

LC18 – CORPS PURS ET MÉLANGES BINAIRES

12 février 2016

L'amour est composé d'une seule âme habitant deux corps.
ARISTOTE

Maxime Lombart & Sophie Michel

Niveau : Classe préparatoire

Bibliographie

- ♣ *Chimie tout-en-un PC (nouveau programme)* → cours
- ♣ *Grécias PC orange et blanc (nouveau programme)* → cours
- ♣ *Hprépa* → complément du cours
- ♣ *Chimie inorganique et générale : des expériences pour mieux comprendre!*, Girard, édition De Boeck (en cours d'acquisition) → indispensable pour les expériences de mélange binaire

Prérequis

- notion changement d'état d'un corps pur.
- fraction molaire, fraction massique

Expériences

- ☞ comparaison solidification eau et eau+sel
- ☞ analyse thermique de la naphthalène par refroidissement isobare
- ☞ analyse thermique du mélange naphthalène/ β -naphtol
- ☞ analyse thermique du mélange naphthalène/ α -naphtol

Table des matières

1 Corps purs	2
1.1 Définitions	2
1.2 Analyse thermique	3
2 Mélange binaire liquide-solide dans le cas de solides miscibles	5
2.1 Construction du diagramme binaire	5
2.2 Lecture du diagramme binaire	7
3 Mélange binaire liquide-solide dans le cas de solides non miscibles	8
4 Composés définis	10

Introduction

Lorsque que l'hiver arrive, dans les zones où il y a présence de neige, les services d'entretien des routes déverses du sel sur les routes. On peut donc se dire qu'intuitivement, ce sel va permettre d'éviter la formation de glace sur les routes pour éviter les accidents. Analysons ce phénomène avec une petite expérience.

Comparaison de la température d'apparition de cristaux entre l'eau et eau+sel



Matériel : tube à essai, eau, sel, bain de glace + sel pour descendre en dessous de 0 degré.

Dans un tube à essai on verse de l'eau et dans l'autre on verse de l'eau et on ajoute du sel. On trempe ensuite ces deux tubes à essai dans le bain de glace+sel.

On observe que l'eau se solidifie alors que le mélange eau+sel reste liquide. On en déduit que le mélange eau+sel a une température de cristallisation inférieure à $T_{f,eau} = 0^\circ C$ et donc aussi inférieure à la température de fusion du sel qui est de l'ordre de $T_{f,sel} = 800^\circ C$. On a donc $T_{f,eau+sel} < T_{f,eau}, T_{f,sel}$. On peut alors se demander comment expliquer cette propriété du mélange eau+sel.

↓ Pour étudier cette propriété du mélange eau+sel, il nous faut tout d'abord étudier les changements d'état d'un corps pur.

1 Corps purs

1.1 Définitions

✎ Grécias

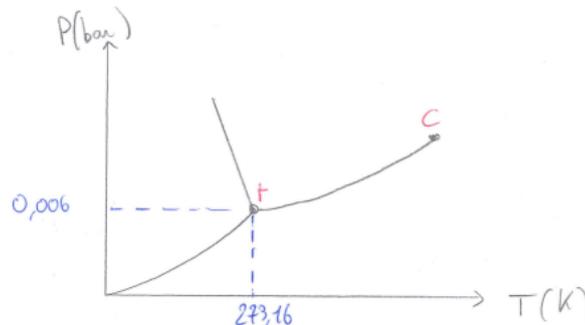
Définition :

Un corps pur est un corps constitué d'un seul type de molécule. On distingue

- les corps pur simples : les molécules sont formées d'un seul type d'atomes (O_2, H_2, \dots)
- les corps pur composés : les molécules sont formées de plusieurs type d'atomes ($H_2O, NaCl, \dots$)

Nous supposons que chaque phase du corps pur étudié est homogène. Or toute phase homogène d'un corps pur est décrite par la donnée des deux paramètres intensifs indépendants P et T . Ainsi pour caractériser les corps purs, on utilise le diagramme d'état (T, P) qui est la représentation graphique des conditions de températures T et de pression P auxquelles les différentes phases sont thermodynamiquement stables.

Prenons un exemple de corps pur, l'eau dont son diagramme (P, T) est représenté de la manière suivante :



Pour attribuer les domaines, lorsque la pression augmente (à température fixée), on se déplace vers les états condensés et lorsque la température augmente (à pression fixée), on se déplace vers l'état le moins ordonné.

