

Chapitre 03: Diagrammes d'équilibre binaires

Les diagrammes d'équilibre binaires définissent tous les domaines de phases en fonction de la température et de la composition chimique. Ils sont représentés par :

- Un axe horizontal qui correspond à la variation de la composition depuis le composant pur A (100% A ,0% B) jusqu'au composant pur B (0% A ,100% B),
- Un axe vertical, au niveau de chaque composant, et qui correspond à la variation de la température.

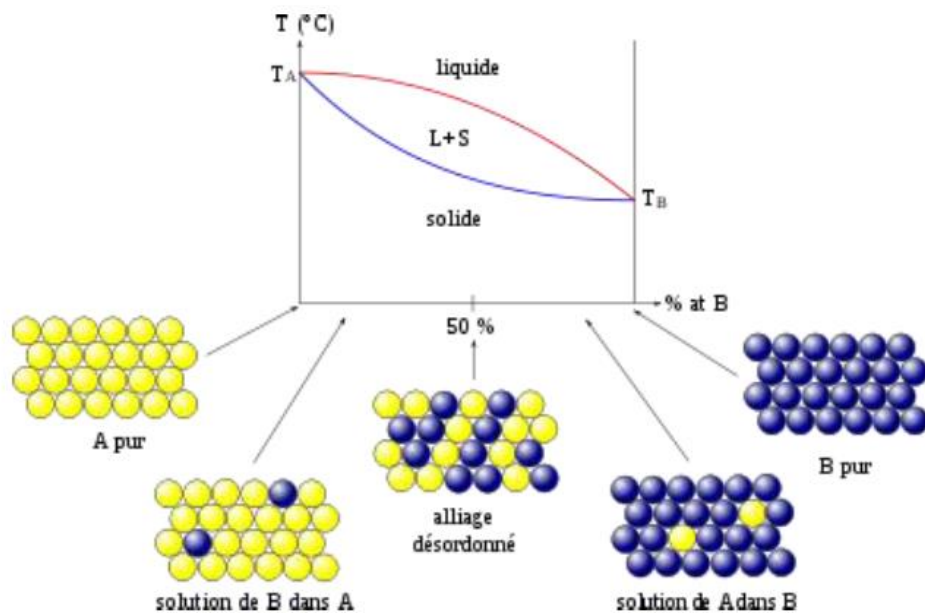
Les domaines de phases sont délimités par des courbes ou des droites. Le diagramme d'équilibre comporte en plus, des lignes de transformation de phases.

3.1. Diagrammes à solution solide illimitée

3.1.1. Condition de miscibilité :

En général, pour que deux éléments A et B puissent être entièrement miscibles à l'état solide, quatre conditions doivent être remplies :

- les diamètres atomiques des éléments A et B ne diffèrent pas plus que 15%,
- les éléments doivent avoir la même structure cristalline,
- les valences des deux éléments doivent être égales,
- Une électronégativité semblable.

