

**Exercice 1**

Considérons l'alliage à 60% de Cuivre et 40% de Nickel. A la température de 1250°C, l'alliage est dans le domaine biphasé. La composition de la phase liquide est de 67% de cuivre, celle de la phase solide est de 48% de cuivre.

Calculer La proportion solide  $f_S$  et la proportion liquide  $f_L$  de cet alliage.

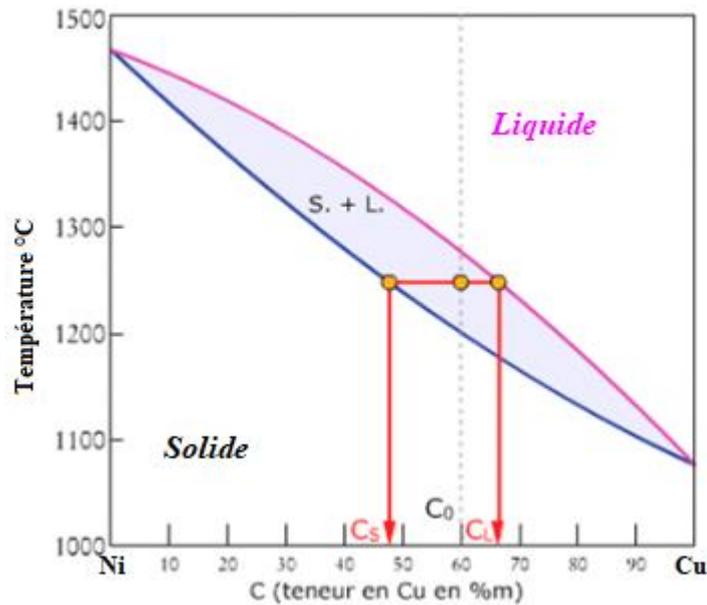
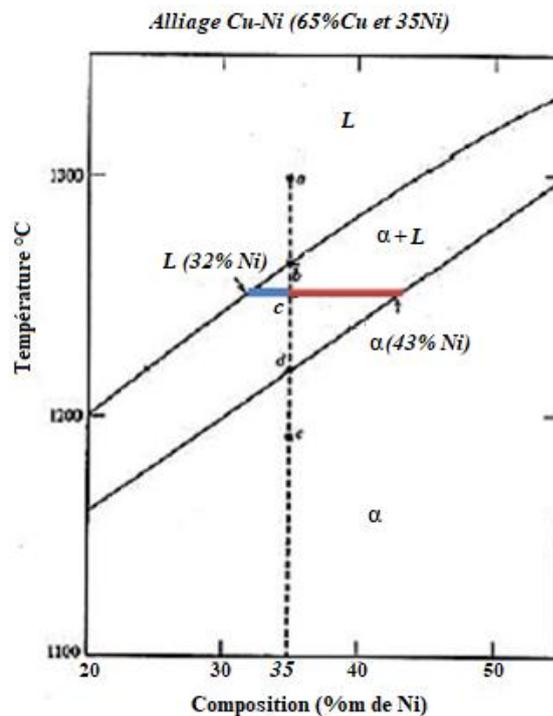


Diagramme Ni-Cu à miscibilité totale

**Exercice 2**

Calculer les quantités de phase dans un alliage Cu-Ni (65% Cu et 35%Ni) au point c (T=1250°C)



**Exercice 3**

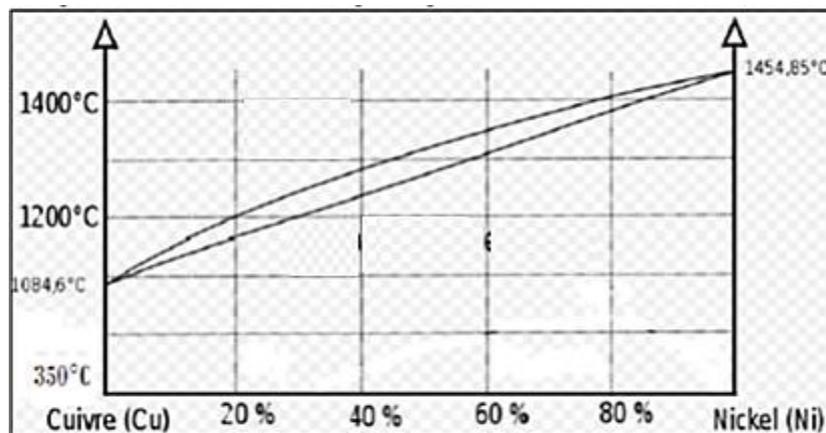
Les alliages Cu –Ni sont utilisés en construction navale et en électricité. En vous référant au diagramme d'équilibre du système binaire Ni-Cu, préciser.

