

Chapitre I: Généralités - Propriétés physico-mécaniques des matériaux.

1. Introduction

La matière existe généralement sous l'un des états suivants:

1.1. L'état solide

Dans un solide, les grains de matière (*atomes, ions ou molécules*) qui constituent un solide sont liés entre eux par de puissantes forces appelées **forces de cohésion**. Ces forces rassemblent les particules de matière et les maintiennent dans des positions fixes.

Quand ces particules sont agencées de façon très organisée et régulière, le solide est un **crystal** (*on parle aussi de **solide cristallin***).

1.2. L'état liquide

Dans un liquide, les forces de cohésion sont moins fortes que dans un solide. Elles rassemblent les particules mais ne les empêchent pas de se déplacer les unes par rapport aux autres.

1.3. L'état gazeux

Dans un gaz, les forces de cohésion sont nulles. Ainsi, **un gaz se dilate indéfiniment**, jusqu'à ce qu'il occupe tout l'espace disponible. Inversement, **un gaz peut être comprimé** dans un petit volume.

La figure 1 montre les changements d'états de la matière.

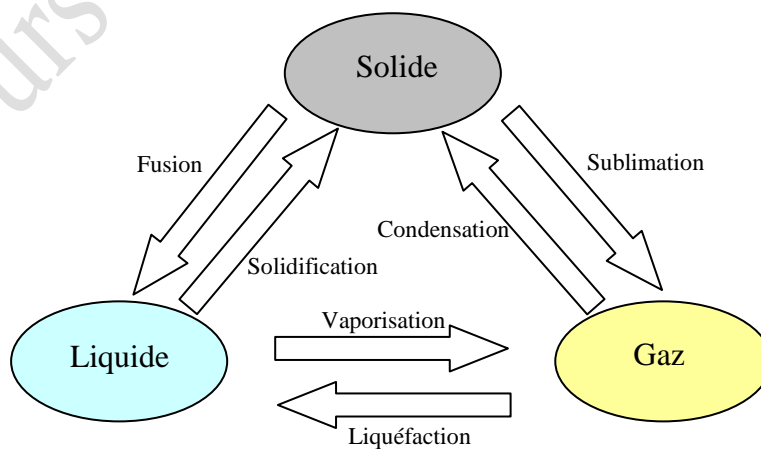


Figure 1 - les changements d'états de la matière.

1.4. Le plasma

Le plasma est un fluide formé d'un ensemble de molécules gazeuses, d'ions et d'électrons. Il est considéré comme étant le 4^{ème} état de la matière.

2. Les Matériaux industriels

En dit par matériaux industriels, tout matériaux ayant subi des transformations (*chimiques, physiques ou mécaniques*) depuis sa forme naturelle (*ou brut*) pour donner naissance à un produit industriel fini ou semi-fini, à fin d'être utiliser dans d'autre domaines ou industries.

On appelle géomatériau, tout matériau issu de la géologie. On distingue ainsi:

- Les **géomatériaux naturels** (*les granulats, roches, ...etc.*).
- Les **géomatériaux artificiels** (béton, verre, composites, ...etc.).

3. les propriétés des matériaux

Il faut noter que les propriétés des matériaux industriels son normalisées. Il existe donc des normes pour déterminer ces propriétés, afin que les résultats des essais dans les laboratoires soient comparables.

Chaque entreprise manufacturant des matériaux doit avoir un laboratoire de contrôle de qualité pour vérifier la conformité des matériaux produit aux normes.

Il est formellement interdit de produire et d'utilisé des matériaux non-conformes aux exigences techniques.

On distingue essentiellement les propriétés suivantes:

- Les propriétés **physiques** liées à la nature et la structure des matériaux (masse, porosité, ...etc.);
- Les propriétés **mécaniques** (résistance, ...etc.).