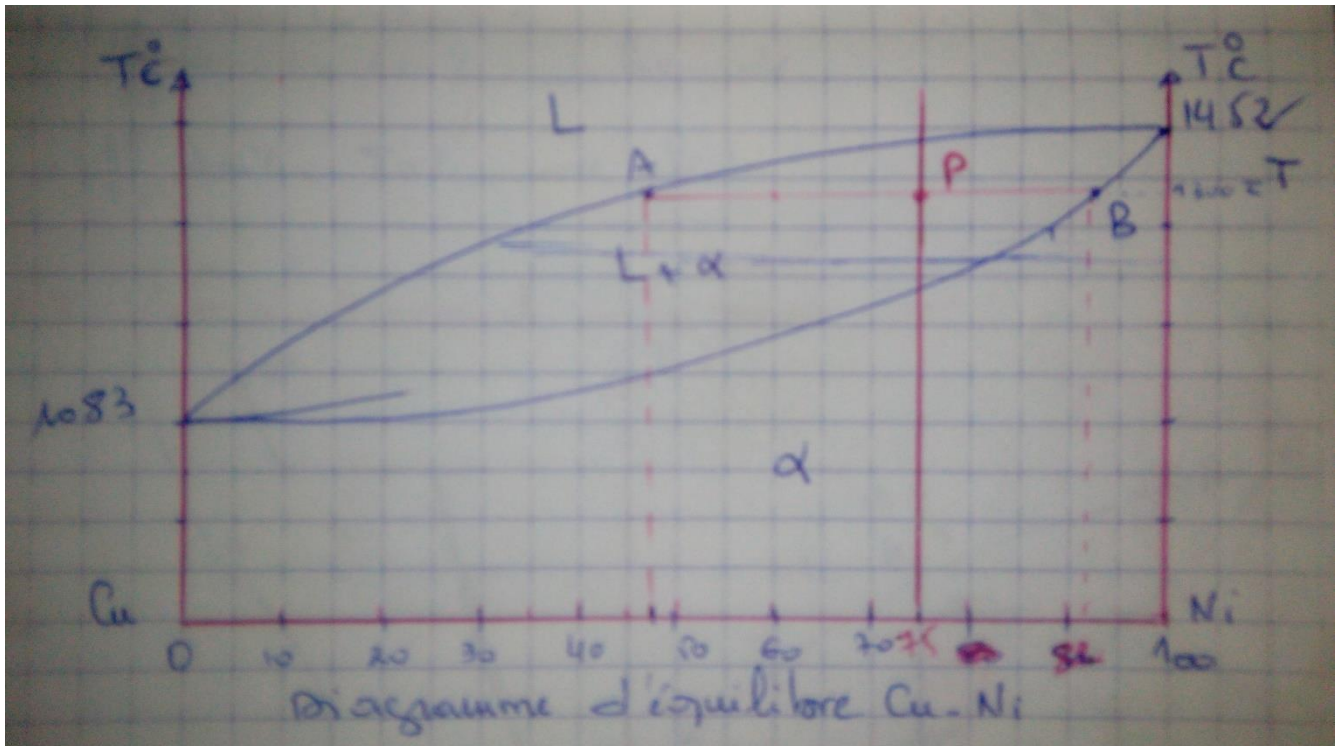


3.1.2. Allure et lecture du diagramme d'équilibre

Dans ces conditions, le diagramme binaire prend une forme très simple en forme de fuseau.

Prenons l'exemple du diagramme Cuivre-Nickel.

On porte sur les deux axes verticaux les points de fusion des composants Cu et Ni (T_{Cu} et T_{Ni}). Pour toutes les compositions intermédiaires, on obtient une série de points qui marquent le début et la fin de la cristallisation.



La courbe supérieure T_{Cu} -A- T_{Ni} qui marque la fin de la solution liquid L est appelée “Liquidus”, la courbe inférieure T_{Cu} -B- T_{Ni} qui marque la fin de la cristallisation est appelée “Solidus”. La solution solide formée est désignée par α . Entre les deux courbes, on a un domaine biphasé ($L+\alpha$).

a. Composition chimique des deux phases (Règle de l'horizontale)

A une température T, les compositions de phases (liquid L et solide α) sont données par l'abscisse des intersections de l'horizontale avec les deux branches solidus et liquidus (L% de B en équilibre avec α % B).

Par exemple, considérons l'alliage à 75% Ni à la température 1300°C. L'alliage est composé d'une phase liquide (point A) à 47% Ni et d'une phase solide (point B) à 82M Ni.

