

# ANALYSE THERMIQUE

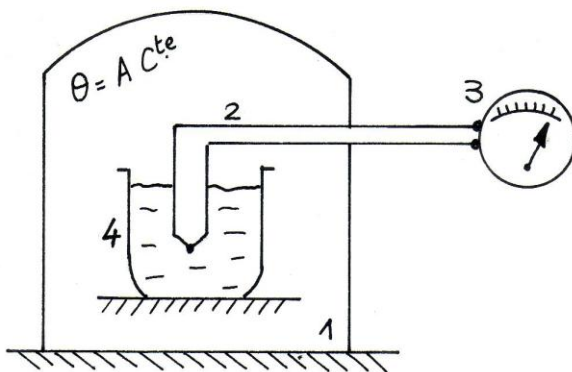
## Généralités - Corps purs

①

### 1 - PRINCIPE DE L'ANALYSE THERMIQUE

#### 1.1 : DEFINITION

- Faire l'analyse thermique d'un phénomène consiste à observer la température " T " du système qui évolue , en fonction du temps " t " .
- La courbe  $T = f(t)$  résume l'ensemble des observations .



1 : Enceinte isotherme

2 : Thermocouple électrique

3 : Galvanomètre

4 : Creuset réfractaire

#### 1.2 : VITESSE DE REFROIDISSEMENT

##### 1.2.1 : Vitesse moyenne pendant un intervalle de temps donné

- Par définition ,c'est le quotient ( changé de signe ) de la différence des températures "  $T_n$  " et "  $T_{n-1}$  " , correspondant aux temps "  $t_n$  " et "  $t_{n-1}$  " , par la différence de ces temps  $t_n - t_{n-1}$  .

$$U_{(n;n-1)} = - \frac{T_n - T_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}$$

Au cours du refroidissement :  $T_n - T_{n-1} < 0$   
 et  $t_n - t_{n-1} > 0$

donc la loi de refroidissement est représentée par un nombre positif .

##### 1.2.2 : Vitesse instantanée

- C'est la limite de  $U_{(n;n-1)}$  quand  $t_n - t_{n-1}$  tend vers zéro .

#### 1.3 : REFROIDISSEMENT EN ENCEINTE ISOTHERME

- On désigne par enceinte isotherme un espace clos dont la température reste constante pendant la durée des observations .  
 Soit " A " la température de l'enceinte ( salle de classe par exemple )

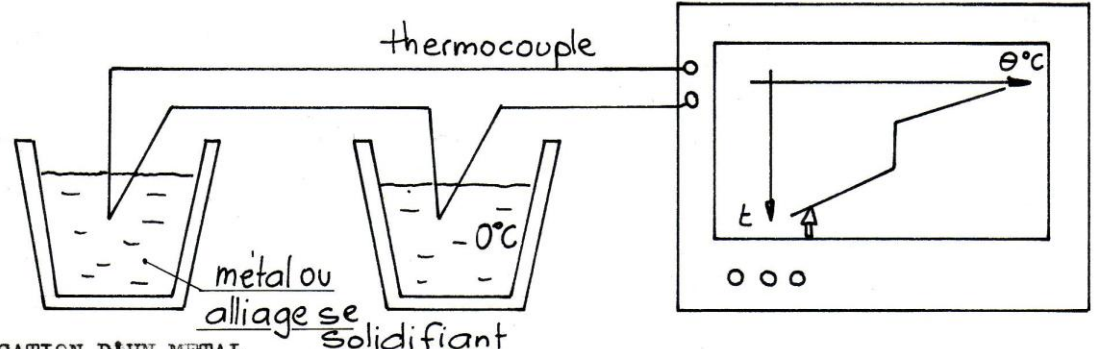
- Etant donné que la température ambiante intervient dans l' allure du refroidissement il est préférable d'étudier les variations de " T - A " en posant  $T - A = \Theta = f(t)$

d'où :

$$U_{(n;m-1)} = - \frac{\Theta_n - \Theta_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}$$

