



北航中法工程师学院
Centrale Pékin

Matériaux - Métallurgie

David Balloy

Cours 3 : Choix des matériaux

École Centrale de Pékin
2^{ème} année de cycle Ingénieur
Année 2009-2010

Le choix des matériaux

Ere Paléolithique

Fabrication
d'un outil

Quelques matériaux
Pierre/Bois

Choix du silex (pierres de propriétés
supérieures aux autres et abondantes)

Aujourd'hui

Création d'un produit nouveau

Amélioration d'un produit existant

Disponibilité

Prix des matières 1^{ères}

Coût de fabrication

Propriétés physiques

Incidence sur l'environnement

...

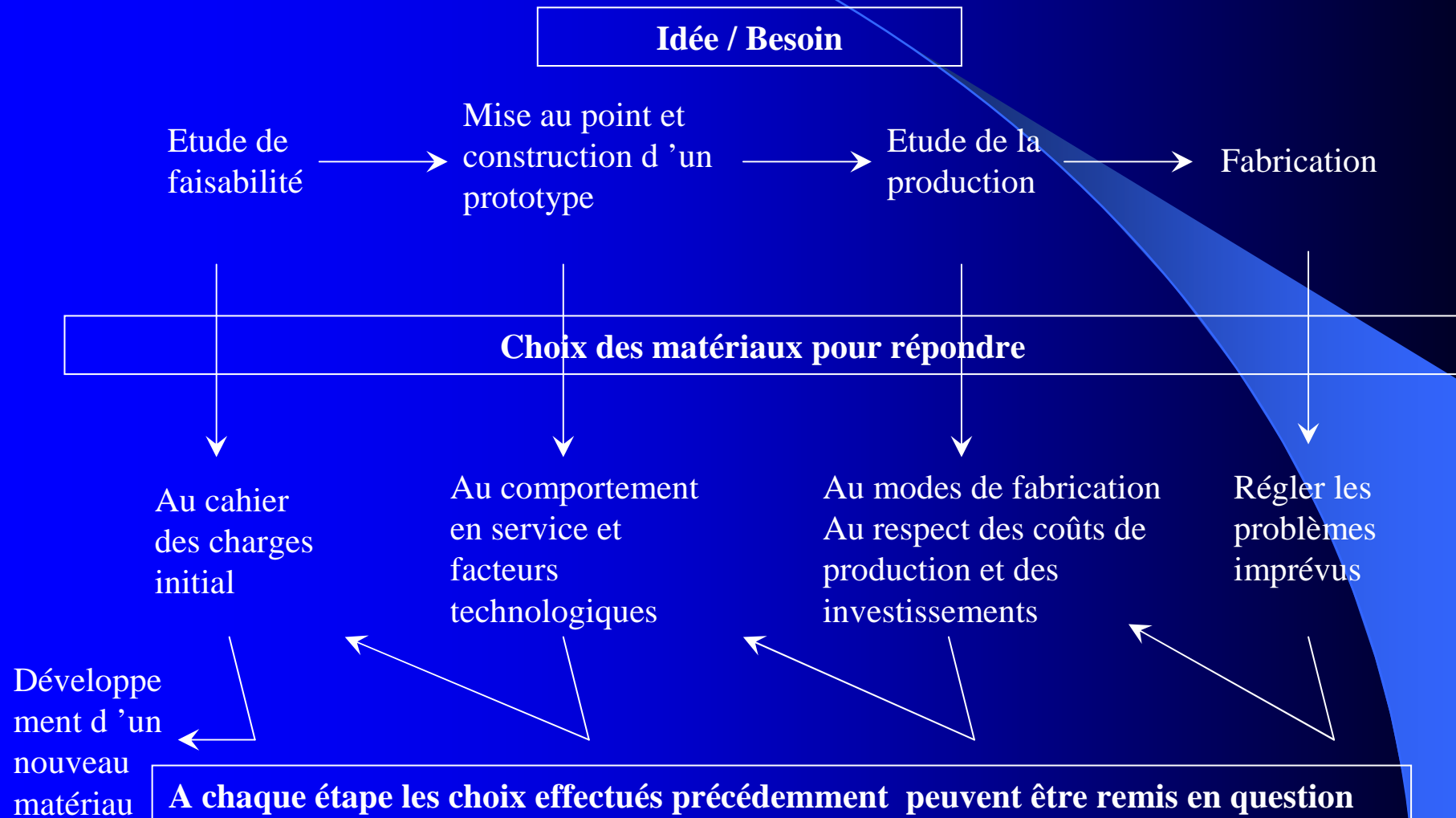
100 000 matériaux

des centaines de nuances d'acier

des milliers de matières plastiques

Choix des matériaux de façon rationnelle?

Création d'un produit nouveau



Modification d'un produit existant

3 raisons principales

- Réduire les coûts

- ✓ Matières 1ère
- ✓ Fabrication
- ✓ D'énergie

- Améliorer le produit

- ✓ Fonctionnement
- ✓ Longévité
- ✓ Fiabilité

- Satisfaire à de nouvelles exigences

- ✓ Nouveaux domaines d'application
- ✓ Nouvelles réglementations

Les exigences

A- Fonctionnelles

B- Technologiques

C- Économiques

D- Sociales

A- Exigences Fonctionnelles

Choix sur les critères de performance

sur les **propriétés physiques** des
matériaux

Aide au choix rationnel possible par la
méthode des indices de performance

(Pr. Ashby de Cambridge)

Propriétés des matériaux ?

Les Propriétés des matériaux

Propriétés mécaniques	module d'élasticité limite d'élasticité charge à la rupture ductilité, allongement à la rupture viscosité vitesse de fluage capacité d'amortissement dureté résistance à la fatigue résistance à l'usure ténacité
Propriétés chimiques	résistance à la corrosion résistance à l'oxydation à chaud réactivité avec d'autres produits équilibres de phases
Propriétés physiques	masse volumique chaleur spécifique coefficient de dilatation transparence conductibilité thermique conductibilité électrique chaleurs latentes de transformation

Les moyens de mise en œuvre

Mise en forme par déformation	laminage forgeage extrusion étirage emboutissage martelage estampage explosion
Mise en forme par enlèvement de matière	usinage conventionnel découpe au chalumeau découpe laser découpe par jet d'eau électroérosion oxycoupage
Autres procédés de mise en forme	frittage injection moulage coulée pultrusion
Traitements thermiques	recuit trempe vieillissement revenu détente
Assemblage	soudage collage brasage vissage frettage
Traitements de surface	grenaillage dépôts électrolytiques conversion chimique dépôts en phase vapeur projection

Quantification ?

Classement ?

Exemple d'une fiche matériau

Alliages d'aluminium de moulage

Désignation normalisée : Alliages d'aluminium (moulage)

Composition : Al+ éléments d'addition Si,Cu,Mg...

Propriétés générales

Volume atomique	0,01	à	0,011	m ³ / kmol	
Densité	2,57	à	2,95	g / cm ³	
Contenu énergétique	235	à	335	MJ / kg	
Coût massique	7,475	à	9,136	FF / kg	?
Fraction recyclable	80	à	90	%	?

