CANTON DE VAUD
DÉPARTEMENT DE LA FORMATION ET DE LA JEUNESSE (DFJ)
SERVICE DES AFFAIRES CULTURELLES
dp • **n°7–2006**

FEUILLE, CAILLOU, CISEAUX À LA DÉCOUVERTE DES MATÉRIAUX

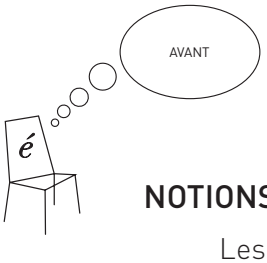
ÉCOLE-MUSÉE

Espace des Inventions
Lausanne

Ce dossier pédagogique a été conçu principalement pour les élèves du cycle primaire et du cycle de transition. Pour les élèves du cycle CYP1, on recommandera plutôt les activités proposées pour introduire l'expo (1A, 2A, 3A, 4A). Moyennant quelques aménagements, ce dossier est également utilisable avec des élèves du cycle secondaire.

TABLE DES MATIÈRES

INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES 2
L'ESPACE DES INVENTIONS EN QUELQUES MOTS 4
INTRODUCTION À L'EXPOSITION 5



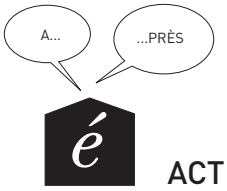
NOTIONS DE BASE DES MATÉRIAUX 6

Les familles de matériaux 6
Connaître un matériau 7
Utiliser un matériau 7

ACTIVITÉS EN CLASSE POUR INTRODUIRE L'EXPO 9

1A Identification des matériaux 9
2A Caractérisation des matériaux 10
3A Jeu des 7 matériaux 11
4A Reconnaître les matériaux 12

A LA DÉCOUVERTE DES MATÉRIAUX 13



ACTIVITÉS EN CLASSE POUR ALLER PLUS LOIN 15

1B Masse volumique 15
2B Conductibilité électrique 15
3B Conductibilité thermique 17
4B Résistance des matériaux à l'eau salée 18
5B Dureté 19
6B Fragile ou élastique ? 20
7B Constructions en papier 21

GLOSSAIRE 22

BIBLIOGRAPHIE, WEBOGRAPHIE 23

INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES

Espace des Inventions
Vallée de la Jeunesse

Espace des Inventions

Vallée de la Jeunesse 1
CH - 1007 Lausanne
www.espace-des-inventions.ch
info@espace-des-inventions.ch

Tél. +41(0)21 315 68 80
Fax +41(0)21 315 68 82

Horaires

L'exposition *Feuille, Caillou, Ciseaux* est présentée du 16 septembre 2006 au 6 janvier 2008.

mardi-samedi	14h00-18h00
dimanche et jours fériés	10h00-18h00
Ouvertures spéciales pour les classes	
mardi-vendredi	8h30-18h00
Fermetures	24, 25, 31 décembre et 1er janvier
	du 31 juillet au 12 août 2007

Tarifs

Ecoles	Fr. 3.- par élève (visite guidée comprise)
Enfant jusqu'à 6 ans	gratuit
Enfant (dès 7 ans)	Fr. 3.-
Etudiant, apprenti, chômeur, AVS	Fr. 3.-
Adulte	Fr. 5.-

A savoir

Pour les écoles, la réservation est obligatoire (au minimum deux semaines à l'avance).

Une visite guidée par des animateurs formés (un animateur pour environ 10 élèves) est organisée. Il faut compter une heure et demi à deux heures sur place.

Les animateurs s'efforcent d'adapter la visite à l'âge et à l'intérêt des élèves.

Pour assurer la pertinence et l'intérêt de la visite, il est fortement conseillé de la préparer en classe AVANT votre venue à l'Espace des Inventions.

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable sur www.ecole-musee.vd.ch et www.espace-des-inventions.ch.

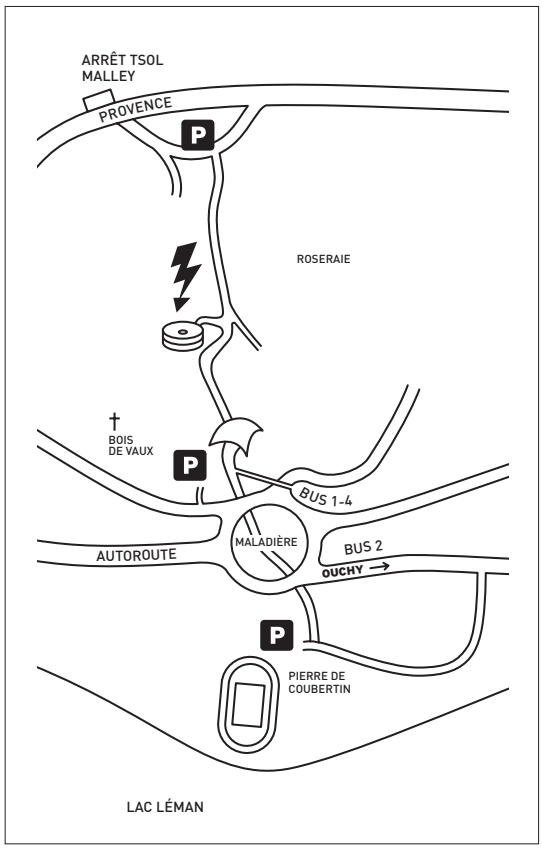
Vous pouvez également l'obtenir par courrier en contactant l'Espace des Inventions.

L'exposition *Feuille, Caillou, Ciseaux* est recommandée pour les enfants à partir du premier cycle primaire (environ 7 ans). Il n'y a, en revanche, pas de limite supérieure. Les curieux de tous horizons et de toutes tranches d'âge y trouveront matière à réflexion et à étonnement.

Accès

En transports publics

Depuis la gare :
bus 1 (direction Maladière), arrêt Maladière.
Depuis le centre ville :
bus 1 ou 4 (direction Maladière), arrêt Maladière.
Depuis Ouchy :
bus 2 (direction Bourdonnette), arrêt Maladière.
Suivre ensuite les panneaux « Vallée de la Jeunesse », puis « Espace des Inventions ».
Remonter une grande passerelle qui passe sous une voûte en béton. L'Espace des Inventions est le bâtiment situé en haut à gauche de cette passerelle. Il a une forme de champignon, muni d'un cadran solaire géant sur le toit.



