

Séance : Matériaux

Caractéristiques & Désignations

Objectifs :

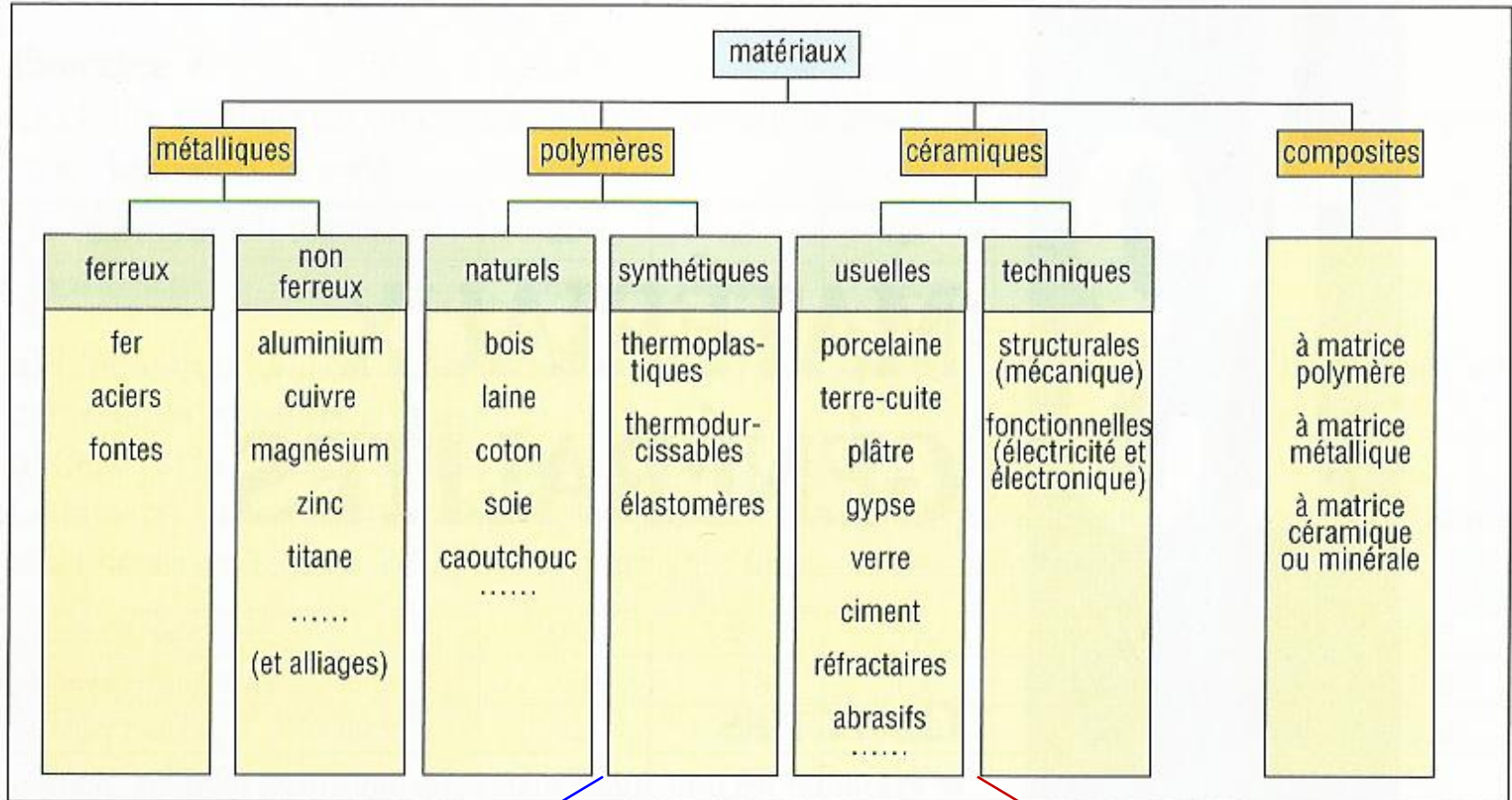
désigner un matériau et donner ses *caractéristiques mécaniques*

compléter ou commenter une nomenclature, justifier le choix de matériau et le procédé d'obtention de la pièce associée

1 Généralités sur les matériaux

Il y a 4 grandes familles de matériaux

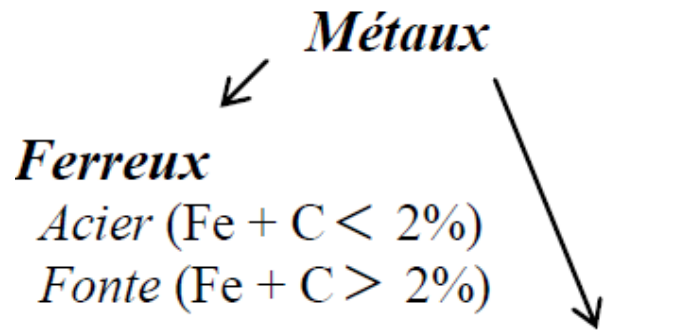
Fanchon pg 136



molécules constituées de la répétition de nombreuses sous-unités.

formées par une masse chauffée, qqfois comprimée, qui se solidifie en se refroidissant

1 Généralités sur les matériaux



Non ferreux

Aluminium



Alliage de cuivre



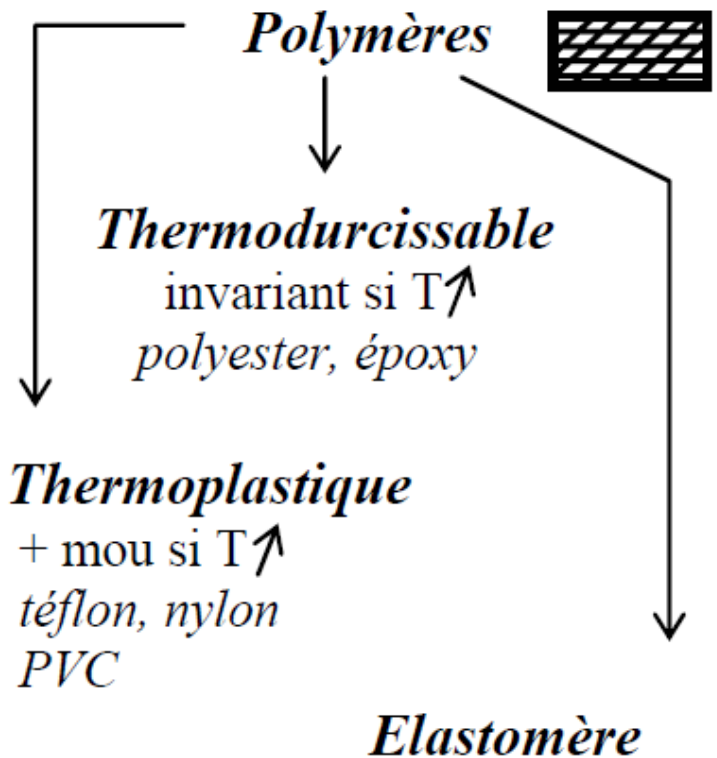
1 Généralités sur les matériaux



Thermoplastiques

Ces résines peuvent être **ramollies par chauffage** et **durcies par refroidissement**.

L'opération est réversible et peut être répétée plusieurs fois



Thermodurcissables

Ces résines peuvent être **transformées par la chaleur** en un état infusible (qu'on ne peut fondre) et insoluble.

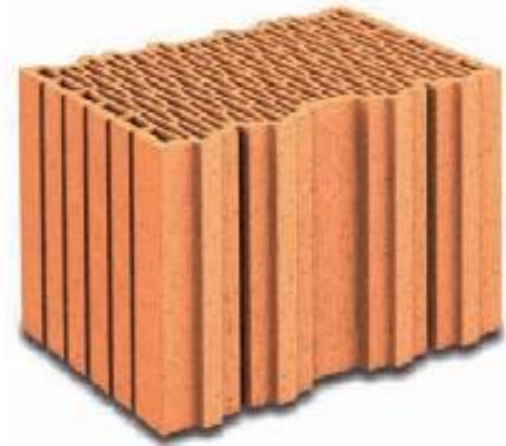
L'opération est irréversible et le recyclage des déchets est impossible.

1 Généralités sur les matériaux

Céramiques

- *béton,*
- *verre,*
- *carbure de silicium SiC*

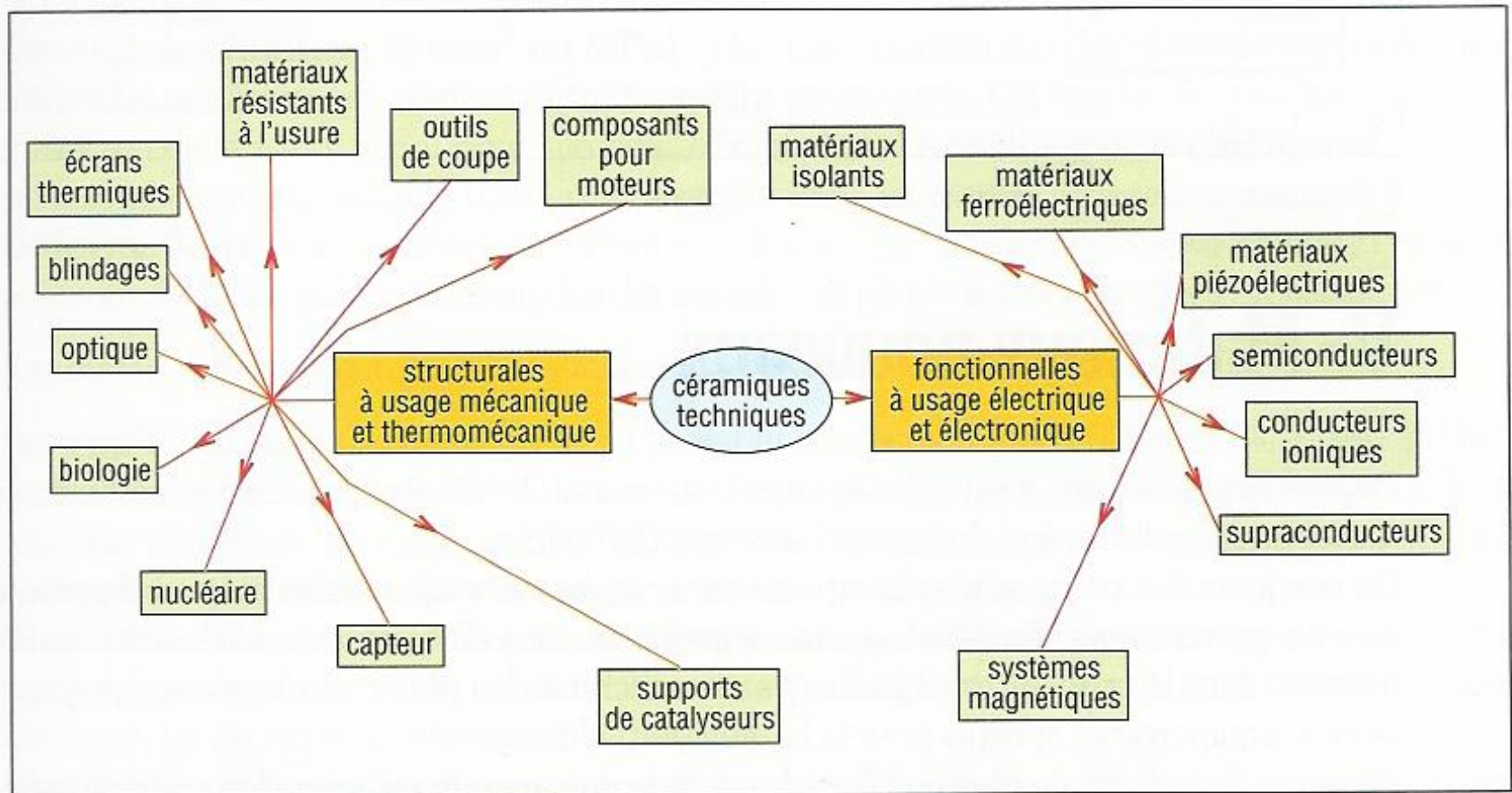
Ajoutés dans les plaquettes des outils (fraise, tour)



1 Généralités sur les matériaux

À propos des céramiques

Fanchon pg 139



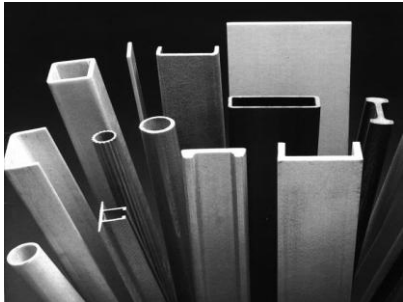
Matériaux réfractaires

1 Généralités sur les matériaux

avec fibres courtes



avec fibres longues



Composites

« domaine de pointe »

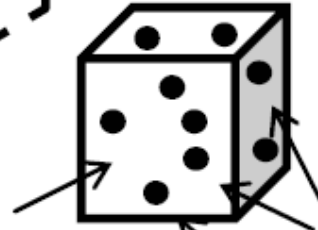
Matériau conçu à la demande
selon les besoins du cdcf



fibres longues

aéronautique
arbre de
transmission

matrice
métallique



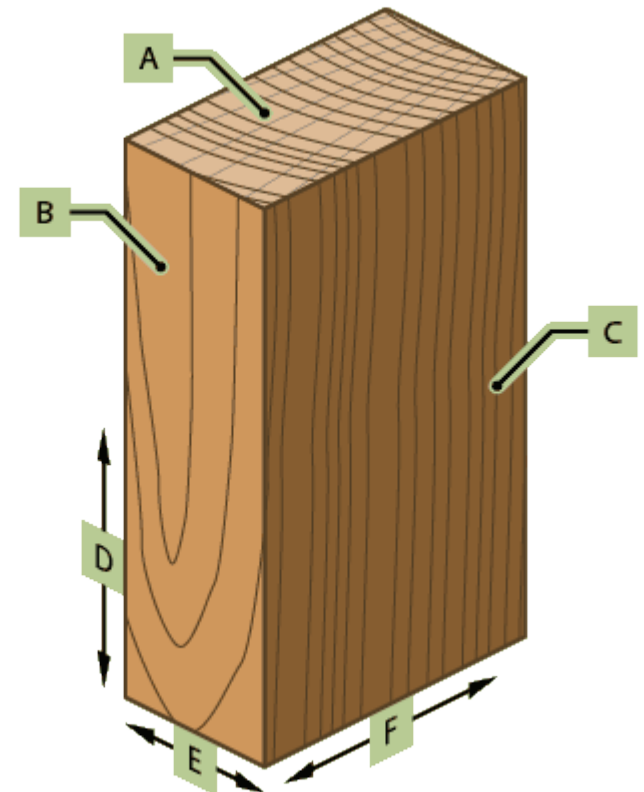
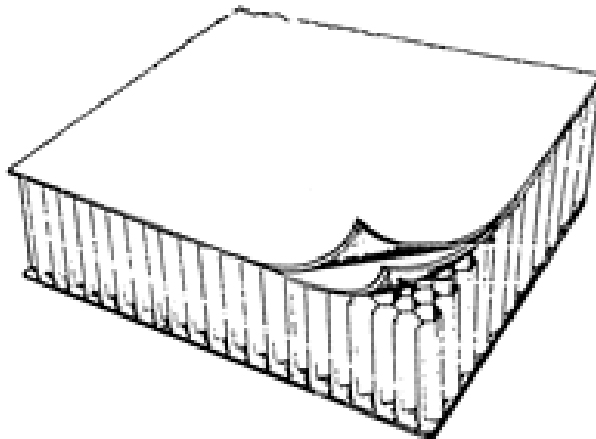
renforts
charges

