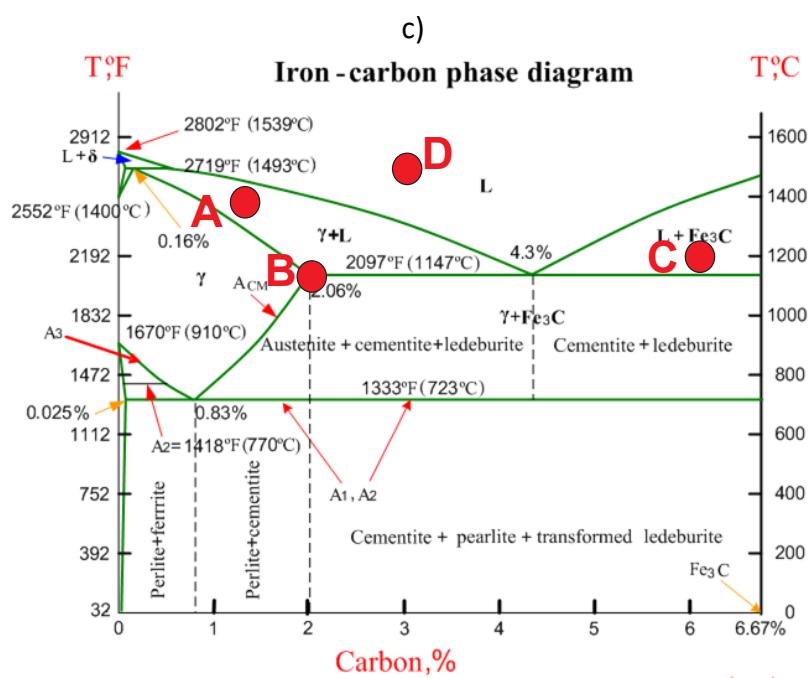
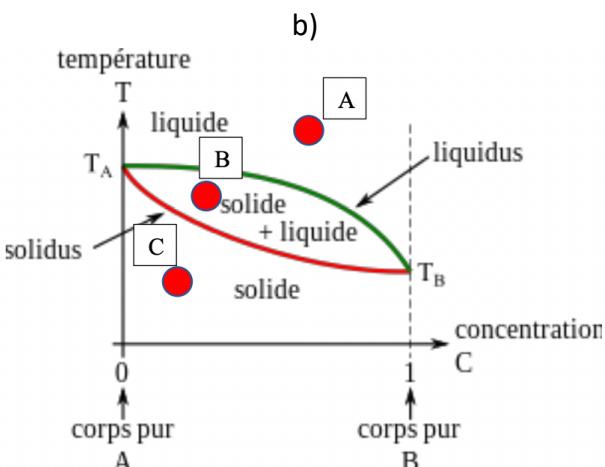
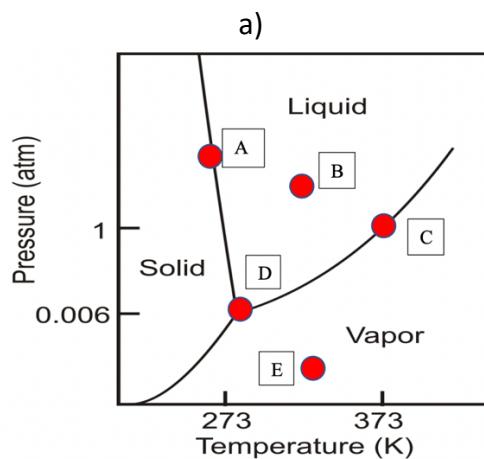


Exercice 1 :

