



GRANTA | CES 2012
EDUPACK

Unité 1.

L'UNIVERS DES MATÉRIAUX ET DES PROCÉDÉS

Les Matériaux en Ingénierie

Mike Ashby

Department of Engineering
University of Cambridge



GRANTA
TEACHING RESOURCES

© M. F. Ashby, 2011

Pour les instructions de reproduction, voir la dernière diapositive

Ce cours fait partie d'un ensemble créé par Mike Ashby pour aider à présenter aux étudiants, les matériaux, les procédés et une sélection rationnelle.

Le site Web "Ressources d'Enseignement" vise à aider l'enseignement des matériaux, et les cours correspondants en Conception, Ingénierie et Science.
Les ressources sont fournies dans des formats divers et sont destinées principalement à la formation des étudiants.

Certaines des ressources sont d'accès libre et les étudiants peuvent y avoir accès. D'autres sont seulement disponibles pour les éducateurs utilisant CES EduPack.

www.grantadesign.com/education/resources





James Stuart, Professor of
Engineering at Cambridge
1875 - 1890

- **En son temps** : quelques centaines de matériaux
Pas de polymères – maintenant plus de 45,000

Pas de composites – maintenant plusieurs centaines
- **De nos jours** : > 160 000 matériaux
- **Création de deux besoins:**
 - 1 Éducation** – comment enseigner au mieux les matériaux?
 - 2 Industrie** – comment gérer les informations sur les matériaux ?
- **Solutions:**
 - 1 Le logiciel CES EduPack** – Éducation
 - 2 Granta mi** – Industrie



- Arrière-plan : la Motivation
- Matériaux : Classification et Attributs
- Le logiciel CES EduPack : Structure et contenu
- **DÉMO**
- *Essais pratiques avec exercices*

Resources

- Text: ***“Materials: engineering, science, processing and design”*** 2nd edition by M.F. Ashby, H.R. Shercliff and D. Cebon, Butterworth Heinemann, Oxford 2010, Chapters 1 and 2
- Text: ***“Materials Selection in Mechanical Design”***, 4rd edition by M.F. Ashby, Butterworth Heinemann, Oxford, 2011, Chapters 1 - 3.
- Texts: ***Callister, Budinski, Askeland and others*** – Lectures recommandées dans les fiches
- Software: ***CES EduPack*** (Grantadesign.com)



Le Point de Départ

- Les ingénieurs fabriquent des choses : ils les font avec des **matériaux** en utilisant des **procédés**
- Qu'ont-ils besoin de savoir pour réussir ?
 - Une **vision** du monde des matériaux et des procédés.
 - Une **compréhension** des propriétés du matériau et ses origines.
 - La **capacité** à choisir ceux qui répondent le mieux aux **exigences** de la conception
 - Accéder aux **informations** et aux **outils** pour comparer et choisir.
- **CES EduPack** fournit les ressources pour permettre cela, et donne aux étudiants un outil qu'ils peuvent utiliser dans leurs futurs environnements professionnels (*CAO ou EF*)