2 Caractéristiques des matériaux

Elles sont obtenues par des *essais normalisés* dont l'objectif est d'évaluer et de comparer les performances des matériaux,

un matériau est dit *homogène* si ses caractéristiques sont les mêmes en tout point,

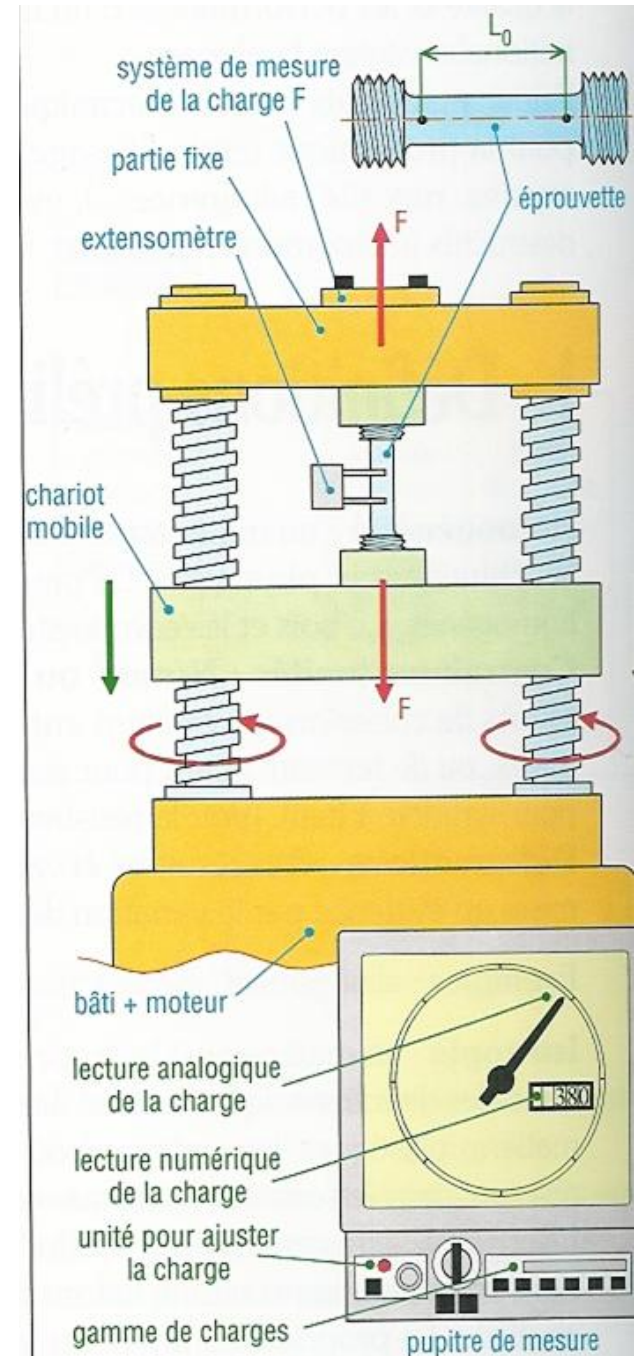
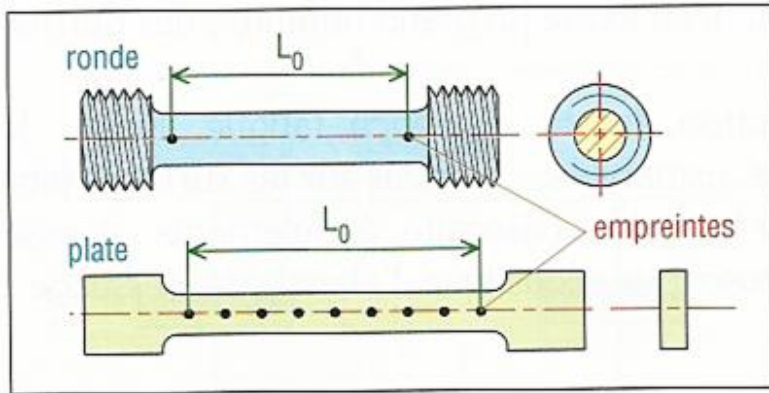
un matériau est dit *isotrope* si ses caractéristiques sont identiques selon les trois directions.



2 Caractéristiques des matériaux

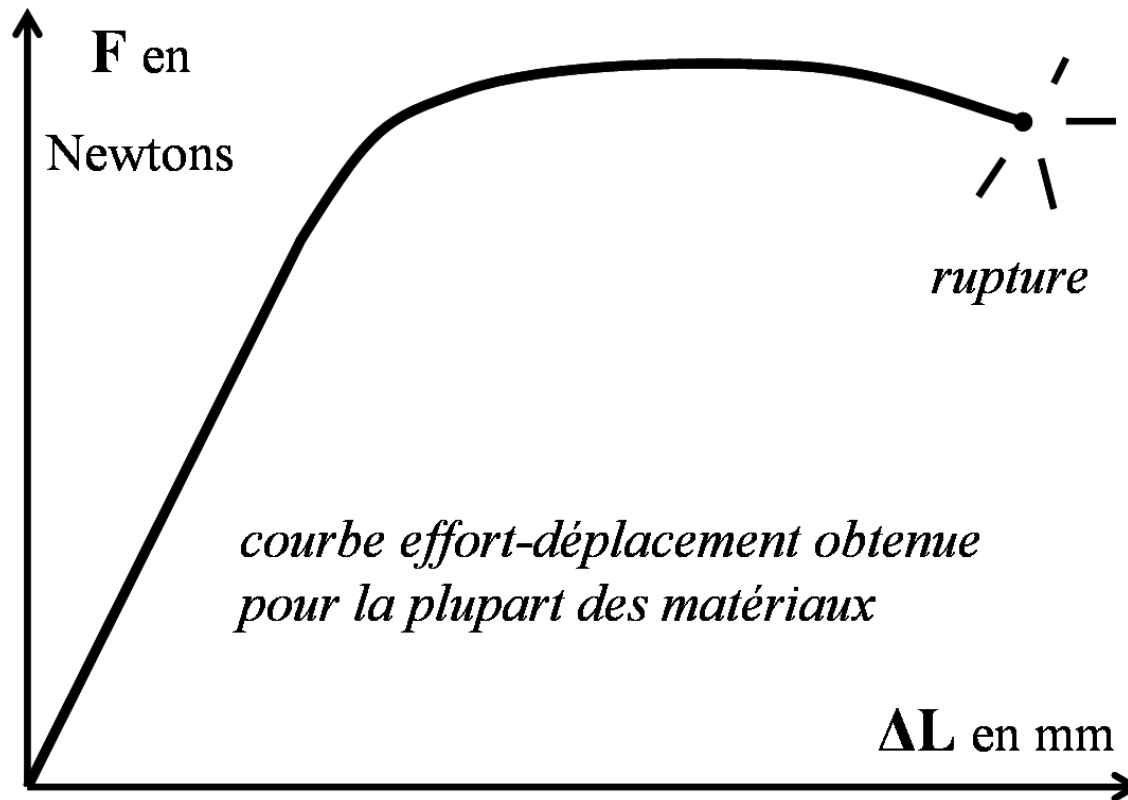
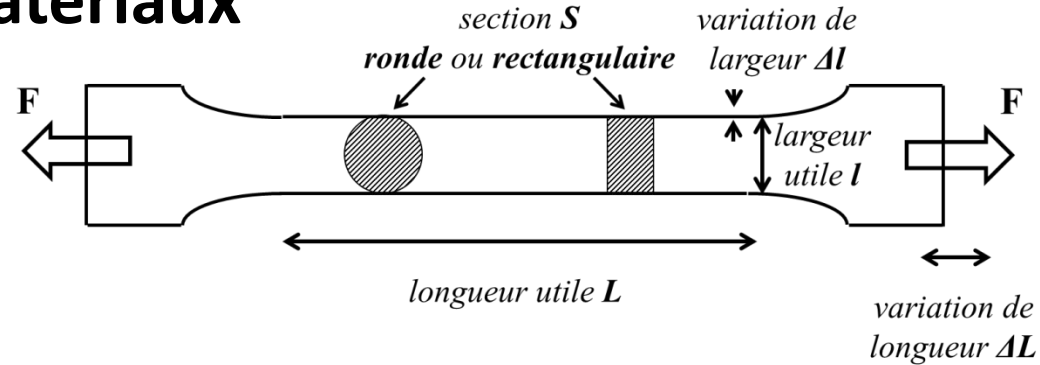
2.1- Essai de traction

Fanchon pg 142



2 Caractéristiques des matériaux

2.1- Essai de traction

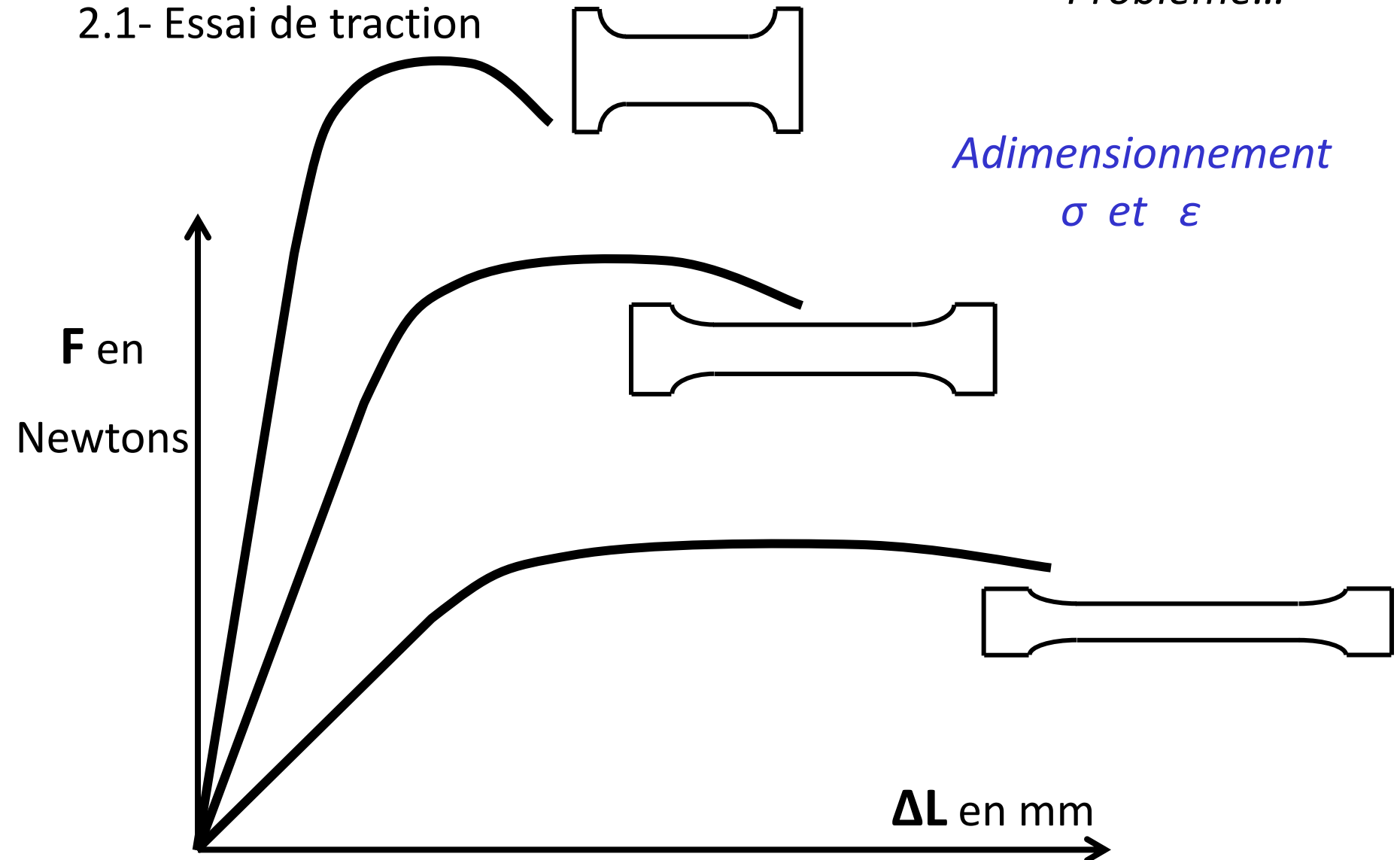


2 Caractéristiques des matériaux

2.1- Essai de traction

Problème...

