

2° Anno Ingegneria Gestionale

Materiali Metallici

Diffusione allo stato solido



Caso stazionario (nessuna variazione nel tempo delle concentrazioni)

1° legge di Fick

$$J = -D \cdot \frac{\partial C}{\partial x}$$

[n° atomi/m²s]



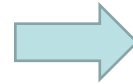
$$J = -D \cdot (\Delta C / \Delta x)$$

GRADIENTE DI CONCENTRAZIONE

Caso NON stazionario

2° legge di Fick

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$



$$\frac{C_s - C_x}{C_s - C_0} = \text{erf} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right)$$

$$D = D_0 \cdot \exp \left[\frac{-Q}{R \cdot T} \right]$$

D_0 = costante legata al materiale

Q = energia di attivazione

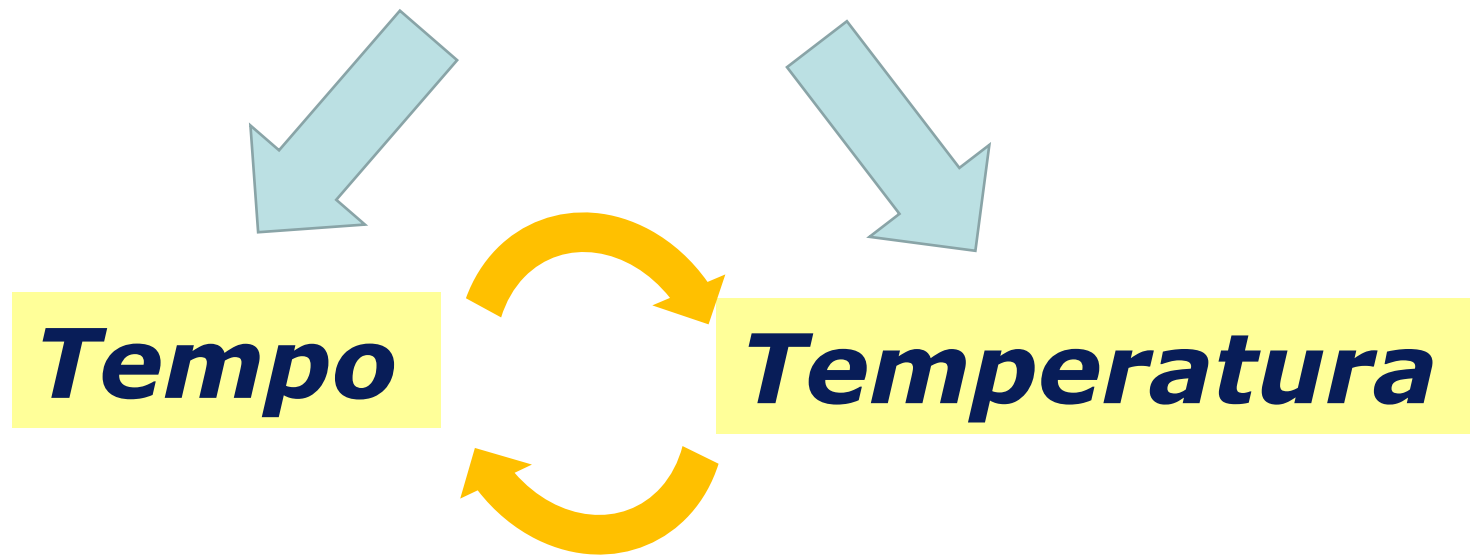
R = costante dei gas

T = temperatura [K]

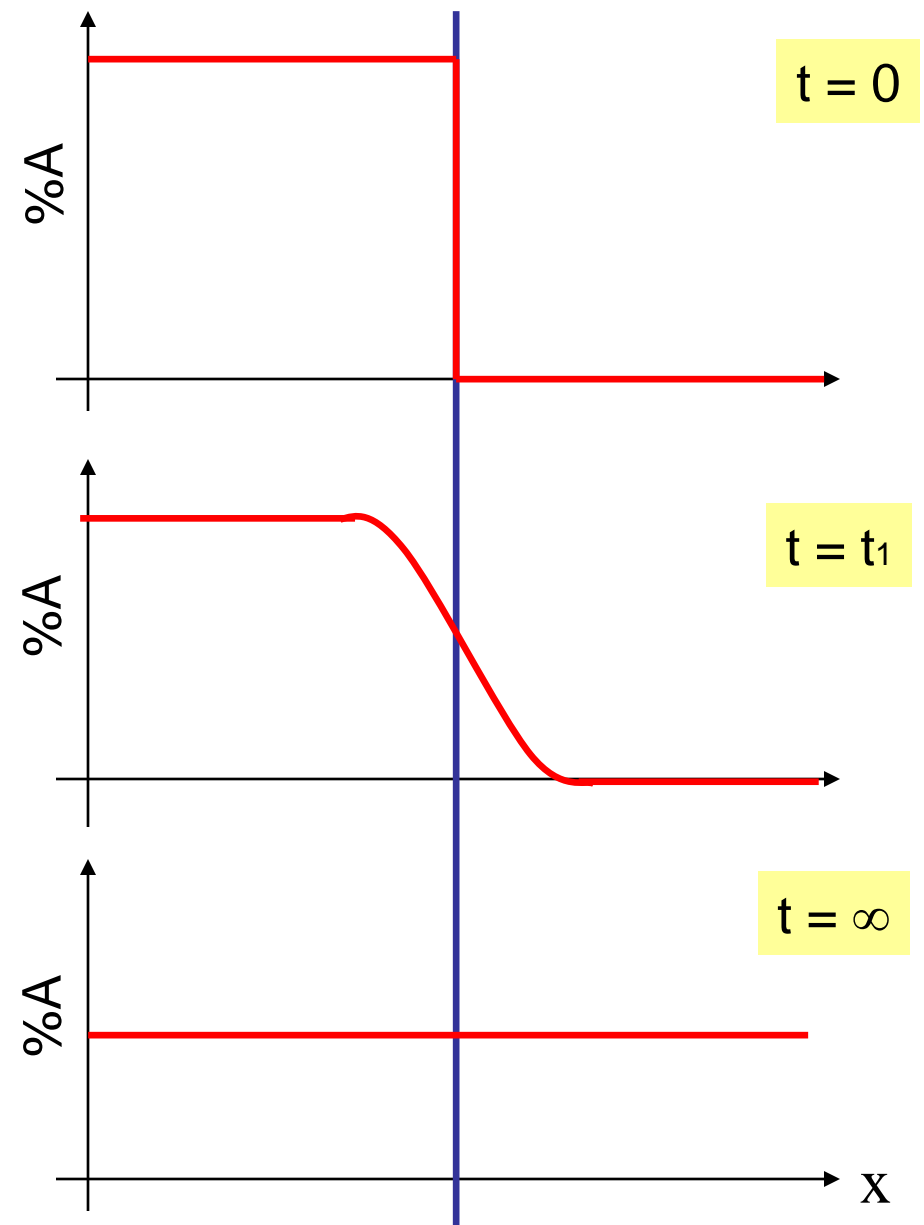
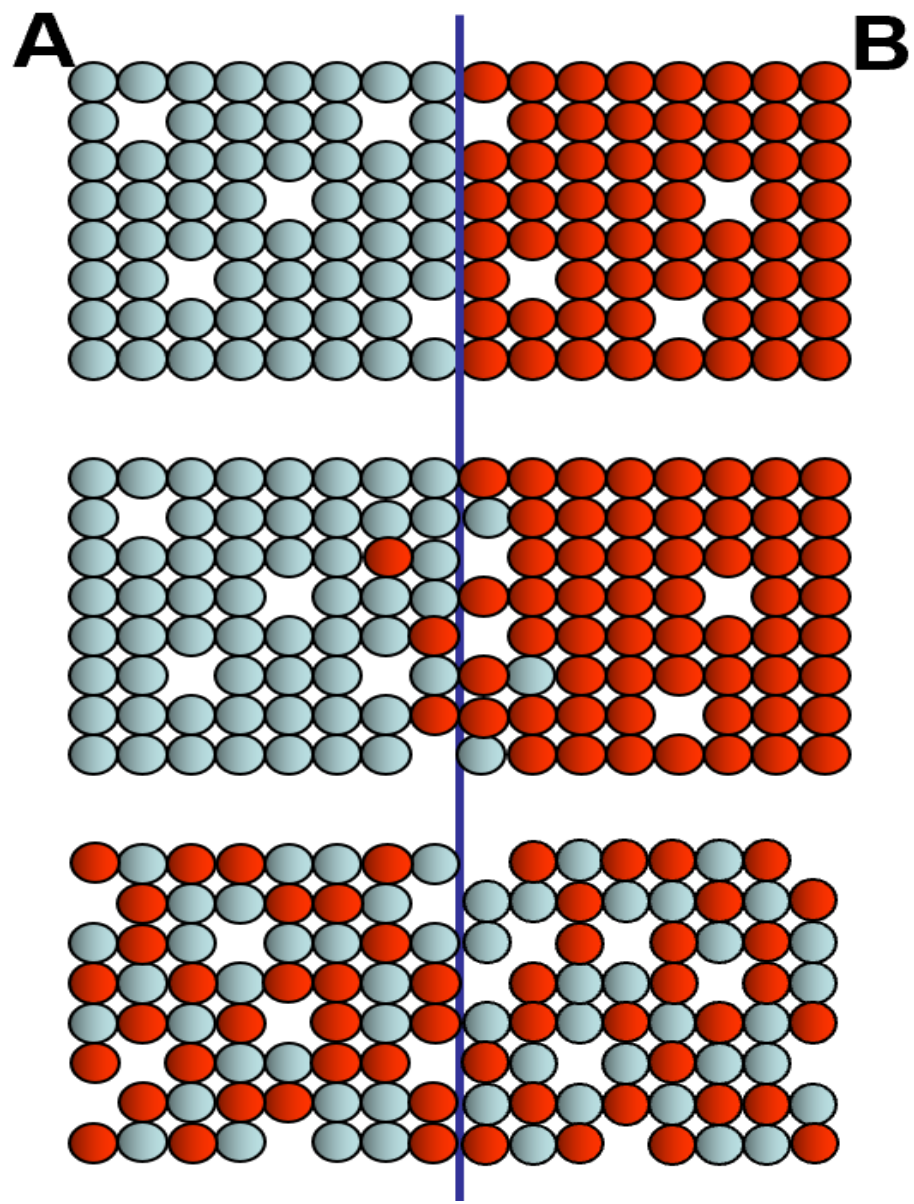
COEFFICIENTI DI DIFFUSIONE