**Métaux,
alliages**



**Polymères,
élastomères**



**Céramiques,
verres**



**Hybrides,
composites**





Aérospatial et les Sports Motorisés

GRANTA

**Métaux,
alliages**



**Polymères,
élastomères**



**Céramiques,
verres**



**Hybrides,
composites**





**Métaux,
alliages**



**Polymères,
élastomères**



**Céramiques,
verres**



**Hybrides,
composites**





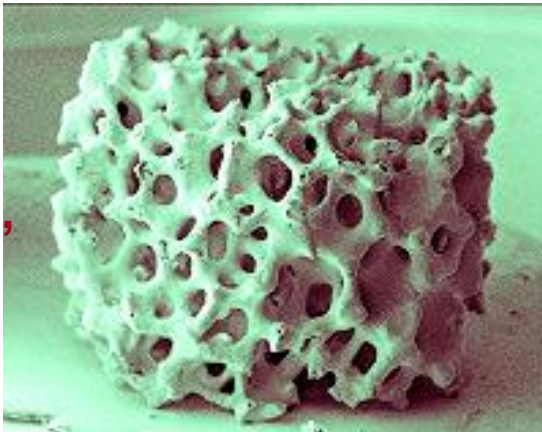
**Métaux,
alliages**



**Polymères,
élastomères**



**Céramiques,
verres**



**Hybrides,
composites**

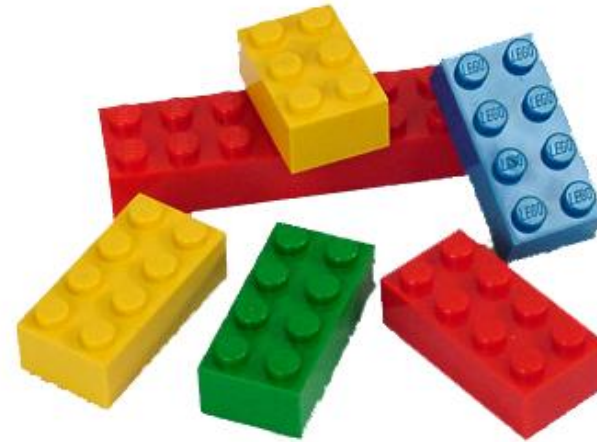




**Métaux,
alliages**



**Polymères,
élastomères**



**Céramiques,
verres**



**Hybrides,
composites**





Organiser l'information : la BDD CES Edupack

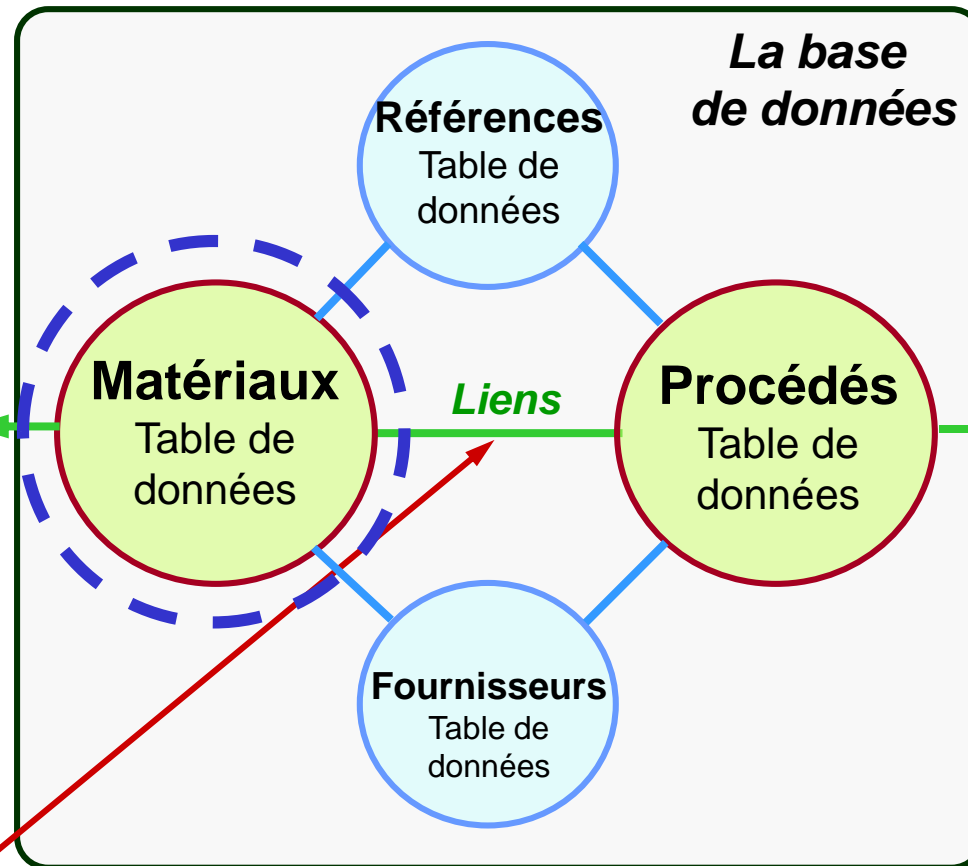
GRANTA

Sélection par les propriétés des matériaux

DONNÉES pour

- Céramiques et verres
- Métaux et alliages
- Polymères
- Hybrides

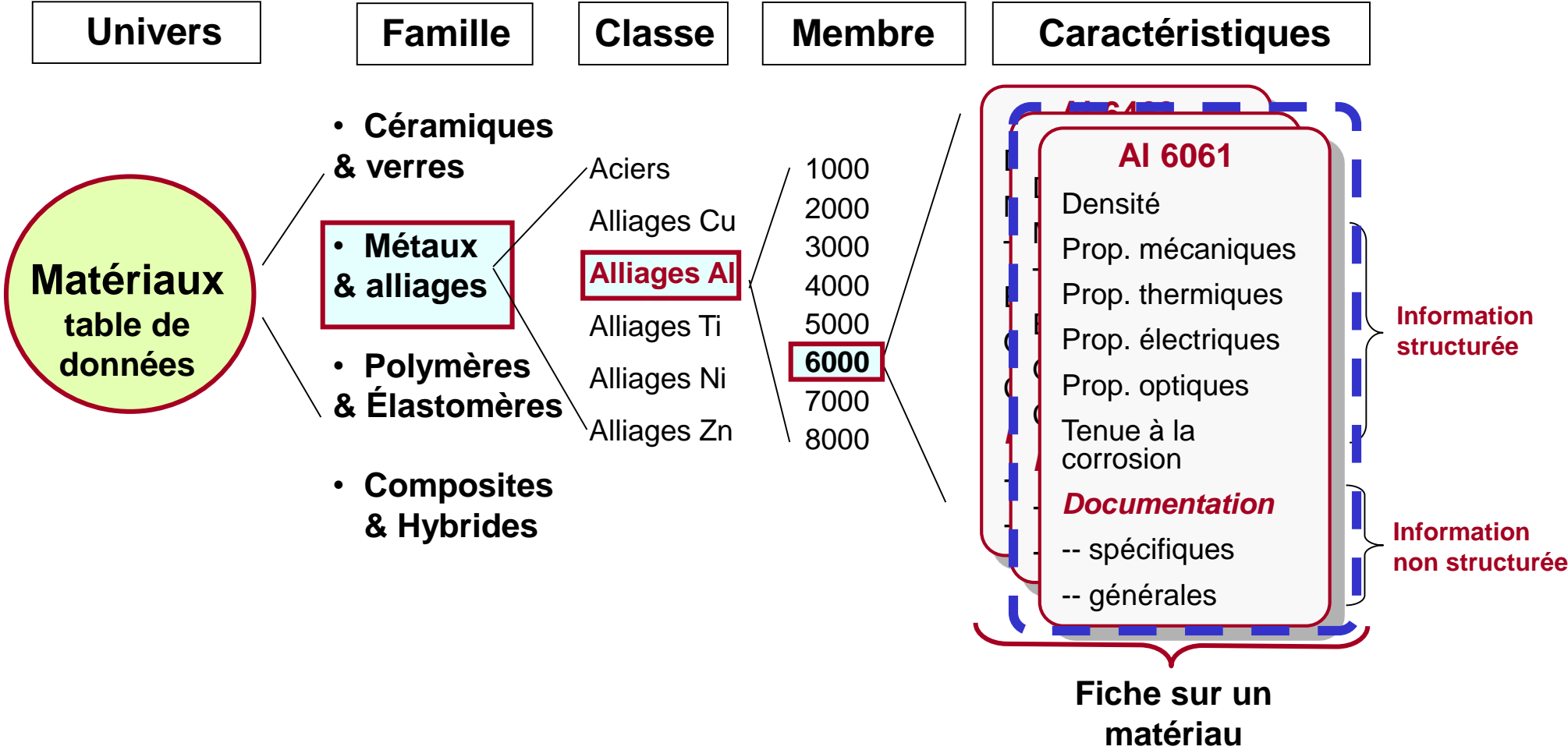
Sélection par les liens



Sélection par les propriétés des procédés

DONNÉES pour

- l'Assemblage
- les Mises en forme
- les Traitements de Surface





Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) - $(\text{CH}_2\text{-CH-C}_6\text{H}_4)_n$