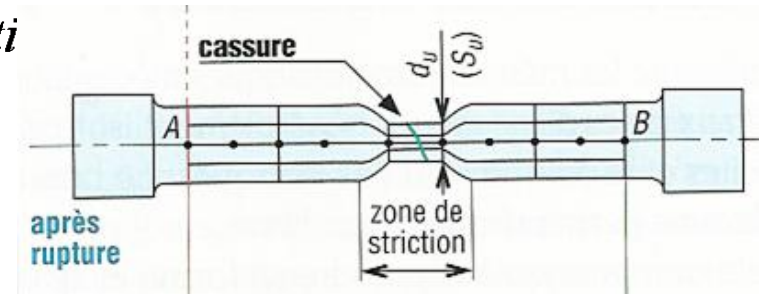
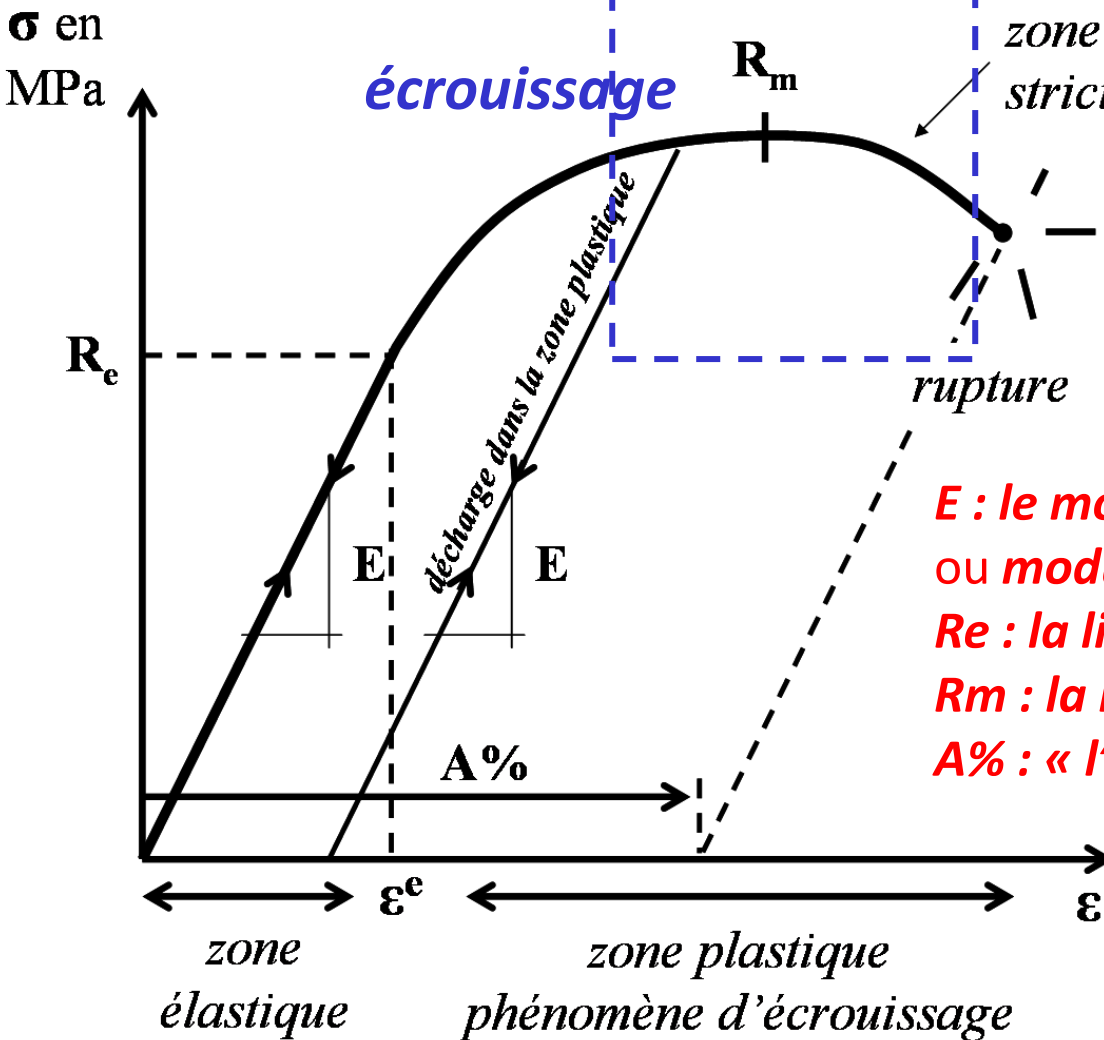
*Adimensionnement
 σ et ϵ*



2 Caractéristiques des matériaux

*Adimensionnement
 σ et ϵ*

1- Essai de traction

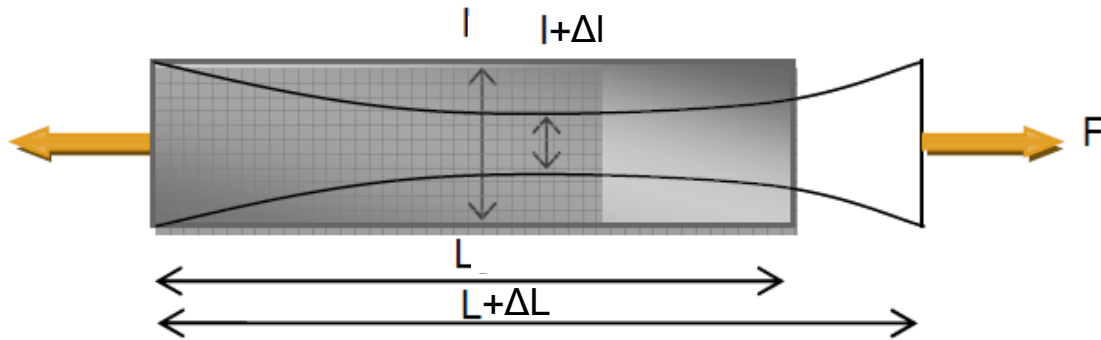


E : le module d'Young
ou **module d'élasticité** en MPa,
 R_e : la limite d'élasticité en MPa,
 R_m : la résistance à la rupture en MPa
A% : « l'allongement pour 100 » ou **ductilité**,

2 Caractéristiques des matériaux

1- Essai de traction

Coefficient de Poisson



$$\nu = - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_l} = - \frac{\Delta l / l}{\Delta L / L}$$

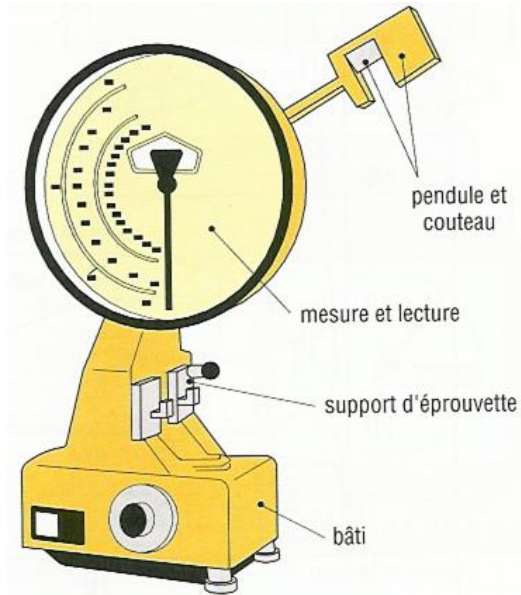
déformée transversale

déformée longitudinale

Pour un acier, $\nu \approx 0,3$

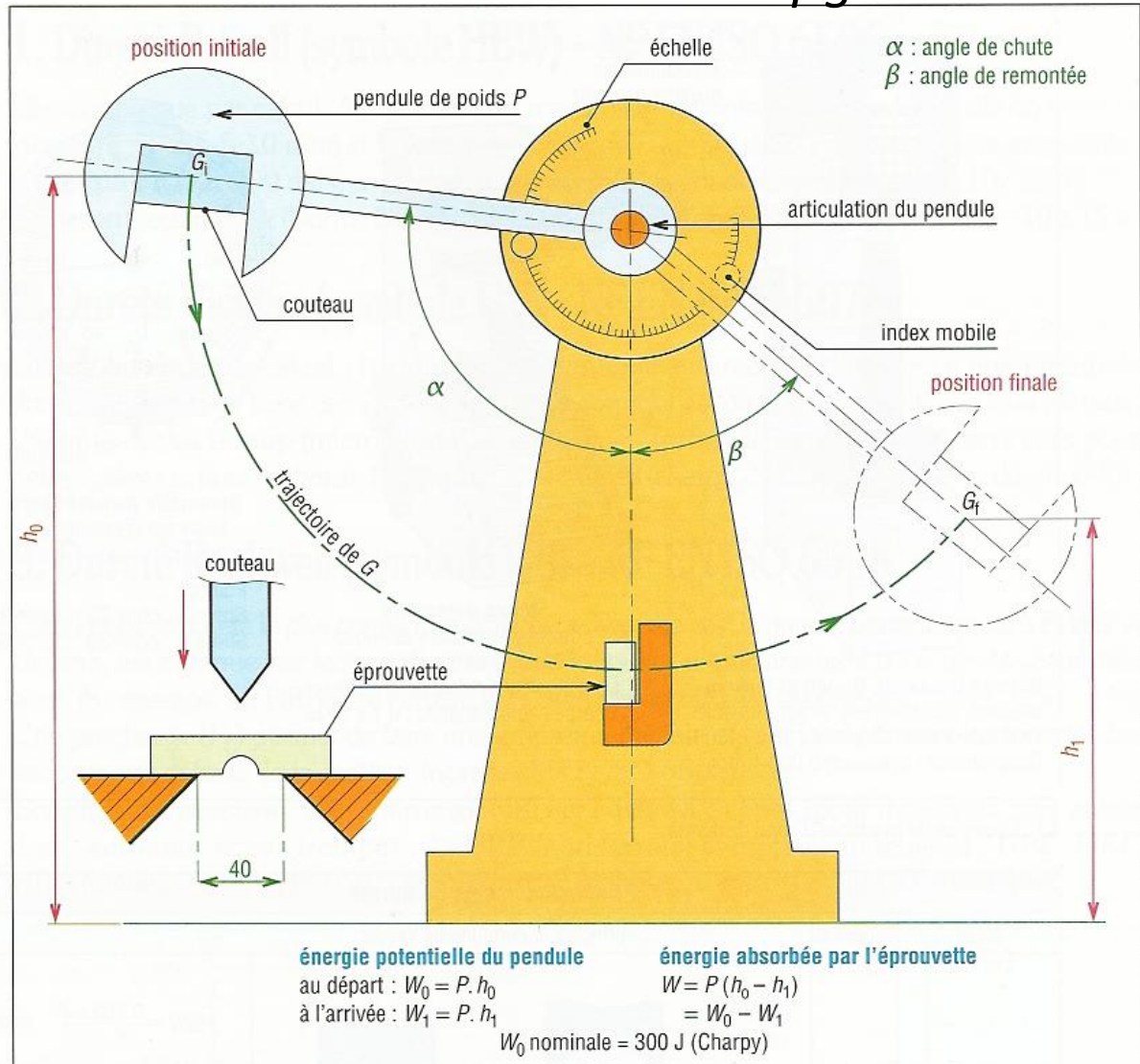
2 Caractéristiques des matériaux

2.2- Essai de résilience



résilience :
capacité d'un
matériau à supporter
des chocs sans se
rompre.

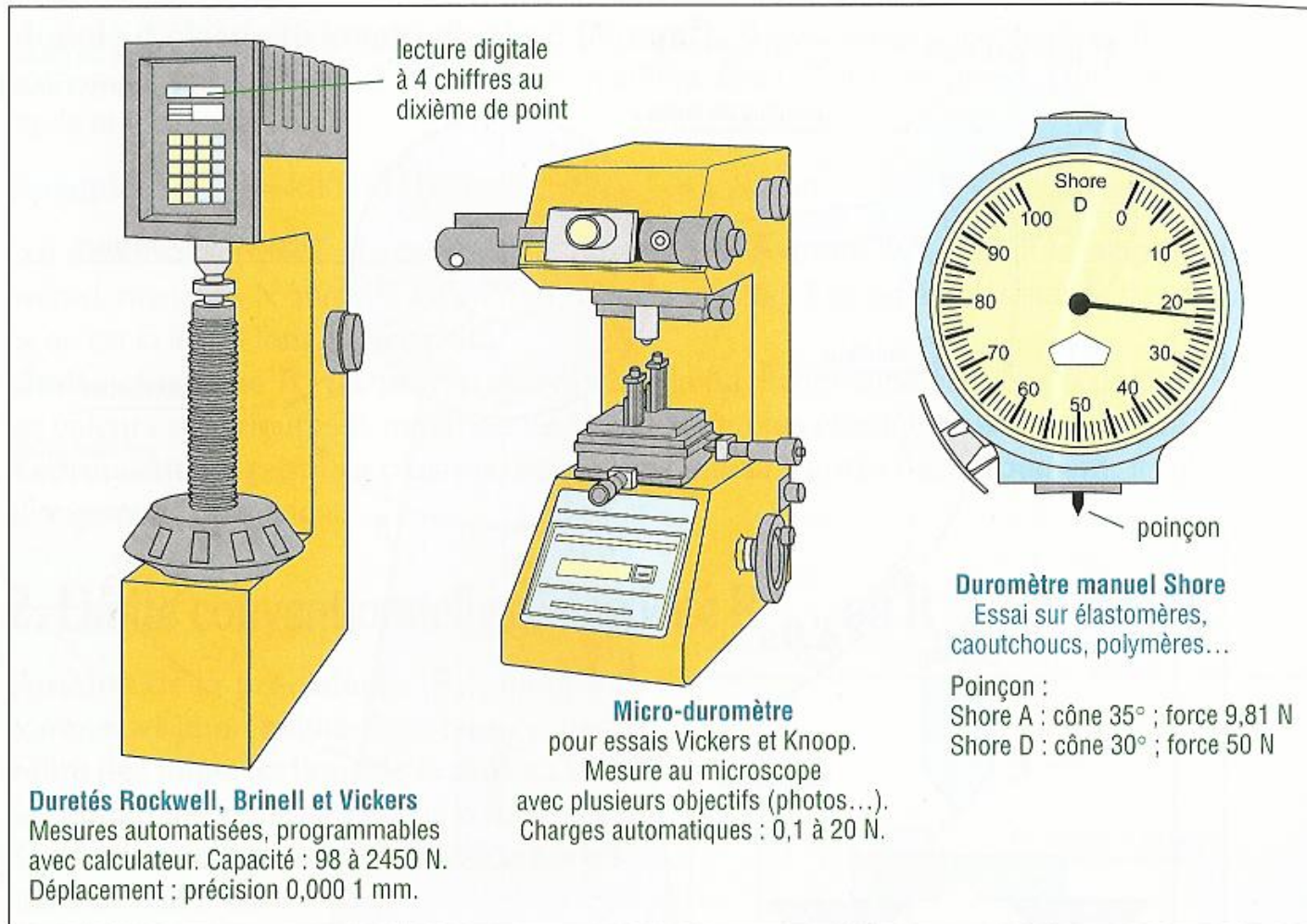
Fanchon pg 144-145



2 Caractéristiques des matériaux

2.3- Essai de dureté

Fanchon pg 146



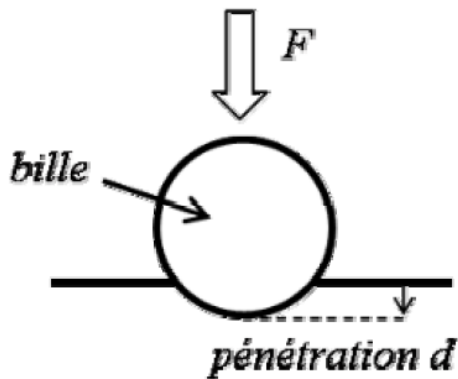
11. Exemples de machines d'essai de dureté.

