

TD 12 : SOLIDIFICATION

1 SEGREGATION MINEURE

Montrer à l'aide d'un diagramme de phases que du fait de la lenteur de la diffusion à l'état solide, la solidification réelle d'un alliage binaire se produit à une température inférieure à celle prévue par le diagramme d'équilibre.

Quelle est la conséquence sur la microstructure dendritique ?

2 GERMINATION HOMOGENE ET HETEROGENE

- **Germination homogène** : on suppose que le germe a la forme d'un cube. Calculer les dimensions et l'enthalpie libre du germe critique. On appellera Δg l'enthalpie libre de fusion par unité de volume et σ l'énergie de surface.

- **Germination hétérogène** : on ajoute très fréquemment des agents de germination pour réduire la taille des entités morphologiques (grains métalliques, sphérolites). La germination se produit alors au contact d'un substrat. Le but de l'exercice est de montrer que dans ce cas la germination est en général plus facile. On considérera un germe cubique. On introduit deux énergies de surface supplémentaires : σ_i associée à l'interface entre le substrat et le liquide et σ_g associée à l'interface entre le germe et le substrat.

3 CINETIQUE GLOBALE DE TRANSFORMATION

La théorie d'Avrami permet d'exprimer la cinétique globale de transformation d'un milieu en entités morphologiques d'une géométrie donnée (sphères par exemple). En ce sens, elle est donc universelle, et particulièrement utilisée pour traiter les problèmes de cristallisation. Sous sa forme la plus générale, la fraction volumique transformée en entités s'écrit :

$$\alpha(t) = 1 - \exp[-\alpha'(t)]$$

où $\alpha'(t)$ serait la fraction volumique transformée si les entités pouvaient apparaître et croître complètement indépendamment les unes des autres. (les germes peuvent être activés dans des zones déjà transformées et les entités peuvent s'interpénétrer en conservant leur forme).

a) On considérera un cas simple. Les entités sont des sphères qui apparaissent instantanément à partir de N_0 germes par unité de volume, avec deux types de croissance :

- la vitesse de croissance G est constante (cas des polymères),
- la vitesse de croissance G est gouvernée par la diffusion (cas des métaux).

Donner dans les deux cas l'expression de $\alpha(t)$. Montrer que l'on obtient l'expression classique :

$$\alpha(t) = 1 - \exp[-kt^n]$$

b) Dans le cas d'un matériau totalement cristallin, $\alpha(t)$ représente le taux de cristallinité en volume $\alpha_c(t)$ à l'instant t . Ce n'est plus le cas lorsque les entités morphologiques sont que partiellement cristallisées. Montrer que si le taux de cristallinité est constant à l'intérieur des entités, on peut établir une relation simple entre $\alpha(t)$ et $\alpha_c(t)$.