

Université l'ARBI BEN M'HIDI

Département Mésure Physique

1^{er} Année MPH

Année Universitaire

2025 / 2026

Durée : 1h30

Contrôle de Structures des Matériaux

Partie 1 : Questions de cours

Q1. Donnez la définition d'un matériau composite.

Q2. Comment explique-t-on le principe de la liaison métallique ?

Q3. Combien d'atomes par maille contient la structure Hexagonale Compacte (HC) et quelle est la valeur de sa compacité ?

Q4. Quel est le nombre total de sites octaédriques et de sites tétraédriques dans une maille Cubique à Faces Centrées (CFC) ?

Q5. Décrivez la structure cristalline du Chlorure de Sodium (NaCl) et précisez sa coordinence.

Partie 2 : Questions à Choix Multiples (QCM) (Choisissez la ou les bonnes réponses pour chaque question)

Q6. Les polymères et matières plastiques sont généralement :

- a) De bons conducteurs d'électricité.
- b) Des matériaux réfractaires (résistance thermique élevée).
- c) Des isolants électriques et thermiques de faible densité.

Q7. La liaison de Van der Waals est une liaison :

- a) Covalente.
- b) Secondaire (faible).
- c) Ionique.

Q8. Combien de systèmes cristallins et de réseaux de Bravais existe-t-il ?

- a) 7 systèmes cristallins et 14 réseaux de Bravais.
- b) 14 systèmes cristallins et 7 réseaux de Bravais.
- c) 7 systèmes cristallins et 7 réseaux de Bravais.

Q9. Dans une structure Cubique Centrée (CC), la relation entre le paramètre de maille (a) et le rayon atomique (R) est :

- a) $a = 2\sqrt{2}R$
- b) $a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$
- c) $a = 2R$

Q10. Quelle est la compacité d'une structure Cubique à Faces Centrées (CFC) ?

- a) 0,68
- b) 0,74
- c) 0,52

Q11. Le Fer gamma (Fe γ), l'Aluminium (Al) et le Cuivre (Cu) cristallisent dans le système :

- a) Cubique Centré (CC).
- b) Hexagonal Compact (HC).
- c) Cubique à Faces Centrées (CFC).

Q12. Si un plan réticulaire coupe les axes aux coordonnées $1a$, ∞b , et ∞c , quels sont ses indices de Miller ?

- a) (1 1 1) b) (1 0 0) c) (0 1 1)

Q13. La coordinence de la structure ionique de type Chlorure de Césium (CsCl) est :

- a) 4 - 4 b) 6 - 6 c) 8 - 8

Q14. Dans la structure ionique de type ZnS (Blende), les ions Zn^{2+} occupent :

- a) Tous les sites octaédriques.
- b) La moitié (1/2) des sites tétraédriques.
- c) Tous les sites tétraédriques.

Q15. Quelle condition géométrique de stabilité (rapport des rayons r^+/r^-) correspond à une coordinence (8-8) de type CsCl ?

- a) $0,225 \leq x < 0,414$ b) $0,414 \leq x < 0,732$ c) $0,732 \leq x < 1$

Exercice :

1- On donne les paramètres cristallins des Mailles cubiques des deux variétés allotropiques du fer

$a_\alpha = 2.86 \text{ \AA}$ pour le fer α (cubique centré)

$a_\gamma = 3.56 \text{ \AA}$ pour le fer γ (CFC)

- a. Calculer le rayon atomique du fer pour chacune des deux variétés ?
- b. Calculer la densité du fer pour chacune des deux structures ?
- c. Calculer la compacité et la coordinence de chaque structure ?
- d. Préciser la forme et le nombre de sites interstitiels pour les deux structures cubiques ?

