

SCIENCES
DE
L'INGÉNIEUR

Semestre 1

Nom de l'U.E. : Matériaux pour Ingénieurs

Code de l'U.E. : X3PT010

Date de l'examen :

Durée : 1 H 30

Documents autorisés : Aucun

Calculatrice autorisée oui non Type : Non-alphanumérique

Numéro d'anonymat : (si réponse sur le sujet)

Cuivre et alliages de cuivre

Les alliages cuivreux sont extrêmement nombreux, parmi eux, on peut citer les laitons, les maillechorts et chrysocales, les bronzes, les cupro-alliages (cupro-aluminiums, cupro-nickels...). Certains alliages trouvent des applications dans la fabrication de ressorts spéciaux lorsqu'il faut associer de bonnes propriétés élastiques, une conductivité électrique élevée et une résistance de contact faible, d'autres dans les échangeurs de chaleur, les canalisations d'eau salée et les refroidisseurs hydrauliques en raison de leur excellente résistance à la corrosion en eau de mer agitée ou en circulation, d'autres encore pour fabriquer des pièces de monnaie.

I. ETUDE STRUCTURALE DU CUIVRE

Configurations électroniques

1. Le cuivre Cu a pour numéro atomique $Z = 29$. Donner la configuration électronique de l'atome dans son état fondamental.
2. Combien y a-t-il d'électrons sur la couche externe ?

Structure du cuivre

La structure cristalline du cuivre est montrée sur la figure 1. Le réseau est cubique à faces centrées, les atomes de cuivre sont situés aux huit sommets et au centre des six faces d'un cube élémentaire. L'arrête de la maille vaut $a = 0,362$ nm.

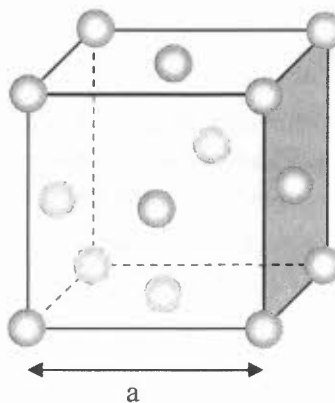


Figure 1. Structure cristalline du cuivre.

3. Déterminer le nombre de plus proches voisins d'un atome de cuivre. Quelle est la distance séparant les atomes premiers voisins ?
4. Combien y a-t-il d'atomes par maille conventionnelle ?
5. Calculer la masse volumique théorique ρ du cuivre.

II. ETUDE DU DIAGRAMME D'EQUILIBRE CUIVRE / ARGENT

Le diagramme de phases des alliages cuivre-argent est présenté sur la figure 2.