Propriétés mécaniques

Module de compressibilité	62	à	106	GPa	
Résistance à la compression	29	à	280	MPa	
Ductilité (allongement)	1	à	40	%	
Limite d'élasticité	29	à	280	MPa	
Limite de fatigue	20	à	105	MPa	?
Tenacité	18	à	35	MPa.m ^(1/2)	
Dureté	245	à	1250	MPa	
Coefficient d'amortissement	0,0001	à	0,0025		?
Résistance en flexion (MOR)	29	à	280	MPa	
Coefficient de Poisson	0,32	à	0,36		
Module de cisaillement	25	à	34	GPa	
Résistance en traction	75	à	360	MPa	
Module d'Young	68	à	88,5	GPa	

Propriétés thermiques

Température de transition vitreuse	(non applicable à ce matériau)				
Chaleur latente de fusion	384	à	393	kJ / kg	
Température maximale d'utilisation	127	à	177	°C	
Température de fusion	450	à	707	°C	
Température minimale d'utilisation	-272	à	-271	°C	?
Chaleur spécifique	910	à	960	J / kg.K	?
Conductivité thermique	80	à	220	W / m.K	
Coefficient de dilatation	16	à	24,1	10 ⁻⁶ / K	

Propriétés électriques

Tension de claquage	(non applicable à ce matériau)				
Constante diélectrique	(non applicable à ce matériau)				
Résistivité électrique	3	à	8,75	10 ⁻⁸ Ohm.m	
Facteur de puissance	(non applicable à ce matériau)				

Facteurs de forme

Facteur de forme (flexion E)	42	à	47
Facteur de forme (flexion P)	84	à	94
Facteur de forme (torsion E)	42	à	47
Facteur de forme (torsion P)	84	à	94

Résistance au milieu

Résistance à l'inflammation	3 - Bon	(0 à 4)
Résistance à l'eau douce	4 - Excellent	(0 à 4)
Résistance aux solvants organiques	4 - Excellent	(0 à 4)

Alliages d'aluminium de moulage (suite)

Résistance à l'atmosphère à 500°C	0 - Très médiocre	(0 à 4)
Résistance à l'eau de mer	3 - Bon	(0 à 4)
Résistance aux acides forts	4 - Excellent	(0 à 4)
Résistance aux bases fortes	1 - Médiocre	(0 à 4)
Résistance aux rayons UV	4 - Excellent	(0 à 4)
Résistance à l'usure	2 - Moyen	(0 à 4)
Résistance aux acides faibles	4 - Excellent	(0 à 4)
Résistance aux bases faibles	3 - Bon	(0 à 4)

Procédés de mise en oeuvre

- Moulage
- Moulage sous pression
- Emboutissage
- Extrusion
- Forgeage
- Meulage
- Injection
- Usinage
- Frittage
- Laminage
- Thermoformage

Méthodes d'assemblage

- Collage
- Brasage
- Assemblage mécanique
- Soudo-brasage
- Soudage

Traitements de surface

- Anodisation
- Revêtement électrolytique
- Peinture
- Polissage
- Pulvérisation

Formes disponibles

- Barre
- Billette
- Forme moulée (complexe)
- Plaque
- Barreau à section circulaire

Applications

Mise en garde

Références bibliographiques

- ASM Metals handbook (1990), 10th edition, Vol 2. Smithells CJ (1992), 'Metals Reference Book', 7th edition. Elsevier Materials Selector (1991). Materials Engineering 'Materials Selector' (1991). ALFAD (1990), Aluminium Association (1990).
- 'Aluminium Standards and Data', The Aluminium Association Inc., 900, 19th Street, N.W., Washington, DC 20006, USA (1990).
- 'The Properties of Aluminium and its Alloys', The Aluminium Federation, Broadway House, Calthorpe Road, Birmingham, B15 1TN, UK (1981).

Classement?

A- Fonctionnelles

MASSE VOLUMIQUE

40 PLUS FAIBLES

40 PLUS FORTES

	g/cm3	g/cm3	Type		g/cm3	Type
Mousses polymères haute densité (Flexible)	0,2	1,08	P	Iridium pur	22 22,4	M
Polystyrènes (PS)	1,04	1,08	P	Or pur	19 19,3	M
Cuir	0,81	1,05	N	Alliages de Tungstène	16 19,3	M
Mousses métalliques rigides à haute densité	0,38	1,03	M	Uranium pur	19 19	M
Polyéthylènes haute densité (HDPE)	0,95	0,965	P	Alliages de Tantale	17 16,8	M
Polyéthylène à très haute masse moléculaire (UHMWPE)	0,94	0,95	P	Cermets (WC-Co)	15 15,7	C
Polyéthylènes moyenne densité (MDPE)	0,935	0,945	P	Carbures de Tungstène (WC)	16 15,6	C
Polyéthylènes basse densité (LDPE)	0,91	0,93	P	Carbures de Tantale (TaC)	13 13,9	C
Polyéthylènes lin. basse densité (LLDPE)	0,91	0,93	P	Palladium pur	12 12	M
Glace	0,92	0,93	N	Alliages de Molybdène	10 11,4	M
Bambou (parallèle aux fibres)	0,37	0,913	N	Alliages de Plomb	11 11,4	M
Bambou (perpendiculaire aux fibres)	0,37	0,913	N	Alliages d'Argent	10 10,5	M
Polypropylènes (PP)	0,9	0,91	P	Alliages de Niobium (Columbium)	7,9 9,3	M
Mousses polymères structurales	0,58	0,86	P	Alliages de Nickel	7,8 9,2	M
Mousses polymères haute densité (Rigide)	0,17	0,82	P	Alliages de Cobalt	8,5 9,1	M
Teck (parallèle aux fibres)	0,52	0,81	N	Bronzes de corroyage	8,5 9	M
Teck (perpendiculaire aux fibres)	0,52	0,81	N	Cupro-Nickels	8,5 8,95	M
Palmier	0,176	0,8	N	Alliages de Cuivre à haute conductivité	8,9 8,94	M
Chêne (parallèle aux fibres)	0,64	0,8	N	Alliages de cuivre courants	8,9 8,94	M
Chêne (perpendiculaire aux fibres)	0,64	0,8	N	Bronzes de fonderie	8,7 8,8	M
Contreplaqué	0,5	0,7	N	Laitons	7,8 8,8	M
Pin (parallèle aux fibres)	0,4	0,66	N	Alliages Cuivre-Béryllium	8,3 8,75	M
Pin (perpendiculaire aux fibres)	0,4	0,66	N	Maillechorts "Nickel Silvers"	8,5 8,72	M
Sapin (parallèle aux fibres)	0,31	0,545	N	Cupro-Silicium	8,5 8,6	M
Sapin (perpendiculaire aux fibres)	0,31	0,545	N	Cupro-Aluminiums	7,3 8,2	M
Balsa, haute densité (parallèle au fibres)	0,22	0,32	N	Aciers inoxydables austénitiques de corroyage	7,6 8,1	M
Balsa, haute densité (perpendiculaire aux fibres)	0,22	0,32	N	Aciers inoxydables austénitiques de moulage	7,6 8,05	M
Mousses métalliques rigides à basse densité	0,064	0,3	M	Fontes blanches à haut Chrome	7,6 8	M
Liège	0,12	0,24	N	Aciers inoxydables duplex de moulage	7,6 8	M
Balsa, moyenne densité (parallèle aux fibres)	0,15	0,22	N	Alliages d'Etain	7,3 8	M
Balsa, moyenne densité (perpendiculaire aux fibres)	0,15	0,22	N	Aciers à bas carbone (aciers doux)	7,8 7,9	M
Mousses polymères moyenne densité (Flexible)	0,035	0,17	P	Aciers à haut carbone	7,8 7,9	M
Mousses polymères moyenne densité (Rigide)	0,036	0,165	P	Aciers à moyen carbone	7,8 7,9	M
Balsa, basse densité (parallèle aux fibres)	0,11	0,15	N	Aciers faiblement alliés	7,8 7,9	M
Balsa, basse densité (perpendiculaire aux fibres)	0,11	0,15	N	Aciers inoxydables de corroyage à durcissement par précipitation	7,7 7,9	M
Mousses de verre	0,13	0,14	C	Aciers inoxydables martensitiques de corroyage	7,6 7,9	M
Balsa, ultra basse densité (parallèle aux fibres)	0,07	0,12	N	Aciers inoxydables ferritiques de corroyage	7,4 7,9	M
Balsa, ultra basse densité (perpendiculaire aux fibres)	0,07	0,12	N	Fontes blanches au Nickel-Chrome	7,6 7,8	M
Mousses polymères basse densité (Rigide)	0,008	0,038	P	Fontes blanches faiblement alliées	7,6 7,8	M
Mousses polymères basse densité (Flexible)	0,009	0,035	P	Aciers inoxydables martensitiques de moulage	7,6 7,8	M