Propriétés générales

Masse volumique	1.05 - 1.07	Mg/m ³
Prix	2.1 - 2.3	US \$/kg

Propriétés mécaniques

Module de Young	1.1 - 2.9	GPa
Limite d'élasticité	18 - 50	MPa
Résistance à la traction	27 - 55	MPa
Allongement	6 - 8	%
Dureté Vickers	6 - 15	HV
Limite d'endurance	11 - 22	MPa
Ténacité	1.2 - 4.2	MPa.m ^{1/2}

Propriétés thermiques

Temp. max d'utilisation	350 - 370	K
Dilatation thermique	70 - 75	10 ⁻⁶ /K
Chaleur spécifique	1500 - 1510	J/kg.K
Conductivité thermique	0.17 - 0.24	W/m.K

Propriétés électriques

Conducteur ou isolant?	Bon isolant
------------------------	-------------

Propriétés optiques

Transparent ou opaque?	Opaque
------------------------	--------

Résistance à la corrosion et à l'usure

Inflammabilité	Moyenne
Eau froide	Bonne
Solvants organiques	Moyenne
Oxydation à 500°C	Très Faible
Eau de mer	Bonne
Acides forts	Bonne
Bases fortes	Bonne
UV	Bonne
Usure	Faible
Acides faibles	Bonne
Bases faibles	Bonne



Liens vers Procédés

*Using the CES EduPack Level 2 DB

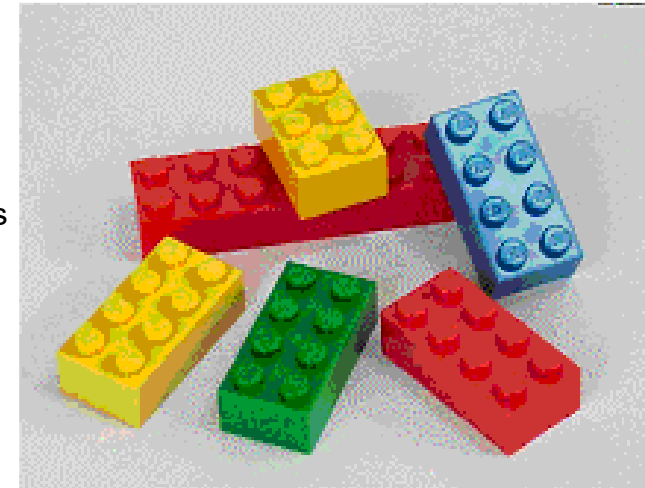


Données non structurées de l'ABS*

Qu'est ce que c'est? L'ABS (Acrylonitrile-butadiène-styrène) est tenace, résilient et facilement moulable. Il est normalement opaque quoique certaines nuances sont maintenant transparentes. On peut lui le fabriquer avec des couleurs vives. Les alliages d'ABS-PVC sont plus tenaces que l'ABS standard et sont ininflammables ils sont utilisés pour fabriquer entre autres des jouets

Recommandations pour la conception. L'ABS possède la résistance à l'impact la plus élevée de tous les polymères. Il prend bien la couleur. Pour des utilisations extérieures l'ABS reste stable sous irradiation UV si on y ajoute des stabilisants. Il est hygroscopique. Il peut être nécessaire de le sécher au four avant thermoformage) et peut être abîmé par les huiles d'usinage à base de pétrole.

L'ABS peut être extrudé, moulé par compression ou mis en forme sous forme de feuilles qui sont ensuite thermo-formées sous vide. Il peut être soudé aux U.S. ou par "plaque chaude", ou assemblé avec des colles polyester, époxy, isocyanate ou nitrile-phénolique.



Notes techniques. L'ABS is a tripolymère - fabriqué par copolymérisation de 3 monomères: l'acrylonitrile, le butadiène et le styrène. L'acrylonitrile confère la résistance thermique et chimique, le butadiène comme le caoutchouc contribue à la ductilité et à la résistance, le styrène donne une surface brillante, facilite l'usinage et abaisse le coût. Pour l'ASA, le butadiène (qui procure une faible résistance aux UV) est remplacé par un ester acrylique. Sans addition de butyl, l'ABS devient SAN - un matériau similaire avec une résistance à l'impact et une ténacité moindres. Il est le plus rigide des thermoplastiques et possède une excellente résistance aux acides, bases, sels et solvants organiques.

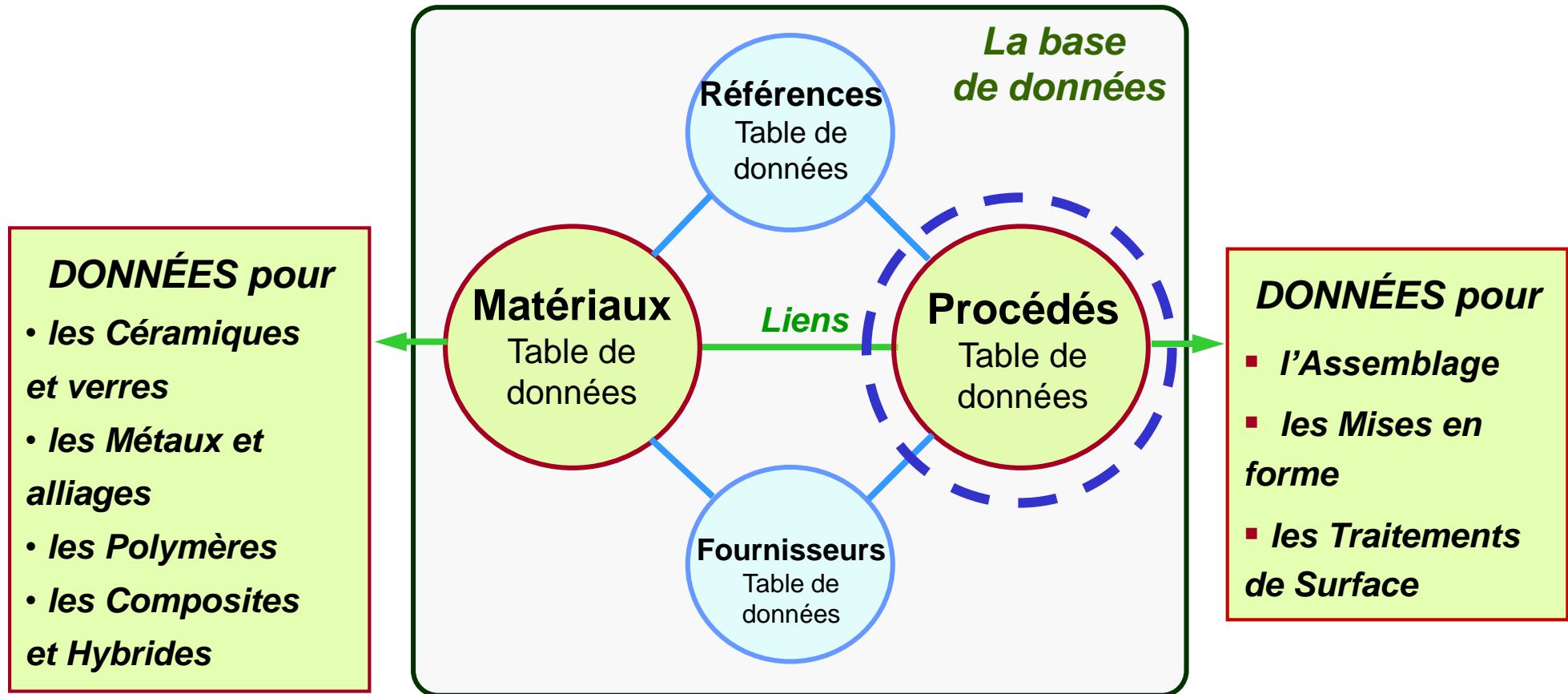
Utilisations caractéristiques. Casques, toits de caravanes, secteur automobile; tuyauterie et accessoires de tuyauterie; équipements domestiques; industrie des télécom etc.... De très nombreuses applications!

