



1- LES MATERIAUX TRAITEMENTS, ESSAIS.



1-1 LES METAUX ET ALLIAGES

1-1-1- DESIGNATION ET CARACTERISTIQUES DES ACIERS

1) Elaboration de L'acier

L'acier peut être obtenu de deux manières différentes :

- **A partir de la fonte** : On enlève du carbone à la fonte en le brûlant dans un convertisseur
- **A partir de ferrailles recyclées** : On fait fondre des ferrailles dans un énorme four électrique. L'acier obtenu est de meilleure qualité

2) Propriétés remarquables

- Grande dureté,
- Grande résilience,
- Prix modérés (sauf aciers inox ou spéciaux) ,
- Se moule difficilement (sauf aciers spéciaux de fonderie) ,
- Peut se tremper (uniquement les aciers trempables) ,
- Température de fusion : ~1500 °C,
- Masse volumique : ~7850 kg/m³,

3) Utilisation des aciers

L'acier est universellement employé dans tout type d'industrie, de mécanisme, d'objet, en raison de ses formidables qualités intrinsèques. (voir ci dessus)

4) Désignation des aciers

La désignation des aciers est la plus complexe de toutes en raison de la grande variété des produits existants. Chaque famille d'acier a sa désignation particulière.

On distingue quatre familles d'aciers : les aciers **d'usage général** , les aciers **non alliés** , les aciers **faiblement alliés** , les aciers **alliés**.



Les aciers d'usage courant

Classification par emplois

La désignation commence par la lettre **S** pour les aciers **d'usage général** et par la lettre **E** pour les aciers **de construction mécanique**. Le nombre qui suit indique la valeur minimale de la **limite d'élasticité** en méga pascals*.

Exemple : **S 235**.

S'il s'agit d'un acier moulé la désignation est précédée de la lettre **G**

Les aciers non alliés

La désignation se compose de la lettre **C** suivie du pourcentage de la teneur moyenne en carbone **multipliée par 100**.

Exemple: C 40. (**0,40** % de carbone).

S'il s'agit d'un acier moulé la désignation est précédée de la lettre **G**.

Exemple: GC 25. (**0,25** % de carbone).

Principaux aciers moulés GC22-GC25-GC30-GC35-GC40.

Principaux aciers de forgeage C22-C25-C30-C35-C40-C45-C50-C55.

ACIERS D'USAGE GÉNÉRAL			
Nuance**	R min	Re min	Emplois
S 185 (A 33)	290	185	Constructions mécaniques et métalliques générales assemblées ou soudées. Ces aciers ne conviennent pas aux traitements thermiques.
S 235 (E 24)	340	235	
S 275 (E 28)	410	275	
S 355 (E 36)	490	355	
E 295 (A 50)	470	295	
E 335 (A 60)	570	335	
E 360 (A 70)	670	360	
Moulage	GS 235 - GS 275 - GS 355 GE 295 - GE 335 - GE 360		
R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa). Re min = limite minimale apparente d'élasticité (MPa).			

ACIERS NON ALLIÉS			
Nuance*	R min**	Re min**	Emplois
C 22 (XC 18)	410	255	Constructions mécaniques.
C 25 (XC 25)	460	285	
C 30 (XC 32)	510	315	Ces aciers conviennent aux traitements thermiques et au forgeage.
C 35 (XC 38)	570	335	
C 40 (XC 42)	620	355	
C 45 (XC 48)	660	375	
C 50 (XC 50)	700	395	NOTA : Cette symbolisation ne s'applique pas aux aciers de décolletage.
C 55 (XC 54)	730	420	
C 60 (XC 60)	HRC ≥ 57		



Les aciers faiblement alliés

Teneur de chaque élément d'alliage < 5 %.

- un nombre entier, égal à cent fois le carbone,
- un ou plusieurs groupes de lettres qui d'addition rangés dans l'ordre des tenues
- une suite de nombre rangés dans le tableau indiquant le pourcentage de la teneur

Les teneurs sont multipliées par un coefficient multiplicateur variable en fonction des éléments d'alliage (voir tableau ci contre).

Exemples

55Cr3

0,55 % de carbone - 0,75 % de chrome (3 / 4 = 0,75).

51 CrV 4

0,51 % de carbone - 1 % de chrome (4 / 4 = 1). Pour cette désignation le pourcentage de vanadium n'est pas précisé.

SYMBOLES CHIMIQUES INTERNATIONAUX					
Élément d'alliage	Symbole chimique	Élément d'alliage	Symbole chimique	Élément d'alliage	Symbole chimique
Aluminium	Al	Cobalt	Co	Nickel	Ni
Antimoine	Sb	Cuivre	Cu	Niobium	Nb
Argent	Ag	Étain	Sn	Plomb	Pb
Béryllium	Be	Fer	Fe	Silicium	Si
Bismuth	Bi	Gallium	Ga	Strontium	Sr
Bore	B	Lithium	Li	Titane	Ti
Cadmium	Cd	Magnésium	Mg	Vanadium	V
Cérium	Ce	Manganèse	Mn	Zinc	Zn
Chrome	Cr	Molybdène	Mo	Zirconium	Zr

ACIERS FAIBLEMENT ALLIÉS			
Nuances usuelles*	Traitement de référence		
	R min	Re min	
38 Cr 2 (38 C 2)	800	650	
34 Cr 4 (32 C 4)	880	660	
37 Cr 4 (38 C 4)	930	700	
41 Cr 4 (42 C 4)	980	740	
55 Cr 3 (55 C 3)	1 100	900	
100 Cr 6 (100 C 6)	HRC ≥ 62		
25 Cr Mo 4 (25 CD 4)	880	700	
35 Cr Mo 4 (34 CD 4)	980	770	
42 Cr Mo 4 (42 CD 4)	1 080	850	
16 Cr Ni 6 (16 NC 6)	800	650	
17 Cr Ni Mo 6 (18 NCD 6)	1 130	880	
30 Cr Ni Mo 8 (30 CND 8)	1 030	850	
51 Cr V 4 (50 CV 4)	1 180	1 080	
16 Mn Cr 5 (16 MC 5)	1 080	835	
20 Mn Cr 5 (20 MC 5)	1 230	980	
36 Ni Cr Mo 16 (35 NCD 16)	1 710	1 275	
51 Si 7 (51 S 7)	1 000	830	
60 Si Cr 7 (60 SC 7)	1 130	930	
NOTA : Cette symbolisation s'applique aussi aux aciers non alliés de décolletage.			
COEFFICIENT MULTIPLICATEUR			
Élément d'alliage	Coef.	Élément d'alliage	Coef.
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4	Ce, N, P, S	100
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10	B	1 000



Aciers fortement alliés

Teneur d'au moins un élément d'alliage > 5 %.

La désignation commence par la lettre **X** suivie de la même désignation que celle des aciers faiblement alliés, à l'exception des valeurs des teneurs qui sont des pourcentages nominaux réels.

Exemple ;

X30Cr13

0,30 % de carbone - 13 % de chrome.

ACIERS FORTEMENT ALLIÉS			
Nuances usuelles*		Traitement de référence	
		R min**	Re min**
X 4 Cr Mo S 18	(Z 8 CF 17)	440	275
X 30 Cr 13	(Z 30 C 13)	HRC ≥ 51	
X 2 Cr Ni 19-11	(Z 3 CN 19-11)	460	175
X 5 Cr Ni 18-10	(Z 6 CN 18-09)	510	195
X 5 Cr Ni Mo 17-12	(Z 7 CND 17-12)	510	205
X 6 Cr Ni Ti 18-10	(Z 6 CNT 18-11)	490	195
X 6 Cr Ni Mo Ti 17-12	(Z 6 CNDT 17-12)	540	215
Conversion entre la dureté et la résistance à la traction chapitre 71.			



