

Méthode de sélection des matériaux



M.Ashby

Belkhamza sarah 2008-2013

Matériaux

Acier haut de gamme au carbone silicium

- Assurant une grande robustesse de la lame
- Trempe maîtrisée garantissant une très bonne résistance à la flexion.



Manche surmoulé en polymères techniques

- Résistance aux chocs et à l'abrasion
- Tenue aux produits chimiques
- Performances durables



Empreinte noire

- Zéro risque d'écaillage et précision assurée
- Conserve la précision dimensionnelle de l'usinage
- Pas de dépôt de chrome sur l'environnement
- Pas de fragilisation due au dégagement d'hydrogène lors du chromage

Cœur en polyamide

- Grande résistance aux chocs et aux efforts
- Liaison manche/lame à toute épreuve

Sommaire

1. Introduction
aux
Matériaux

2. Introduction
aux Procédés

3. Notions sur les
propriétés des
matériaux et
Sur les attributs
des procédés

4. Méthodes
de sélection et
stratégie de
gestion de
données.

5. Accès aux
bases de
données.
CES Eduapck

Avant propos

➔ **Les designers** font des choses. Ils les font à partir de matériaux et à l'aide de **processus**.



Eco-friendly display packaging created for a bamboo fork + spoon product. The refillable package is made from one piece of recycled chipboard and uses no adhesives other than the package label.

We're digging Singapore-based [Dave Lim's](#) Sony Ericsson R306 cell phone/radio and portable desktop speaker concepts.



Futuristic monobike with retro elements inspired from WWII motorcycles. The bike was modelled in Solidworks using Nurbs. Details were added with Rhinoceros 3D and XSI. Rendered in XSI with mentalray. The final assembly consist of more than 600 individual components.

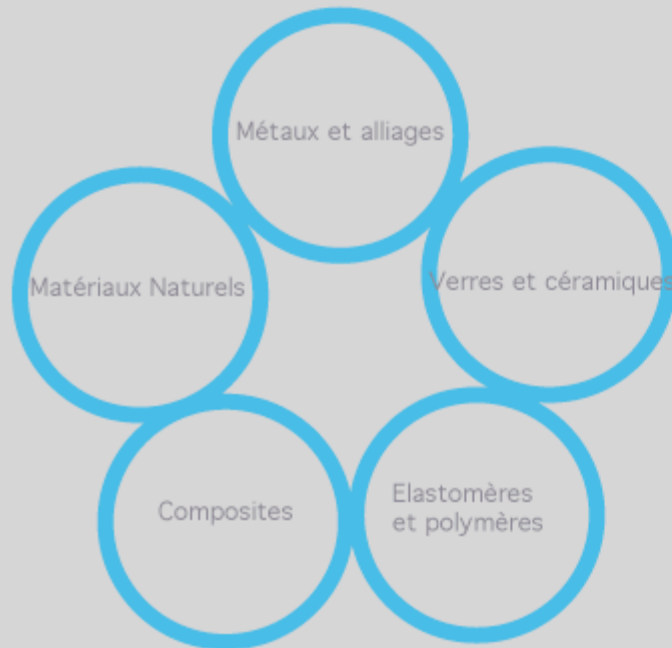
Avant propos

- Qu'ont-ils besoin de savoir pour le faire ?
- **Un point de vue du monde des matériaux et des procédés.**
- **Comprendre leurs propriétés et leurs attributs.**
- **Accès à l'information et des outils de comparaison et de sélection.**
- **La capacité de sélectionner** des matériaux et des procédés répond le mieux à des exigences d'un design.

Quelles données?

MATERIAUX

5 FAMILLES



Données sur les propriétés des matériaux

PROCEDES

5 FAMILLES



Données sur les techniques et technologies des procédés

Les fondateurs



- ➔ **Prof. Mike Ashby et l'Université de Cambridge**
- ➔ **Partenariat unique avec ASM International**
- ➔ **Materials Data Management Consortium (mdmc.net)**
- ➔ **MIL-Handbooks 5 & 17,**



CES EDUPACK



session de formation

Bellkhamsa sarah 2008-2009-Cours connaissances et techniques des matériaux

GRANT
CES 2013
EDUPACK



**The world-leading teaching resource for materials in
engineering, science, processing, and design**

Nouvelle approche pédagogique des Matériaux-Cours de Mike Ashby et David Cebon, Cambridge, UK, 2007-2013.

<http://www.grantadesign.com/education/edupack2013.htm>

- ➔ Le CES EduPack fournit les **ressources nécessaires** pour atteindre cet objectif et donne aux étudiants un outil qu'ils peuvent utiliser dans leur future profession (**comme la CAD ou FE outils**)

CES Edupack

- **Une méthode formelle rigoureuse et systématique pour sélectionner matériaux et procédés.**
- **Un processus de conception accéléré : accès immédiat à des informations complètes et détaillées.**
- **Accès direct, simple et personnalisable à toute donnée**
- **interne sur vos matériaux, vos procédés, vos fournisseurs.**

Les possibilités de CES

Simple

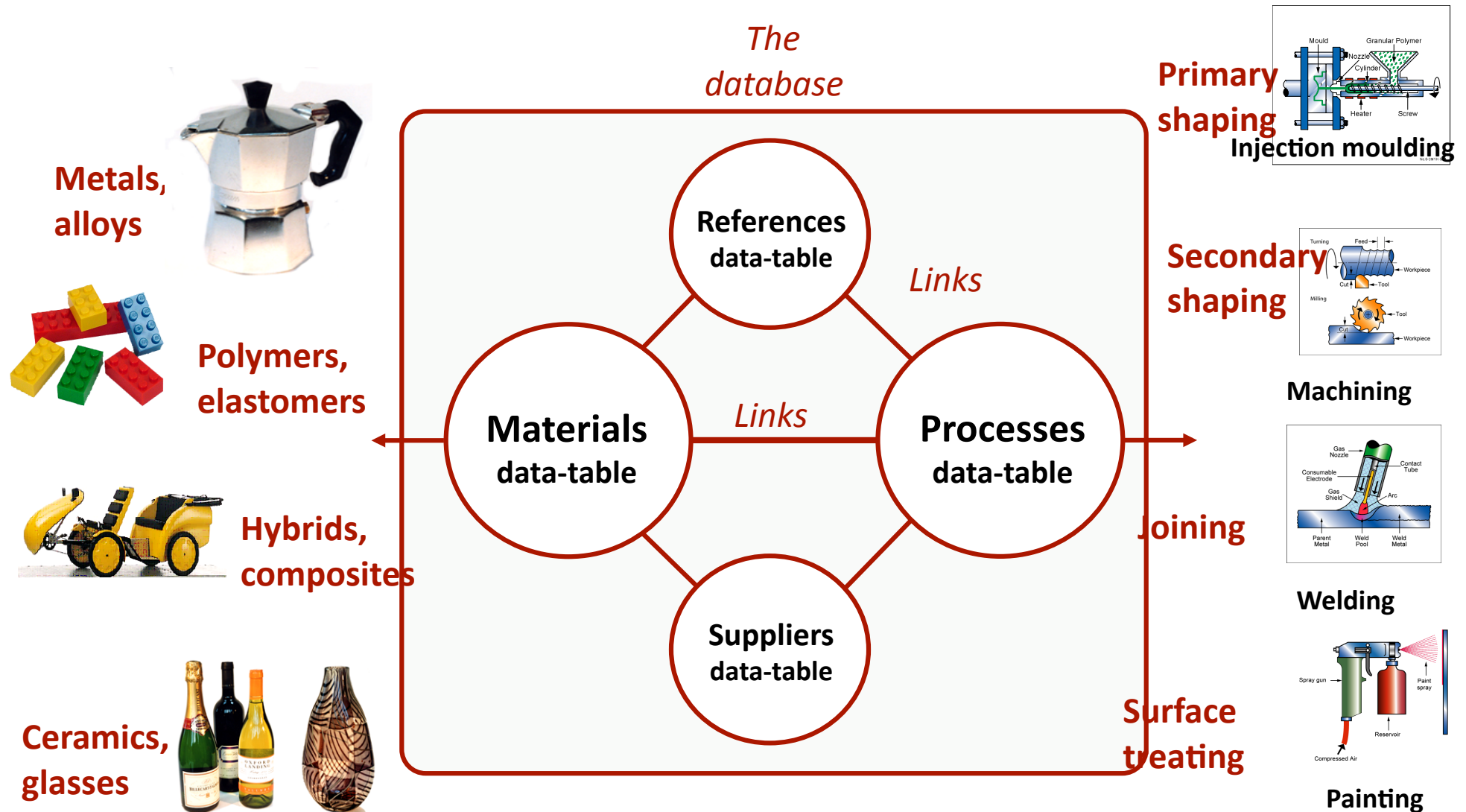
- Vérifier des informations sur les matériaux et les procédés Complexes
- Comparer et classer des données sur des échelles de référence connues



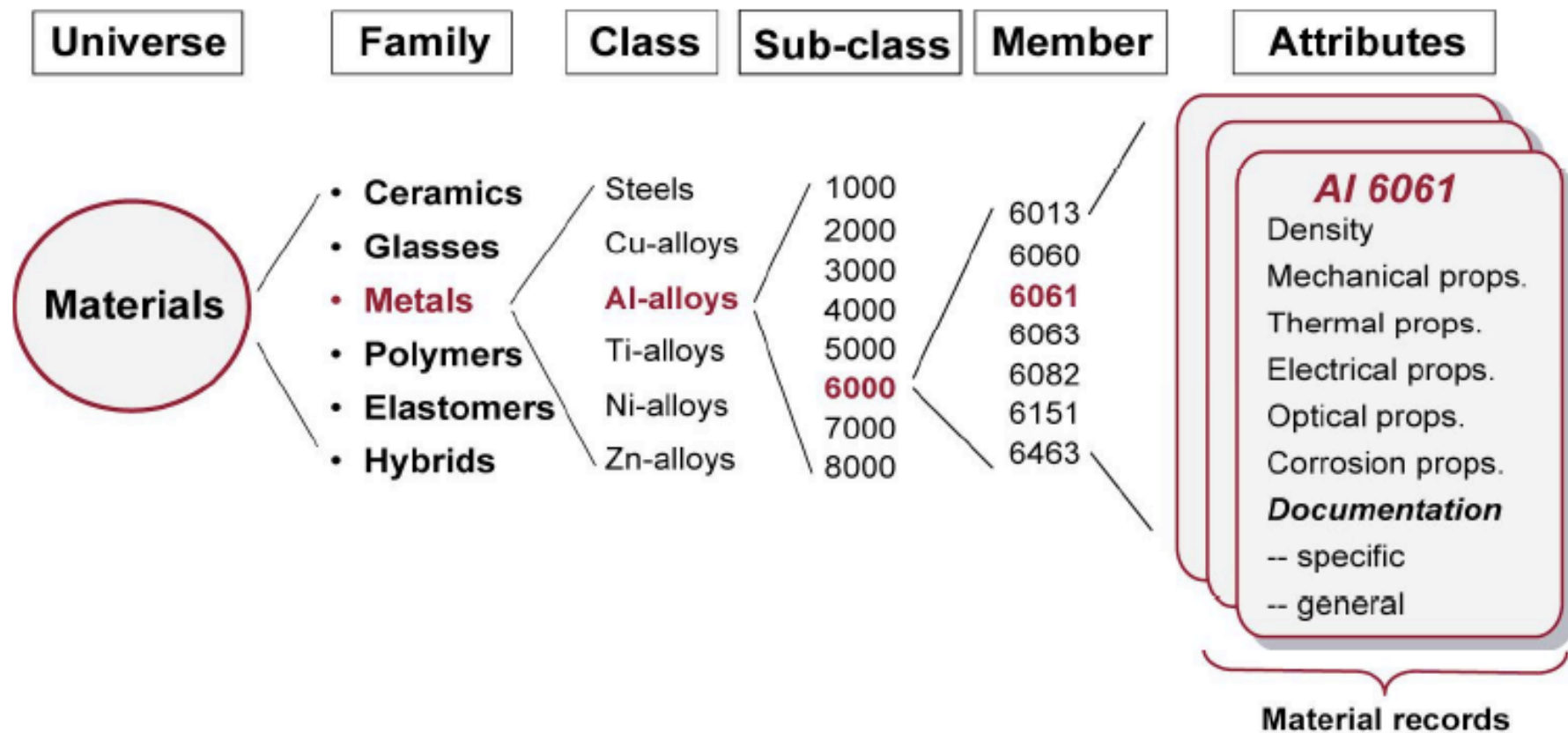
Complexe

- Visualiser des objectifs simples comme performances et coûts.
- Equilibrer graphiquement des contraintes conflictuelles.
- Sélectionner le meilleur matériau suivant une méthode systématique et garantie

