Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

éduscol Informer et accompagner les professionnels de l'éducation

CYCLES 2 3 4

SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Approfondir ses connaissances

Matériaux et objets techniques

Relations formes, fonctions et procédés

Introduction

Les fiches connaissances ont pour objectif de présenter les principales connaissances et savoir-faire scientifiques et technologiques du thème « Matériaux et objets techniques » du programme de « Sciences et technologie » du cycle 3.

Ces fiches ne constituent en aucune manière un manuel d'enseignement des sciences et technologie ni un document pédagogique qui décrirait des situations d'enseignements. Elles sont destinées aux professeurs, afin de les aider à maitriser les concepts et notions disciplinaires. Elles ne sont pas destinées aux élèves. Les contenus peuvent aller au-delà de ce qui est attendus dans les programmes.

Références au programme

IDENTIFIER LES PRINCIPALES FAMILLES DE MATÉRIAUX	
• Familles de matériaux (distinction des matériaux selon les relations entre formes, fonctions et procédés). • Caractéristiques et propriétés (aptitude au façonnage, valorisation). • Impact environnemental.	Du point de vue technologique, la notion de matériau est à mettre en relation avec la forme de l'objet, son usage et ses fonctions et les procédés de mise en forme. Il justifie le choix d'une famille de matériaux pour réaliser une pièce de l'objet en fonction des contraintes identifiées. À partir de la diversité des familles de matériaux, de leurs caractéristiques physico-chimiques, et de leurs impacts sur l'environnement, les élèves exercent un esprit critique dans des choix lors de l'analyse et de la production d'objets techniques.

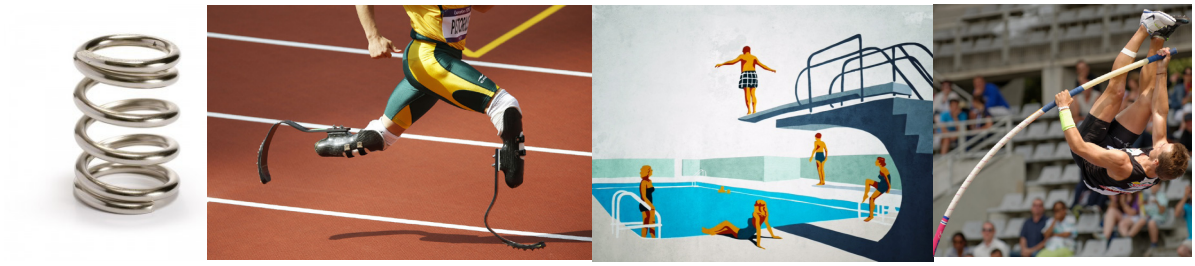
En phase de conception d'un produit, les choix de la forme, du matériau et du procédé sont intimement liés. Le coût de réalisation et le coût écologique sont également des éléments de choix.

Qu'attend-t-on d'un produit ?

Ses qualités mécaniques ou dimensionnelles

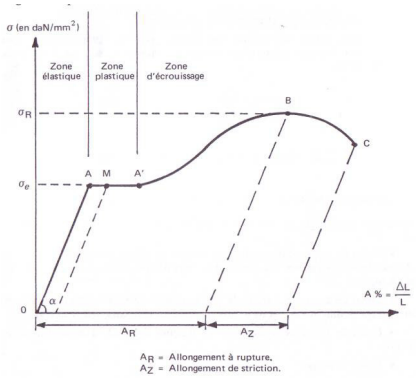
De nombreux termes désignant les propriétés des matériaux: résistance, élasticité, dureté, résilience, fatigue, **l'endurance**, etc.

L'Élasticité

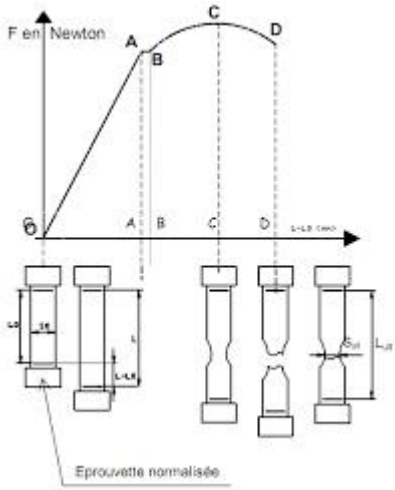


En physique, l'élasticité est la capacité d'un matériau à reprendre sa forme après déformation (réversible). Le matériau reprend sa forme initiale et restitue l'énergie nécessaire à la déformation.