1-1-2- DESIGNATIONS ET CARACTERISTIQUES DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES

5) Elaboration de L'aluminium

Fabriqués industriellement depuis 1886 à partir de bauxite et de cryolithe, ces métaux sont les plus utilisés juste après les fontes et les aciers

6) Propriétés remarquables

- Bas point de fusion (658°C),
- Ductilité élevée (A% = 40 %),
- Prix élevés (5 fois plus que l'acier) ,
- Se moule Facilement (sauf certains alliages),
- Peut se tremper (uniquement les alliages aluminium cuivre),
- Bonne conductivité électrique,
- Bonne conductivité thermique (5fois celle des aciers),
- Coefficient dilatation 1,5 fois plus que les aciers,
- Propriétés réfléchissantes,
- Résistance à la corrosion élevée (bateaux en alu),
- Bon rapport résistance poids (utilisation dans l'aéronautique),
- Faible dureté (mauvaise résistance à l'usure et à la fatigue),
- Masse volumique : ~2700 kg/m³,

7) Mise en oeuvre

Elle est assez facile par un grand nombre de procédés : laminage, moulage, forgeage, étirage, métallurgie des poudres.

8) Désignation des alliages d'aluminium

On distingue deux catégories d'alliages d'aluminium qui ont chacun une désignation différente : Les alliages moulés et les alliages corroyés (forgés)

Aluminium et alliages d'aluminium moulés

La Désignation utilise un code numérique. Il peut être suivi éventuellement, si cela est justifié, par une désignation chimique des éléments et de nombre indiquant la pureté de l'aluminium ou la teneur nominale des éléments considérés.

Exemples de désignations usuelles :

EN AB-43000 ou **EN AB-43000 [AlSi10Mg]**

Alliage d'aluminium moulé contenant 10% de silicium et un tantinet de magnésium



Nuances usuelles	R min	Re min	Emplois
EN AW - 1050 [Al 99,5]	80	35	Appareils ménagers. Matériels électriques.
EN AB - 21 000 [Al Cu 4 Mg Ti]	330	200	Se moule bien. S'usine très bien. Ne pas utiliser en air salin.
EN AB - 43 000 [Al Si 10 Mg]	250	180	Se moule très bien. S'usine et se soude bien. Convient en air salin.
EN AB - 44 200 [Al Si 12]	170	80	Se moule et se soude très bien. La forte teneur en silicium rend l'usinage difficile.
EN AB - 51 300 [Al Mg 5]	180	100	Excellentes aptitudes à l'usinage, au soudage, au polissage. Résiste bien à l'air salin.

Alliages aluminium zinc

Nuances usuelles	R min	Re min	Emplois
Zamak 3	260	250	Alliage de fonderie sous pression : carburateurs, poulies, boîtiers divers...
ZA 8	375	290	Moulage coquille ou sous pression. Bon état de surface. Bonnes caractéristiques mécaniques.
ZA 27	425	370	Moulage sable, coquille ou sous pression. Très bonnes caractéristiques mécaniques.
Kayem 1	230	-	Alliage pour la fabrication par fonderie d'outillages de presse et de moules pour plastiques.

* Entre parenthèses correspondance approximative avec l'ancienne symbolisation.

** R min = résistance minimale à la rupture par extension (MPa) – 1 MPa = 1 N/mm².
Re min = limite apparente d'élasticité (MPa).

Aluminium et alliages d'aluminium corroyés

La désignation normale utilise un code numérique. Il peut éventuellement être suivi, si cela est justifié, par une désignation utilisant les symboles chimiques des éléments et de nombres indiquant la pureté de l'aluminium ou la teneur nominale des éléments considérés.

Exemple de désignations usuelles :

EN AW-2017 ou EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si]

Alliage d'aluminium contenant **4% de cuivre, un peu de magnésium, un peu de silicium**

Exemple de désignation exceptionnelle

EN AW-Al Cu 4 Mg Si

Nuances usuelles*	R min	Re min	Emplois	
EN AW-1350 [EAl 99,5]**	65	-	Matériels électro-domestiques. Chaudronnage. Matériels pour industries chimiques et alimentaires. Bonne résistance aux agents atmosphériques et à l'air salin. Bonne soudabilité.	
EN AW-1050 [Al 99,5]	100	75		
EN AW-5154 [Al Mg 3,5]	220	130		
EN AW-5754 [Al Mg 3]	270	190		
EN AW-5086 [Al Mg 4]	310	230	Pièces chaudronnées : citernes, gaines, tubes, etc. Tuyauteries.	
EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si]	390	240	Pièces usinées et forgées.	Éviter de les utiliser à l'air salin. Se soudent difficilement.
EN AW-2030 [Al Cu 4 Pb Mg]	420	280	Pièces décolletées (fragmentation des copeaux).	
EN AW-7075 [Al Zn 5,5 Mg Cu]	520	440	Pièces usinées et forgées	
EN AW-7049 [Al Zn 8 Mg Cu]	600	560	de hautes caractéristiques mécaniques.	

* Produits filés, étirés, laminés ou forgés.

** Pour les applications électriques particulières le symbole Al est précédé de la lettre E.



1-1-3- DESIGNATIONS ET CARACTERISTIQUES DU CUIVRE ET DE SES ALLIAGES

Le **cuivre** est un métal de couleur rouge orangé possédant une haute conductibilité thermique et électrique ainsi qu'une bonne tenue aux corrosions courantes. Ce sont ses propriétés qui en font un métal employé pur ou faiblement allié dans la construction électrique, le transport d'électricité et le bâtiment.

En revanche, en mécanique, le cuivre pur n'est pas ou peu employé. Ce sont des alliages de cuivre qui sont utilisés tels que par exemple:



- Les **laitons**, alliages de cuivre et de zinc, qui se forment et s'usinent aisément. Ces alliages de couleur jaune sont parfois improprement appelés cuivre jaune.
- Les **bronzes**, alliage de cuivre et d'étain qui présentent de bonne qualité de fonderie ainsi que d'intéressantes qualités mécaniques et de frottement.
- Les **cupronickels** qui résistent bien à l'oxydation et à certains agents corrosifs.
- Enfin citons pour mémoire le **maillechort** (alliage de cuivre, nickel et zinc) dont l'aspect ressemble à celui de l'argent.

1- Les Cuivres affinés

Les cuivres affinés sont désignés par le symbole chimique du cuivre **Cu** suivi d'un tiret et d'un groupe de caractères alphabétiques en majuscule qui définissent le type de cuivre.

Exemple : Cu-ETP

Ce cuivre (Cu) contient de l'oxygène affiné électrolytiquement (ETP).

2- Les alliages de cuivres

Les alliages de cuivre sont désignés par le symbole chimique du cuivre Cu suivi des **symboles chimiques** des éléments d'addition suivis de leur teneur (exprimé en pourcentage). Les éléments d'addition sont classés dans l'ordre décroissant des teneurs.

Exemple : Cu Sn9 P

Cet alliage de cuivre (Cu) contient 9% d'étain (Sn9) et des traces de phosphore (P).

Remarque 1 : Si un élément n'est pas suivi d'une valeur indiquant sa teneur, c'est que l'alliage ne contient que quelques traces (moins de 1 %) de cet élément.



Rajouter tableau GDI page 273



1-1-4- INFORMATIONS SUR LES FONTES

1- ELABORATION

La fonte s'obtient dans les hauts fourneaux à partir de minerai de fer et du coke (carbone). L'élévation de température conduit à la fusion de la charge et à la transformation chimique, ce qui permet d'obtenir de la fonte liquide et des résidus: laitier et gaz.