En voiture

Autoroute direction Lausanne-Sud, Lausanne-Maladière, sortie à la fin de l'autoroute sur le giratoire de la Maladière. Dans le giratoire, prendre la 4e sortie (indiqué Genève, Neuchâtel, Vallorbe). Quelque 100 mètres plus loin, prendre à droite (indication « Espace des Inventions, Vallée de la Jeunesse »). Se garer au parking du cimetière.

L'ESPACE DES INVENTIONS EN QUELQUES MOTS

Ouvert depuis décembre 2000, l'Espace des Inventions est un lieu qui affiche la vocation d'éveiller l'intérêt des jeunes à la science et à la technique, éléments déterminants de notre culture auxquels il convient de sensibiliser les générations futures.

Dans un bâtiment unique datant de l'Exposition nationale de 1964, l'Espace des Inventions propose au public des expositions traitant de thèmes scientifiques. Ces expositions sont conçues de manière à ce que l'appréhension et la compréhension des phénomènes se fassent par l'intermédiaire de l'observation et de la manipulation.

Depuis son ouverture, l'Espace des Inventions a conçu, réalisé et présenté trois expositions : *La lumière, voir plus loin que le bout de son nez* ; *Un équilibre, déséquilibre* et *Plat comme le Globe. Feuille, Caillou, Ciseaux* est ainsi sa quatrième exposition.

L'Espace des Inventions organise régulièrement des ateliers pour les enfants (le Club des Petits Inventeurs) durant lesquels il propose aux jeunes de 7-12 ans de s'initier à la démarche de l'ingénieur en réalisant des expériences scientifiques et des objets techniques qu'ils ramèneront à la maison. Durant ces ateliers, les enfants construisent, par exemple, un moteur électrique, un cadran solaire, un périscope ou encore une voiture solaire.

Sous l'appellation « Pain, Science & Chocolat », un cycle de conférences scientifiques familiales est en outre organisé chaque automne.

L'Espace des Inventions organise enfin diverses animations à caractère scientifique tout au long de l'année sur le site de la Vallée de la Jeunesse ou ailleurs.

L'Espace des Inventions accueille en moyenne 18 000 visiteurs par année.

INTRODUCTION À L'EXPO

Feuille, caillou, ciseaux... Qui ne connaît pas ce jeu tout simple? La feuille emballe le caillou sans pitié. Le caillou brise les ciseaux sans hésitation. Les ciseaux coupent la feuille sans difficulté. Une feuille, un caillou, une paire de ciseaux : trois objets des plus usuels aux propriétés bien différentes, tous trois efficaces dans certaines situations et beaucoup moins convaincants dans d'autres. Mais de quoi sont-ils faits ? En quoi cela a-t-il de l'importance ? En quoi cela leur confère-t-il des qualités ou des défauts ?

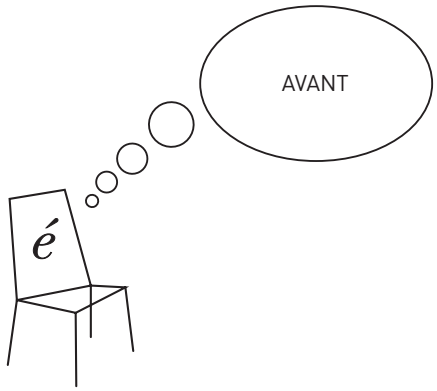
Feuille, Caillou, Ciseaux est une exposition qui part à la découverte des matériaux.

Les matériaux ne se limitent pas aux matériaux de construction comme la langue française le suggère parfois. Ils englobent toutes les matières dont se compose la totalité des objets qui nous entourent : du plastique des bouteilles en PET à l'acier des carrosseries de voiture, en passant par les alliages complexes des instruments du chirurgien ou encore la fibre de carbone des raquettes de tennis.

Le choix de ces différents matériaux ne se fait pas au hasard. Il y a de très bonnes raisons de ne pas construire des murs en PET, des bouteilles en béton, des carrosseries en bois ou encore des raquettes de tennis en acier. Les facteurs de choix des matériaux englobent à la fois les caractéristiques physiques (par exemple la rigidité, la densité, le vieillissement ou la conductibilité thermique) et des notions élémentaires de coût : celui de la matière première et celui de sa mise en oeuvre. Le choix des matériaux est ainsi souvent un compromis entre les propriétés désirées et le coût que va impliquer le choix en question.

L'exposition *Feuille, Caillou, Ciseaux* rentre au cœur de la matière devenue matériau en proposant aux visiteurs diverses manipulations, des jeux et des démonstrations. Elle présente de manière ludique et didactique les principales propriétés des matériaux et permet aux visiteurs de découvrir ou de redécouvrir ceux qui nous entourent, des plus courants aux plus pointus d'entre eux. Elle montre également des exemples de matériaux mal choisis et incite le visiteur à faire ses propres choix. L'exposition invite en définitive à poser un nouveau regard sur les objets qui nous entourent en examinant de quoi ils sont faits et pourquoi.

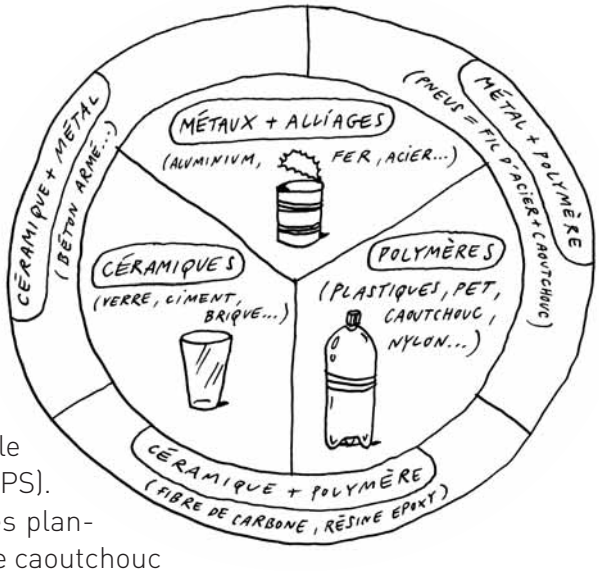
NOTIONS DE BASE DES MATÉRIAUX



Les familles de matériaux

Il existe des grandes familles de matériaux. Cette classification est établie sur la base de leur composition, de leur structure et de leurs propriétés :

- les plastiques (polymères)
- les métaux et alliages
- les céramiques
- les composites



Les **plastiques**, appelés polymères par les scientifiques, sont essentiellement composés de longues molécules de carbone et d'hydrogène. Ils sont fabriqués à partir de pétrole par des transformations chimiques. Parmi les plastiques les plus utilisés, on trouve par exemple le polyéthylène (PE), le polyéthylène téréphtalate (PET) ou le polystyrène (PS). Il existe également de nombreux plastiques tirés des plantes : à titre d'exemple, la cellulose provient du bois, le caoutchouc naturel de l'hévéa, un arbre tropical, les alginates (utilisées dans l'industrie alimentaire et cosmétique) sont, quant à elles, tirées d'algues marines.