Diffusione

(= movimento degli atomi)



DIFFUSIONE MEDIANTE VACANZE

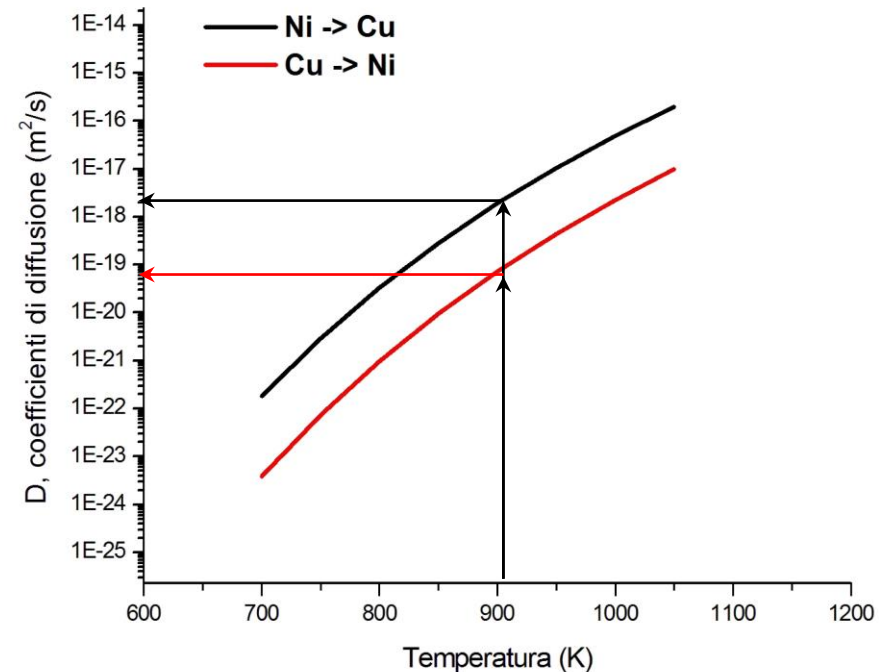


1° e 2° LEGGE DI FICK

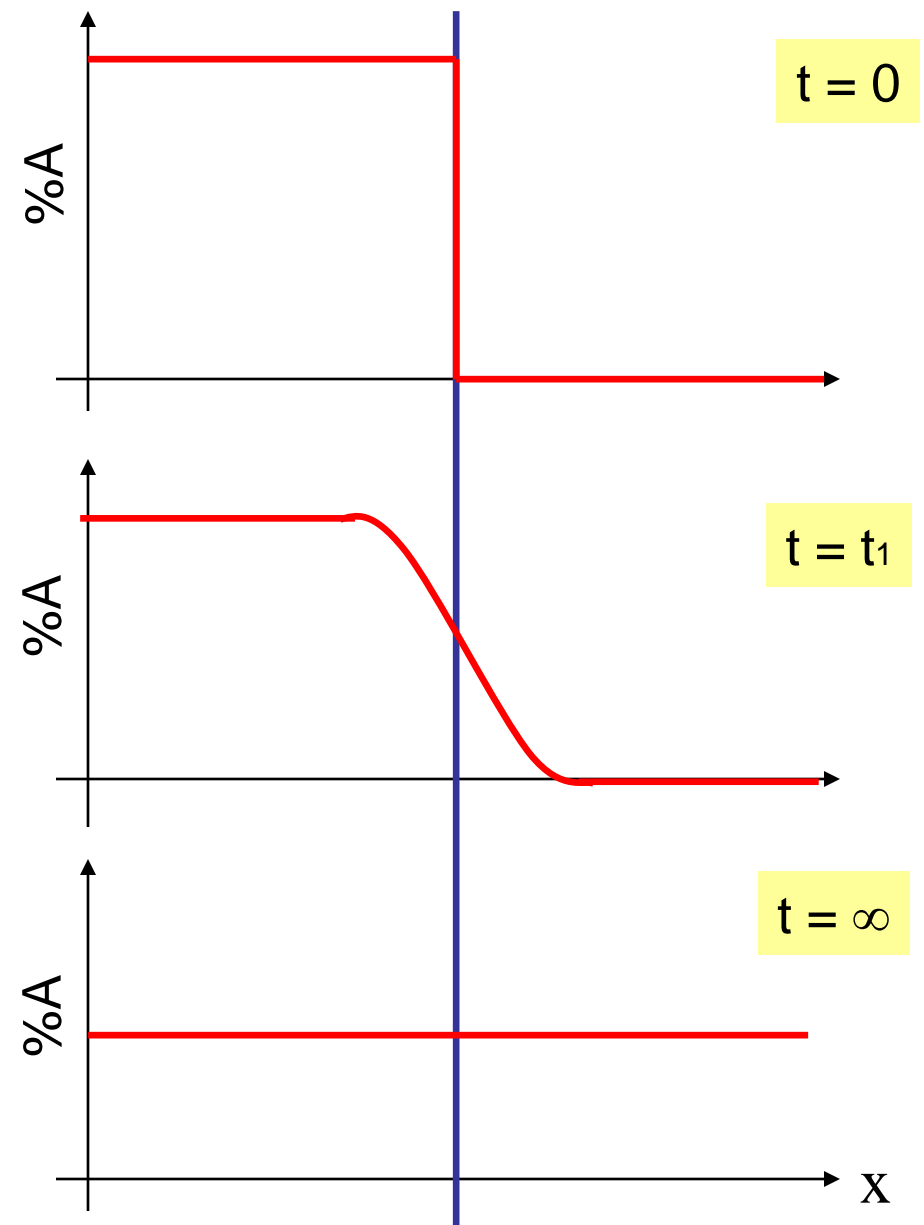
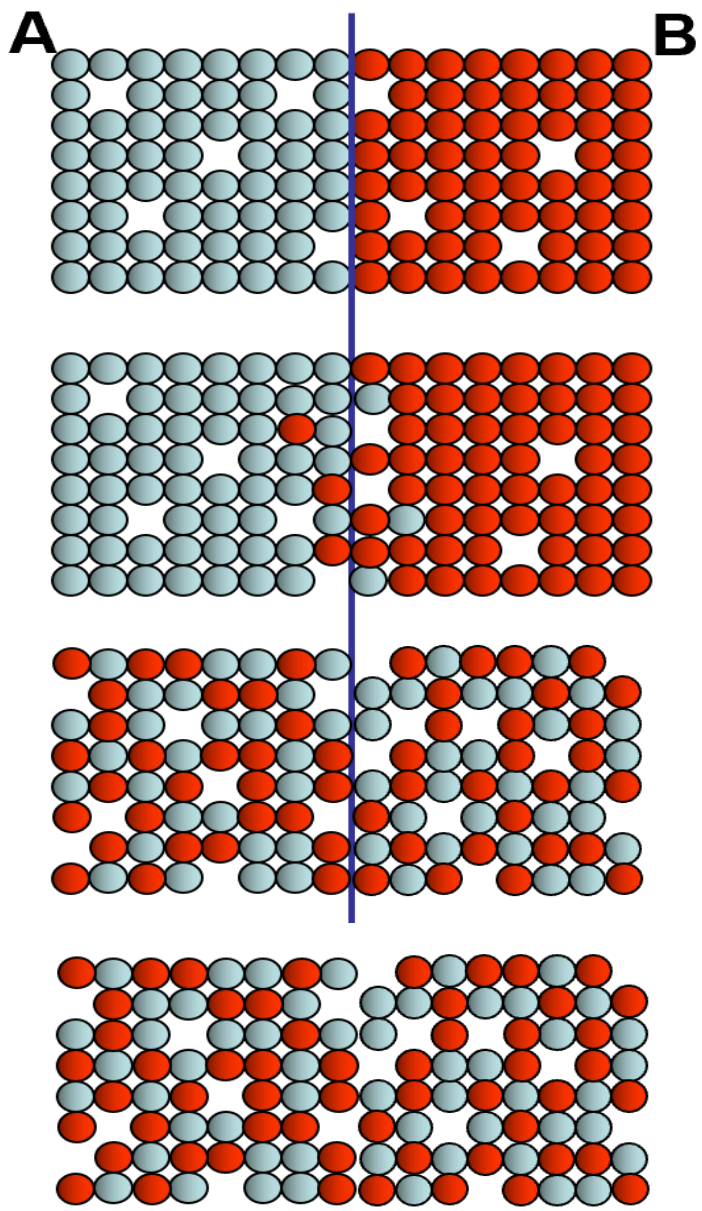
COEFFICIENTI DI DIFFUSIONE

