



Un matériau possède de nombreuses caractéristiques techniques qui lui sont propres. La connaissance de ces caractéristiques doit permettre de simplifier le choix des matériaux utilisés pour remplir la fonction d'un produit, mais également de mesurer l'impact environnemental associé au cycle de vie du produit.

1. Propriétés physiques

Les propriétés physiques mesurent le comportement des matériaux soumis à l'action de la température, des champs électriques ou magnétiques, ou de la lumière.

1.1. La masse volumique

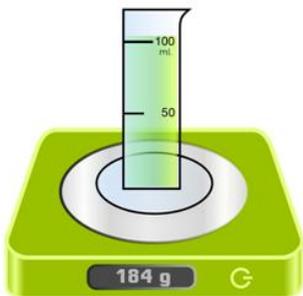
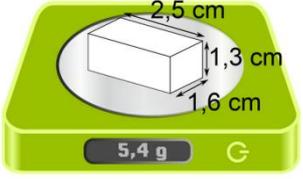
La masse volumique d'un liquide ou d'un solide est la masse de matériau par unité de volume. Elle est généralement notée ρ (« rho ») et est déterminée par la relation :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Avec :

- m : la masse en gramme (ou ses multiples et sous-multiples)
- V : le volume en L ou en m^3 (ou ses multiples et sous-multiples)

Pour réaliser **la mesure de la masse volumique** d'un matériau, il existe 2 possibilités :

Matériau liquide	Matériau solide
On place sur une balance une éprouvette graduée contenant le liquide. La balance indique la masse tandis que l'éprouvette indique le volume.	On place directement sur une balance le matériau. La balance indique la masse et le volume se calcule à partir des formules usuelles.
	

Tous les matériaux ont des masses volumiques différentes, ce qui permet de les caractériser et de les différencier. Par exemple, si on mesure pour un matériau inconnu une masse volumique de $\rho=2300 \text{ kg/m}^3$, on en déduit d'après un référentiel qu'il s'agit de béton.

Matériau	Masse volumique
Or	19 300
Acier	7 850
Béton	2 300
Bois acajou	700
Lait	1 030
Eau de mer	1 000

1.2. La flottabilité

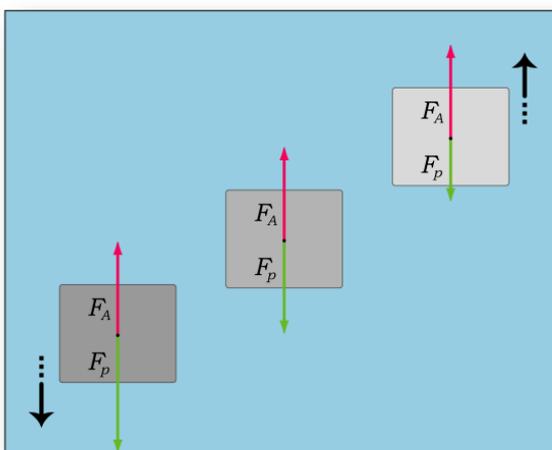
Dans un fluide (gaz ou liquide), les corps sont soumis à la **poussée d'Archimède F_A** . Les corps ont une flottabilité différente selon leur masse volumique et donc leur densité.

La flottabilité est la poussée verticale en Newton, dirigée de bas en haut, qu'un fluide (gaz ou liquide) exerce sur un volume immergé. La flottabilité agit toujours dans la direction opposée à la gravité.

$$F_A = \rho_F \times V \times g$$

Avec :

- ρ_F : masse volumique du fluide en kg/m^3 (par exemple $\rho_{F(\text{eau})} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$)
- V : volume du corps immergé en L ou en m^3
- g : accélération de la pesanteur en N/kg (ou en m/s^2)