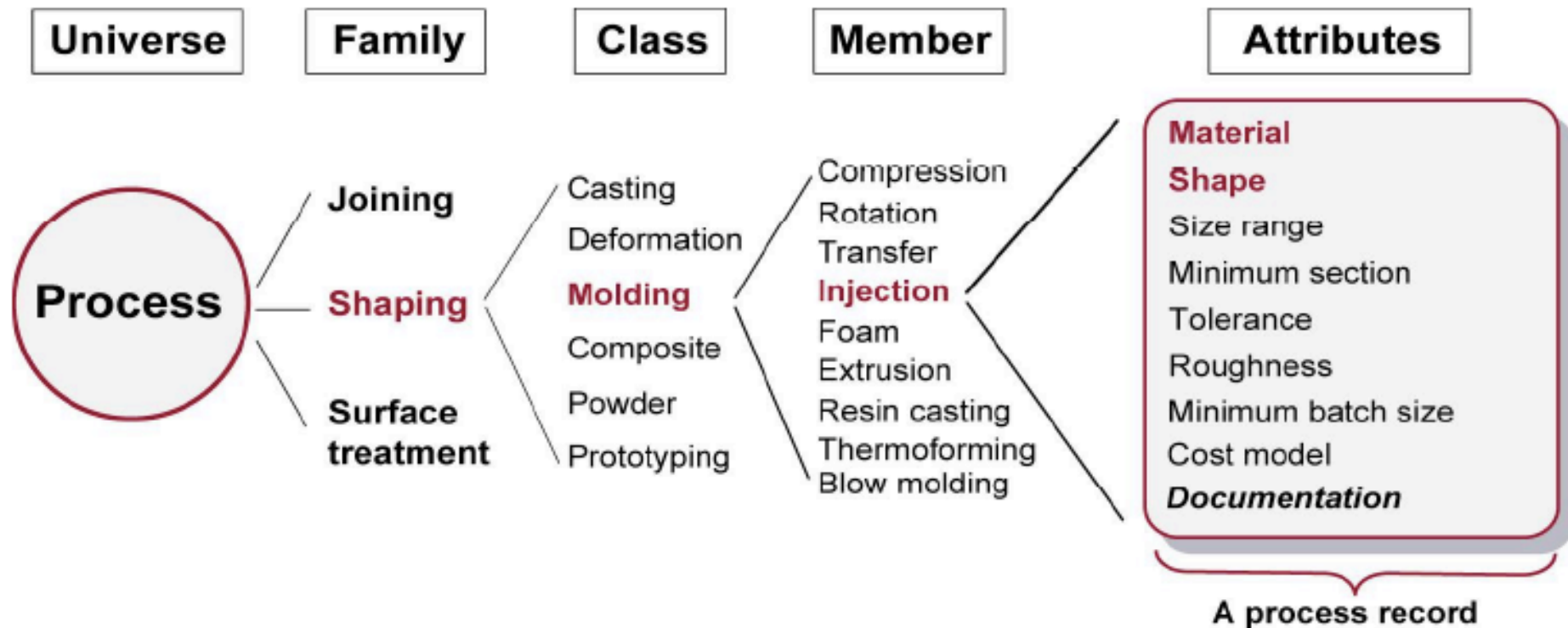
Architecture de CES EDUPACK



1. Les matériaux et leurs caractéristiques



2. Les procédés et leurs attributs



GRANTA | CES 2008
EDUPACK



www.grantadesign.com/education/



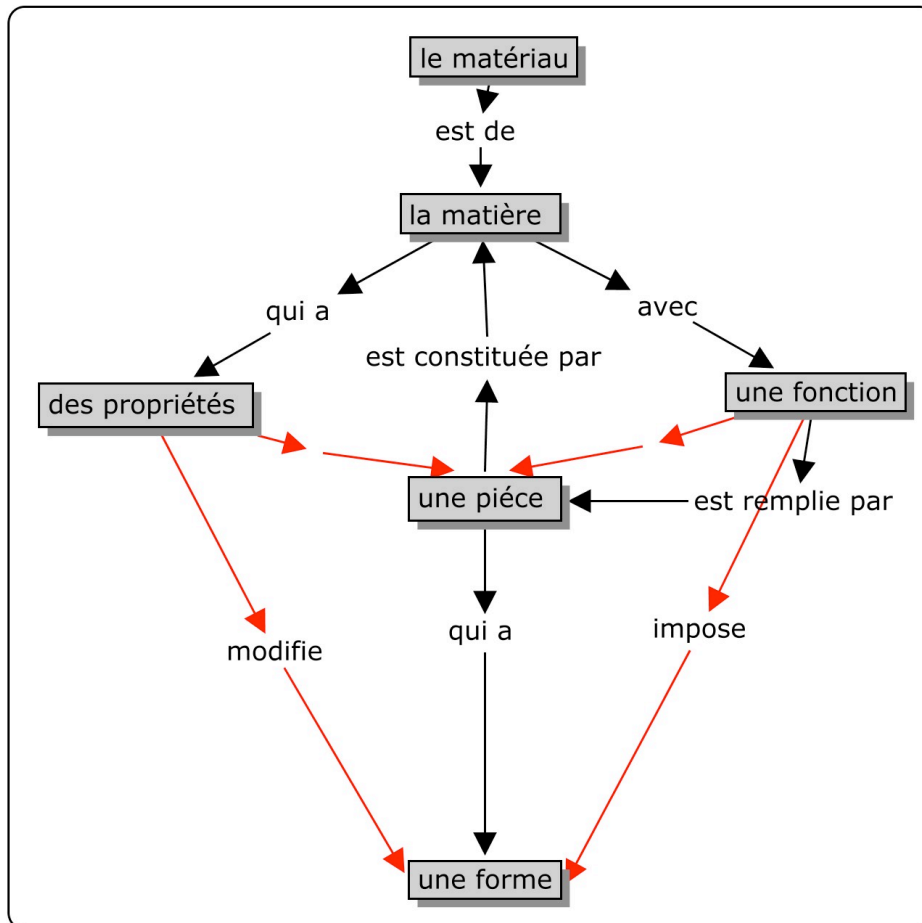
Chapitre 1: L'univers des matériaux

M.ASHBY et CES EDUPACK

Introduction aux matériaux

- Définition du matériau
- Typologie des matériaux
- Familles des matériaux (classes)
- Caractéristiques (propriétés)

Définition



➤ « un matériau est de **la matière** avec **une fonction**. Cette fonction est remplie par **une pièce** qui a **une forme** et qui est constituée de **matière** qui a **des propriétés** »¹.

➤ Le matériau est utilisé pour la fabrication artisanale ou industrielle

- Des objets
- Des produits
- Des systèmes

1. Ashby.M, Bréchet.M & Salvo.L. (2001). *Traité des matériaux 20: sélection des matériaux et des procédés de mise en oeuvre*. PPUR. Lausanne.

Typologie de matériaux

«la matière avec une fonction » qui peut :

- Transmettre des efforts : **matériaux de structure**
- Transmettre de l'énergie: **matériaux fonctionnels**

Ces deux **typologies** de matériaux ne peuvent être pointé de manière totalement distinctes.

En effet, un matériau peut remplir ces deux fonctions en même temps, exp. : Un aimant tournant dans un moteur électrique.

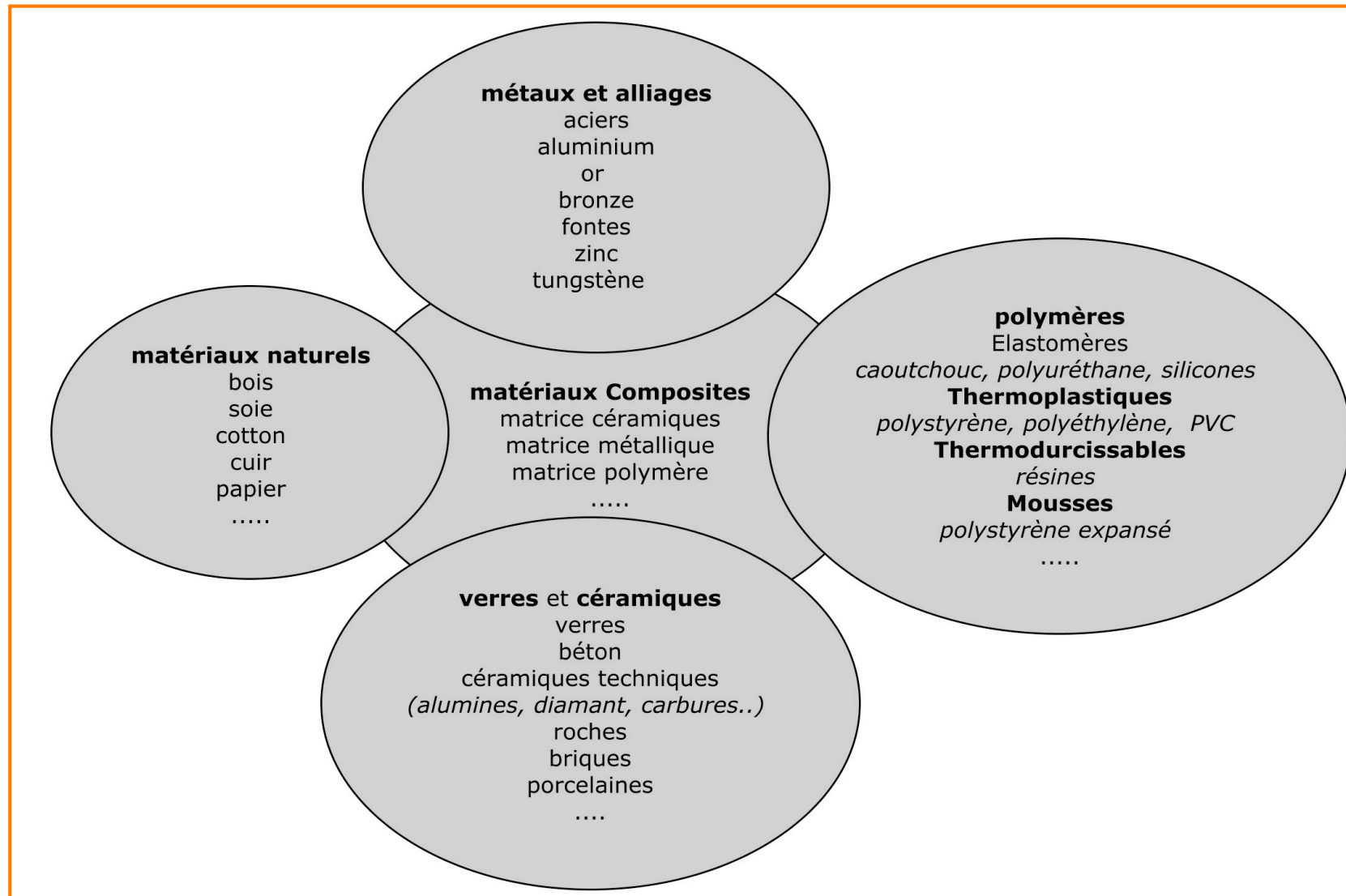
Dans le cadre de cet atelier nous traiterons **des matériaux de structure**.

Les familles de matériaux

Le mode de classement **des propriétés dépend très fortement du type d'interaction** entre atomes ou molécules qui assure leur cohésion.

Liaisons fortes	Liaisons faibles
<p>A caractère métallique, ionique ou covalent (CAD plus fortes que métalliques). Elles sont présentes à l'intérieur des édifices moléculaires, ainsi que dans les édifices cristallins et quasi cristallins et des solides amorphes.</p>	<p>A caractères électrostatique hétéro polaire intrinsèque ou induit. Ce sont elles qui assurent fréquemment la cohésion intermoléculaire des solides constitués de la juxtaposition de plusieurs molécules.</p>

Les familles de matériaux



Caractéristiques des matériaux

1. **Caractéristiques intrinsèques** : se sont des grandeurs physiques mesurables de façon objective
2. **Caractéristiques interactives** : des grandeurs qui mesurent le comportement d'un matériau mis en relation avec d'autre matériau ou avec un environnement
5. **Caractéristiques attribuées** : des grandeurs qui traduisent la perception de ces matériaux dans un contexte socio-économique. Nous pouvons enfin avoir besoin d'information sur la disponibilité du matériau et sur la forme disponible de ce matériau.

➔ **Ces 3 types d'informations : numériques, qualitatives et booléennes** nous permettent de Caractériser les différents matériaux entre lesquels nous devons choisir.

Caractéristiques intrinsèques

Catégories de propriétés	Propriétés renseignées de manière qualitative (au niveau des bases de données génériques)	
Générales	Volume atomique Densité	Contenu énergétique Fraction recyclable Prix
Mécaniques	Module de Young Module de cisaillement Module de compressibilité Module de poisson Limite d'élasticité Dureté	Résistance en traction Résistance en compression Ductilité Ténacité Limite d'endurance Coeff.d'amortissement
thermiques	Point de fusion Transition vitreuse t.maximale d'utilisation t.minimale d'utilisation	Chaleur latente de fusion Chaleur spécifique Conductivité thermique diffusivité thermique Coef.de dilatation
Électriques	Résistivité Constance diélectrique Potentiel de claquage.	

Caractéristiques interactives

Résistance à l'environnement chimique	Autres agressions
Résistance à l'eau douce Résistance à l'eau de mer Résistance aux acides forts Résistance aux acides faibles Résistance aux bases fortes Résistance aux bases faibles Résistance aux solvants organiques Résistance à l'oxydation à 500°C	Inflammabilité Résistance aux UV Résistance à L'usure

Caractéristiques attribuées

Propriétés booléennes

Procédés de mise en forme

Procédés d'assemblages

Procédés de traitements de
surface

Formes disponibles

LES MATERIAUX

BASE DE DONNEES

Recherche des matériaux

File Edit View Select Tools

Toolbar

Browse

Select

Search

Print

Search web

Table: *MaterialUniverse*

Subset: *Edu Level 1*

Find what
Look in table

Plexiglas

Materials

MaterialUniverse

+ Ceramics and glasses

+ Hybrids: composites etc

+ Metals and alloys

+ Polymers and elastomers

Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)

The Material

ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) is tough, resilient, and easily molded. It is usually opaque, although some grades can now be transparent, and it can be given vivid colors. ABS-PVC alloys are tougher than standard ABS and, in self-extinguishing grades, are used for the casings of power tools.

General properties

Density	1e3	-	1.2e3	kg/m ³
Price		2	-	2.7
		USD/kg		

Mechanical properties

Young's modulus	1.1	-	2.9	GPa
Hardness - Vickers	5.6	-	15	HV
Elastic limit	19	-	51	MPa
Tensile strength	28	-	55	MPa
Compressive strength	31	-	86	MPa
Elongation	1.5	-	1e2	%
Endurance limit	11	-	22	MPa
Fracture toughness	1.2	-	4.3	MPa.m ^{1/2}

Typical uses

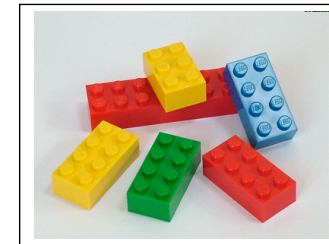
Safety helmets; camper tops; automotive instrument panels and other interior components; pipe fittings; home-security devices and housings for small appliances; communications equipment; business machines; plumbing hardware; automobile grilles; wheel covers; mirror housings; refrigerator liners; luggage shells; tote trays; mower shrouds; boat hulls; large components for recreational vehicles; weather seals; glass beading; refrigerator breaker strips; conduit; pipe for drain-waste-vent (DWV) systems.