1. La température de fusion du nickel et celle de cuivre;
2. De quel type de diagramme s'agit-il?

En considérant un alliage Ni-Cu de concentration en Ni égale à 40% molaire, indiquer:

3. Les températures de solidification et de fusion;
4. Les phases en présence et leur proportion à la température de 1300 °C

Tracer les courbes d'analyse thermique pour un alliage à 10%, à 33,2% et à 100% de Nickel en indiquant pour chaque domaine les phases présentes



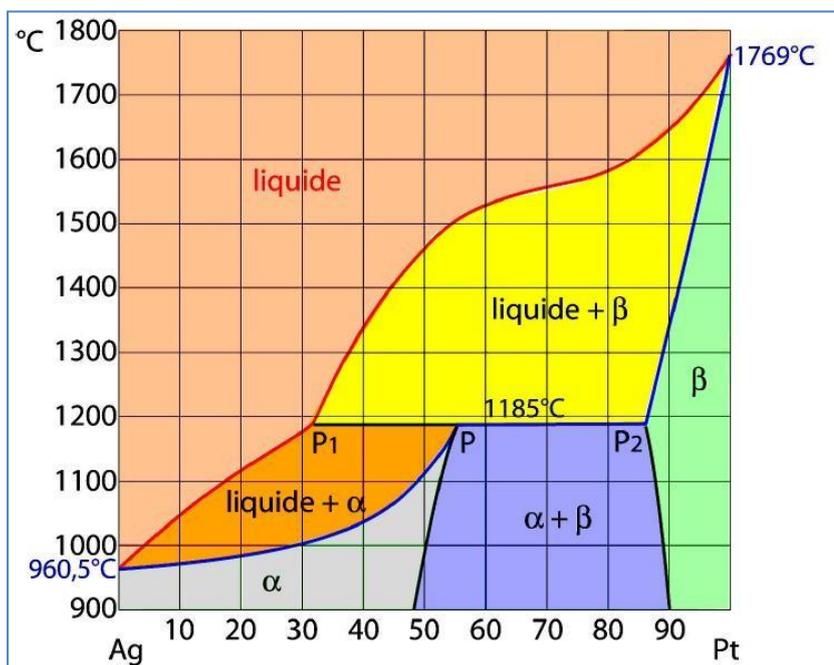
**Figure 1 : Diagramme Ni-Cu**

**Exercice 4**

Soit le diagramme d'équilibre de l'alliage binaire (Pt-Ag).

- 1- Nommer le type de la transformation isotherme présente dans le diagramme d'équilibre (transformation à T=1185°C).
- 2- Identifier le point caractéristique de cette transformation et donner ses coordonnées.
- 3- Indiquer le liquidus et le solidus.
- 4 Étudier le comportement au refroidissement à vitesse lente de l'alliage à 40% en masse de Pt, depuis l'état liquide jusqu'à 400°C. Donner sa constitution physico-chimique aux températures de 1200, 1100 et 900°C.

6- Soit l'alliage à 40% en masse de Pt. À  $T = 1100^{\circ}\text{C}$  calculer les proportions des phases présentes de l'alliage



## Solutions

### Solution Exercice 1

La conservation de la masse permet d'écrire les deux relations suivantes:

$$f_S + f_L = 1 \qquad f_S C_S + f_L C_L = C_0$$

Ces relations permettent de déterminer les proportions (*règle des segments inverse*) présentes soit en % :

$$f_S = \frac{C_L - C_0}{C_L - C_S} \times 100 \qquad f_L = \frac{C_0 - C_S}{C_L - C_S} \times 100 \qquad \text{Ou bien : } f_L = 100 - f_S$$

La proportion solide  $f_S$  est alors :

$$f_S = \frac{67 - 60}{67 - 48} \times 100 = 36\%$$

La proportion  $f_L$  du liquide se déduit alors :  $f_L = 100 - 36 = 64\%$

### Solution Exercice 2

La phase  $\alpha$  contient 43% m de Ni ( $C_\alpha = 43\% \text{ m Ni}$ )

La phase liquide contient 32% m de Ni ( $C_L = 32\% \text{ m Ni}$ ).

La composition initiale est  $C_0 = 35\% \text{ m de Ni}$

On applique la règle des segments inverse.

$$f_L = (C_0 - C_\alpha) / (C_L - C_\alpha) = (35 - 43) / (32 - 43) \times 100 = 72\%$$

$$f_L = 72\%$$

De même pour la phase  $\alpha$ :

$$f_\alpha = (C_L - C_0) / (C_L - C_\alpha) = (32 - 35) / (32 - 43) \times 100 = 28\%$$

$$f_\alpha = 28\%$$

**Solution exercice 3**

1- La température de fusion du nickel : **1454,85 °C** et celle du cuivre est **1084,86°C**

2- Il s'agit du diagramme à **solubilité Total**.