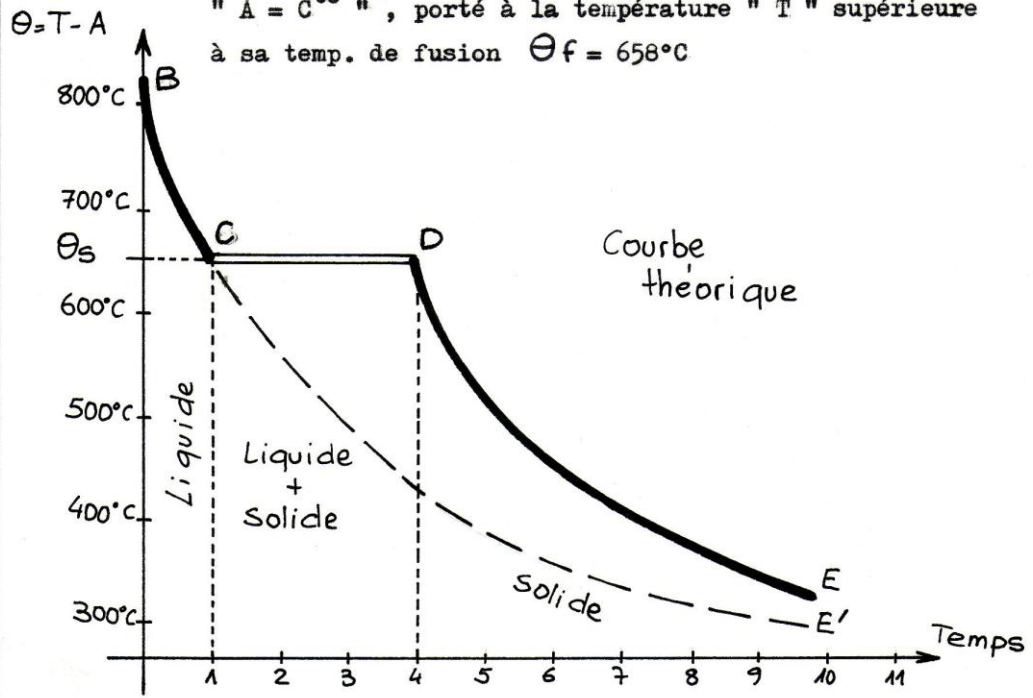
1.4 : UTILISATION DE L'ANALYSE THERMIQUE

- En métallurgie on fait souvent appel à l'analyse thermique pour étudier la solidification des métaux et des alliages .
- Les relevés sont effectués à pression constante , en général la pression atmosphérique .
- On laisse le corps se refroidir dans une enceinte dont la température est constante ( temp. ambiante ) , un thermocouple relié à un enregistreur relève les variations de la température du corps en fonction du temps .



2 - SOLIDIFICATION D'UN METAL

- Sous une pression constante un corps pur cristallisé ( métal pur ) commence toujours à se solidifier à une même température "  $\Theta_s$  " , appelée température de solidification .
- Le processus est le même au cours de la fusion .
- Les températures de solidification et de fusion sont égales et restent constantes pendant toute la durée de la transformation .
- EXEMPLE : Soit un Kg d'Aluminium pris à la température ambiante "  $A = C^{te}$  " , porté à la température " T " supérieure à sa temp. de fusion  $\Theta_f = 658^\circ C$



- COMMENTAIRES :

\* de B à C : refroidissement de l'Aluminium liquide de " T°C " à 658°C

\* de C à D : c'est le palier de solidification.

Pendant cette solidification ( restitution de la quantité de chaleur " L " ) la température reste constante.

Le creuset contient du liquide + du solide.

\* de D à E : Tout l'Aluminium est solide.

Le métal possède encore la quantité de chaleur d'échauffement, qu'il restitue progressivement.

2.1 : CHALEUR LATENTE DE FUSION

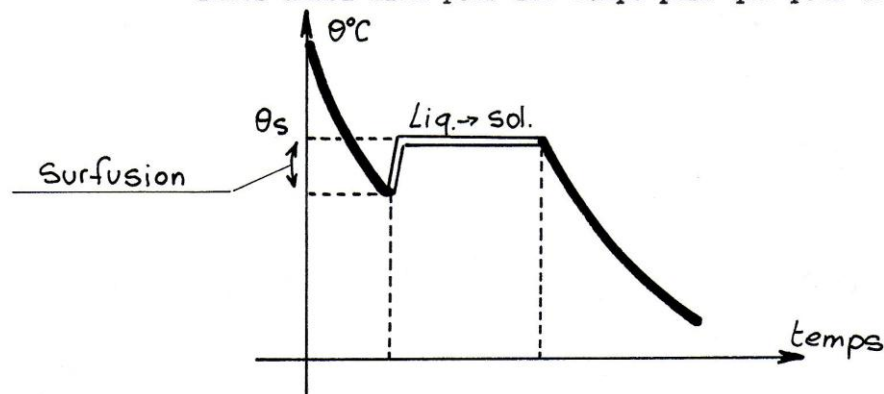
- C'est la quantité de chaleur " L " ( J/Kg ) nécessaire pour faire passer 1 Kg de métal ( un corps pur ) de l'état solide à l'état liquide.

Ex : Aluminium 396 000 J/Kg

2.2 : SURFUSION

- Lorsqu'on refroidit un métal , il arrive souvent que celui-ci soit encore à l'état liquide au dessous de  $\theta_s$  :

⇒ ce phénomène de retard au changement d'état s'appelle surfusion.  
on observe ce phénomène au cours des refroidissements très lents aussi bien pour les corps purs que pour les alliages.