Considérations environnementales Le monomère acrylonitrile est toxique, presque autant que le cyanure. Une fois polymérisé avec le styrène, il est inoffensif. L'ABS est autorisé par la FDA, peut être recyclé et incinéré pour récupérer l'énergie contenue dans le matériau.



Organiser l'information : la BDD CES Edupack

GRANTA

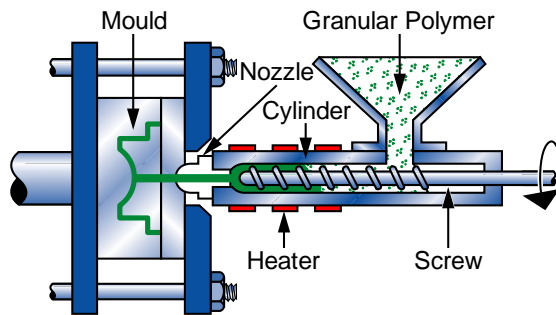




Organiser l'information : Les Procédés de Fabrication

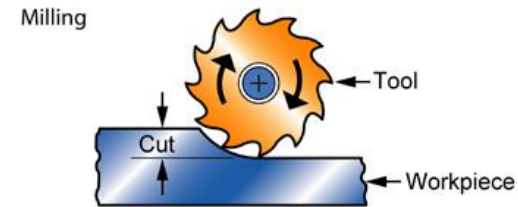
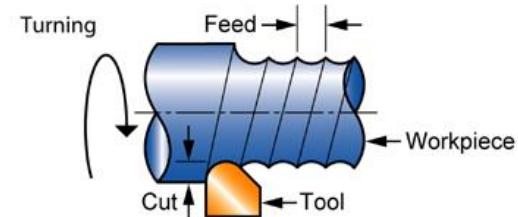
GRANTA