A- Fonctionnelles

ENERGIE

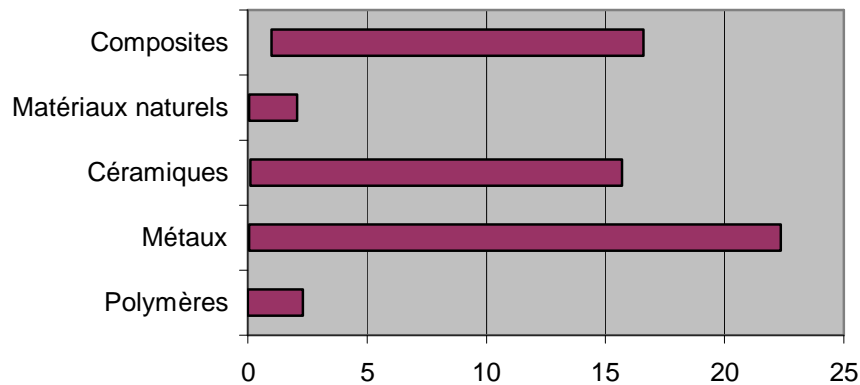
40 PLUS FAIBLES

40 PLUS FORTES

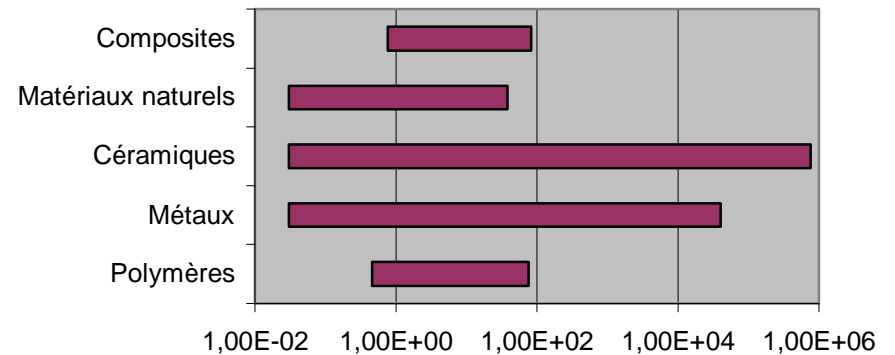
	(MJ/Kg (MJ/Kg) Type				(MJ/Kg (MJ/Kg) Type		
Glace	1	2	N	Or pur	5000	5600	M
Calcaire	1,8	4	C	Alliages de Molybdène	1000	1400	M
Granit	1,8	4	C	Alliages de Niobium (Columbium)	1000	1400	M
Grès	1,8	4	C	Alliages de Tantale	1000	1400	M
Marbre	1,8	4	C	Alliages de Tungstène	1000	1400	M
Roches	1,8	4	C	Iridium pur	1000	1400	M
Briques	2	4	C	Palladium pur	1000	1400	M
Bétons	2	4,5	C	Alliages de Béryllium	1000	1300	M
Coquillage	4	5	N	Alliages de Titane	750	1250	M
Os (compact)	4	5	N	Vanadium pur	800	1200	M
Bambou (parallèle aux fibres)	2,5	7,2	N	Cermets (WC-Co)	600	1000	C
Bambou (perpendiculaire aux fibres)	2,5	7,2	N	Diamant	600	1000	C
Chêne (parallèle aux fibres)	2,5	7,2	N	Alliages de Cobalt	750	1000	M
Chêne (perpendiculaire aux fibres)	2,5	7,2	N	Alliages de Zirconium	800	1000	M
Palmier	2,5	7,2	N	Composites polymère - fibre de carbone (stratifié)	300	700	P
Pin (parallèle aux fibres)	2,5	7,2	N	Composites polymère - fibre de carbone (unidirectionnel)	300	700	P
Pin (perpendiculaire aux fibres)	2,5	7,2	N	Alliages de Nickel	230	690	M
Sapin (parallèle aux fibres)	2,5	7,2	N	Composites à matrice métallique Al-SiC	240	500	M
Sapin (perpendiculaire aux fibres)	2,5	7,2	N	Alliages de Magnésium de moulage	329	490	M
Teck (parallèle aux fibres)	2,5	7,2	N	Alliages de Magnésium de corroyage	329	486	M
Teck (perpendiculaire aux fibres)	2,5	7,2	N	Composites à matrice polymère - fibres courtes	100	400	P
Briques réfractaires (basse densité)	4	8	C	Mousses céramiques rigides	150	350	M
Chanvre	4	8	N	Chrome pur	300	350	M
Coton	4	8	N	Mousses métalliques rigides à basse densité	300	350	M
Lin	4	8	N	Mousses métalliques rigides à haute densité	300	350	M
Plâtre	5	9	C	Alliages d'aluminium de corroyage	235	335	M
Ciment Portland	4,5	9,3	C	Alliages d'aluminium de moulage	235	335	M
Laine	6	10	N	Carbures de Bore (B4C)	200	300	C
Soie	6	10	N	Carbures de Silicium (SiC)	200	300	C
Balsa, basse densité (parallèle aux fibres)	8	13	N	Nitrides d'Aluminium (AlN)	200	300	C
Balsa, basse densité (perpendiculaire aux fibres)	8	13	N	Nitrides de Silicium (Si3N4)	200	300	C
Balsa, haute densité (parallèle aux fibres)	8	13	N	Oxydes de Béryllium (BeO)	200	300	C
Balsa, haute densité (perpendiculaire aux fibres)	8	13	N	Silicones (élastomères)	200	300	P
Balsa, moyenne densité (parallèle aux fibres)	8	13	N	Silicones (SiL), rigide	200	300	P
Balsa, moyenne densité (perpendiculaire aux fibres)	8	13	N	Zircones (ZrO2)	200	300	C
Balsa, ultra basse densité (parallèle aux fibres)	8	13	N	Silicium pur	230	280	M
Balsa, ultra basse densité (perpendiculaire aux fibres)	8	13	N	Uranium pur	180	250	M
Cuir	10	20	N	Sialons (Si-Al-O-N)	200	250	C
Verres au Plomb	15	20	C	Carbures de Tungstène (WC)	150	200	C
Verres sodocalciques	15	22	C	Carbures de Zirconium (ZrC)	150	200	C

Propriétés générales

Masse Volumique (g/cm³)



Coût massique (€/Kg)



Contenu énergétique (MJ/Kg)