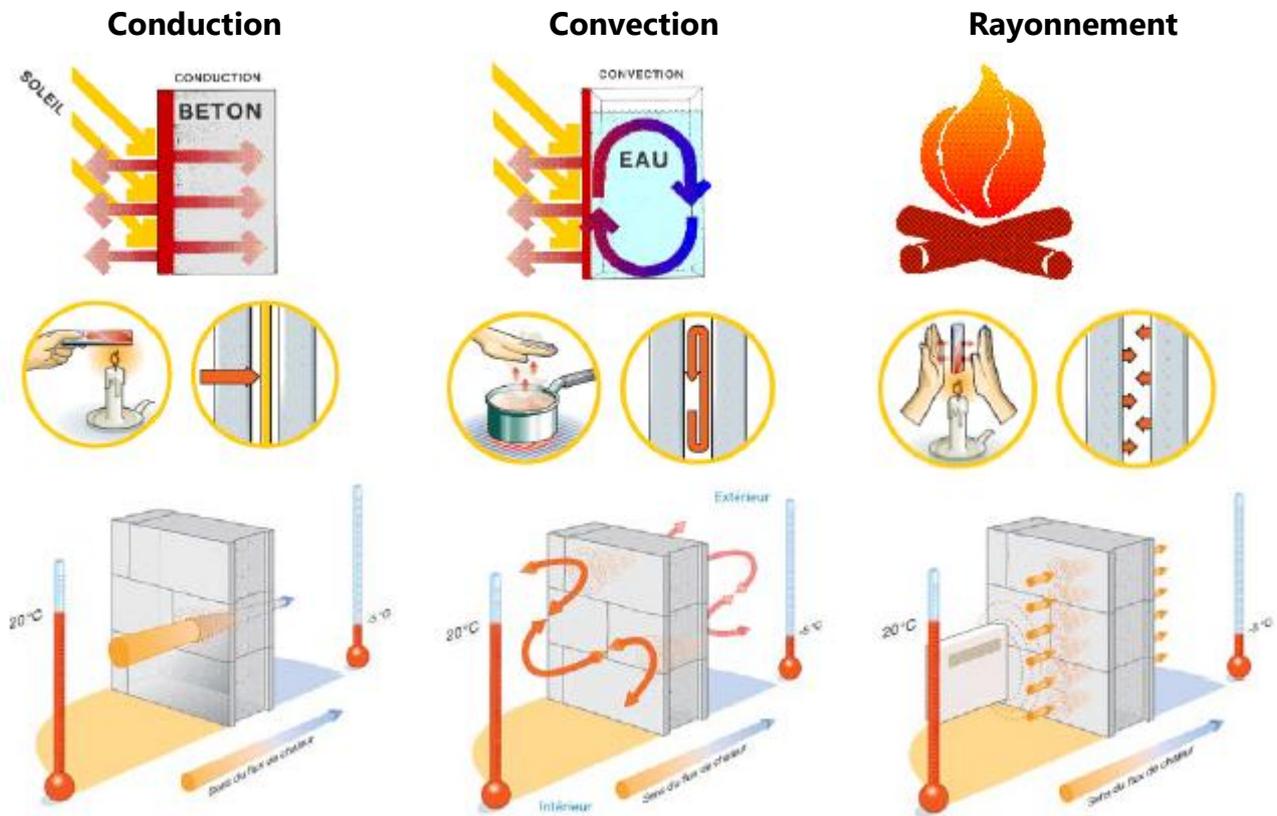


Selon la différence entre la force d'Archimède F_A et la force de pesanteur F_P , on distingue 3 possibilités :

- $F_A > F_P$: l'objet remonte
- $F_A = F_P$: l'objet flotte en étant immergé
- $F_A < F_P$: l'objet coule

1.3. La chaleur

La **chaleur Q** désigne la quantité d'énergie (en Joule) apportée à un corps qui a pour conséquence une augmentation de sa température. La chaleur va toujours de la température la plus chaude vers la température la plus froide.