$$D = D_0 \cdot \exp [-Q/(R \cdot T)]$$

Sistema	Q [J/mole]	D ₀ [m ² /s]
C in Fe _γ	137.850	0.23 · 10 ⁻⁴
C in Fe _α	87.570	0.011 · 10 ⁻⁴
N in Fe _γ	144.970	0.0034 · 10 ⁻⁴
N in Fe _α	76.680	0.0047 · 10 ⁻⁴
H in Fe _γ	43.160	0.0063 · 10 ⁻⁴
H in Fe _α	15.080	0.0012 · 10 ⁻⁴
Au in Au	183.520	0.13 · 10 ⁻⁴
Al in Al	134.920	0.10 · 10 ⁻⁴
Fe in Fe _γ	279.470	0.65 · 10 ⁻⁴
Fe in Fe _α	246.790	4.1 · 10 ⁻⁴
Ni in Cu	242.600	2.3 · 10 ⁻⁴
Cu in Ni	257.690	0.65 · 10 ⁻⁴
Zn in Cu	183.940	0.78 · 10 ⁻⁴
Ni in Fe _γ	268.160	4.1 · 10 ⁻⁴

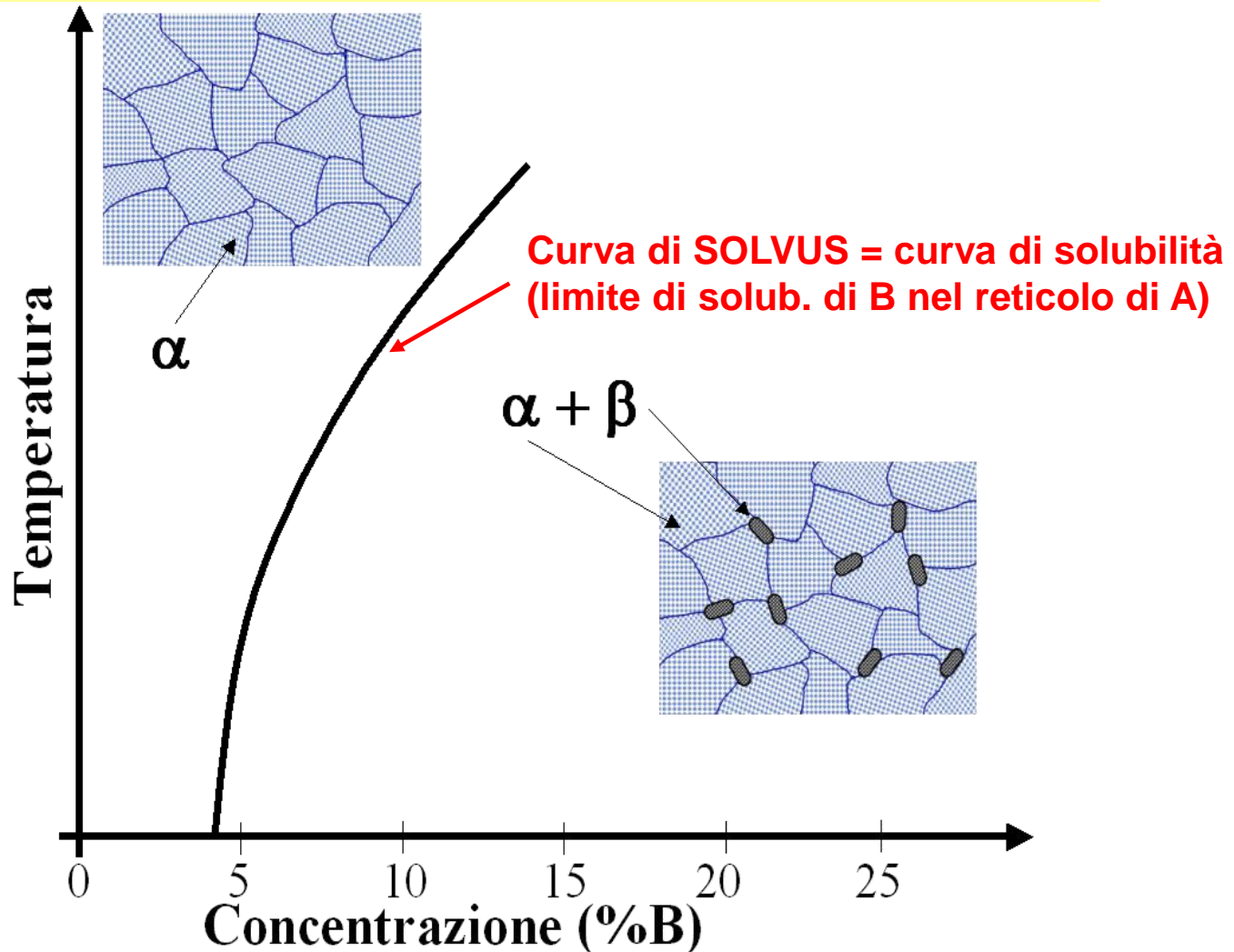


DIFFUSIONE MEDIANTE VACANZE



SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

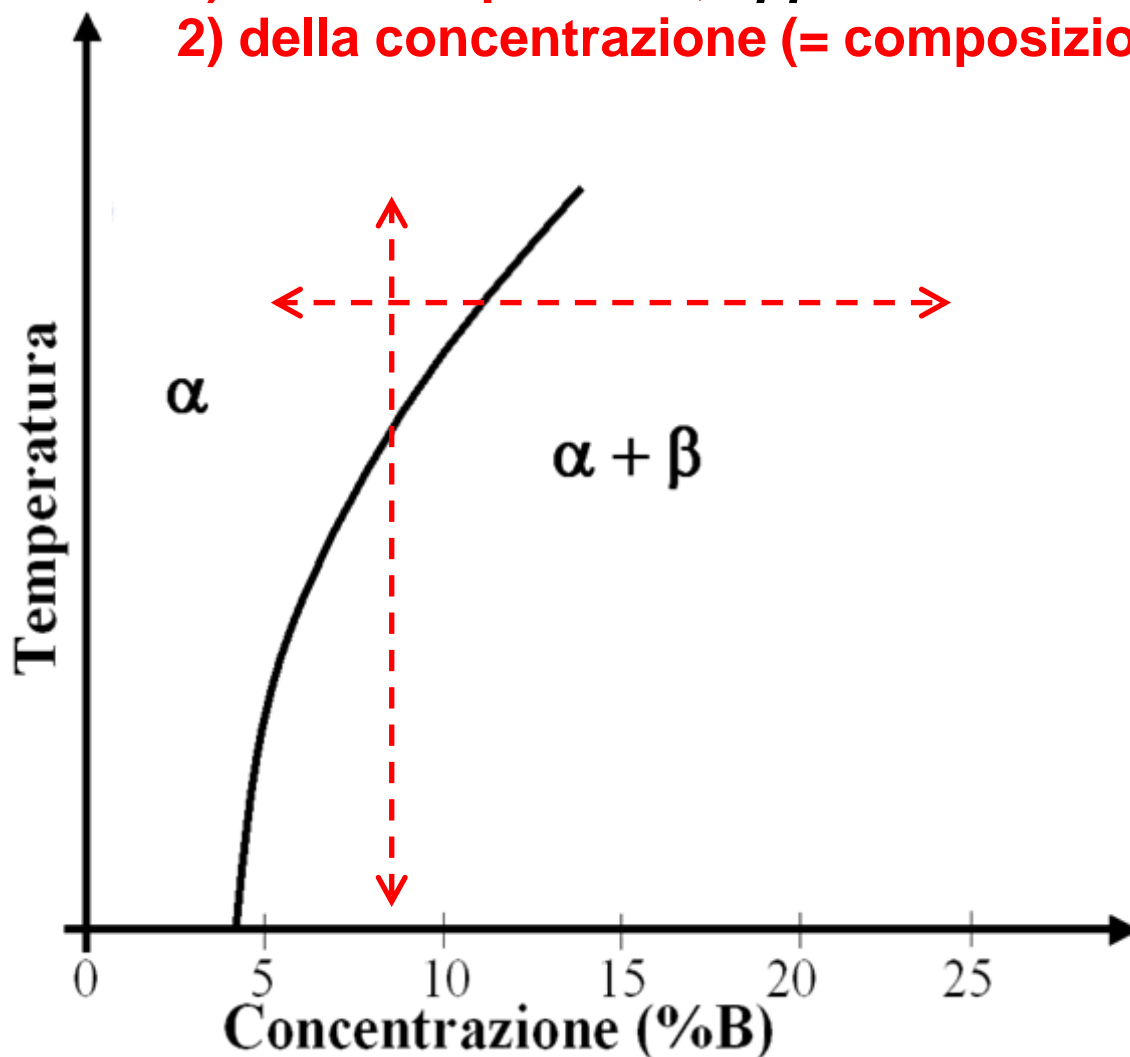
Diagramma di stato = Diagramma di fase
= Diagramma di equilibrio termodinamico



Studio delle trasformazioni al variare:

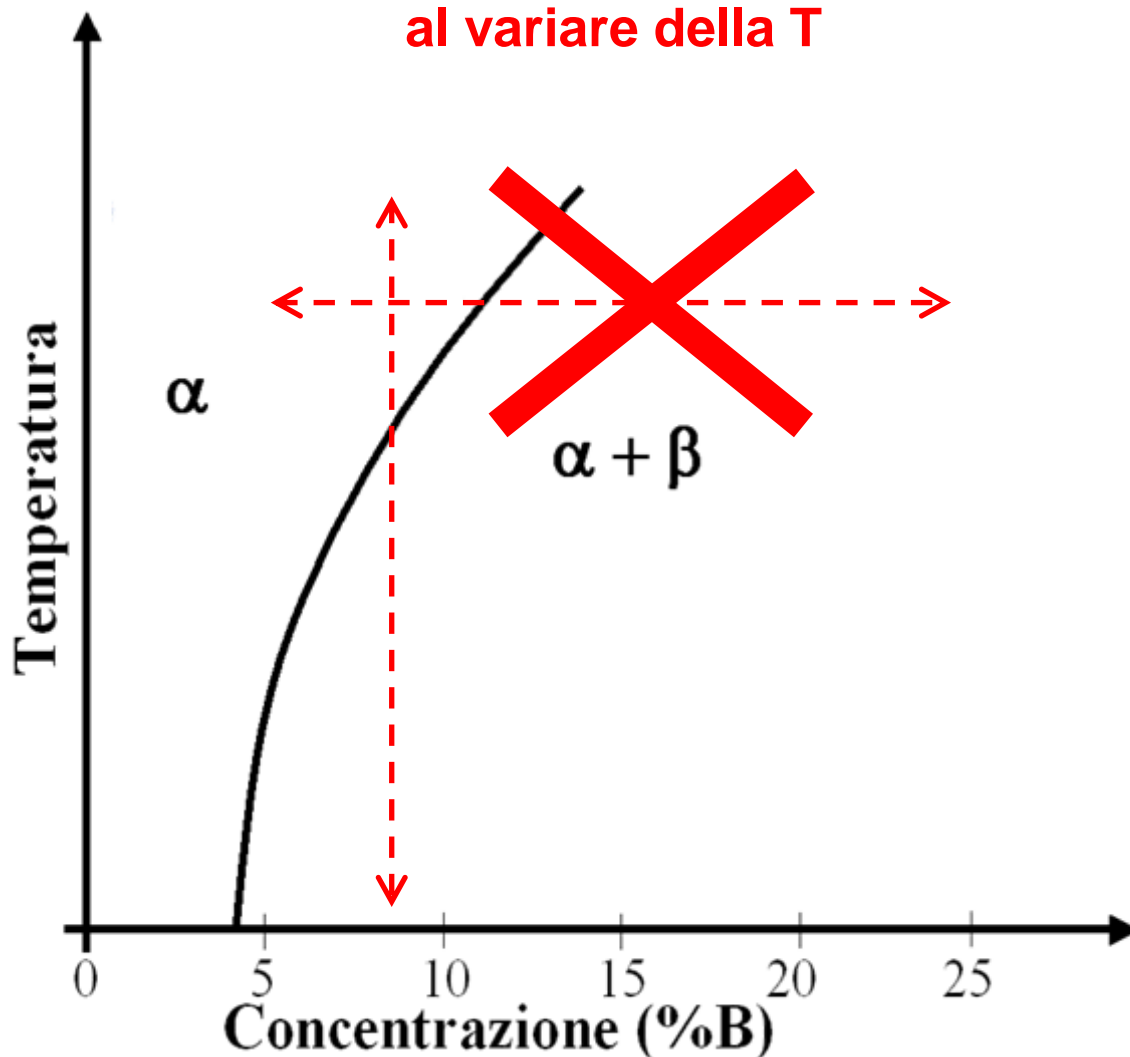
1) della Temperatura, *oppure*

2) della concentrazione (= composizione chimica)