**Mise en
forme –
Ébauche**



Moulage par Injections

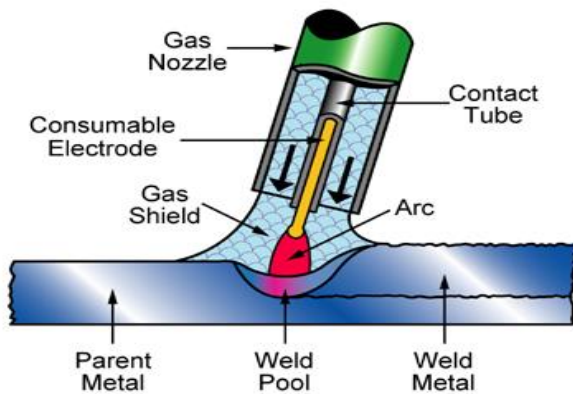
No.8-CMYK-5/01



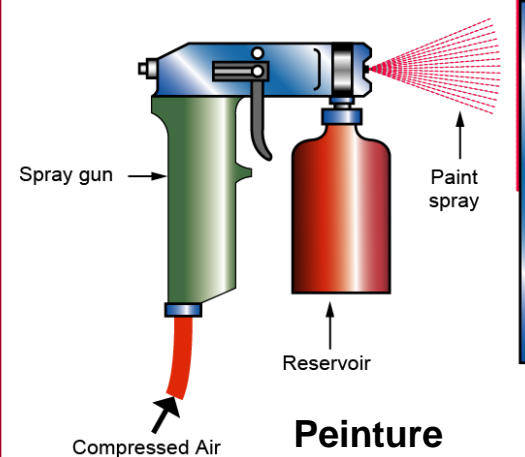
Usinage

**Mise en
forme –
Finition**

Assemblage



Soudage



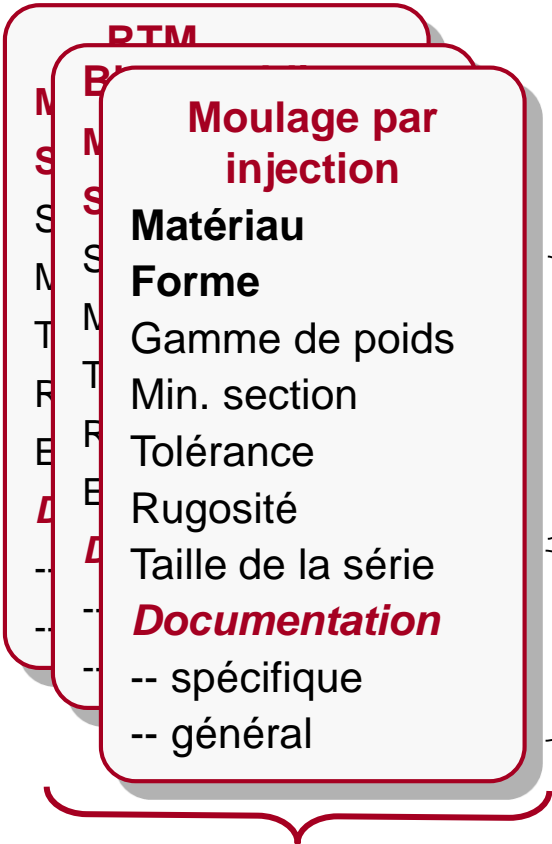
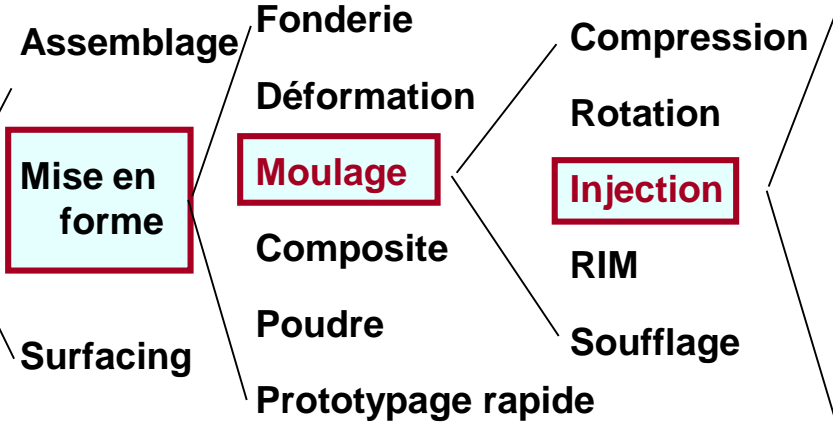
Peinture

**Traitement
de Surface**



Organiser l'information : L'arbre des PROCÉDÉS

GRANTA



Information structurée

Information non structurée

Fiche sur le procédé



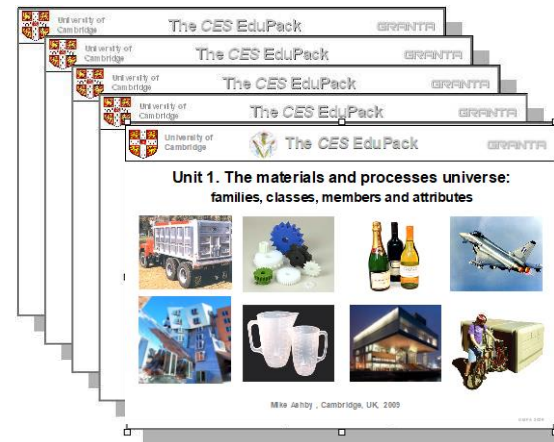
Le logiciel CES EduPack

GRANTA

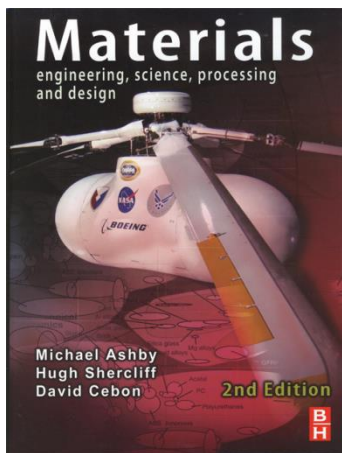
❑ Logiciel



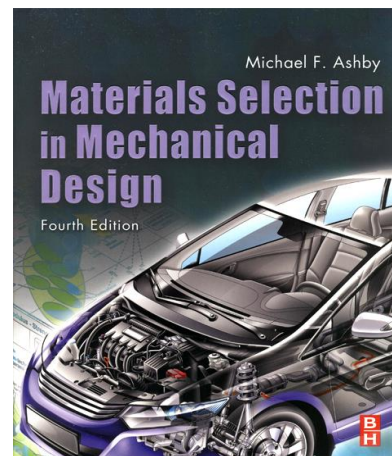
❑ Cours sous PowerPoint



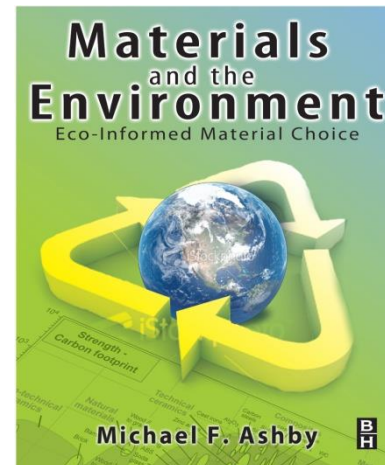
❑ Livre d'introduction



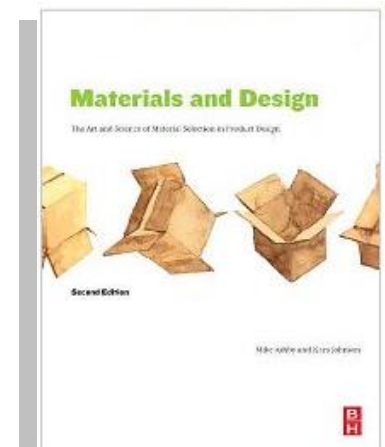
❑ Livre pour ingénieurs



❑ Bases écologiques



❑ Livre pour conception industrielle





CES EduPack 2012

□ Rapports



Niveau 1

- 1^{ère} année : Étudiants en mécanique et science des matériaux.
- 67 matériaux, 77 procédés

Niveau 2

- 2^{ème} à 4^{ème} année : Étudiants en mécanique, science matériaux, design..
- 98 matériaux, 109 procédés

Niveau 3

- 3^{ème} et 4^{ème} année, : Étudiants en BTS, master, thèse, recherche, DESS,...
- 3831 matériaux, 230 proc.

