

Université de Biskra

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Mécanique

Matière : construction mécanique, 3^{ème} année Licence CM

Enseignant : M.Benmachiche

Année 2021-2022

GENERALITES

1. LA NORMALISATION

Une norme est l'ensemble des règles techniques relatives au dessin, à la désignation et au contrôle des produits industriels.

Pour la création des normes officielles, chaque bureau de normalisation s'occupe d'un secteur professionnel (automobile, métallurgie, électricité...)

Les travaux de normalisation internationale sont menés par l'organisation internationale de normalisation (ISO: international Organization for Standardization)

Une norme est désignée comme suit

NF E 28-257 Erou

NF: norme française

E: secteur professionnel

: N° de la norme en deux chiffres

Rôle de la normalisation:

- accroissement de la productivité
- diminution du prix de revient
- réduction des frais d'entretien et de réparation
- assure l'interchangeabilité des pièces

Dans le dessin technique, elle est le langage universel des techniciens

2. TYPES D'ASSEMBLAGES

Toute machine est constituée de pièces mécaniques assemblées. Certaines pièces sont fixes et les autres mobiles, mais guidées dans leur déplacement (rotation, translation ...)

La conception d'une machine doit se faire sous forme d'assemblage de plusieurs pièces pour plusieurs raisons: procédés de fabrication, de montage, de transport et de réparation.

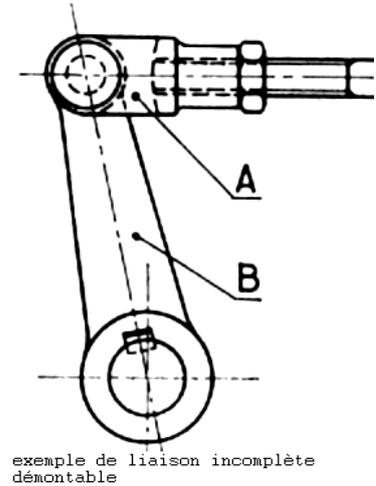
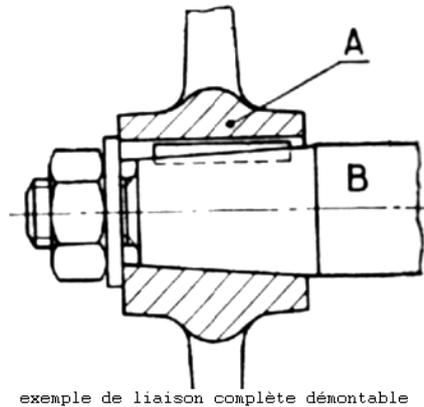
L'assemblage de ces pièces dépend de plusieurs facteurs: la nature de liaison, grandeur des efforts appliqués et formes de ces pièces.

Cela conduit à considérer plusieurs types d'assemblages:

2.1. Assemblages à liaison complète et incomplète

Lorsque deux pièces ne peuvent avoir aucun mouvement l'une par rapport à l'autre, on dit que leur liaison est complète. L'ensemble se comporte alors comme une pièce unique.

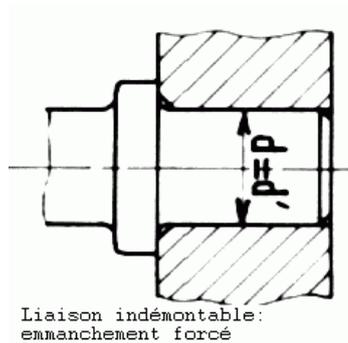
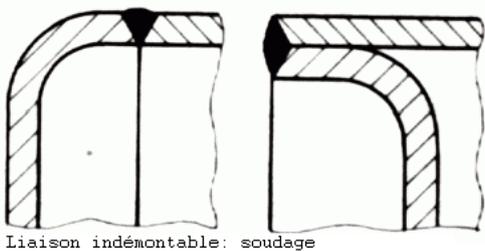
Lorsque les deux pièces peuvent prendre certains mouvements l'une par rapport à l'autre, leur liaison est dite incomplète ou partielle. Il reste alors entre les deux pièces entre un et cinq degrés de liberté (rotations ou translations). Ce type de liaison est surtout utilisé dans le guidage d'une pièce par rapport à l'autre.