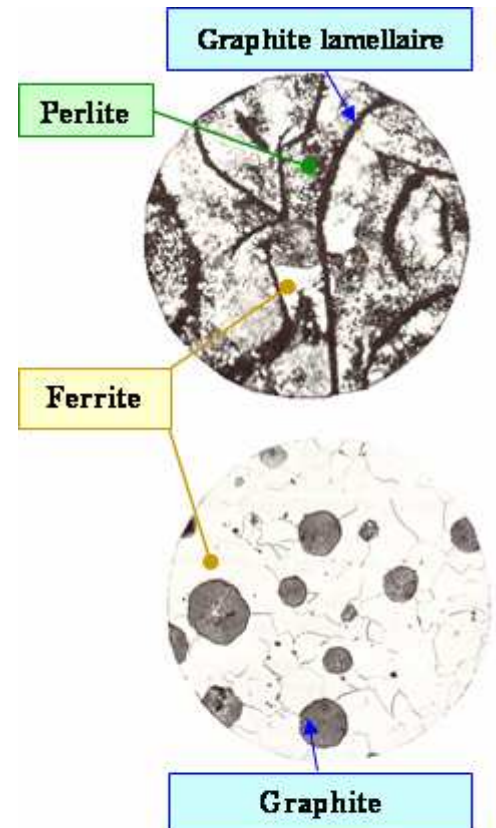
2.- DEFINITIONS

2.1- Fontes grises à Graphite Lamellaire : FGL

La forme lamellaire du graphite fragilise le matériau. Les copeaux se fragmentent lors d'un usinage sur machine-outil. La micrographie ci-contre vous présente les formes lamellaires du

2.2- Fontes à Graphite Sphéroïdal : FGS

La forme sphéroïdale du graphite rend ces fontes particulièrement résistantes à la traction et au choc (résilience). Les copeaux se déroulent plus linéairement lors d'un usinage sur machine-outil. La micrographie ci-contre vous présente les formes sphéroïdales du graphite.



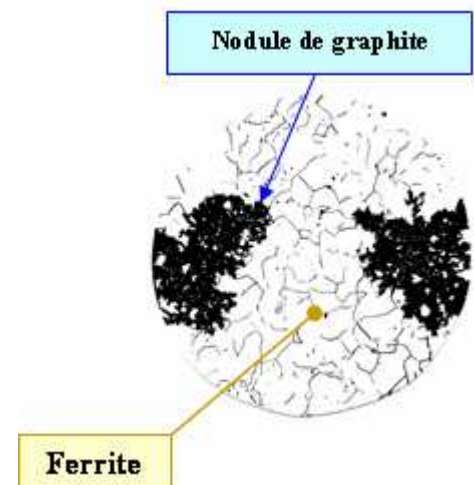
2.3- Fontes blanches

Elles ne contiennent pas de carbone à l'état de graphite. Le carbone est en combinaison chimique avec le fer (carbure de fer Fe_3C).

2.4- Fontes malléables FM

Elles sont obtenues par traitement thermique des fontes blanches; les propriétés sont semblables à celles de l'acier faiblement carburé.

- * **Fontes malléables à cœur blanc : FMB.** Le carbone a pratiquement disparu. Exemple : le raccord de tuyaux de chauffage, etc..
- * **Fontes malléables à cœur noir : FMN.** Le carbone s'est regroupé sous la forme de nodule, voir la micrographie ci-contre. Exemple : Bogie de wagon, tambour de frein, disque de frein, carter, etc.





2.5- Fontes alliées

Certaines fontes peuvent être associées avec d'autres métaux pour améliorer certaines caractéristiques.

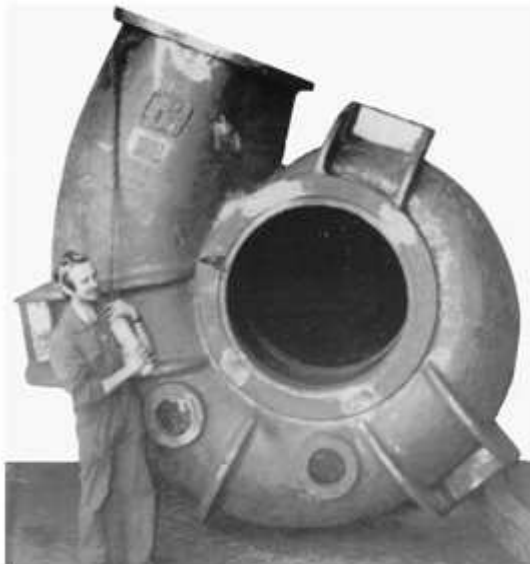
Exemple : le corps de pompe, en bas de la page, FGL 250 + 2%Cu.

3.- AVANTAGE DES FONTES

- * Elles permettent la réalisation des pièces moulées complexes car elles possèdent une excellente coulabilité (Aptitudes au moulage).
- * Elles ont une excellente usinabilité, le graphite jouant le rôle de lubrifiant (mise à part les fontes blanches où le graphite n'est pas présent).
- * Elles sont très résistantes en compression.

3- INCONVENIENTS DES FONTES

- * Les fontes grises lamellaires sont peu résistantes aux chocs, pour les autres fontes le problème de résilience est résolu par la forme non lamellaire du graphite.
- * Les fontes FGS ne sont pas utilisées autant que les fontes FGL parce que son coût de fabrication est bien plus élevé.
- * Les fontes blanches sont très peu utilisées sauf pour la réalisation de pièces spécifiques (Rouleaux de broyeur). Elles sont dures mais très fragiles ceci est dû à la présence de cémentite. **Remarque** : elle est utilisée **liquide** pour la **fabrication** de **l'acier**.



Corps de pompe: FGL 250+2% Cu
Photographie des Fonderies de SERVON



Roue: FGS 700-2+3% Ni+0,5% Cr+0,8% Mo
Photographie des Fonderies de



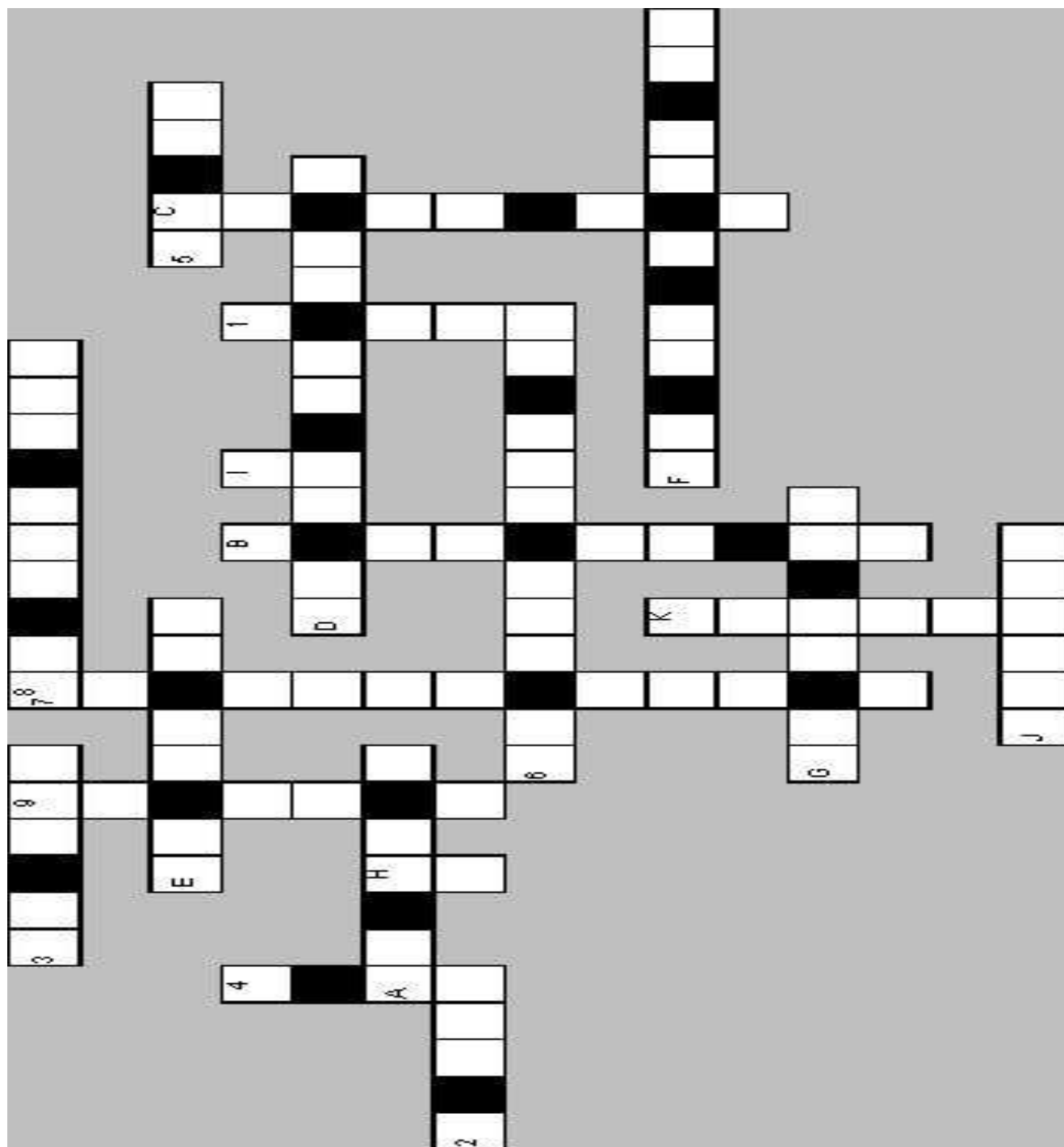
1-1-5- INFORMATIONS SUR LES ACIERS INOXIDABLES