Les **métaux et alliages** (un alliage est un « mélange » de plusieurs métaux – le laiton, par exemple, est un alliage de cuivre et de zinc) sont caractérisés par leur bonne conduction électrique et thermique : l'or, l'argent, le cuivre et l'aluminium en sont de bons exemples. Mais les propriétés mécaniques sont aussi l'une des caractéristiques essentielles des métaux. Les aciers (alliage de fer et de carbone) forment ainsi la colonne vertébrale de notre société industrielle : bateaux de transport, ponts, voitures, moteurs, etc. sont tous composés, pour leur plus grande partie, de pièces fabriquées en acier.

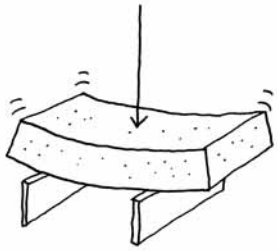
Beaucoup plus discrète, la famille des **céramiques** n'en est pas moins tout aussi importante, en particulier dans le domaine de la construction. Le verre, la brique, la terre cuite et les ciments en font partie. Les céramiques se distinguent surtout par leurs propriétés isolantes, par leurs capacités de résistance tant à la température (réfractaires) qu'aux agressions de l'environnement (stabilité), mais également – et c'est d'ailleurs un élément limitant de leur utilisation – par leur fragilité aux chocs.

La quatrième famille est celle des matériaux dits **composites** : on combine deux ou plusieurs matériaux différents pour obtenir un matériau aux propriétés spécifiques. Un exemple très répandu est la fibre de verre (céramique) imprégnée d'une résine (polymère) : on obtient un matériau léger comme la résine, mais dont la résistance mécanique est

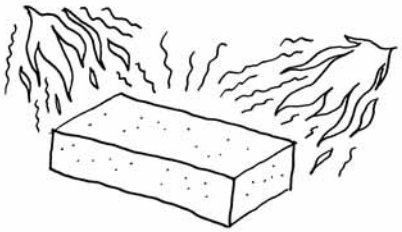
augmentée grâce à la présence des fibres de verre. Les matériaux composites sont à la base de nombreuses innovations technologiques et sont souvent utilisés pour alléger les structures (planchers des avions, nombreuses pièces automobiles, ...). L'un des principaux défauts de ces matériaux se situe dans la difficulté de les recycler.

Connaître un matériau

La réalisation d'objets conçus par les ingénieurs est fréquemment limitée par les propriétés des matériaux disponibles. Chaque matériau possède un ensemble de caractéristiques qui vont déterminer son comportement.

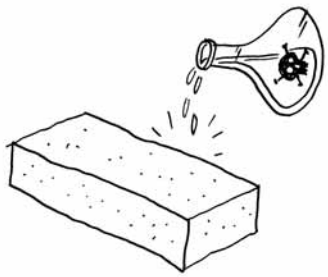


Afin de pouvoir envisager l'utilisation d'un matériau pour réaliser un objet, il faut ainsi tout d'abord examiner l'ensemble de ses propriétés. Les progrès technologiques importants sont souvent liés au développement de matériaux dotés de propriétés améliorées ou nouvelles.



Les propriétés peuvent être regroupées en trois catégories générales :

1. les propriétés mécaniques, qui reflètent le comportement d'un matériau déformé par un ensemble de force (déformation, rupture, dureté, frottement) ;
2. les propriétés physiques, qui caractérisent le comportement d'un matériau soumis à l'action de la température, de la lumière ou encore d'un champ électrique ou magnétique (conductibilité thermique, conductibilité électrique, propriétés magnétiques, résistance aux UV, etc.) ;
3. les propriétés chimiques, qui caractérisent le comportement d'un matériau dans un environnement agressif (résistance à la corrosion (= rouille), comportement en milieu acide, etc.).



Un glossaire à la fin de ce dossier définit les propriétés présentées dans l'exposition.

Utiliser un matériau

Lors de la conception d'un objet, le choix des matériaux se trouve souvent au centre des discussions, puisqu'il est primordial de choisir le matériau le mieux adapté à l'application envisagée.

De nombreux facteurs interviennent dans le choix. On peut les regrouper en trois catégories explicitées ci-dessous, avec pour chaque catégorie quelques exemples de questions que doivent se poser ceux qui opèrent le choix des matériaux :

- **la fonction de l'objet** : quelles sont les températures habituelles à laquelle l'objet sera exposé ? Quelles sont les conditions mécaniques d'utilisation de l'objet ? Quelle est la durée de vie visée par le produit ? Son usage sera-t-il unique ou pluriel ? L'objet est-il en contact avec de la nourriture ?
- **les propriétés du matériau envisagé** : quelle est la conductibilité thermique et électrique du matériau ? Quelle est la densité du matériau ? Quelle est la résistance du matériau à l'usure ? Est-il possible d'obtenir la forme désirée avec les techniques de fabrication disponibles pour ce matériau ?
- **le prix de revient** : combien coûte la matière première ? Combien coûte la fabrication de l'objet ?

Exemple

Au début du XXe siècle, les constructeurs des premiers avions ont porté leur choix sur le bois pour fabriquer la structure, sur des câbles d'acier pour tenir les ailes et de la toile de coton pour couvrir le tout. Le bois était le seul matériau disponible possédant les propriétés de rigidité et de légèreté nécessaires. L'un des problèmes rencontrés par ces avions fut la pourriture du bois de la structure. Le prix de revient de ces matériaux était par contre imbattable.

Les premiers alliages d'aluminium possédant des propriétés mécaniques équivalentes à l'acier seront découverts en 1911. Ce n'est qu'à partir du milieu des années 1920 que l'on voit apparaître des avions construits intégralement en alliage d'aluminium. Ce matériau reste aujourd'hui le plus utilisé dans la fabrication des avions, car il allie rigidité et légèreté sans que le prix soit trop élevé. Dans les avions de ligne modernes tels que le Boeing 777, dont la première mise en service date de 1994, l'aluminium représente 70% de la masse structurelle, l'acier 11%, le titane 7% et les composites 11%.