2.2. Assemblages à liaison démontable et indémontable

Une liaison est dite indémontable ou permanente lorsque les deux pièces liées ne peuvent être séparées sans que l'une d'elles au moins ne soit détériorée ou détruite (rivure, soudure, collage...)

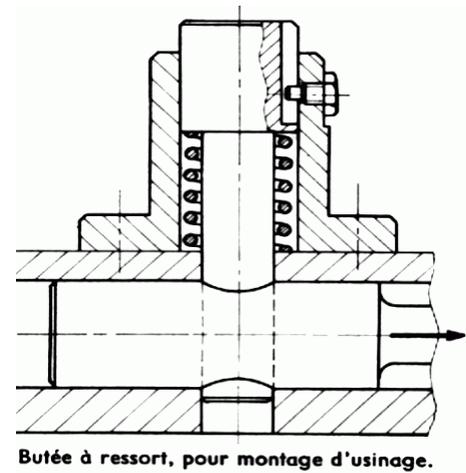
Une liaison est dite démontable lorsque les deux pièces peuvent être séparées sans qu'aucune d'elles ne soit détériorée (organes filetés, clavetage...).



Exemples de liaisons indémontables

2.3. Assemblages à liaison élastique et rigide

Lorsque la position relative de deux pièces liées peut varier uniquement par déformation élastique de la pièce de liaison (ressort, caoutchouc...), on dit que la liaison est élastique. Une liaison qui n'est pas élastique est dite rigide.



3. RAPPELS DE RESISTANCE DES MATERIAUX (RDM)

3.1. But de la résistance des matériaux

En construction mécanique, la connaissance des propriétés physiques, chimiques et métallurgiques des matériaux nous permet de calculer les organes des machines en vue de leur construction.

Connaissant le sens et l'intensité des efforts supportés par la pièce, la RDM nous permet de:

- choisir la matière constitutive qui convient le mieux
- choisir la forme la plus appropriée
- calculer les dimensions de façon qu'il ne se produise ni déformation permanente ni rupture
- vérifier les déformations subies.

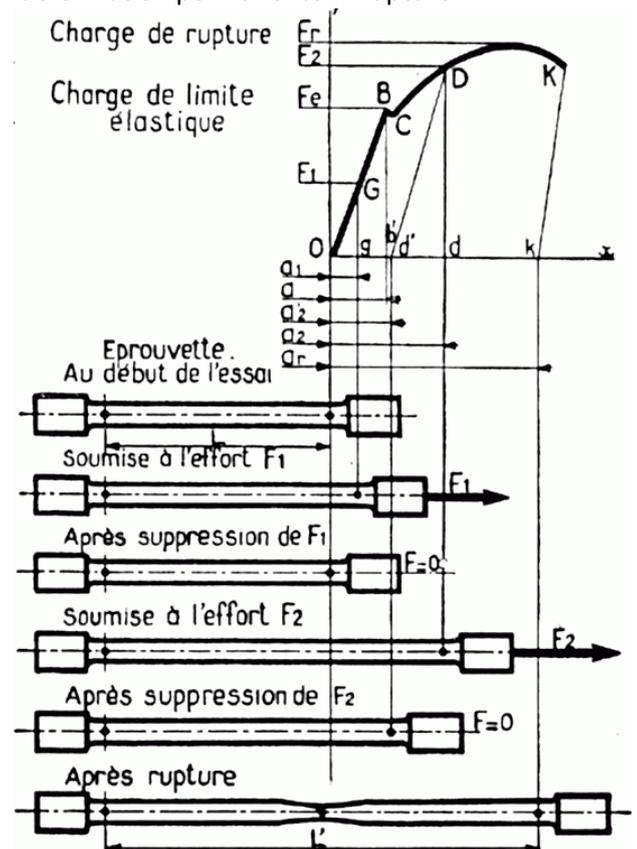
Matériaux de construction mécanique

Caractéristiques mécaniques des matériaux

Elles sont déterminées par les essais mécaniques.