- A faible pression et à température élevée, l'eau est à l'état de vapeur.

- A faible température et à haute pression, l'eau est à l'état solide.
- A pression et température élevées, l'eau est à l'état liquide.

Le diagramme comporte trois courbes séparant les domaines d'existence des trois phases principales du corps pur (solide, liquide, gaz) :

- **courbe de fusion** : équilibre entre la phase solide et liquide.
- **courbe de sublimation** : équilibre entre la phase solide et gaz.
- **courbe de vaporisation** : équilibre entre la phase liquide et gaz.

Sur le diagramme, le point t correspond à l'équilibre entre les trois phases. Il est appelé **point triple** et a pour coordonnées $T_t = 273.16\text{K}$ et $P = 0.006\text{bar}$. Le point C situé à l'extrémité de la courbe de vaporisation est appelé **point critique**. On remarque que pour le cas de l'eau la courbe de fusion a une pente négative. Ceci s'explique par le fait que le volume massique de la glace est plus important que celui de l'eau liquide.

On peut interpréter le diagramme (T,P) à l'aide de la variance v dont la définition est la suivante :

La variance correspond au nombre de paramètres intensifs indépendants qui permettent de fixer totalement l'état d'équilibre du système.

On définit ainsi la variance comme :

$$v = N - C, \quad (1)$$

avec N le nombre de paramètres décrivant le système et C le nombre de relations entre ces paramètres.

Calculons la variance pour le diagramme de l'eau. On sait que T et P décrivent l'état physique d'un corps pur, donc $N = 2$.

- corps pur monophasé : pas de relation, P et T indépendants donc $C = 0$, ainsi $\mathbf{v=2}$.
- corps pur diphasé : soit un point M sur une des courbes, par exemple la courbe de fusion. Sur cette courbe, il existe une relation entre P et T (équilibre solide-liquide), donc $C = 1$, ainsi $\mathbf{v=1}$.
- corps pur triphasé : on se place au point triple, il y a deux équations indépendantes de courbe d'équilibre physiques sécantes. Ainsi on a $C = 2$, donc $\mathbf{v=0}$.

On peut généraliser l'expression de la variance dans le cas d'un corps pur en écrivant $v = 3 - \varphi$, avec φ le nombre de phases. On retrouve avec cette formule, les mêmes résultats vu précédemment.

1.2 Analyse thermique

Le diagramme (T,P) est obtenu à partir d'une analyse thermique du corps pur. Notamment, on peut construire la courbe de fusion à l'aide d'analyses thermique d'un corps pur par refroidissement isobare. Une analyse thermique à pression fixée permet de déterminer un point de la courbe de fusion. Prenons comme exemple de corps pur la naphthalène. J'ai choisi cet élément chimique car sa température de fusion est environ de 80°C ce qui permet de laisser refroidir lentement le liquide.



Analyse thermique par refroidissement isobare de la naphthalène

☞ Girard p331 (pour le montage



Le but est de faire fondre la naphthalène solide et ensuite de laisser refroidir le système jusqu'à solidification à température ambiante. On devrait observer un palier de température pendant le changement d'état.

Matériel : plaque chauffante + bain d'huile de silicone, thermomètre à mercure (on peut uniquement utiliser ceux là), tube à essai, erlenmeyer.

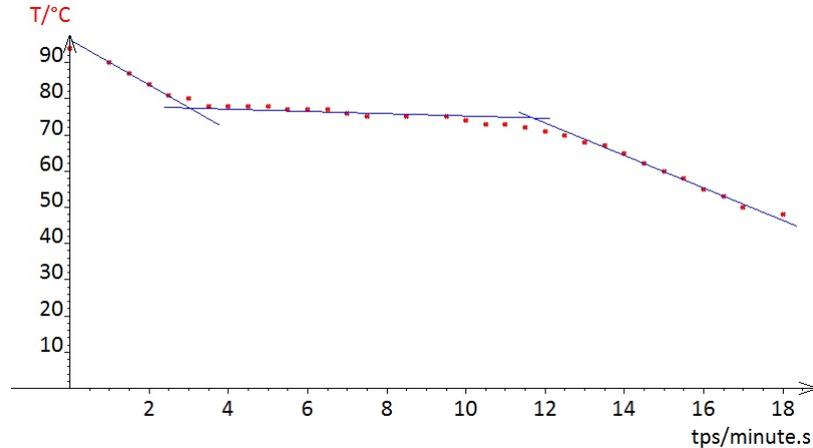
ATTENTION! Toutes les manipulations se font sous hotte avec les vitres aussi fermées que possible à cause de la dangerosité des produits.

