

Diagrammes de phase

Exercices

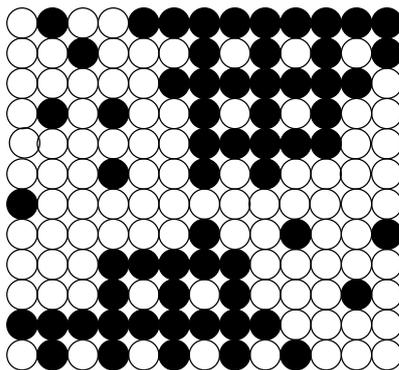
On rappelle d'abord la définition des grandeurs suivantes, dans le cas d'un mélange à deux composants A et B :

- **Fraction massique** du composant A : $c_A = \frac{m_A}{m_A+m_B}$, grandeur sans dimension généralement exprimée en %g.
- **Fraction molaire (ou atomique)** du composant A : $x_A = \frac{n_A}{n_A+n_B}$, grandeur sans dimension généralement exprimée en %mol.
- **Fraction volumique** du composant A : $\phi_A = \frac{v_A}{v_A+v_B}$, grandeur sans dimension généralement exprimée en %vol

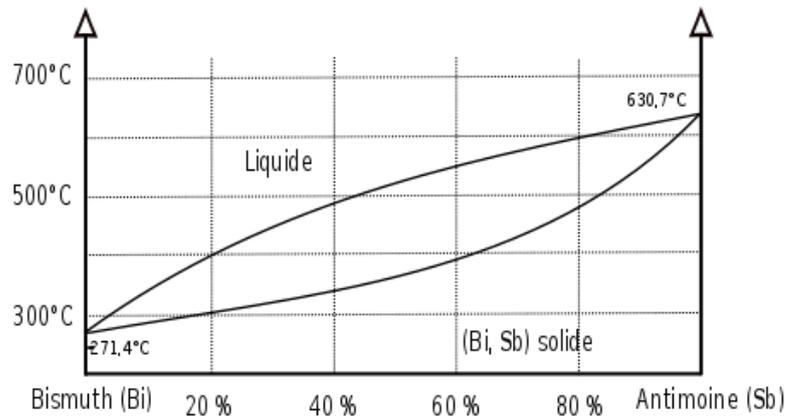
avec m_i la masse de composant i , n_i son nombre de moles et v_i son volume.

Attention : dans ce chapitre, il faut toujours penser à indiquer le pourcentage de **QUOI** dans **QUOI** on parle.

1. La figure ci-dessous représente une observation à très haute résolution d'un alliage d'atomes A (blancs) et d'atomes B (noirs). On distingue deux phases, de composition et de structure différentes.
 - (a) Délimiter les différentes phases sur la micrographie.
 - (b) Laquelle de ces deux phases est une solution solide, et laquelle est un composé défini ? Proposer un nom pour chacune de ces phases.
 - (c) Déterminer la composition moyenne du mélange.
 - (d) Déterminer la composition des phases.
 - (e) Déterminer les proportions des phases.



2. On donne le diagramme de phase du mélange binaire bismuth-antimoine ci-dessous. Pour un alliage à 60 %g d'antimoine, déterminer la composition et la proportion des phases solide et liquide à 600, 500, 420 et 300 °C. Pour chacune de ces températures, faites un schéma de la microstructure de l'alliage.

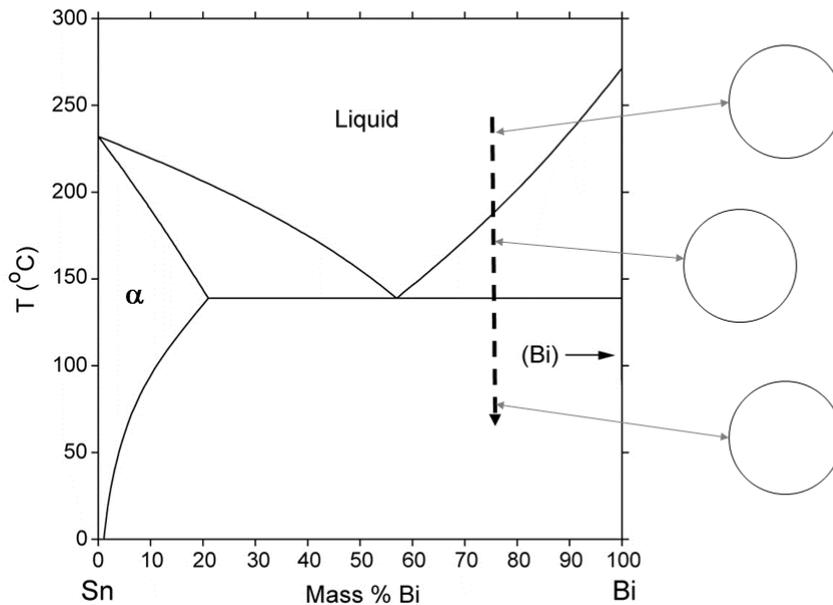


3. Voici un tableau des températures du solidus et du liquidus du système germanium (Ge) - silicium (Si).

Composition (%g de Si)	solidus (°C)	liquidus (°C)
0	938	938
10	1005	1147
20	1065	1226
30	1123	1278
40	1178	1315
50	1232	1346
60	1282	1367
70	1326	1385
80	1359	1397
90	1390	1408
100	1414	1414