L'essai de traction

Une éprouvette de forme normalisée est soumise à un effort de traction suivant son axe géométrique sur une machine de traction. Des appareils permettent de mesurer à chaque instant l'effort de traction et l'allongement correspondant. La courbe relevée au cours de l'essai de traction nous permet de déterminer les caractéristiques mécaniques suivantes :



1- La charge à la rupture

$$R_r = F_r/S_0 \quad [\text{daN/mm}^2]$$

F_r : charge maximale

S_0 : section initiale de l'éprouvette

2- La limite d'élasticité

$$R_e = F_e/S_0 \quad [\text{daN/mm}^2]$$

F_e : force à la limite élastique

S_0 : section initiale de l'éprouvette

3- L'allongement %

$$A\% = (L_r - L_0) \cdot 100 / L_0$$

L_r : longueur de l'éprouvette après la rupture

L_0 : longueur initiale

4- Le module d'élasticité

Soit : $\sigma = F/S$ la contrainte normale sous la charge F .

$$i = \Delta L / L_0 = (L_1 - L_0) / L_0$$

est l'allongement relatif pour la charge F

Pendant la période des déformations élastiques on a :

$$\sigma = E \cdot i \quad (\text{loi de Hooke})$$

E est appelé le module d'élasticité longitudinal, en $[\text{daN/mm}^2]$

Le module d'élasticité transversale est noté G . Pour les métaux, on prend généralement

$G = 0,4 \cdot E$

- la dureté

La dureté, déterminée par l'essai de dureté, est la faculté de résistance qu'offre un corps à sa pénétration par un autre corps. Elle est caractérisée par un nombre qui dépend du genre d'essai exécuté.

Elle est donnée par

$$H = P/S$$

P est la charge appliquée

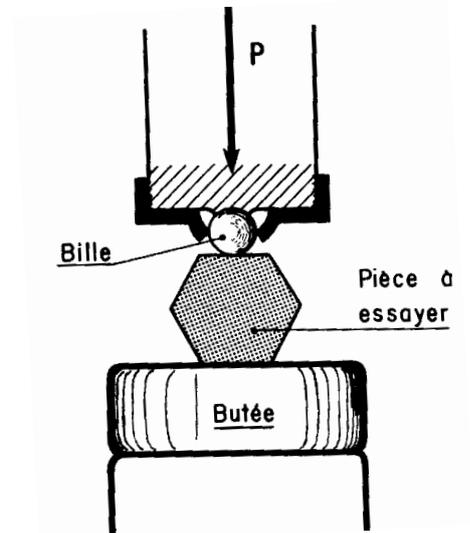
S est la surface de l'empreinte.

Selon la forme du pénétrateur, on distingue trois types de dureté:

La dureté Brinell HB

La dureté Rockwell HR

La dureté Vickers HV



La résilience

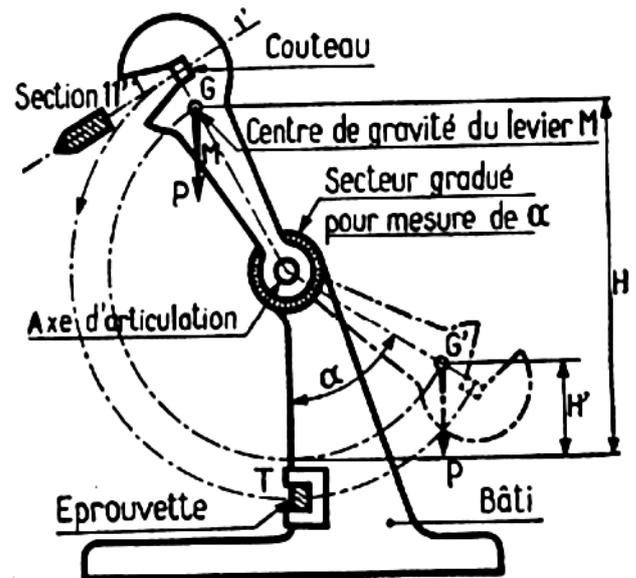
C'est la résistance au choc.