Table des éléments
(Mendeleïev)

Ingénierie des Polymères

Aéronautique

Architecture
Génie civil

Conception
éco-avertie

Nature et
biomatériaux

Énergies à
faible taux de
Carb. et
nucléaire



Trouver l'information avec CES EduPack

GRANTA

File Edit View Select Tools Window Help Feature request

barre
d'outils

Browse

Search

Select

Tools

Search web

CES Help

Table:

Univers Matériaux

Subset:

Edu Niveau 1



Univers Matériaux



Céramiques et verres



Hybrides: composites etc



Métaux et alliages



Polymères et élastomères

Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)

The material

When you think of PMMA, think transparency. Acrylic, or PMMA, is the thermoplastic that most closely resembles glass in transparency and resistance to weathering. The material has a long history, discovered in 1872, first commercialized in 1937, its first major application was as cockpit canopies for fighter aircraft during the second World War.

Composition : $(CH_2-CH-C_6H_4)_n$

Composition : $(CH_3-CH_2-C-CO-OCH_3)_n$

General properties

Density

Price

General properties

Density

Mechanical properties

Young's modulus

Medium strength (elastic limit)

Young's modulus

Yield strength (elastic limit)

Tensile strength

Fatigue strength at 10^7 cycles

Fracture toughness

Elongation

Hardness - Vickers

Thermal properties

Maximum service temperature

Thermal conductor or insulator?

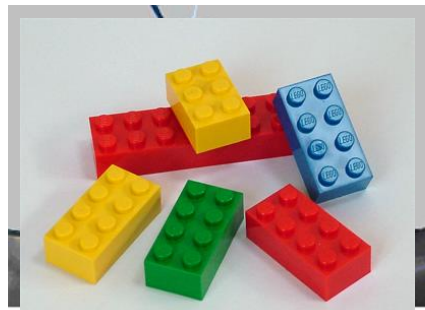
Thermal properties

Specific heat capacity

Thermal expansion coefficient

etc

Etc



1010 - 1210 kg/m³
2.33 - 2.56 USD/kg

1.2e3 kg/m³

2.5 1.1 2.7 - 2.9 USD/kg GPa

18.5 - 51 MPa

2.2 27.6 3.8 - 55.2 MPa

54 1.5 72 - 100 MPa

48 5.6 80 - 15 MPa

72 11.04 1.3e2 22.08 MPa

2 1.186 10 - 4.289 MPa.m^{1/2}

16 - 22 HV

* 15 - 33 MPa

0.7 335 1.6 - 350 MPa.m^{1/2}

Good insulator

0.188 - 0.335 W/m.K

3.6e2 1386 4.4e2 1949 J/kg.K

3.2e2 84.6 3.3e2 234 μstrain/°C



Ajoutons de la science

GRANTA

Alliages d'Aluminium à durcissement par vieillissement

Description. Les alliages d'aluminium à haute résistance mécanique sont basés sur durcissement dans le temps, une séquence d'étapes de traitement thermique qui provoque précipitation de dispersions intermétalliques à l'échelle nanométrique qui empêchent les mouvements de dislocation et confèrent une résistance mécanique.

Propriétés générales

Masse Volumique
Prix

Propriétés mécaniques

Module de Young

Limite élastique

Résistance en traction

Allongement

Mesure de dureté Vickers

Limite de fatigue

Ténacité

Propriétés thermiques

Température de fusion

Température maximale d'utilisation

Conducteur ou isolant thermique?

Conductivité thermique

Chaleur spécifique

Coefficient de dilatation

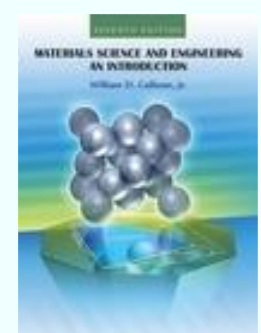
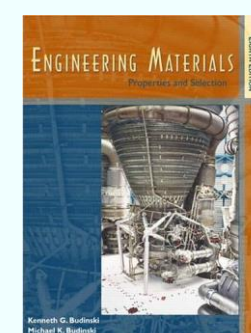
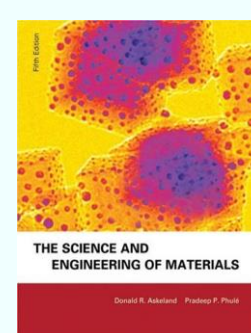
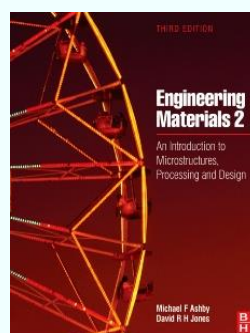
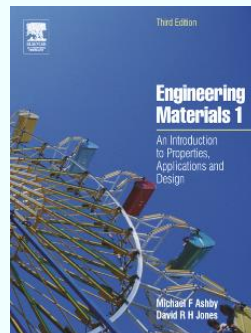
Propriétés électriques

Conducteur ou isolant électrique?

Module d'Young

Fatigue strength at 10^7 cycles

Auteur	Titre	Chapitre
Callister	"Materials Science and Engineering: an Introduction"	6
Budinski	"Engineering Materials: Properties and Selection"	2
Askeland	"The Science and Engineering of Materials"	6
Ashby et al	"Materials: Engineering, Science, Processing and Design"	6, 7
Ashby & Jones	"Engineering Materials" Vol 1	8, 9





À L'AIDE ! Vidéos tutoriels, Rapports... et bien plus encore

GRANTA

Browse

Search

Select

Tools

Search web

Help

GRANTA CES 2011 EDUPACK Video Tutorials

Browse

- Levels 1 & 2
- Levels 1 & 2 Bio Engineering
- Level 3
- Level 3 Aerospace
- Level 3 Eco Design
- Level 3 Polymer
- Level 3 Low Carbon Power
- Level 3 Nuclear Power
- Architecture & Structural Sections
- Elements

Tools

- Add User Defined Record
- Eco Audit - standard
- Eco Audit - enhanced
- Hybrid Synthesizer

Help

- Getting Help

Search

- Search Database

Select

- Graph Stage – plotting charts
- Graph Stage – display tools
- Graph Stage – selection tools
- Limit Stage
- Tree Stage
- Combining Stages

Tutoriels Vidéo

L'Aide en ligne dans CES

Ressources d'enseignement
sur le site Internet

- Granta Design sur Internet
- À propos de CES EduPack

Rapports interactif

Bien Démarrer

- [About Help Viewer](#) - how to use the help viewer
- [Software & Copyright information](#)



Parcourir plus de 200 ressources

par Sujet, Type, Alphabet, ou Langue
du pays de contribution.