2 Caractéristiques des matériaux

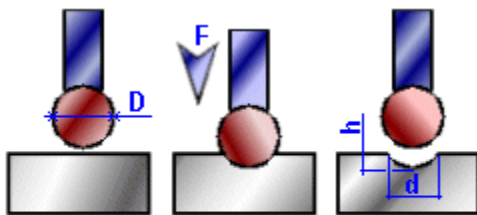
2.3- Essai de dureté



essai Brinell

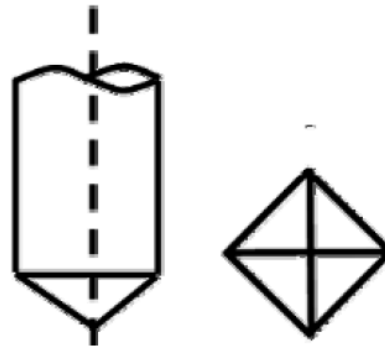


symbole HB
bille en carbure

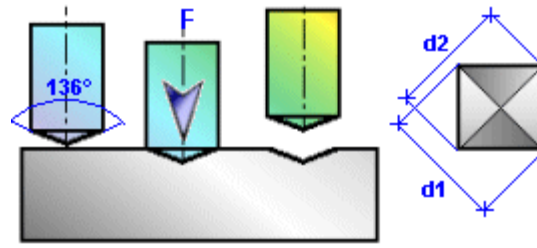


$$HB = \frac{0,102 \times 2(K \times 9,81 \times D \times D)}{3,14 \times D(D - \sqrt{(D \times D) - (d \times d)})}$$

essai Vickers



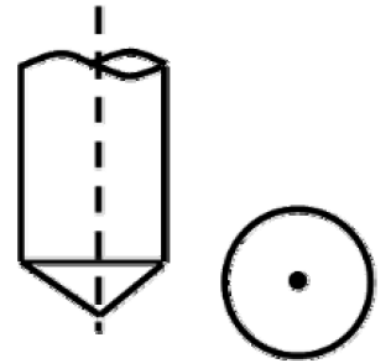
pointe pyramidale
symbole HV



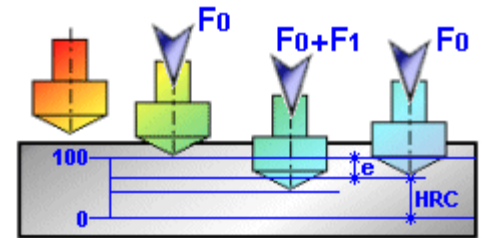
$$HV = 0,189 \times \frac{F}{d \times d}$$

$$d = \frac{d1 + d2}{2}$$

essai Rockwell



pointe conique
symbole HRC

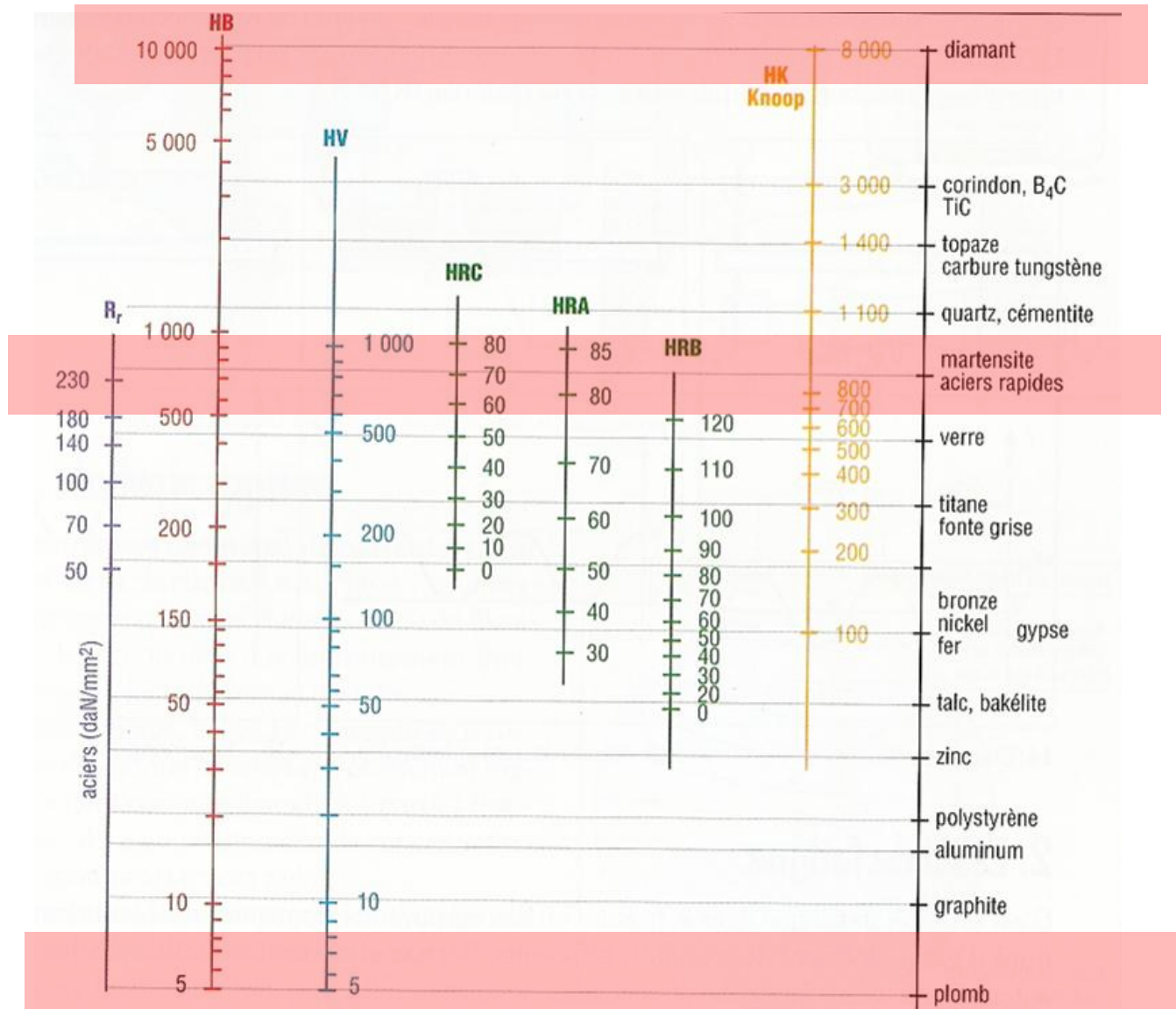


$$HRC = 100 - e$$

2 Caractéristiques des matériaux

2.3- Essai de dureté

Fanchon pg 147



ductilité : A% grand

capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre.

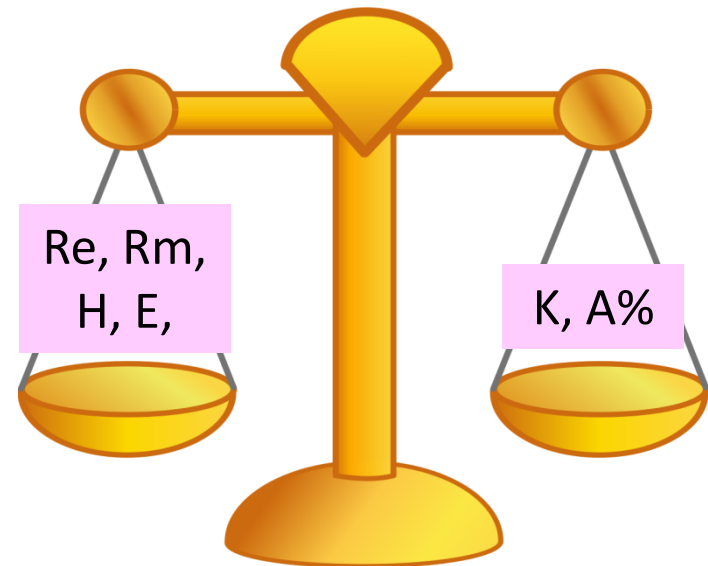
rigidité : E grand

capacité d'un matériau à peu se déformer élastiquement.

Ténacité : K grand

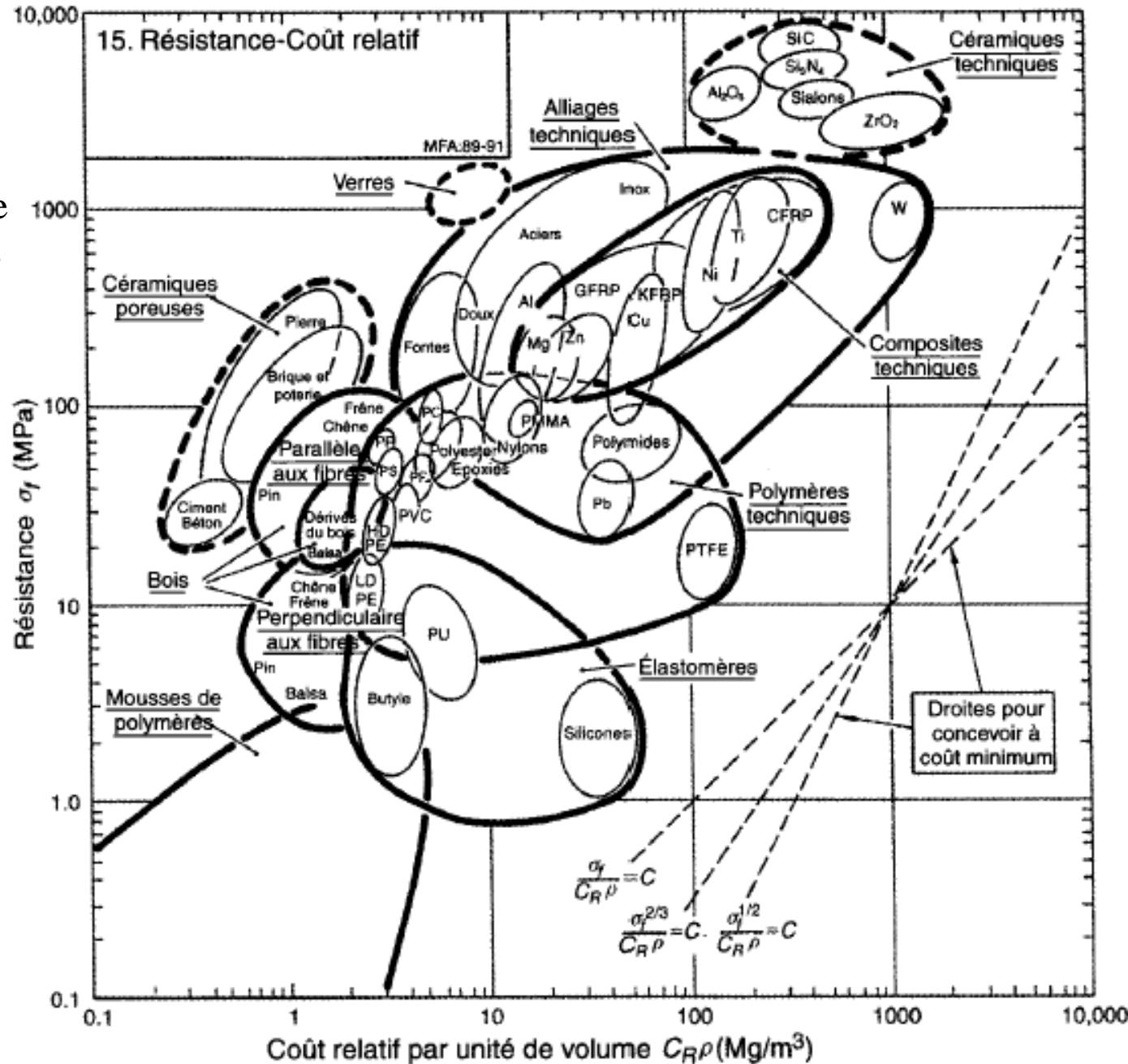
capacité d'un matériau à résister à la propagation d'une fissure ;
cela s'oppose à la **fragilité**.

Compromis....