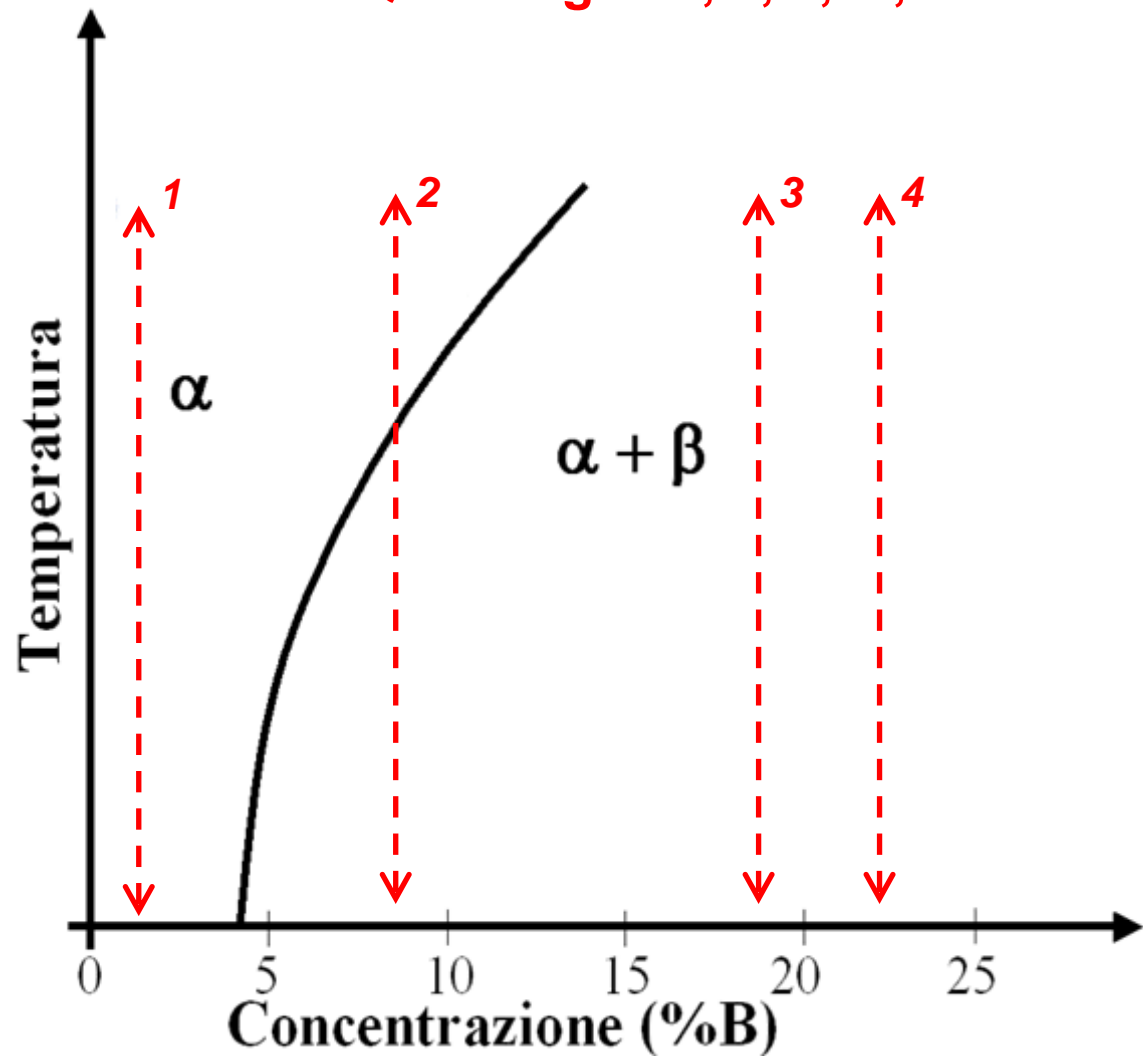
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Con i metalli, si sceglie UNA lega e si studiano le sue trasformazioni al variare della T



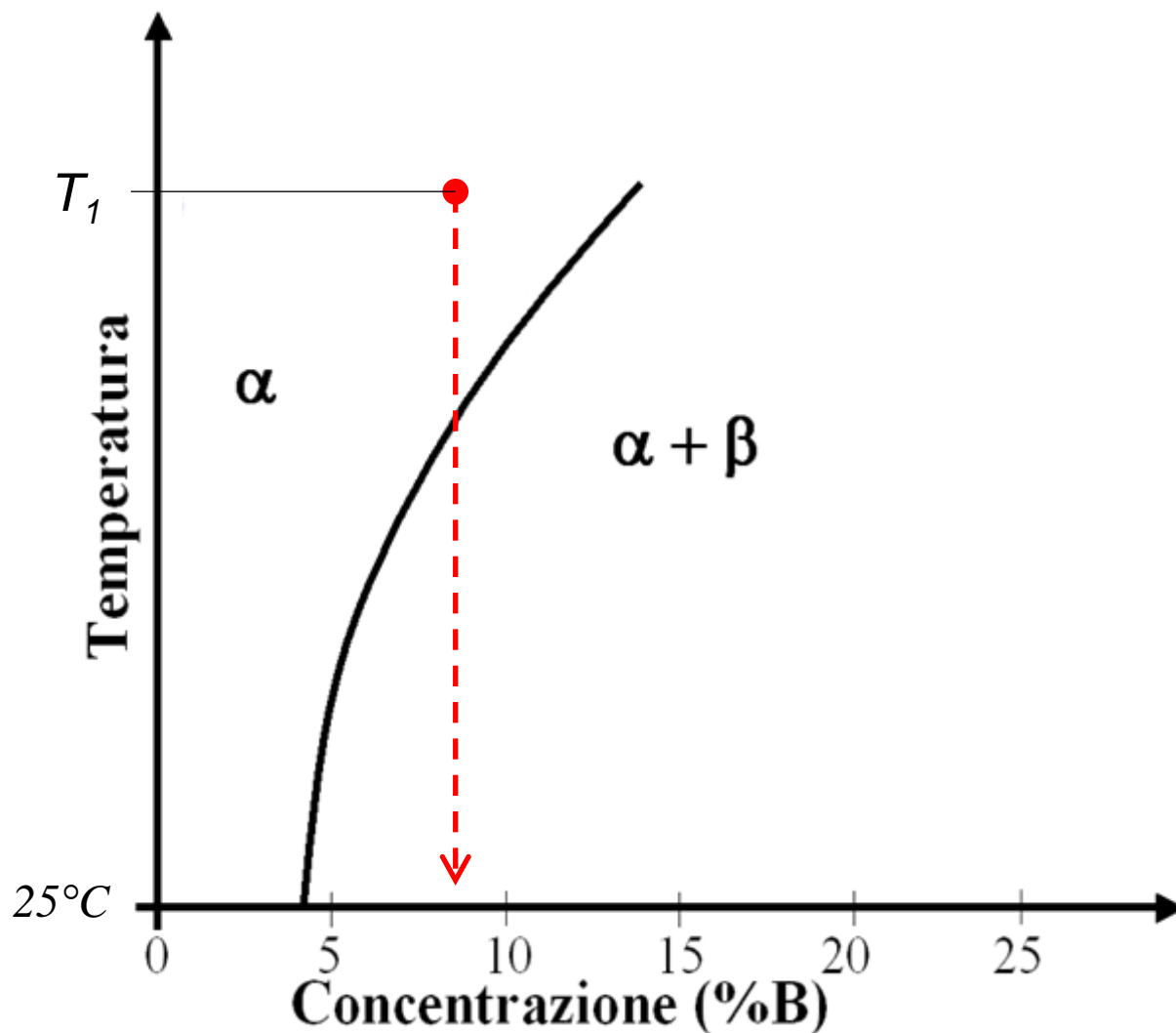
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Quale lega? 1, 2, 3, 4, ... ?



