

# TP UEF MATA - 04

## Traitements thermiques des alliages d'aluminium

### Durcissement par précipitation

**Résumé** Ce TP a pour objectif l'étude de traitements thermiques d'alliages d'aluminium. Il s'agit de caractériser l'évolution de la microstructure et du durcissement d'un alliage d'aluminium en fonction des conditions de revenu.

Important : le rendu sera de la forme rapport scientifique, en format électronique, regroupant les 2 séances de TP. La date limite de rendu vous sera précisée lors des séances de TP. Le rapport sera évalué tant sur la qualité scientifique du contenu que la forme.

#### Documents à disposition :

- Tableau de correspondance des duretés ;
- Extrait du *Précis de Métallurgie - Élaboration, Structures-Propriétés, Normalisation*, J. Barralis, G. Maeder, Éd. Nathan (2005).

#### Documents de référence :

- *Propriétés générales de l'aluminium et de ses alliages*, Ch.Vargel, Techniques de l'ingénieur, M4661 (2005) ;
- *Traitements thermiques des alliages d'aluminium - Matériels et recommandations*, M.Stucky, Techniques de l'ingénieur, M1290 v2 (2011) ;
- *Durcissement par précipitation des alliages d'aluminium*, B.Dubost, P.Sainfort, Techniques de l'ingénieur, M240 v1 (1991).
- *Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, ASM Handbook, volume 2, ASM International (1990)
- *Alloy Phase Diagrams*, ASM Handbook, volume 3, ASM International (1992)

# 1 Conditions de traitements thermiques

On se propose d'étudier l'influence des traitements thermiques de trempe et de revenu sur une nuance d'alliage d'aluminium. Des informations relatives à cette nuance sont reportées dans le tableau 1.

Nuance : 7075 (AlZn5,5MgCu, AZ5GU)									
%m. d'éléments									
Composition	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
Min	-	-	1,2	-	2,1	0,18	5,1	-	bal.
Max	0,4	0,5	2	0,3	2,9	0,28	6,1	0,2	bal.

Tableau 1 – Composition chimique la nuance 7075

Les diagrammes d'équilibre binaire Al-Zn, Al-Mg et Al-Cu sont donnés en Figures 1 à 3.

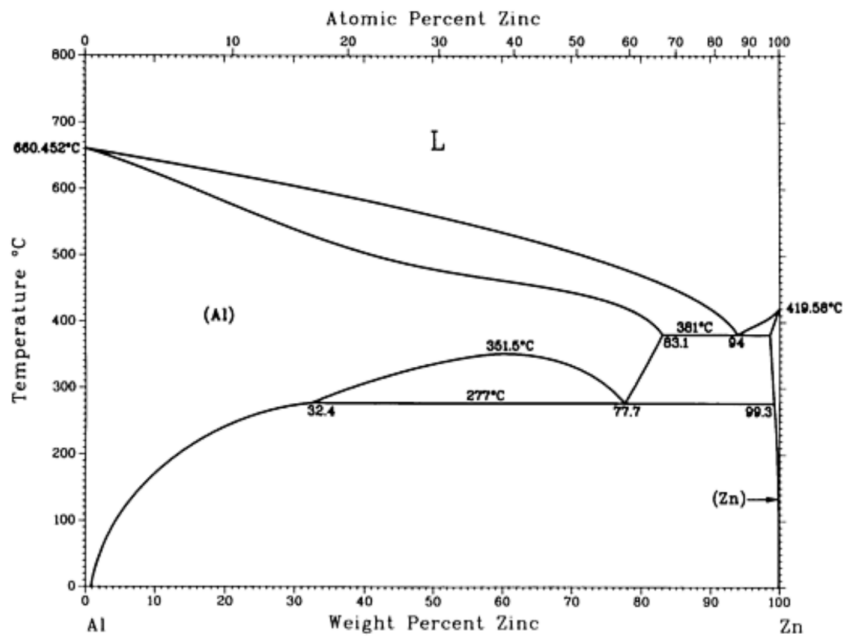


FIGURE 1 – Diagramme d'équilibre Al-Zn

Le diagramme d'équilibre binaire Al-Zn indique qu'à température ambiante la limite de solubilité du zinc dans la phase aluminium est de 1,5 %m. Au delà de cette teneur, l'alliage est biphasé avec des propriétés mécaniques inférieures aux autres alliages d'aluminium.

Le diagramme d'équilibre binaire Al-Zn montre également la présence d'une solution solide d'aluminium qui croît avec la température au sein de laquelle les atomes de zinc sont répartis de manière aléatoire en substitution.