1-1-5- MOTS CROISES

Désignation des matériaux

Compléter la grille ci-dessous en vous aidant des définitions données au bas de la page.
 Nota : les chiffres et lettres dans la grille permettent de situer la position verticale et horizontale des mots (il ne s'agit en aucun cas de la première lettre du mot à trouver).
 Les cases noires représentent un espace ou un tiret dans la désignation des matériaux.





Horizontalement

- 3 – Acier d'usage mécanique, moulé, de résistance élastique de 250 MPa.
7 – Fonte à graphite lamellaire de résistance à la rupture de 100 MPa.
E – Alliage de cuivre et de zinc. Teneur du zinc 30 %.
5 – Acier pour traitement thermique ; 0,55% de carbone.
D – Alliage de cuivre, contenant 39% de zinc et 2% de plomb.
A – Acier faiblement allié contenant 0,45% de carbone et 2% de silicium.
2 – Acier d'usage mécanique dont la résistance élastique est de 360 MPa.
6 – Fonte à graphite sphéroïdal dont la résistance à la rupture est de 400 MPa et l'allongement de 15%.
F – Alliage d'aluminium contenant 4% de cuivre et des traces de magnésium et de titane.
G – Alliage d'aluminium contenant 12% de silicium.
J – Le _____, est un alliage de cuivre et d'étain.

Verticalement

- 4 – Acier pour traitement thermique ; 0,40% de carbone.
H – Symbole chimique de l'étain.
9 – Acier faiblement allié à 0,55% de carbone et contenant 0,75% de chrome.
8 – Fonte malléable à cœur noir dont la résistance à la rupture est de 450 MPa et l'allongement de 5%.
K – Le _____ est un alliage de cuivre et de zinc.
B – Acier fortement allié à 0,3% de carbone et contenant 13% de chrome.
I – Symbole chimique du zinc.
1 – Acier d'usage courant dont la résistance élastique est de 235 MPa.
C – Alliage de cuivre contenant 8% d'étain et des traces de phosphore.



1-2 LES MATIERES PLASTIQUES

1-2-1- DEFINITION

Les Matières Plastiques se définissent comme l'association:

- d'un **polymère de base** (*molécules chimiques géantes végétale, animale, minérale*) qui donne son nom à la Matière Plastique.
- de **stabilisants** (qui améliorent la résistance au soleil, au feu, etc.)
- de **colorants** ou pigments
- d'**agents d'aide à la mise en oeuvre** (pour faciliter l'injection, l'extrusion, etc.)
- de **renforts** (qui améliorent les propriétés mécaniques, tels que fibres de verre, de **carbone**, de **kevlar**, **talc**, **mica**, etc., qui une fois noyés dans le polymère permettent d'obtenir ce qu'on appelle les *matériaux composites*).

Il n'existe pas un plastique mais des milliers de formulations toutes adaptées à une application précise.



1-2-2- CLASSIFICATION

Il existe néanmoins, deux catégories de Matière Plastique:

- les *Thermoplastiques* :

ils se *ramollissent sous l'action de la chaleur*. Les polymères peuvent s'écouler et être mis en forme (*injection, extrusion,...*) et reprennent leur consistance initiale en refroidissant. Il y a possibilité de *recyclage*. Ils sont plus ou moins souples.

Désignation chimique	Désignation commerciale	Symbole
Polyéthylène	Latrène, Lacqtène	PE
Polypropylène	Napryl, Prylène	PP
Polychlorure de vinyle	Lucarex, Afcodur	PVC
Polystyrène	Lustrex, Lacqrène	PS
Polyacrylique	Plexiglas, Altuglas	PMM
Polyamide	Nylon, Rilsan	PA
Polytétrafluoréthylène	Téflon	PTFE

- les *Thermodurcissables* :

Ils se *durcissent sous l'action de la chaleur* ou à température ambiante avec des catalyseurs, et le processus est *irréversible*. Ils ont une bonne tenue en température, une bonne dureté superficielle et une bonne rigidité.

Désignation chimique	Désignation commerciale	Symbole
Phénoplaste	Backélite, Norsophen	PF
Aminoplaste	Célamine, Formica	MF
Polyester	Cégémix, Norsodyne	UP
Polyépoxyde	Araldite, Lopox	EP
Polyuréthane réticulé	Ekamère	PUR



1-2-3- AVANTAGES

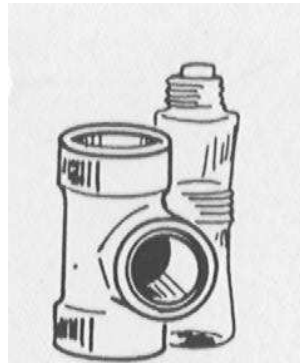
Pour le concepteur, les Matières Plastiques sont intéressantes pour leur **légèreté**; (réduction des forces d'inertie), leur résistance à **la corrosion** leur facilité de **mise en oeuvre**, leur fonctionnement **silencieux** (*engrenages*), leur **prix de revient**, leurs propriétés **isolantes**, etc.

On les retrouve aussi sous formes d'élastomères (élasticité) et de mousses (alvéolaires).

1-2-4- QUELQUES MATIERES PLASTIQUES

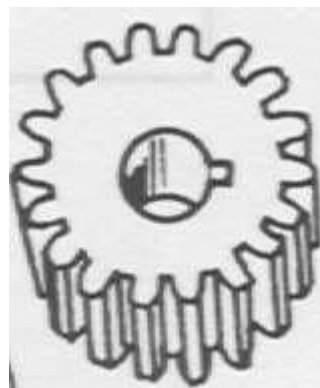
1- PVC (Le plus fort tonnage produit) : Polychlorure de vinyle

- Il est **rigide** et est très utilisé dans le milieu du bâtiment : gouttières portails, conduits.
- Il peut être **souple** pour gainer les fils, pour les tuyaux d'arrosage.
- En **mousse** pour l'isolation.



2- PA (Pour la mécanique) : Polyamide

- Bonnes qualités **mécaniques** et de **frottement**, il est utilisé pour les visseries, les engrenages les boîtiers de perceuses...
- Il est plus connu sous le nom de **NYLON**

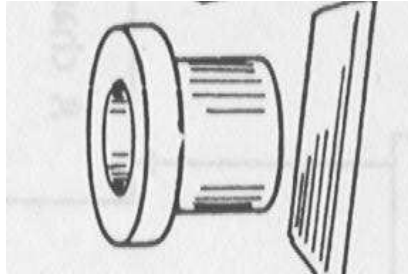




3- PTFE (Anti-adhérent) Polytétrafluoréthylène.

C'est le thermoplastique qui **résiste le mieux à la température** (utilisation de -196° à 270°).

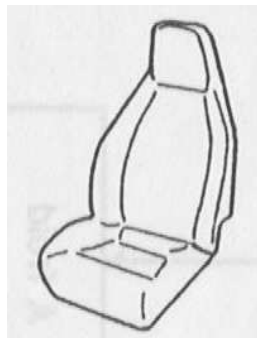
Pour **l'étanchéité** en plomberie, les coussinets, les **revêtements anti-adhérents** de poêles. Connu sous le nom de **TEFLON**, il est d'un prix très élevé (30 fois celui de l'acier).