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

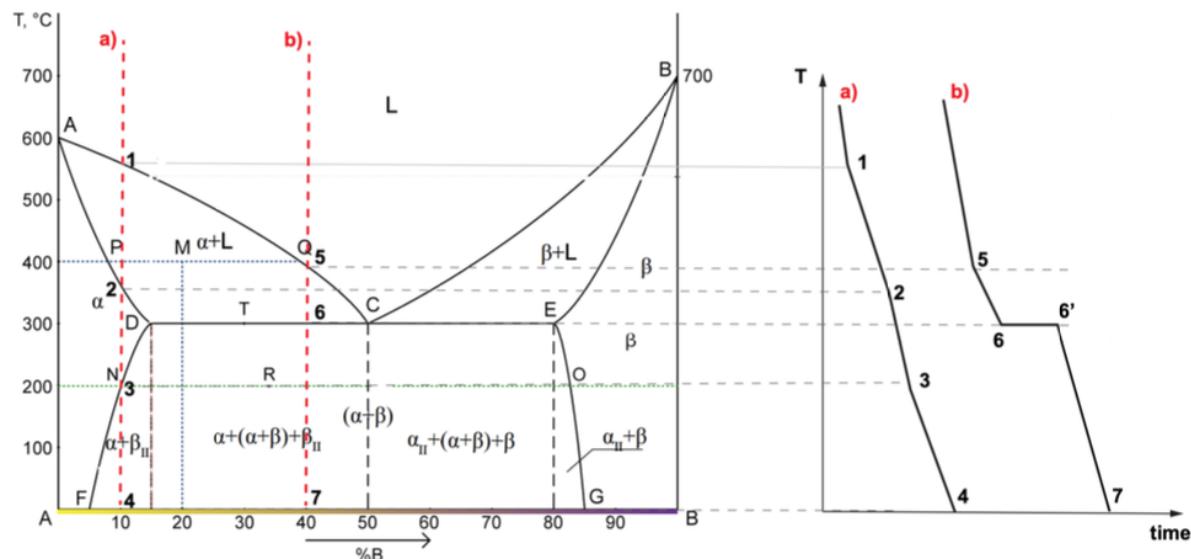
c)

- 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 graphes, donc la formule peut être réécrit : $N_{DL} = 1 + N_C - N_P$. Toutefois, si la formule étais 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		(α+β) - α et β discontinus
	α - solution solide riche en A		- solution solide α, domaine α et β discontinus, et domaine β recristallisé
	β - solution solide riche en B		- solution solide β, domaine α et β discontinus, et domaine α recristallisé
	α+L - liquide et solution solide riche en A		- solution solide α et domaine β recristallisé
	β+L - liquide et solution solide riche en B		- 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
2. Point de fusion de A
3. Point eutectique
4. Solidus
5. Liquidus

- a. A
- b. B
- c. D
- d. E
- 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 °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°C :
Structure de l'alliage 20% B à T= 400°C - point M.

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

MQ - liquide : 40% B => 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°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°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.

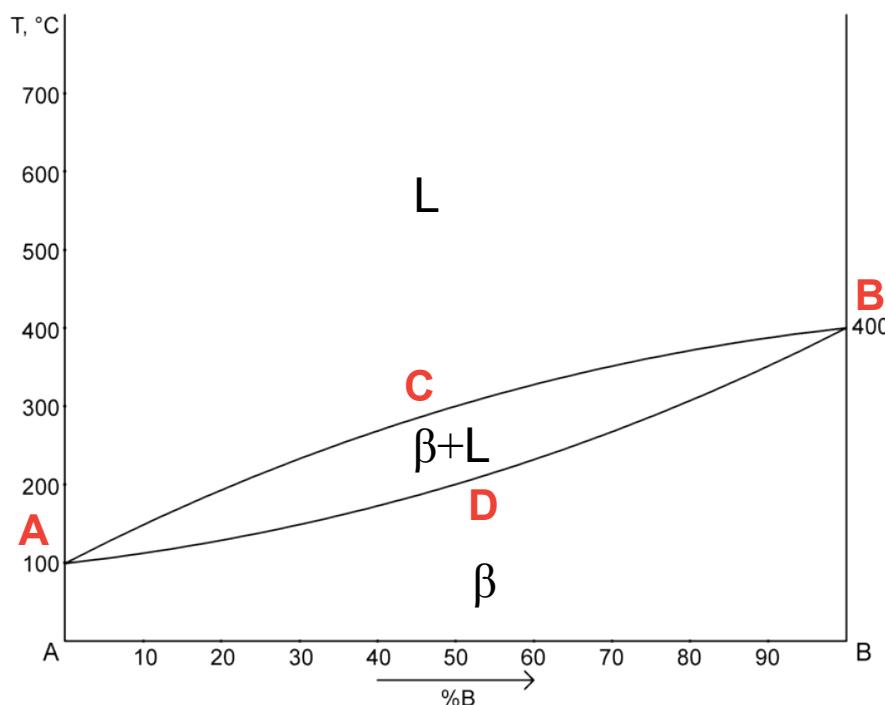
Voir le graphique à droite

e) Déterminer le nombre de degrés de liberté pour un alliage contenant 30% B à $T=300^{\circ}\text{C}$:

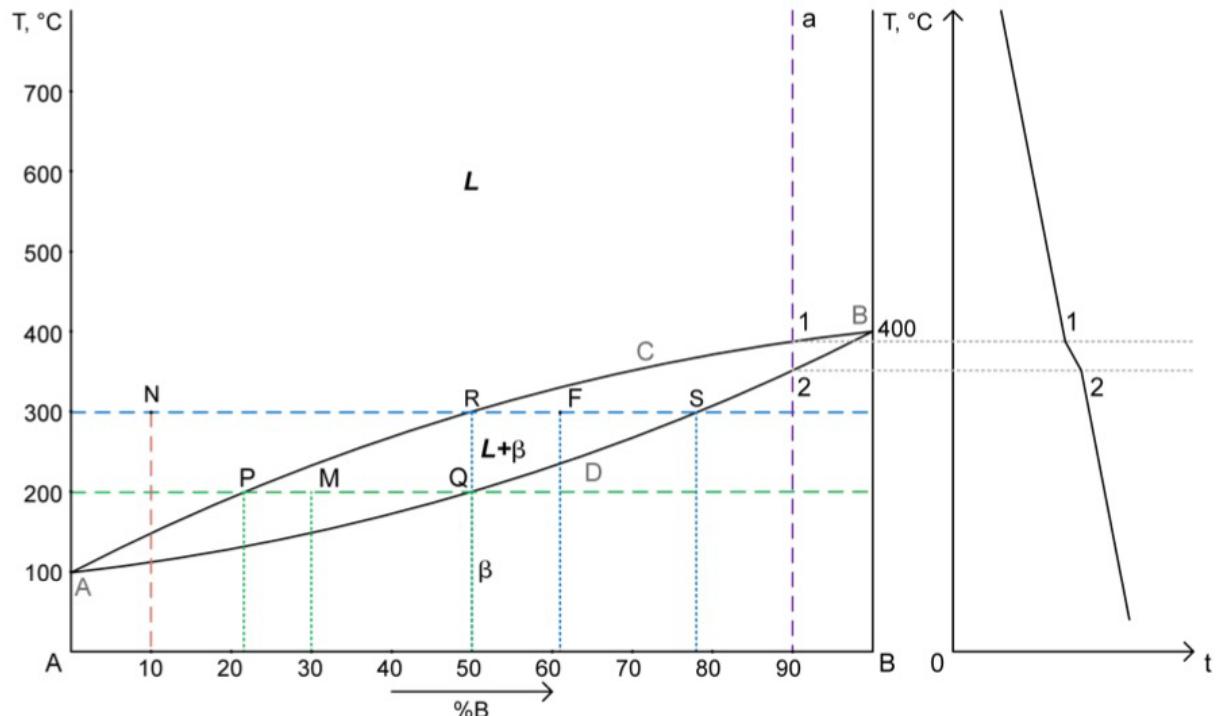
Nombre de degrés de liberté pour l'alliage 30% B à $T=300^{\circ}\text{C}$ - point T.

$$C = 1 + 2 - 3 = 0 \text{ (1 + composants (A, B) - phases (\alpha, \beta, eutectique))}$$

Exercice 3 :



- Décrire chaque domaine sur ce diagramme de phase.
- Quels sont les noms de lignes ACB et ADB?
- Déterminer à l'aide de la règle du levier :
 - la structure de l'alliage avec 30% B à $T=200^{\circ}\text{C}$
 - 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).
- Tracer la courbe de refroidissement de l'alliage contenant 90% de B.
- Déterminer le nombre de degrés de liberté pour l'alliage contenant 10% B à $T=300^{\circ}\text{C}$.



- a) 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.

- b) Quels sont les noms des lignes ACB et ADB ?

ACB – liquidus, ADB – solidus.

- c) Déterminer à l'aide de la règle des leviers

1. 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

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

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

2. 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.

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

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

$$RF \approx 11$$

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

$$\text{Composition(alliage)} = 61\%B + 39\%A$$

$$\text{Composition}(L) = 50\%B + 50\%A$$

$$\text{Composition}(\beta) = 78\%B + 22\%A$$

(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))