Thermal properties

Thermal conductivity	0.19	-	0.34	W/m.K
Thermal expansion	85	-	230	µstrain/°C
Specific heat	1400	-	1900	J/kg.K
Glass Temperature	88	-	130	°C
Max service temp.	62	-	90	°C

Electrical properties

Resistivity	2.3e21	-	3e22	µhm.cm
Dielectric constant	2.8	-	2.2	



Univers des Matériaux

Univers

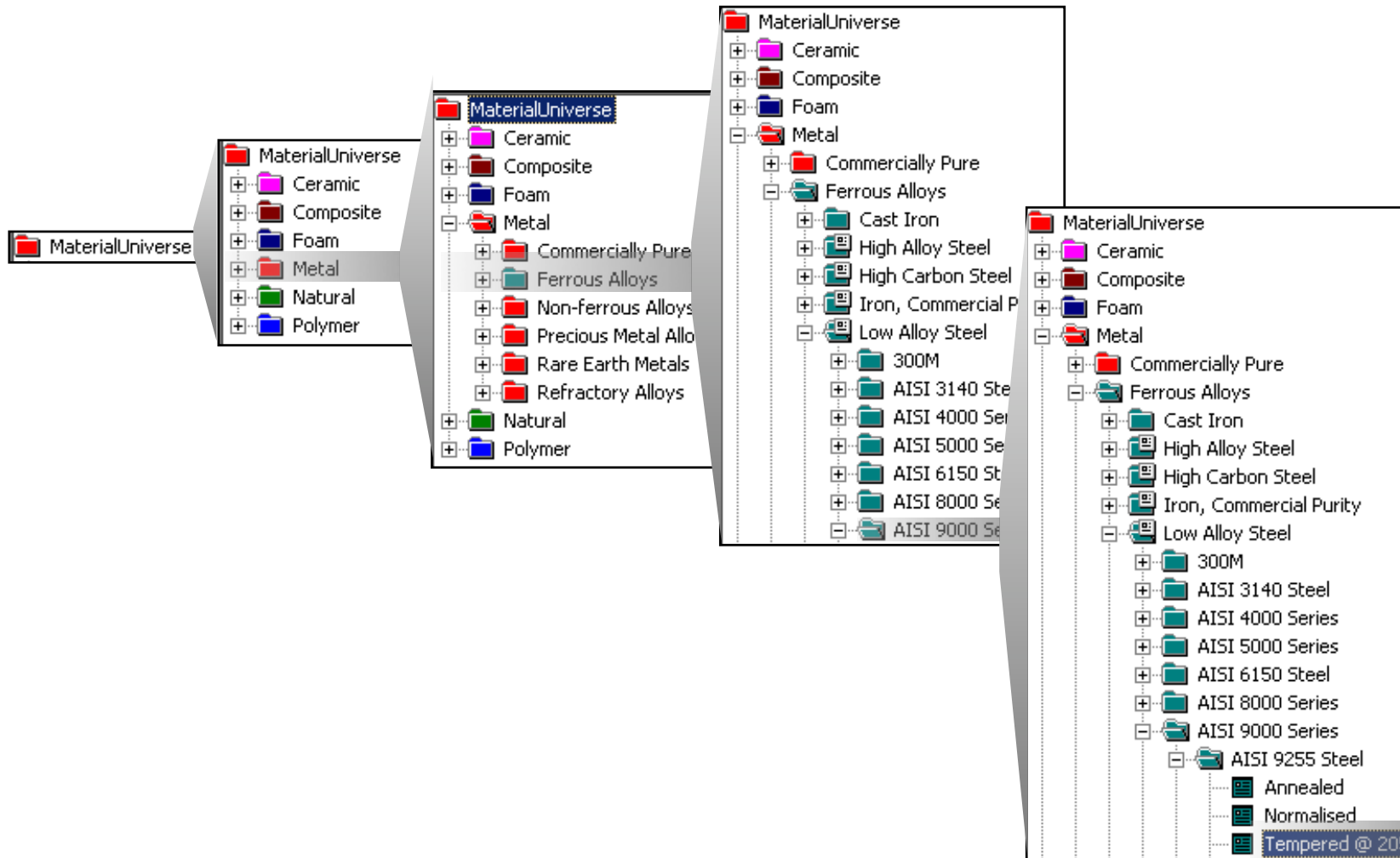
Famille

Classe

Sous-classe

Membres

Caract.



Densité
Module
Résistance
Ténacité
Conductivité
Dilatation
Résistivité
Coût
Corrosion
Oxydation



Univers des Matériaux

Univers

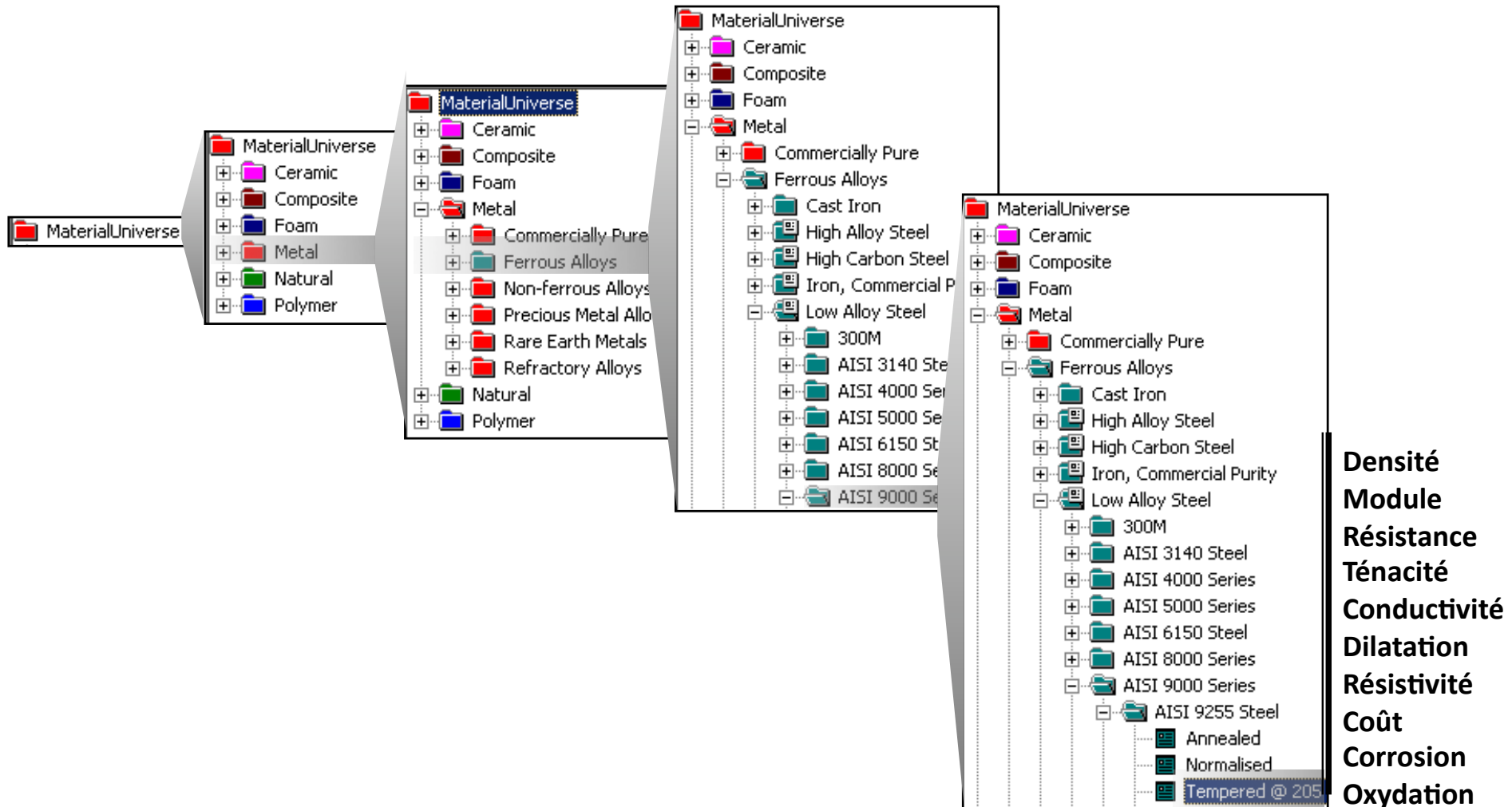
Famille

Classe

Sous-classe

Membres

Caract.



Univers des Matériaux

Univers

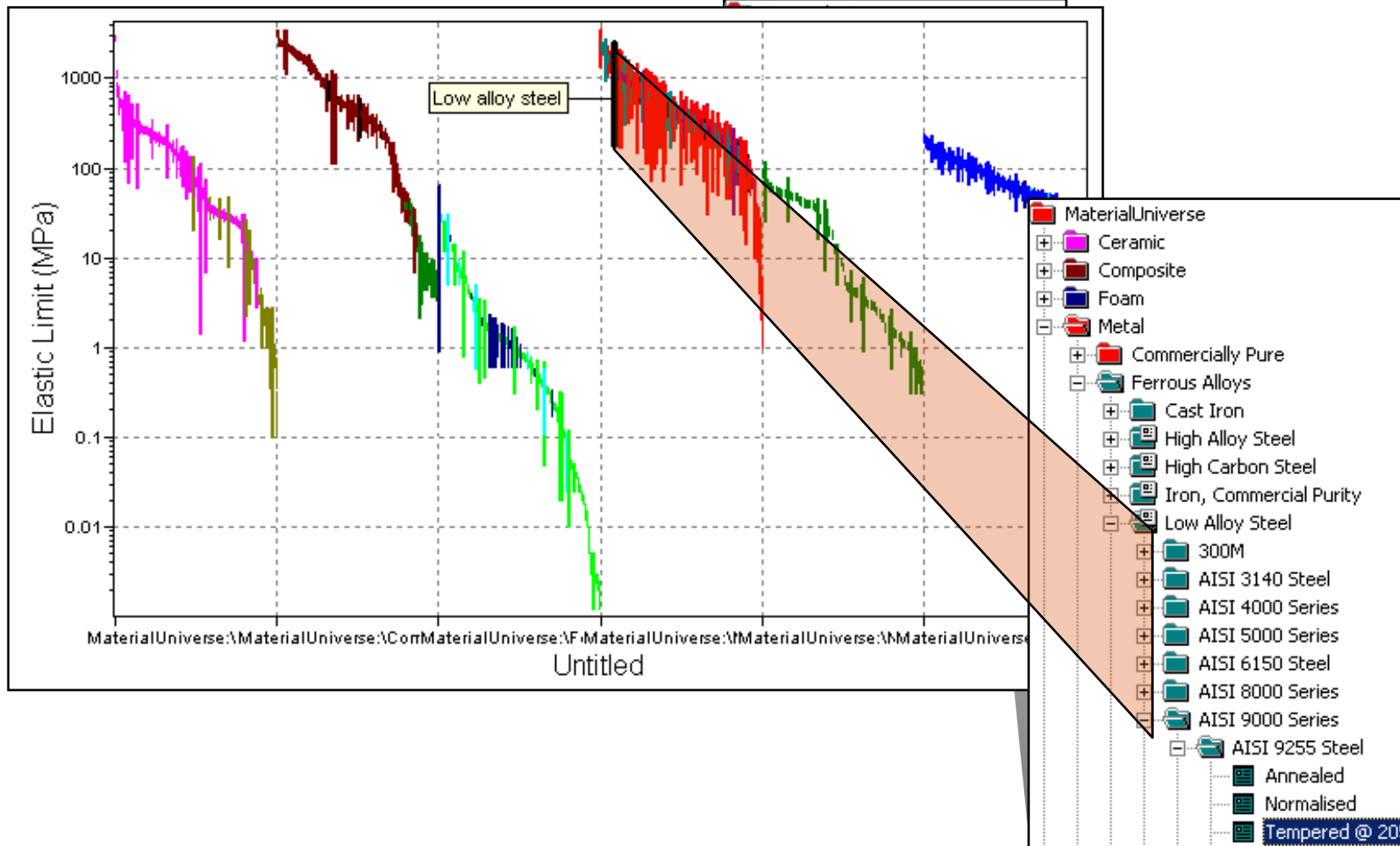
Famille

Classe

Sous-classe

Membres

Caract.



Densité
Module
Résistance
Ténacité
Conductivité
Dilatation
Résistivité
Coût
Corrosion
Oxydation

Univers des Matériaux

Univers

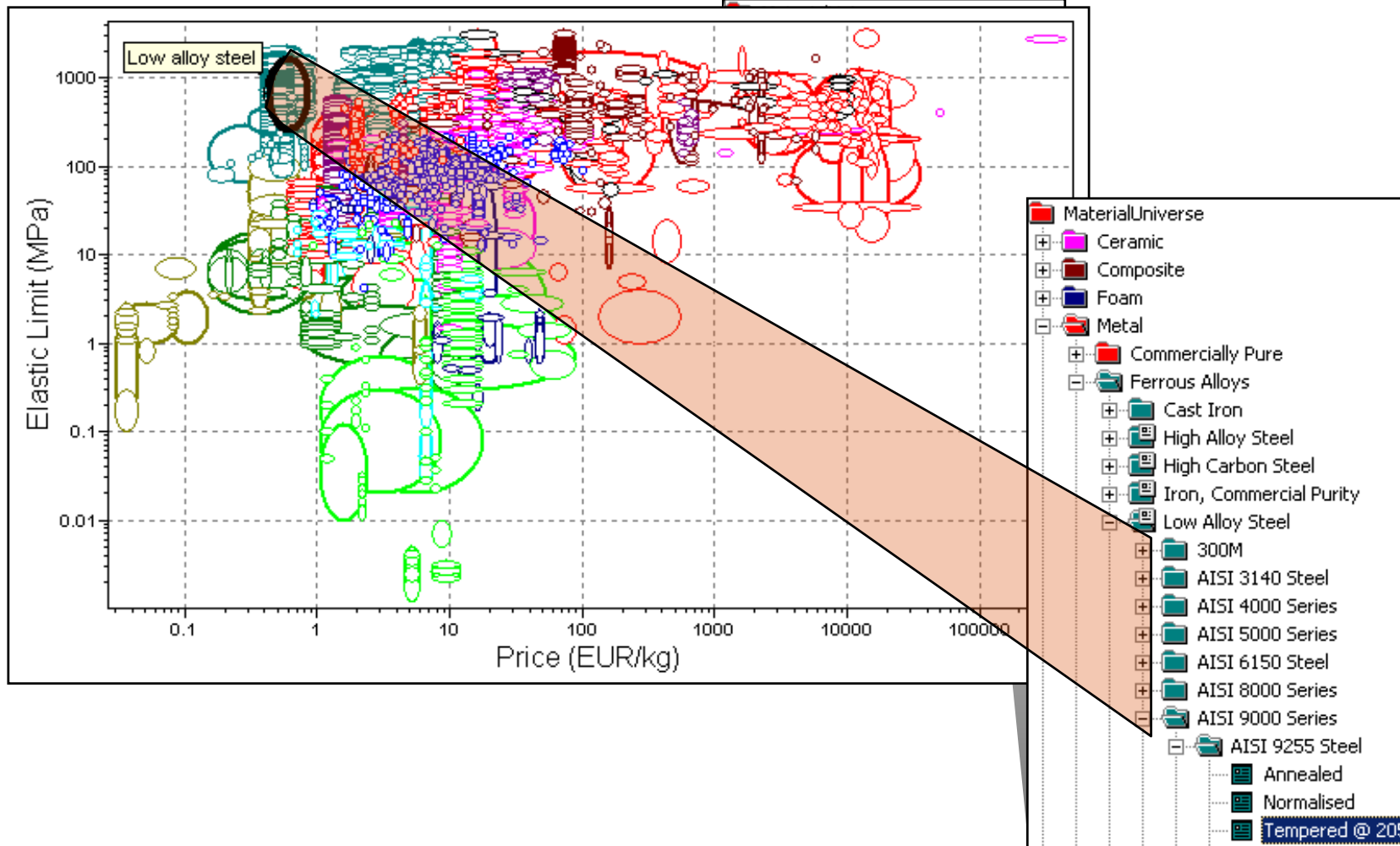
Famille

Classe

Sous-classe

Membres

Caract.