4- POLYURETHANE (Toutes les mousses)

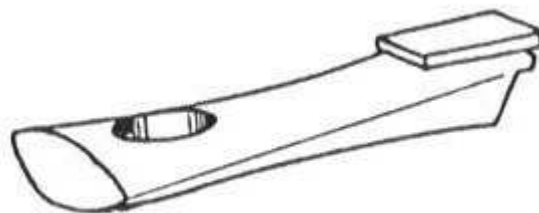
Le terme polyuréthane recouvre un grand nombre de produits ayant des propriétés extrêmement éloignées.

Excellente résistance à la traction, au déchirement, aux huiles, on le trouve sous forme de pièces rigides de mousses (souple, rigide, à peau intégrée, par exemple literie, les fausses poutres d'élastomères microcellulaires, semelles de chaussures, de peintures.



5- PHENOPLASTE Résiste aux chocs et aux fluages.

Pratiquement synonyme de bakélite, il a une bonne tenue en température, au retrait et son prix est très compétitif. Exemple : Manche de casserole.





1-3 LES TRAITEMENTS THERMIQUES ET DE SURFACE

1-3-1- LES TRAITEMENTS THERMIQUES

A) La trempe

La trempe consiste à chauffer lentement un alliage métallique (certains aciers, certains alliages de cuivre, certains alliages d'aluminium) puis à le refroidir brutalement.

Les caractéristiques mécaniques de l'alliage sont modifiées :

- La dureté (H) **augmente**,
- La résilience (K) **diminue**,
- La résistance à la traction **augmente**,
- L'allongement (A%) **diminue** ,

Exemple :

	Avant trempe		Après trempe à l'eau	
	Rm (en Mpa)	KCU (j/cm ²)	Rm (en Mpa)	KCU (j/cm ²)
Trempe d'une éprouvette en C 22	400	70	730	68
Trempe d'une éprouvette en C 35 E	700	70	1900	25

Aciers trempables contenant 0,22 et 0,35 % de Carbone

Note : Seuls les aciers C peuvent subir une trempe (voir cours futur sur la désignation des aciers)

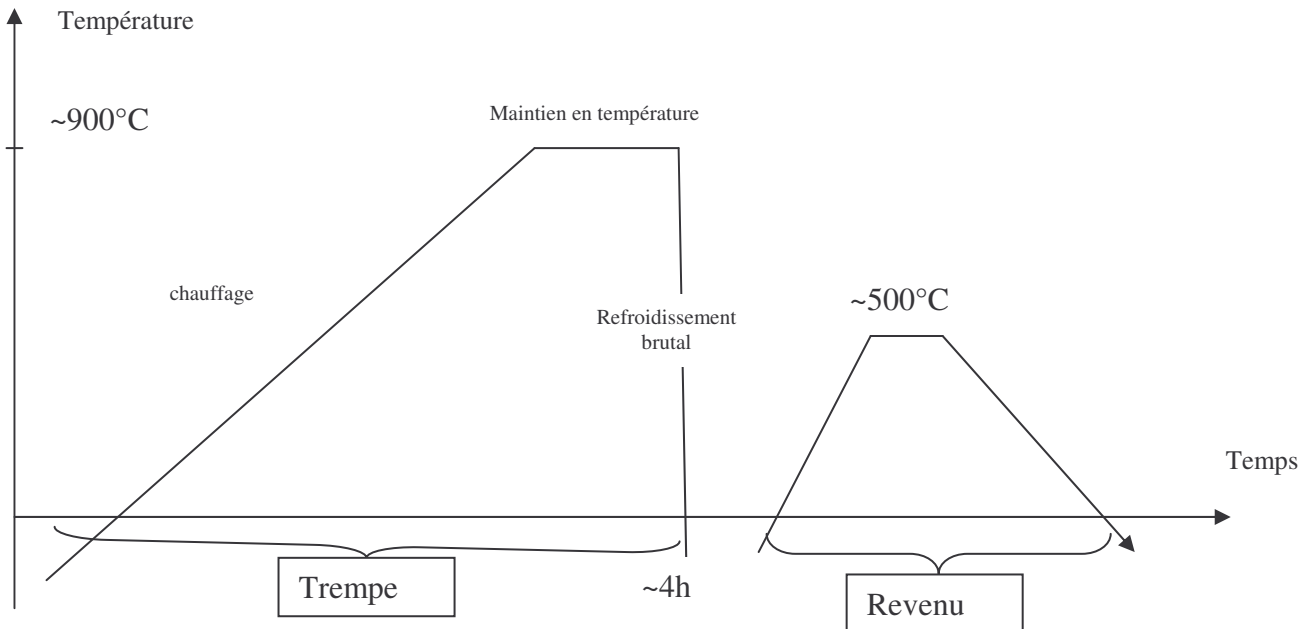
Mode opératoire pour les aciers C

On place les pièces dans un four. On les chauffe lentement (4 heures ou plus pour les grosses pièces)



On refroidit brutalement en trempant les pièces dans :

- **L'eau** , pour les aciers contenant **moins de 0,48%** de carbone
- **L'huile** , pour les aciers contenant **plus de 0,48%** de carbone



B) Le revenu des aciers

But

Le revenu est pratiqué pour diminuer l'effet néfaste de la trempe : **La diminution de la résilience**

Il a l'inconvénient d'atténuer un peu les effets bénéfiques : **augmentation de Rm et H**

	HRC	KCu
C45 E avant trempe	16	70
C45 E trempé à l'eau	55	25
C45 E après revenu à 550°	32	35

Mode opératoire du revenu

On place les pièces les pièces dans un four. On chauffe lentement.

On refroidit brutalement (mais un peu moins brutalement que la trempe) dans :

- Dans **l'huile**
- Dans **l'air**

Voir courbe de température du revenu page précédente



C) Le Recuit

But

- **Supprimer ou diminuer** les tensions internes résultant de l'obtention d'une pièce par **moulage** ou **forgeage** ou **soudure**
- **Annuler les effets d'une trempe** (pour refaire un usinage par exemple)

Mode Opérateur

On procède presque exactement comme une trempe.

1. **On chauffe** lentement à $\sim 900^\circ$ (pour l'acier)
2. **On maintient** en température
3. **On refroidit** très lentement (On laisse les pièces dans le four éteint)



D) Exercices

1. Énoncer les processus opératoires des traitements thermiques de : trempe, revenu, recuit.

Trempe :

Revenu :

Recuit :

2 Déterminer les températures de trempe et revenu

- d'un acier XC 38 pour obtenir : $R_m = 950 \text{ N/mm}^2$ et $k_{CU} = 50 \text{ J/cm}^2$

- d'un acier XC 48 pour obtenir : $HRC \geq 40$

3 On désire ajouter un trou M 12 (fig. 9) dans un cylindre en XC 65 traité à $1\,500 \text{ N/mm}^2$.

Indiquer le processus retenu pour réaliser cet usinage complémentaire.

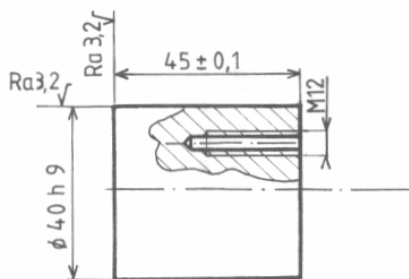


Figure 9.