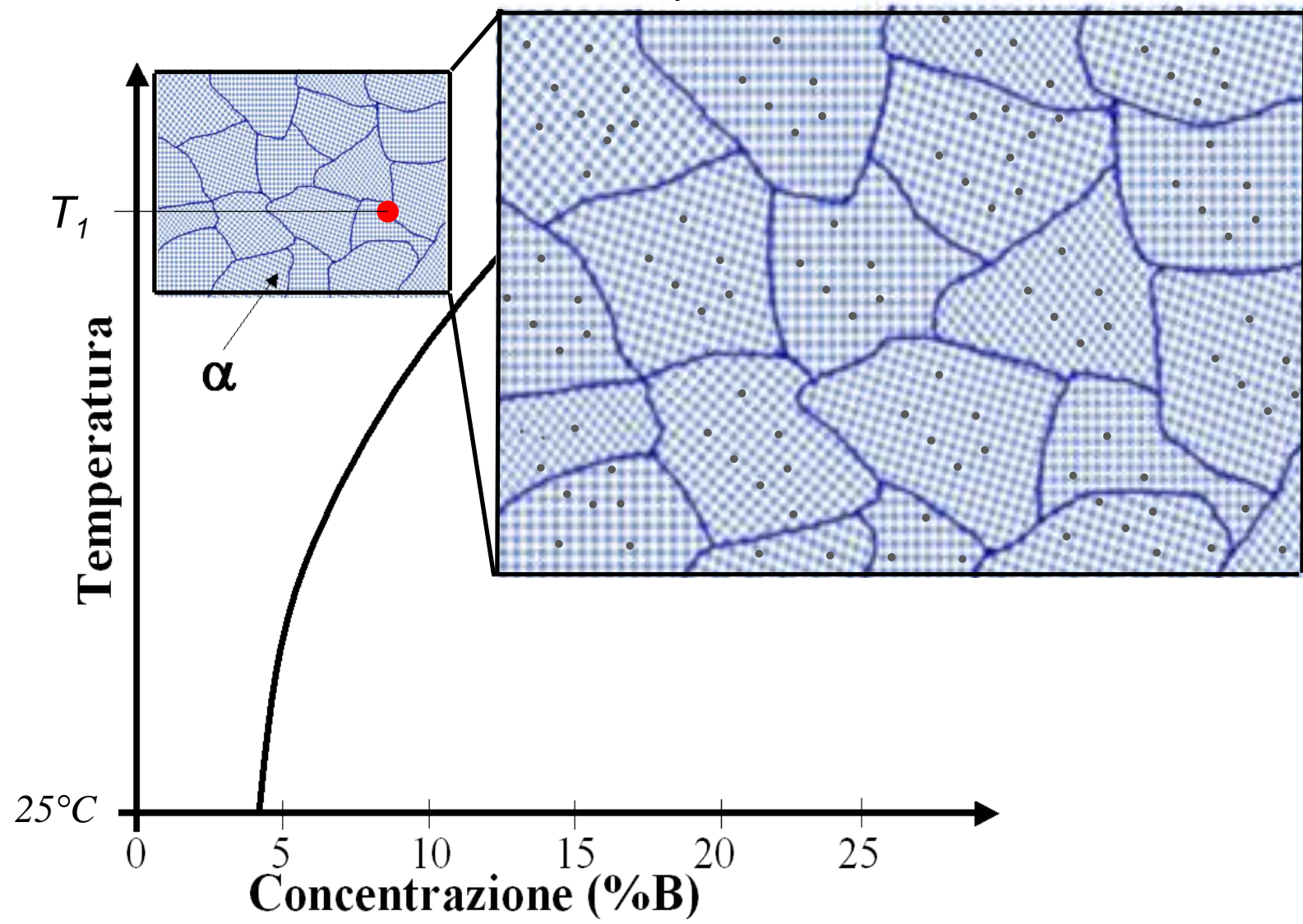
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A *Analisi in raffreddamento (da T_1 a 25°C)*



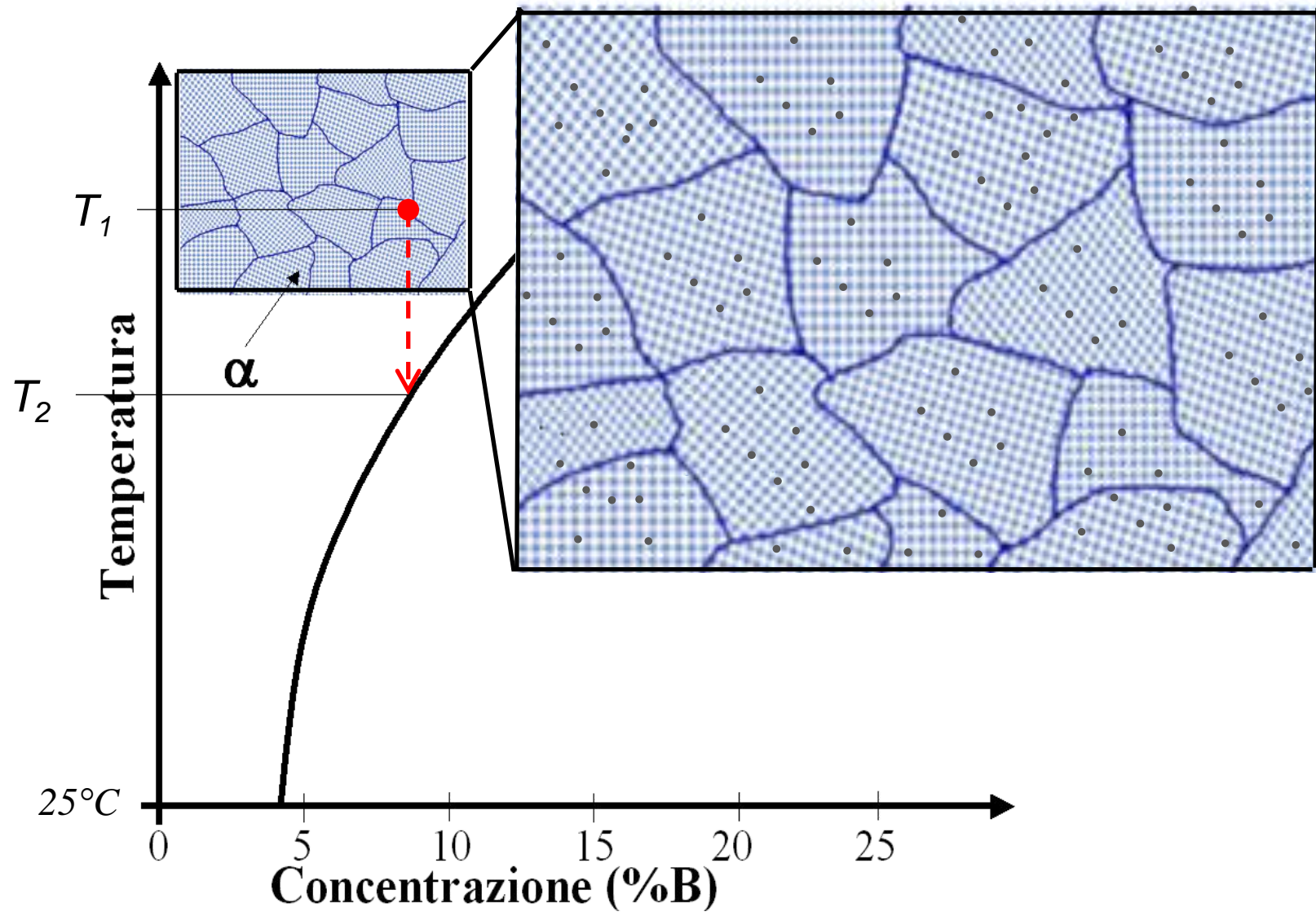
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A alla temperatura T_1



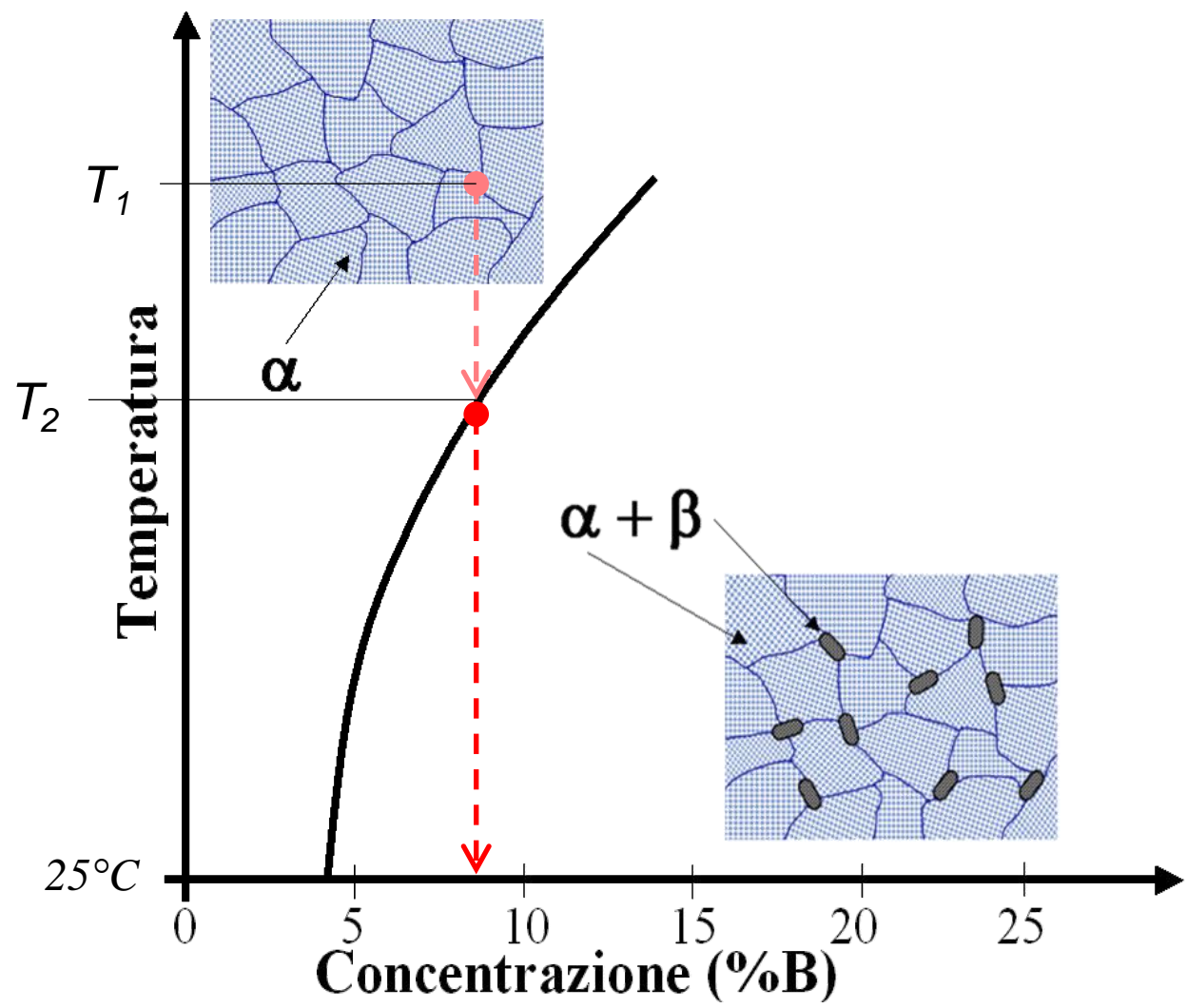
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A



