



**LICENCE DE CHIMIE  
(L3 – UE5a)**

***SCIENCES DES MATERIAUX***

-----  
*Durée : 2h00*  
-----

Nombre de pages : 10

**Exercice 1 : Etude du diagramme Zn - Al (5,5 points)**

1. Indiquer sur le diagramme binaire Zn -Al de la figure 1 la nature des phases dans chaque domaine, ainsi que le liquidus et le solidus.
2. Identifier de manière précise toutes les transformations (donner les équations et leurs noms) qui sont repérées par les horizontales du diagramme.

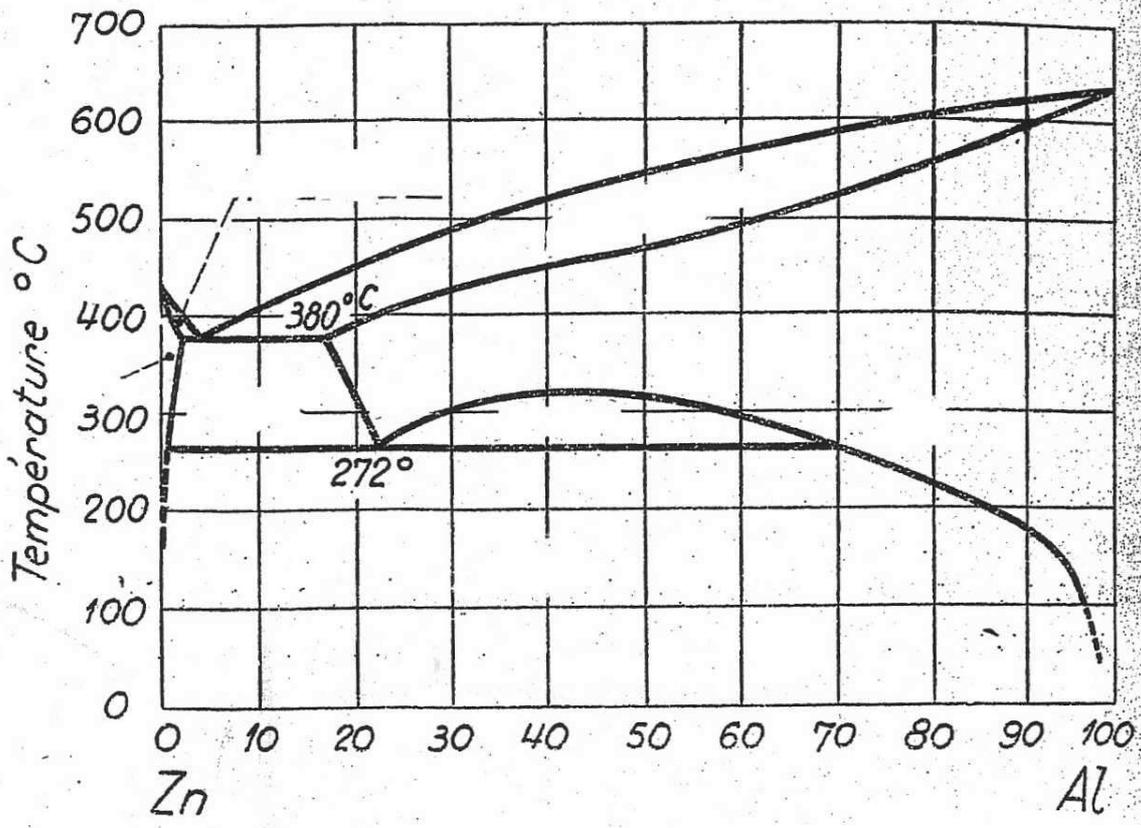
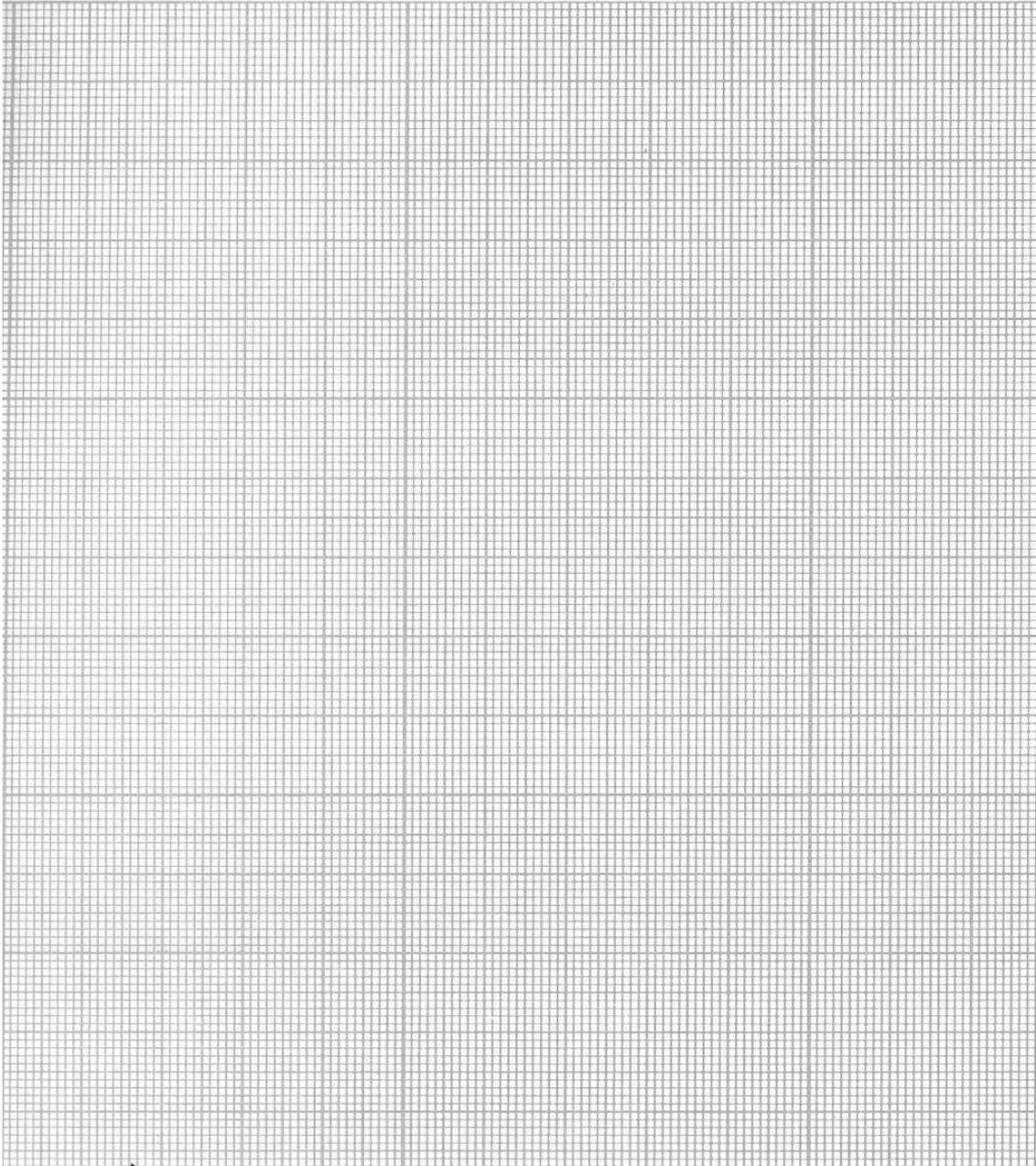


