Chapitre 1

Généralités : qu'est-ce qu'un matériau ?

Les objets qui nous entourent, que nous manipulons quotidiennement, sont tous constitués d'une matière choisie pour sa bonne adaptation à la fonction de l'objet en question et au procédé utilisé pour conférer à l'objet la forme souhaitée. La notion de **matériau** est donc rigoureusement indissociable de l'intérêt que peut présenter la substance en question pour l'obtention d'un objet fini (figure 1.1).

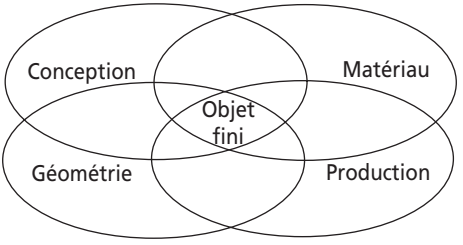

Figure 1.1 Interactions présidant à la réalisation d'un objet fini.

1.1 DÉFINITION

De manière symbolique et résumée, un **matériau** est une **matière** dont on fait un **matériel**.

De manière plus précise et plus complète :

> Un matériau est la forme marchande d'une matière première choisie en raison de propriétés d'usage spécifiques et mise en œuvre par des techniques appropriées pour l'obtention d'un objet de géométrie donnée à fonction préméditée.

Tous les matériaux ont donc un rôle direct à jouer dans une fonction ou une combinaison de fonctions de l'objet qu'ils constituent. Une terminologie courante consiste à distinguer, parmi les dizaines de milliers de matériaux utilisés dans les applications de toutes sortes, les **matériaux de structure**, dont la fonction essentielle consiste à supporter des sollicitations mécaniques, et les **matériaux fonctionnels** dont le rôle principal est d'un autre registre physico-chimique : optique, électrique, magnétique, thermique, etc. Cette distinction étant quelque peu simpliste bien que fréquente, c'est sur d'autres bases plus précises que sera fondée la classification des matériaux présentée au paragraphe 2.3.

1.2 PROPRIÉTÉS

Les propriétés d'usage des matériaux ont essentiellement deux origines :

– leur **composition chimique** (*nature* des espèces atomiques qui les constituent) ;
– leur **microstructure** (*organisation* des atomes constitutifs).

La caractéristique la plus évidente de la matière non vivante qui nous entoure est son **état physique** : solide, liquide ou gazeux. Ces différents états physiques proviennent essentiellement des effets de la **température** sur la microstructure, perceptibles à travers les variations de la **viscosité** de la matière, c'est-à-dire sa résistance à l'écoulement (figure 1.2).

La **température** de la matière mesure essentiellement le degré d'agitation et de désordre (ou **entropie**) des atomes qui la constituent. Lorsqu'elle s'élève, les atomes vibrent autour de leur position moyenne à la fréquence de Debye ν_D (cf. Annexe), occupant ainsi un espace plus important (d'où la dilatation thermique) et se déplaçant plus facilement (d'où la diffusion et la mobilité atomique). Ce n'est qu'au zéro absolu de l'échelle Kelvin qu'ils seraient rigoureusement immobiles.

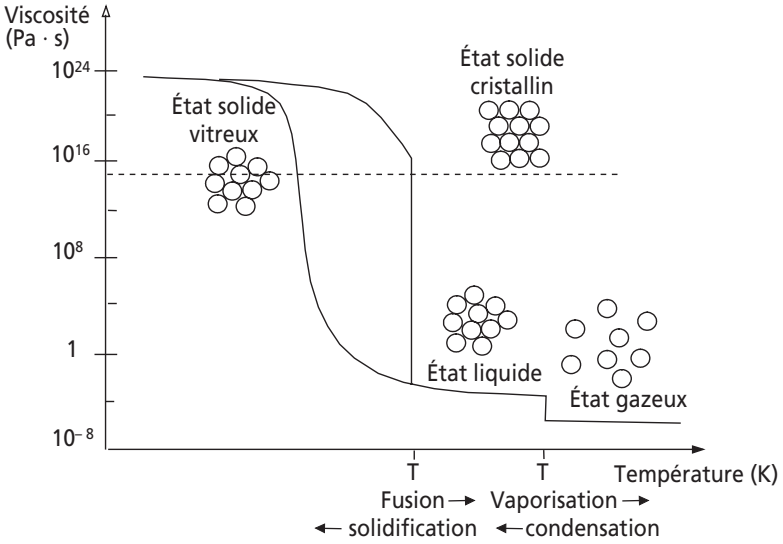

Figure 1.2 Changements d'état
de la matière en fonction de la température.