Elle est déterminée par l'essai de résistance au choc, effectué à l'aide du mouton-pendule de Charpy, elle est donnée par la relation:

$$K = W/S = P(H-H')/S$$

W est l'énergie absorbée par la rupture de l'éprouvette

S est la section de l'éprouvette.



Résistance pratique et coefficient de sécurité

Afin d'éviter les déformations permanentes, la charge unitaire doit rester inférieure à la limite élastique du matériau en toute section d'une pièce soumise à une charge.

A cet effet, la pièce est calculée de façon que la contrainte maximale admissible soit égale au quotient de la charge à la limite élastique R_e par un **coefficient de sécurité s** variant de 2 à 5 suivant les exigences de sécurité, de prix de revient...

$$R_p = R_e / s$$

$$s = 2 \text{ --- } 5$$

Les matériaux les plus utilisés en construction mécanique sont d'abord les métaux ferreux (aciers et fontes) puis quelques autres matériaux non ferreux (alliages de cuivre, d'aluminium,...) puis des matériaux non métalliques (bois, verre, matières plastiques...)

LES METAUX FERREUX

Les fontes

Les fontes sont des produits ferreux contenant pratiquement de 3 à 4% de carbone et un certain nombre d'autres éléments provenant du minerai: silicium, manganèse, phosphore,...

La fonte blanche

Elle est très dure et fragile. Elle contient de 2 à 2,5% de carbone. Elle est utilisée pour la fabrication de fontes malléables et des aciers par décarburation

La fonte grise

C'est une fonte dont la température de fusion est de l'ordre de 1200°C. C'est un matériau économique (prix de revient modéré), qui a une grande aptitude au moulage. Son usinage est facile.

La fonte grise est utilisée dans le moulage de bâtis de machines, carters de moteurs, cylindres et pistons, poulies, volants, paliers, glissières, robinets,...

Exemple de désignation :

Ft 15 Ft: symbole abrégé de la fonte grise

$$R_m = 15 \text{ daN/mm}^2$$

Les fontes malléables

Elles sont obtenues par traitement des fontes blanches. On distingue trois types:

à cœur blanc MB

à cœur noir MN

à cœur perlitique MP

Elles ont une grande résistance mécanique et une grande malléabilité.

Elles sont dans le moulage de pièces de forme compliquées, en quincaillerie, fabrication de pièces de machines agricoles...

Exemple de désignation :

MB 35-10

MN 38-18

MP 50-5

MB, MN, MP : fonte malléable à cœur Blanc, Noir ou Perlitique

35, 38, 50 : valeur de la résistance à la rupture en daN/mm²

10, 18, 5 : valeur de l'allongement A%

Fontes à graphite sphéroïdal FGS

Elles sont d'une grande résistance et présentent de bonnes qualités de moulage, d'usinage et de frottement.

Elles ont les mêmes emplois que la fonte grise mais les pièces obtenues sont plus résistantes et plus légères.

Exemple de désignation :

FGS 500-7

Fonte à graphite sphéroïdal

R_m = 50 daN/mm²

A% = 7%

Les aciers

Ce sont des métaux ferreux obtenus par décarburation partielle de la fonte. Ils contiennent pratiquement de 0,05 à 1,4% de carbone.

Leurs propriétés varient avec la teneur de carbone et avec la teneur en éléments d'addition.

On distingue deux groupes d'aciers:

les aciers non alliés: aucune addition d'éléments d'alliage

les aciers alliés: addition volontaire d'éléments d'alliage.

Les aciers non alliés

Les aciers ordinaires (série A et série E):

Dans ces aciers d'usage courant, la teneur de carbone et d'impuretés n'est pas connue avec précision. Ils sont utilisés comme demi-produits pour forge, laminés à chaud, profilés, tôles, tubes...