ACTIVITÉS EN CLASSE POUR INTRODUIRE L'EXPO

1A Identification des matériaux

Cette activité a pour objectif de conduire les enfants à se demander en quoi sont fabriqués les objets qui nous entourent.

Matériel : objets amenés par les élèves et proposés par l'enseignant-e (par exemple : crayon, gomme, bouteille en PET, clé, cuillère, gobelet de yoghourt en plastique, gobelet de yoghourt en verre, élastique, assiette en porcelaine, règle en bois, ...).

Les objets sont disposés sur une table. On sépare les élèves par groupes. On demande à chaque groupe de classer les objets selon la matière dont ils sont faits. On compare ensuite les tris des différents groupes et on cherche à les expliciter.

On relève ainsi la diversité des matériaux qui nous entourent.

2A Caractérisation des matériaux

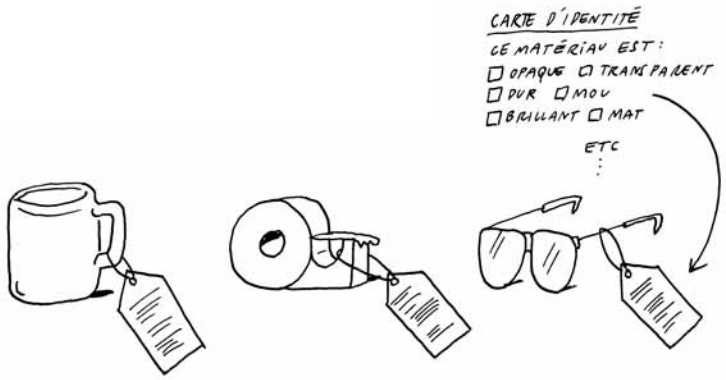
Cette activité a pour objectif de chercher à connaître les matériaux dont sont faits les objets qui nous entourent et à comprendre l'importance de ces connaissances pour l'utilisation de ces matériaux.

Matériel : une vingtaine d'objets fabriqués en divers matériaux (voir objets utilisés dans l'activité 1A). Il est judicieux de choisir des objets faits dans un seul matériau.

Les objets sont disposés sur une table. A chacun leur tour, les élèves choisissent un objet sans le dire aux autres. Ceux-ci doivent deviner lequel il a choisi en lui posant des questions qui ne traitent ni de la fonction, ni de la forme de l'objet mais de la matière dont il est fait. Par exemple : Est-il dur ? Flotte-t-il ? Est-il brillant ? Est-il transparent ? Est-il rigide ? Se casse-t-il ? Les idées de questions à poser doivent venir des élèves, guidés par l'enseignant-e si nécessaire.

Finalement, les élèves réalisent qu'on peut établir une carte d'identité de chaque matériau. Ensemble, ils essaient de définir quelles caractéristiques (exemples : opaque/transparent, dur/mou, brillant/mat, etc.) ils souhaitent faire figurer sur cette carte d'identité. Chacun réalise ensuite celle d'un des objets posés sur la table et la présente ensuite aux autres.

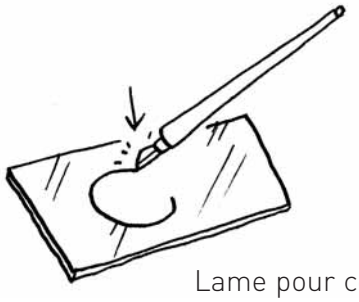
Pour conclure l'activité, on peut choisir deux objets réalisés en différents matériaux et discuter s'il serait pertinent de fabriquer l'un dans le matériau de l'autre et vice-versa (par exemple une clé en porcelaine et une tasse en métal). On observe que les différents matériaux ont des caractéristiques très variées qu'il s'agit de définir et de connaître avant de se déterminer sur leur application.



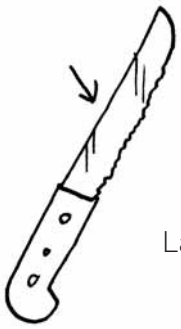
3A Jeu des 7 matériaux

Relier chaque objet avec le matériau qui le constitue.

Matériau et explication
En plastique moulé. Grâce à ses propriétés élastiques, le plastique reprend sa forme initiale après un faible choc.
En alliage de cuivre et nickel. Cet alliage est extrêmement résistant aux agressions de l'environnement et à l'usure. Il garde aussi son brillant en toutes circonstances.
En caoutchouc (plastique), car ce matériau est très élastique, lui permettant ainsi de bien rebondir.
En céramique, ce matériau est très résistant à l'abrasion (nettoyage), aux agressions de l'environnement, et il est surtout bon marché.
En acier (alliage de fer et de carbone). L'acier résiste très bien à la déformation, même lorsqu'il est très fin, sans pour autant devenir cassant.
En plastique acrylique. Ce matériau est transparent, incolore et beaucoup plus léger et moins fragile que le verre.
En diamant. C'est le matériau le plus dur qui existe à notre connaissance.



Lame pour couper du verre

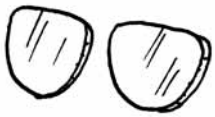


Balle de tennis

Lame de couteau

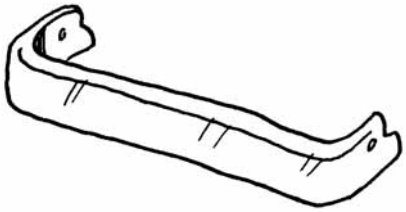
Pièce de monnaie

Tasse



Verre de lunette

Pare-chocs d'une voiture



4A Reconnaître les matériaux

Cette activité a pour objectif d'utiliser les connaissances intuitives sur les matériaux pour apprendre à mieux les connaître et les reconnaître.

Matériel : un sac en tissu avec des objets tels que billes d'acier, de verre, de bois, de caoutchouc, plaques de métal, de carton, de plastique, de bois, etc.

Chaque élève, à tour de rôle, prend un objet dans le sac et annonce aux autres ce qu'il va extraire du sac. Si c'est juste, l'élève doit expliquer comment il a deviné. Si c'est faux, il doit expliquer ce qui l'a trompé.

Les élèves doivent chercher à exprimer comment ils peuvent savoir ce qu'ils vont sortir du sac (par le toucher, la palpation : c'est froid, dur, lisse, lourd, souple, etc.). On constate que chaque matériau a des caractéristiques qui lui sont propres. On peut éventuellement faire un lien avec l'activité 2A.