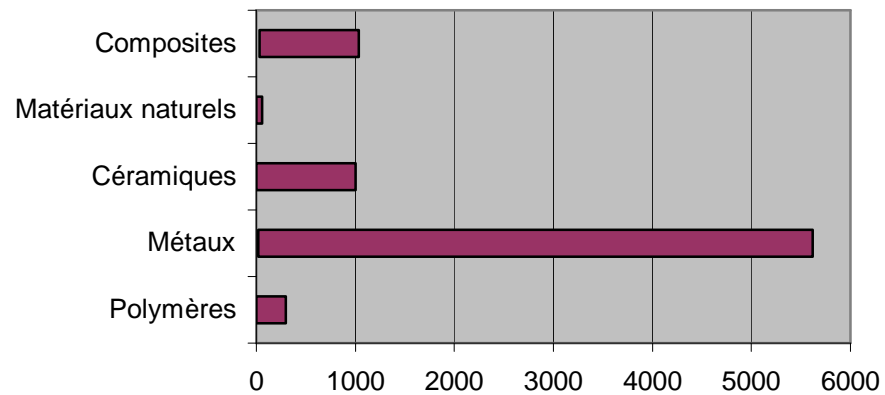


Diagramme d'Ashby

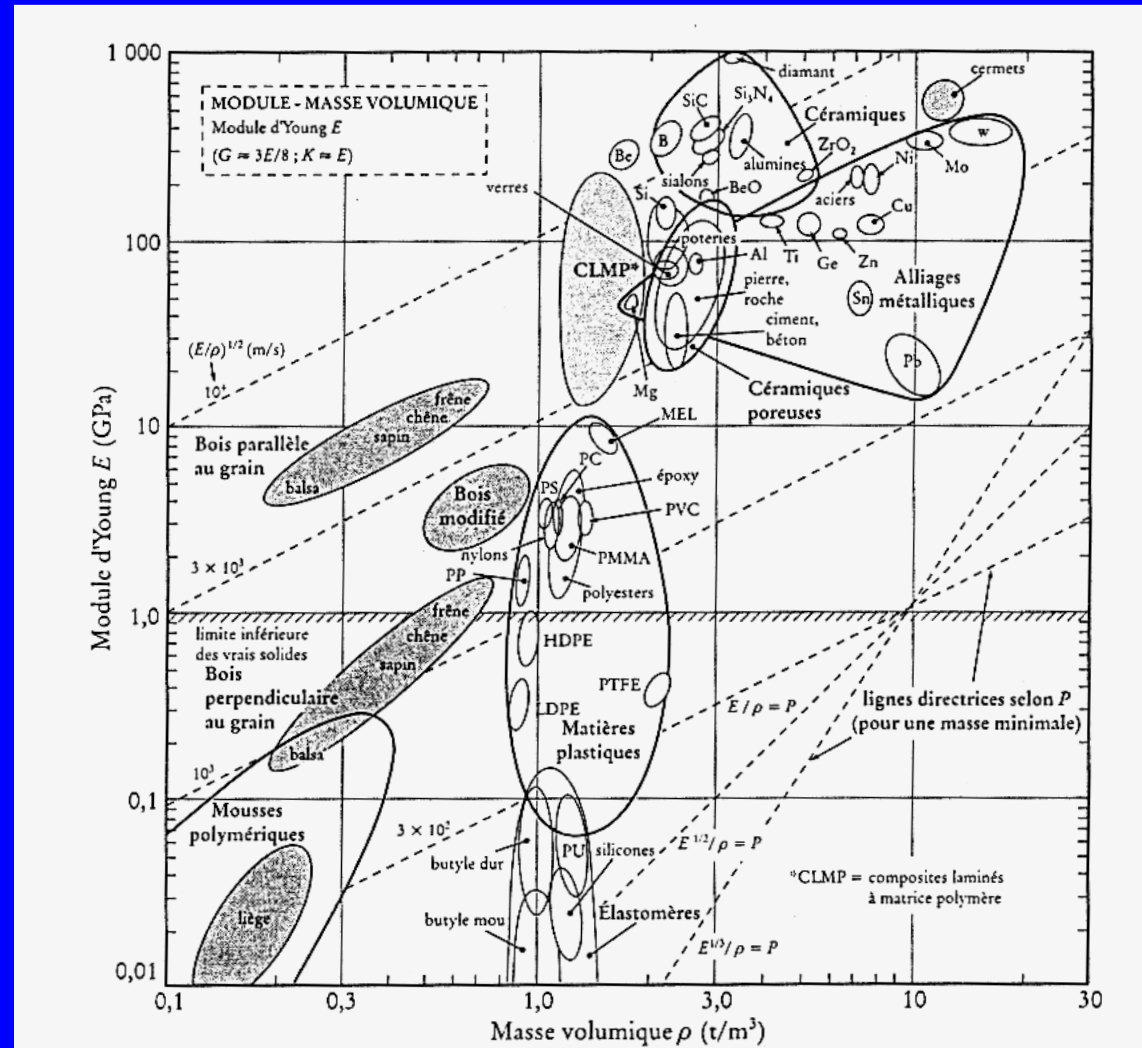


Figure 15.3 Diagramme d'Ashby donnant le module d'Young E des classes de matériaux en fonction de leur masse volumique ρ (adapté de *Materials Selection in Mechanical Design*, M. F. Ashby, Pergamon Press, 1993, reproduction autorisée).

Analyse rationnelle ?

Matériau  Propriétés (E, Re, H, ...)

Sollicitation  Équation
 $f(\text{géométrie}).f(\text{sollicitation}).f(\text{propriétés})$


Indice de
performance

Méthode des indices de performance

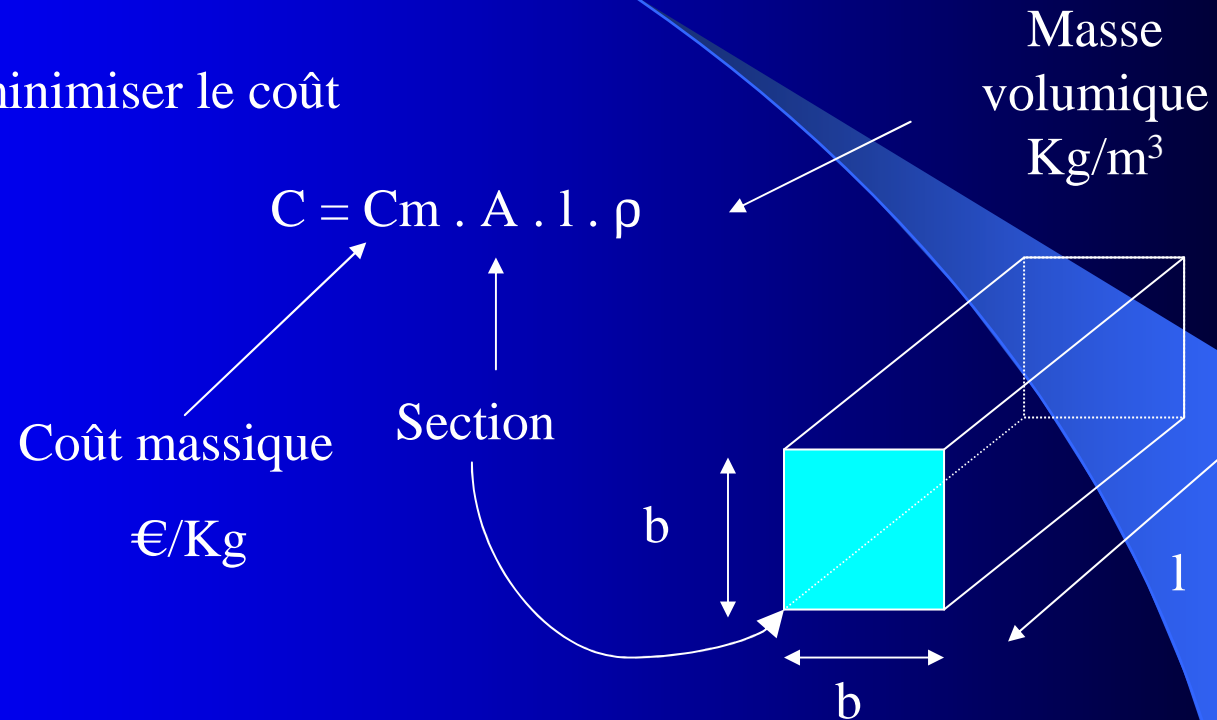
Exemple: Choix de matériaux pour construire une poutre à un coût minimum

1) Définir les spécification de conception:

- **Objectif** : qu'est ce qui doit être maximisé ou minimisé (volume, poids, coût)
- **Contraintes** : exigences essentielles qui doivent être satisfaites (rigidité, résistance, tenue à la corrosion, paramètre de mise en forme, etc.)