Donnée : $M_{\text{fer}} = 55.8 \text{ g/mol}$; $\rho(\text{eau}) = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ Kg/m}^3$

CORRIGÉ Type STM

Réponses aux questions de cours :

- ① R1. Un matériau composite est obtenu par la combinaison de deux ou plusieurs matériaux appartenant aux trois premières classes (métaux, polymères, céramiques). Il associe les propriétés spécifiques de ses constituants. (Page 13)
- ① R2. La liaison métallique est due au fait que les électrons de valence sont très peu liés au noyau ("électrons libres" ou délocalisés). Ils forment un "gaz d'électrons" dans lequel baignent les ions positifs, assurant la cohésion du métal. (Page 25)
- ① R3. La structure HC contient 6 atomes par maille. Sa compacité est de 0,742 (souvent arrondie à 0,74). (Page 43)
- ① R4. La structure CFC compte 4 sites octaédriques et 8 sites tétraédriques par maille. (Page 46 & 51)
- ① R5. Les ions Cl^- forment un réseau CFC. Les ions Na^+ occupent tous les sites octaédriques (au centre du cube et au milieu des arêtes). Sa coordinence est 6-6 (octaédrique). (Page 55)

Réponses au QCM :

R6. c) (Isolants électriques et thermiques de faible densité). (Page 16) 0,1

R7. b) (Secondaire / faible). (Page 26) 0,1

R8. a) (7 systèmes cristallins et 14 réseaux de Bravais). (Page 34) 0,1

R9. b) ($a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$). (Page 44) 0,1

R10. b) (0,74). (Page 42) 0,1

R11. c) (Cubique à Faces Centrées). (Page 40) 0,1

R12. b) ((1 0 0) car les inverses de 1, ∞ , ∞ sont 1, 0, 0). (Page 38 & 39) 0,1

R13. c) (8 - 8, car c'est une structure cubique simple interpénétrée). (Page 54) 0,1

R14. b) (La moitié des sites tétraédriques). (Page 57) 0,1

R15. c) ($0,732 \leq x < 1$). (Page 54) 0,1

Exercice 1 :

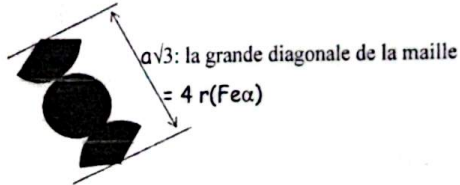
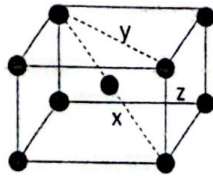
Fe α = cubique centré (c.c) a $\alpha = 2.86 \text{ \AA}$

Fer cristallise sous 2 variété

Fe γ = cubique a face centré a $\gamma = 3.56 \text{ \AA}$

a) Calcul du rayon atomique

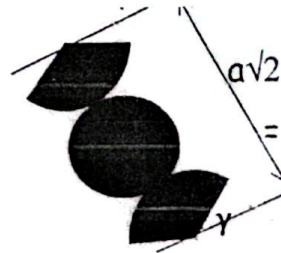
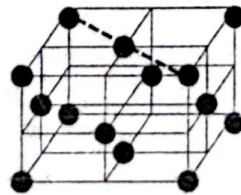
R (fer α)



$$R(\text{fer } \alpha) = \frac{a\sqrt{3}}{4} = 1.24 \text{ \AA} \quad (0)$$

R (fer γ)

$r(\text{Fe}\gamma)$
Pour le C.F.C. les atomes sont tangents selon la diagonale des faces de la maille



$$R(\text{fer } \gamma) = \frac{a\sqrt{2}}{4} = 1.26 \text{ \AA} \quad (1)$$

- Calcul de la densité

$$d(\text{Fe}) = \frac{\rho(\text{Fe})}{\rho(\text{eau})} \quad \rho(\text{eau}) = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$= \frac{\text{masse du fer}}{\text{le volume qu'elle occupe}}$$

