

Examen de Chimie minérale (2^{ème} ST(GP))
(1h30min)

Exercice 1

(6pts)

- 1- Dans la métallurgie du fer où se produit l'étape de cémentation et à quelle température ? Donner la ou les réactions correspondantes.
- 2- Pourquoi on l'appelle étape de Cémentation ?
- 3- Quelle est la principale différence entre pyrométallurgie et hydrométallurgie dans un procédé de métallurgie extractive ?

Exercice 2

(9pts)

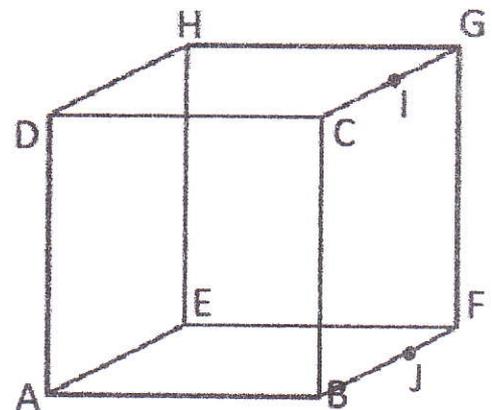
- 1- Calculer la charge nucléaire effective d'un électron sur l'orbitale 4s puis celle de l'électron sur l'orbitale 3d de l'atome de Cuivre ($Z=29$).
- 2- *a-* Calculer l'énergie de l'atome de béryllium $\text{Be}(Z=4)$ et celles des ions Be^+ , Be^{2+} , Be^{3+} et Be^{4+} dans leur état fondamental tout en écrivant les réactions de 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} ionisation du Beryllium.
 - b-* En déduire les différentes énergies d'ionisation.
 - c-* Comparer ces résultats aux valeurs expérimentales suivantes :
9,28eV ; 18,1eV ; 155eV ; 217eV.

Exercice 3

(5pts)

Dans le système cubique suivant :

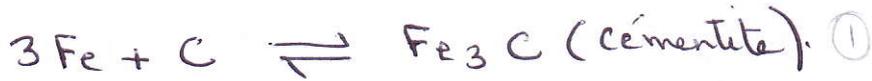
- a-* Indexer les plans : HGFE et HIJE.
- b-* Indexer les directions : \vec{EA} , \vec{ED} , \vec{EC} , \vec{AF} et \vec{EF} .
- c-* Identifier les faces ; (100), (110), (1 $\bar{1}$ 0) et ($\bar{1}$ 01).



Exercice 1 (6 pts)

1- l'étape de cémentation se produit au ventre du haut fourneau à $T = 1300^{\circ}\text{C} - 1500^{\circ}\text{C}$ ①

c'est la réaction de combustion du Fer :



2- parce que à cette étape se produit la cémentite (Fe_3C). ①

3- la différence entre pyrometallurgie et hydrometallurgie : dans la pyrometallurgie le principe de base est l'augmentation de la température alors que dans l'hydrometallurgie comme son nom l'indique le principe est le solvant (lixiviation) ①

Exercice 2 (9 pts)

1- Z^9 (cuivre) $Z = 29$

* Pour le 4s du cuivre

$$1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 4s^1 \ 3d^{10}$$
$$(1s^2) (2s^2 2p^6) (3s^2 3p^6) (3d^{10}) (4s^1)$$

$$Z_{4s}^9 = Z - S = 29 - (0,35 \times 0 + 18 \times 0,85 + 10 \times 1)$$

$$Z_{4s}^9 = 3,70$$

* Pour le 3d du cuivre

$$29 - (9 \times 0,35 + 8 \times 0,85 +$$

Solution exercice2

L'expression de la charge effective d'un électron est : $Z^* = Z - \sum \sigma_{i \rightarrow j}$

1. Cu ($Z=29$) : $(1s^2) (2s^2 2p^6) (3s^2 3p^6) (3d^{10}) (4s^1)$ (1)

Aspect spatial

(Les parenthèses indiquent les différents groupes de Slater)

$$Z^*_{4s} = Z - (10\sigma_{3d \rightarrow 4s} + 8\sigma_{3s,3p \rightarrow 4s} + 8\sigma_{2s,2p \rightarrow 4s} + 2\sigma_{1s \rightarrow 4s})$$

$$Z^*_{4s} = 29 - [(18 \cdot 0,85) + 10] = 3,7$$
 (1)

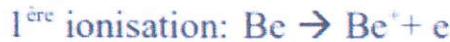
~~$$Z^*_{3d} = Z - (9\sigma_{3d \rightarrow 3d} + 8\sigma_{3s,3p \rightarrow 3d} + 8\sigma_{2s,2p \rightarrow 3d} + 2\sigma_{1s \rightarrow 3d})$$~~