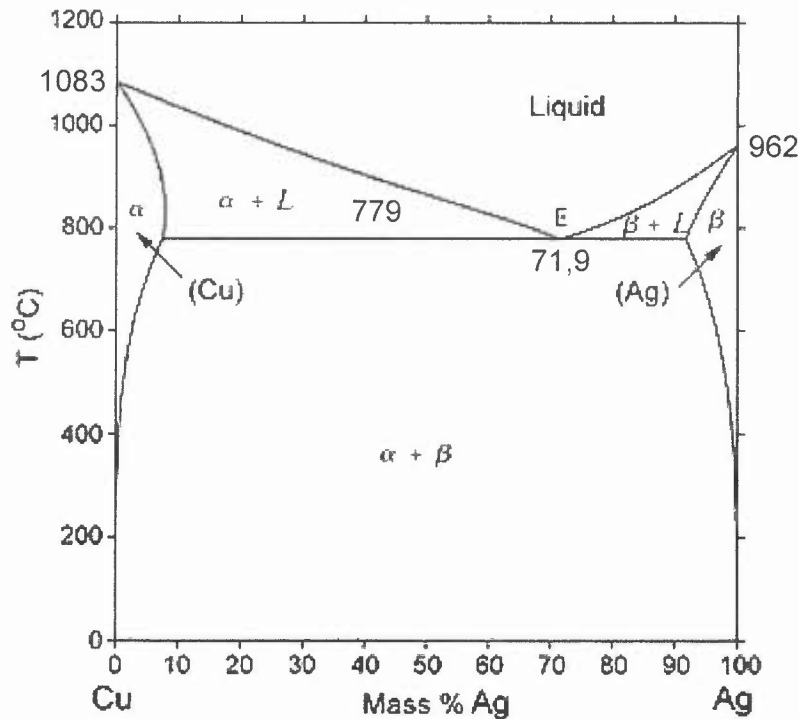


Figure 2. Diagramme d'équilibre Cuivre-Argent. La solution solide α est une solution solide riche en cuivre et présente une maille cubique à faces centrées. La solution solide β a aussi une structure cubique à faces centrées.

6. Quelle est la température de fusion du cuivre ?
7. Combien y-a-t-il de régions monophasées dans le diagramme d'équilibre Cuivre-Argent ? Nommer la phase présente dans chacun de ces domaines.
8. Quel est le nom donné au point de coordonnées (71,9 %m Ag ; 779°C) ? Ecrire la réaction qui a lieu en ce point au chauffage.
9. Dessiner la microstructure d'un alliage contenant 71,9% d'argent lorsque la température est inférieure à 779°C.

III. PROPRIETES MECANIQUES D'UN LAITON A HAUTE RESISTANCE

On réalise un essai de traction sur une éprouvette réalisée à partir d'un alliage à base de cuivre, zinc et aluminium contenant 19% de zinc et 6% d'aluminium. Cette éprouvette est caractérisée par les dimensions suivantes : section rectangulaire $S_0 = (0,50 \times 12,50) \text{ mm}^2$, longueur initiale de référence $l_0 = 250,00 \text{ mm}$.

Au cours de l'essai de traction, on fait les observations suivantes :

- sous une force F égale à 4 750 N, l'allongement de la longueur de référence est égal à 2,26 mm.
- si on décharge l'éprouvette à partir de cette force $F = 4 750 \text{ N}$, il y a un allongement permanent de l'éprouvette égal à 0,50 mm.
- la valeur maximale atteinte par la force F au cours de l'essai de traction est égale à 5 937 N.
- la rupture de l'éprouvette a lieu sous une force $F = 1 485 \text{ N}$, alors que l'allongement de l'éprouvette a atteint 33,05 mm.

10. Faire un schéma de la courbe de traction en indiquant les forces et déplacements remarquables (il n'est pas nécessaire de faire le schéma à l'échelle).
11. Quelle est la limite conventionnelle d'élasticité $R_{e0,2}$ (en MPa) du matériau ?
12. Calculer le module d'Young du matériau.
13. Quelle est la résistance à la traction R_m (en MPa) du matériau ?
14. Quelle est la valeur de la déformation permanente A (en %) après rupture de l'éprouvette ?

IV. PROPRIETES ELECTRIQUES DES MATERIAUX

La résistivité électrique d'un alliage cuivre-nickel contenant 30% en masse de nickel vaut $37,5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$. A température ambiante, la mobilité des électrons du cuivre est de $0,0030 \text{ m}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ et la conductivité électrique σ du cuivre vaut $6,0 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

15. En déduire la conductivité d'un alliage cuivre-nickel contenant 30% en masse de nickel.
16. Calculer le nombre d'électrons libres par mètre cube de cuivre à température ambiante.
17. Déterminer le nombre d'électrons libres par atome de cuivre. La masse volumique du cuivre sera prise égale à $8,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.
18. Quand on augmente la température d'un matériau, comment varie sa conductivité électrique, selon que le matériau soit un métal ou un semi-conducteur ?

DONNEES

- Nombre d'Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Masse molaire :
 - du cuivre : $M(\text{Cu}) = 63,546 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 - de l'argent : $M(\text{Ag}) = 107,87 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Charge de l'électron : $- 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$