- Mettre la naphthalène solide dans un tube à essai. Fixer dessus un réfrigérant fait maison (bouchon avec un trou et une pipette) pour faire condenser les possibles vapeurs.
- Chauffer le tube au bain à huile pour dépasser la température de fusion du naphthalène.
- Attacher l'erlenmeyer à une pince sans qu'il touche la paillasse. Attacher le tube à essai pour qu'il entre dans l'erlenmeyer, fixer dessus un bouchon à un trou et le thermomètre (il doit être assez plongé dans le liquide).
- Fermé les vitres de la hotte, prendre les mesures de la température toutes les minutes.

Si on attend la solidification complète, en principe le thermomètre est coincé. Il faut donc à nouveau chauffer le tube à essai pour pouvoir le retirer.

Dès que la manip est terminée, tout ce qui a été en contact avec le mélange liquide ou solide (thermomètre, spatule, entonnoir, ...) se nettoie à l'acétone sauf le tube à essai. Concernant le labo de l'ENS, il faut emballer le tube avec du papier aluminium et jeter le tout à la poubelle. Il faudra demander la procédure le jour J.

Pour une question de temps, je choisis de ne relever la température que jusqu'à l'apparition des premiers cristaux de naphthalène. J'ajoute ensuite la température à la courbe faite en préparation.



On observe des portions de courbes souvent proches de segments de droite, lors du refroidissement isobare. Comme on est à pression fixée, on utilise la variance réduite qui s'écrit $v' = 2 - \varphi$.

- Sur le segment (MN), on a refroidissement d'un liquide. On a un corps pur monophasé, donc $v' = 1$, la température diminue.
- en N, on a apparition des premiers cristaux de naphthalène à une température de changement d'état $T = 80^\circ\text{C}$.
- Sur le segment (NP) on a présence d'une phase liquide et d'une phase solide. Ainsi, on obtient $v' = 2 - 2 = 0$, ce qui implique que la température est fixée pendant le changement d'état : ici une solidification.
- En P, on observe la cristallisation de la dernière goutte de liquide à $T = 80^\circ\text{C}$.
- Sur le segment (PQ), on a refroidissement d'un solide, donc une phase, donc $v' = 1$. A nouveau, la température diminue.

On retient qu'à pression constant, un corps pur change d'état physique à température constante.

↓ On a caractérisé les changements d'état d'un corps pur. Que se passe-t-il maintenant si on mélange deux corps pur par exemple eau + sel ? Aura-t-on les mêmes caractéristiques que pour un corps pur ?

2 Mélange binaire liquide-solide dans le cas de solides miscibles

✦ Grécias, Hprépa, chapitre correspondant

Lors de cette leçon, nous nous intéresserons uniquement aux mélanges binaires liquide/solide. On va maintenant étudier un système comportant deux corps purs dont on fera les hypothèses suivantes :

- les phases liquides et solides sont miscibles.

Pour comprendre le comportement du mélange eau + sel, nous allons étudier le mélange de deux autres corps pur naphthalène/ β -naphthol, dont les expériences sont plus facilement réalisable.

L'objectif est de déterminer un diagramme permettant de déduire la composition d'un mélange binaire en équilibre en fonction de T et P. Dans notre cas, on travaille à pression constante, donc le diagramme sera en fonction de T. Ce type de diagramme s'appelle **diagramme d'équilibre binaire isobare**.

On obtient ce diagramme à partir de l'expérience, c'est à dire à partir des courbes d'analyse thermique.

2.1 Construction du diagramme binaire

Pour cela, on réalise le refroidissement isobare d'un mélange liquide naphthalène/ β -naphthol à composition connue et on suit l'évolution de sa température au cours du temps.