$d(\text{Fe})$ est donc sans unité et on doit convertir \AA en cm

$$= \frac{m}{v} = \frac{n \cdot M(\text{Fe})}{a^3} = \frac{Z \cdot M(\text{Fe})}{N a^3} \quad (0.1)$$

$$\Rightarrow d(\text{Fe}\alpha) = \frac{Z(\alpha) \cdot M(\text{Fe}\alpha)}{N (a(\alpha))^3} = 7.92 \quad \text{Avec } Z(\alpha) = 8(1/8) + 1 = 2 \text{ atomes Fe}\alpha/\text{maille} \quad (0.1)$$

$$d(\text{Fe}\gamma) = \frac{Z(\gamma) \cdot M(\text{Fe}\gamma)}{N (a(\gamma))^3} = 8.21 \quad \text{Avec } Z(\gamma) = 8(1/8) + 6(1/2) = 4 \text{ atomes Fe}\gamma/\text{maille} \quad (0.1)$$

b) Calcul de la compacité

La compacité $\mathcal{C} = \frac{\text{Volume occupé par les atomes de fer}}{\text{Le volume de la maille}} \times 100$

$$= \frac{Z (4/3 \pi R^3)}{V} \times 100 = \frac{Z \times 4 \pi R^3}{3 a^3} \times 100$$

$\Rightarrow \mathcal{C}(\text{Fe } \alpha) = 68 \%$

$\mathcal{C}(\text{Fe } \gamma) = 74 \%$

Calcul de la coordinnence

→ Pour le Fe α qui cristallise dans le C.C. (empilement non compact) le fer se trouve au centre du cube donc entouré par 8 atomes de fer (4 atomes en bas et 4 atomes en haut) donc :

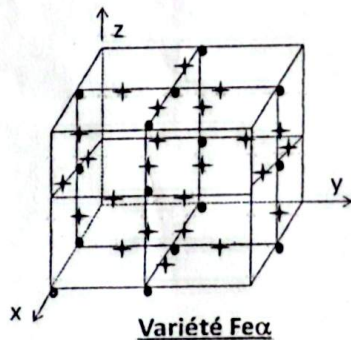
la coordinnence (Fe α /Fe α) = 8

→ Pour le Fe γ qui cristallise dans le C.F.C. (empilement compact) le fer est entouré par 12 atomes du même plan d'empilement et 3 atomes du plan d'empilement suivant et 3 atomes du plan d'empilement précédant, donc le fer est entouré par 12 atomes de fer (6 atomes tangents à coté 3 atomes en bas et 3 atomes en haut) donc :

la coordinnence (Fe γ / Fe γ) = 12

C) sites interstitiels

Il existe 2 sortes de sites : sites octaédriques (6) et sites tétraédriques (4)

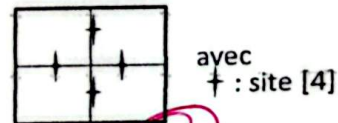


• : site [6] † : site [4]

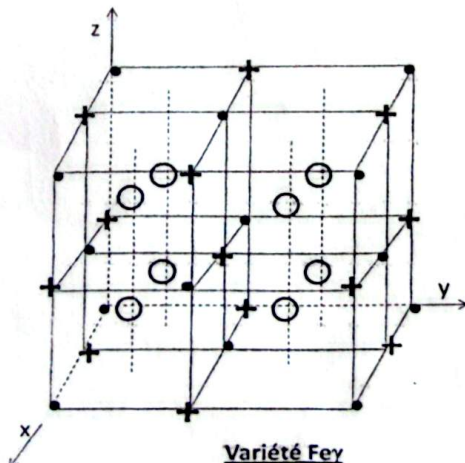
Les sites [6] se trouvent au milieu des arêtes et aux centres des faces : $12 \times \frac{1}{4} + 6 \times \frac{1}{2} = 6$ sites [6] / maille C.C.

Les sites [4] se trouvent sur les faces, on a 4 sites [4] / face :

De la manière suivante:



$(4 \times 6) \times \frac{1}{2} = 12$ sites [4] / maille C.C.



Coordonnées des sites [4]

$(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ $(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$ $(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$
 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4})$ $(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$ $(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4})$ $(\frac{3}{4}, \frac{3}{4}, \frac{3}{4})$
 4 à la cote $z = \frac{1}{4}$ et 4 à la cote $z = \frac{3}{4}$

Coordonnées des sites [6]

$(\frac{1}{2}, 0, 0)$; $(0, \frac{1}{2}, 0)$; $(0, 0, \frac{1}{2})$; $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$