Les aciers alliés de série A sont définis par leur charge de rupture minimale et les aciers de série E par leur limite élastique minimale.

Exemple de désignation :

A 50-2 acier ordinaire de série A

$R_m = 50 \text{ daN/mm}^2$

Qualité=2

E 26-3 acier ordinaire de série E

$R_e = 26 \text{ daN/mm}^2$

Qualité = 3

Les aciers fins (série CC et XC):

Aussi appelés aciers spéciaux, ce sont des aciers dont la teneur de carbone et d'impuretés est contrôlée. Ils sont aptes aux traitements thermiques et à certains procédés de fabrication qui sont désignés par les lettres :

TS : trempe superficielle

Cours de Construction mécanique (partie 01)

M : moulage

DF : déformation à froid

S : garantie de soudabilité

Caractéristiques et emplois : voir tableaux pages suivants.

Exemple de désignation :

CC 10 acier non allié, fin, de série CC

% de carbone = 0,10

XC 48 s acier non allié, fin, de série XC

% de carbone = 0,48

garantie de soudabilité

Les aciers alliés

Ce sont des aciers ayant fait l'objet d'une addition volontaire d'éléments d'alliage. Les symboles des éléments d'addition utilisés dans la désignation de ces aciers sont différents des symboles chimiques.

Voici la liste des symboles des éléments d'addition:

Métal	Symb. Chimique	Symb abrégé
Aluminium	Al	A
Chrome	Cr	C
Cobalt	Co	K
Cuivre	Cu	U
Etain	Sn	E
Magnésium	Mg	G
Manganèse	Mn	M
Molybdène	Mo	D
Nickel	Ni	N

Cours de Construction mécanique (partie 01)

métal	Symb. chimique	Symb abrégé
Phosphore	P	P
Plomb	Pb	Pb
Silicium	Si	S
Soufre	S	F
Titane	Ti	T
Tungstène	W	W
Vanadium	V	V
zinc	Zn	Z

On distingue deux types d'aciers alliés:

Les aciers faiblement alliés

Ce sont les aciers alliés dont aucun élément d'addition n'a une teneur supérieure à 5%.

Exemple de désignation :

35 NCD 16

35 : % de carbone x100 (ici % de carbone = 0,35%)

NCD : symboles des éléments d'addition avec teneur décroissante de gauche à droite

16 : % du premier élément x4. Le facteur de multiplication est égal à 4 pour les éléments C, K, M, N, S. Pour le reste ce facteur est égal à 10.

(Ici % de Nickel = 4%)

les aciers fortement alliés :

Ce sont les aciers alliés dont la teneur d'au moins un élément d'addition est supérieure à 5%.

Exemple de désignation :

Z 6 CN 18-09 (nuance de l'acier inoxydable courant)

Z : symbole des aciers fortement alliés

Cours de Construction mécanique (partie 01)

6 : % de carbone x100 (0,06 % de carbone)

C, N : éléments d'addition (ici chrome et nickel)

18, 09 : % des éléments d'addition (18% de Cr et 9% de Ni)

Pour les propriétés et les différents emplois des aciers alliés les plus courants, voir les tableaux.

Cours de Construction mécanique (partie 01)

Aciers ordinaires

(Aciers de construction d'usage courant)