~~$$Z^*_{3d} = 29 - (9 \cdot 0,35 + 8 + 10) = 7,85$$~~ (1)

~~$$Z^*_{4p} = Z - (5\sigma_{4s,4p \rightarrow 4p} + 10\sigma_{3d \rightarrow 4p} + 8\sigma_{3s,3p \rightarrow 4p} + 8\sigma_{2s,2p \rightarrow 4p} + 2\sigma_{1s \rightarrow 4p})$$~~

~~$$Z^*_{4p} = 34 - [5 \cdot 0,35 + (18 \cdot 0,85) + 8 + 2] = 6,95$$~~

Be ($Z = 4$) ; $1s^2 2s^2$



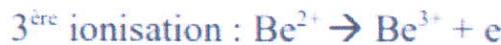
$$I_1 = E_{Be^+} - E_{Be}$$

0,25



$$I_2 = E_{Be^{2+}} - E_{Be^+}$$

0,25



$$I_3 = E_{Be^{3+}} - E_{Be^{2+}}$$

0,25



$$I_4 = E_{Be^{4+}} - E_{Be^{3+}}$$

0,25

Pour calculer l'énergie d'ionisation des atomes polyélectroniques, il faut d'abord déterminer la charge nucléaire effective et l'énergie d'un électron i considéré pour chaque groupe de Slater, puis l'énergie totale de chaque atome à l'aide de la relation suivante (méthode d'approximation) :

Expression de l'énergie d'un électron i : $E_i = (Z^{*2}/n^2)E_1$ (0,25)

Avec $E_1 = -13,6eV$

Expression de la charge effective d'un électron : $Z_i^* = Z - \sum \sigma_{j \rightarrow i}$

Be ($Z = 4$) : $(1s^2) (2s^2)$ (0,25)

(Les parenthèses indiquent les différents groupes de Slater)

L'énergie totale de l'atome de Be: $E_{Be} = 2E_{1s} + 2E_{2s}$

$$Z^*_{1s} = Z - (1\sigma_{1s \rightarrow 1s}) = 4 - 0,3 = 3,7$$

$$E_{1s} = (-13,6) [(3,7)^2/1^2]$$

$$Z^*_{2s} = Z - (1\sigma_{2s \rightarrow 2s} + 2\sigma_{1s \rightarrow 2s}) = 4 - (0,35 + 2 \cdot 0,85) = 1,97$$

$$E_{2s} = (-13,6) [1,97^2/2^2]$$

$$E_{Be} = -398,2 eV$$
 (0,50)



$$E_{\text{Be}^+} = 2E_{1s} + E_{2s}$$

$$Z^*_{1s} = Z - (1\sigma_{1s \rightarrow 1s}) = 4 - 0,3 = 3,7$$

$$E_{1s} = (-13,6) [(3,7)^2/1^2]$$

$$Z^*_{2s} = Z - (2\sigma_{1s \rightarrow 2s}) = 4 - (2 \cdot 0,85) = 2,3$$

$$E_{2s} = (-13,6) [2,3^2/2^2]$$

$$E_{\text{Be}^+} = -390,35 \text{ eV} \quad (0,50)$$



$$E_{\text{Be}^{2+}} = 2E_{1s}$$

$$Z^*_{1s} = Z - (\sigma_{1s \rightarrow 1s}) = 4 - (0,3) = 3,7$$

$$E_{\text{Be}^{2+}} = -372,37 \text{ eV} \quad (0,50)$$



$$E_{\text{Be}^{3+}} = E_{1s}$$

$$Z^*_{1s} = Z = 4 \quad (\text{Car il n'y a plus d'effet d'écran})$$

$$E_{\text{Be}^{3+}} = -217,60 \text{ eV} \quad (0,50) \quad (\text{Be}^{3+} \text{ est un hydrogénoïde})$$

Les énergies d'ionisation sont :

$$I_1 = 7,85 \text{ eV} \quad (0,5)$$

$$I_2 = 17,98 \text{ eV} \quad (1,5)$$

$$I_3 = 154,77 \text{ eV} \quad (1,5)$$

$$I_4 = 217,60 \text{ eV} \quad (1,5)$$

Les valeurs des énergies d'ionisation de Be sont comparables avec les valeurs expérimentales.

On constate que l'utilisation des règles de Slater permet de calculer facilement et rapidement une valeur assez rapprochée de l'énergie d'ionisation.