A la température 1300 °C, cette composition reste la même pour tous les alliages compris entre (47 82)% Ni.

b. Masses des deux phases en presence (Règle des segments inverses)

Dans un domaine biphasé, un alliage de composition P, contient à chaque température T:

$(PB/AB) \times 100\%$ de phase liquide L

$(PA/AB) \times 100\%$ de phase solide α

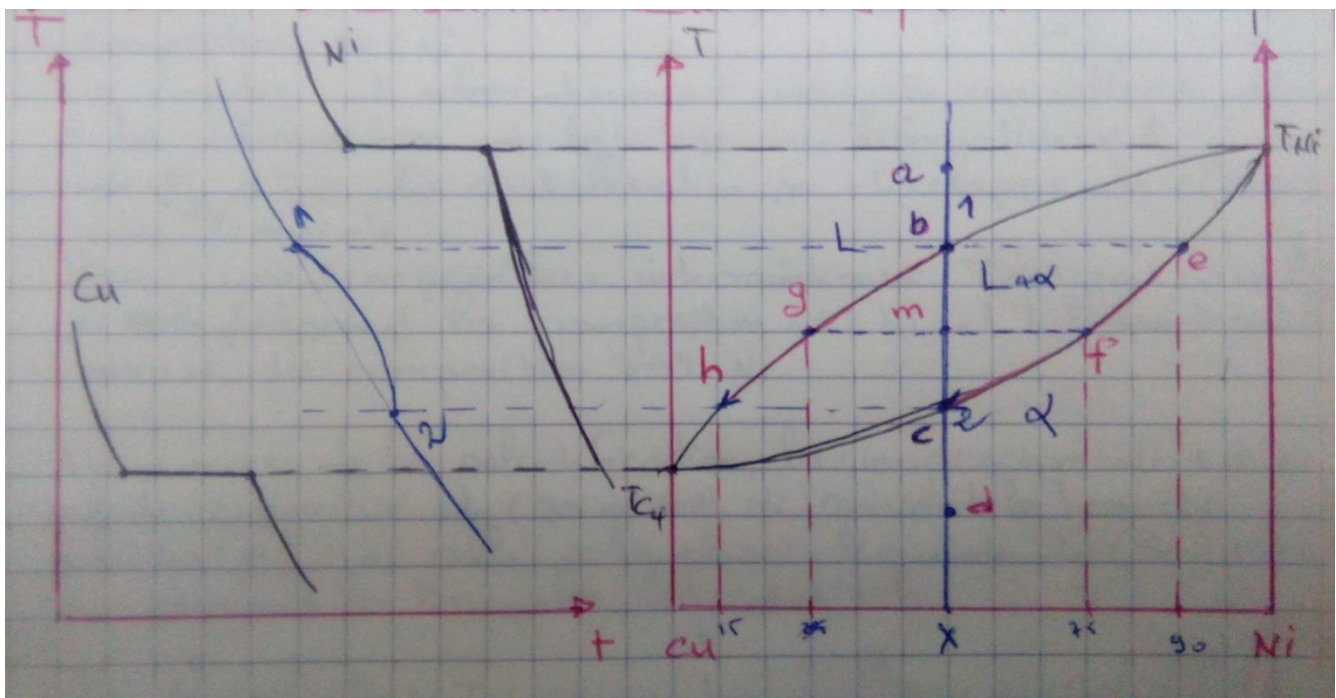
Exemple:

A la température $T = 1300\text{ °C}$

$$\frac{PB}{AB} = \frac{7}{35} \times 100\% = 20\% \text{ de liquide}$$

$$\frac{PA}{AB} = \frac{28}{35} \times 100\% = 80\% \text{ de solide}$$

3.1.3. Refroidissement du metal pur



La température du composant Cu pur, baisse progressivement depuis l'état liquide jusqu'à la température T_{Cu} qui marque la solidification de ce composant. La courbe de refroidissement enregistre un palier horizontal qui correspond à l'existence de deux phases (L+ α).

Lorsque le liquide est complètement solidifié, la température baisse progressivement jusqu'à la température ambiante

Le processus de solidification du Nickel est similaire.

3.1.4. Refroidissement d'un alliage de titre quelconque

On s'assure d'abord pour que le refroidissement soit très lent.