Lorsque l'on applique des forces sur un matériau, une pièce, un objet (on le tire, on le comprime, on le tord...), celui-ci commence par se déformer de manière réversible (zone élastique OA). Pour les matériaux dits « ductiles », lorsque l'on augmente la sollicitation, on déforme de manière définitive la pièce (BC) et après arrêt de la sollicitation, la pièce reste déformée.



D'une manière générale, on parle d'élasticité lorsqu'il y a conservation d'énergie. Par exemple lors d'une déformation élastique, le travail de la force nécessaire à la déformation est stocké sous forme d'énergie potentielle dans l'élément déformé. Autre exemple, dans un choc élastique, les objets s'échangent leur énergie cinétique, mais il n'y a pas de perte par frottement ou par déformation résiduelle (de fait, la déformation est élastique).



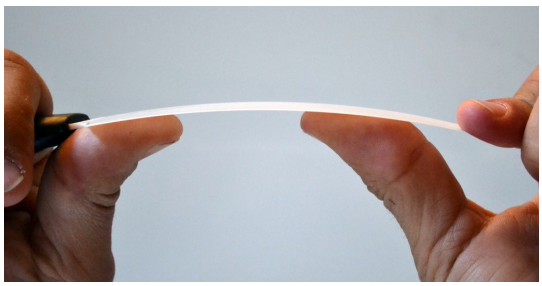
La Plasticité

C'est la capacité d'un matériau à se déformer de manière permanente (irréversible) sous l'effet d'une action et à la conserver à l'arrêt de cette action.

C'est par exemple le cas d'une petite cuillère qui a été tordue: on a dépassé la limite d'élasticité pour rentrer dans la zone de déformation plastique.

Certains matériaux, dits « **fragiles** », cassent dans ce mode de déformation si la sollicitation est trop forte.

Exemple : les couteaux en céramique sont très durs mais fragiles en cas de forte déformation. Ils se rompent rapidement.



Le cintre de la trottinette réalisé par **cintrage** : cela demande une bonne **plasticité** du matériau.

*Une canette est réalisée avec une tôle en aluminium **étirée**, les extrémités sont **emboutis** puis **sertis** (comme les bijoux)* : le matériau est très **malléable**.

*Une pièce est **découpée** dans des tôles **étirées** puis **emboutie**.*

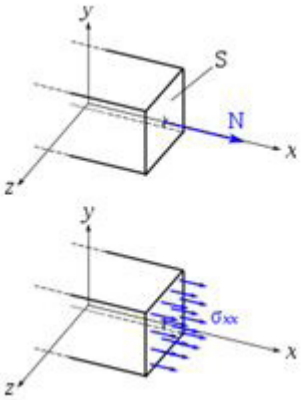
La résistance à la rupture

C'est la contrainte correspondant à la rupture de la pièce.

Une **contrainte** est une force par unité de surface. Une **force** s'exprime en Newton (N).

Un kilogramme est égale à environ 10 newtons (car le poids P= m.g avec g =9.8 m·s-^{2} la constante gravitationnelle). Une contrainte s'exprime en N·mm-^{2}.

Avec une grande résistance à la rupture, le matériau est très résistant et ne casse pas facilement.



Les matériaux métalliques sont beaucoup plus résistants que les matières plastiques.

Les aciers peuvent avoir des **résistances très variables** (entre 150 et 1500 N·mm-^{2}) suivant leur composition.

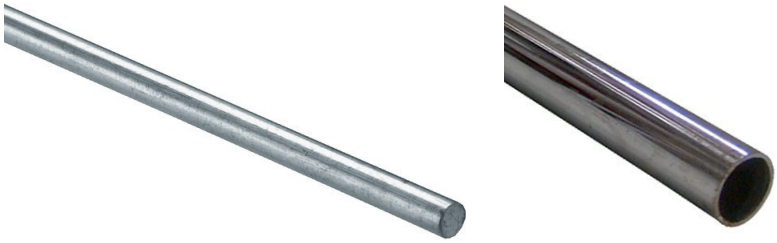
Le câble et la pince de télésiège débrayable sont en métal. Le châssis supportant les roues des rollers est en métal également.

Les métaux sont **recyclables** en les faisant fondre.