À LA DÉCOUVERTE DES MATÉRIAUX

Feuille, Caillou, Ciseaux, à la découverte des matériaux est une exposition constituée de manipulations interactives. Chacune de ces manipulations a pour objectif de présenter une facette du monde des matériaux. Il n'y a pas d'ordre de visite imposé, chacun construit sa visite au gré de ses intérêts et de ses envies.

Pour les classes, des animateurs (un pour 10 élèves environ) emmènent les élèves dans une visite guidée de l'exposition, visite qu'ils s'efforcent d'adapter au niveau et à la motivation des élèves. Après la visite guidée, un moment libre est proposé aux élèves afin de les laisser se réapproprier les manipulations qu'ils ont abordées avec l'animateur et découvrir celles qu'ils n'auraient pas vues avec lui.

La liste des manipulations de l'exposition est présentée ci-dessous avec un bref commentaire :

les matériaux – lourds ou légers ?
Une introduction à la notion de masse volumique. Il existe des matériaux très lourds, d'autres très légers. En quoi cela peut-il être important ?

les matériaux – à tous prix ?
Certains objets peuvent être fabriqués en différents matériaux, avec des prix et des fonctions différentes. Le cas du couteau est présenté dans cette expérience.

les matériaux – ont-ils du nerf ?
Une catapulte permet de tester la rigidité de différents matériaux.

les matériaux – pare-chocs ?
Cette manipulation propose de tester la capacité d'amortissement d'un choc de quelques matériaux.

les matériaux – jamais fatigués ?
Que se passe-t-il quand un objet doit reproduire le même mouvement des milliers de fois ? Se fatigue-t-il, comme nous, lui aussi ?

les matériaux – éternellement jeunes ?
Comment vieillissent les différentes familles de matériaux ?

les matériaux – bons pour la glisse ?
Une rampe pour tester les frottements de différentes semelles.

les matériaux – électrons libres ?
Quels sont les matériaux qui conduisent l'électricité et ceux, au contraire, qui sont des isolants électriques ?

les matériaux – chauds ou froids ?
Une manipulation surprenante pour s'initier à la notion de conductibilité thermique.

les matériaux – dansent-ils sous les aimants ?
Quels sont les matériaux qui sont attirés par les aimants ?

matériaux pipeaux
Quelques objets manifestement construits dans le mauvais matériau...

le cabinet des curieux matériaux
Sept petites expériences pour découvrir quelques matériaux hors normes.

l'atelier de construction
Deux postes pour se mettre dans la peau d'un ingénieur et construire une sonnette et un haut-parleur avec les bons matériaux.

à tâtons
Découvrir quel est ce matériau rien qu'en le touchant.

point commun
Retrouver le point commun entre les matériaux qui constituent une dizaine d'objets.

quel matériau êtes-vous ?
Une petit quiz amusant qui définit votre type de caractère : plutôt verre, métal, bois ou plastique ?

1B Masse volumique

L'objectif de cette activité est d'aborder de manière intuitive la notion de masse volumique.

Matériel : une ou plusieurs balances (précision au gramme), une série de petits objets aux formes simples : billes, cylindres, plaquettes, etc. en métal, bois, caoutchouc, verre, etc.

Par petits groupes, les élèves doivent soupeser les objets et les classer du plus lourd au plus léger. Ils pèsent ensuite les objets et comparent le classement obtenu par les sens et par la mesure.

Une discussion peut suivre sur le rapport entre le volume et le poids de l'objet et mener à des réflexions telles que :

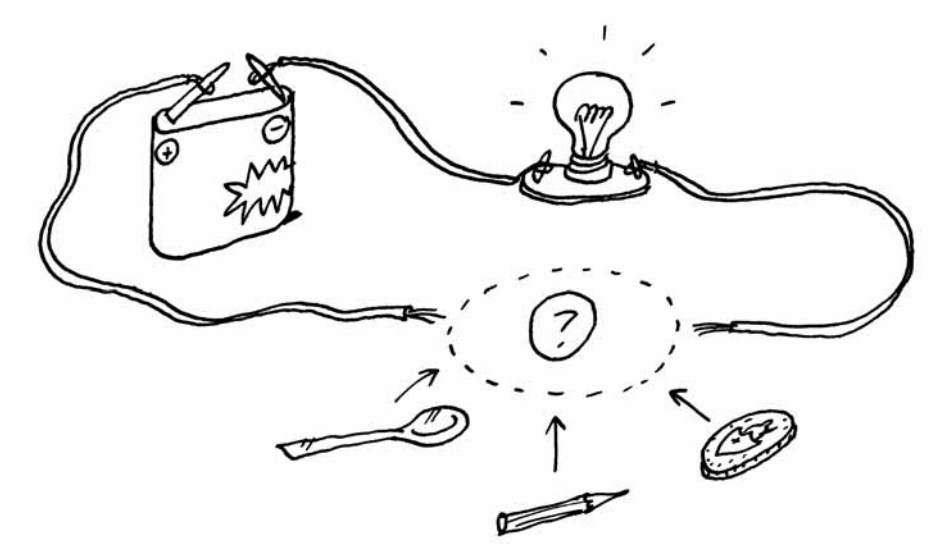
- si deux objets sont faits dans le même matériau, le plus gros est également le plus lourd
- deux objets de même volume mais de matière différente ne pèsent pas nécessairement la même chose
- un gros objet peut être plus léger qu'un petit objet, cela va dépendre des matériaux qui les constituent
- pour un volume donné, chaque matériau a un poids qui lui est propre.

Pour alimenter la discussion, on peut également citer la fameuse devinette : qu'est-ce qui est plus lourd, un kilo de plume ou un kilo de plomb ?

2B Conductibilité électrique

L'objectif de cette expérience est de montrer que certains matériaux sont conducteurs d'électricité et d'autres pas.

Matériel : une pile de 9V (grosse pile carrée), trois morceaux de fil électrique avec les bouts dénudés, une ampoule de lampe de poche avec sa douille (ce matériel se trouve dans n'importe quel Do-it), des objets de petite taille faits de différents matériaux (plastique, métal, bois, verre, caoutchouc, pierre, tissus, crayons de différentes longueurs taillés aux deux bouts).



Relier tout d'abord les deux pôles de la pile aux deux points de contact de la douille. Normalement l'ampoule doit s'allumer car le courant passe dans les fils.

Détacher l'un des fils de la douille et relier ensuite un troisième fil au point de contact libre de la douille. On peut maintenant tester les différents objets pour savoir s'ils sont conducteurs. Pour cela, il suffit d'appliquer les deux extrémités dénudées des fils aux deux extrémités d'un objet et regarder si l'ampoule s'allume.

