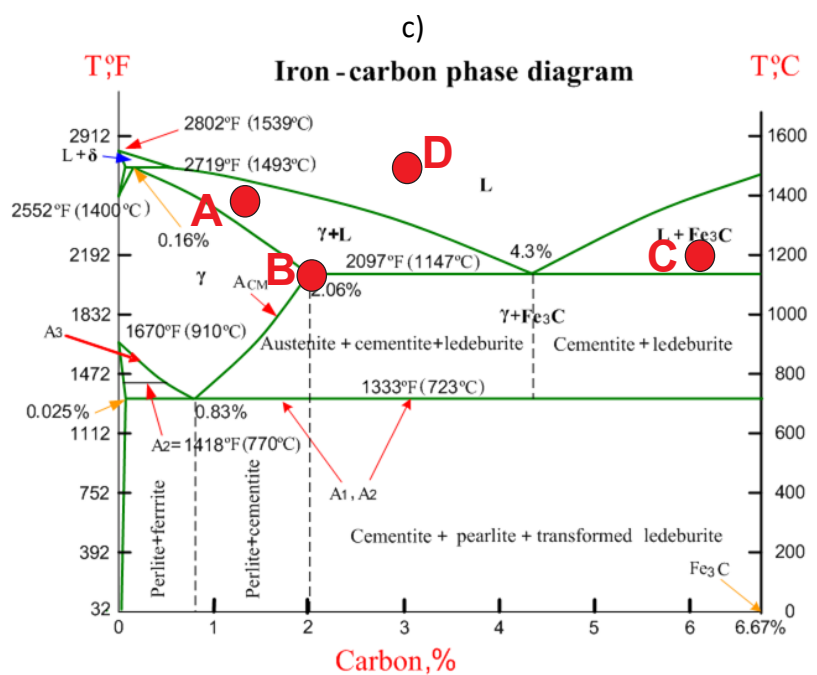
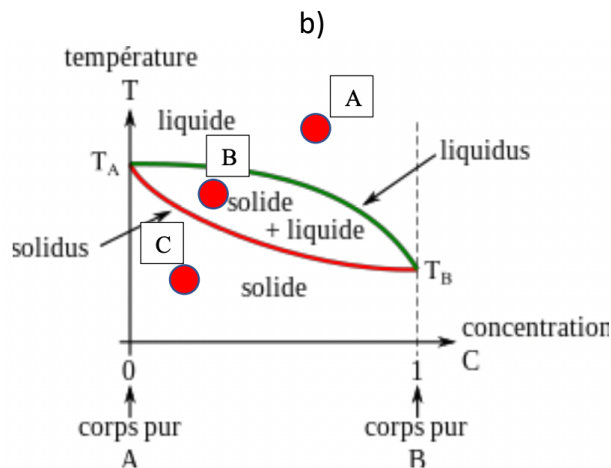
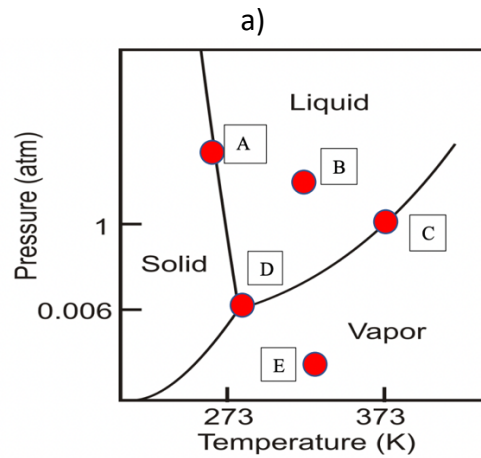


Exercise 1 :

En utilisant la règle de Gibbs sur le degré de liberté, calculer le degré de liberté de chaque point sur les graphs ci-dessous :