Nuances	Composition chimique (%)	Trempe E : eau H : huile	Revenu	Caractéristiques mécaniques		A % min.	kCU min. à + 20 °C
	c					Lo = 5 d	J/cm ²
XC 10	0,06-0,12	E 900	200	215 345	340-420 540-830	31 16	
XC 12	0,10-0,16	E 900	200	235 495	370-450 730-1 130	29 11	60
XC 18	0,16-0,22	E 880	200	255 635	410-490 880-1 270	28 8	40
XC 25	0,23-0,29	E 850	550	285 440	470-560 610-780	26 17	80
XC 32	0,30-0,35	E 850	550	315 560	550-640 740-890	23 14	70
XC 38	0,35-0,40	E 850	550	335 615	580-670 800-950	21 12	50
XC 42	0,40-0,45	E 830	550	355 685	630-710 860-1 010	19 11	40
XC 48	0,45-0,51	H 830	550	370 665	670-760 830-980	17 10	30
XC 55	0,52-0,60	H 830	550	430 705	730-880 930-1 130	14 8	



1-3-2- LES TRAITEMENTS DE SURFACE

A) Introduction

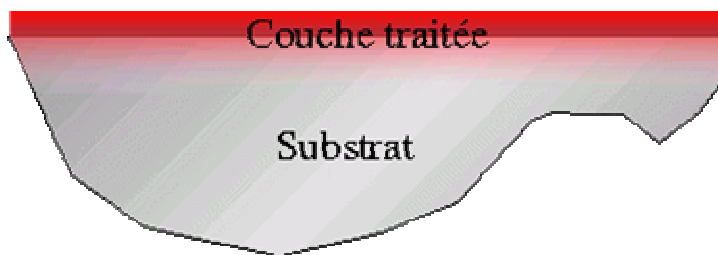
Terme général désignant une modification structurelle superficielle des surfaces; la modification de structure n'étant pas, en général, homogène suivant l'épaisseur et étant caractérisée par :

Un effet thermique : traitement thermique de surface

Diffusion d'un métal ou d'un métalloïde : traitement d'apport

Formation d'un composé nouveau : traitement de conversion

Schéma



Exemples

Phosphatation

Les peintures

Le chromate

B) Les peintures

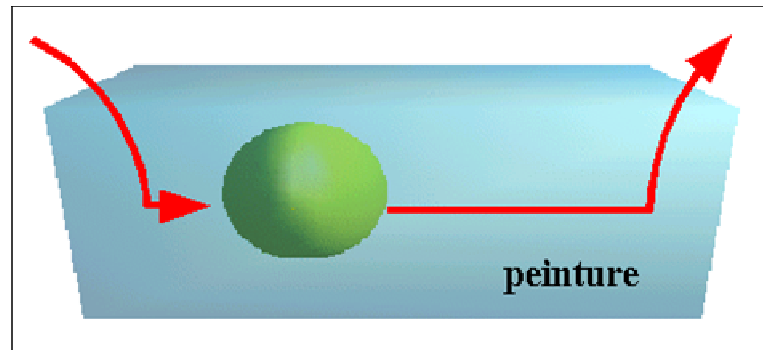
Les procédés de peinture peuvent être classés en fonction de leur mode d'application:

- LA PEINTURE AU TREMPÉ
- L'ÉLECTROPHORÈSE
- LE FLOW-COATING
- LE COIL-COATING
- LE POUDRAGE PAR IMMERSION
- LE POUDRAGE ÉLECTROSTATIQUE
- LA PULVÉRISATION



LA PEINTURE AU TREMPÉ

SCHÉMA

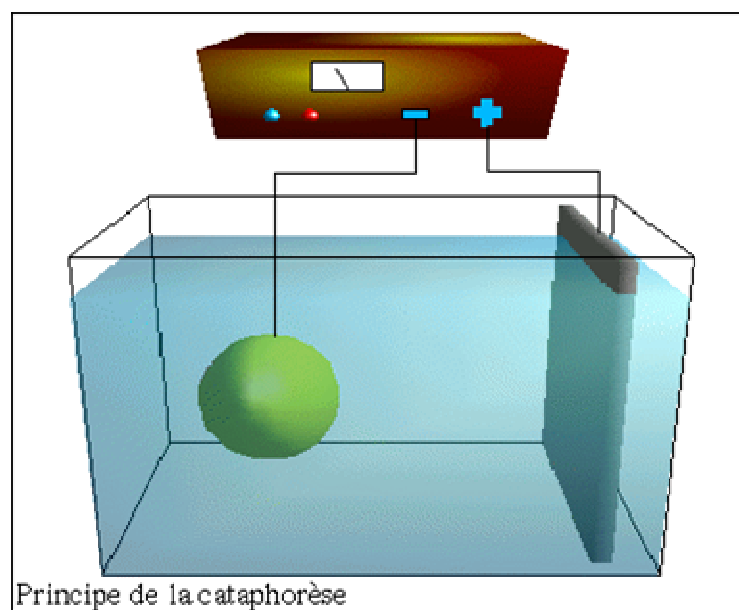


PRINCIPE

On immerge la pièce à peindre dans de la peinture liquide. Ce procédé économique est réservé aux pièces de formes simples

L'ÉLECTROPHORÈSE

SCHÉMA



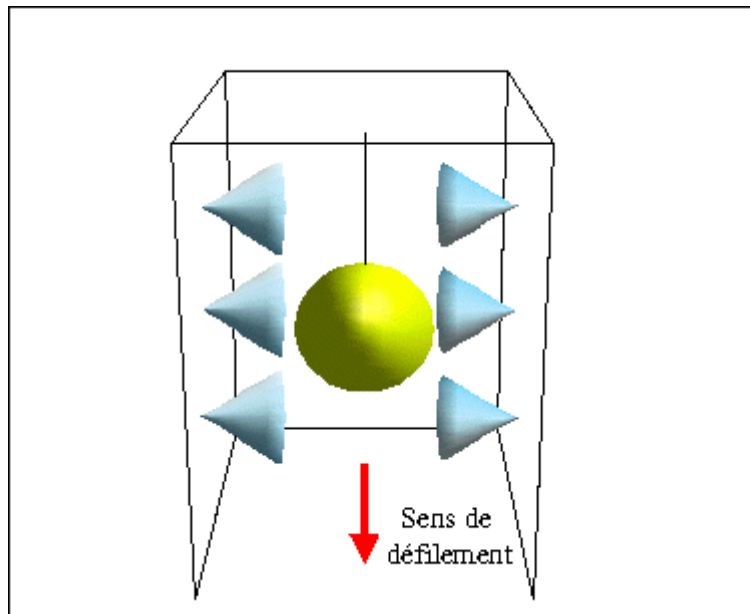
PRINCIPE

Ce procédé par immersion fait appel à un générateur de courant. Le courant électrique va insolubiliser les macromolécules qui vont former le feuillet en emprisonnant les additifs et les pigments. Lorsque la pièce est placée en cathode, le procédé est appelé cataphorèse, lorsque la pièce est en anode, il est appelé anaphorèse.



LE FLOW COATING

SCHÉMA

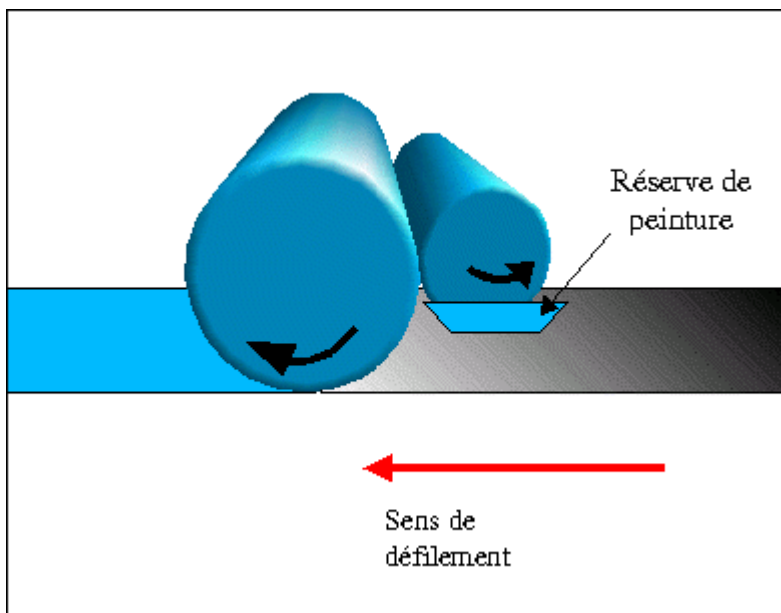


PRINCIPE

La pièce passe dans un tunnel munis de buses et la pièce est peinte par des jets fixes. L'excès de peinture qui tombe au fond du tunnel est recyclé.