– À température élevée, la matière est à l'**état gazeux**, état caractérisé par une **distance importante** entre atomes ou molécules disposés alors en **désordre**. Un gaz est donc compressible et très fluide. Sa viscosité est de l'ordre de 10^{-5} poiseuilles (Pl) ou Pa s (cf. Annexe « Constantes physiques et unités de mesure »).
– À température plus basse, les forces d'attraction interatomiques ou intermoléculaires deviennent non négligeables devant l'agitation thermique et peuvent provoquer le passage à l'**état liquide**. Les atomes ou molécules sont alors en **désordre**, mais à **courte distance**. Un liquide est donc fluide et peu compressible. Sa viscosité est de l'ordre de $10^{-3 \text{ ou } -4}$ Pl.
– À température encore plus basse, les forces d'attraction interatomiques devenant encore plus prépondérantes, la matière peut passer à l'**état solide cristallisé**, augmentant ainsi en général sa compacité. Les atomes sont alors **ordonnés** et à **courte distance**. Un

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.

solide cristallin est donc très peu fluide et très peu compressible. Sa viscosité est de l'ordre de 10^{17} Pl.

– Si l'abaissement de température s'effectue rapidement par rapport à la mobilité atomique, les atomes n'ont pas la possibilité de s'ordonner avant que l'arrêt de la diffusion ne les immobilise. Le liquide se fige alors en **solide amorphe ou vitreux**, les atomes y sont en **désordre** à **courte distance**. La viscosité d'un solide vitreux varie continûment avec la température depuis celle d'un liquide jusqu'à celle d'un solide, la limite liquide/solide s'établissant à une viscosité d'environ 10^{15} Pl.

La **pression** joue également un rôle dans les changements d'état de la matière (figure 1.3) : une augmentation de pression tend à élever les températures de changement d'état, car son action stabilise les états condensés (solide, liquide), par rapport à l'état dispersé (gazeux). Cet effet est perceptible sur la plupart des matériaux (à l'exception notable de la glace, forme solide de l'eau).

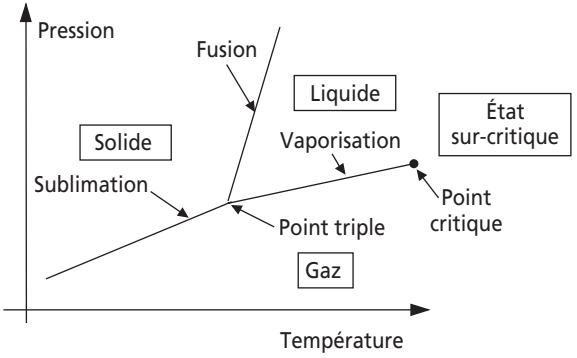

Figure 1.3 Variation des états physiques en fonction de la pression et de la température.

Les matériaux étant destinés à la réalisation d'objets capables de résister aux manipulations et au moins aux sollicitations de leur propre poids, la suite de cet ouvrage est essentiellement consacrée aux matériaux solides, amorphes ou cristallins. Nous étudierons notamment comment ces matériaux se comportent lorsque les pièces qu'ils constituent sont sollicitées en service (figure 1.4).

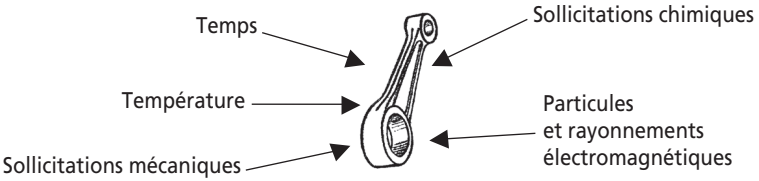

Figure 1.4 Types de sollicitations subies par un matériau en service.

© Dunod – Toute reproduction non autorisée est un délit.