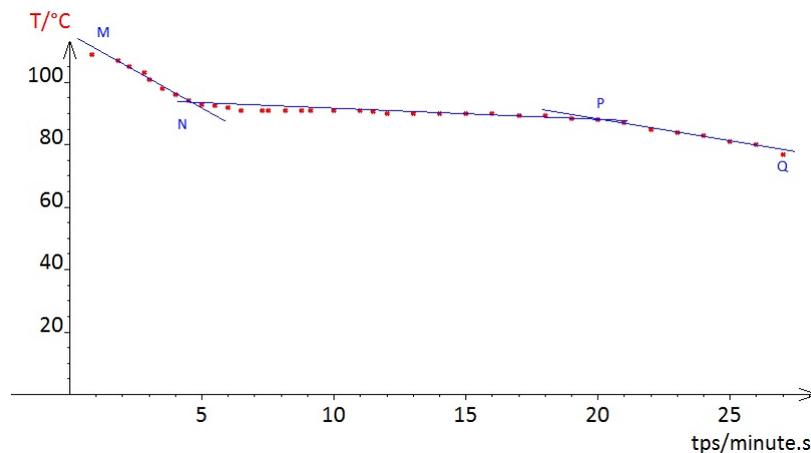
Analyse thermique par refroidissement d'un mélange liquide naphthalène/ β -naphthol

✦ Girard p331



Le but est de faire fondre les deux constituants pour atteindre le mélange liquide et ensuite de laisser refroidir le système jusqu'à solidification à température ambiante.

On utilise le même matériel et les mêmes précautions que précédemment. Cette fois on fait fondre le mélange des deux solides naphthalène et β -naphthol à composition connue. L'intérêt du bain d'huile est qu'il permet de chauffer le mélange à plus de 120°C qui est la température de fusion du β -naphthol. On mesure la température en laissant refroidir le mélange.

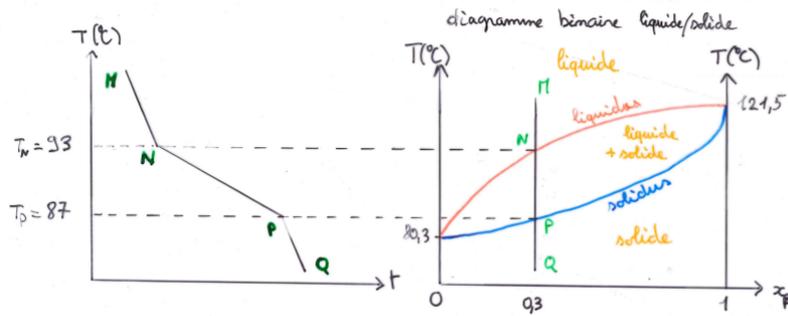


La composition du mélange est connue. Nous avons choisis une fraction molaire x_β en β -naphthol de 0.3. Nous effectuons ensuite le refroidissement isobare à partir du point M.

- La température diminue sur le segment (MN. IL y a une phase liquide.

- En N, apparaît la première phase solide. Il y a apparition des premiers cristaux. On observe une discontinuité de pente à $T = 93^\circ\text{C}$.
- Pendant le changement d'état (segment NP), on observe que la température baisse plus lentement. Cela est dû à la solidification qui est une réaction exothermique.
- En P, la dernière goutte de liquide a cristallisé. Le mélange est entièrement solidifié à $T = 87^\circ\text{C}$.
- La portion (PQ) correspond au refroidissement isobare du solide jusqu'à la température ambiante.

Ainsi pour construire ce diagramme, on inscrit le couple de points N et P connaissant leur température et la fraction molaire à laquelle a été réalisé l'analyse thermique. Pour remplir le diagramme, on réalise plusieurs analyse thermique à différentes valeur de fraction molaire.



L'ensemble des points N constitue la courbe **liquidus**. Au-dessus du liquidus, il n'existe qu'une phase liquide. L'ensemble des points P constitue la courbe **solidus**. En dessous du solidus, il n'existe qu'une phase solide. Dans la zone entre le solidus et le liquidus, que l'on nomme fuseau, il y a équilibre entre une phase liquide et une phase solide comprenant chacune les deux constituants. La signification de ces deux courbes est la suivante :

La température des points de la courbe liquidus est la **température de première cristallisation** (lors du refroidissement du liquide) et la **température de fin de fusion** (lors du chauffage du solide).

La température des points de la courbe solidus est la **température de fin de cristallisation** (lors du refroidissement du liquide) et la **température de début de fusion** (lors du chauffage du solide).