Les plastiques **chargés** en fibres deviennent de plus en plus solides. *Par exemple, les fixations de ski de randonnée ou freeride sont en métal et en plastique.*

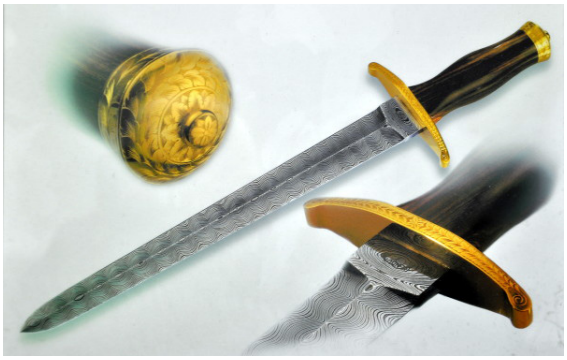
Le **poids** est un critère très important. Par contre le prix est élevé.

La solidité dépend de la **forme**. Pour la même quantité de matière, le tube creux est bien plus solide : il sera beaucoup plus difficile de le plier.



La dureté

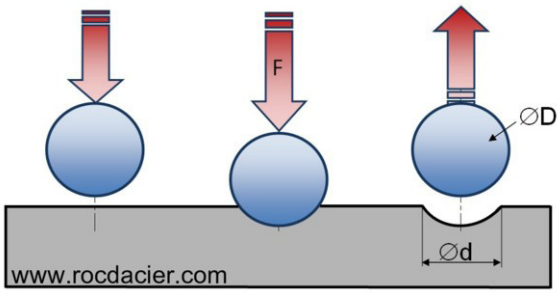
Les matériaux sont plus ou moins durs. La dureté peut être augmentée par des traitements thermiques ou par traitement mécanique comme « **l'écrasement** » du métal.



Les lames sont forgées à l'aide d'un marteau.

La dureté est mesurée par enfoncement d'un poinçon.

Il existe plusieurs échelles de dureté : Rockwell, Vickers.



Le diamant est le matériau le plus dur.

La dureté améliore **l'endurance** : petits efforts répétés qui finissent par provoquer des micro-fissures.

*Les ailes d'avion subissent des vibrations permanentes qui créent une **fatigue** du matériau. La plupart des pièces subissent un écrasement en surface (comme pour le marteau) pour améliorer leur **endurance**.*

La précision dimensionnelle

Certaines surfaces ont besoin d'une grande précision pour guider en rotation par exemple.

*Les roulements à billes de la roue et du guidon de la trottinette ont besoin d'être positionnés par des surfaces précises : ces surfaces sont réalisées par **usinage**, ce qui signifie que les surfaces seront générées par un outil qui enlèvera de la matière, par exemple un foret entrainé par le mandrin d'une perceuse ou l'outil d'un tour.*

Les dimensions doivent respecter une **tolérance** : *par exemple pour la trottinette, l'erreur de dimension sur le diamètre ne devra pas dépasser 21 micromètres soit 0.021 mm !*

Sa structure constituante

Un matériau qui se **solidifie** ou qui est **aggloméré** est moins solide qu'un matériau dont on **déforme les fibres**.

Aggloméré – pas de fibres - peu solide
Meubles

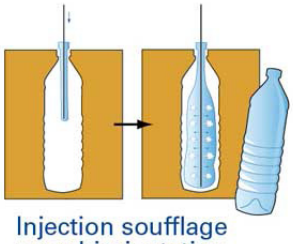
lamellé – déformation des fibres du bois – solide
charpentes de gymnase

Moulage par gravité :
la matière liquide est coulée dans un moule et se solidifie ; la densité est faible
Jante aluminium

Moulage sous pression :
la matière est injectée sous pression, la densité est améliorée
Jante aluminium

Forgeage :
la matière est frappée sans casser les fibres
Jante magnésium
Très cher - Très solide

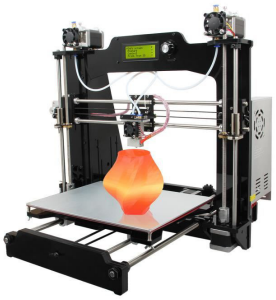
*Les fibres plastiques sont déformées par **soufflage** dans une éprouvette pour obtenir la bouteille.*



Injection soufflage
avec biorientation

*L'alpiniste ne tient que sur l'extrémité de ses crampons de montagne : ceux-ci sont fabriqués par **pliage** pour ne pas casser les fibres du métal.*

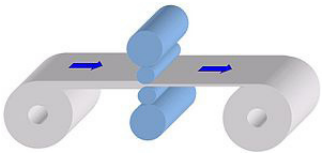
*L'imprimante 3D dépose des couches très fines de plastique fondu qui se solidifie : la **densité** et la **solidité** sont limitées.*



Les fibres peuvent être **naturelles** (bois)