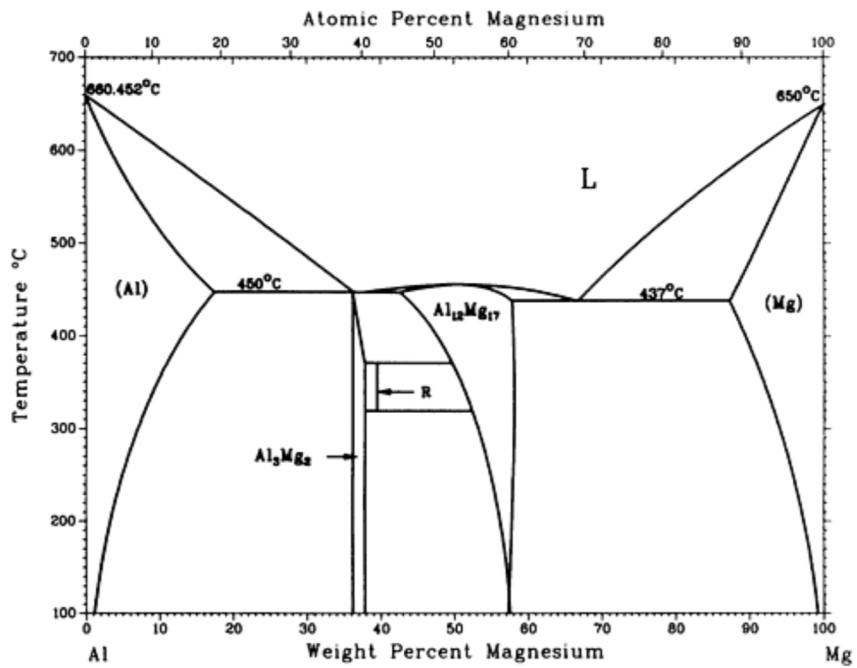


FIGURE 2 – Diagramme d'équilibre Al-Mg

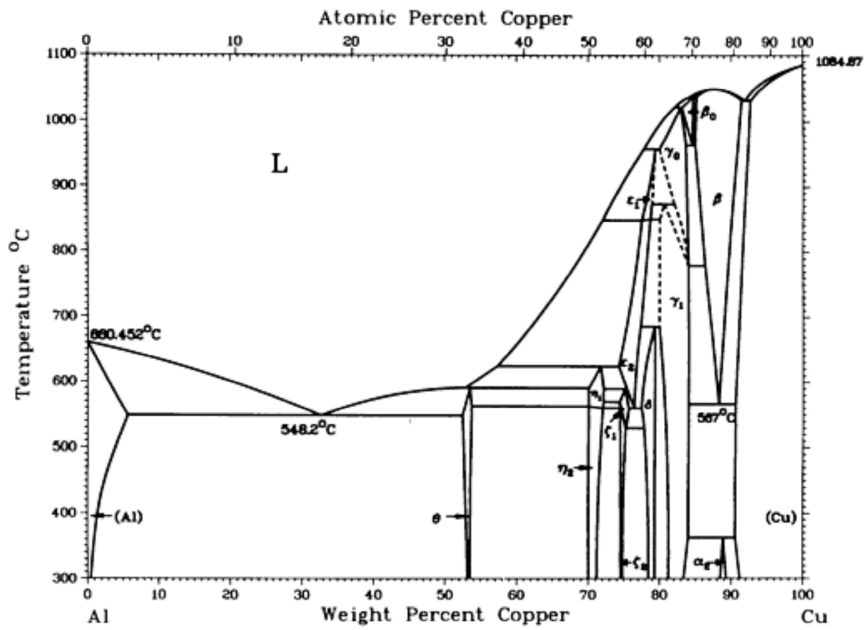


FIGURE 3 – Diagramme d'équilibre Al-Cu

Afin de palier aux faibles propriétés mécaniques des alliages Al-Zn, il est possible d'ajouter des éléments comme le magnésium ou le cuivre qui forme des composés intermétalliques de type  $\text{Al}_2\text{Cu}$ ,  $\text{Al}_3\text{Mg}_2$  à basses températures. Magnésium et zinc forment également des composés intermétalliques (Figure 4).