Interprétons maintenant l'existence des courbes liquidus et solidus à l'aide de la variance réduite car la pression est fixée, elle n'est donc pas comptée comme paramètre intensif caractérisant le système.

- Portion (MN) : mélange miscible de deux liquides, donc il y a une seule phase. On déduit que le système est caractérisé par 3 paramètres intensifs (T, x_β^l, x_{naph}^l), où x_β^l et x_{naph}^l représentent la fraction molaire du β -naphthol et respectivement de la naphthalène en phase liquide. On a la relation $x_{naph}^l + x_\beta^l = 1$. On en déduit $v' = N - C = 3 - 1 = 2$. Donc **deux paramètres indépendants** (T, x_β^l) caractérisent le système.
- Portion (NP) : présence d'une phase liquide en équilibre avec une phase solide. Il y a donc 5 paramètres intensifs ($T, x_{naph}^l, x_\beta^l, x_{naph}^s, x_\beta^s$) pour le système, avec x_{naph}^l et x_β^s la fraction molaire de la naphthalène en phase liquide et solide. On a 4 relations entre ces paramètres $x_{naph}^l + x_\beta^l = 1$, $x_{naph}^s + x_\beta^s = 1$, $\beta\text{-naphthol}_{(l)} \rightleftharpoons \beta\text{-naphthol}_{(s)}$ et $\text{naphthalène}_{(l)} \rightleftharpoons \text{naphthalène}_{(s)}$. On en déduit $v' = 5 - 4 = 1$, donc **un paramètre indépendant** caractérise le système. Les autres paramètres vont donc s'écrire en fonction de ce dernier. Par exemple **T est fonction de x_β** . Cette variance de 1 permet d'obtenir les courbes liquidus et solidus et caractérise également la zone liquide + solide.
- Portion (PQ) : mélange de deux solides miscibles. On a donc une seule phase. On retrouve le même résultat que pour la portion (MN), soit $v' = 2$. **Deux paramètres indépendants** (T, x_β) caractérisent le système.

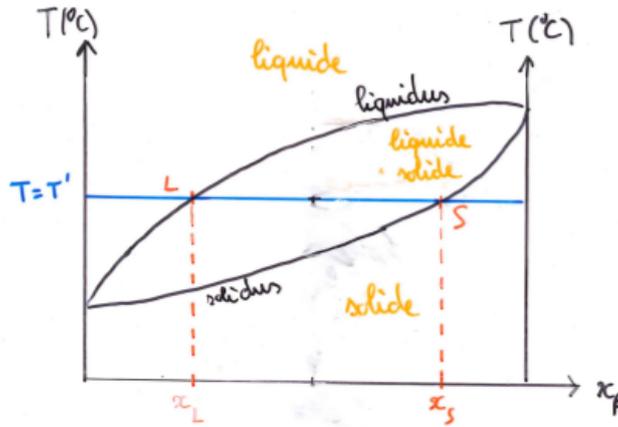
Dans le cas de mélange binaire en équilibre sous φ phases on a une variance réduite $v = 3 - \varphi$, en l'absence de toute relation particulière. On vérifie les mêmes résultats vu précédemment. On utilisera cette formule pour v' dans la suite.

2.2 Lecture du diagramme binaire

➤ pour le gréças, les démos sont fait dans le chapitre binaire liquide/vapeur

Pour obtenir les renseignements fournis par un diagramme, il est nécessaire d'utiliser deux théorèmes : théorème de l'horizontale et théorème des moments ; que nous allons expliciter.

Théorème de l'horizontale :



Nous avons vu qu'à l'intérieur du fuseau $v' = 1$. C'est-à-dire qu'il n'y a qu'un seul paramètre indépendant, on choisira la température. Si on fixe $T = T'$, on a $v' = 0$, donc tous les paramètres intensifs décrivant le système sont fixés. On peut donc déterminer la composition du système à cette température.