Densité
Module
Résistance
Ténacité
Conductivité
Dilatation
Résistivité
Coût
Corrosion
Oxydation

Univers des Matériaux

Univers

Caract.

Low alloy steel

General

Designation

Low alloy steel, AISI 9

Density

Price

CO2 creation

Production Energy

Recycle Fraction

Tradenames

XK9258S, Steelmark-B

A-145, AFORA (Aceros

Composition

Composition (Summ

Fe/.51-.59C/.7-.95Mn,

Base

C (Carbon)

Fe (Iron)

Mn (Manganese)

P (Phosphorus)

S (Sulphur)

Si (Silicon)

Mechanical

Bulk Modulus	159	-	176	GPa
Compressive Strength	1840	-	2255	MPa
Elongation	0.5	-	1.5	%
Elastic Limit	1840	-	2255	MPa
Endurance Limit	* 668	-	771	MPa
Fatigue Strength Model (Stress Range)	* 577.7	-	876.7	MPa

[Parameters: St](#)

Fatigue Strength Model (Stress Range) (MPa)

Thermal

Maximum Service Temperature	* 165	-	195	°C
Melting Point	1394	-	1496	°C

Typical Uses

Laminated springs; Coil springs; Torsion bars of heavy section;

Other Notes

A spring steel, used for more highly stressed applications than carbon steels.

Electrical

Resistivity Data compiled from multiple sources. See links to the References table.

Environmental

Flammability	Reference	...
Fresh Water Corrosion	Shape	...
Organic Chemicals	Structural Sections	...
Oxidation Resistance	Producers	...
Sea Water Corrosion	ProcessUniverse	...
Strong Acids		
Strong Alkalis		
UV Radiation		Very Good
Wear		Very Good
Weak Acid		Average
Weak Alkalis		Good

Shear Modulus	79	-	85	GPa
Tensile Strength	1890	-	2315	MPa
Young's Modulus	206	-	216	GPa

annealed
normalised
tempered @ 205

Densité
Module
Résistance
Ténacité
Conductivité
Dilatation
Résistivité
Coût
Corrosion
Oxydation

Univers des Matériaux

Univers

Caract.

Mechanical			
Bulk Modulus	159	- 176	GPa
Compressive Strength	1840	- 2255	MPa
Elongation	0.5	- 1.5	%
Elastic Limit	1840	- 2255	MPa
Endurance Limit	* 668	- 771	MPa
Fatigue Strength Model (Stress Range)	* 577.7	- 876.7	MPa

Matériau

Source du matériau

Entrée Centor Fichiers de bibliothèque

Coswkm.mat.lib

Steel

- Alloy Steel
- Cast Alloy
- Cast Stain
- Plain Carb
- Cast Carb
- AISI 1020
- AISI 304
- Stainless S

Modèle de matériau

Type: Linéaire élastique isotropique

Unités: SI

Propriété	Description	Valeur	Unités
EX	Module d'élasticité	72.54e+09	N/m ²
NUXY	Coefficient de Poisson	0.3435	NA
GXY	Module de cisaillement	27.33e+09	N/m ²
DENS	Masse volumique	2810	kg/m ³
SIGXT	Limite de traction	503e6	N/m ²
SIGXC	Limite de compression	434e6	N/m ²
SIGYLD	Limite d'élasticité	434e6	N/m ²
ALPX	Coefficient d'expansion the	1.3e-005	/Kelvin
KX	Conductivité thermique	50	W/(m.K)
C	Chaleur spécifique	460	J/(kg.K)

OK Annuler Aide



Export Record

Select the format that you want to export to:

- ABAQUS 5.1
- ANSYS 5
- NASTRAN
- PATRAN Neutral File
- PRO/Engineer

OK Cancel Settings

Fracture Toughness	Strong Acid		
Hardness - Vickers	Strong Alkalis		
Loss Coefficient	UV		
Modulus of Resilience	Wear		
Poisson's Ratio	Weak Acid		
Shape Factor	Weak Alkalis		
Shear Modulus		79	- 85 GPa
Tensile Strength		1890	- 2315 MPa
Young's Modulus		206	- 216 GPa

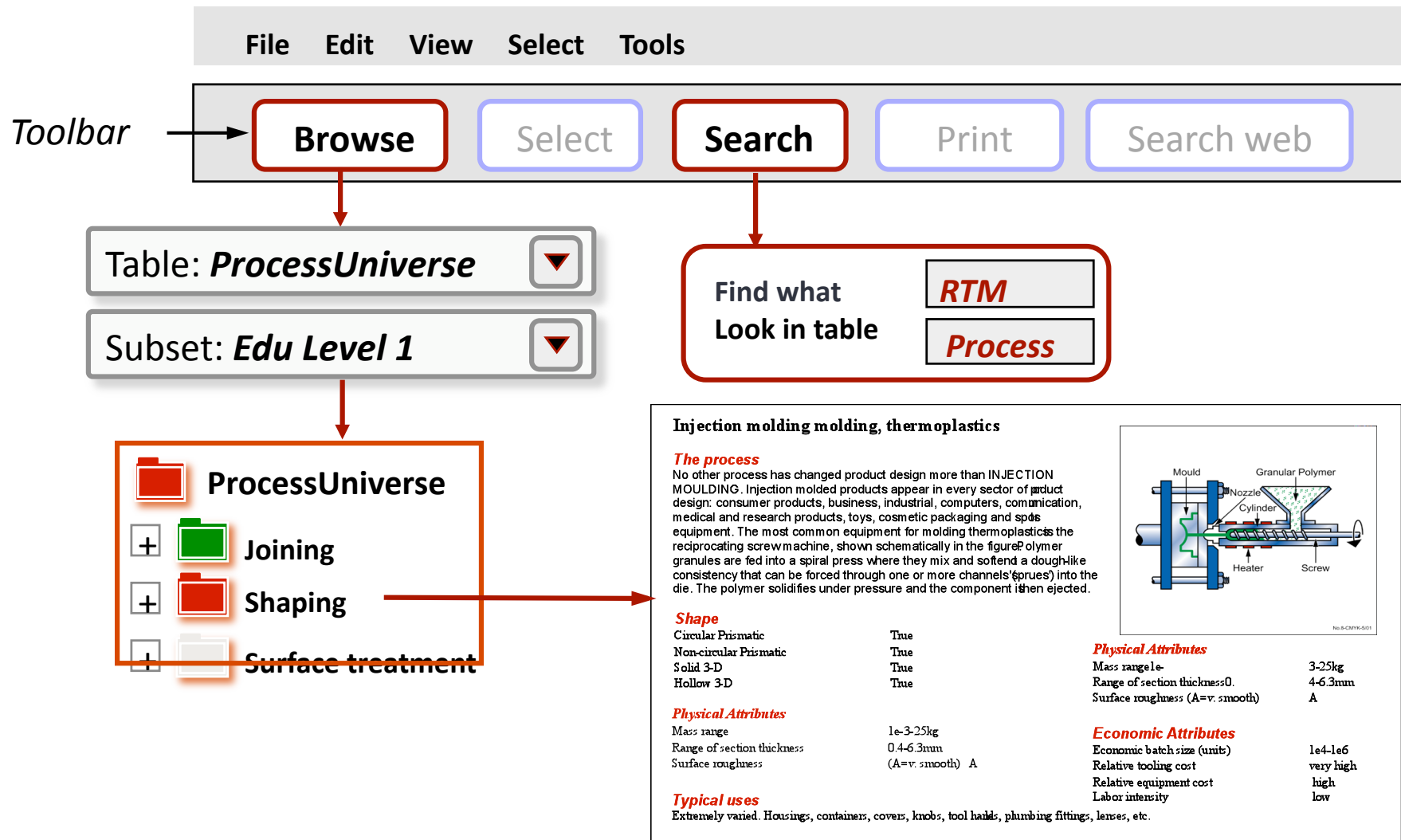
- Densité
- Module
- Résistance
- Ténacité
- Conductivité
- Dilatation
- Résistivité
- Coût
- Corrosion
- Oxydation



LES PROCÉDES

BASE DE DONNÉES

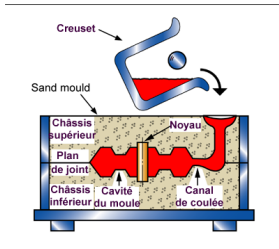
Rechercher des procédés



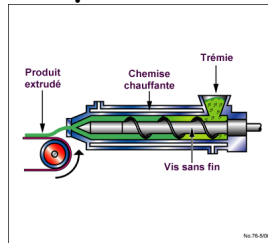
Univers des Procédés: Primaires procédés

Matériau brut

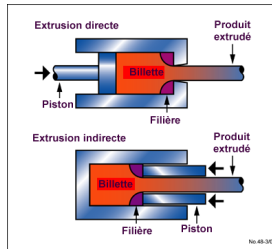
Procédés de fonderie



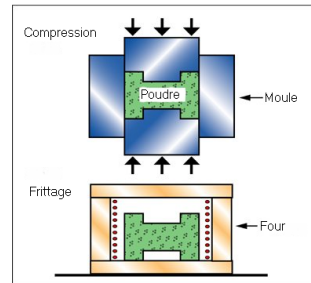
Moulage sous pression



déformation

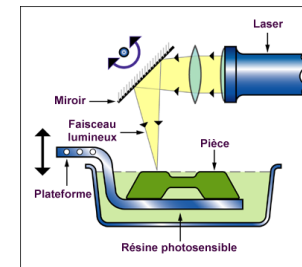
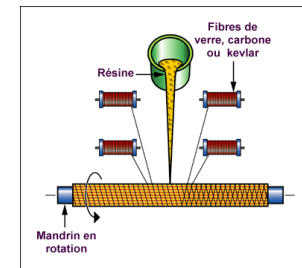


Métallurgie des poudres

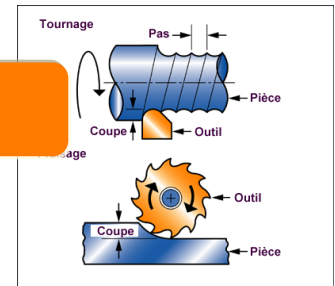


Méthodes spéciales

Primaires



Usinage



Procédés secondaires

Matériau brut

Procédés
de fonderie

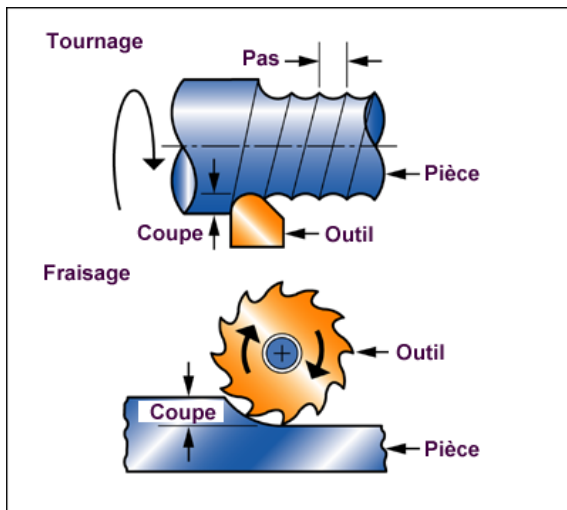
Moulage
sous
pression

déformation

Métallurgie
des
poudres

Méthodes
spéciales

Usinage



Primaires

Secondaires

Usinage

Découpage, fraisage,
meulage



Procédés tertiaires

Matériau brut

Procédés
de fonderie

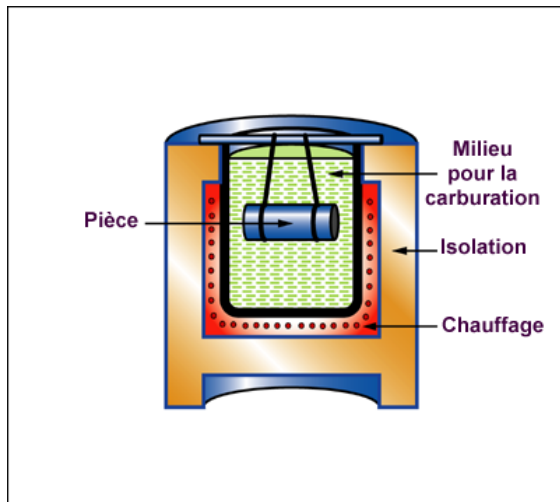
Moulage
sous
pression

déformation

Métallurgie
des
poudres

Méthodes
spéciales

Usinage



Primaires

Secondaires

Tertiaires

Usinage

Découpage, fraisage,
meulage

Traitement thermique

Trempe, revenu, restauration



Procédés complémentaires

Matériau brut

Procédés de fonderie

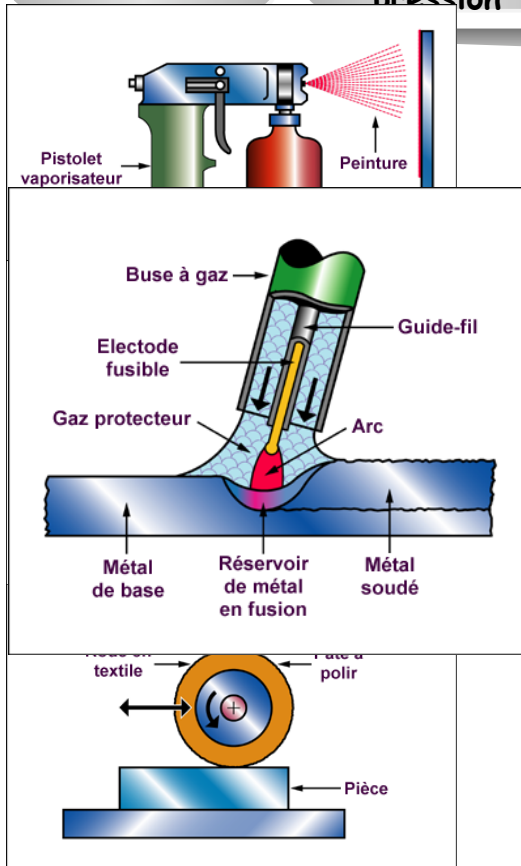
Moulage sous pression

déformation

Métallurgie des poudres

Méthodes spéciales

Usinage



Primaires

Secondaires

Tertiaires



Complémentaires

Usinage

Découpage, fraisage, meulage

Traitement thermique

Trempe, revenu, restauration

Assemblage

Boulon, rivet, soudure, colle

Finition

Polissage, anodisation, peinture



Fiche Matériaux : ABS

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

General Properties

Density	1.05	-	1.07	Mg/m ³
Price	2.1	-	2.3	US \$/kg

Mechanical Properties

Young's Modulus	1.1	-	2.9	GPa
Elastic Limit	18	-	50	MPa
Tensile Strength	27	-	55	MPa
Elongation	6	-	8	%
Hardness - Vickers 6	-	15		HV
Endurance Limit	11	-	22	MPa
Fracture Toughness	1.2	-	4.2	MPa.m ^{1/2}