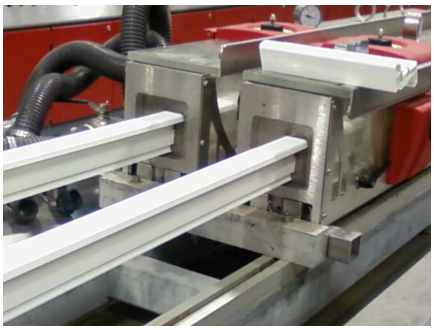
ou obtenues lors de **l'élaboration** :

- **Laminage** :



L'aluminium est écrasé de nombreuses fois entre 2 rouleaux pour aboutir au « papier d'alu » ultra mince (pour avoir un papier plus fin, on met 2 feuilles à la fois d'où l'aspect mat ou brillant).

- **Extrusion**

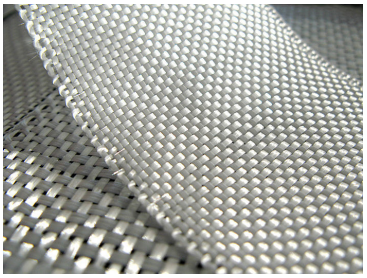
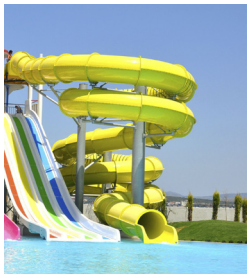


*Les barres sortent d'une filière (comme pour la fabrication des pates) : les fibres sont orientées. On obtient ainsi toutes les barres ou **profilés**.*

Les matériaux composites (un liant + des fibres) allient une certaine facilité de mise en œuvre et une très bonne solidité grâce aux fibres.

*La **fibre de carbone** est très utilisée dans les objets de haute technologie ou pour le sport : drone, voiture de course, … nécessitant résistance et **légèreté**.*

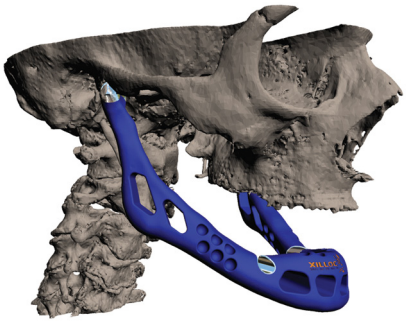
*La **fibre de verre** est moins chère et tout de même très performante.*

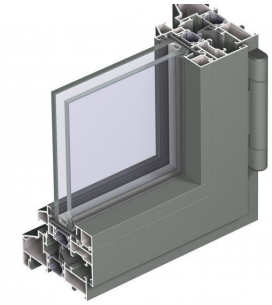
Ses formes

Le procédé de fabrication peut limiter les possibilités de forme.

*En **imprimante 3D**, il n'y a pas de limite de forme hormis la taille des pièces.*

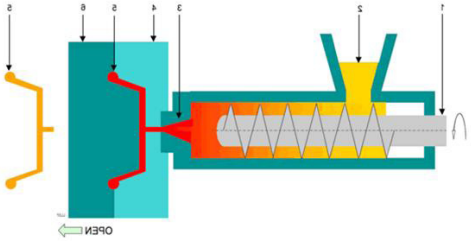


En extrusion, les formes ont le même profil sur toute la longueur :



En moulage, les formes doivent être démoulables, les épaisseurs faibles pour refroidir au plus vite :

Le métal (ou le plastique) est fondu puis injecté sous pression dans le moule

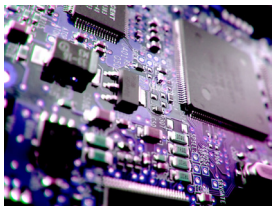


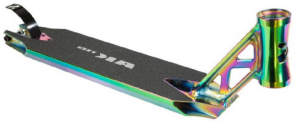
*La jante en aluminium et le pneu en matière plastique sont réalisés en **injection** dans un moule métallique. Leurs formes doivent être démoulables, c'est-à-dire permettre au moule de s'ouvrir et de sortir la pièce. Ici, le moule est le plan de symétrie de la roue.*

La pièce de Lego, la roue de roller, le téléphone portable, les crampons de foot ont des formes démoulables.

En collage ou en soudage, on assemble différentes parties. Les matériaux doivent être compatibles. Tout ne se colle pas facilement, tout ne se soude pas.

Semelles collées


Carte électronique brasé


châssis soudé

En tissage de fibres, les formes ne peuvent pas être trop complexes ou trop petites.