2) Écrire une équation exprimant l'objectif

Objectif : minimiser le coût



3) Identifier les **variables libres** (non imposées)

Variable libre = b

Méthode des indices de performance

4) Écrire les équation exprimant les **contraintes** issues de la RDM et exprimer la variable libre

Rigidité
$$S = \frac{F}{\delta} = \frac{C_1 EI}{l^3}$$

Poutre de section carrée: $I = b^4/12$

$$S = \frac{C_1 E b^4}{12 l^3} \quad \rightarrow \quad b^2 = \sqrt{\frac{12 S l^3}{C_1 E}}$$

La rigidité du matériau (E) impose la section (b)

Méthode des indices de performance

A- Fonctionnelles

5) Remplacer dans l'équation objectif

$$C = C_m A l \rho = C_m b^2 l \rho = C_m l \rho \sqrt{\frac{12 S l^3}{C_1 E}}$$

et séparer les variables

$$C = \left(\sqrt{\frac{12 S}{C_1}} \right) \left(\sqrt{l^5} \right) \left(C_m \rho \sqrt{\frac{1}{E}} \right)$$

Terme lié à la sollicitation

Terme lié à la géométrie

Terme lié au matériau

Optimisation

Coût minimal si IP maximal

$$IP = \frac{\sqrt{E}}{C_m \rho}$$

Les logiciels

Fuzzymay,

CES Granta Design, ...

Bases de données spécifiques à un corps de métier

Géométrie

- Matériaux disponibles sous certaines formes
 - Poutre de section carrée, ronde, triangle, I, H,...
 - Tube rond, carré, triangle
- **Facteurs de forme** = nombre caractérisant l'aptitude d'une géométrie à répondre à une sollicitation (**propriété**)
- Exemple poutre en bois (section parallélépipédique) ou en acier (section en I)

Cas d'une poutre de section quelconque d'aire A

Facteur de forme Φ :

$$\Phi = \frac{S}{S_{ref}} = \frac{\frac{C_1 EI}{l^3}}{\frac{C_1 EI_{ref}}{l^3}} = \frac{I}{I_{ref}}$$

donc

$$S = \Phi S_{ref} = \Phi \frac{C_1 E b^4}{12 l^3} \text{ et}$$

$$b^2 = \sqrt{\frac{12 S l^3}{\Phi C_1 E}}$$

D'où l'indice de performance

$$I_p = \frac{\sqrt{\Phi E}}{C_m \rho}$$

Indice de performance maxi = coût mini

Tableau 7.2 – Valeurs des quatre facteurs de forme.


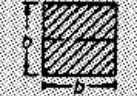
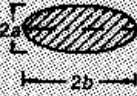
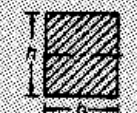
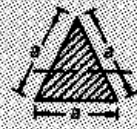

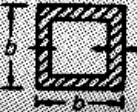
Géométrie de section	Rigidité		Résistance	
	ϕ_f^R	ϕ_f^I	ϕ_f^R	ϕ_f^I
	1	1	1	1
	$\frac{\pi}{3} = 1.05$	0.88	$\frac{2}{3}\sqrt{\pi} = 1.18$	0.74
	$\frac{a}{b}$	$\frac{2ab}{(a^2 + b^2)}$	$\sqrt{\frac{a}{b}}$	$\sqrt{\frac{a}{b}}$ (a < b)
	$\frac{\pi h}{3b}$	$\frac{2\pi b}{3h} \left(1 - 0.58 \frac{h}{b}\right)$ (h > b)	$\frac{2}{3}\sqrt{\pi} \left(\frac{h}{b}\right)^{1/2}$	$\frac{2}{3}\sqrt{\pi} \frac{(b/h)^{1/2}}{(1 + 0.6b/h)}$ (h > b)
	$\frac{2\pi}{3\sqrt{3}} = 1.21$	$\frac{2\pi}{5\sqrt{3}} = 0.73$	0.77	0.62
	$\frac{r}{t}$	$\frac{r}{t}$	$\left(\frac{2r}{t}\right)^{1/2}$	$\left(\frac{2r}{t}\right)^{1/2}$
	$\frac{\pi b}{6t}$	$\frac{\pi b}{8t} \left(1 - \frac{t}{b}\right)^4$	$\frac{2}{3}\sqrt{\pi} \left(\frac{b}{t}\right)^{1/2}$	$\frac{\sqrt{\pi}}{2} \left(\frac{b}{t}\right)^{1/2} \left(1 - \frac{t}{b}\right)^2$

Tableau 7.2 – Valeurs des quatre facteurs de forme. (suite)


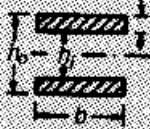
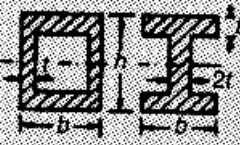




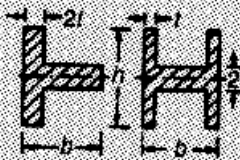





Géométrie de section	Rigidité		Résistance	
	ϕ_f^E	ϕ_f^I	ϕ_f^t	ϕ_f^f
	$\frac{a(1+3b/a)}{t(1+b/a)^2}$	$\frac{8(ab)^{5/2}}{t(a^2+b^2)(a+b)^2}$	$\left(\frac{a}{t}\right)^{1/2} \frac{(1+3b/a)}{(1+b/a)^{3/2}}$	$\frac{4a^{1/2}}{t^{1/2}(1+a/b)^{3/2}}$
	$\frac{\pi h^2}{2bt}$	—	$\sqrt{2\pi} \frac{h}{(bt)^{1/2}}$	—
	$\frac{\pi h(1+3b/h)}{6t(1+b/h)^2}$	 $\frac{\pi b^2 h^2}{t(h+b)^3}$  $\frac{\pi t(1+4h/b)}{3b(1+h/b)^2}$	$\frac{\sqrt{2\pi}(h)^{1/2}(1+3b/h)}{3(t)^{1/2}(1+b/h)^{3/2}}$	 $\frac{\sqrt{2\pi}h}{(bt)^{1/2}(1+h/b)^{3/2}}$  $\frac{\sqrt{2\pi}(t)^{1/2}(1+4h/b)}{3(b)(1+h/b)^{3/2}}$
	$\frac{\pi h(1+4bt^2/h^3)}{6t(1+b/h)^2}$	 $\frac{\pi t(1+8b/h)}{6h(1+b/h)^2}$  $\frac{\pi t(1+4b/h)}{3h(1+b/h)^2}$	$\frac{\sqrt{\pi}(h)^{1/2}(1+4bt^2/h^3)}{2(t)^{1/2}(1+b/h)^{3/2}}$	 $\left(\frac{\pi t}{18h}\right)^{1/2} \frac{(1+8b/h)}{(1+b/h)^{3/2}}$  $\frac{\sqrt{2\pi}(t)^{1/2}(1+4b/h)}{3(h)(1+b/h)^{3/2}}$
	$\frac{\pi d^2}{2t\lambda}$	—	$\sqrt{\pi} \frac{d}{(t\lambda)^{1/2}}$	—

Diagramme d'Ashby

- Soit un indice de performance $X=E/\rho$

$$\text{Log}(X)=\text{Log}(E)-\text{Log}(\rho)$$

$$\text{Log}(\rho) =\text{Log}(E)-\text{Log}(X)$$

- $\text{Log } \rho=f(\text{log } E)$ est une droite de pente = 1
 \Rightarrow iso propriété X