Thermal Properties

Max Service Temp	350	-	370	K
Thermal Expansion	70	-	75	10 ⁻⁶ /K
Specific Heat	1500	-	1510	J/kg.K
Thermal Conductivity	0.17	-	0.24	W/m.K

Electrical Properties

Conductor or insulator? Good insulator

Optical Properties

Transparent or opaque? Opaque

Corrosion and Wear Resistance

Flammability	Average
Fresh Water	Good
Organic Solvents	Average
Oxidation at 500C	Very Poor
Sea Water	Good
Strong Acid	Good
Strong Alkalis	Good
UV	Good
Wear	Poor



Processes

*Using the CES Level 2 DB

Fiche Matériaux : ABS

Age hardening ALUMINUM ALLOYS

The material

The high-strength aluminum alloys rely on age-hardening: a sequence of heat treatment steps that causes the precipitation of a nano-scale dispersion of intermetallics that impede dislocation motion and impart strength.

General properties

Density	2500 - 2900	kg/m ³
Price	1.423 - 2.305	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	68 - 80	GPa
Elastic limit	95 - 610	MPa
Tensile strength	180 - 620	MPa
Elongation	1 - 20	%
Hardness - Vickers	60 - 160	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	57 - 210	MPa
Fracture toughness	21 - 35	MPa.m ^{1/2}

Thermal properties

Thermal conductor or insulator?	Good conductor
Thermal conductivity	118 - 174 W/m.K
Thermal expansion	22 - 24 μ strain/°C
Specific heat	890 - 1020 J/kg.K
Melting point	495 - 640 °C
Maximum service temperature	120 - 170 °C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good conductor
------------------------------------	----------------

Young's modulus

Def

.....

Mea

.....

Orig

.....

Fatigue strength at 10⁷ cycles

Definition.....

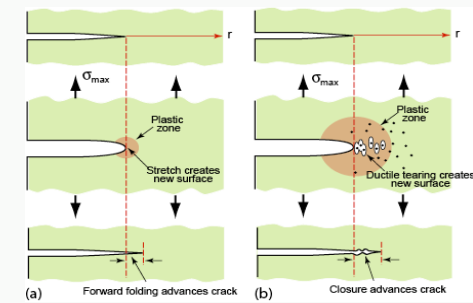
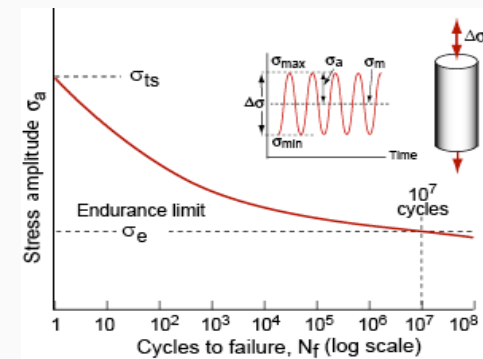
.....

Measurement

.....

Origins

.....



Créer des cartes de sélection

File Edit View Select Tools

Toolbar

Browse

Select

Search

Print

Search web

1. Selection data

Pick a selection template

2. Selection Stages



Graph



MIT



Flowchart

Results

X pass

Material 1

Material 2

Material 3

Material 4

etc...

Ranking

Prop 1 Prop 2

830 113

720 300

705 5.6

679 47

Property

Bar chart

Property 2

Bubble chart

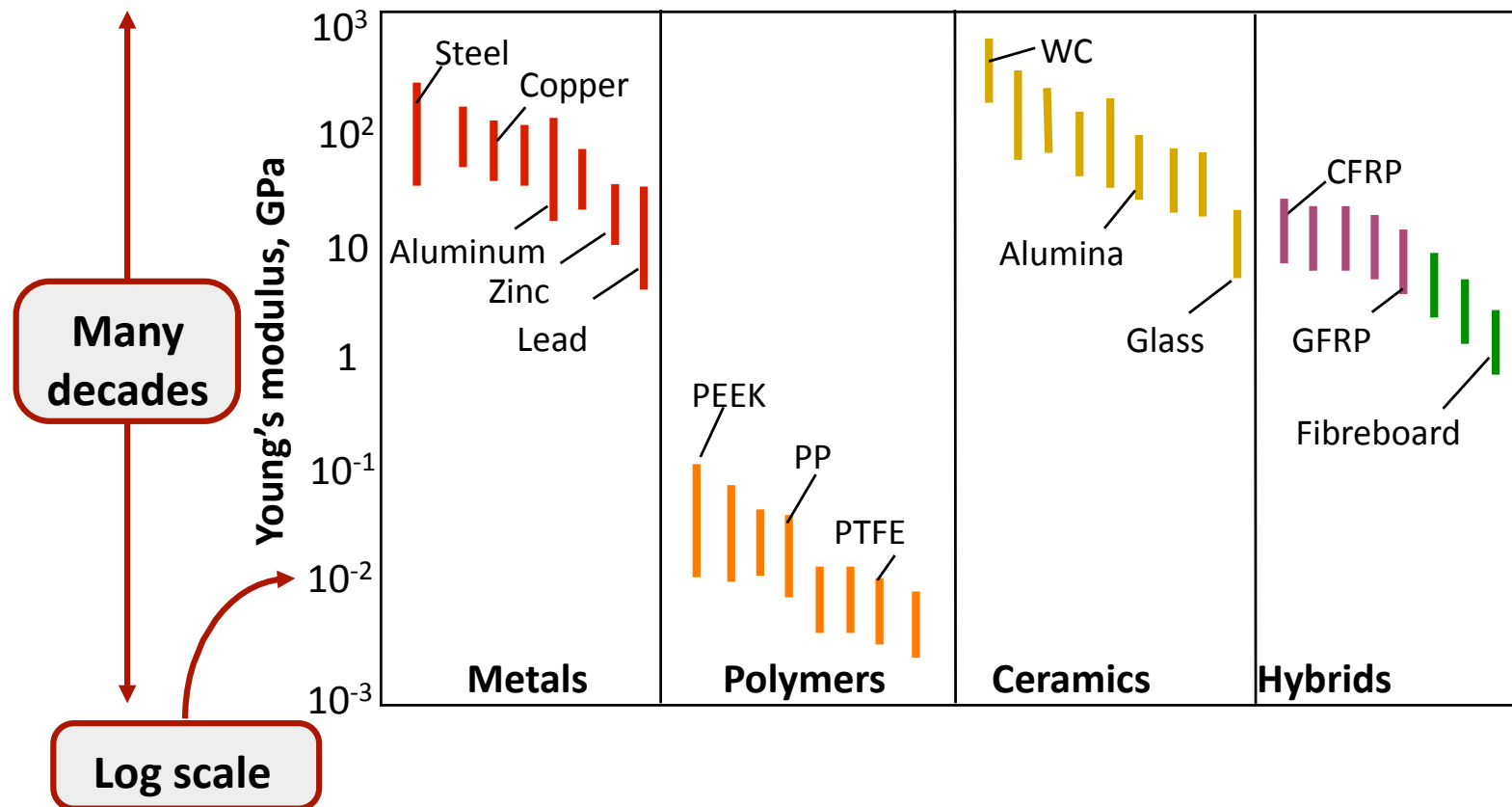
Property 1

Results	Ranking	
X pass	Prop 1	Prop 2
Material 1	830	113
Material 2	720	300
Material 3	705	5.6
Material 4	679	47
etc...		