Le degré de liberté représente le nombre de paramètres intensifs qui peuvent être changés tout en gardant l'état de phase constante. Par exemple : le point triple existe en un seul point, il n'autorise aucun changement dans les paramètres (P, T). En comparaison, le point C possède 1 degré de liberté car pour obtenir le même état, nous avons une relation entre la pression qui permet de compenser la température. Finalement pour le point B : nous pouvons changer indépendamment les 2 paramètres (P, T) simultanément, tout en conservant le même état.

a)

A) $N_{DL} = 2 + 1 - 2 = 1$

B) $N_{DL} = 2 + 1 - 1 = 2$

C) $N_{DL} = 2 + 1 - 2 = 1$

D) $N_{DL} = 2 + 1 - 3 = 0$

E) $N_{DL} = 2 + 1 - 1 = 2$

On peut noter que le point triple de l'eau est invariant.

b)

A) $N_{DL} = 1 + 2 - 1 = 2$

B) $N_{DL} = 1 + 2 - 2 = 1$

C) $N_{DL} = 1 + 2 - 1 = 2$

c)

A) $N_{DL} = 1 + 2 - 2 = 1$

B) $N_{DL} = 1 + 2 - 3 = 0$

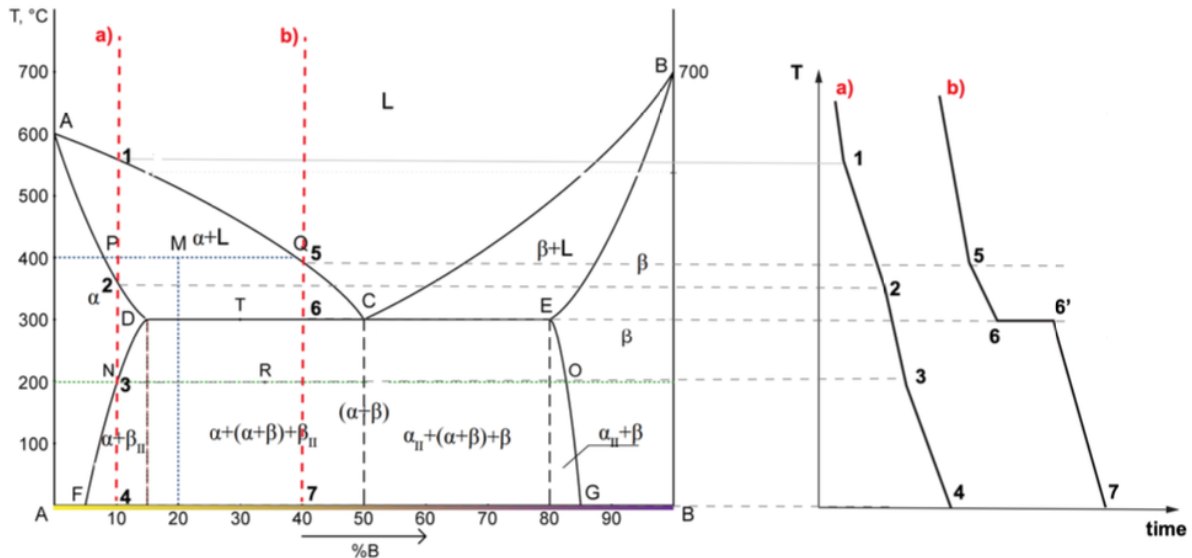
C) $N_{DL} = 1 + 2 - 2 = 1$

D) $N_{DL} = 1 + 2 - 1 = 2$











Pour les numéros 2) et 3), en fait la pression est fixée sur les graphs, donc la formule peut être réécrit : $N_{DL} = 1 + N_C - N_P$. Toutefois, si la formule était la même, on devrait voir le changement de pression sur l'axe Z.