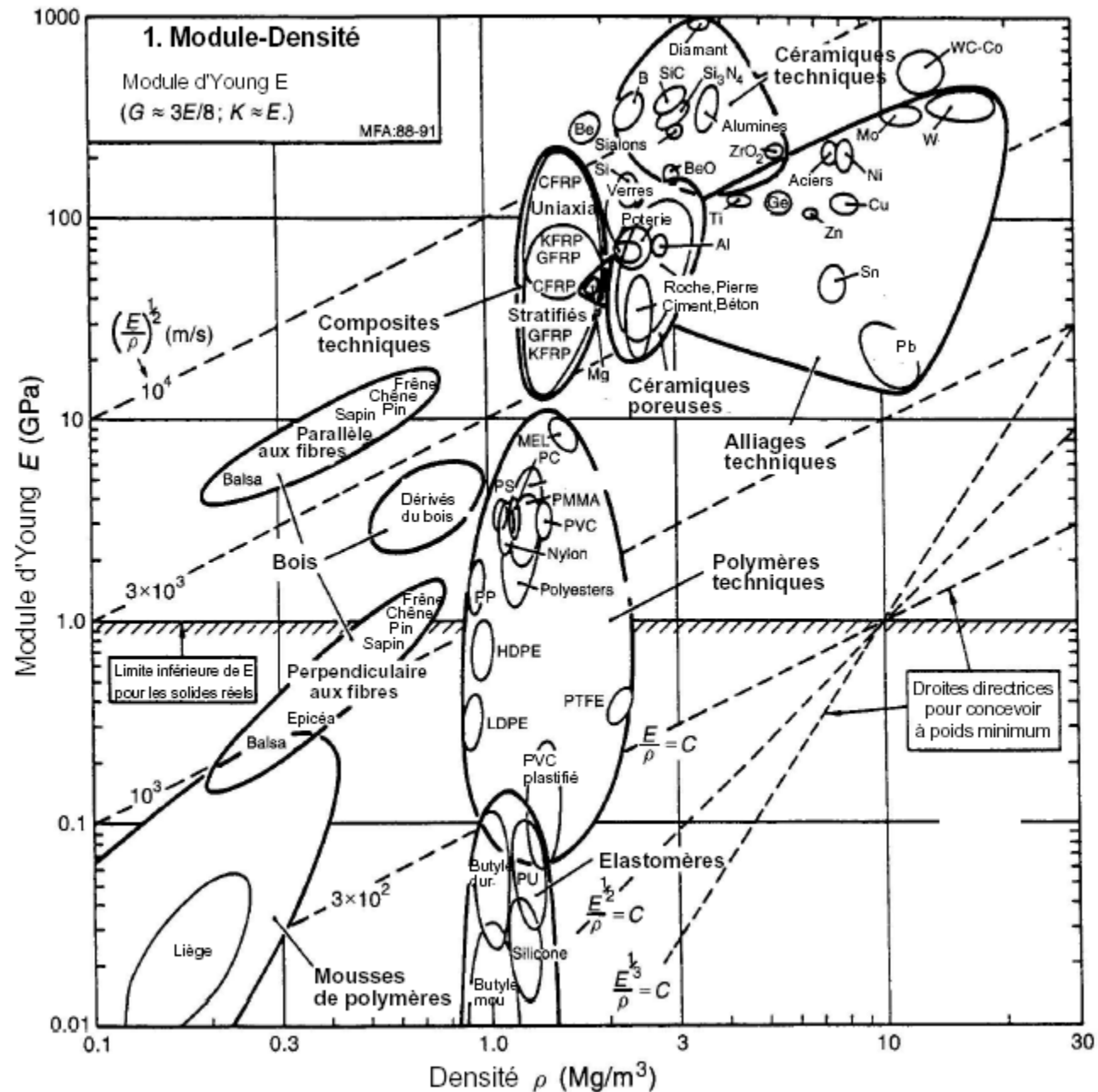
Diagrammes ASHBY

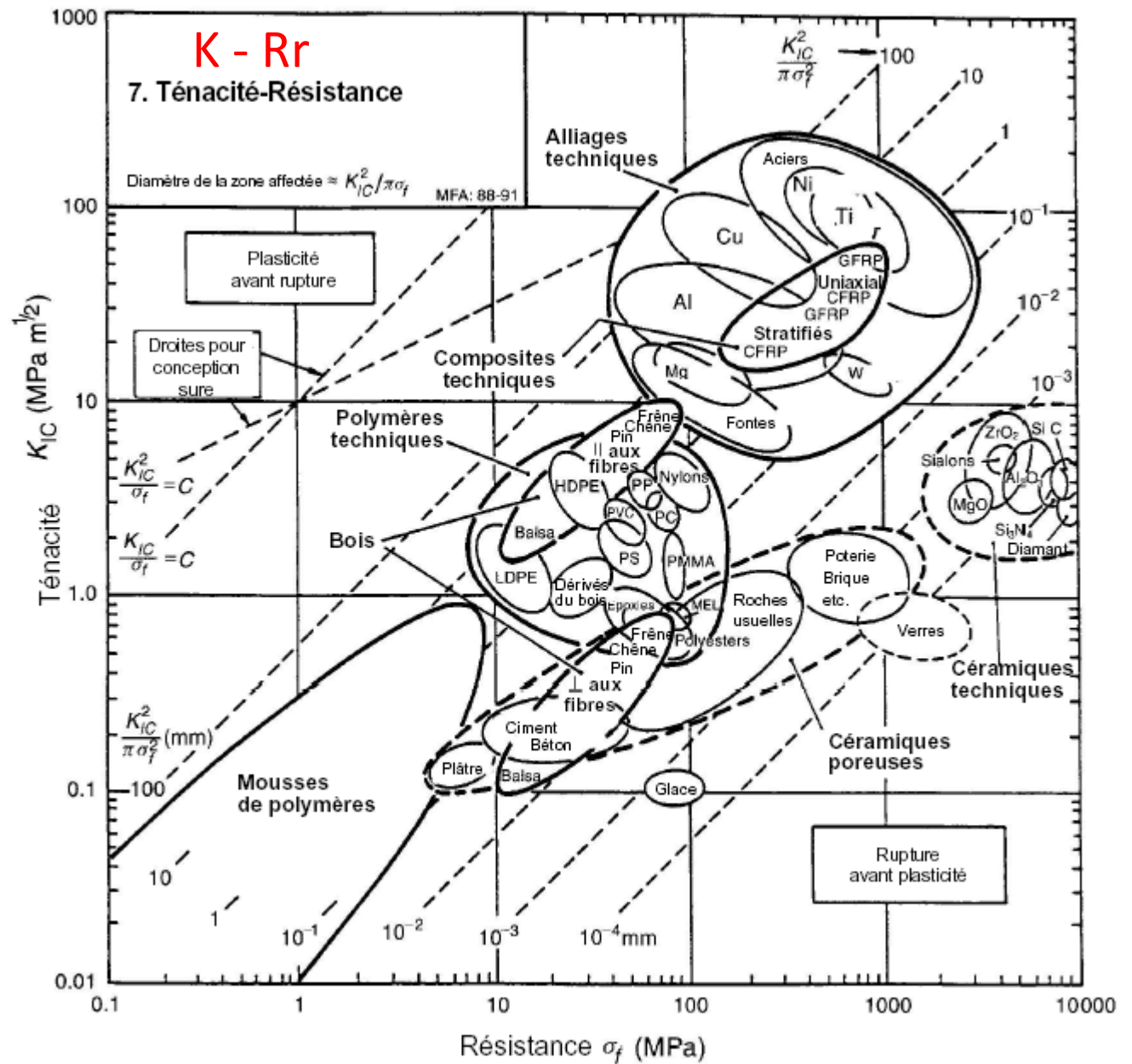
Consiste à classer les matériaux en fonction de 2 critères prépondérants



Diagrammes ASHBY

Consiste à classer les matériaux en fonction de 2 critères prépondérants



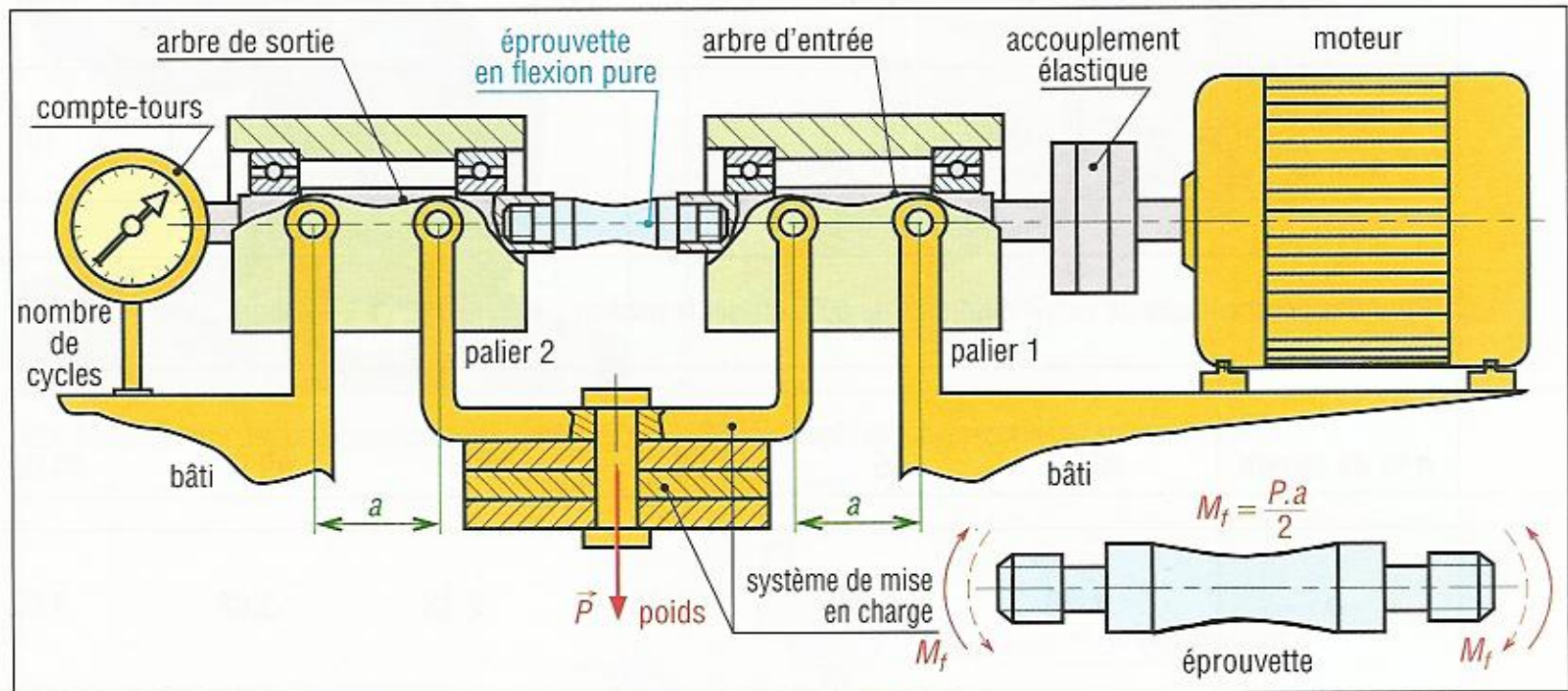


2 Caractéristiques des matériaux

2.4- Essai de fatigue

Fanchon pg 149

Constat : une pièce soumise à des sollicitations cycliques peut atteindre la rupture alors que, à chaque instant et en tout point, la contrainte reste inférieure à la limite à la rupture



2 Caractéristiques des matériaux

2.4- Essai de fatigue

Fanchon pg 149

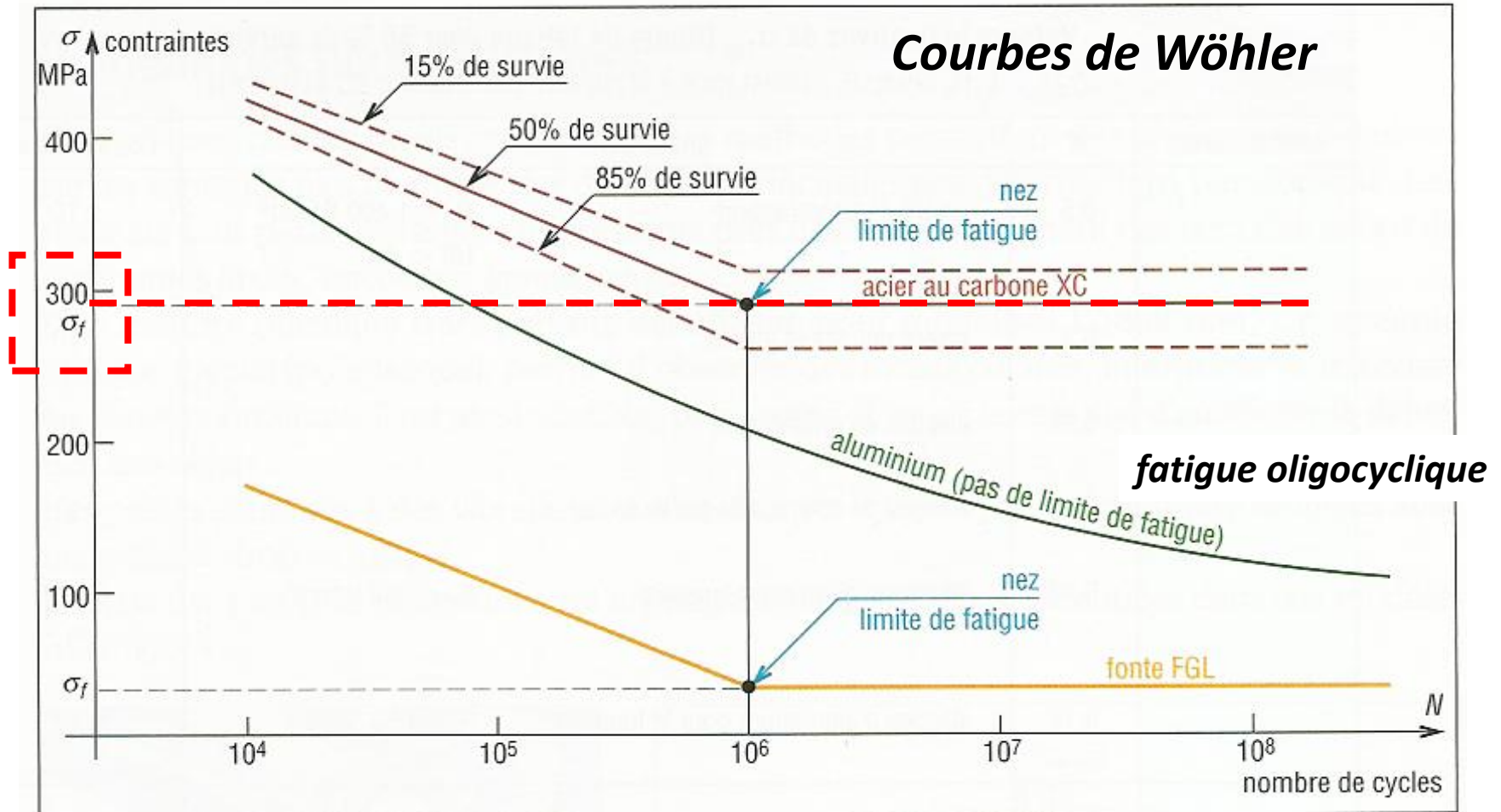
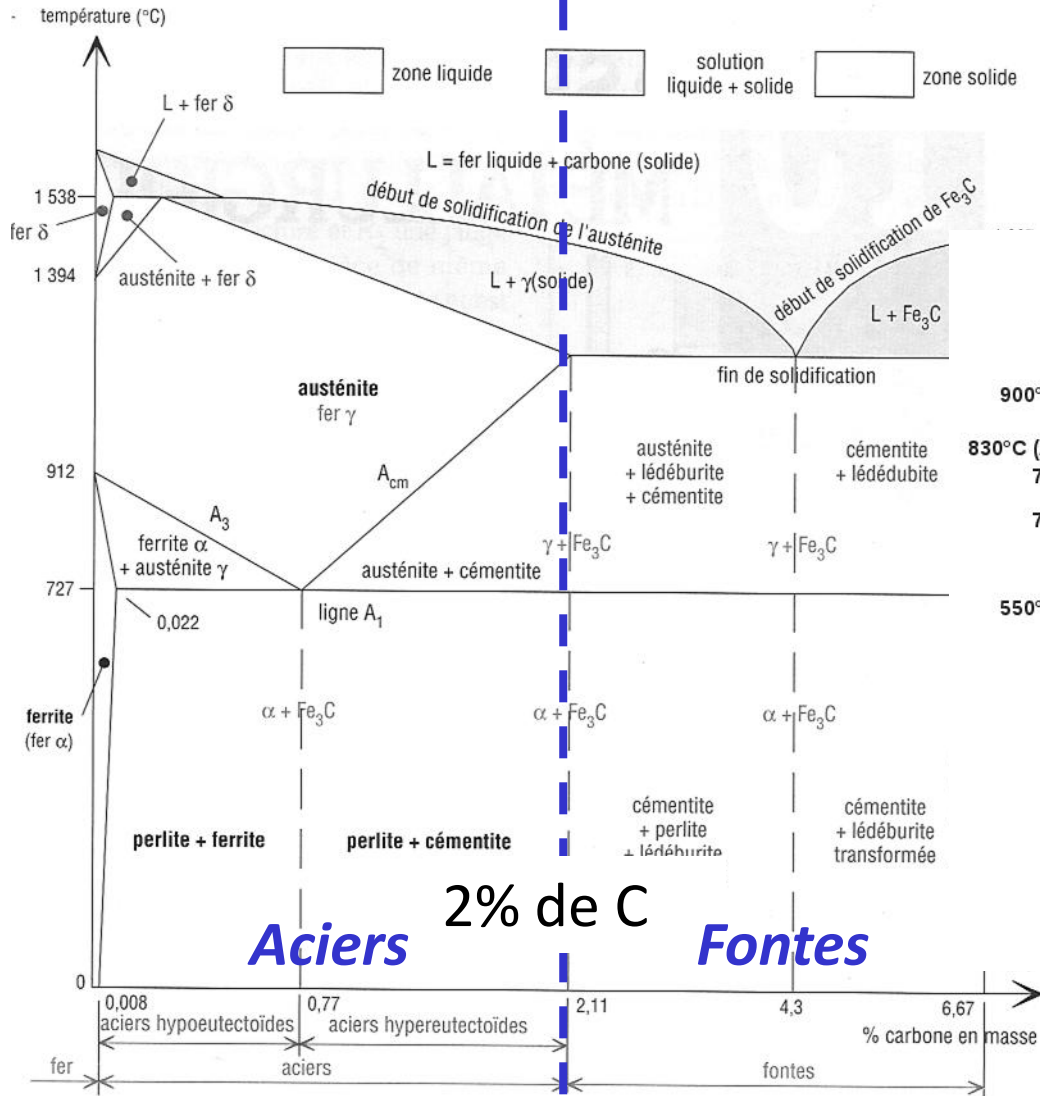
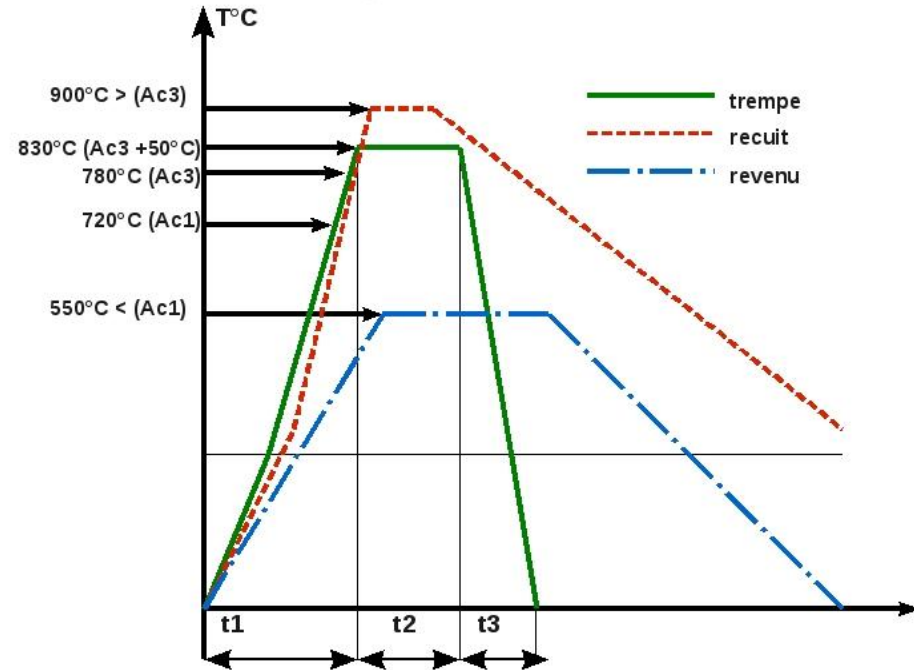