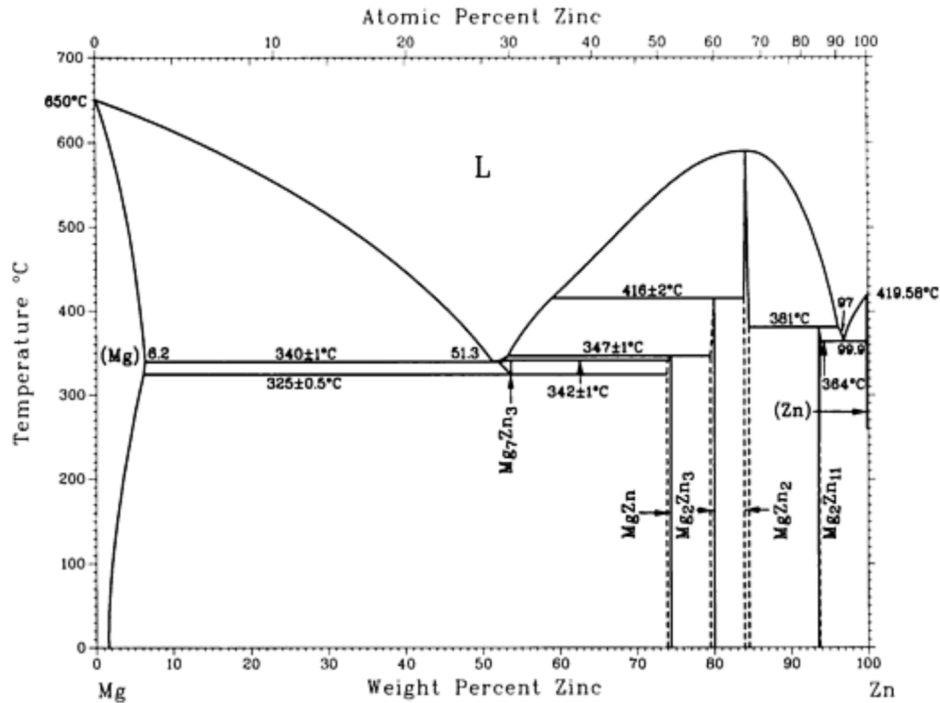


FIGURE 4 – Diagramme d'équilibre Mg-Zn

La figure 5 montre le digramme d'équilibre pseudo-binaire Al-Mg-Zn montrant la limite de solubilité de la phase intermétallique  $\eta\text{-Mg}_3\text{Zn}_3\text{Al}_2$ .

Il est ainsi possible d'obtenir un phénomène de durcissement structural par précipitation en choisissant avantageusement les conditions de traitements thermiques.

## 2 Travail experimental

Vous avez à disposition cinq échantillons d'alliage d'aluminium 7075.

Réalisez un traitement d'homogénéisation à 485 °C pendant 30 minutes. Trempez les éprouvettes dans l'eau.

Enfournez quatre éprouvettes trempées dans le four de revenu à 180 °C.

Sortir une éprouvette après 10, 20, 40 et 60 minutes. Refroidissez les éprouvettes à l'eau.

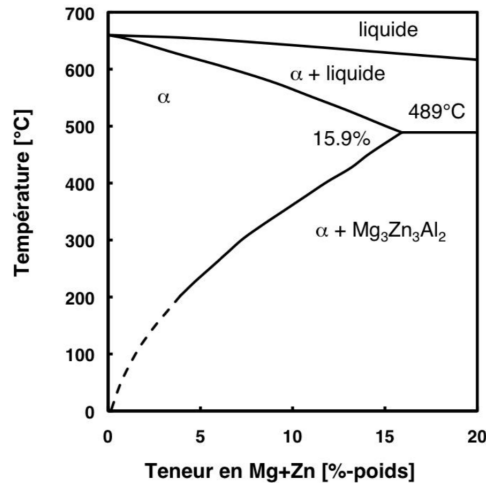


FIGURE 5 – Diagramme d'équilibre pseudo-binaire Al-Mg-Zn

Cette série d'échantillons revenus est complétée par quatre échantillons préalablement trempé-revenus pendant 4, 10, 17 et 30 heures respectivement.

Mesurez la dureté Vickers de chaque éprouvette à l'aide d'un duromètre Qness Q10A+, avec une charge de 10 kg, soit une force de 98,067 N, pendant 10 s. Deux empreintes de dureté Vickers doivent être distantes d'au moins 2,5 fois la diagonale du premier essai.

Afin de tenir compte des hétérogénéités du matériau, vous prendrez soins de réaliser trois mesures par échantillons. Vous reporterez vos résultats dans un tableau (valeurs de dureté par essai, moyenne et écart-type).

Tracez l'évolution du durcissement en fonction du revenu réalisé.

### 3 Questions

1. Quel est l'intérêt du traitement d'homogénéisation ? Argumentez votre réponse.
2. Même question dans le cas du refroidissement à l'eau après homogénéisation.
3. Commentez l'évolution du durcissement lors du revenu de cet alliage d'aluminium.
4. Expliquez l'origine physique de cette évolution. Argumentez votre réponse.
5. Comment évoluent les propriétés mécaniques de cet alliage en fonction du temps de revenu ?
6. Quelle serait l'évolution du durcissement pour cet alliage dans le cas d'un revenu à 100 °C ? Argumentez votre réponse. Vous pourrez tracer schématiquement la courbe sur le diagramme de revenu à 180 °C.
7. Quelles sont les différences avec un traitement de revenu dans le cas des aciers martensitiques d'un point de vue technique, métallurgique et propriétés d'usage ?