La mine de crayon (graphite) est un cas intéressant : si le crayon est court, l'ampoule s'allume fortement. Si le crayon est long, elle s'allume moins fortement (attention ! Si la mine est cassée, cela ne marche pas). Ce cas permet de réaliser qu'il est trop simple de classer les matériaux en deux catégories conducteurs/isolants. Certains matériaux sont mauvais conducteurs (le corps humain par exemple), mais conducteurs quand même.

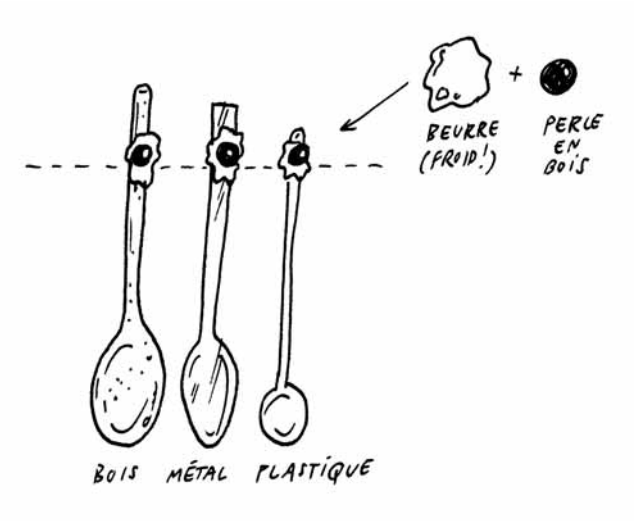
Quelles sont les familles de matériaux qui conduisent le mieux l'électricité?

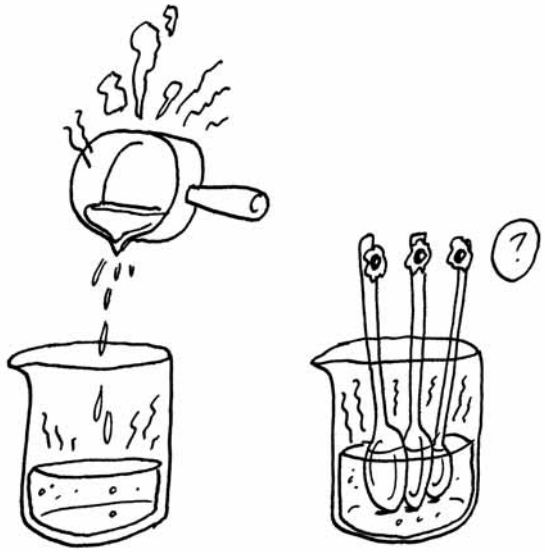
3B Conductibilité thermique

L'objectif de cette activité est de comprendre ce qu'est la conduction thermique et d'observer différents matériaux pour déterminer lequel conduit le mieux la chaleur.

Avant d'entreprendre l'expérience, il convient d'expliquer aux élèves son déroulement et de leur demander ce qui va se passer. Noter leurs propositions. Faire l'expérience et comparer les propositions avec l'expérience. Demander aux élèves d'expliquer ce qui se passe.

Matériel: une longue cuillère en plastique, une longue cuillère en métal, une longue cuillère en bois, beurre froid, perles en bois ou punaises, grand verre, casserole d'eau chaude.





Coller une perle sur chaque cuiller à l'aide d'une petite noix de beurre, toutes à la même distance de l'autre extrémité. En l'absence de perles, des punaises feront très bien l'affaire.

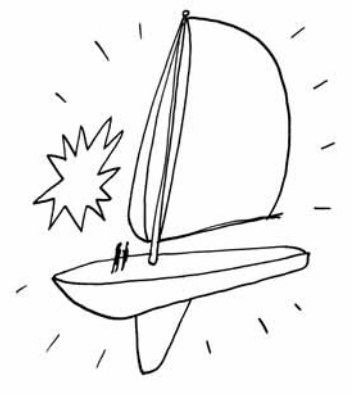
Verser doucement de l'eau chaude dans le verre (environ le tiers de longueur des cuillères).

Mettre toutes les cuillères en même temps dans le verre large, le côté avec la perle vers le haut.

La chaleur de l'eau va se propager dans les différentes cuillères à une vitesse qui dépend de sa conductivité thermique. Le beurre finit par se ramollir et les perles vont tomber. La première perle qui tombe est installée sur le matériau qui est le meilleur conducteur thermique. On peut ainsi établir une liste des bons ou des mauvais conducteurs.

Sachant cela, il est possible d'imaginer en quoi construire le placet d'une chaise de jardin, une spatule à remuer la soupe ou encore un radiateur.

4B Résistance des matériaux à l'eau salée



L'objectif de cette activité est de déterminer le meilleur matériau pour fabriquer un objet qui va passer beaucoup de temps immergé dans l'eau salée (par exemple des pièces de la coque d'un bateau).

Les élèves sont mis devant un problème très concret : on veut construire un bateau pour naviguer en mer, quels matériaux choisir ? Ils doivent chercher à trouver les problèmes qui pourraient être rencontrés (certains matériaux s'abîment très vite dans l'eau salée). Ils peuvent ensuite proposer des expériences pour tester les matériaux qu'ils aimeraient utiliser. Ces expériences peuvent être discutées en classe et entreprises. Les élèves font des hypothèses sur ce qui va se passer et les confronter à l'expérience.

Une expérience qui fonctionne est proposée ci-dessous.

Remarque : cette activité se déroule sur quelques jours. La mise en place se fait le lundi matin, on passe ensuite quelques minutes tous les matins à observer la situation et une demi-heure le vendredi à clore l'activité.

Matériel : eau, sel, récipients en plastique, divers objets tels que clou, agrafe parisienne en laiton, morceau de papier d'aluminium, vis en acier inox, pièce de 5 centimes, objet en plastique, objet en bois, ...

Fabriquer un mélange de sel et d'eau dans les proportions suivantes : 35 grammes de sel dans 1 litre d'eau.

Bien remuer le mélange pour que le sel soit complètement dissous. Verser du liquide sur chacun de ces objets dans des récipients séparés, laisser les récipients à découvert.

Vérifier tous les matins pour s'assurer que le liquide ne s'est pas évaporé des récipients non couverts. Compléter si nécessaire. Observer si les objets ont changé d'aspect.