- Le transfert par **conduction** : La conduction se fait dans le solide. Plus le matériau est isolant, moins il y a de conduction.
- Le transfert par **convection** : La convection se fait essentiellement dans les fluides (air, eau ...). Le fluide chaud va vers le fluide froid et donc il y a un échange thermique entre les deux fluides jusqu'à obtenir une température d'équilibre.
- Le transfert par **rayonnement** : Le rayonnement se fait par onde électromagnétique. La mesure de la température d'un objet ne peut se réaliser, sans contact, que par l'analyse de son rayonnement via une caméra thermique.

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

Avec :

- m : masse du corps en kg
- c : chaleur massique du corps en J/kg.K
- Δt : différence de température entre la température initiale et finales du corps en K

1.4. La conductivité thermique

La **conductivité thermique λ** est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction. Elle représente l'énergie (quantité de chaleur) transférée par unité de surface et de temps. Son unité est le W/m.K.

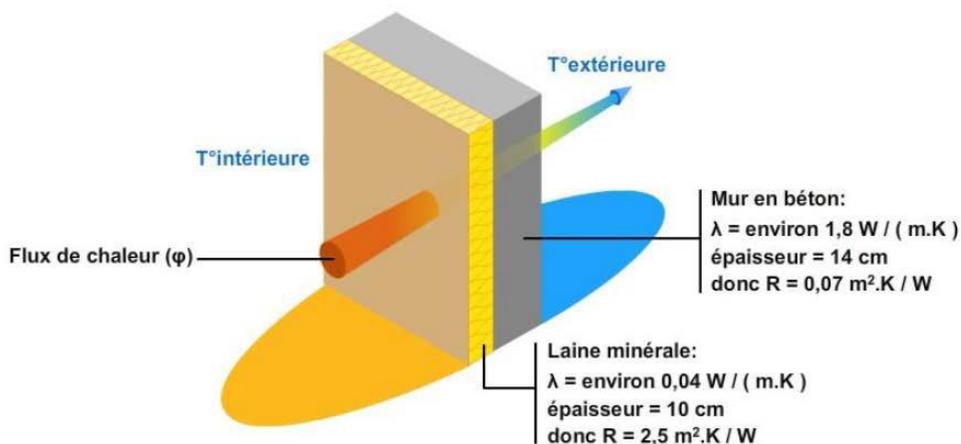
Plus la conductivité thermique est élevée, plus le matériau est conducteur de chaleur. Plus elle est faible, plus le produit est isolant.

En termes de bâtiment, selon la norme française RT2012, un matériau est considéré comme **isolant** si sa conductivité thermique est inférieure à 0,065 W/m.K. Voici quelques exemples d'isolants :

Matériau	Conductivité thermique
Carton	0,11
Laine	0,05
Laine de roche	0,033
Laine de verre	0,03
Mousse de polyuréthane	0,025

1.5. La résistance thermique

La **résistance thermique R** représente la capacité d'un matériau isolant à s'opposer au flux de chaleur en prenant en compte son épaisseur. Son unité est le m².K/W.



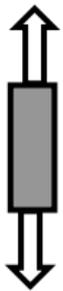
$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Avec :

- e : épaisseur de la paroi en m
- λ : conductivité thermique de la paroi en W/m.K

2. Propriétés mécaniques

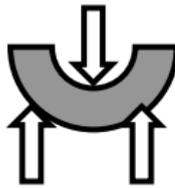
Les propriétés mécaniques reflètent le comportement des matériaux soumis à des sollicitations mécaniques telles que des pressions, des étirements, des torsions, des frottements, des cisaillements, des chocs ou sous l'effet de la pesanteur.