Diagramme fer-carbone



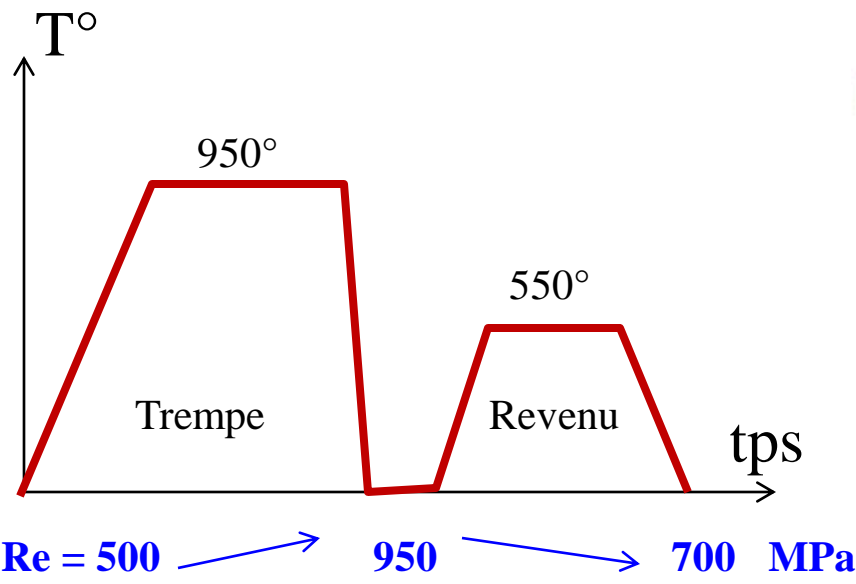
Notions sur les traitements thermiques

Courbes des traitements thermiques pour un acier C40 (XC 38)

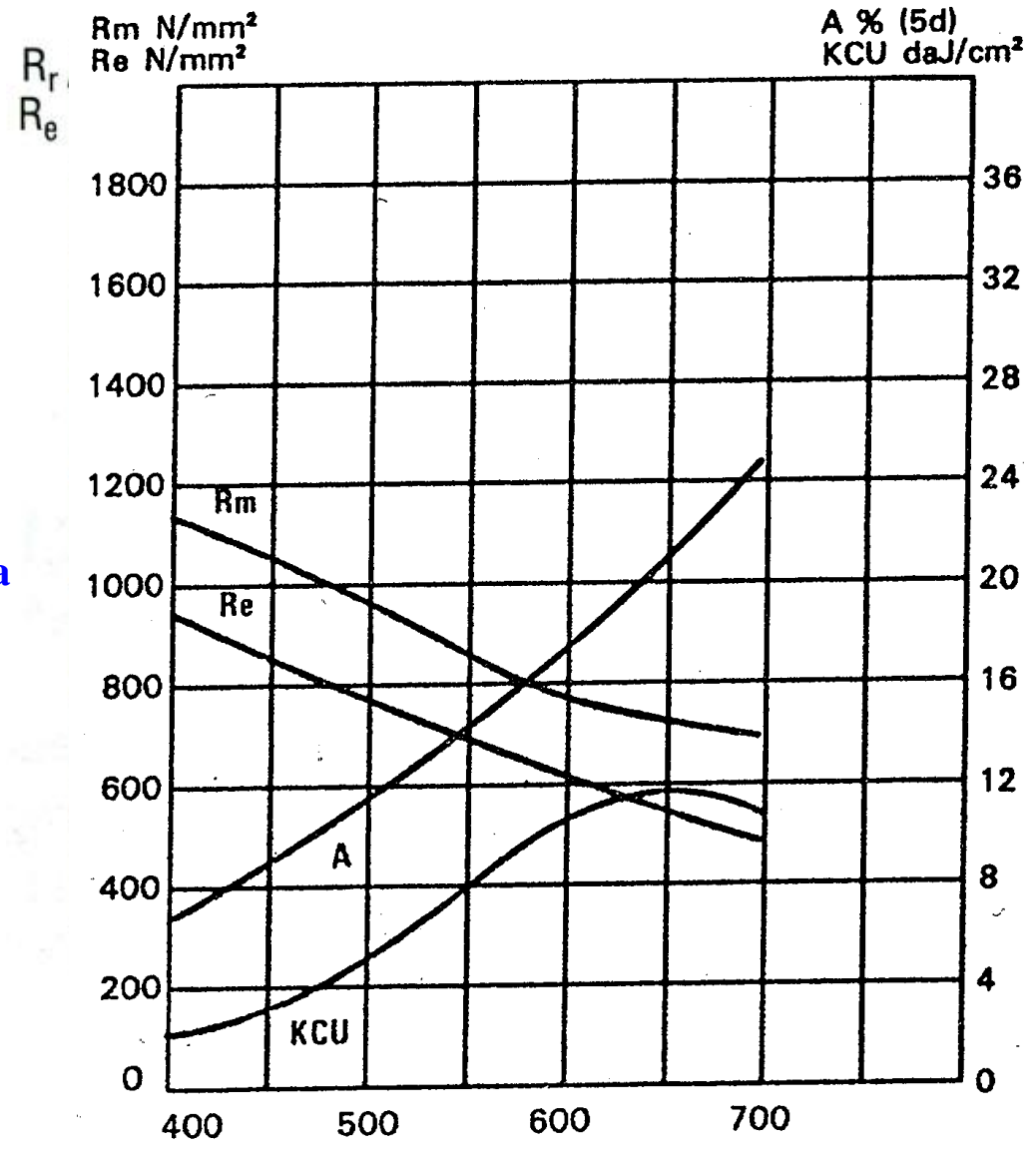


plus %C ↗, plus Re ↗, Rm ↗ et H ↗

Évolution des caractéristiques mécaniques d'un acier C35 en fonction de la température de revenu



	Rr	K
Trempe	↗	↘
Revenu	↘	↗



Traitements de surface

Trempe superficielle

Chauffage en surface + refroidissement rapide.
La dureté obtenue peut atteindre 800 HV

Cémentation

Apport de carbone à 900°C.
La dureté obtenue peut atteindre 1000 HV

Nitruration

la pièce est placée dans une atmosphère azotée.
La dureté obtenue peut atteindre 1500 HV

Carbonitruration

Apport de carbone et d'azote à 600°C.
La dureté obtenue peut atteindre 1200 HV



Pénétration faible
< à 1 mm

3 Désignations des matériaux

Fanchon pg 161-162

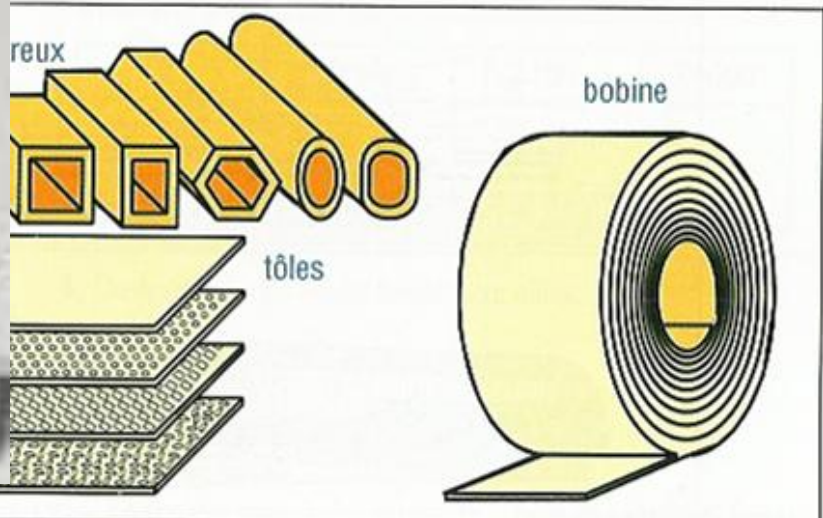
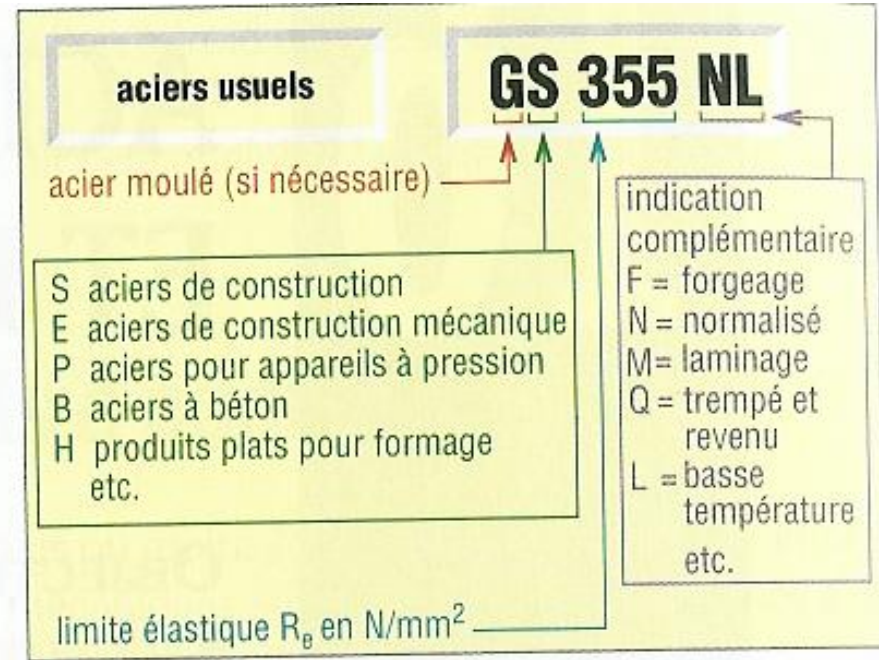
3.1- Cas des métaux ferreux