Figure 1 : Diagramme binaire Zn - Al

3. L'aluminium cristallise selon une structure cubique à faces centrées ( $a=0,4045\text{nm}$  ;  $M=27\text{g/mol}$ ). On va s'intéresser à la solution solide  $(\text{Al})_{\text{Zn}}$ . A partir du diagramme de phases de la figure 1, donner la solubilité maximale en atomes % de zinc de cette solution solide ( $M=65,4\text{g/mol}$ ). On vous propose de tracer la variation du paramètre de maille pour différents taux de substitution en zinc de 0%, 15%, 30%, 45%, 60% et 75% atomique de Zn. Calculer le paramètre de maille pour chaque solution solide sachant que le rayon moyen d'une solution solide peut s'écrire de la manière suivante :  $r_{\text{solution solide}} = [(\% \text{at. Al} * r_{\text{Al}}) + (\% \text{at. Zn} * r_{\text{Zn}})]$  (les rayons atomiques de l'aluminium et du zinc sont respectivement égaux à 143 et 137 pm).

4.



5. Une analyse par diffraction des rayons X (vous rappellerez son principe) effectuée sur une poudre d'une solution solide  $(Al)_{Zn}$  présentant un taux de substitution inconnu permet d'obtenir la position des différentes raies de diffraction (tableau n°1). Indiquer pour chaque  $d(hkl)$ , la famille  $(hkl)$  correspondante. Calculer son paramètre de maille et déterminer la composition de cette solution.

Raies	1	2	3	4	5	6
$d(\text{Å})$	2,28	1,975	1,396	1,191	1,14	0,9875
$hkl$						

**Tableau 1 :** Distances interréticulaires obtenues par diffraction des rayons X



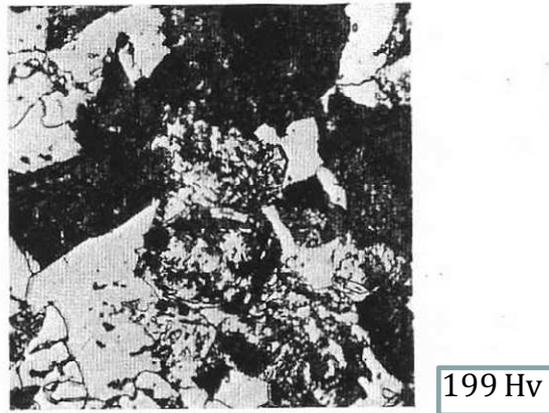


Figure 3 : Micrographie correspondant à l'acier 20 NiCrMo3.

3. Sur la figure 4, les courbes de trempabilité (signification ?) de différents aciers sont représentées. Tout d'abord vous rappellerez quel est l'essai, en donnant son principe qui permet d'évaluer la trempabilité d'un acier. Le pourcentage de carbone de tous ces différents aciers (4340, 4140, 8640, 5140 et 1040) est identique et égal à 0,40%<sub>m</sub>. Retrouver, en justifiant votre réponse, les courbes attendues pour les aciers suivants :

- (1) : 0,55Ni ; 0,50Cr ; 0,20Mo
- (2) acier non allié
- (3) 1,85Ni ; 0,80Cr ; 0,25Mo
- (4) 0,85Cr
- (5) 1,0Cr ; 0,20Mo

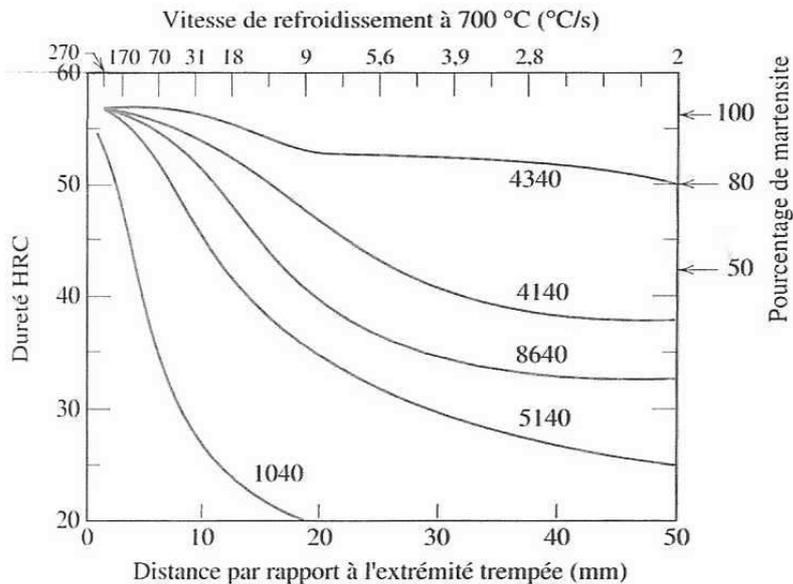


Figure 4 : Courbes de trempabilité de différents aciers.