Exercice 2 :

Vous trouverez ci-dessous un diagramme de phase binaire, analysez ce diagramme et répondez aux questions suivantes :



- a) Trouver et placer sur le diagramme l'emplacement de chacun de ces 10 domaines (il peut aussi être en ligne) : voir le schéma

 L	- domaine liquide	 $(\alpha+\beta)$	- α et β discontinus
 α	- solution solide riche en A	 $\alpha+(\alpha+\beta)+\beta_{II}$	- solution solide α , domaine α et β discontinus, et domaine β recristallisé
 β	- solution solide riche en B	 $\alpha_{II}+(\alpha+\beta)+\beta$	- solution solide β , domaine α et β discontinus, et domaine α recristallisé
 $\alpha+L$	- liquide et solution solide riche en A	 $\alpha+\beta_{II}$	- solution solide α et domaine β recristallisé
 $\beta+L$	- liquide et solution solide riche en B	 $\alpha_{II}+\beta$	- solution solide β et domaine α recristallisé

- b) Trouver les correspondances correctes entre les colonnes de gauche et de droite. Il y a plusieurs choix supplémentaires :

- | | |
|-------------------------|----------|
| 1. Point de fusion de B | a. A |
| 2. Point de fusion de A | b. B |
| 3. Point eutectique | c. D |
| 4. Solidus | d. E |
| 5. Liquidus | e. C |
| | f. ACB |
| | g. ADCEB |

- | | |
|--|-------|
| 6. Solvus pour A dans B (ligne de solubilité maximale de A dans B) | h. DC |
| 7. Solvus pour B dans A (ligne de solubilité maximale de B dans A) | i. CE |
| | j. DF |
| | k. EG |

1-b, 2-a, 3-e, 4-g, 5-f, 6-k, 7-j.

c) Déterminer à l'aide de la règle du levier :

1. La masse des phases d'un alliage de 1 kg avec 40 % de B à $T = 600^\circ\text{C}$;
Dans ces conditions, il n'y a qu'une seule phase – liquide, sa masse sera donc de 1kg

2. La structure de l'alliage avec 20% B à $T = 400^\circ\text{C}$:
Structure de l'alliage 20%B à $T = 400^\circ\text{C}$ - point M.

PM - α solution solide : 7% B \Rightarrow 93% A. Composition(α) = 7% B + 93% A

MQ - liquide : 40% B \Rightarrow 60% A. Composition(L) = 40% B + 60% A

$$Q_\alpha = (MQ/PQ) \times 100 = (40-20)/(40-7) \times 100 = 60,6\%.$$

$$Q_L = 100\% - 60,6\% = 39,4\% \text{ (Ou : } (PM/PQ) \times 100\% = (20-7)/(40-7) \times 100\% = 39,4\%)$$

3. La composition chimique de l'alliage selon la structure $Q_\beta = 33\%$, $Q_\alpha = 67\%$ à $T = 200^\circ\text{C}$. Déterminer la composition chimique des phases trouvées (tâche 2) et données (tâche3).

La composition chimique de la structure de l'alliage $Q_\beta = 33\%$, $Q_\alpha = 67\%$ à $T = 200^\circ\text{C}$ - point R.

Q_β/Q_{total} est la composition chimique de l'alliage donc avec la règle des leviers :

$$RN/NO = 33\%/100\%$$

NO se calcule simplement car nous connaissons la température.

$$RN/(83-10) = 33/100$$

$$RN \approx 24$$

$$B = 10 + 24 = 34\% \Rightarrow A = 66\%$$

$$\text{Alliage} = 34\%B + 66\%A$$

Lecture sur le diagramme:

$$\text{Composition}(\alpha) = 10\%B + 90\%A$$

$$\text{Composition}(\beta) = 83\%B + 17\%A$$

d) Tracer la courbe de refroidissement de l'alliage contenant :

- 10 % de B ;
- 20 % de B.

