

Série n°12 – 15 mai 2025

Diagrammes de phases

Exercice 1 :

Répondez par vrai ou faux aux questions suivantes :

- | | Vrai | Faux |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a. De l'eau pure coexistant avec de la glace pure est un système biphasé, mais monoconstitué. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. La transition glace-eau (fusion) est indépendante de la pression. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. La coexistence de 3 phases pour un système monoconstitué (point triple) n'a lieu qu'à une pression et température fixées. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Au point de fusion d'un corps pur, les énergies libres molaires du solide et du liquide sont égales. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. Dans un système binaire, deux phases en équilibre ont aussi la même énergie libre molaire. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. L'énergie libre molaire G^m d'une phase dans un système binaire est donnée par $(\mu_A X_A + \mu_B X_B)$ où $\mu_{A,B}$ sont les potentiels chimiques de A et B, $X_{A,B}$ étant leurs compositions molaires. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. Sur un invariant eutectique d'un système binaire, les trois phases coexistent, mais uniquement pour la composition eutectique. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h. Une phase stoechiométrique apparaît comme une ligne verticale dans le diagramme de phases d'un système binaire. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i. Les liquidus des deux phases d'un système binaire pouvant former un eutectique, ont des pentes de même signe au voisinage de la composition eutectique. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Exercice 2 : Règles des phases de Gibbs

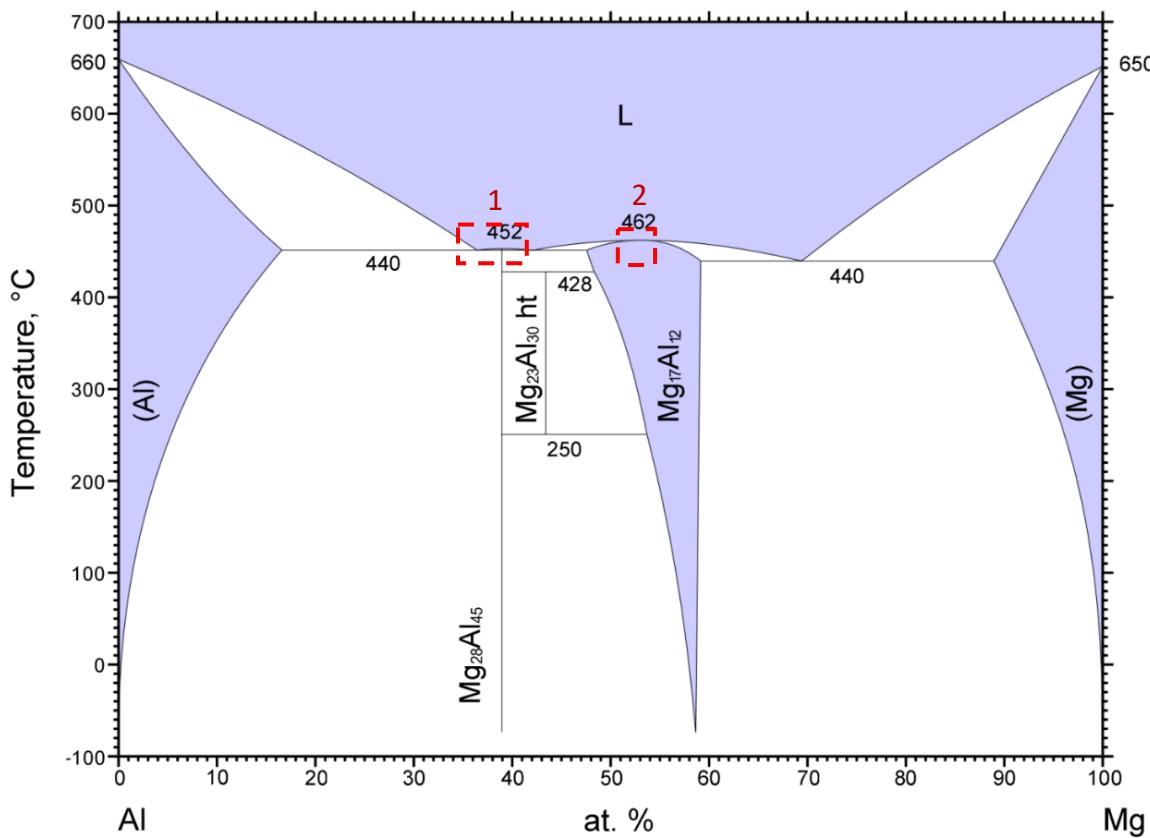
On considère un système ternaire, i.e. qui a 3 composants (A, B, C), à l'équilibre.

- Quelles sont les variables de chacune des phases, hormis la pression et la température ?
- Quelles sont les conditions imposées par la thermodynamique pour qu'il y ait équilibre de deux phases α et β ?
- Combien de phases peuvent coexister au maximum si l'on a déjà fixé la pression ?

Exercice 3 : Diagramme de phases Al-Mg

On considère le système binaire Al-Mg dont le diagramme de phases est donné ci-dessous.

- Identifiez toutes les zones biphasées et mentionnant les phases présentes dans ces zones.
- Identifiez les 5 invariants : trois eutectiques ($\text{liq} \rightarrow \text{sol1} + \text{sol2}$), un eutectoïde ($\text{sol1} \rightarrow \text{sol2} + \text{sol3}$) et un péritectoïde ($\text{sol1} + \text{sol2} \rightarrow \text{sol3}$). Mentionner à chaque fois les transformations qui s'opèrent si l'on traverse ces invariants en baissant la température.
- La zone 1 marquée d'un rectangle rouge semble violer la thermodynamique car à la température de 440°C il y aurait 4 phases à l'équilibre : (Al) , $\text{Al}_{45}\text{Mg}_{28}$, liquide et $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}$. Si vous zoomiez cette zone, comment pourrait se présenter le diagramme de phases de cette région ?
- La phase $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ présente ce que l'on appelle « un point congruent » : pour la composition en ce point (voir zone 2 encadrée en rouge), il n'y a pas de zone biphasée et la fusion s'opère comme pour un corps pur à 462°C . Représentez schématiquement les énergies libres molaires du liquide et de cette phase à la température de 462°C ainsi que 2 ou 3°C en-dessous.



Exercice 4 : Fraction de phases

L'alliage Al – 7% pds Si est fréquemment utilisé en fonderie ou pour souder. On reproduit ici le diagramme de phases de ce système dans sa partie hypoeutectique.

- Effectuez la conversion de %at de l'échelle horizontale en %pds (ou %masse), sachant que les masses molaires de Al et Si sont respectivement de 27 et 28 g/mole.
- En assimilant les liquidus et solidus de (Al) à des droites, aidez-vous du graphique pour déduire l'équation décrivant (en fraction massique) les compositions du liquide et du solide (Al) dans cette zone biphasée.
- Trouvez la température de liquidus pour l'alliage Al – 7% pds Si.
- Faites un bilan de soluté pour déduire la fraction de solide (Al) pour toute température comprise entre la température eutectique (577°C) et le liquidus.
- Quelle sont les fractions de (Al) et de liquide juste avant de passer la température eutectique, i.e. à $(577 + 0.1)^{\circ}\text{C}$? Quelle est alors la situation à $(577 - 0.1)^{\circ}\text{C}$?