LE COIL -COATING

SCHÉMA



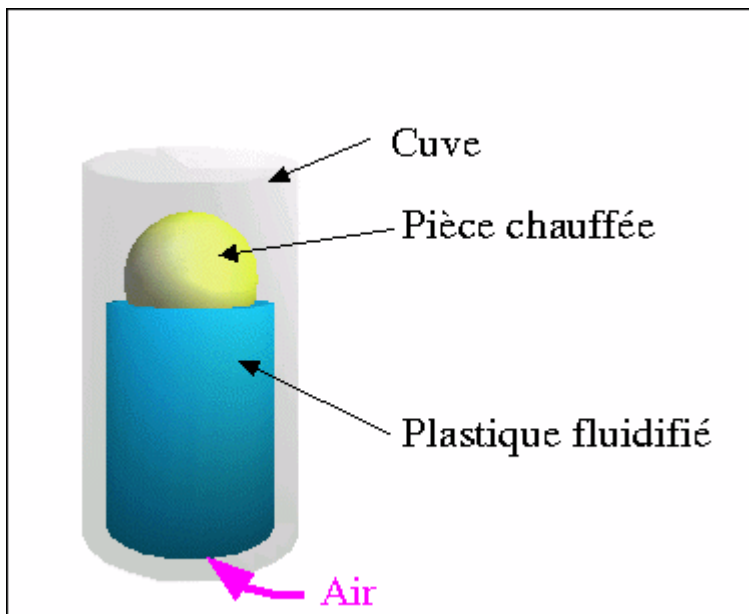
PRINCIPE

La peinture est enduite par des rouleaux sur une bande de subjectile qui se déroule en continu.



LE POUDRAGE PAR IMMERSION

SCHÉMA

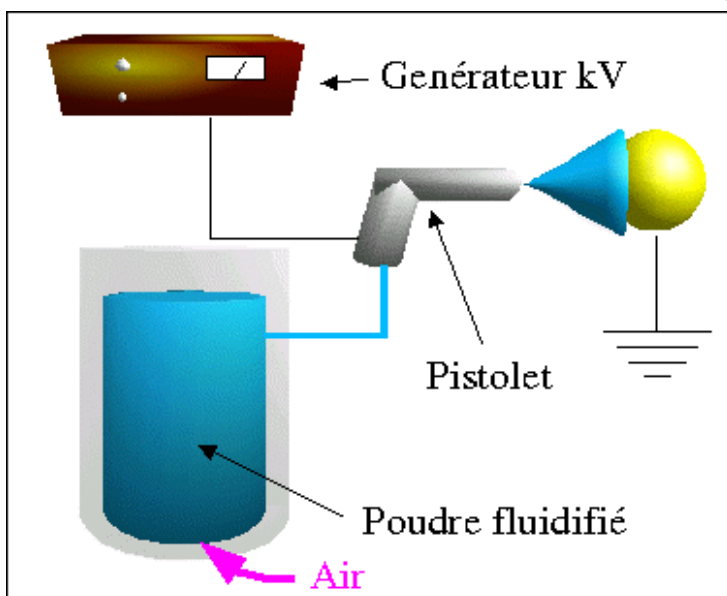


PRINCIPE

Une poudre thermoplastique est fluidisée par un courant d'air, une pièce chauffée est immergée dans cette poudre en suspension. Au contact de la pièce la poudre fond et se solidifie.

LE POUDRAGE ÉLECTROSTATIQUE

SCHÉMA



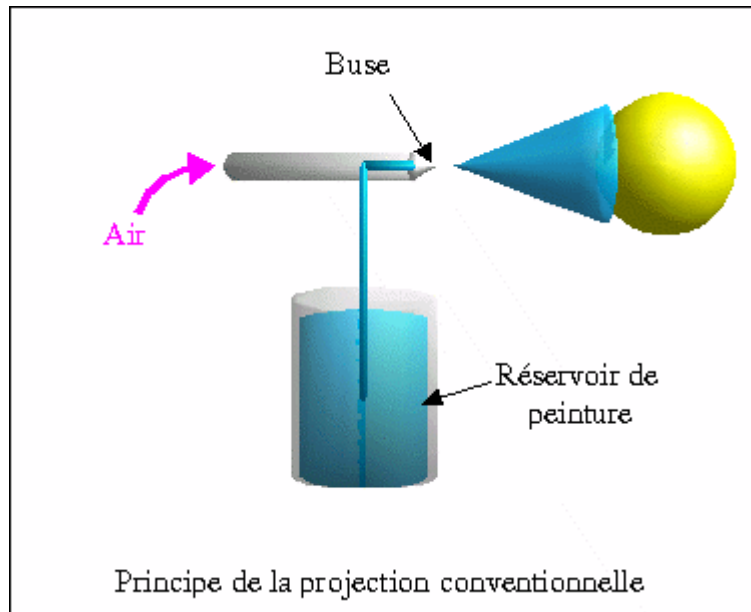
PRINCIPE

Une poudre est maintenue par un courant à très haute tension (électricité statique) à la surface de la pièce. Après application la poudre est fondue dans une étuve.



LA PULVÉRISATION

SCHÉMA



PRINCIPE

La peinture liquide est pulvérisée lors de son passage dans une buse. Ce passage peut être provoqué par une dépression d'air autour de la buse (procédé conventionnel), par passage forcé de la peinture dans la buse (procédé sans air), ou une association des 2 procédés (procédé mixte).



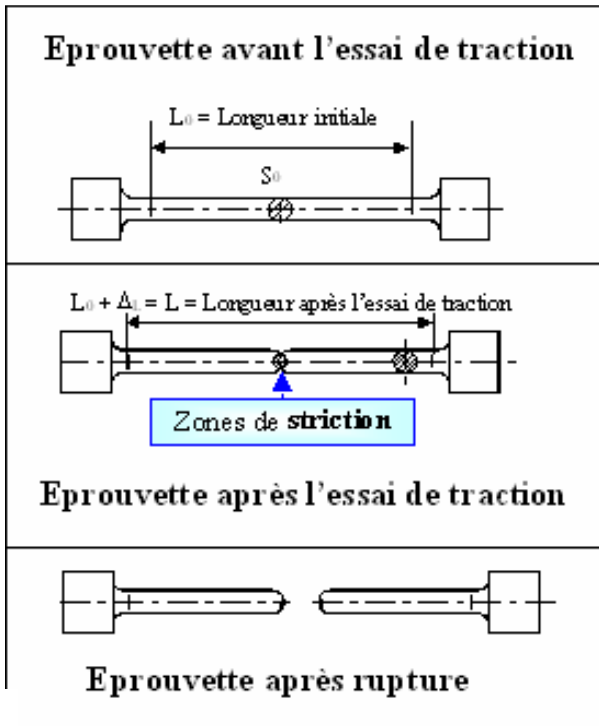
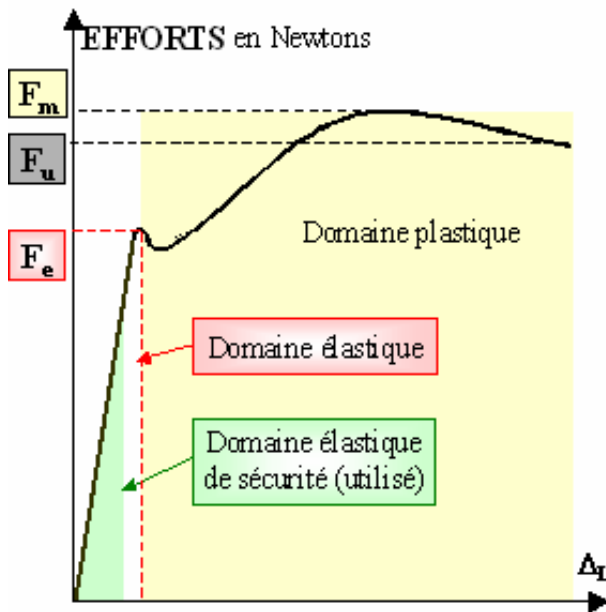
1-4 LES ESSAIS

1-4-1- LA TRACTION

L'essai de traction mesure la résistance à l'extension et l'allongement (voir la machine d'essai de traction, compression page précédente à droite). Il définit un certain nombre de paramètres qui caractérisent le comportement du matériau dans les domaines :

- * **Elastique** : Module d'élasticité, limite élastique **Re** (ou limite apparente élastique).
- * **Plastique** : Résistance à la traction **Rm** (ou limite de résistance à la traction), allongement en pour cent après la rupture **A**, coefficient de striction **Z**. La désignation des aciers utilise ces paramètres **Rm et Re**.