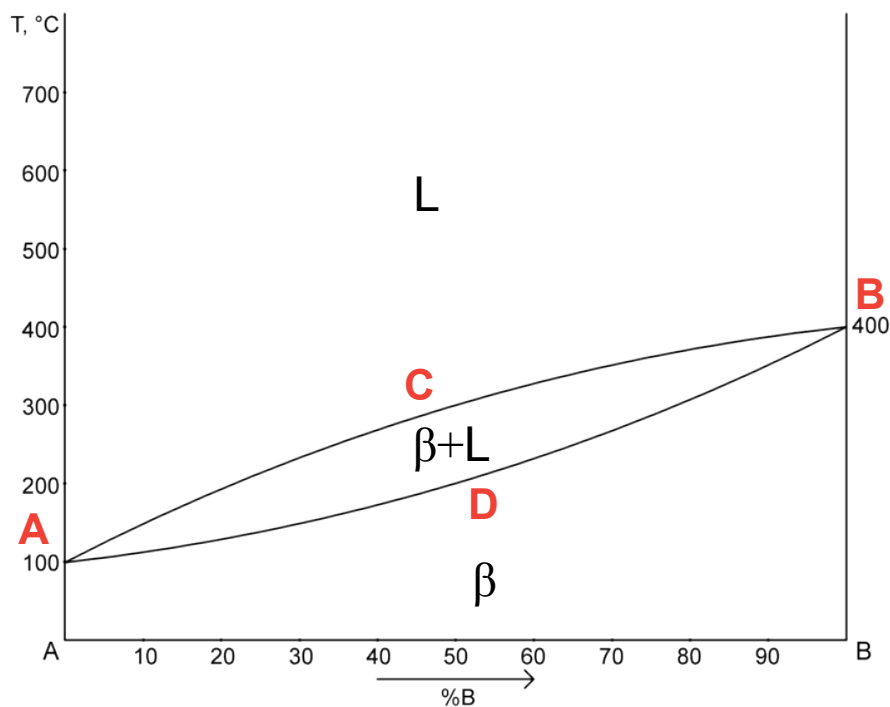
Voir le graphique à droite

e) Déterminer le nombre de degrés de liberté pour un alliage contenant 30%B à T= 300°C :

Nombre de degrés de liberté pour l'alliage 30%B à T= 300°C - point T.

$C = 1 + 2 - 3 = 0$ (1 + composants (A, B) - phases (α , β , eutectique))

Exercice 3 :



a) Décrire chaque domaine sur ce diagramme de phase.

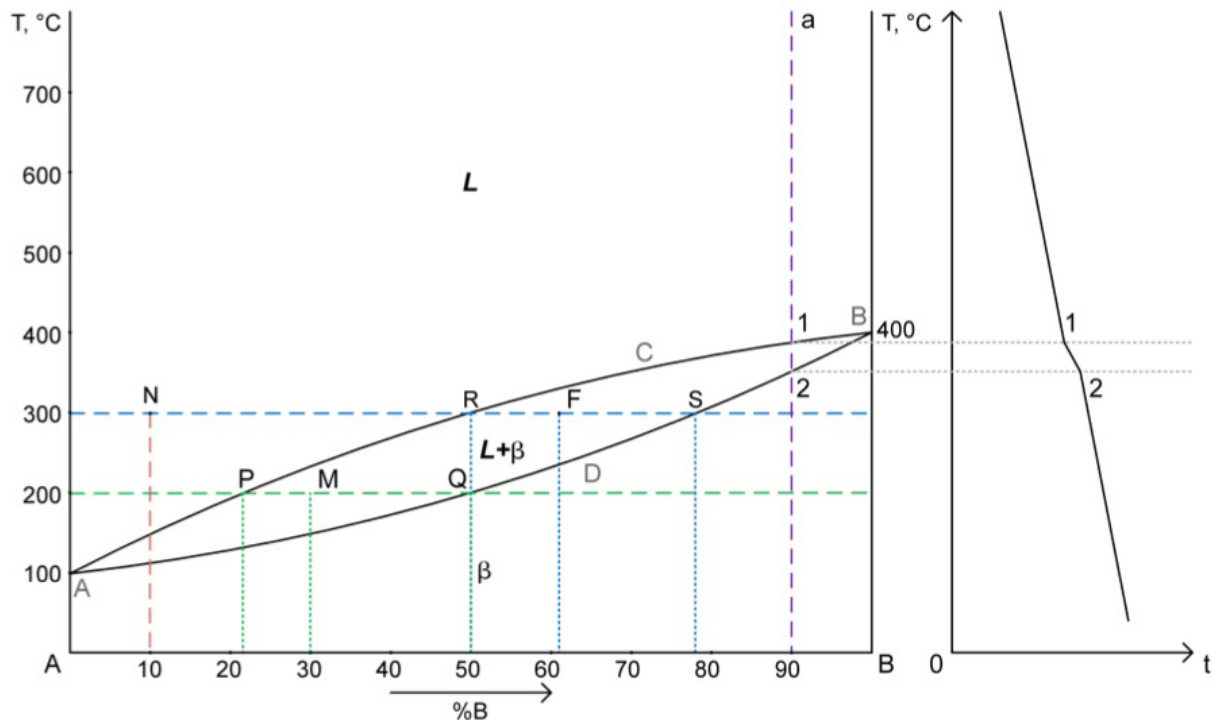
b) Quels sont les noms de lignes ACB et ADB?