- Exercices avec Solutions détaillées
- D'autres Unités de Cours
- Des Rapports
- Études de cas de sélection interactives
- Séminaires sur le Web
- Posters
- Exemples de projet Eco Audit
- Liaisons à d'autres bons sites de ressource
- Base de Données

<http://teaching.grantadesign.com>



Et Alors ? Les points principaux !

- **La classification** permet aux données « matériaux » d'être organisées et retrouvées.
- Les données prennent deux formes principales :
 - (a) **Données Numériques, et non-numériques** qui peuvent être **structurées**
 - (b) **Documentation**, en général sous forme de textes, graphiques et images
- **CES EduPack permet** l'accès aux données via les fonctions :
 - **Browse** or **Search**
- **Science sous-jacente** fournie par :
 - **des Notes Scientifiques** liées aux noms des propriétés « matériaux »
 - **des Rapports** accessibles par **Help**
 - **des liens** à des textes qui font références dans le domaine.



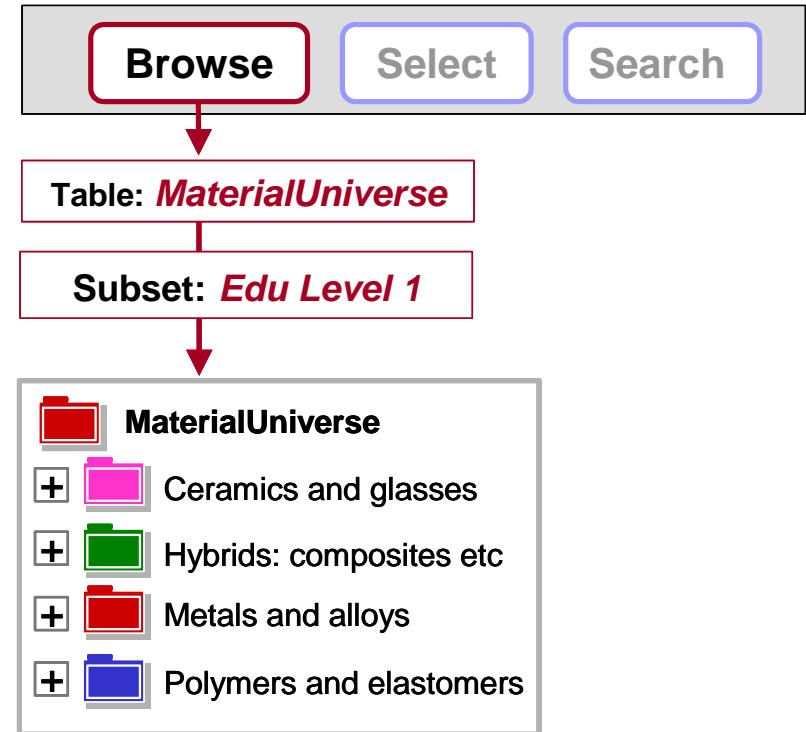
Pause pour une démo

GRANTA



Exercices : Explorer

- 1.1 Trouver, en explorant, le *Niveau 1* de la fiche **Alliage de titane** dans Métaux et Alliage: Non-ferreux
- 1.2 Trouver le *niveau 1* de la fiche **Phénoliques** dans Polymères et élastomères : Thermodurcissables
- 1.3 Trouver le *niveau 1* de la fiche **Alumine** dans Céramiques et verres : Céramiques Techniques
- 1.4 Trouver le *niveau 2* de la fiche **Alliage d'aluminium: corroyé et trempable** dans Métaux et alliages : Non-ferreux : Aluminium et alliages
- 1.5 Trouver le *niveau 2* de la fiche **Contre-plaqué** dans Hybrides : Matériaux naturels





1.6 Trouver, grâce à la recherche, la fiche **Polylactide** :
Qu'est-ce que c'est?

Réponse: Polylactide, PLA, est un thermoplastique biodégradable dérivé du maïs.

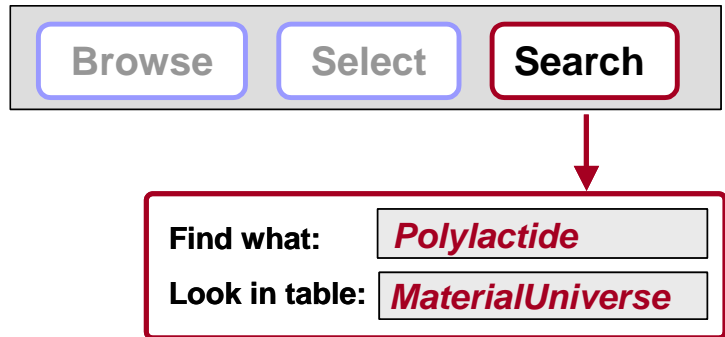
1.7 Trouver les fiches pour les matériaux qui sont utilisés pour les **Lentilles** : Quels sont-ils ?

Réponse : Silicium, Polyamides (PA), Polycarbonate (PC) et Acrylique (PMMA).