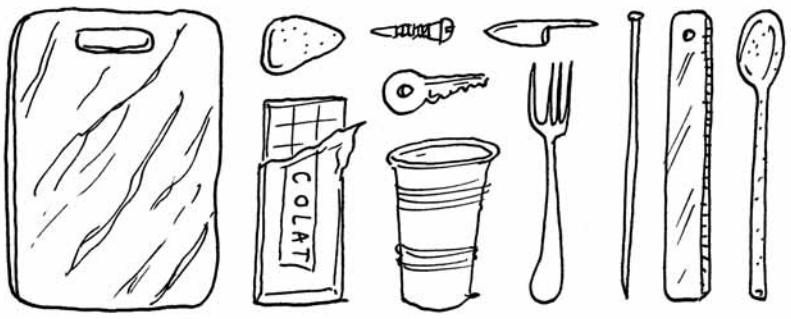
Après une semaine, sortir tous les objets et les comparer aux objets neufs pour voir si la couleur a changé, si l'objet contient des signes de dégradation ou de rouille (qu'on appelle corrosion), etc.

Les objets métalliques se seront altérés plus ou moins selon les cas (beaucoup pour les clous en fer, très peu pour la vis en inox, l'aluminium aura perdu son lustre). Les objets en plastique et en bois ne seront presque pas altérés.

5B Dureté

L'objectif de ce court exercice est de rendre plus concret le concept de dureté et de se faire une idée sur les matériaux et leur dureté respective.

Matériel : divers objets tels que capuchon de stylo bic, clé, pièce de monnaie, bouteille en PET, objet en bois, fragment de céramique, pierre pointue, bougie, chocolat.



Les élèves commencent par établir un classement des objets du plus dur au plus tendre, sans faire d'expériences préalables. On leur demande ensuite de dire ce qu'ils entendent par dureté et de proposer des manières de tester expérimentalement la dureté des matériaux.

En essayant de rayer les objets les uns avec les autres, ils peuvent ensuite les classer du plus dur au plus tendre. Quel est le matériau qui ne peut pas être rayé, mais qui peut rayer tous les autres? Quel est le matériau à l'autre bout de l'échelle, celui qui se fait rayer par tous et ne peut en abîmer aucun?

Les élèves peuvent alors comparer le classement de départ et le classement issu de l'expérience. Quelles sont les différences?

6B Fragile ou élastique ?

L'objectif de cette activité est de montrer, par un exemple simple, que les propriétés d'un matériau peuvent changer fondamentalement en fonction de la température.

Matériel : vingt tablettes de chewing-gum de style « Hollywood », congélateur.

Introduire la veille la moitié des tablettes de chewing-gum de style « Hollywood » dans le congélateur. Aligner sur une table les tablettes congelées et les tablettes à température ambiante.

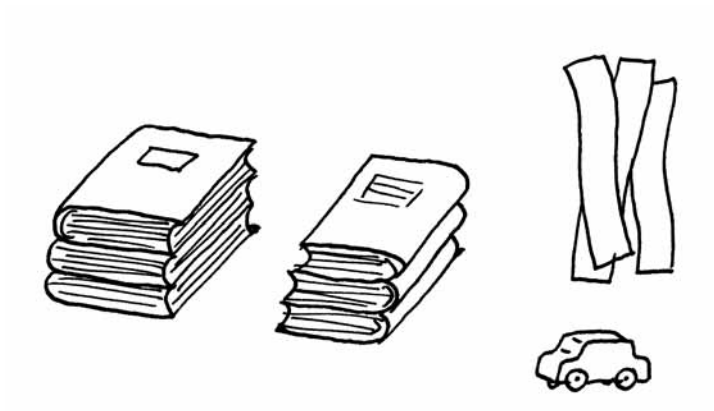
Demander aux élèves de plier les tablettes de chewing-gum. Observer le résultat, différent pour les deux types de tablettes : lesquelles se brisent en morceaux très nets ? Lorsque les brisures de chewing-gum (froids) se réchauffent, redeviennent-ils aussi élastiques que ceux qui n'ont jamais subi de congélation (le processus de fragilisation est-il réversible?) ? On constate que les propriétés mécaniques d'un matériau varient avec la température. Ceci est vrai pour le froid (fragilisation) mais aussi pour le chaud : certains verres en plastique par exemple ne supportent pas la température de l'eau bouillante et peuvent se déformer au contact de celle-ci.

7B Constructions en papier

L'objectif de cet exercice est de comprendre que le comportement mécanique d'un matériau est fortement conditionné par la géométrie de son utilisation.

Matériel : bandes de papier épais de 20 cm x 5 cm, objets de poids variable.

On propose un défi aux élèves qu'on partage en petits groupes. Ils doivent construire un pont en papier cartonné entre deux piles de livre d'égale hauteur et distantes d'environ 15 cm et qui supporte la plus grande charge possible. Chaque groupe reçoit 5 bandes de papier épais et construit son pont. Les ponts sont ensuite testés en plaçant dessus des poids de plus en plus importants jusqu'à la destruction du pont.



Tout est possible : plier le papier pour former des poutres, rouler le papier pour former des tiges qui peuvent soutenir le pont, former des piles de papier pour rallonger le pont, etc.

Quel est le constat ? Quel est le pont supportant un poids plus important ? Pourquoi ?

GLOSSAIRE

La terminologie ci-dessous suit l'ordre des expériences présentées dans l'exposition.

La masse volumique / la densité

La masse volumique d'un objet est définie par sa masse par unité de volume (par exemple l'eau pure pèse 1kg/litre, l'acier environ 7,8 kg/litre). On a coutume de parler de matériaux lourds et légers, il serait plus correct de parler de matériaux denses et moins denses.

La densité d'un objet est le rapport entre sa masse et la masse d'un même volume d'eau.
La densité de l'eau pure est donc égale à 1. Si la densité d'un objet est plus petite que 1, l'objet flotte sur l'eau. Si la densité de l'objet est supérieure à 1, alors l'objet coule (les alliages d'aluminium ont une densité d'environ 2.7 et coulent, le liège a une densité d'environ 0.23 et flotte).

La rigidité

La rigidité d'un objet est la résistance qu'il présente lorsqu'on essaie de le déformer en lui appliquant une force. Plus un matériau est rigide, plus on va avoir de difficulté à le plier. Pour de nombreuses applications, il est intéressant de trouver des matériaux qui soient à la fois rigides et légers. C'est particulièrement vrai dans le cas de l'aéronautique où il est important de construire des engins à la fois très résistants et peu lourds.