4. Propriétés physiques

4.1. La masse volumique

On appelle masse volumique d'un matériau, la masse de l'unité de volume:

$$\rho_v = \frac{M}{V_t} \quad [\text{Kg/m}^3]$$

4.2. La masse spécifique

On appelle masse spécifique d'un matériau, la masse du volume absolu de ce matériau. Ou bien c'est le rapport de la masse d'un échantillon sur son volume absolu (volume absolu (volume de matière plane):

$$\rho_s = \frac{M}{V_a} \quad [\text{Kg/m}^3]$$

On déduit la masse spécifique pour les matériaux denses par la méthode de **la balance hydrostatique**. Pour les matériaux poreux, la masse spécifique se mesure à l'aide d'un instrument qui s'appelle **pycnomètre**.

4.3. Le poids unitaire (*poids volumique total*)

Le poids unitaire d'un matériau est le rapport du poids total sur le volume total:

$$\gamma = \frac{P}{V_t} = \frac{M \cdot g}{V_t} \quad [\text{N/m}^3]$$

4.4. La porosité

Les pores sont de différentes formes et repartitions. D'après leur capacité de se remplir d'eau, on peut déterminer le pourcentage du volume des pores (vides) par rapport au volume total:

$$n = \frac{V_v}{V_t} \quad [\%]$$

4.5. L'indice des vides

L'indice des vides d'un matériau est le rapport du volume des vides sur le volume solide:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad [\%]$$

où: $V_s = V_t - V_v$

4.6. La teneur en eau (*l'humidité*)

La teneur en eau w est le rapport de la masse d'eau, à la masse du solide sec:

$$w = \frac{M_w}{M_s} \quad [\%]$$

4.7. Le degré de saturation

On appelle degré de saturation S_t le rapport du volume de l'eau, au volume des vides:

$$Sr = \frac{V_w}{V_v} = \frac{w}{\frac{\gamma_w}{\gamma_d} + \frac{\gamma_w}{\gamma_s}} = \frac{w\gamma_d}{n\gamma_s} \quad [\%]$$

Le degré de saturation des matériaux industriels poreux est toujours inférieur à 100 %.

4.8. La compacité

On appelle compacité, le rapport du volume solide sur le volume total:

$$C = \frac{V_s}{V_t} \quad [\%]$$

La compacité caractérise le degré de remplissage du matériau par la matière solide

4.9. L'hygroscopicité

L'hygroscopicité d'un matériau est sa capacité à absorber l'eau qui se trouve dans l'air et de la condenser dans ses pores.

Certains matériaux retiennent les molécules d'eau par leurs surfaces, on les appelle: **matériaux hydrophiles**.

D'autres matériaux au contraire, repoussent les molécules d'eau, on les appelle: **matériaux hydrophobes**.

L'hygroscopicité peut être un inconvénient du point de vue des propriétés mécaniques des matériaux elle influe directement dans la résistance de certains matériaux. Toute fois, cette propriété peut jouer un rôle dans le maintien de l'équilibre de l'humidité ambiante locale.

4.10. La perméabilité à l'eau

C'est la capacité d'un matériau de se laisser traverser par l'eau sous l'action d'une différence de pression entre ses deux faces. Elle est caractérisée par un coefficient de perméabilité (*filtration*) K_f :

$$K_f = \frac{V.e}{S.(P_1 - P_2)T} \quad [\text{m/s}]$$

V: volume d'eau qui traverse l'échantillon;

e: épaisseur de l'échantillon;

S: surface de l'échantillon;

T: temps de filtration de l'eau;

P1: pression exercée à une extrémité;

P2: pression exercée à l'autre extrémité;

K_f : est le volume d'eau passant à travers une paroi de surface 1m^2 , d'épaisseur 1m , dans un temps $T= 1\text{h}$, sous une différence de pression $P1-P2= 1\text{ bar}$.

La perméabilité à l'eau dépend dans une large mesure de la porosité du matériau.

4.11. La résistance au gel

C'est la capacité d'un matériau saturé d'eau de supporter la congélation et le dégel d'eau, sans montrer de signes de destruction ou de perte de résistance mécanique.

La destruction du matériau est provoquée par l'augmentation de 9% du volume de l'eau se trouvant dans les pores du matériau.