a – aciers non alliés

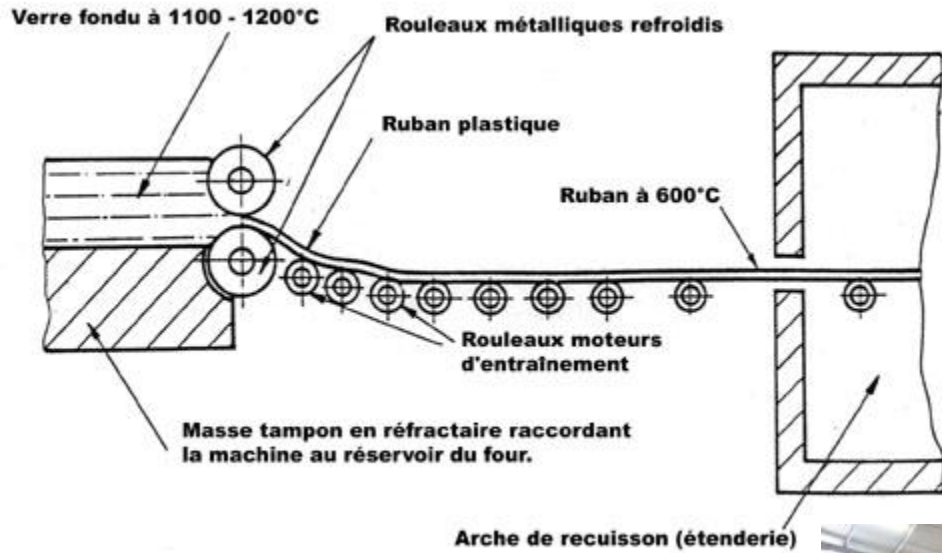
S240

↑ valeur de R_e

Visserie, entretoise, rondelle, tôle
Pièces faiblement sollicitées



3 Désignations des matériaux



FORMATION DU VERRE LAMINE

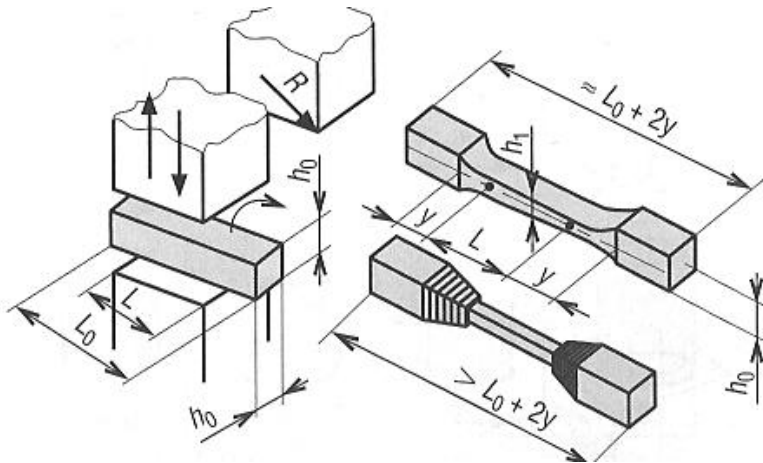
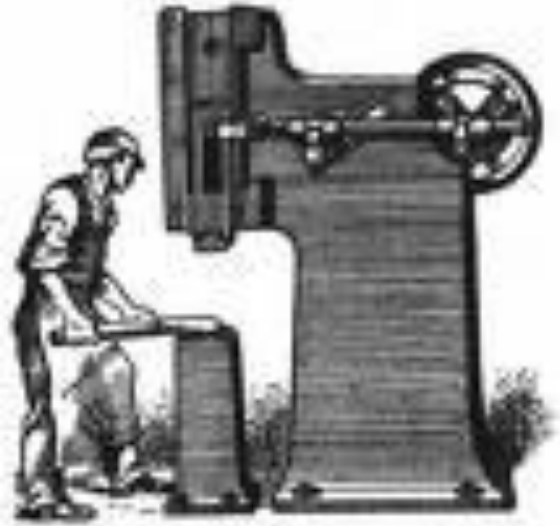
Laminage



3 Désignations des matériaux

Forgeage,

Estampage



3 Désignations des matériaux

3.1- Cas des métaux ferreux

A – aciers non alliés

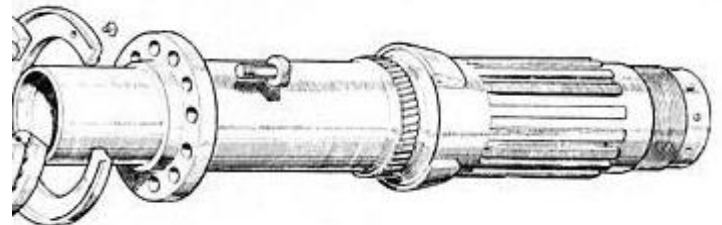
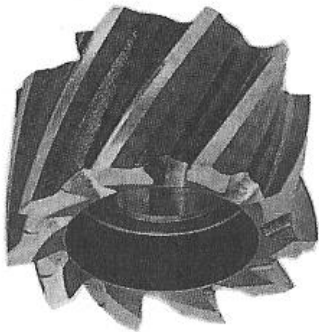
C35

↑ % de Carbone x 100



*Aciers pour traitement thermique :
pignons, arbres, outils*

plus %C ↑, plus Re ↑, Rm ↑ et H ↑

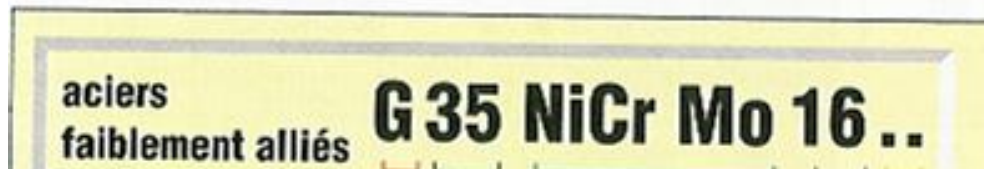


3 Désignations des matériaux

3.1- Cas des métaux ferreux

B – aciers faiblement alliés

Fanchon pg 163



à retenir :

engrenage : 35 Ni Cr Mo 16,

roulement : 100 Cr 6 (1% de Carbone, 1.5% de Chrome),

ressort : 50 Si Cr 7



teneur en % des éléments d'addition (même ordre)			
X4	X10	X100	X1000
Cr, Co Mn, Ni Si, W	Al, Be, Cu Mo, Nb, Pb Ta, Ti, V, Zr	Ce, N P, S	

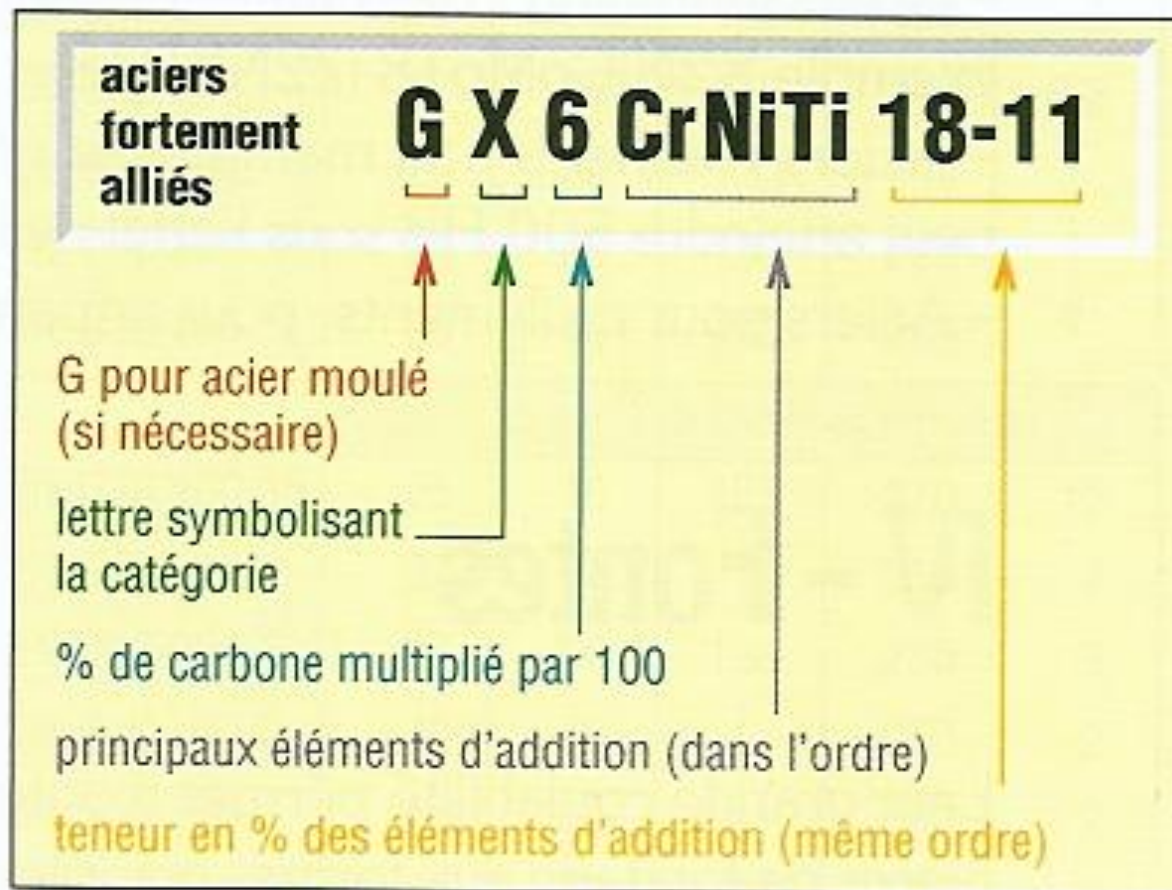


3 Désignations des matériaux

3.1- Cas des métaux ferreux

C – aciers fortement alliés

Fanchon pg 165

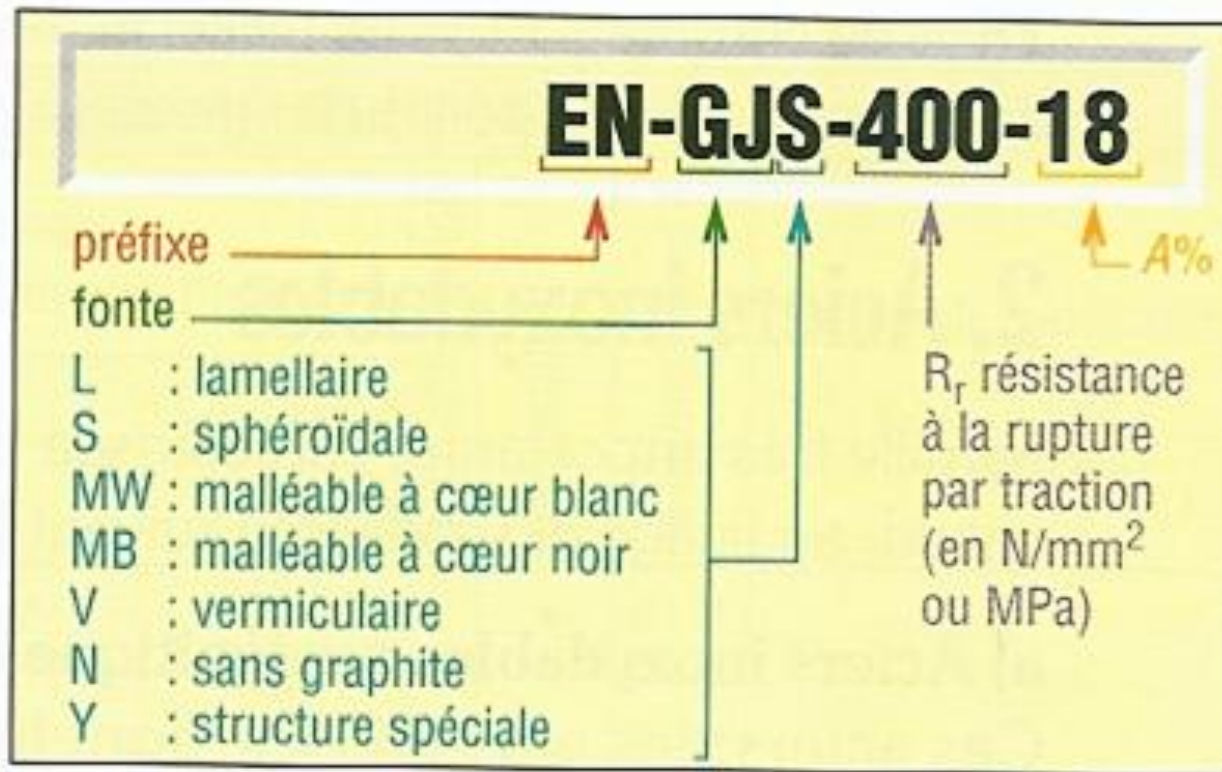


3 Désignations des matériaux

3.1- Cas des métaux ferreux

D – fontes

Fanchon pg 166



3 Désignations des matériaux

3.1- Cas des métaux ferreux

D – Fontes (pg 166 – 167)

% de Carbone > 2%

exemple : EN GJL 200

↑
↑
↑ valeur de R_m
graphite lamellaire : L

exemple : EN GJS 400 – 18

↑
↑
↑ A%
↑ valeur de R_m
graphite sphéroïdale : S

Inconvénients : peu ductiles, fragiles, difficilement soudables.
Avantage : grande coulabilité ($T_{fusion} \approx 1200^\circ\text{C}$),
pièces issues de fonderie.

Ex : carter, couvercle, bloc moteur

- pièces faiblement sollicitées,
- grande résistance à la compression,
- bonne capacité à absorber les vibrations.



Ex : vilebrequin, engrenages, porte-satellite, arbre de transmission (pièces fortement sollicitées)



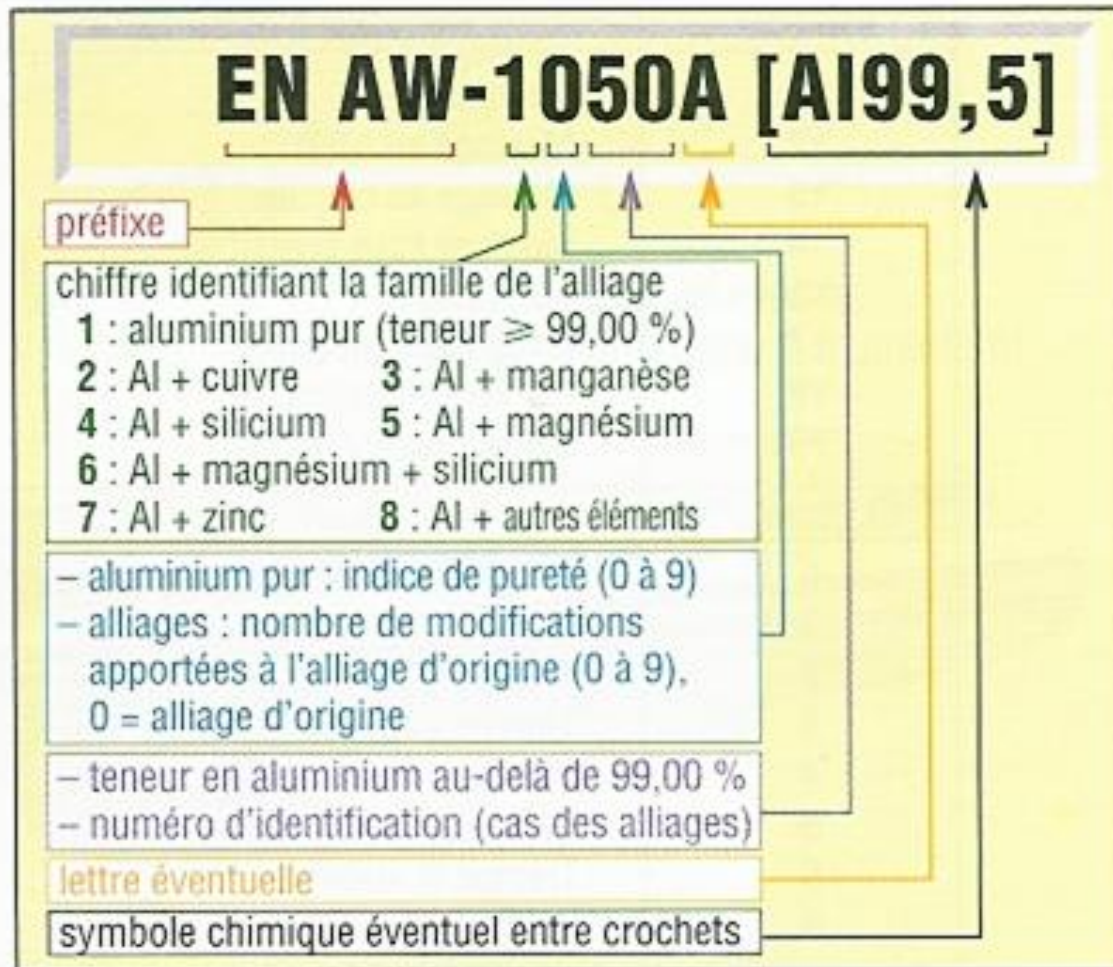
3 Désignations des matériaux

Fanchon pg 170

3.2- Cas des métaux non ferreux

A – aluminium

hachure :



3 Désignations des matériaux

3.2- Cas des métaux non ferreux

A – Alliages d'aluminium (pg 170 – 172)

Avantages :

- léger,
- bonnes propriétés mécaniques,
- mise en œuvre aisée
moulage ($T_{fusion} \approx 650^{\circ}\text{C}$), laminage,
usinage

exemple : EN AW 7020 Alu + Zinc
EN AW 2017A Alu + Cuivre

Inconvénients :

- résistance à la fatigue faible,
- soudage délicat.