L'amortissement

On appelle amortissement le fait d'atténuer ou d'éliminer une onde de choc (ou des vibrations). L'amortissement peut se faire par le matériau lui-même et/ou un système amortisseur (un ressort par exemple). Les matériaux ont des capacités d'amortissement variables. Certains, comme le caoutchouc, absorbent très bien les vibrations (les vieux tourne-disques, par exemple, reposent sur des pieds en caoutchouc pour limiter la transmission des vibrations et empêcher que l'aiguille ne saute).

La fatigue

La fatigue d'un objet apparaît lorsqu'on lui applique le même mouvement ou les mêmes forces des milliers ou des millions de fois. La fatigue permet ainsi à de petites forces, qui normalement ne permettent pas de casser l'objet de le détruire par la répétition de leur action. Un exemple où cette notion est très importante : un moteur de voiture. Si ce dernier fonctionne chaque jour pendant une heure à une moyenne de 1500 tours par minute, cela représente plus de 32 millions d'allers et retours par année !

Le vieillissement

Le vieillissement d'un objet ou d'un matériau est l'évolution au cours du temps de ses propriétés. Le vieillissement prend de nombreuses formes (corrosion, dégradation sous l'effet de parasites, etc.), mais il s'agit toujours de modification des matériaux de base. Le vieillissement peut être illustré par un objet en plastique (jouet pour enfant par exemple) qui devient très cassant ou décoloré après une longue exposition au soleil. Dans ce cas, ce sont essentiellement les rayons UV qui sont la cause du vieillissement du plastique.

La corrosion

La corrosion désigne l'altération lente et progressive des matériaux par une action physico-chimique. Les exemples les plus connus sont l'oxydation des métaux qui forment la rouille du fer et de l'acier ou encore le vert-de-gris du cuivre. La corrosion est un problème industriel important, puisqu'elle peut être à l'origine d'accidents (rupture d'une pièce). Par ailleurs, elle représente un coût important (on estime que cinq tonnes d'acier sont perdues dans le monde à chaque seconde à cause de la corrosion).

Le frottement

La force de frottement est celle qui s'oppose au glissement d'une surface par rapport à une autre. La science qui étudie les frottements s'appelle la tribologie. Elle est extrêmement importante dans la plupart des applications qui contiennent des pièces mobiles : par exemple dans tous les moteurs ou encore dans le matériel utilisé dans les sports de glisse.

La conductibilité électrique

La conductibilité électrique est l'aptitude d'un matériau à permettre le passage du courant électrique. Le matériau conduit le courant électrique lorsqu'il laisse les électrons se déplacer librement en son sein. Parmi les matériaux solides, c'est surtout les métaux qui présentent une bonne conductibilité électrique.

La conductibilité thermique

La conductibilité thermique se définit comme l'aptitude d'un matériau à permettre le passage de la chaleur. Généralement, les bons conducteurs électriques ont une bonne conductibilité thermique. Ce sont donc surtout les métaux qui se distinguent comme de bons conducteurs thermiques. Parmi les très mauvais conducteurs thermiques, qu'on appelle des isolants thermiques, on trouve l'air, la laine naturelle, la laine de verre, le sagex (polystyrène expansé). Ces derniers seront volontiers choisis lorsqu'il s'agira d'isoler une maison par exemple.

Les propriétés magnétiques

On peut classer les matériaux en trois catégories : 1. ceux qui peuvent, entre eux, s'attirer ou se repousser qu'on appelle les aimants; 2. ceux qui se laissent attirer par les aimants mais qui ne peuvent rien repousser qu'on peut appeler les magnétisables; 3. ceux qui ne se laissent ni attirer ni repousser par aucun autre objet.

Les matériaux des deux premières catégories contiennent soit du fer, soit du nickel, soit du cobalt.

La dureté

La dureté d'un matériau est sa capacité à résister à l'abrasion ou à la rayure. Par nature, un matériau plus dur qu'un autre va le rayer et un matériau plus tendre qu'un autre sera rayé par lui. Le diamant est le matériau le plus dur qui soit connu.

BIBLIOGRAPHIE

MERCIER Jean P., ZAMBELLI Gérald, KURZ Wilfried, *Introduction à la science des matériaux,* Lausanne, Editions PPUR, 1991, ISBN 2-88074 402-4

Ce livre est une introduction très technique destinée prioritairement aux étudiants en ingénierie.

Les matériaux de l'exploit, Cahier du Musée Olympique de Lausanne, 2002, ISBN 92-9160-059-8

Ce livre aéré et agréable à lire présente, de manière accessible, quelques exemples de recherches sur des nouveaux matériaux via l'évolution des matériaux dans les équipements sportifs.

WEBOGRAPHIE

http://www-materials.eng.cam.ac.uk/mpsite/

Site en anglais destiné d'abord aux étudiants de l'école secondaire en section scientifique.
Ce site présente beaucoup d'informations intéressantes sur les propriétés des matériaux, les différentes méthodes de fabrications, sur les coûts de ces procédés en fonction du volume de production par exemple.

http://www.strangematterexhibit.com

Site en anglais, ludique, avec de nombreuses petites animations conçues pour les enfants. Le site présente les principes de la science des matériaux et de nombreuses applications pour des matériaux étranges, la recette de fabrication du Slim par exemple ou l'histoire des porte-avions en glace de la Seconde Guerre mondiale!

http://fr.wikipedia.org/wiki/Science_des_matériaux

Site en français, faisant partie de l'encyclopédie en ligne wikipedia.org. Ce site est très pratique pour rechercher des notions de science par mots clés. Les principales notions de science des matériaux sont présentées ainsi que de nombreux liens sur des sites francophones pour approfondir certaines notions théoriques.

ÉCOLE-MUSÉE

DÉPARTEMENT DE LA FORMATION ET DE LA JEUNESSE – SERVICE DES AFFAIRES CULTURELLES

Coordination	Ana Vulić
Dossier	Christian Lowe
Collaboration	Emmanuelle Giacometti, Espace des Inventions, Lausanne
Illustrations du dossier	Giorgio Pesce, Atelier Poisson
Validation pédagogique	Jean-Claude Noverraz, formateur HEP VAUD
Relecture	Corinne Chuard
Mise en forme	Anne Hogge Duc
Impression	Centre d'édition de la Centrale d'achats de l'Etat de Vaud (CADEV)

Remerciements à Romain Roduit, Homeira Sunderland

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable sur www.ecole-musee.vd.ch et www.espace-des-inventions.ch

Couverture Giorgio Pesce, Atelier Poisson

Les dossiers pédagogiques (dp) sont produits par le Service des affaires culturelles (SERAC), Département de la Formation et de la Jeunesse du Canton de Vaud (DFJ).