

## Capítol 5 – DIAGRAMES DE FASE

Una **fase** és una regió homogènia del sistema que difereix en estructura i/o composició d'una altra regió. En tota fase s'ha de mantenir l'ordenació atòmica, la composició i l'estructura.

Un **diagrama de fases** és una representació gràfica de les fases presents (termodinàmicament estables o metastables) en un sistema a diferents temperatures, pressions o composicions.

La **regla de fases** descriu el nombre de graus de llibertat o variables que s'han de fixar per especificar la temperatura i la composició d'una fase.

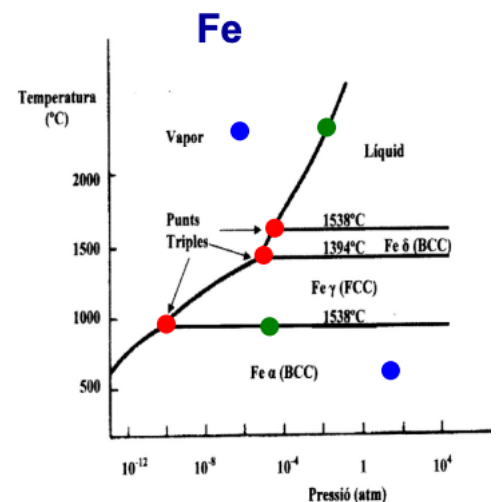
$$F + L = C + 2.$$

on  $F$  és el nombre de fases presents de la regió que estem estudiant,  $L$  els graus de llibertat i  $C$  el nombre de components del sistema. En un sistema monari,  $c = 1$ , en un de binari,  $c = 2$  i en un ternari  $c = 3$ . Per un sistema binari en què la pressió és constant,  $F + L = C + 1 \rightarrow F + L = 3$

### SISTEMES MONARIS

Un **sistema monari** és aquell en què només hi ha un element o compost. El diagrama de fases pressió-temperatura descriu l'estabilitat de les fases a diferents valors de  $p$  i  $T$ . Podem distingir diferents regions en funció dels seus graus de llibertat:

- **Punt triple:** és un punt del diagrama on 3 fases diferents es troben en equilibri. Té 0 graus de llibertat, correspon a unes condicions de pressió i temperatura fixades. ( $F=3$ ,  $C=1$ ,  $L=0$ )
- **Corba de coexistència:** és una línia del diagrama on dues fases coexisteixen en equilibri. Té un grau de llibertat, a cada temperatura li correspon una pressió determinada. ( $F=2$ ,  $C=1$ ,  $L=1$ )
- **Àrea:** és la superfície que ocupa una determinada fase en un diagrama. Té dos graus de llibertat, pots variar, alhora, els valors de pressió i temperatura. ( $F=1$ ,  $C=1$ ,  $L=2$ )



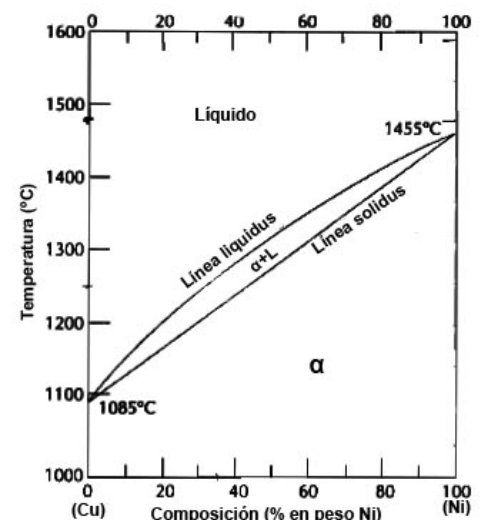
### SISTEMES BINARIS

Un **sistema binari** està format per dos compostos o elements diferents. Un aliatge és un exemple de sistema binari.

La **temperatura de líquidus** és la temperatura en què s'inicia la formació del primer sòlid durant la solidificació. El conjunt de les temperatures de líquidus conformen la **línia líquidus**.

La **temperatura de solidus** és la temperatura per sota de la qual el líquid està completament solidificat. El conjunt de temperatures de solidus formen la **línia solidus**.

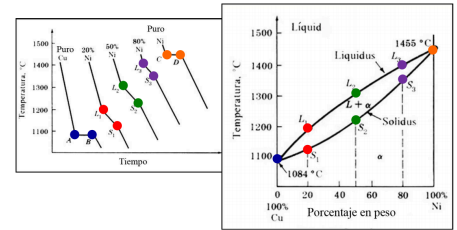
El **límit de solubilitat** és la concentració màxima per a la qual només existeix una solució. És la quantitat màxima d'un material que es pot combinar sense generar una fase addicional.