Nuance	% de carbone	R daN/mm ²	R _e daN/mm ²	A%	KCU	Propriétés et emplois
A 33		31 à 49	18	18	-	Caractéristiques mécaniques variables suivant la pureté chimique et l'épaisseur du métal; pas de garantie de soudabilité, les nuances A33 et E36 sont soudables; pas de garantie de traitement thermique
A34		33 à 41	13 à 19	21 à 28	6 à 7	
E 24 (A37)	0,18 à 0,22	36 à 44	19 à 23	23 à 29	5 à 7	Emplois: tôles, larges plats, laminés marchands et poutrelles; pour la construction métallique, emploi de A33, E24, E26, E30, E36.
E 26 (A 42)		41 à 49	21 à 25	17 à 28	5 à 7	
E 30 (A47)	0,18 à 0,25	46 à 56	24 à 29	15 à 24	4 à 6	Aciers pour forge: AF37 et AF70
E 36 (A52)	0,20 à 0,27	51 à 61	30 à 35	14 à 23	4 à 6	
	0,22 à 0,27					Aciers pour rivets : A37R et A42R
A 50		49 à 59	25 à 29	13 à 21	-	Aciers pour boulonnerie et visserie : A33 à A50
						Tôles pour chaudières: A37 à A52
A 60		59 à 71	29 à 33	9 à 16	-	Tôles pour formage et emboutissage
A 70		69 à 83	32 à 36	5 à 11		

Cours de Construction mécanique (partie 01)

ACIERS ALLIES

Catégorie	Nuance	Traitement		R	Re	A%	KCU	Propriétés et emplois
		Trempe	Revenu					
		Eau (E) Huile (H)						
Aciers au manganèse	20MC	E875	550	64-83	49	18	9	Grande dureté par écrouissage. Grande résistance à l'usure et aux chocs: pièces de broyeurs, de concasseurs...
	35MC	H850	550	88-108	73,5	12	5	
	Z120M12	E1000	-	>88	31,5	40	-	
Aciers au manganèse-chrome	16MC5	H860	200	108-142	83,5	10	5	Aciers de cémentation: trempe à l'huile après cémentation. Pièces de contrainte moyenne, résistantes à l'usure: arbres à cames, engrenages.
	20MC5	H860	200	123-157	98	8	3,5	
Aciers au silicium et au Si-Cr-Mo	45 S7	E880	500	127-152	108	7,5	3	Limite élastique élevée, grande résistance mécanique, bonne résistance à l'usure. Limite d'endurance élevée. Ressorts, pièces d'usure, barres de torsion, leviers, arbres, pièces de machines agricoles.
	55 S7	H860	500	137-162	117	6	2	
	60 SC7	H850	500	147-171	122	5	2	
Aciers au chrome	45 SCD6	H880	425	157-186	137	6	2	Aciers résistants, durs, résistants à l'usure. Emplois nombreux en mécanique: arbres, essieux, leviers de direction, pignons, crémaillère, etc. 42 C4: ressorts 100 C6: roulements
	38 C2	H850	550	88-108	68,5	12	6	
	42 C2	H850	550	93-113	73,5	11	5	
	32 C4	H850	550	93-113	73,5	11	6	
Aciers au chrome – Molybdène	38 C4	H850	550	98-118	78,5	10	5	Emploi: arbres, engrenages, vilebrequins, bielles, arbres cannelés, crochets de traction, pivots, etc.
	42 C4	H840	550	103-123	83,5	9	4	
	100 C6	H850	180	H>62				

Cours de Construction mécanique (partie 01)