Diagramme d'Ashby

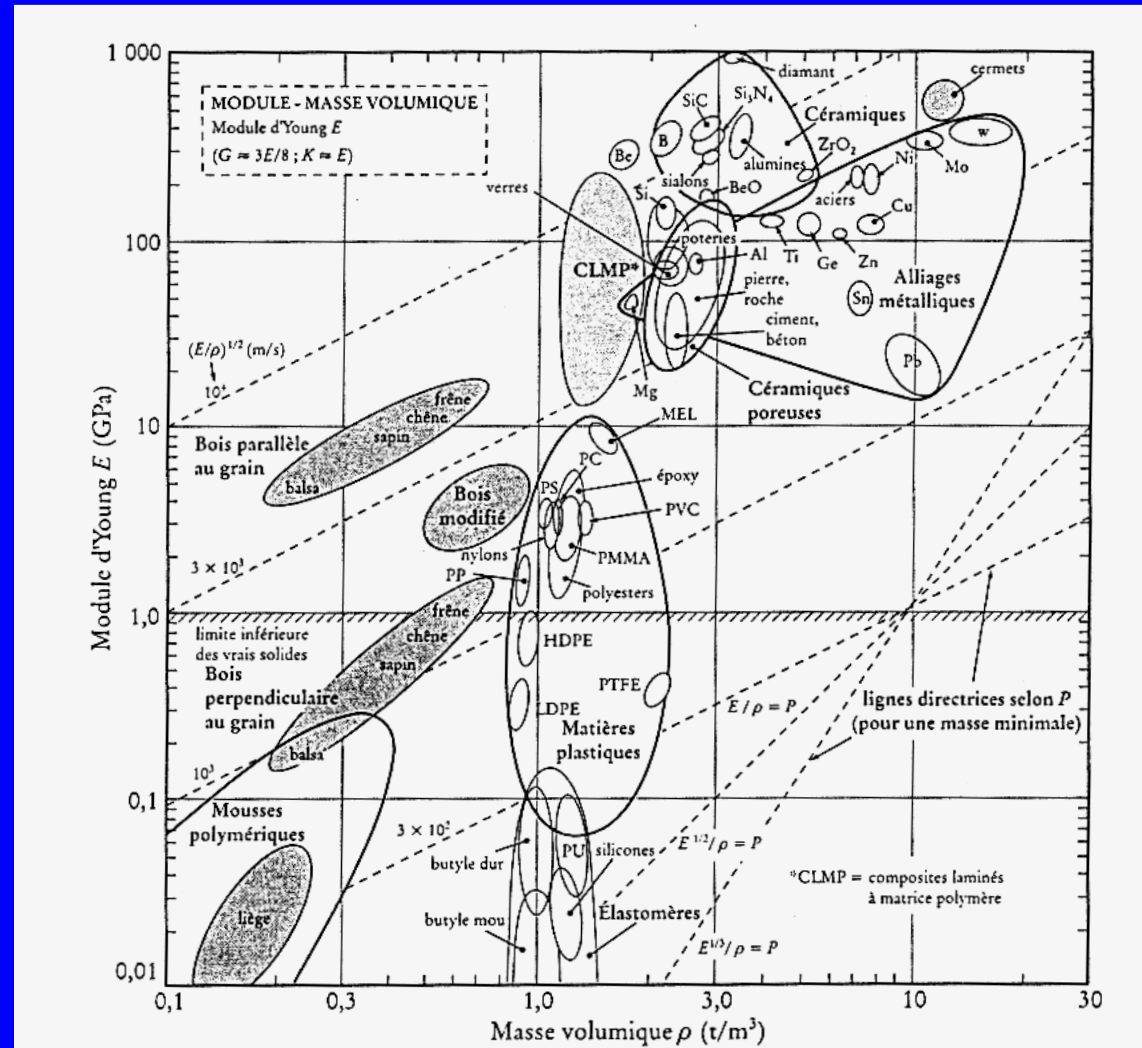


Figure 15.3 Diagramme d'Ashby donnant le module d'Young E des classes de matériaux en fonction de leur masse volumique ρ (adapté de *Materials Selection in Mechanical Design*, M. F. Ashby, Pergamon Press, 1993, reproduction autorisée).

Limites du système

- Choix d'un matériaux massif
- Pas de prise en compte d'association de matériaux
- Pas de prise en compte des traitements de surface

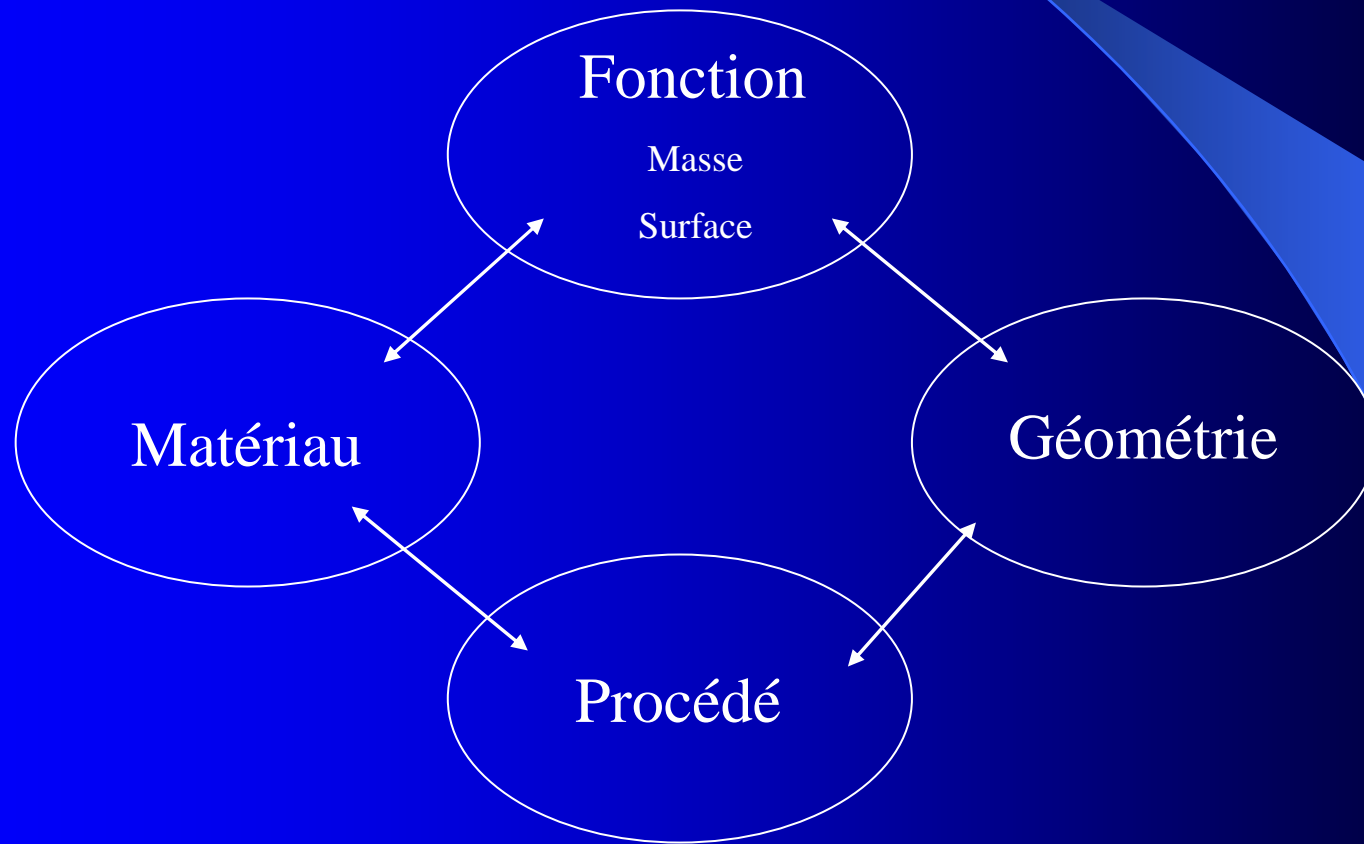
Les logiciels

Fuzzymat,

CES Granta Design, ...