En considérant un alliage Ni-Cu de concentration en Ni égale à 40% molaire, indiquer:

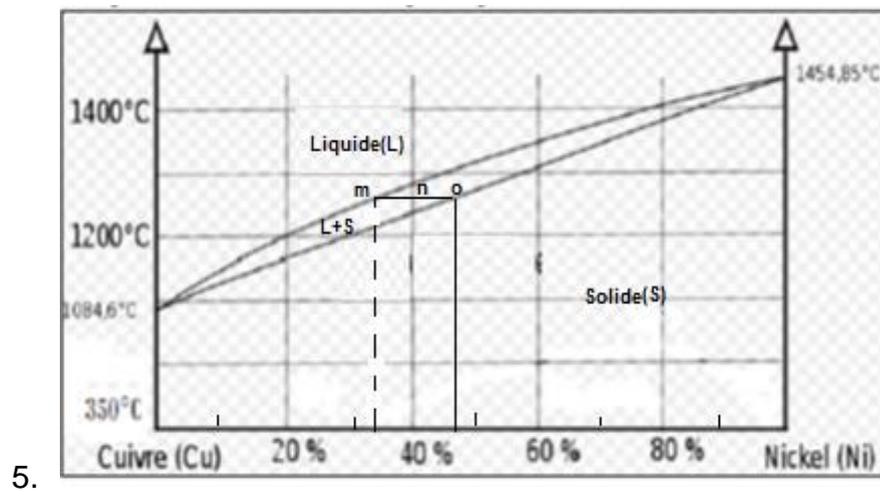
3- Les températures de solidification (**1250°C**) et de fusion (**1280°C**)

4- Les phases en présence : liquide, liquide + solide, solide.

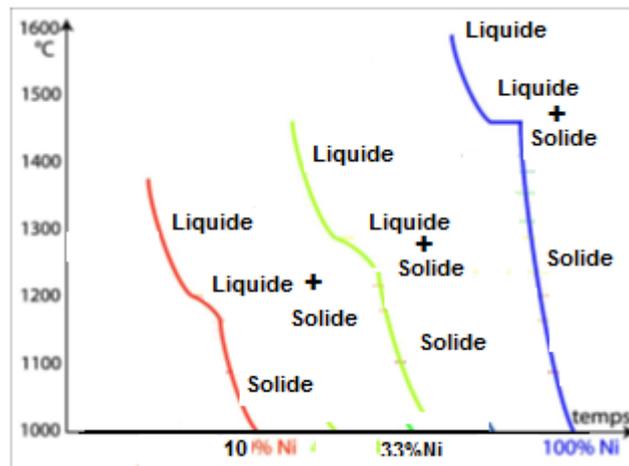
5- Leurs proportion à la température de 1300 °C : on applique la règle des segments inverse.

La phase liquide :  $L = \frac{(n_o/m_o)}{100} = \frac{(47-40)}{(47-33)} 100\% = 50\%$

La phase solide :  $S = \frac{(m_n/m_o)}{100} = \frac{(40-33)}{(47-33)} 100\% = 50\%$



6. Courbes d'analyse thermique pour un alliage à 10%, à 33% et à 100% de Nickel.



**Solution Exercice 4**

1. Transformation péritectique.

2. P : (42,4% Ag ; T=1185°C) ou bien (57.6 % Pt ; T=1185°C)

3. Liquidus : Ligne rouge et solidus ligne bleu

4. Voir diagramme

5. Le comportement au refroidissement à vitesse lente de l'alliage 40% en masse de Pt.

\*  $T > T_L = 1340^\circ\text{C}$  : L'alliage à l'état liquide de composition homogène (X = 40% en masse de Pt).

\*  $T = 1200$  : Deux phase en présence : Liquide (33.2% en Pt) +  $\beta$  ( 87% en Pt)

\*  $T = 1185^\circ\text{C}$  : la transformation péritectique a lieu :  $L + \alpha \leftrightarrow \beta$

\*  $T = 1100^\circ\text{C}$  Deux phase en présence : Liquide (17% en Pt) +  $\alpha$  ( 49% en Pt)

\* A  $T = 900^\circ\text{C}$  : Une phase unique  $\alpha$  contenant 40% en Pt

6. les proportions des phases présentes dans l'alliage à 40% de Pt et  $T = 1100^\circ\text{C}$ .

En Appliquant la règle des segments inverses :

$$X(\alpha) = (40-17) / (49-17) = 72\% \text{Pt.}$$

$$X(L) = (49-40) / (49-17) = 28\% \text{Pt.}$$