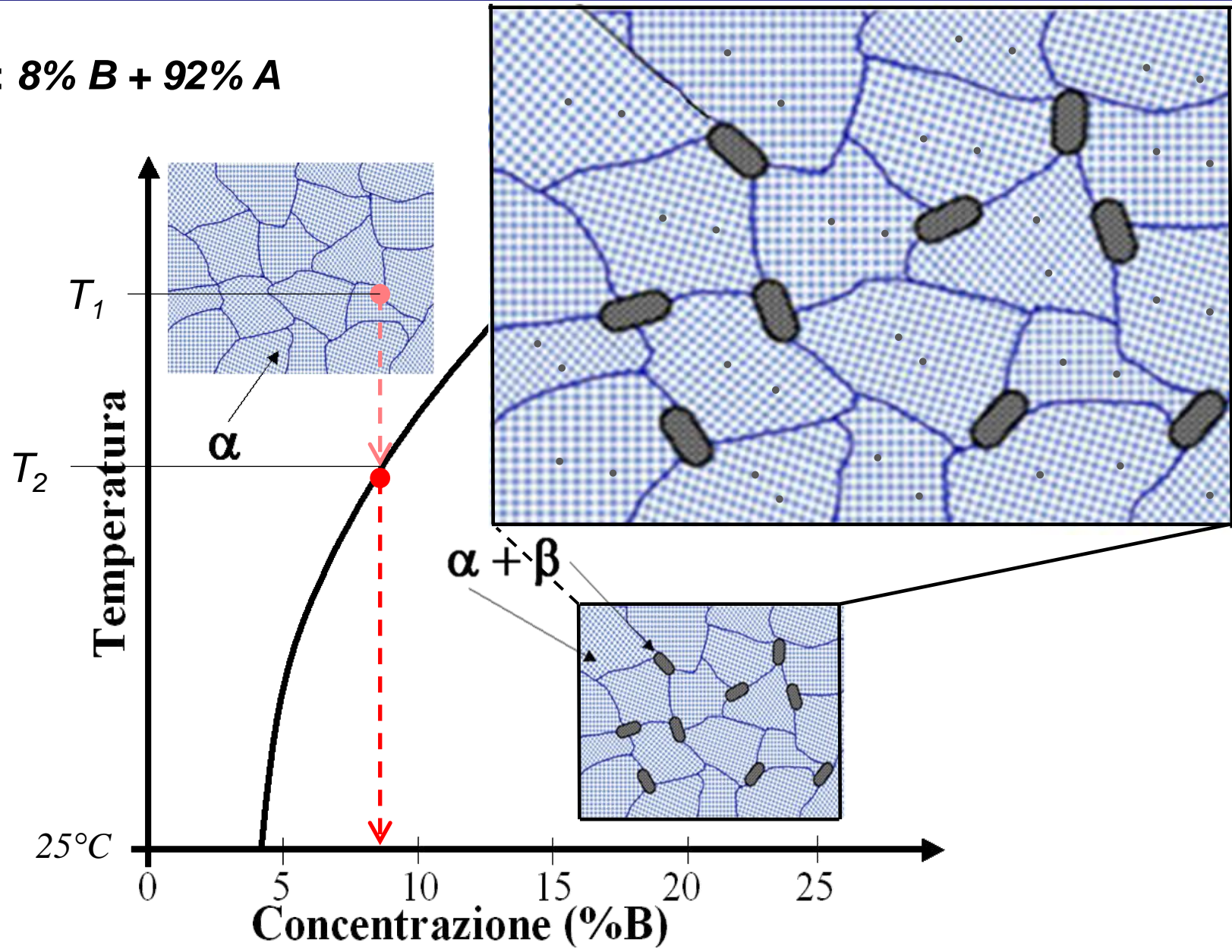
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A



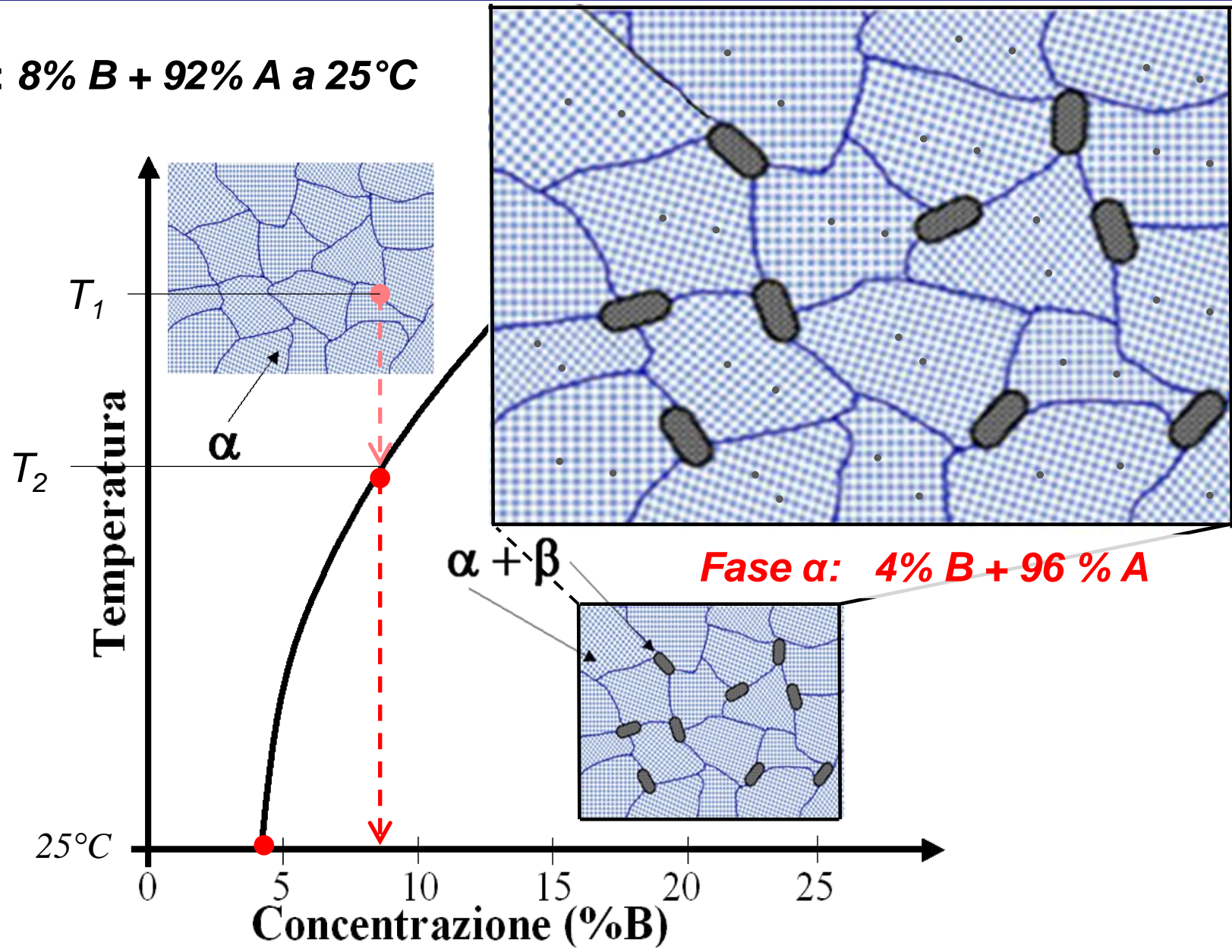
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A