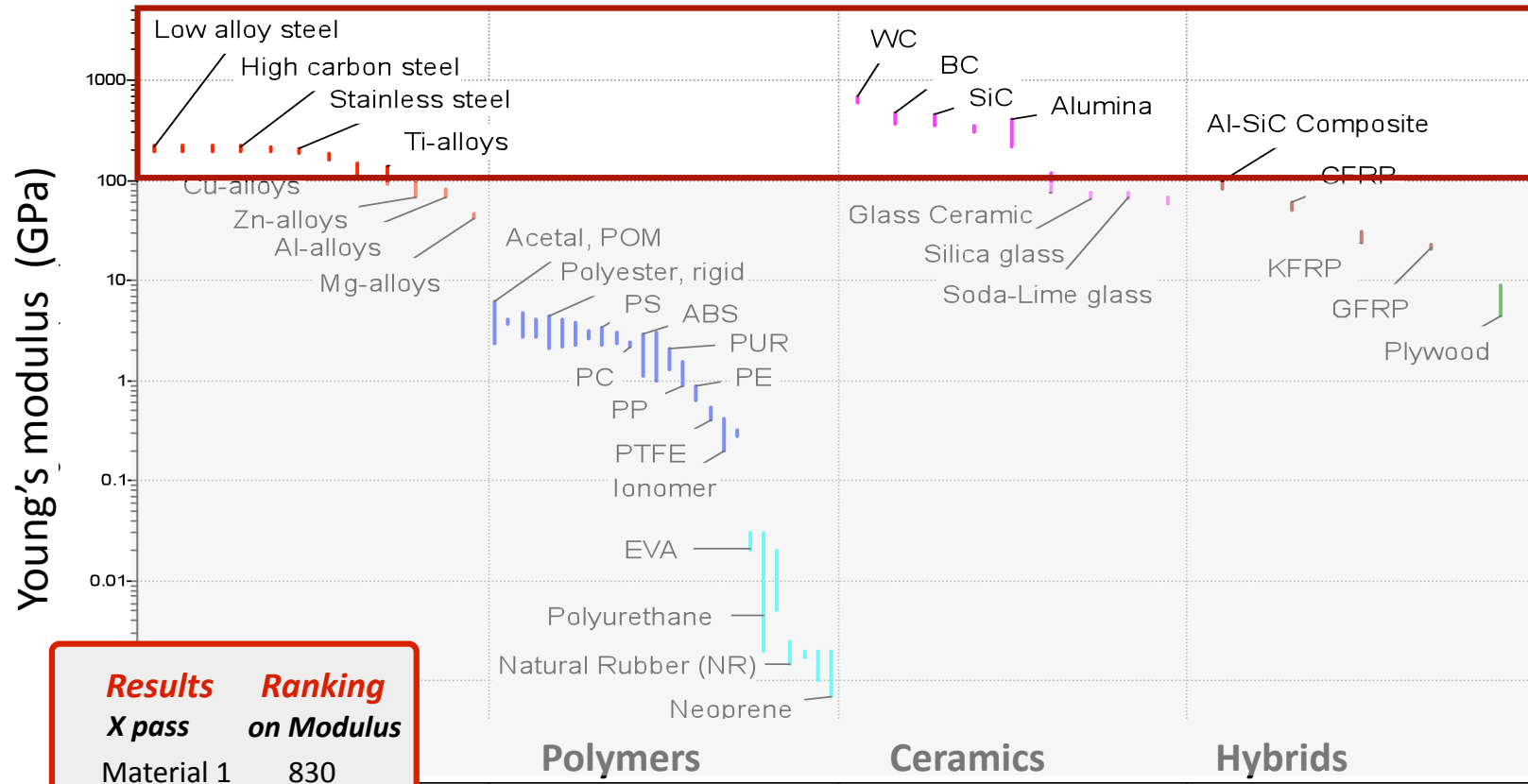
Créer une carte à une propriété

Data sheets do not allow comparison, perspective. For these we need

- **Material bar-charts**
- **Material property charts**

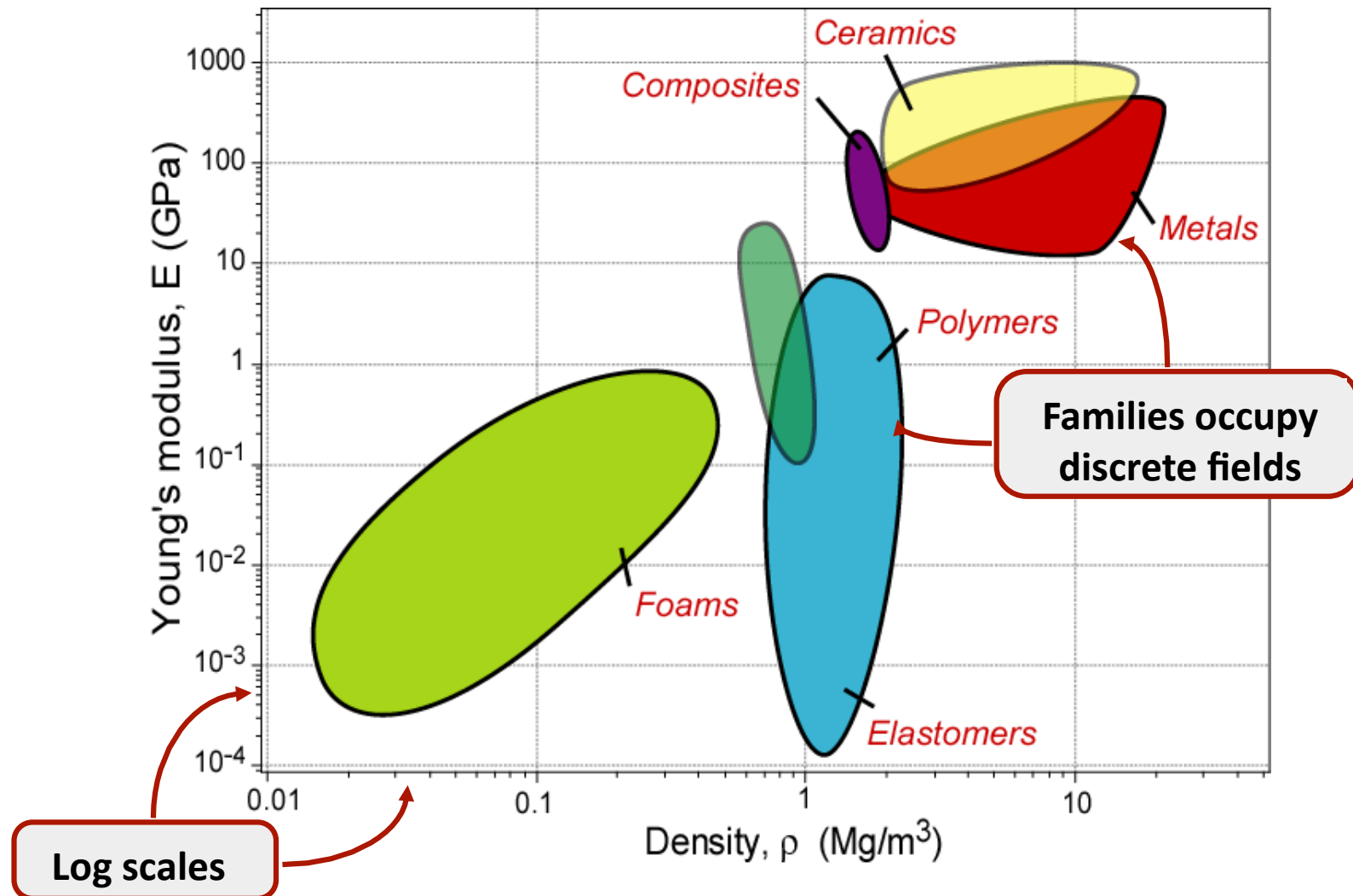


CES LEVEL 1 Carte Module de Young

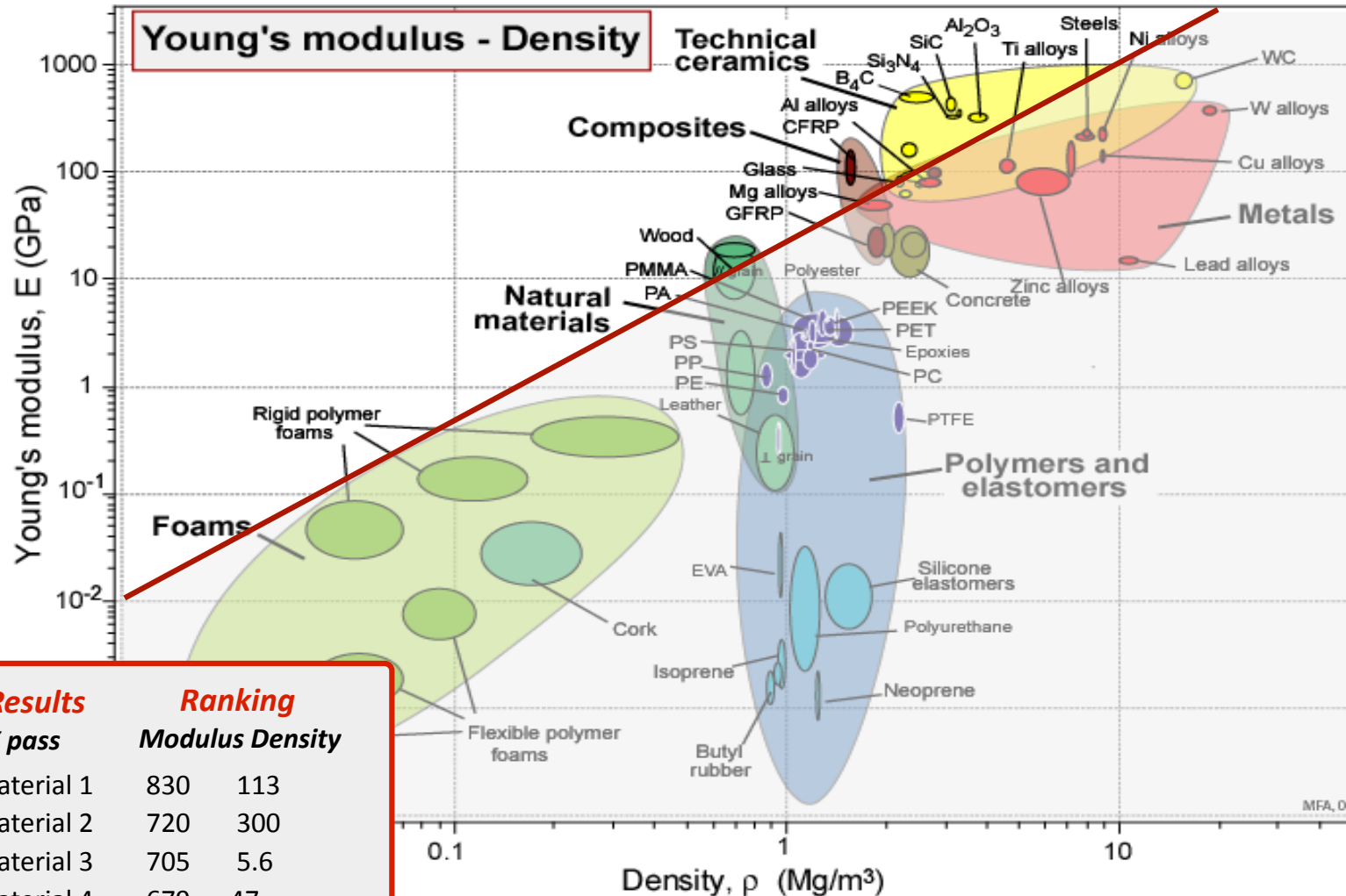


Results	Ranking
X pass	on Modulus
Material 1	830
Material 2	720
Material 3	705
Material 4	679
etc...	

Carte à deux propriétés

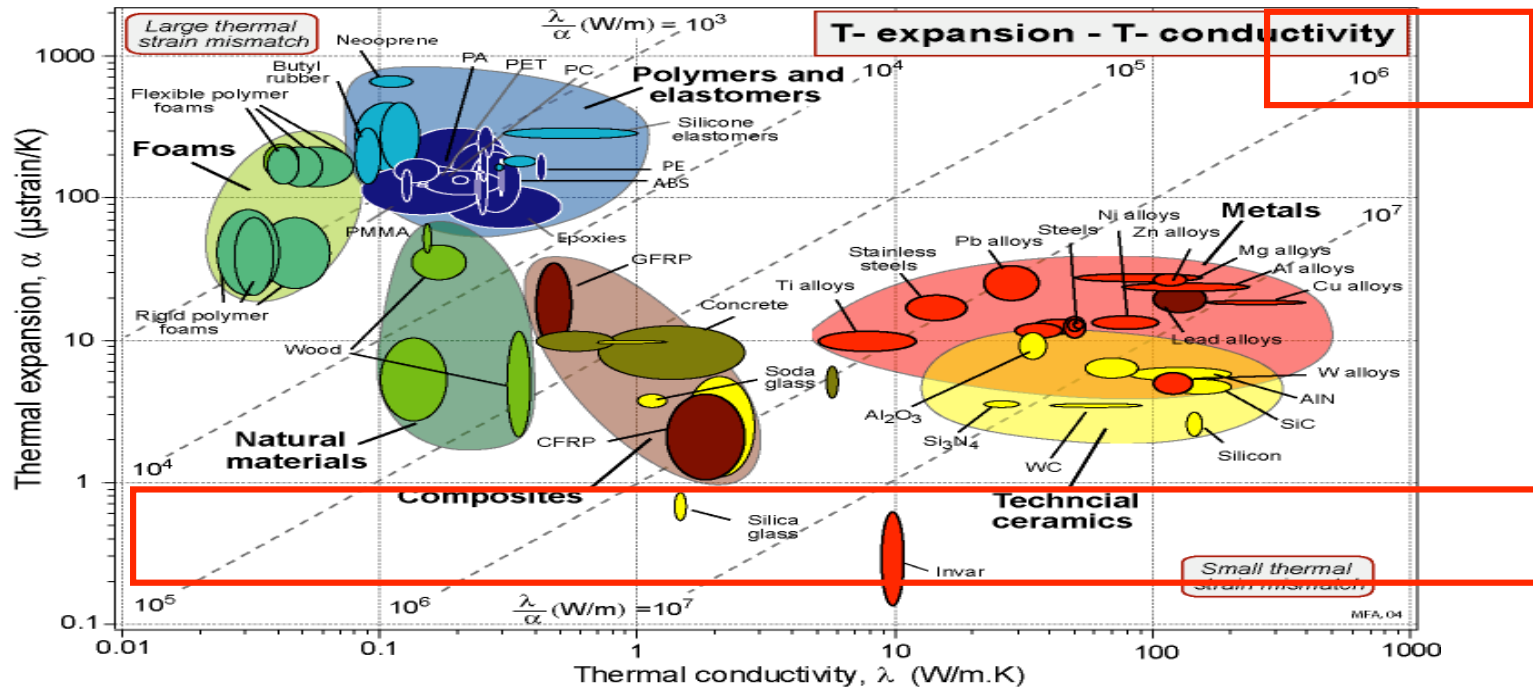
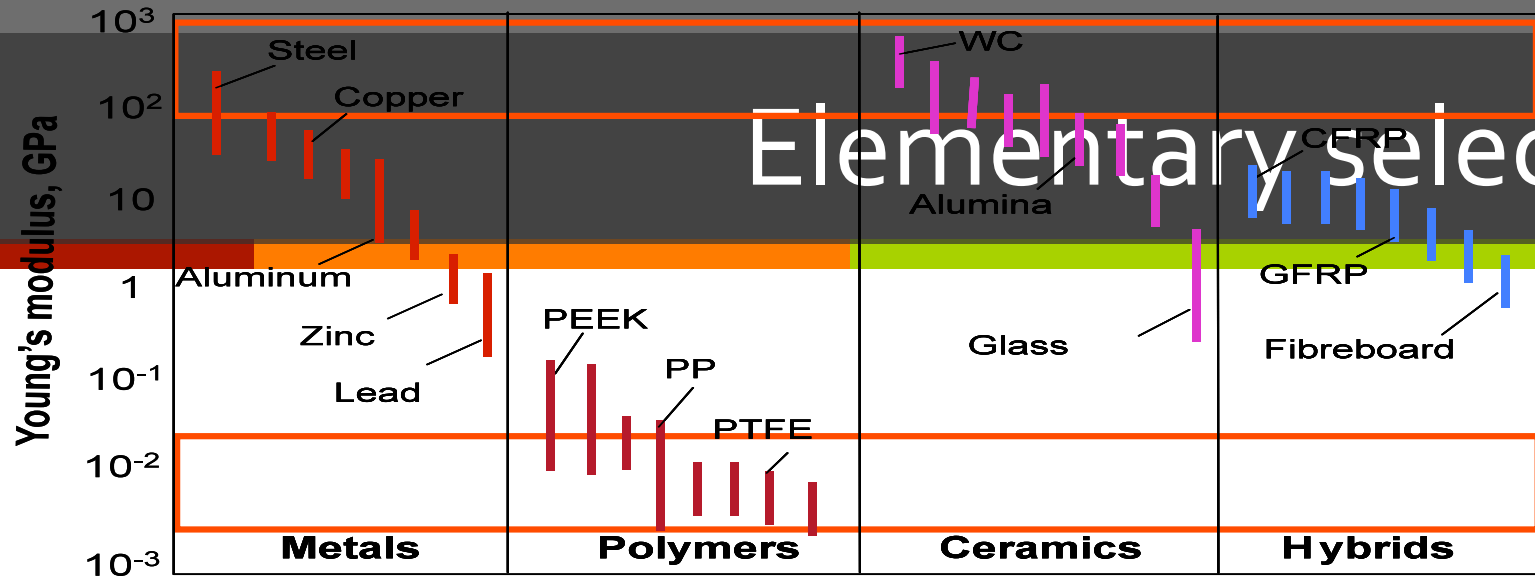


CES LEVEL 1 Carte Module de Young/Densité



<i>Results</i>	<i>Ranking</i>	
<i>X pass</i>	<i>Modulus</i>	<i>Density</i>
Material 1	830	113
Material 2	720	300
Material 3	705	5.6
Material 4	679	47
etc...		