Aciers au Chrome-Vanadium	18 CD4	H875	200	113-152	88	8	5	Grande résistance mécanique: ressorts, organes de transmission, arbres chargés, etc.
	25 CD4	H850	550	93-118	78,5	12	7	
	30 CD4	H850	550	98-123	83,5	11	6	
	35 CD4	H850	550	108-132	93	10	5	
	42 CD4	H850	550	118-142	103	9	4	
Aciers au Nickel-Chrome	30 CD12	H900	600	108-127	88	10	5,5	Grande résistance, dureté, bonne trempabilité; aptitude à la cémentation; bonne résilience; aptitude aux transformations à froid. Emploi: arbres, vilebrequins, pignons, galets, arbres cannelés, clavettes, etc.
	50 CV4	H850	550	118-142	108	8	3	
Aciers au Ni-Cr-Mo	10 NC6	H875	200	83-118	61,5	10	8	Aciers de cémentation. Bonne ou moyenne trempabilité. Caractéristiques mécaniques élevées. Grosse mécanique: arbres, boîtes de vitesses, vilebrequins, etc.
	16 NC6	H850	200	108-137	83	9	6	
	20 NC6	H850	200	123-152	98	8	5	
	35 NC6	H850	550	108-132	93	10	5	
	14 NC11	H850	200	108-137	83,5	9	7	
Aciers au Cr-Ni-Mo	30 NC11	H830	550	93-113	78,5	11	7	Aciers très résistants. Pièces de fatigue d'aéronautique et d'industrie spatiale.
	20 NCD2	H850	200	118-152	93	8	5	
	40 NCD3	H850	550	108-132	93	10	5	
Aciers au Cr-Al-Mo	18 NCD6	H850	200	113-147	88	8	5	Très grande dureté jusqu'à 500°C. très grande résistance à l'usure: chemises de moteurs, calibres de vérification, moules pour matières plastiques, etc.
	35 NCD6	H850	550	108-132	93	10	6	
	35 NCD16	H830	600	108-137	93	11	6	
	30 CND8	Air 900	200	152-181	117	8	4	
		H850	600	103-133	93	11	7	
	30 CAD12	H900	600	93-108	78,5	12	7	
	40 CAD 6-12	H900	600	108-123	88	10	5	

Cours de Construction mécanique (partie 01)

ACIERS FINIS, NON ALLIÉS, DE CLASSE CC et XC

Nuance	Etat	R daN/mm ²	Re	A%	KCU	Propriétés	Emplois
CC 10	R: 900-925	34 - 44	21,5	30	-	Acier extra doux de cémentation; très malléable, soudable; magnétique	Tôles, tubes, rivets, pièces forgées, matricées, pliées, embouties
	TE: 900° Ru: 200°	54 - 103	34,5	11	10		
CC 20	R: 880-910	41 - 53	27,5	26	-	Acier doux de cémentation; malléable; soudable.	Pièces forgées et matricées: arbres, boulons, clavettes, etc.
	TE: 880 Ru: 550	54 - 78	35,5	17	7		
CC 35	R:850-880	55 - 67	31,5	20	-	Acier de traitement dans la masse; trempe à l'eau	Pièces traitées: cames, engrenages, axes, arbres, etc. bielles, vilebrequins, organes d'embrayage, et d'accouplement, boulons, clavettes, etc.
	TE:850 Ru:550	74 - 96	56	12	4		
CC 45	R:840-870	62 - 74	34,5	17	-	Acier de traitement dans la masse; trempe à l'eau et à l'huile pour faible section	
	TE:830 Ru:550	86 - 106	68,5	9	2		
XC 10	R:900-925	34 - 42	21,5	31	-	Aciers extra-doux de cémentation; très malléables, soudables, magnétiques	Pièces de petite et moyenne section, à faible contrainte, résistantes à l'usure: axes, cames, pignons, etc.
	TE:900 Ru:200	54 - 83	34,5	16	12		
XC 12	R:900-925	37 - 45	23,5	29	-		
	TE:900 Ru:200	73 - 113	49,5	11	6		
XC 18	R:875-900	41 - 49	25,5	28	-	Acier doux de cémentation; variété XC18S soudable; malléable	Pièces cémentées, travaillant sans chocs: arbres à cames, pignons, axes, boulons, clavettes, etc.
	TE:880 Ru:200	88 - 127	63,5	8	4		
XC 25	R:860-885	47 - 56	28,5	26	-	Trempe à l'eau à faible pénétration et trempe	Pièces traitées de petite et moyenne dimensions avec contrainte moyenne:
	TE:850 Ru:550	61 - 78	44	17	8		
	R:850-875	55 - 64	31,5	23	-		

Cours de Construction mécanique (partie 01)