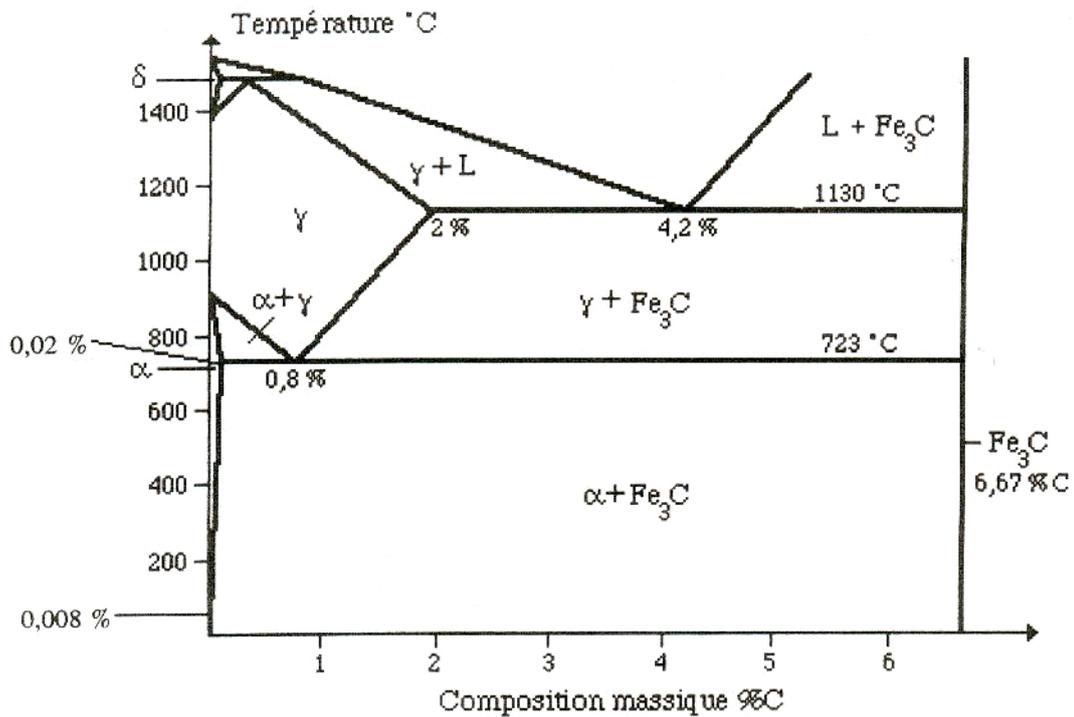
- (a) Construire le diagramme d'équilibre température-fraction massique de ce système et identifier chaque région.
 Dans la suite, on considère l'alliage obtenu en mélangeant 8,43 g de silicium et 14,52 g de germanium.
- (b) Calculer la fraction massique globale de silicium dans l'alliage.
- (c) Déterminer la nature des phases en présence et leur composition lorsque l'alliage est porté à 1200 °C.
- (d) Quelle est la proportion des phases dans l'alliage à 1200 °C ? En déduire la masse de chacune des phases en présence.
4. On donne ci-dessous le diagramme de phase étain-bismuth, un alliage de remplacement du plomb-étain (à cause du plomb) utilisé dans le brasage tendre des circuits de micro-électronique.
- (a) Compléter le diagramme de phase en indiquant les phases en présence dans les différentes régions et le point eutectique.
- (b) Dans chacun des trois cercles vides de la figure, faire un schéma représentant les phases en présence au cours du refroidissement en respectant grossièrement leur proportion.

- (c) Déterminer la composition des deux phases solides en équilibre juste en-dessous du point eutectique.
- (d) Estimer les fractions massiques des deux phases présentes en équilibre à une température $T = 100^\circ\text{C}$ pour un alliage de 40 %g d'étain.
- (e) Pour un alliage de 30 %g de bismuth, quelle est la température au-dessus de laquelle l'alliage est entièrement liquide ? Pour le même alliage, à partir de quelle température sera-t-il complètement solidifié ?



5. Soit le diagramme d'équilibre fer-carbone ci-dessous. Les différentes phases présentes sur ce diagramme sont la ferrite α , la cémentite Fe_3C , l'austénite γ , la ferrite δ et le liquide L .
- (a) Quelles phases sont des solutions solides ? Des composés définis ?
 - (b) Indiquer les points eutectique, péritectique et eutectoïde sur le diagramme.
 - (c) Quelle est la solubilité maximale du carbone dans la ferrite α et dans l'austénite ?
 - (d) Retrouver par le calcul la fraction massique du carbone dans la cémentite. On donne les masses molaires du fer et du carbone : $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M_{\text{C}} = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
 - (e) Différents alliages sont préparés à l'état liquide avec respectivement 0,3 %g, 0,8 %g et 3,2 %g de carbone. Quelles sont les phases qui apparaissent/disparaissent lors du refroidissement lent de chacun de ces alliages jusqu'à la température ambiante ?
On considère maintenant un acier contenant 1,5 %g de carbone.
 - (f) Quel est l'intervalle de solidification de cet alliage ?
 - (g) Quelles sont les phases en présence à 1350°C ? Donner leur composition et leur proportion à cette température.
 - (h) À quelle température apparaît la cémentite lors du refroidissement de cet alliage ?
 - (i) À 724°C , quelles sont les phases en présence ? Donner leur composition et leur proportion à cette température.
 - (j) Quelles sont les proportions de ferrite et de cémentite dans cet alliage à température ambiante ?

(k) Quelle est la proportion des constituants à 722 °C ?



6. 1000 g d'un système équimolaire oxyde de magnésium-oxyde de nickel sont amenés à 2400 °C. Déterminer la nature et la masse des phases en présence. Sur le diagramme en fraction atomique, l'isotherme $T = 2400\text{ °C}$ coupe le liquidus à $x_{\text{MgO}} = 34\% \text{ mol}$ et le solidus à $60\% \text{ mol}$. On donne les masses molaires suivantes : $M(\text{Mg}) = 24,3\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $M(\text{Ni}) = 58,7\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(\text{O}) = 16,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.