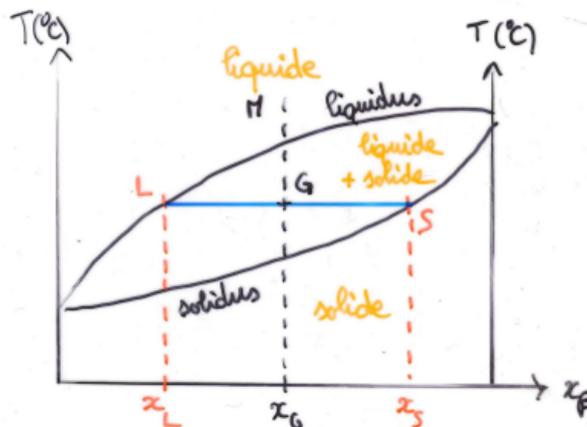
Pour cela, on trace l'horizontale $T = T'$ qui coupe le liquidus au point L et le solidus au point S. **La composition de la phase liquide est représentée par l'abscisse du point L. La composition de la phase solide est représentée par l'abscisse du point S.**

On retient donc :

Soit un système diphasé à une température T_1 , la composition de la phase liquide et de la phase solide se lie aux points d'intersections de l'horizontale $T = T_1$ avec le liquidus et le solidus.

↓ Maintenant que nous pouvons obtenir la composition des deux phases dans un système diphasé, comment connaître la répartition des quantités de matière entre les deux phases ?

Théorème des moments :



Appelons n_0 la quantité totale en mol de naphthalène et β -naphthol présente initialement. Plaçons nous à nouveau pour un système diphasé, au point G. Notons n_l la quantité de matière totale dans la phase liquide et n_s la quantité de matière totale dans la phase solide. Le bilan de matière donne : $n_0 = n_l + n_s$.

Effectuons un bilan de quantité de matière pour β -naphtol.

Dans le bilan initial au point M : $n_{\beta(0)} = x_{\beta}^M n_0 = x_{\beta}^M (n_l + n_s)$, avec x_{β}^M la fraction molaire de β -naphtol au point M .

Au point G : $n_{\beta(0)} = n_{\beta(l)} + n_{\beta(s)} = x_{\beta}^l n_l + x_{\beta}^s n_s$, avec x_{β}^l la fraction molaire en β -naphtol dans la phase liquide.

Il en résulte : $x_{\beta}^M (n_l + n_s) = x_{\beta}^l n_l + x_{\beta}^s n_s$, soit $0 = (x_{\beta}^l - x_{\beta}^M) n_l + (x_{\beta}^s - x_{\beta}^M) n_s$.

Comme $x_{\beta}^M = x_{\beta}^G$, on obtient le théorème des moments relatifs aux quantités de matière :

$$\boxed{0 = n_l \overline{GL} + n_s \overline{GS}}. \quad (2)$$

G est donc le barycentre des points L et S affectés de coefficients égaux aux quantités de matière de chaque phase.

Ainsi, la connaissance de n_0 et la lecture graphique des positions L, G et S , permettent donc de déterminer totalement et quantitativement la composition du système.

On peut écrire le théorème sous une forme plus pratique : $n_l \overline{LG} = (n_0 - n_l) \overline{GS} \Rightarrow n_l = n_0 \frac{\overline{GS}}{\overline{LG} + \overline{GS}}$. Soit

$$\boxed{n_l = n_0 \frac{\overline{GS}}{\overline{LS}}} \text{ et de même } \boxed{n_s = n_0 \frac{\overline{LG}}{\overline{LS}}} \quad (3)$$

Grâce à ces deux théorèmes, nous allons pouvoir obtenir tous les renseignements fournis par le digramme binaire. Prenons l'exemple du diagramme binaire liquide-solide naphthalène/ β -naphtol vu précédemment.

Sur les verticales $x_{\beta} = 0$ et 1 , on lit directement les températures T_{naph}^* et T_{β}^* des corps purs à la pression de travail.

Décrivons un refroidissement isobare d'un mélange liquide de naphthalène et de β -naphtol de composition initial x_{β}^M .

- Nous avons vu expérimentalement qu'en N il y a apparition des premiers cristaux. La composition de la phase solide est donnée à l'aide du théorème de l'horizontale par le point N' correspondant de la courbe solidus.
- Si l'on continue à diminuer la température, il y a une transformation progressive du liquide en solide. On lit en P' (courbe solidus) la température de fin de cristallisation. La dernière goutte de liquide a sa composition donnée par le point P correspondant de la courbe liquidus (théorème de l'horizontal).
- Le point figuratif du mélange global liquide+solide a décrit le segment vertical NP' puisque la composition moyenne globale n'a pas varié. Donc lors du changement d'état, le point représentant la composition de la phase liquide décrit la portion NP de la courbe liquidus, celui de la composition de la phase solide la portion $N'P'$ de la courbe solidus.