Bases de données spécifiques à un corps de métier

Exigence fonctionnelle seul critère de choix d'un matériau?



Choix des procédés de mise en forme...

B- exigences technologiques

- Prise en compte :
 - De la complexité de la forme
 - Des matériaux possibles
 - Des cadences et des séries demandées
 - Des états de finition exigés...

- Limites des procédés
 - Taille des objets, encombrement,
 - Niveau de complexité
 - Dureté (usinage)
 - Température (soudage, vitesse d'usinage)
 - Tolérances,
 - Etat de surface, finition...

B- Technologiques

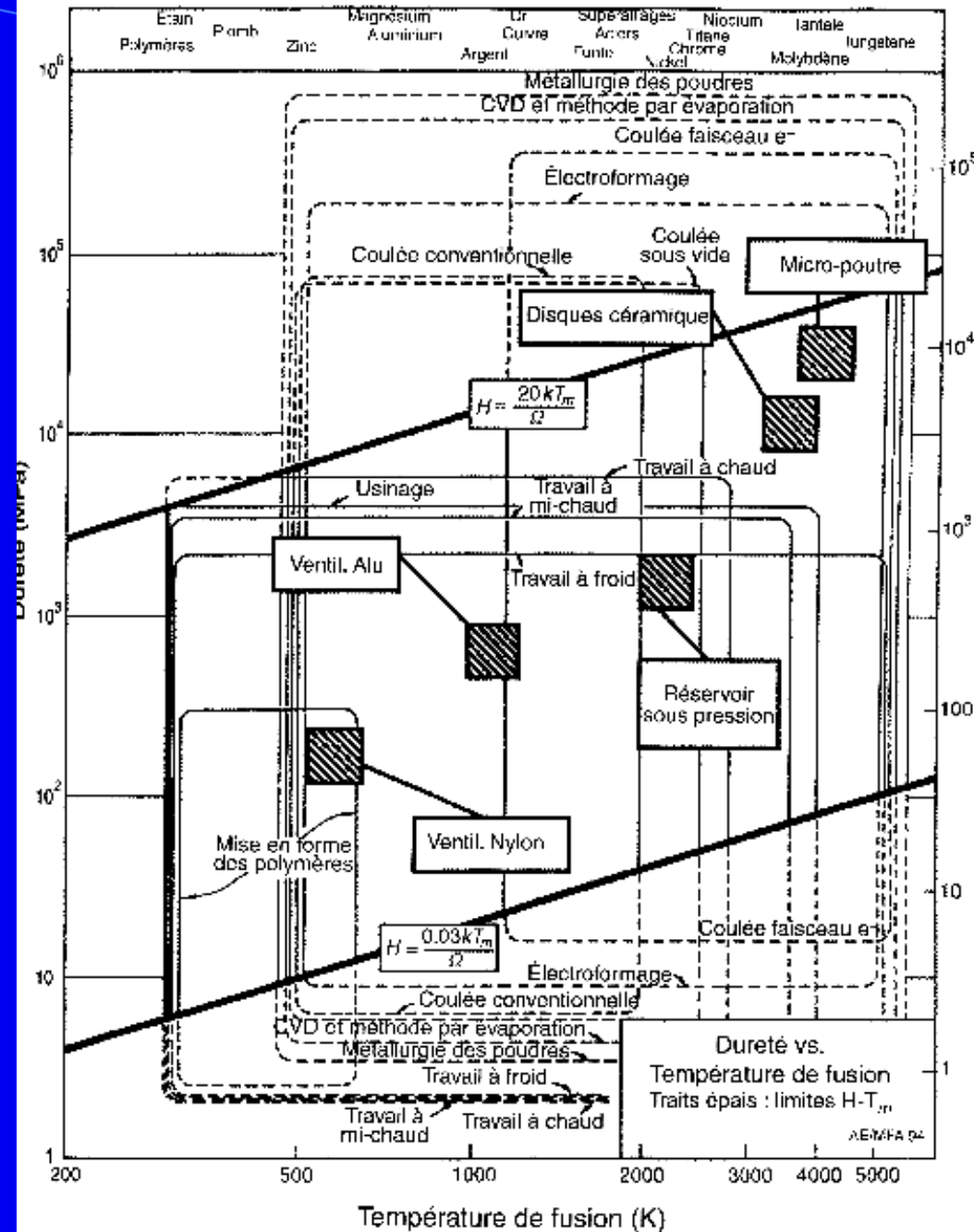


Figure 12.3 – Diagramme dureté-point de fusion.

Les traitements de surface

Choix rationnel ?

- 1) Définir un cahier des charges
(notamment l'objectif du traitement)
- 2) Comparer cet objectif à une base de donnée des traitements
de surface

traitement de surface : 4 objectifs

- Donner un rôle fonctionnel spécifique (optique, électricité, thermique, magnétique, mécanique...)
- Protéger d'un environnement agressif (corrosion, oxydation, usure)
- Préparer une surface pour un assemblage
- Réparer une surface

Fonctionnalisation

Propriétés optiques	- Décoration : Coloration, métallisation, dorure, ... - Traitement réfléchissants. - Traitement antireflet.
Propriétés mécaniques	- Augmentation de la dureté de surface. - Tribologie : réduction du frottement, lubrification, rodage, abrasabilité - Etanchéité des joints.
Propriétés thermiques	- Isolation thermique. - Conduction thermique. - Résistance aux chocs thermiques
Propriétés électriques	- Isolation électrique. - Conduction électrique.
Propriétés magnétiques	

Protection

Corrosion	- Corrosion sèche. - Corrosion humide : Eau, eau salée, produits chimiques, C. alimentaire, C. galvanique, C. atmosphérique
Oxydation	- Oxydation à haute température. - Oxydation à température ambiante.
Usure mécanique	- Frottement. - Fatigue (par contact, par torsion/flexion, par contrainte). - Erosion. - Abrasion. - Adhésion, Fretting