XC 32	TE:850 Ru:550	74 – 89	56	14	7	superficielle. Recuit, apte au travail à froid.	arbres, leviers, bielles, crémaillère, boulons, etc.
XC 38	R:850-875	58 – 67	33,5	21	-		
	TE:850 Ru:550	80 - 95	61,5	12	5		
XC 42	R:840-870	63 -71	35,5	19	-	Acier pour trempe à l'eau, et trempe à l'huile à faible section; trempe superficielle	Mêmes emplois que XC32 et XC38 avec caractéristiques plus élevées
	TE:830 Ru:550	86 – 101	68,5	11	4		
XC 48	R:840-870	67 – 76	37	17	-	Trempe à l'huile en faibles section; trempe superficielle.	Pièces d'usure pouvant subir des chocs modérés: ressorts peu chargés, cames, engrenages, pivots...
	TE:830 Ru:550	83 – 98	66,5	10	3		
XC 55	R:830-855	73 – 88	43	15	-	Trempe à l'huile en faibles et moyennes sections	
	TH:830 Ru:550	93 – 113	70,5	8	-		
XC 65 XC 70 XC 80	Caractéristiques mécaniques non imposées				Acier pour trempe à l'huile avec faible pénétration de trempe. Grande résistance et grande dureté.		Corde à piano pour ressorts, câbles, pivots, engrenages, matrices, poinçons, lames de cisailles, outils de forge, scies à bois, etc.

(R: recuit - Ru: revenu - TE: trempe à l'eau - TH: trempe à l'huile)

Cours de Construction mécanique (partie 01)

CUIVRE ET SES ALLIAGES

		Composition	Etat	caractéristiques					Applications
				R	Re	A	HB	p	
Cuivre raffiné		99,9% de Cu	Recuit	23	7	50	50	1,72	Fils, câbles, barres, bobinage, contacts, appareillage.
			Ecroui	35	32	12	90		
Cuivre au béryllium		2% de Be	Trempé et revenu à 320°C	140	135	2	360	7 à 8	Ressorts conducteurs du courant, pièces de frottement.
Laiton	Cu Zn36	36% Zn	Recuit	31	9	45	50	6	Laiton courant du commerce. Laiton d'étrépage, d'emboutissage; appareillage
			Ecroui 1/2 dur	42	13	16	80		
Bronze	Cu Sn8 Zn2	8% de Sn 2 % de Zn	Moulé	22		16	68	12 à 15	Bronze de moulage pour usage courant
	Cu Sn12Zn1	12% de Sn 1% de Zn	Moulé	23		7	80		Bronze pour coussinets fortement chargés
Bronze d'aluminium Cu Al6		6% d'Al	Laminé Ecroui 1/2 dur	60	40	12	130		Soupapes, coussinets, engrenages.
Maillechort		17% Zn 18 à 26% de Ni	Ecroui 1/2 dur	52	44	8	140	30 à 50	Résistances, ressorts de contact électriques.

Cours de Construction mécanique (partie 01)

ALUMINIUM ET SES ALLIAGES

		Composition	Etat	caractéristiques					Applications
				R	Re	A	HB	p	
A9		99% d'Al	Recuit Ecroi dur	6 13	3 9	50 8	15 30	2,6	- réflecteurs - conducteurs électriques
Alliages de fonderie	Alpax A S13	13% Si	Moulé en coquill	16	7	4	55	4	Facile à mouler. Usages courants.
	Alumag A G6	6% Mg	Moulé en coquill	16	10	4	65	8	Résiste mieux à la corrosion que l'alpax
	Alliage APM AU5GT	5% Cu 0,3% Mg , Ti	Coquil tremp é	28	20	6	85	6	Pièces résistantes de mécanique, automobile, aviation, appareillage électrique.
Alliages de forge et de laminage	Duralun ox A G3	3% Mg	Lamin. Recuit écroui	20 28	8 25	18 4	50 70	5,5	Menuiserie métallique. Carrosseries, citernes.
	Almasili um A SG	1% Si 1% Mg	Lamin. Recuit	10	5	26	27	3,5	Emboutissage profond Repoussages boîtes, bidons.
	Duralu min A U4G	4% Cu 0,7% Mg	Lamin. recuit	18	10	14	55	3,3	Grande résistance mécanique. Très employé: charpente, robinetterie, etc.

Cours de Construction mécanique (partie 01)