On remarque que suivant les hypothèses que l'on a faite (miscibilité phases liquides et phases solides), le mélange de deux corps pur, naphthalène et β -naphtol, ne permet pas d'obtenir une température de fusion plus basse par rapport aux température de fusion T_{naph}^* et T_{β}^* . On en déduit que l'une des hypothèses ne permet pas d'obtenir le diagramme binaire du système eau+sel. Comme on considère les phases liquide toujours miscibles dans cette leçon, on obtient que l'hypothèse de phases solides miscibles ne convient pas pour le mélange eau+sel.

↓ *Que devient le diagramme binaire lorsque que l'on mélange deux corps pur dont les phases solides sont non miscibles ?*

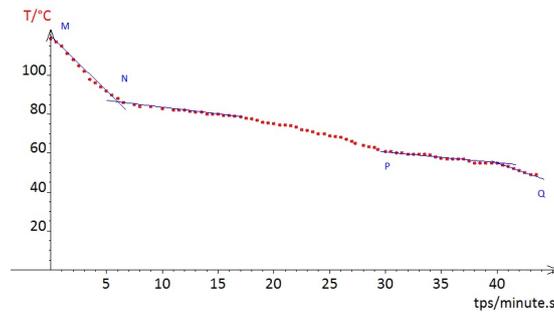
3 Mélange binaire liquide-solide dans le cas de solides non miscibles

↪ Grécias, Hprépa

Etudions le diagramme binaire du système naphthalène/ α -naphtol qui sont deux corps purs avec immiscibilité totale à l'état solide.

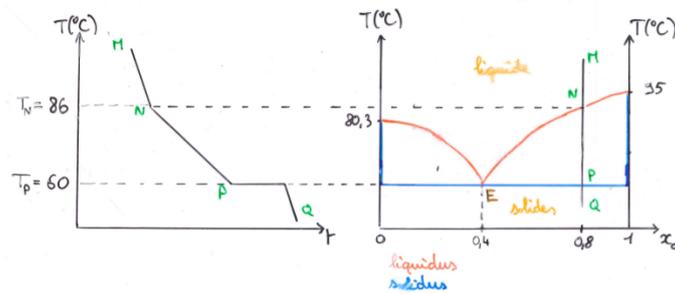
Effectuons une analyse thermique par refroidissement isobare du mélange à une composition connue ici $x_{\alpha} = 0.8$. Nous obtenons le graphe suivant

- Sur le segment (MN), il y a refroidissement de la phase liquide : $v' = 2$.
- En N , il y a un changement d'état. Les premiers cristaux de α -naphtol apparaissent à $T_N = 87^{\circ}\text{C}$.
- De N à P , il y a une phase liquide et solide : $v' = 1$.
- En P , on observe à nouveau un changement d'état avec cette fois-ci un palier à T constant. En ce point, il y a un début de formation de naphthalène sous forme solide. Il y a donc trois phases en équilibre : liquide, naphthalène solide et α -naphtol solide. On en déduit donc la variance réduite $v' = 3 - 3 = 0$. Le changement d'état se fait donc à température constante, d'où le palier.



- En Q, la dernière goutte de liquide s'est solidifiée. C'est un système diphasé solide-solide donc $v' = 1$.

Avec d'autres courbes d'analyses thermiques à des composition différentes, on obtient le diagramme binaire suivant :



Le liquidus est formé par les deux courbes se coupant au point E. En toute rigueur, le solidus n'est composé que des portions verticales à $x_\alpha = 0$ (naphtalène_(s) pur) et $x_\alpha = 1$ (α -naphtol_(s) pur), puisque les deux solides sont totalement non miscibles.

D'après la lecture du diagramme, si l'on effectue un refroidissement isobare, on aura :

- soit apparition des cristaux de naphtalène_(s) pur (théorème de l'horizontale), à gauche du point E. Système liquide+solide donc $v' = 1$, ainsi $T = f(x_\alpha)$. Cette courbe d'équilibre constitue le liquidus.
- soit apparition des cristaux de α _(s) pur (théorème de l'horizontale), à droite du point E. Idem on a $T = f(x_\alpha)$. Cette courbe d'équilibre constitue également le liquidus.
- soit simultanément des cristaux distincts de naphtalène_(s) et α -naphtol_(s). Il y a équilibre entre les deux phases solides et la phase liquide. On a vu que $v' = 0$, donc la température et la fraction molaire en α -naphtol sont fixées. Il s'agit du **point eutectique** (point E).