Elementary selection



Géométrie

All Shapes

Prismatic

Sheet

3-D

Axisymmetric

Non-Axisymmetric

Flat

Dished

Solid

Allow

Solid

Allow

Solid

Allow

No
cutouts

Axisymmetric

Non
Axisymmetric

//
features

transverse
features

//
features

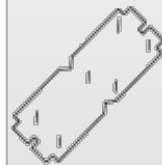
transverse
features

plain

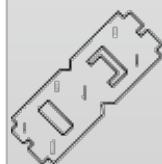
plain

plain

plain



cutouts



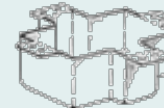
shallow

shallow



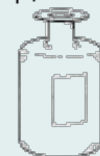
deep

deep



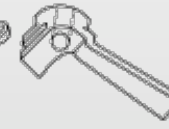
deep, reentrant

deep, reentrant



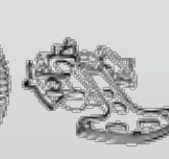
simple

simple



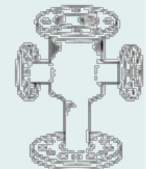
complex

complex



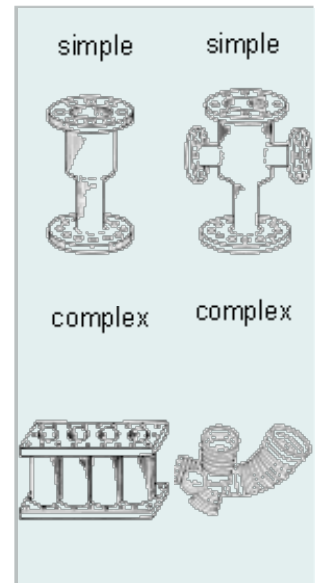
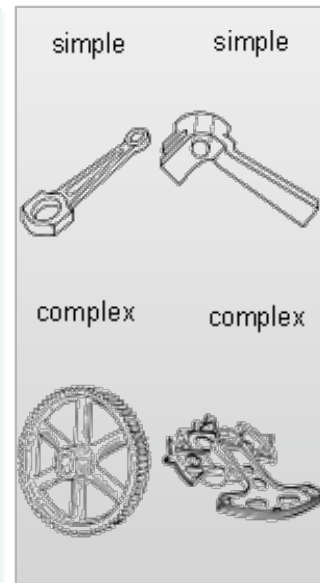
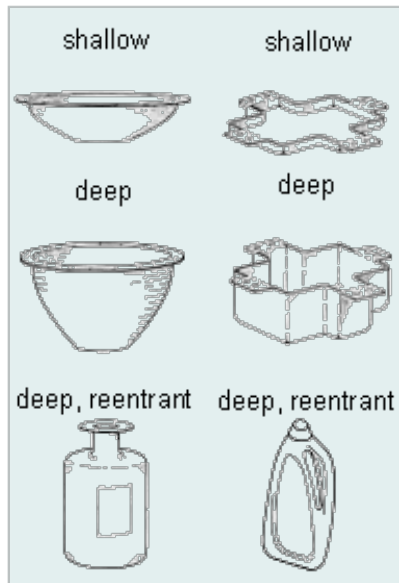
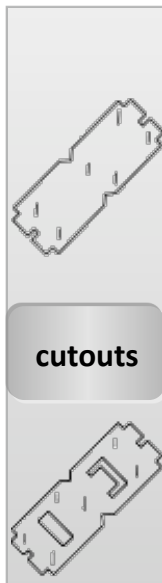
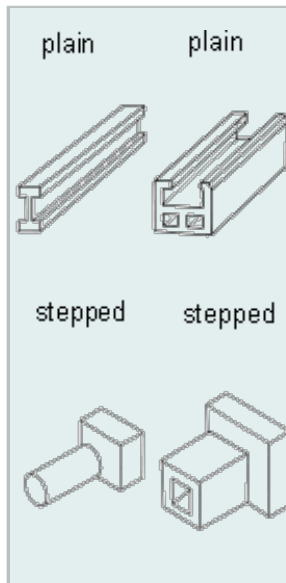
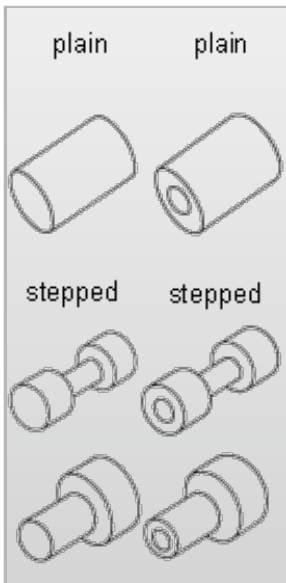
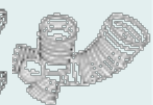
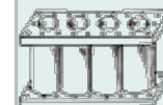
simple

simple



complex

complex





Méthodologie de sélection



4. Stratégie de sélection

Tous les matériaux

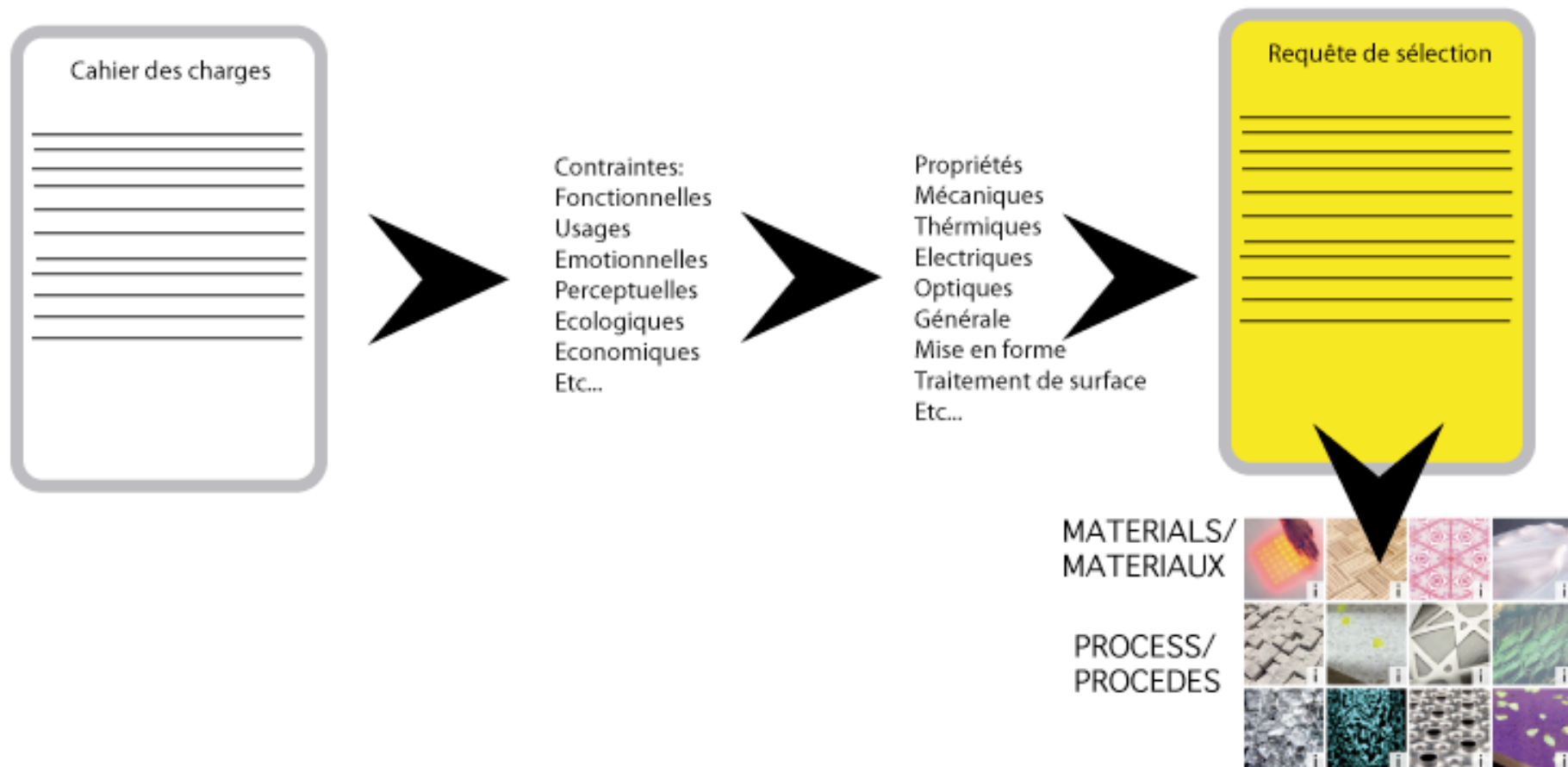
A. Traduction des requêtes de conception

B. Pré-sélection et première approche comparative

C. Classer et hiérarchiser les familles de matériaux

Rechercher dans les candidats retenus celui qui a le meilleur indice de performance.

Traduction des requêtes de conception





Exemples

Freins à disque haute performance



Freins à disque haute performance

Freins à disque haute performance

➤ Fonction :

Disque de frein a disque

➤ Objectifs :

Maximiser la dissipation thermique

➤ Contraintes :

1. Coût

2. Température

de service élevée

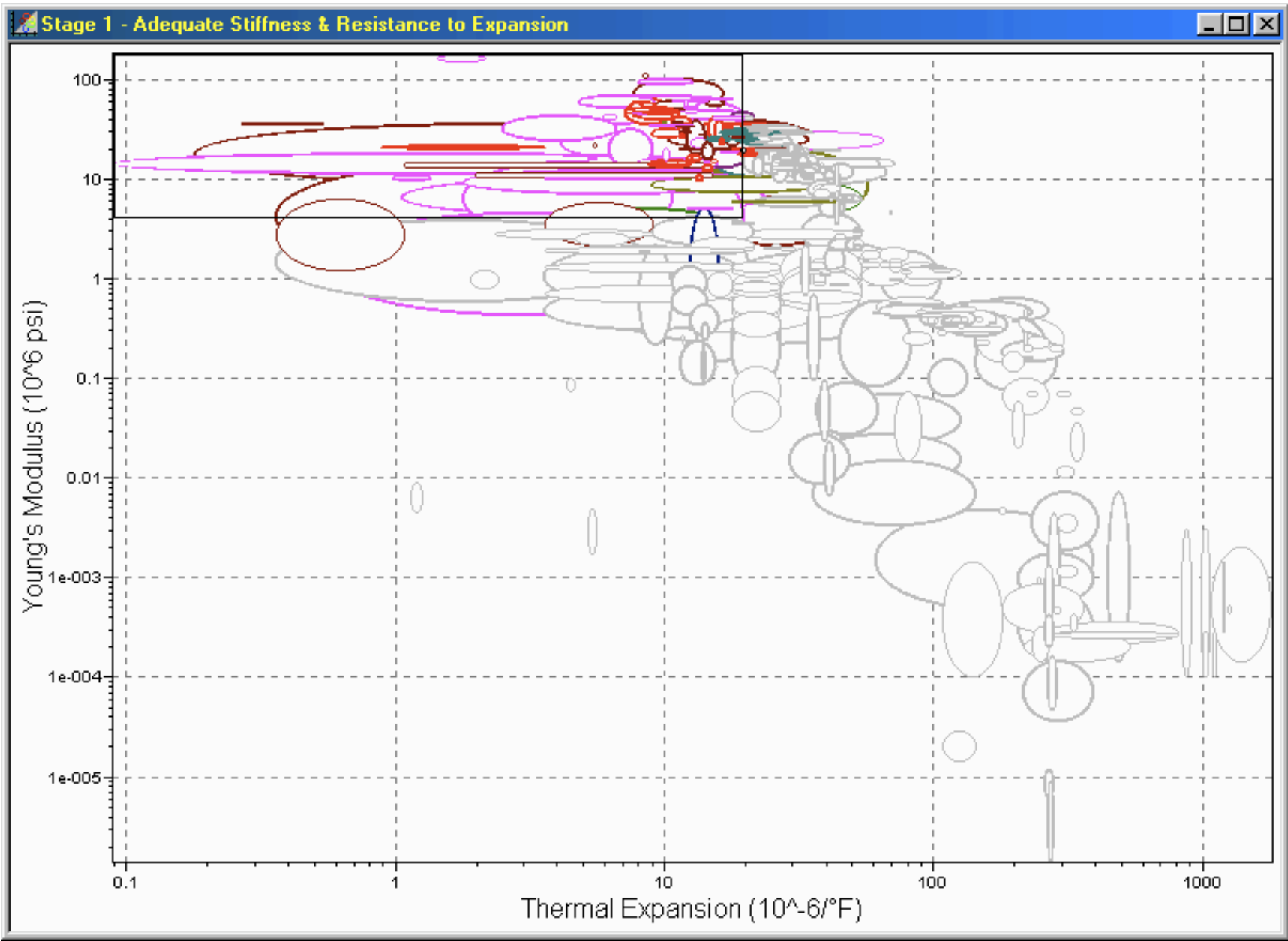
2. Résistant a la dilatation thermique et à l'usure