Traction



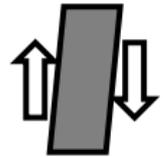
Compression



Flexion



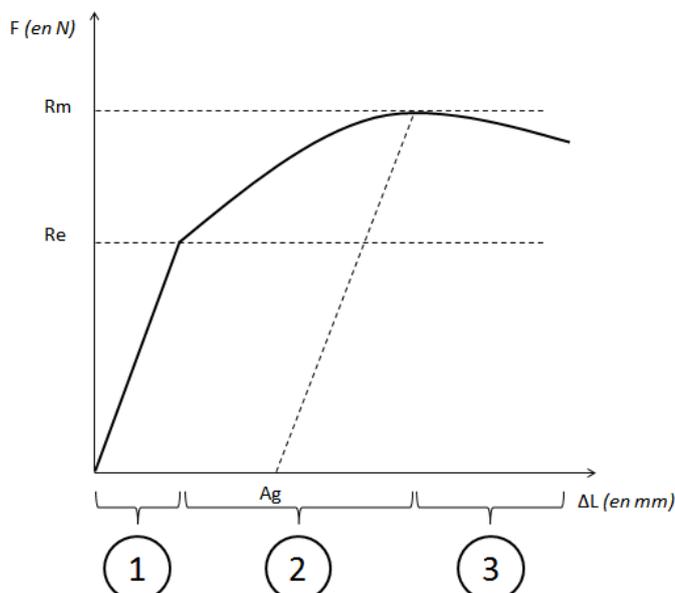
Torsion



Cisaillement

2.1. L'essai de traction

L'essai de traction, à lui seul, permet de définir les caractéristiques mécaniques courantes utilisées en Résistance des Matériaux (RdM). La seule connaissance des paramètres de l'essai de traction permet de prévoir le comportement d'une pièce sollicitée en cisaillement, traction, compression, flexion, torsion. Des caractéristiques telles que la **résistance élastique**, la **résistance mécanique** et l'**allongement** seront déterminées lors d'un essai de traction.



L'essai consiste à solliciter en traction une éprouvette vérifiant les hypothèses de forme de la RdM, c'est à dire un élément pouvant être considéré comme une poutre. Durant cet essai, un effort de traction est appliqué à l'une des extrémités de l'éprouvette, l'effort étant variable et ne cessant d'augmenter, il va engendrer une déformation de l'éprouvette. Il ne reste plus qu'à relever les différents allongements correspondant aux différents efforts.

Dans le graphique de l'essai apparait distinctement 3 zones :

- La zone 1 est appelée **partie élastique** (linéaire), c'est-à-dire que dans cette zone, les déformations sont réversibles (si l'on relâche l'effort, l'éprouvette retrouvera sa forme de départ). R_e est la **résistance élastique** délimitant la zone 1 et 2.
- La zone 2 est appelée **partie plastique**, c'est-à-dire que dans cette zone les déformations sont irréversibles (si l'on relâche l'effort, l'éprouvette va revenir à une forme qui n'est pas sa forme de départ). Il restera donc une **déformation résiduelle** (A_g). R_m est la **résistance mécanique** délimitant la zone 2 et 3.
- La zone 3 est la **partie endommagement**, c'est-à-dire que dans cette zone l'éprouvette subit une striction (rétrécissement brutal de la section). Nous avons donc endommagé l'éprouvette, cette zone est à éviter lors d'un dimensionnement de pièces.

2.2. La contrainte

Une contrainte correspond simplement à une force s'appliquant sur une surface, elle s'exprime comme une pression en Pascal (Pa), cela correspond à un newton s'appliquant sur un mètre carré. On utilise régulièrement ses multiples : MPa ($1\text{N}/\text{mm}^2$) et GPa.

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Avec :

- F : intensité de la force s'appliquant sur le matériaux en Newton
- S : surface sur laquelle s'applique la force en m^2

2.3. La déformation

La déformation peut être réversible ou irréversible. Un matériau solide se déforme lorsque des forces lui sont appliquées. Un matériau élastique retrouve sa forme et sa taille initiales quand ces forces ne s'exercent plus, jusqu'à une certaine limite de la valeur de ces forces. La déformation s'exprime en % (sans unité).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Avec :

- L_0 : longueur initiale de l'éprouvette en mètre
- L : longueur après application d'une contrainte en mètre