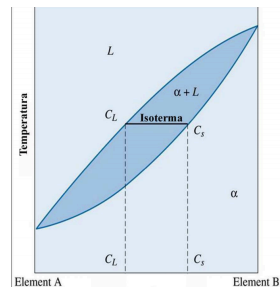
Un sistema binari pot tenir una **solubilitat total**, els components seran totalment solubles entre si en qualsevol proporció i tant en fase líquida com en fase sòlida i parlarem d'un **sistema isomorf**, o una **solubilitat parcial**, quan únicament es pot dissoldre una quantitat màxima de solut al solvent.

El sistema Cu-Ni és un sistema isomorf ja que els seus components presenten una solubilitat il·limitada en estat sòlid. En el seu diagrama observem dues fases diferents (L i  $\alpha$ ) i 3 regions diferents (L,  $\alpha$ , L+ $\alpha$ ) dues de monofàsiques i una bifàsica. A les temperatures de fusió dels dos composts purs (línies de líquidus al 100% de Níquel i 0% de Níquel), C=1, F=2 i, per tant, L=0.

Les corbes de refredament d'un aliatge són diferents a les d'un compost pur on, en donar-se un canvi de fase, hi ha una línia paral·lela a l'eix x que indica que la temperatura roman constant perquè l'energia s'està utilitzant per canviar de fase, i no per variar la temperatura. Amb un aliatge, en comptes de línies paral·leles hi ha canvis en el pendent de les corbes que es donen quan s'arriba a la temperatura de *líquidus* i a la de *solidus*.



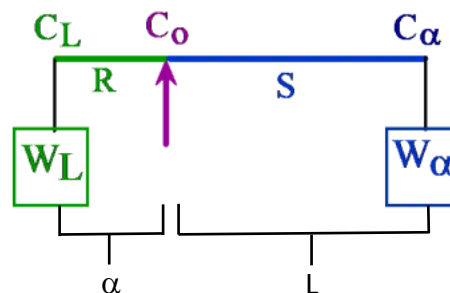
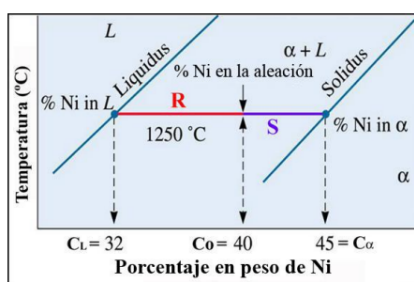
El diagrama de fases d'un sistema binari ens dona informació sobre la composició d'una fase donada la temperatura i el tan per cent d'un dels elements de l'aliatge. Per conèixer aquestes dades hem de dibuixar una isoterma a la temperatura d'estudi i, en el punt on aquesta talli amb la línia *líquidus* i la *solidus*, fer una línia perpendicular a cada una d'aquestes dues. En tallar amb l'eix X aquestes ens diran quin percentatge d'un dels elements conté cada fase.



L'estructura cristal·lina de molts sòlids té un ordre concret. Durant el procés de solidificació els àtoms d'un aliatge han de difondre per establir les estructures en equilibri uniforme. Si el refredament és lent, els àtoms tenen temps d'ordenar-se i es segueix les composicions que marca la línia *solidus* del diagrama. Al final s'obté una estructura amb una composició homogènia. En canvi, si el refredament és ràpid, els àtoms no disposen de temps per ordenar-se i no es segueix la línia de solidus sinó que se'n crea una de nova fora de l'equilibri que resulta en una **estructura segregada**, amb diferents fases a causa de la diferent composició de cada una, ja que no hi ha hagut temps per homogeneïtzar la concentració. Això es pot corregir amb tractaments tèrmics i amb un augment de temperatura per sota de la temperatura de *solidus*.

### ○ Regla de la palanca:

La **regla de la palanca** ens permet calcular, donada una temperatura i la composició de l'aliatge, la proporció de cada fase a aquella temperatura. Parteix de la conservació de la massa i del fet que la suma de les proporcions ha de ser igual a 1 (o 100 si es treballa en tan per cent). Donades dues fases L i  $\alpha$  i  $C_\alpha > C_L$  i  $C_0$ :



$$W_\alpha = \frac{C_0 - C_L}{C_\alpha - C_L} \quad W_L = \frac{C_\alpha - C_0}{C_\alpha - C_L}$$