Radiations
Chocs thermiques

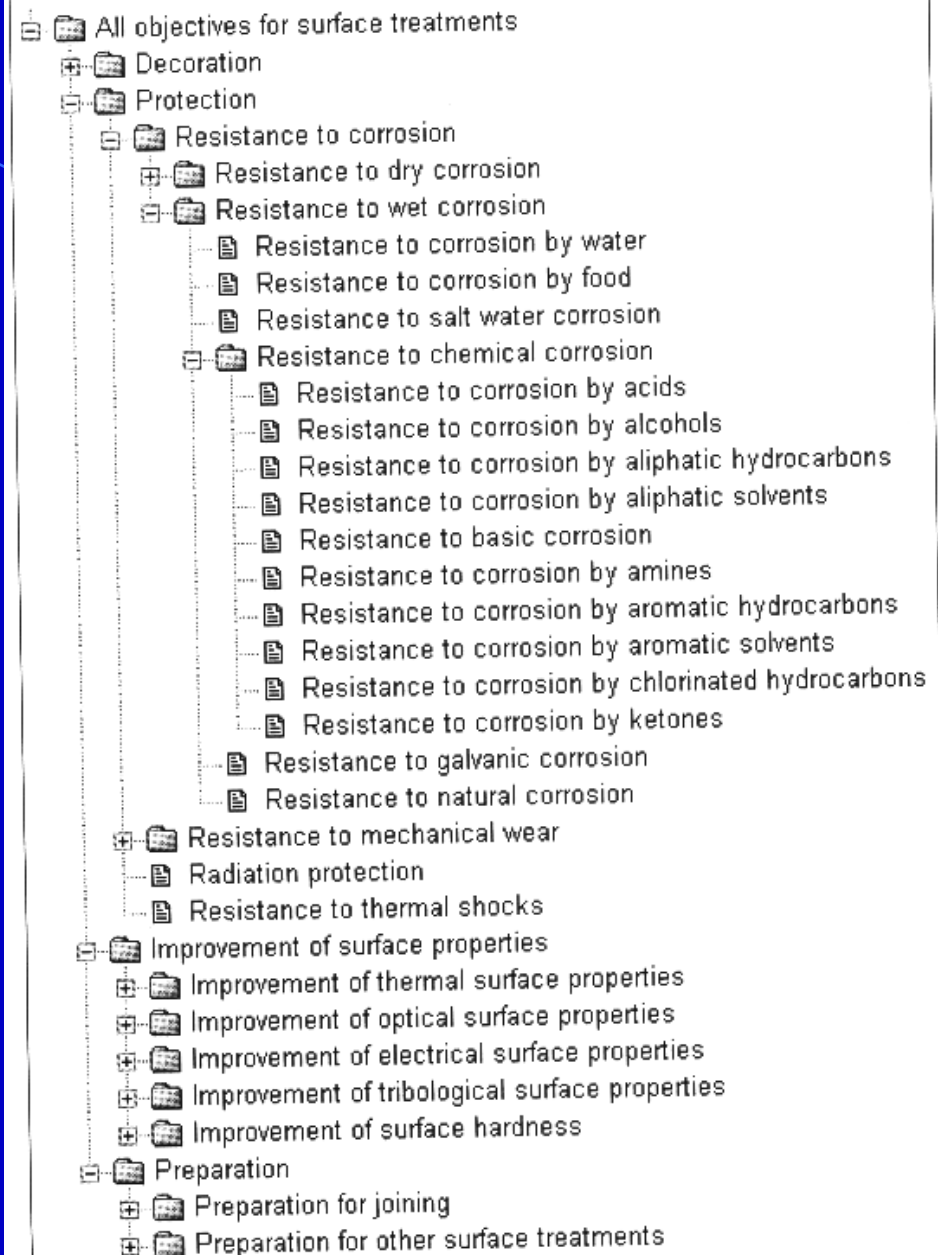
Préparation

Pour l'assemblage	Collage, soudage.
Pour d'autres TS	Peintures, coloration, dépôts électrolytiques, pulvérisation.

Réparation

Rechargement	Rattrapage de cotes, réparations.
--------------	-----------------------------------

- Les grands domaines d'utilisation des traitements de surface.



- Arborecence des fonctions demandées à un traitement de surface.

Descriptif des traitements de surface

- Procédés secondaires car n'opèrent pas sur le matériau mais sur la pièce (matériau + géométrie)
- Description précise de tous les combinaisons (matériaux / procédé / paramètres opératoires)

B- Technologiques

Name : Austenitic stainless steels weld surfacing

Substrate materials :

Metals

Processes :

Manual metal arc welding

MIG welding

Submerged-arc welding

Objectives :

Resistance to corrosion

Resistance to oxydation

Resistance to high temperature oxydation

Coating properties :

Coating material : Stainless steels

Layer hardness : 200 - 500 HV

Layer limit : Good

Layer growing : Linear

Adhesion : Excellent

Surface preparation : Important

Dimensionnal inflating : Can be high, depending on substrate geometry.

Porosity or included gaz bubbles : Negligible

Bond strength : High

Bond mechanism : Metallurgical

Process :

Process description :

In WELD SURFACING, various welding processes are used to deposit a metal or a metal / ceramic composite.

The two most widely used methods are the oxyacetylene torch and arc welding. These techniques can be applied to most metals, but they are generally not recommended for coating non-ferrous ones having melting points below 1100°C. The thickness range is generally 1 to 6 mm.

Component geometry : Access to internal surfaces controlled by size of torch / gun.

Component size : Limited by fusing facility.

Substrate temperature : 1050 - 1050 °C

Pretreatment : Clean and roughen surface.

Post-treatment : Substrate anneal/stress relief as required.

Notes :

Applications :

Chemical plant, furnace parts, buttering layer on carbon alloy steels before deposition of Mn steel.

Comments :

Tough, but lower impact resistance than austenitic Mn steel. Oxidation resistance up to 600°C.

Choix des matériaux, des procédés et des traitements de surface

Présélection pour s'orienter vers le bon expert

C- Exigences économiques

Il existe toujours un coût plafond que l'on ne peut dépasser

Coût = f(investissement, main d'œuvre, matière premières, consommables)

Rentabilité

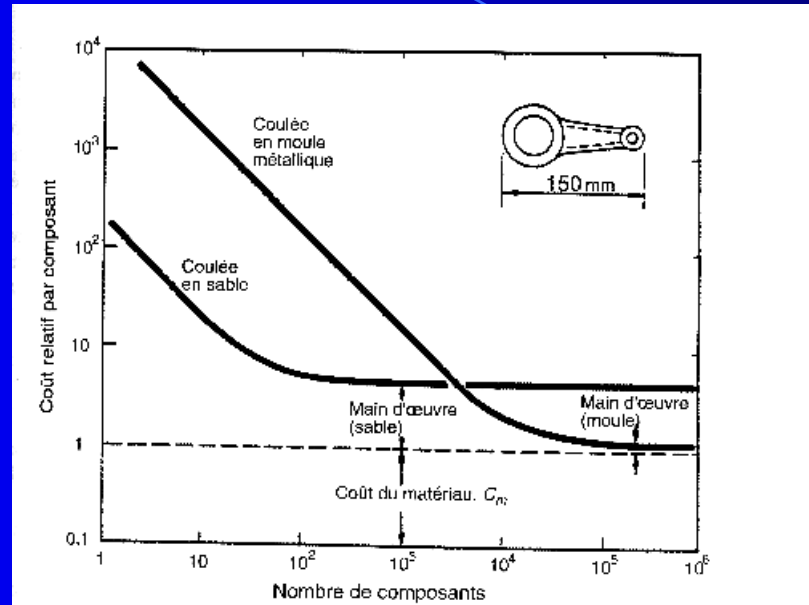


Figure 11.38 – Choix d'un procédé de fonderie pour fabriquer une bielle en aluminium.

Tableau 11.3 – Données pour l'équation de coût.

Coût relatif*	Coulée en sable	Coulée en moule métallique	Commentaire
Matériau C_m	1	1	Indépendants du procédé
FG de base, C_{fd} (h ⁻¹)	20	20	
Temps d'amortissement, t_a (année)	5	5	
Coût de l'outillage dédié, C_o	210	16 000	Dépendants du procédé
Coût d'investissement, C_i	10 000	300 000	
Cadence (h ⁻¹)	5	200	

D- Exigences sociales

- Santé des usagers, des fabricants,
- La sécurité
- Influence des habitudes sociologiques (modes, goûts,...)
- La réglementation (pouvoirs publiques, consommateurs)
- Impacte sur l'environnement, le recyclage

Évaluation de l'impact sur l'environnement

Le bilan carbone

Evaluer le CO₂ émis lors de la production d'un objet

Définition d'un périmètre de prise en compte

Transformation de toutes les émissions dans la même unité: g de CO₂ ou g de C

Recyclage

- Réutiliser les ressources en matériaux
- Eco-Conception (Eco-design)
 - Faire moins de déchets
 - Consommer moins d'énergie pour produire et pour utiliser l'objet
 - Prévoir de recyclage à la conception

Conclusion

Choix d'un matériau = Compromis

Équipe pluridisciplinaire + Bonne communication

- ✓ Bureau d'étude
- ✓ Recherche
- ✓ Planification
- ✓ Achats
- ✓ Fabrication
- ✓ Contrôle qualité
- ✓ Mise sur le marché