,626 \cdot 10^{-34} / (1,6726 \cdot 10^{-27} \cdot 3,5 \cdot 10^5) = 1,1 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  La longueur d'onde est plus grande que la taille du noyau d'un atome. Le caractère ondulatoire doit être pris en compte.