*Ex : carter, bloc moteur
(critère de poids)*



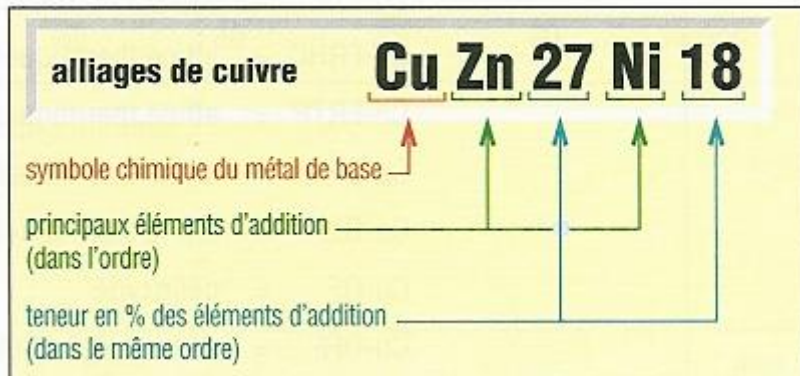
3 Désignations des matériaux

3.2- Cas des métaux non ferreux

B – cuivre et alliages

Fanchon pg 173

hachure :




cuivre + étain	=	bronze
cuivre + zinc	=	laiton
cuivre + aluminium	=	cupro-aluminium
cuivre + nickel	=	cupronickel
cuivre + nickel + zinc	=	maillechort

3 Désignations des matériaux

3.2- Cas des métaux non ferreux

B – Alliages de cuivre (pg 173 – 175)

- résistant à la corrosion,
- bon conducteur de la chaleur, intéressant pour dissiper la chaleur (pièces de frottement)

hachure : 

exemple : Cu Sn 12

↑ ↑ % des éléments d'addition
éléments d'addition

Cuivre + Etain = Bronze

Ex : coussinet, hélice de bateau, roue vis sans fin sous charge modérée

Cu Al 10 Ni 5

Cuivre + Aluminium + Nickel = Cuproaluminium

Ex : roue vis sans fin sous charge élevée



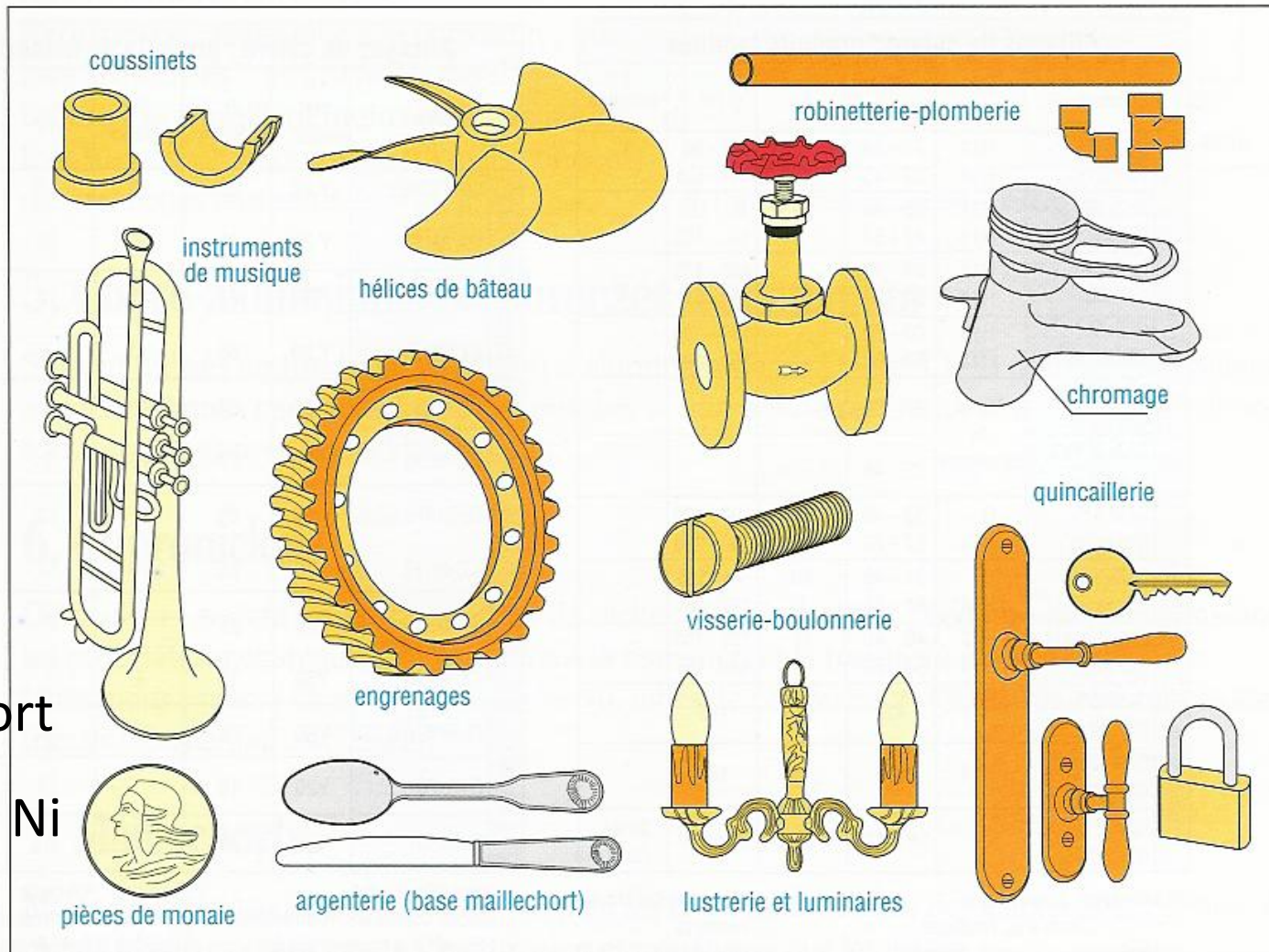
3 Désignations des matériaux

Fanchon pg 173

3.2- Cas des métaux non ferreux

b – cuivre et alliages

hachure :

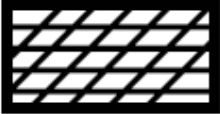


Maillechort

Cu + Zn + Ni

3 Désignations des matériaux

3.3- Cas des polymères

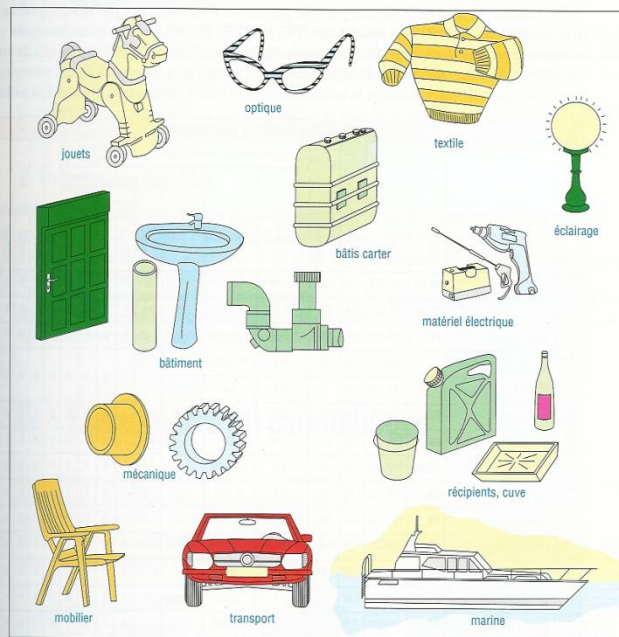
hachure : 

Leur désignation dépend des molécules qui le composent

exemple : PTFE : polytéthafluoroéthylène = téflon

PA : polyamide = nylon

*Ex : engrenages, carters d'appareils électroménagers
(sollicitations faibles à moyennes)*



3 Désignations des matériaux

Fanchon pg 183

3.2- Cas des polymères

élastomères

*T_{utilisation}
Sensible aux UV*



Les Plastiques

Un « plastique » est un mélange dont le constituant de base est une **résine** [ou polymère], associée à des **adjuvants** (stabilisants, anti-oxydants, ...) et des **additifs** (colorants, fongicides pour tuer ou limiter le développement des champignons, ...)

PLASTIQUE = POLYMERE + ADJUVANT + ADDITIF

On distingue 2 catégories de matières plastiques

Les thermoplastiques

Ces résines peuvent être **ramollies par chauffage** et **durcies par refroidissement**.

L'opération est réversible et peut être répétée plusieurs fois

Les thermodurcissables

Ces résines peuvent être **transformées par la chaleur** en un état infusible (qu'on ne peut fondre) et insoluble.

L'opération est irréversible et le recyclage des déchets est impossible.

Quelques matériaux « Thermoplastiques »

Désignation commerciale

Lucarex
Afcodur

Lustrex
Lacqrène

Plexiglas
Altuglass

Nylon
Rilsan

Téflon

Désignation chimique

Polychlorure
de vinyle

Polystyrène

Polyméthacrylate
de méthyle

Polyamide

Polytétra-
fluoréthylène

Symbole

PVC

PS

PMMA

PA

PTFE

Emplois,
avantages,
inconvénients.

PVC U (rigide):
tubes, tuyaux
* non alimentaire

PVC P (souple):
Pales de ventilateur,
canalisations,
flacons.

PS choc:
carters, cuves de
réfrigérateurs.
* fragile,
* inflammable

PS standard:
pots, emballages
ménagères
* rigide, cassant

Vitres, panneaux
décoratifs
optique,
éclairage auto,
aéronautique.

* insensible aux
U.V
* cassant

Coussinets,
bagues, joints,
roues dentées,
tuyauterie.

* bonne
résistance à
l'usure et aux
chocs.

Joints, bagues
anti-usure,
patins de
glissement

* bon isolant,
auto-lubrifiant,
peu adhérent.
* prix élevé

Quelques matériaux « Thermodurcissables »

Désignation commerciale	Bakélite	Araldite	Cégémix	Formica
Désignation chimique	Phénoplaste	Polyépoxyde	Polyester	Aminoplaste
Symbole	PF	EP	UP	MF
Emplois, avantages, inconvénients.	Profilés, Tuyauteries, Vernis de bobinage. * dureté de surface * non alimentaire	Colles, Enduits, app. électriques. * Se dissout dans les cétones, les esters. * se coule à chaud	Carrosseries, coques, cuves. * Inflammable, * rigide, * moulage à froid	Panneaux décoratifs

Exemples de choix de matériau pour différentes pièces retrouvées dans les mécanismes de nos applications

Indice	Matériau	Etat	Caractéristiques	Exemples d'utilisation
104	S 240	Livraison	Pièce sous faible charge	Rondelle, entretoise, arbre peu sollicité, pignon, visserie...
108	S 335	Laminé	Pièce sous charge modérée	Carter, bâti, montage d'usinage
108	C 35 C 45	Trempe + Revenu	Pièce sous charge modérée Bonne tenue à l'usure	Rondelle, entretoise, arbre peu sollicité, pignon, visserie...
220	C 65 50 Si Cr 7	Laminé	Résistance à la fatigue	Ressort
300	100 Cr 6	Trempe + Revenu	Dureté en surface Pièce sous charge élevée	Roulement
418	35 Ni Cr Mo 16	Trempe + Revenu	Pièce sous charge très élevée	Roue d'engrenage, arbre sur roulements fortement fléchis, Vis fortement tendues et tordues
655	X 5 Cr Ni 18 10	Livraison	Résistance à la corrosion	Visserie d'extérieur

79	EN GJL 200	Brut de moulage	Peu de résistance à la traction	Plaque d'égout
79	EN GJL 300 ENGJL 600	Brut de moulage + Recuit	Bonne usinabilité Résistance à l'usure	Pièce de Machine Outil Carter de Moteur, palier...
104	EN GJS 600 - 2	But de moulage + Recuit	Pièce sous charge très élevée Résistance aux chocs	Vilebrequin, bielle, porte-satellite

400	Al Si 5 Cu EN AW 4018	Brut de moulage	Bonne aptitude au moulage, à l'usinage Résistance à la corrosion Critère de poids	Pièce mécanique, châssis, carter
605	Al Cu 4 EN AW 2017A Al Zn 4 EN AW 7020	Livraison	Bonne usinabilité Pièce sous charge élevée Critère de poids	Pièce mécanique, aviation

395	Cu Sn 12	Brut de moulage	Faible coefficient de frottement avec l'acier Résistance à la corrosion	Coussinet, robinetterie
789	Cu Al 10 Ni 5	Brut de moulage	Pièce sous charge très élevée Résistance à la corrosion	Roue de réducteur roue et vis sans fin, pièces de pompe, hélice...
724	PA 6-6 Nylon	Polyamide	Usinage facile Pièce sous charge modérée	Galet, poulie, engrenage...
2487	PTFE Téflon	Polythétrafluoréthylène	Pièce sous charge élevée Bonne tenue au frottement	Bague lisse, patin

Influence des éléments d'addition :

Manganèse	Mn	Augmente la dureté H lors d'une trempe et la résistance à l'usure
Chrome	Cr	Augmente la dureté H lors d'une trempe et la résistance à l'usure et aux chocs
Molybdène	Mo	Augmente la dureté H lors d'une trempe et R_m à chaud
Silicium	Si	Augmente la dureté H lors d'une trempe, R_e et la résistance en flexion et torsion
Nickel	Ni	Augmente la dureté H lors d'une trempe et la résilience