4. A partir de vos connaissances en métallurgie, commenter, en justifiant votre réponse, la courbe dilatométrique de la figure 6 qui permet de suivre le revenu (de la température ambiante jusqu'à 900°C) de l'acier 100Cr6 (voir le TRC de la figure 5) préalablement trempé à l'eau (dureté de 66,5 HRC). La dérivée première de cette courbe est également représentée afin que vous puissiez mieux apprécier les différents changements de pente présents sur cette figure. Que remarquez-vous ?

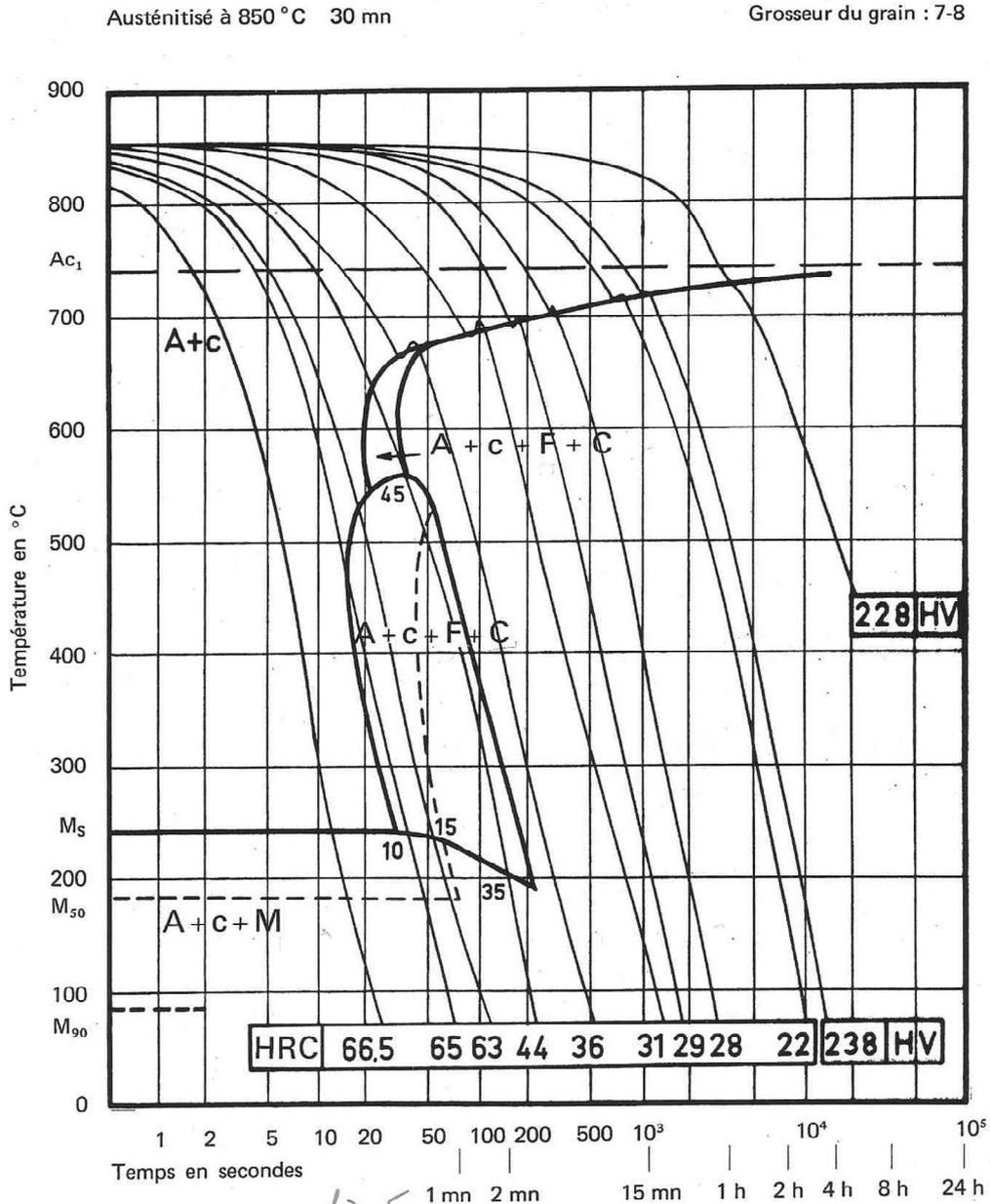


Figure 5: TRC de l'acier 100Cr6.