3. Rigidité, résistance aux chocs thermique et ténacité adéquates

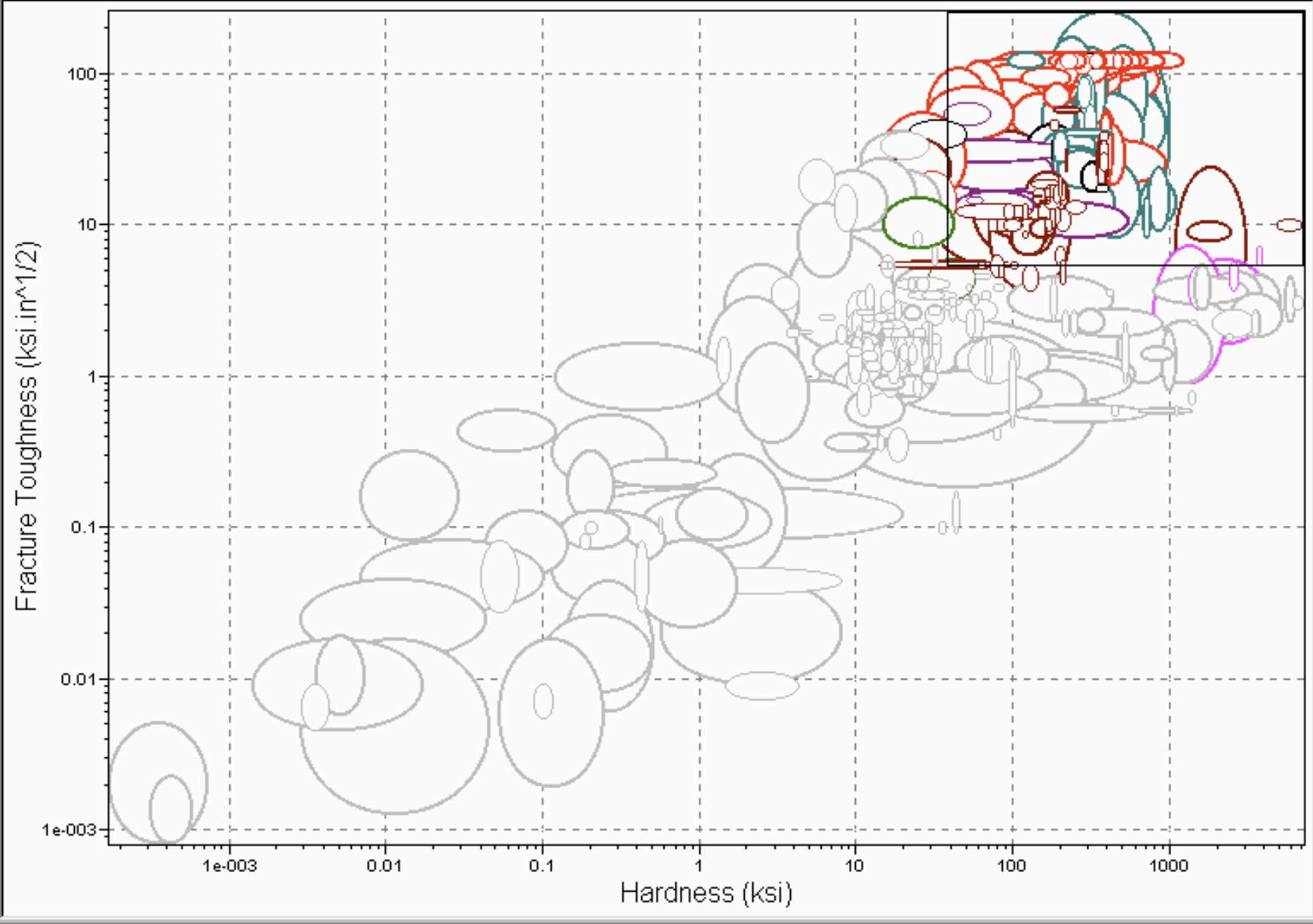


Freins à disque haute performance

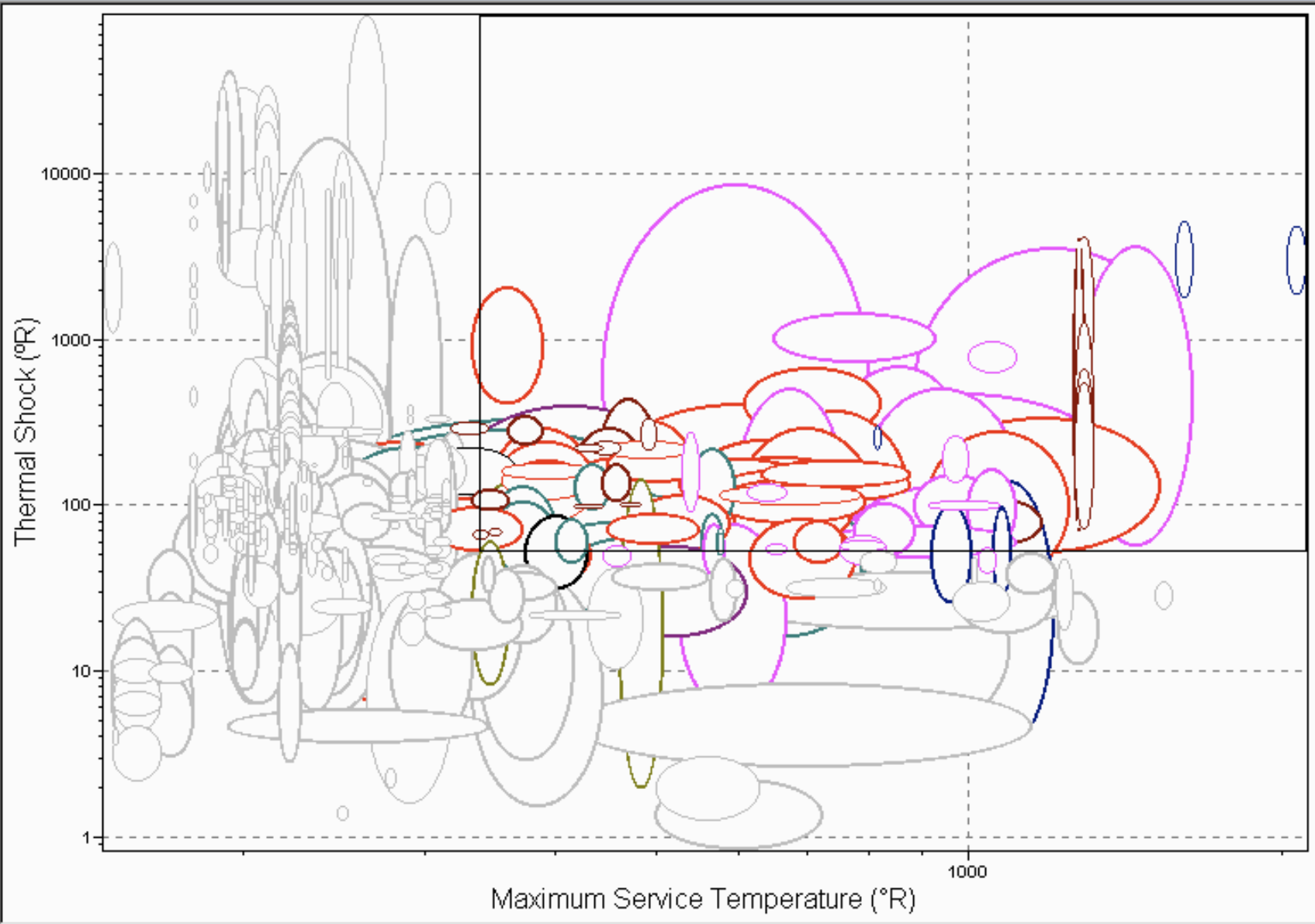
- **1ère étape - Contrainte : Bonne rigidité et résistance à la dilatation thermique.**
- **2ème étape - Contrainte : Ténacité et dureté.**
- **3ème étape - Contrainte : Chocs thermiques et température maximale de fonctionnement.**
- **4ème étape - Etape d'optimisation : Coût et diffusivité thermique.**

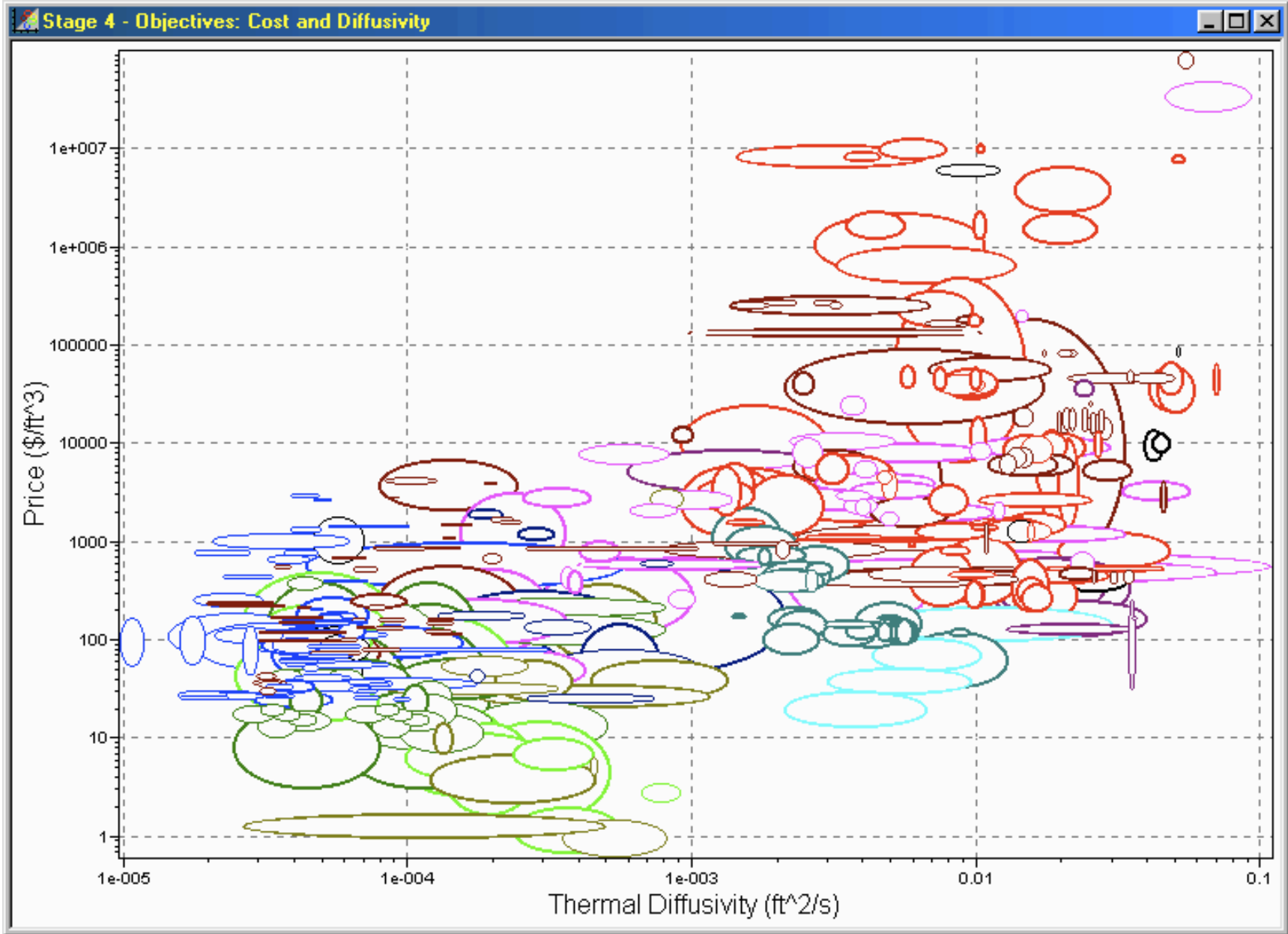


Stage 2 - Fracture Toughness & Hardness

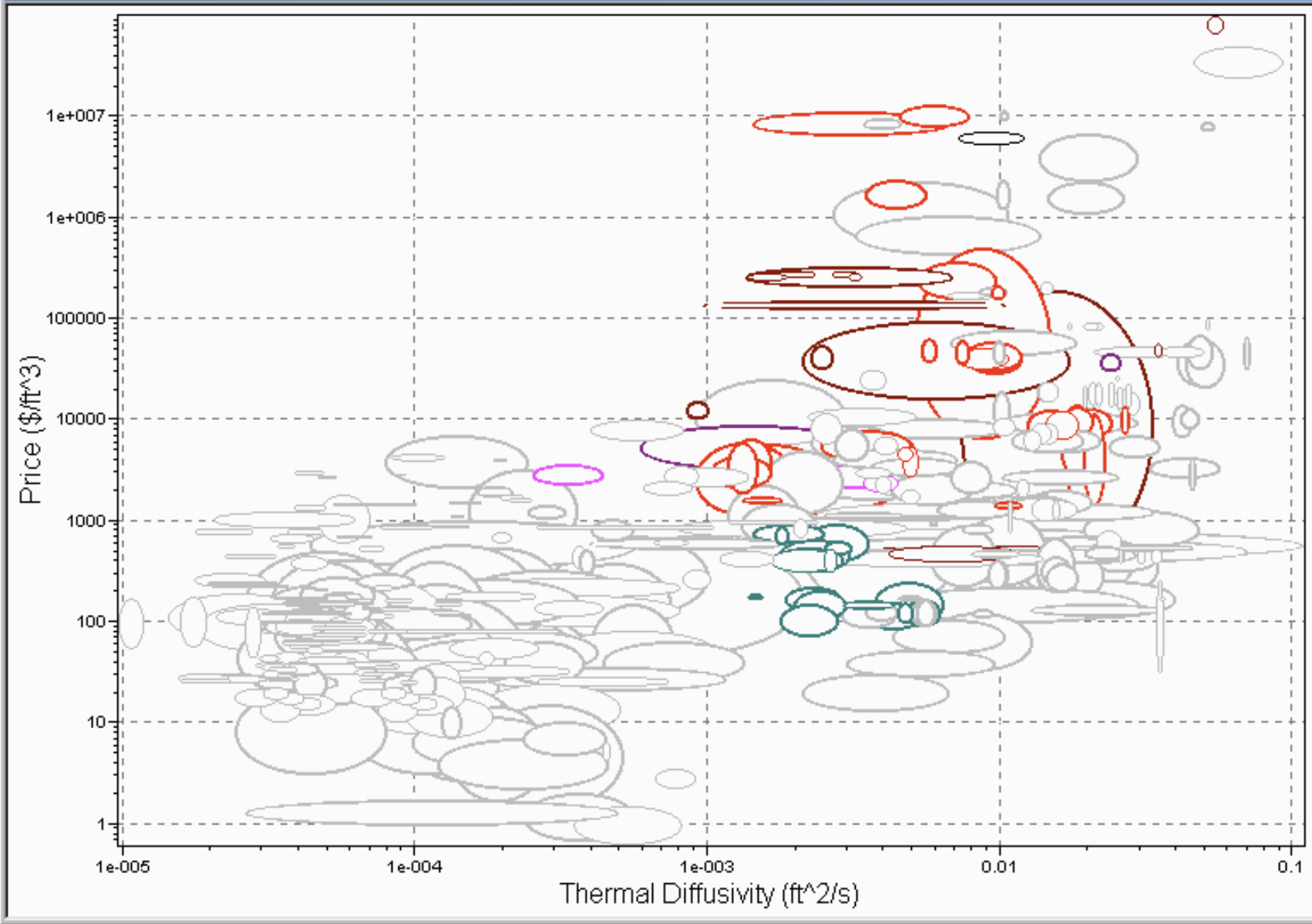


Stage 3 - Thermal Shock & MST





Stage 4 - Objectives: Cost and Diffusivity



Résultats

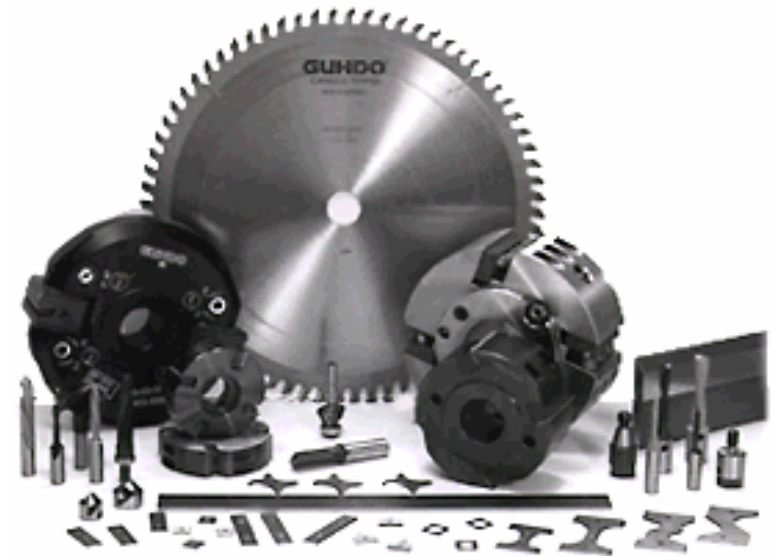
➤ Performance optimale :

Composite carbure-diamant

➤ Le reste :

Composite Cuivre- Carbone

Composite Aluminium-Carbure deSilicium



Où trouver l'information?

- Dans les banques de données. ([Azom,matweb..](#))
- Revues spécialisées:[emballagedigest](#)
- Bases de données payantes.:www.materio.com
- Matériautechs/Innovatechs: [innovatechs](#)
- Centre techniques d'informations et de tests:www.cetiba.com.tn

Voir fichier adresse des bases de données (ressources documentaires)



Fin

Des questions?