1.8 Trouver les fiches de tous les matériaux qui sont des **Bio polymères**.

Réponse :

- Polylactone (PLA);
- Poly_quelque_chose_imprononçable(PHA, PBA);
- Polysaccharoses (TPS)





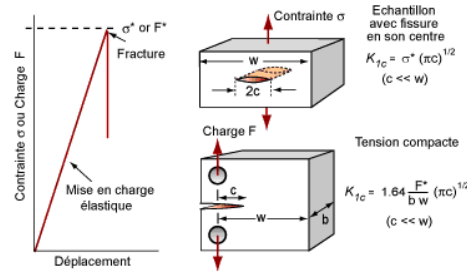
Exercices : Explorer la science

GRANTA

1.9 Comment est mesuré la **Ténacité** ?

Définition et mesure. La résistance à la Réponse

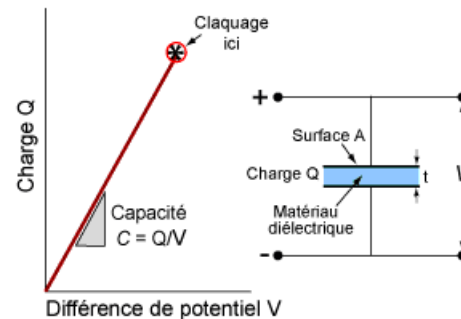
fracture, K_{Ic} , (unités: $\text{MPa m}^{1/2}$ ou $\text{MN/m}^{1/2}$) mesure la résistance d'un matériau à la propagation d'une fissure. On la mesure en mettant sous charge un échantillon contenant une fissure délibérément introduite, limitée et de longueur $2c$ ou une fissure partant de la surface de longueur c (Illustration 1). On fait la mesure en enregistrant la contrainte en traction σ^* ou la charge de pliage P^* à laquelle la fissure se propage subitement.



1.10 Que veut dire **Tension de claquage** ?

Réponse :

Définition et mesure. Le gradient de potentiel de claquage ou rigidité diélectrique (unités: MV/m) est le gradient de potentiel électrique auquel un isolant claque et pour lequel une augmentation brutale de courant, semblable à un éclair, passe à travers lui (arc électrique).



1.11 Que veut dire **CO₂ rejeté** pour un matériau?

Réponse: The **CO₂ footprint** per unit weight, using PET as an example, is

$$(\text{CO}_2)_{\text{PET}} = \frac{\sum \text{Mass of CO}_2 \text{ directly arising from PET production per year}}{\text{Mass of PET shipped per year}}$$

Propriétés mécaniques

Module de Young

Module de cisaillement

Module de compressibilité

Propriétés thermiques

Température de fusion

Température de transition

Température maximale d'usage

Propriétés électriques

Conducteur ou isolant électrique

Résistivité électrique

Constante diélectrique

Rigidité diélectrique (claquage)

Propriétés optiques

Transparent ou opaque?

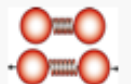
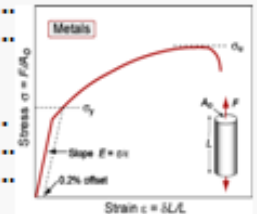
Indice de réfraction

Module d'Young

Definition.....

Measurement

Origins





Sommaire des leçons disponibles

GRANTA

**Le diaporama de cette leçon est disponible
sur le site web des Ressources d'enseignement**

Sujet	Numéro	Titre
Trouver et Afficher les Informations	Unité 1	L'univers des matériaux et des procédés : Les matériaux en Ingénierie
	Unité 2	Diagrammes de propriétés des matériaux : Exploration du monde des matériaux
Propriétés des Matériaux	Unité 3	Les Eléments : Origine des propriétés, tendances et liens
	Unité 4	Manipulation des propriétés : Microstructure, Chimie, Architecture
	Unité 5	Concevoir les nouveaux Matériaux : Comblent l'espace des propriétés-matériaux
	Unité 6	Sélection de Matériaux : Traduction, Sélection et Documentation
	Unité 7	Classement des Matériaux : Affiner le choix par les indices de performance
Sélection	Unité 8	Conflits d'objectifs : Méthodes de compromis et fonctions de valeur
	Unité 9	Matériaux et Formes : Matériaux pour des structures efficaces
	Unité 10	Sélection de Procédés : Mise en forme, assemblage et traitement de surface
	Unité 11	The economics: cost modelling for selection

Sujet	Numéro	Titre
Développement Durable	Unité 11	The economics: cost modelling for selection
	Unité 12	Eco-sélection : l'outil Eco-audit
	Unité 13	Advanced Eco design: systematic material selection
	Unité 14	Matériaux pour la production d'énergie à faible empreinte carbone
Special Topics	Unité 15	Architecture and the Built Environment: materials for construction
	Unité 16	Structural sections: shape in action
	Unité 17	CES EduPack Bio Edition: Natural and man-made implantable materials
	Unité 18	Materials in Industrial design: Why do consumers buy products?
Enseignement Avancé et Recherche	Unité 19	Advanced Databases: Level 3 Standard, Aerospace and Polymer
	Unité 20	Hybrid Synthesizer: Modelling Composites, Cellular structures and Sandwich panels
	Unité 21	Database creation: Using CES Constructor in Research
	Unité 22	Research: CES Selector and Constructor
	Unité 23	Sustainability: Sustainability and Materials Selection

Chaque diapo d'une leçon comporte des notes explicatives. Vous pouvez les consulter en ouvrant le diaporama en mode ["Normal"], ou en cliquant sur l'icône correspondante dans la barre d'outils inférieure.



Auteur

Mike Ashby

University of Cambridge, Granta Design Ltd.

www.grantadesign.com

www.eng.cam.ac.uk

Reproduction

Ces ressources sont soumises aux droits d'auteur de Mike Ashby. Vous pouvez reproduire ces ressources pour les utiliser avec des étudiants, pourvu que vous ayez acheté les droits d'accès aux ressources d'Enseignement de Granta Design. Assurez-vous, s'il vous plaît, que Mike Ashby et Granta Design sont cités sur toutes vos reproductions. Vous ne pouvez utiliser ces ressources pour des buts commerciaux.

Précision / Pertinence

Nous faisons tout pour que ces ressources soient d'une grande qualité. Si vous avez des suggestions pour des améliorations, contactez-nous s'il vous plaît par courrier électronique à :

teachingresources@grantadesign.com

Il y a plus de 200 ressources disponibles

Incluant :

- 77 diaporamas
- des Exercices avec leur solution
- des séquences enregistrées sur le web.
- des Posters
- des Rapports d'analyse
- des Manuels de Solutions
- des études de cas interactifs

Traduction

Nous remercions encore Jean-Noël Chouard du *Lycée Victor Bérard de Mermoz* pour avoir traduit cette ressource. Les personnes souhaitant entrer en contact avec M. Chouard au sujet de cette traduction peuvent le contacter à l'adresse suivante : jean-noel.chouard@wanadoo.fr