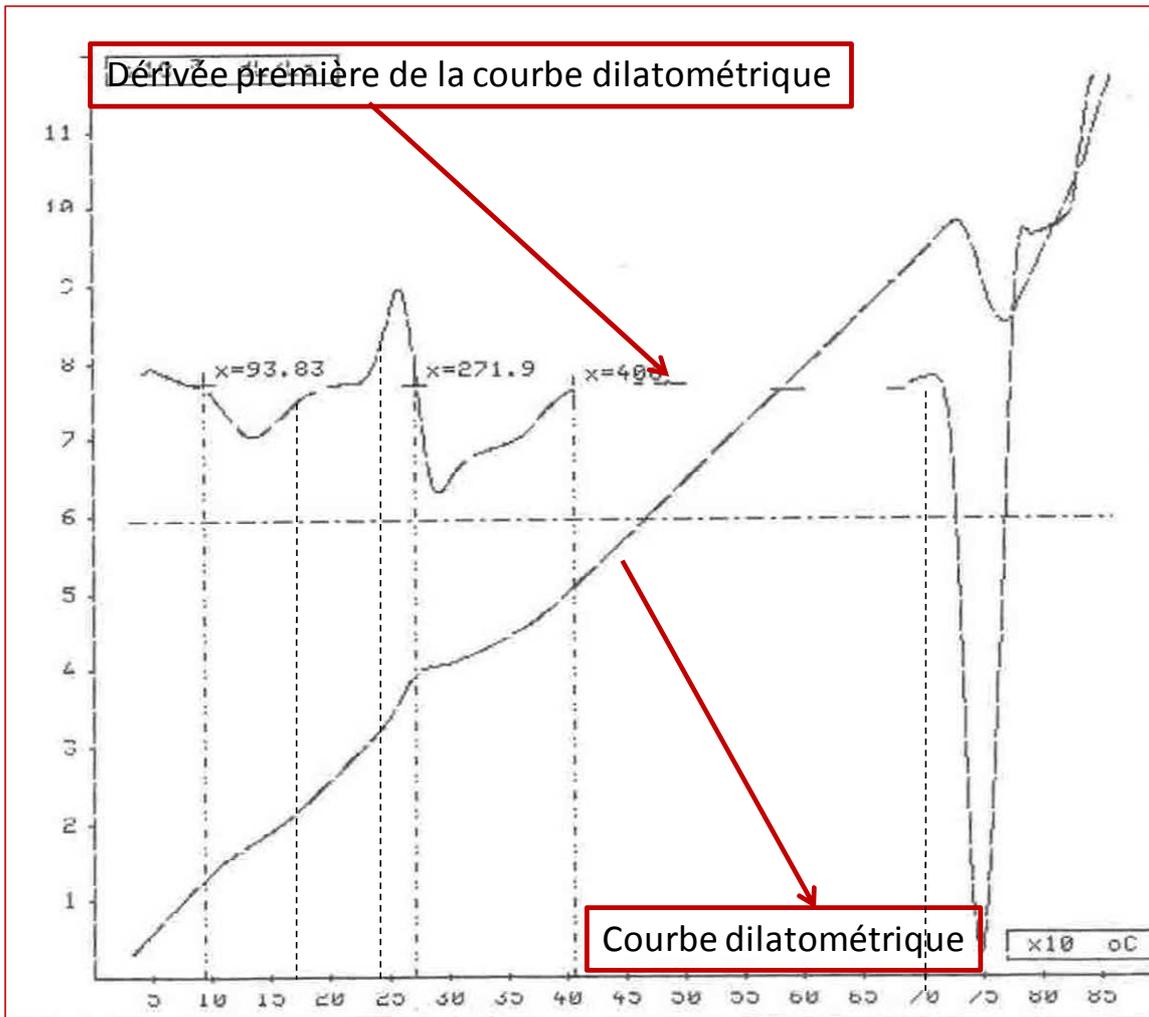


Figure 6 : Evolution de la longueur  $(\Delta L/L_0)$  de l'échantillon en fonction de la température.

8. Enfin, citer les trois modes de durcissement que l'on peut générer dans les aciers. Illustrer vos propos.

**Exercice 3 : Corrosion et Protection des matériaux métalliques (5 points)****ATTENTION**

**TOUTES LES REPONSES SONT A COMPLETER SUR LE SUJET D'EXAMEN ET SUR LA FEUILLE PAPIER SEMILOGARITHMIQUE (DONC A RENDRE !)**

Sur le pont d'un navire, une tôle d'acier (assimilée au fer, Fe, de surface S) n'a pas été protégée contre la corrosion et est en contact électrique avec une pièce d'accastillage faite en cuivre (Cu, de surface S). Sous l'effet des tempêtes et des brouillards marins, cette tôle est plongée dans l'eau de mer 3 mois par an.

**Question 1 :** Pourquoi y a-t-il danger de corrosion de la tôle d'acier ? Justifier.

Réponse :

L'eau de mer peut être considérée comme un électrolyte légèrement acide contenant de l'oxygène dissous.

**Question 2 :** Une protection est mise en place qui masque la pièce en cuivre du milieu électrolytique. Préciser les réactions d'oxydoréduction (anodique et cathodique) de la pièce d'acier en service.

REACTION ANODIQUE :

REACTION CATHODIQUE :

Dans l'eau de mer, les réactions anodiques et cathodiques sont supposées être caractérisées par des courbes de polarisation à comportement tafélien dont les grandeurs associées sont données dans le tableau 2.