La plus grande délimitation de l'eau a lieu au moment de sa transformation en glace sous la température de (-40°C).

La résistance au gel d'un matériau dépend de sa densité (*porosité*) et du degré de saturation en eau.

Un matériau est considéré résistant au gel si après un nombre déterminé de cycles de congélation et de dégel en état saturé sa résistance diminue de moins de 15 % et si les pertes de poids et > 5 %.

Le coefficient de résistance au gel:

$$K_{Rg} = \frac{R_{Rg}}{R_{sat}}$$

où:

R_{Rg} : résistance à la compression du matériau après l'essai de résistance au gel.

R_{sat} : résistance à la compression du matériau saturé d'eau.

4.12. La conductibilité thermique

C'est la capacité d'un matériau de se laisser traversé par la chaleur. Elle est mesurée par le coefficient de conductibilité thermique (λ):

$$\lambda = \frac{Q.e}{(t_1 - t_2)S.T}$$

où:

Q: quantité de la chaleur.

e: épaisseur de l'échantillon.

S: surface de l'échantillon

t_1-t_2 : la différence de température entre les deux surfaces de l'échantillon.

T: temps nécessaire à (Q) pour traverser l'échantillon.

λ : la quantité de chaleur [1 W/m.K] qui traverse un échantillon d'épaisseur 1 m, de surface 1m², $\Delta_t = t_1 - t_2 = 1^\circ \text{C}$, pendant T= 1 heure.

Les matériaux humides transfèrent mieux la chaleur que les matériaux secs, parce que la conductibilité thermique de l'eau est supérieure à celle de l'air.

4.13. La capacité calorifique

C'est la capacité d'un matériau d'absorber une certaine quantité de chaleur en s'échauffant.

La capacité calorifique s'exprime par le coefficient de chaleur spécifique (C) qui est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de (1° C) la température de 1 kg de matériau:

$$C = \frac{Q}{M(t_1 - t_2)} \quad [\text{J/kg.}^\circ\text{C}]$$

où:

Q: quantité de la chaleur dépensée pour chauffer un matériau de température initiale t_1 à t_2 .

M: masse de matériau.

t_1 : avant chauffage.

t_2 : après le chauffage.

4.14. La réfractarité

C'est le pouvoir d'un matériau de résister à l'action continue de haute température sans se déformer ou fondre.

- Les Matériaux réfractaires: ils résistent à une température $> 1580^\circ\text{C}$
- Les Matériaux peu réfractaires: ils résistent à une température entre 1350 et 1580°C
- Les Matériaux fusibles: ils résistent à une température $< 1350^\circ\text{C}$

4.15. La résistance au feu

C'est la capacité d'un matériau de résister à l'action prolongée du feu sans perdre sa résistance. Cette propriété est importante en cas d'incendie.

5. Résistance mécaniques

C'est la capacité d'un matériau de ne pas se détruire sous l'action de forces extérieures ou d'autres agents comme le changement de température.

Selon le mode d'application des forces extérieures on désigne:

- la résistance à la compression uniaxiale ou triaxiale;
- la résistance à la traction;

La résistance mécanique d'un matériau est caractérisée par la limite de sa résistance qui correspond à la charge de rupture.

5.1. Résistance à la compression

Elle se mesure expérimentalement en écrasant des éprouvettes. Dans ce cas on utilise des éprouvettes de forme cylindrique ou prismatique ($H = 2 D$).

La résistance à la compression est déterminée par:

$$R_c = \frac{P}{S}$$

P: La force de pression appliquée ayant causé la rupture

S: la surface transversale de l'éprouvette.

5.2. Résistance à la traction

Cette résistance est déterminée par un essai de traction indirect (l'essai Brésilien) sur une éprouvette cylindrique.

La résistance traction est déterminée par la formule:

$$R_t = \frac{2.P}{\pi.D.l}$$

P: charge d'écrasement à la rupture.

D: diamètre de l'éprouvette.

l: longueur de l'éprouvette.