3 - TRANSFORMATIONS ALLOTROPIQUES DES CORPS PURS

5 ( transformations en phase solide )

3.1 : MISE EN EVIDENCE

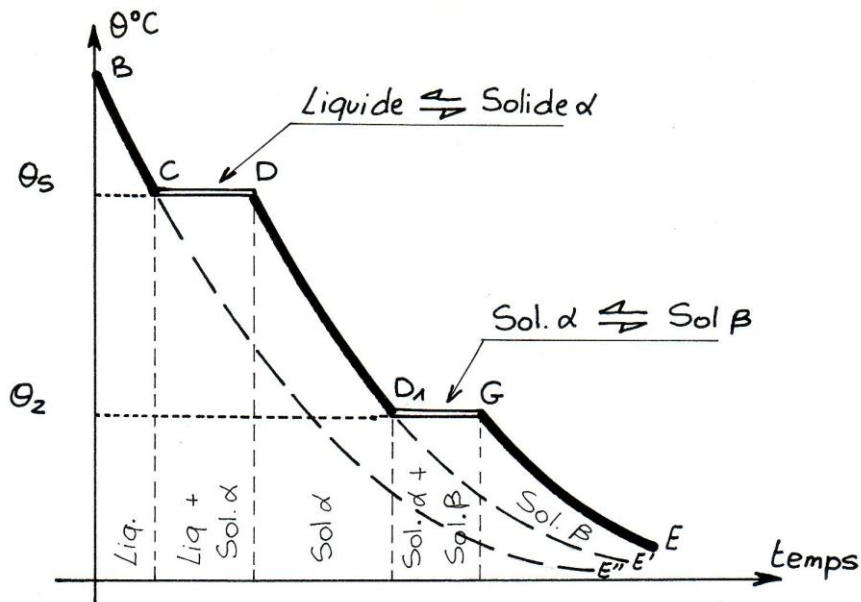
- Il peut arriver que la portion de courbe " DE " , correspondant à la phase solide soit troublée par la présence d'un palier.

- Cette perturbation est toujours l'indice d'une transformation profonde du corps pur qui se refroidit :

⇒ Transformation allotropique

- ALLOTROPIE : propriété de certains corps de se présenter sous plusieurs formes ayant des propriétés physiques différentes.

- NB : Le double trait au niveau des paliers indique la coexistence de deux phases.



### 3.2 : CARACTERES DES TRANSFORMATIONS ALLOTROPIQUES

- Comme pour les changements d'état, les transformations allotropiques s'effectuent à température constante.

(  $\Theta$  théoriquement la même au chauffage et au refroidissement )

- Les transformations allotropiques nécessitent une quantité de chaleur qui se nomme : " chaleur latente de transformation ".
- Au cours de la transformation, il y a généralement variation de certaines propriétés physiques ( masse volumique, dilatabilité ... ) et des structures cristallines différentes.

En particulier on observe une discontinuité de la chaleur massique et la loi de refroidissement s'en trouve modifiée.

- Par contre les propriétés chimiques restent voisines et on peut les considérer comme identiques.

## 4 - LES VARIETES ALLOTROPIQUES DU FER

### 4.1 : PROPRIETES PHYSIQUES et CARACTERISTIQUES MECANIQUES

- masse atomique relative : Fe = 56
- masse volumique :  $\rho = 7,86 \text{ g/cm}^3$
- température de fusion :  $\Theta_f = 1528 \text{ }^\circ\text{C}$
- ferromagnétique jusqu'à  $768 \text{ }^\circ\text{C}$

NB : Le ferromagnétisme n'est pas en relation avec la structure cristalline, mais seulement avec la température  
 $768 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$  point de Curie ( P ) du fer

- dureté HB = 80
- résistance à la rupture par traction : R = 30 hbar
- ductilité : A = 35 % ( cas du Fer chimiquement pur, sans emploi dans l'industrie )

### 4.2 : FER " $\alpha$ "

- Il existe au dessous de  $906 \text{ }^\circ\text{C}$
- Il cristallise dans le système " Cubique Centré " Le côté du cube élémentaire  $a = 0,287 \text{ nm}$
- Paramagnétique de  $768 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $906 \text{ }^\circ\text{C}$  ( Fer  $\beta$  )

- Le Fer  $\alpha$  ne dissout pratiquement pas le Carbone ( au maxi 0,045 % à 721 °C )
- R = 25 hbar
- E = 14 daN / mm<sup>2</sup>
- A = 45 %

4.3 : FER "  $\delta$  "

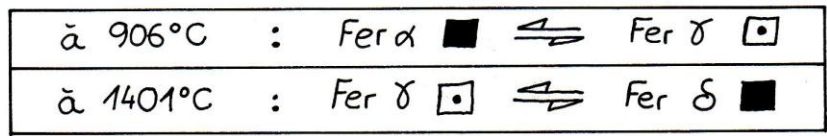
- Il existe de 906 °C à 1401 °C
- Il cristallise dans le système " Cubique à Faces Centrées " Le coté du cube élémentaire b = 0,363 m $\mu$
- Il est amagnétique
- Il dissout facilement le Carbone ( au maxi 1,7 % à 1145 °C )
- R = 60 hbar
- E = 25 daN / mm<sup>2</sup>
- A = 50 %

4.4 : FER "  $\delta$  "

- IL existe de 1401 °C à 1528 °C
- Réseau " Cubique centré " Le coté de la maille élémentaire a = 0,293 m $\mu$
- Amagnétique
- Il dissout un peu mieux le Carbone ( au maxi 0,07 % à 1487 °C )

4.5 : CONCLUSIONS

- Les transformations subies par le Fer sont réversibles , on les symbolise :



- Les variations de dissolution du Carbone jouent un rôle très important lors des traitements thermiques des Aciers.