Le point eutectique (E) est donc le point triple du diagramme isobare d'équilibre liquide-solides.

Le segment de droite horizontal $T = T_E$ représente la limite d'existence du liquide et vient souvent "compléter" la courbe solidus. La courbe liquidus nous montre que le point représentant la composition de la phase liquide décrit soit la portion (NE), soit (PE). Donc à $T = T_E$, la composition du liquide est égale à la composition du point eutectique.

On remarque donc que ce mélange naphtalène/ α -naphtol a une température de fusion inférieure à celle de chaque corps pur. On peut donc supposer que le mélange eau+sel est caractérisé par un diagramme binaire de ce type, c'est-à-dire un diagramme binaire liquide/solide avec phases solides non miscibles.

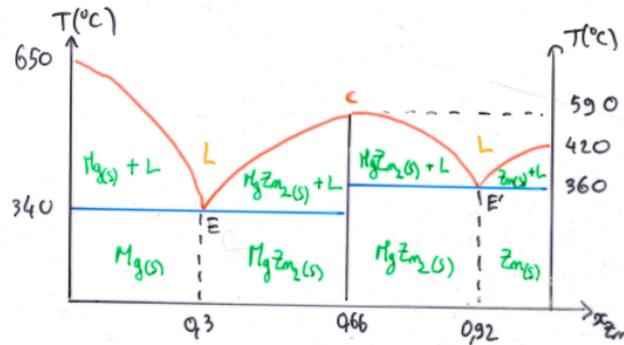
↓ Jusqu'à maintenant, nous avons considéré qu'il n'y avait pas de réaction entre les deux solides. Que devient le diagramme si les deux solides réagissent entre eux ?

4 Composés définis

➤ Grécias, Hprépa Considérons que les deux corps purs à l'état solide donnent lieu à une réaction chimique pour conduire à un nouveau composé se comportant comme un nouveau corps pur, non miscible avec les deux solides de départ. Prenons l'exemple du magnésium et du zinc :



Le diagramme binaire liquide-solides a l'allure suivante :



On constate que le diagramme est la superposition de deux diagrammes binaires présentant chacun un point eutectique : Mg, MgZn_2 et MgZn_2, Zn .

Le point C, qui définit le point de fusion de $\text{MgZn}_2_{(s)}$, et qui correspond au raccordement de deux portions distinctes de liquidus, est appelé **point de fusion congruente**.

Dans cet exemple, $\text{MgZn}_2_{(s)}$ est dit **composé défini** : il se comporte comme un corps pur, il fond à température ambiante. Mais à la différence d'un corps pur, il ne donne pas $\text{MgZn}_2_{(l)}$ mais $\text{Mg}_{(l)}$ et $2\text{Zn}_{(l)}$. On caractérise la formation d'un composé défini de la manière suivante :

- existence de paliers eutectiques à des températures distinctes ($T_E \neq T_{E'}$).
- existence d'une composition particulière (au point C) pour laquelle le mélange a un comportement "apparent" de corps pur.

Conclusion

Nous avons vu au cours de cette leçon que l'étude des mélanges de deux corps pur a permis de définir les diagrammes binaire qui caractérise ces mélanges. Nous avons vu deux type de diagramme : diagramme binaire liquide/solide avec phase solides miscibles et ceux avec phases solides non miscibles. Pour ce dernier, nous avons mis en évidence l'existence du point eutectique qui permet d'obtenir une température de fusion du mélange plus faible que celle des deux corps pur. C'est le cas pour l'exemple eau+sel que nous avons vu en introduction. Pour ce mélange, la température de fusion est $T = -21^\circ\text{C}$. Donc le salage des routes sert bien à empêcher la formation de glace en cas de neige.

Ces diagrammes sont également utilisé dans l'industrie, notamment pour former des alliages. De plus, on peut par exemple faire fondre un métal, à une température plus faible que sa température de fusion, en le mélangeant avec un autre corps pur : ex alumine Al_2O_3 ($T_f = 2050^\circ\text{C}$) et la cryolithe Na_3AlF_6 dont le mélange fond à 960°C .

On peut également obtenir ce type de diagramme dans le cas du changement d'état liquide/vapeur.

Remarques et commentaires