Réactions	$E_0$ (V/REF)	$j_0$ (A/dm <sup>2</sup> )	Pente de Tafel $\beta$ (V/decade)
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2 H_2O$	1,2	$5 \cdot 10^{-6}$	-0,467
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	0,2	$1 \cdot 10^{-5}$	-0,110
$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$	0,2	$1 \cdot 10^{-5}$	0,110
$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	-0,4	$3 \cdot 10^{-6}$	0,100

Tableau 2

**Question 3 :** Lorsque la tôle d'acier est protégée du contact électrique avec la pièce de cuivre, mais toujours plongée dans l'eau de mer, quelle est la valeur de la densité de courant de corrosion qui affecte la tôle ? (compléter le papier semi-logarithmique donné en annexe, à rendre)

**Question 4 :** Si l'on suppose que la corrosion de la tôle d'acier est uniforme en surface, quelle est la vitesse de corrosion de cette tôle exprimée en **mm/an** ?

**Données :** Masse molaire du fer : 55,85 g/mol ; masse molaire du cuivre : 63,54 g/mol ; densité du fer : 7,8 ; densité du cuivre : 8,92 ; constante de Faraday :  $F=96485$  C/mol ;

Extrait de la série galvanique des métaux dans l'eau de mer :

+NOBLE

- Or
- Titane
- Argent
- Cuivre
- Etain
- Plomb
- Fer
- Cadmium
- Aluminium
- Zinc
- Magnésium

+ACTIF