Soit l'alliage X (50% Ni);

- A la température du point **a**, l'alliage est à l'état liquide.
- A la température du point **b**, la solidification commence, il se dépose une première parcelle solide de α avec une composition de 90% Ni, alors que le liquide garde la composition 50% Ni.
- La courbe de refroidissement enregistre une inflexion due à la diminution de la Vitesse de refroidissement.
- De T_b à T_c , la cristallisation se développe au détriment du liquide.
- Pour une température intermédiaire T_m par exemple, le liquide prend la composition 25% Ni et le solide prend la composition 75% Ni.
- Au cours de la solidification, la composition de la phase solide a évolué de (90 à 50) % Ni suivant la branche solidus **ec** et celle de la phase liquide de (50 à 15)% Ni suivant la branche liquidus **bh**.
- A la température T_c Presque tout l'alliage est solidifié, la dernière parcelle de liquide a la composition 15% Ni. Le solide ayant pratiquement la composition 50% Ni.
- Aux températures inférieures à T_c , subsiste la phase solide unique α de l'alliage.

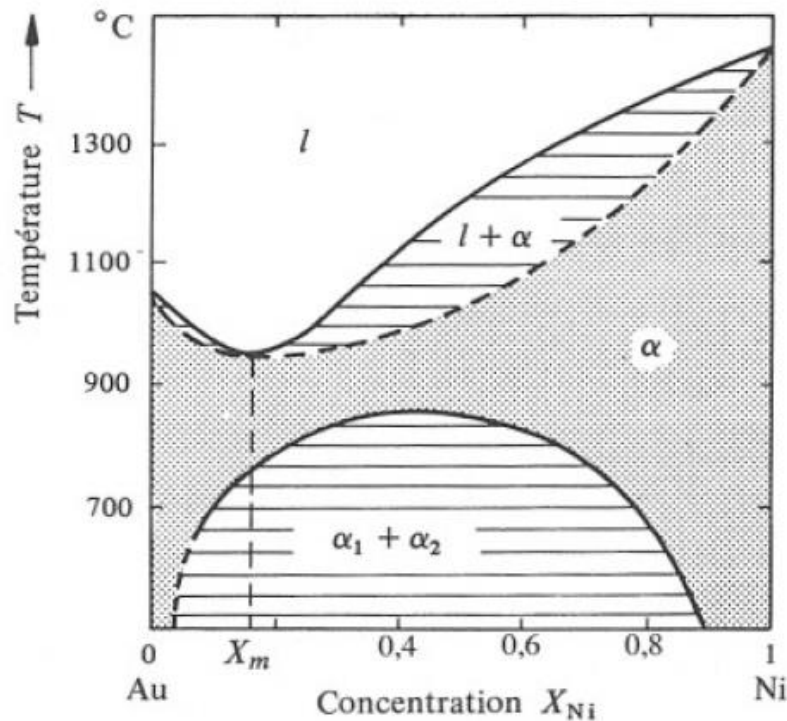
Exemples de diagrammes à solution solide illimitée

Fe-Mn, Cu-Pt, Cu-Pd, Ag-Au.

3.2. Diagramme à miscibilité partielle à l'état solide (Système à point de fusion minimum)

Certains diagrammes peuvent présenter un minimum et deux fuseaux. La miscibilité est complète et réciproque dans les phases solides et liquides. Cependant à basse température la solubilité est limitée. Le diagramme de phase présente à l'état solide une lacune de miscibilité. Dans ce cas on observe en general que la courbe d'équilibre solide-liquide comporte un point de fusion minimum. Les courbes de liquidus et de solidus présentent alors un point de contact intermédiaire ayant une tangente horizontale (exp: Au-Ni).

A la concentration X_m , la solution solide et liquid ont la même composition, et la courbe de refroidissement sera identique à celle d'un corps pur.



Dans les systèmes similaires à ceux décrits à la figure ci-dessus, il apparaît souvent une lacune de miscibilité qui représente un domaine de séparation de phases. Dans ces systèmes complètement solubles (à l'état solide avec une seule phase α) à T élevée, il se forme généralement au refroidissement deux phases α_1 et α_2 ayant la même structure cristalline mais de composition différente.

Autre exemples

Cu-Au, Ni-Pd, Co-Pt, Fe-Cr, Fe-Ni.