Diagramme de l'essai de traction



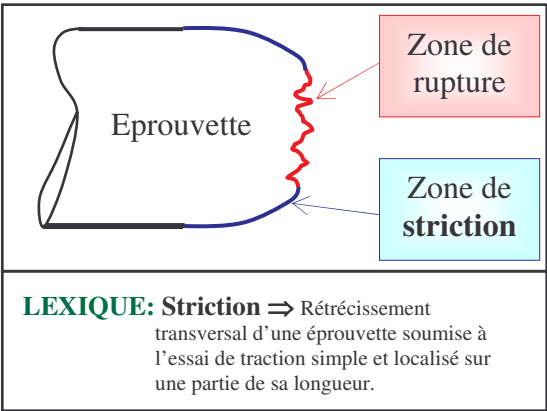
$$R_{pe} = R_e \geq \frac{\sigma}{S}$$

Loi de HOOKE

$$\sigma = E \cdot \epsilon_x$$

$$\sigma = \frac{N}{S_0}$$

- $\sigma \Rightarrow$ Contrainte normale en MPa = N/mm² (ou Pa).
- $R_{pe} \Rightarrow$ Résistance pratique élastique en MPa.
- $S \Rightarrow$ Coefficient de sécurité.
- $E \Rightarrow$ Module de YOUNG d'élasticité longitudinal en MPa (ou Pa).
- $\epsilon_x \Rightarrow$ Allongement unitaire.
- $S_0 \Rightarrow$ Section initiale en mm² (ou m²).
- $N \Rightarrow$ Composante Normale de la résultante du torseur de cohésion en Newton(s).





1-4-2- LA DURETE

La dureté est un paramètre mesurable par essai (**Rockwell, Brinell, Vickers**.) C'est la résistance offerte par les matériaux à la pénétration et l'usure. Une empreinte est laissée sur une pièce par le mécanisme presseur.

Schéma de principe de l'essai : BRINELL

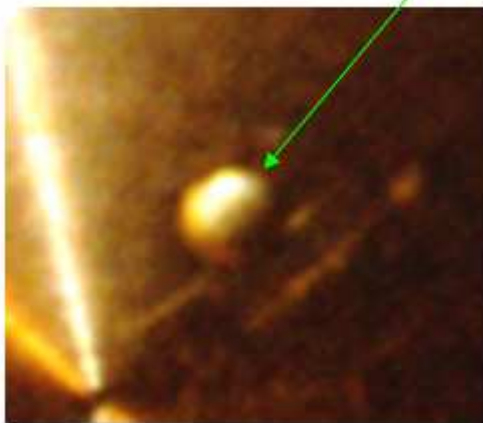
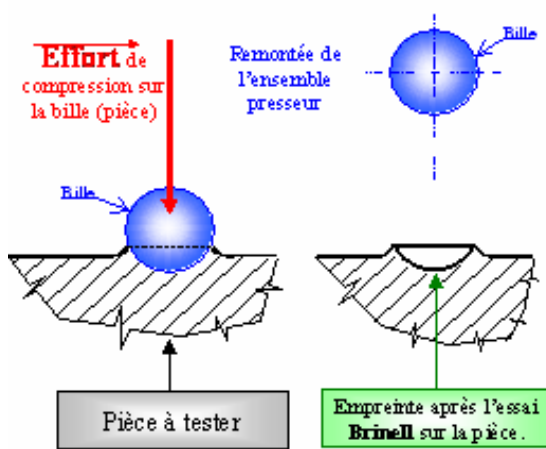
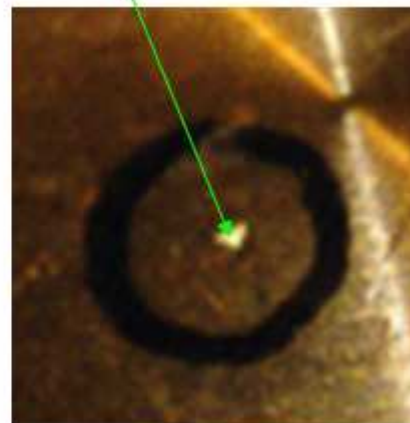
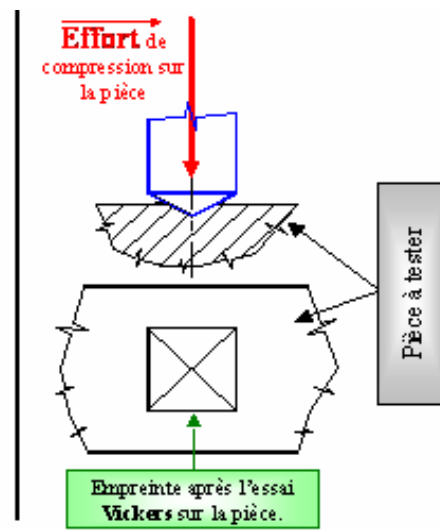


Schéma de principe de l'essai : VICKERS





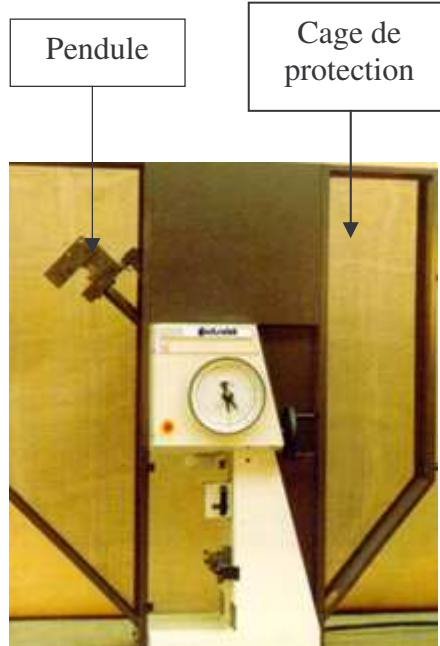
Machine d'essais de dureté

BRINELL VICKERS



Extrait de la documentation:
CONTROLAB

Mouton de CHARPY



Extrait de la documentation: CONTROLAB

Machine d'essais de traction



Extrait de la documentation:
CONTROLAB



Horizontalement

I – Propriété de résister à la pénétration d'un autre corps.

1 – L'acier est un alliage de fer et de _____.

E – Traitement thermique pratiqué après la trempe.

G – Le refroidissement lors d'une trempe doit être _____.

A – Un acier qui ne rouille pas, est un acier _____.

6 – La propriété de véhiculer la chaleur est la conductibilité _____.

L – Le laiton est un alliage de cuivre et de _____.

J – La densité de 2,7 est celle de _____.

7 – C'est le rapport entre la masse d'un volume et la masse du même volume d'eau.

2 – La densité de 7,8 est celle de _____.

H – Le refroidissement lors d'un recuit est _____.

Verticalement

4 – Un matériau qui se met facilement sous forme de fil est _____.

B – Un acier inoxydable est un acier qui contient un élément d'addition, le _____.

K – Le bronze est un alliage de cuivre et _____.

3 – De l'acier ou de la fonte, quel est celui qui contient le plus de carbone ?

D – Traitement thermique permettant d'augmenter la dureté d'une pièce mécanique.

C – Un matériau résistant aux chocs est dit : _____.

9 – La densité de 8,6 (presque identique à celle du bronze) est celle du _____.

5 – Un matériau qui peut facilement être mis en forme, est dit : _____.

8 – C'est un alliage de cuivre utilisé pour la fabrication de pièces d'usure (bagues,).

F – Traitement thermique permettant d'éliminer les effets de la trempe.