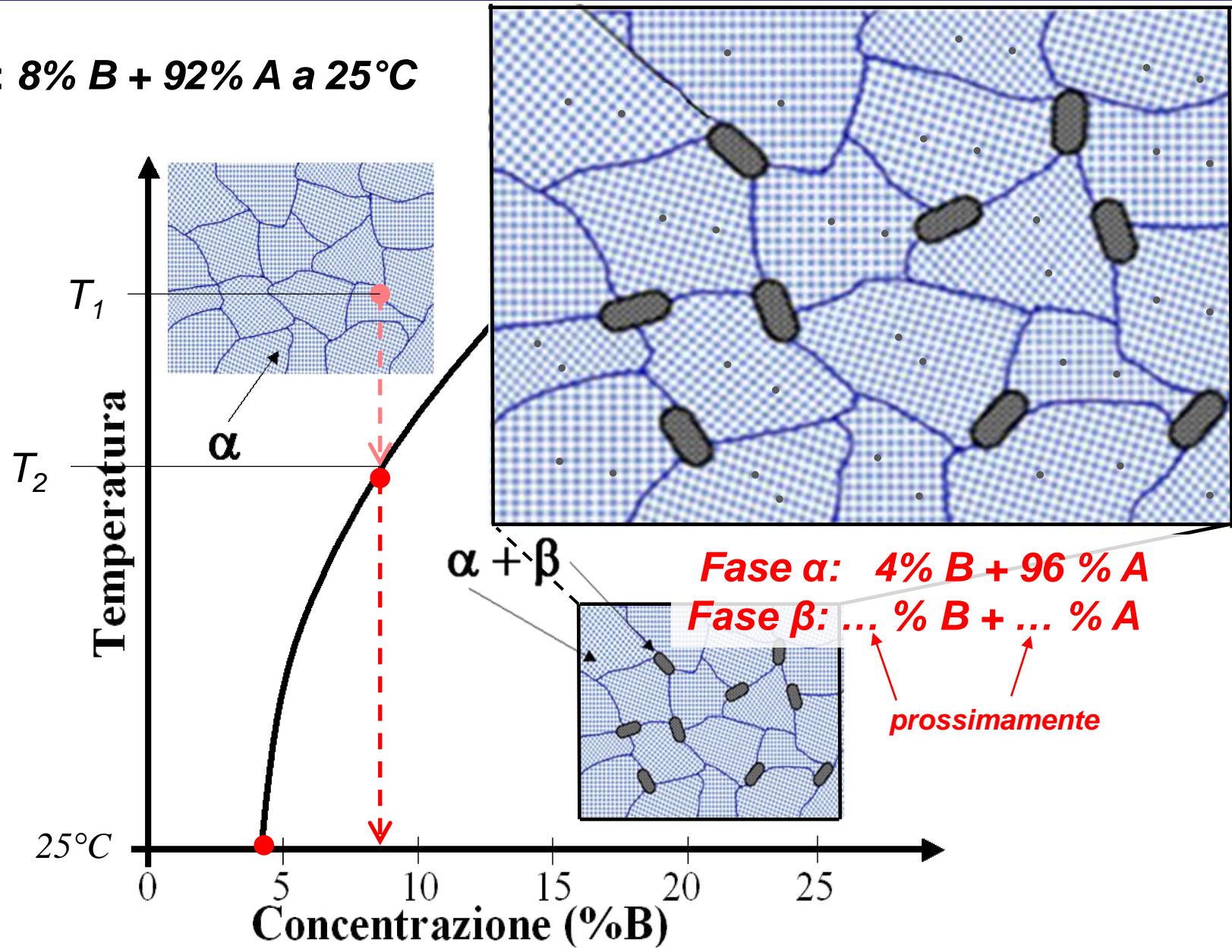
SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A a 25°C



SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A a 25°C



SOLUZIONE SOLIDE LIMITATE (interstiziali o sostituzionali)

Lega 2: 8% B + 92% A da T_1 a 25°C

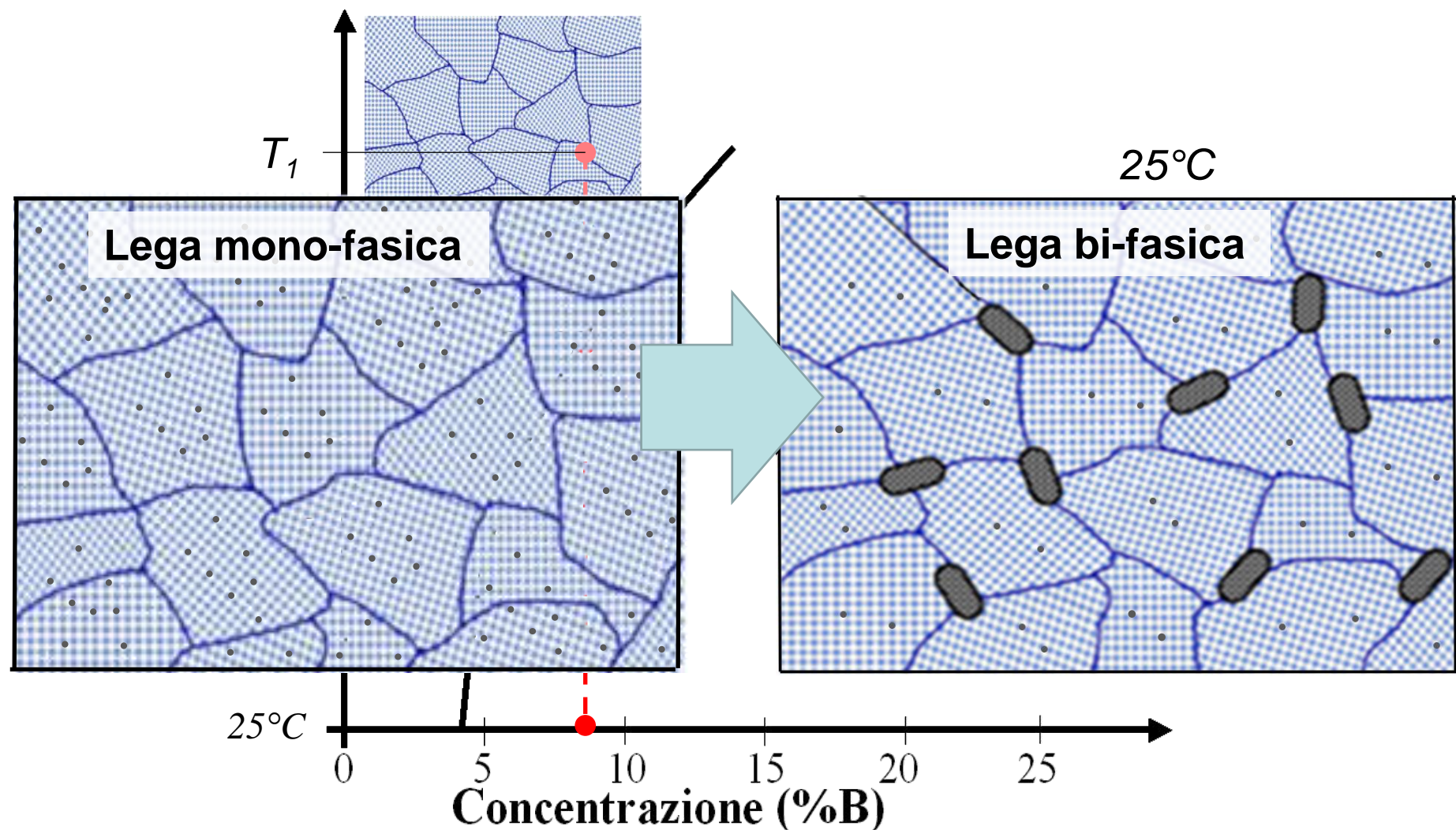


Diagramma di stato = Diagramma di fase
= Diagramma di equilibrio termodinamico