c) Déterminer à l'aide de la règle du levier :

1. la structure de l'alliage avec 30%B à T= 200°C
2. la composition chimique de l'alliage selon la structure $Q_\beta = 40\%$, $Q_L = 60\%$ à T= 300°C. Déterminer la composition chimique des phases trouvées (tâche 1) et données (tâche 2).

d) Tracer la courbe de refroidissement de l'alliage contenant 90% de B.

e) Déterminer le nombre de degrés de liberté pour l'alliage contenant 10%B à T= 300°C.



- Décrire chaque domaine sur ce diagramme de phase.
L – domaine liquide, $\beta + L$ – liquide et solution solide riche en B, β – solution solide riche en B.
- Quels sont les noms des lignes ACB et ADB ?
ACB – liquidus, ADB – solidus.
- Déterminer à l'aide de la règle des leviers
 - la structure de l'alliage avec 30%B à $T = 200^\circ\text{C}$:

Structure de l'alliage 30%B à $T = 200^\circ\text{C}$ - point M.

PM - liquide : 21% B \Rightarrow 79% A. Composition(L) = 21% B + 79% A.

MQ - cristaux en solution solide : 50% B \Rightarrow 50% A. Composition(β) = 50% B + 50% A

$Q_L = (MQ/PQ) \times 100\% = (50-30)/(50-21) \times 100\% = 69\%$

$Q_\beta = 100\% - 69\% = 31\%$ (Ou : $(PM/PQ) \times 100\% = (30-21)/(50-21) \times 100\% = 31\%$)

- la composition chimique de l'alliage selon la structure $Q_\beta = 40\%$, $Q_L = 60\%$ à $T = 300^\circ\text{C}$. Déterminer la composition chimique des phases trouvées (tâche 1) et données (tâche 2) :

Composition chimique de la structure de l'alliage $Q_\beta = 40\%$, $Q_L = 60\%$ à $T = 300^\circ\text{C}$ - point F.

$Q_\beta / Q_{\text{total}} : RF/RS = 40\% / 100\%.$

$RF/(78-50) = 40/100$

$RF \approx 11$

$B = 50 + 11 = 61\% \Rightarrow A = 39\%$

Composition(alliage) = 61%B + 39%A

Composition(L) = 50%B + 50%A

Composition(β) = 78%B + 22 %A

(Lecture sur le diagramme)

- d) Tracer la courbe de refroidissement de l'alliage contenant 90% de B.
Voir le graphique à droite.
- e) Déterminer le nombre de degrés de liberté pour l'alliage contenant 10% B à T= 300°C :

Nombre de degrés de liberté pour l'alliage à 10% B à T= 300°C - point N.

$N_{DL} = 1 + 2 - 1 = 2$ (1 + composants (A, B) - phases (liquide))