

OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

Direction Recherche et Ingénierie de la Formation

RÉSUMÉ THÉORIQUE

&

GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

MODULE N° :15

**DIMENSIONNEMENT DES
ASSEMBLAGES BOULONNES,
RIVETES ET SOUDES**

Secteur : CONSTRUCTION METALLIQUE

Spécialité : T.S.B.E.C.M

Niveau : TECHNICIEN SPECIALISE

Document élaboré par :

Nom et prénom

EFP

DR

MOKHTAR . EL HAOUARI

ISTA GM

Grand Casablanca

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme

DRIF

MODULE 15 : DIMENSIONNEMENT DES ASSEMBLAGES BOULONNES, RIVETES ET SOUDES

CODE :	THEORIE :	45 %	30 H
DUREE : 65 HEURES	TRAVAUX PRATIQUES :	50 %	32 H
RESPONSABILITE : D'ETABLISSEMENT	ÉVALUATION :	5 %	3 H

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU

DE COMPORTEMENT

COMPÉTENCE

Concevoir et dimensionner les assemblages boulonnés, rivetés ou soudés

PRÉSENTATION

Le module «Dimensionnement des assemblages boulonnés, rivetés ou soudés» est étudié au cours de la première année de formation.

DESCRIPTION

L'objectif de ce module est de rendre le stagiaire apte à calculer et vérifier les assemblages avec des boulons ordinaires ou à hautes résistances, les assemblages rivetés ou les assemblages boulonnés.

CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT

- L'évaluation sera individuelle.
- Des exemples de différents types d'assemblages devraient être présentés aux stagiaires ainsi que des boulons, rivets...lors de visites d'entreprises et de chantiers

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- **Travail individuel**
- **À partir :**
 - De plan, de croquis et des données; de logiciels de DAO/CAO
 - D'une note de calcul;
 - Des documents et données techniques;
 - De questions et problèmes posés par le formateur
- **À l'aide :**
 - De formulaires, abaqués, diagrammes...
 - De règles et normes

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
<p>1. Connaître les différents types de boulons et rivets utilisés en construction métallique</p> <p>2. Connaître le principe de transmission des efforts dans les assemblages boulonnés et rivetés</p> <p>3. Appliquer les méthodes de dimensionnement des assemblages avec boulons ordinaires ou rivets</p> <p>A. Concevoir et dimensionner les assemblages avec boulons ordinaires ou rivets des éléments d'un plancher.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Différence entre boulon et rivet. - Boulons ordinaires et rivets : <ul style="list-style-type: none"> - Qualité : 4/6, 4/8, 5/6, 5/8, 6/6, ... - Diamètres - Forme de la tête - Cisaillement : simple et double. - Notion de pression diamétrale. - Choix de la conception adéquate de l'assemblage: <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de boulons ou rivets - Nombre de files - pinces - Détermination de l'effort de cisaillement maximal sur les boulons ou rivets. - Choix de la qualité des boulons ou rivets. - Calcul de la pression diamétrale. - Vérification des sections des profils assemblés : <ul style="list-style-type: none"> - Contraintes de cisaillements et de flexion. - Appliquer la méthode de dimensionnement pour vérifier tous les assemblages des éléments d'un plancher métallique.

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
<p>4. Choisir les dispositions constructives des assemblages par gousset</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Choix de la conception adéquate de l'assemblage: <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de boulons ou rivets - Nombre de files pinces - Forme et taille du gousset.
<p>5. Connaître le principe de transmission des efforts dans les assemblages par goussets</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cisaillement - Arrachement - Notion de pression diamétrale
<p>6. Appliquer les méthodes de dimensionnement des assemblages avec goussets</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Etape de dimensionnement : - Déterminer diamètre des boulons ou rivets - Déterminer l'épaisseur du gousset - Nombre de boulons ou rivets - Vérification des épaisseurs des pièces élémentaires selon documents normatifs - Pression diamétrale - Condition de distance des boulons ou rivets
<p>B. Concevoir et dimensionner les assemblages boulonnés ou rivetés des éléments en treillis</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer la méthode de dimensionnement pour chaque assemblage d'éléments en treillis

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
<p>7. Choisir les dispositions constructives des assemblages avec boulons HR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Choisir la forme adéquate pour l'assemblage - Renforts - Raidisseurs - Préparation des surfaces
<p>8. Appliquer les méthodes de dimensionnement des assemblages avec boulons HR</p> <p>C. Concevoir et dimensionner les assemblages avec boulons à haute résistance.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calcul des coefficients - Calcul de la position de la fibre neutre - Calcul des efforts au niveau de la platine et du poteau/poutre pour les boulons extérieurs, centraux et intérieurs. - Calcul de l'effort de traction et de glissement admissible - Vérification des cisaillements des âmes - Calcul du moment résistant - Vérifier les assemblages avec boulons à haute résistance.
<p>9. Connaître les différents types de soudures utilisés en construction métallique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Soudures : <ul style="list-style-type: none"> - En angles en positions - Bout à bout en positions - Sur tôles, tubes et profilés. - Préparation selon : <ul style="list-style-type: none"> La nature des matériaux Les épaisseurs à assembler Les types de joints
<p>10. Choisir les dispositions constructives des assemblages soudés</p>	

<p>11. Connaître le principe de transmission des efforts des assemblages soudés</p> <p>12. Appliquer les méthodes de dimensionnement des assemblages soudés</p> <p>D. Concevoir et dimensionner les assemblages soudés.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Cordon de soudure assure une :<ul style="list-style-type: none">- Continuité du métal- Liaison homogène - Déterminer la répartition des contraintes dans le cordon de soudure- Déterminer la largeur et la longueur du cordon - Appliquer la méthode de dimensionnement.
--	--

ASSEMBLAGE BOULONS - RIVETS

SOMMAIRE

BOULONS - RIVETS

- Technologie des boulons ordinaires
- Calculs des boulons ordinaires
- Technologie des Rivets
- Pincés longitudinales et transversales
- Tableaux et Abaques

APPUIS SIMPLES

- Différent types d'appuis simples
- Calculs des boulons
- Poutres grugées, calculs
- Autres appuis simples
- Méthodes de calcul

SYSTEMES RETICULES

- Nœuds des systèmes réticules
- Goussets
- Applications

ENCASTREMENT PAR PLATINE D'ABOUT (BOULONS ORDINAIRES)

- = ASSEMBLAGES SOUDES
- Déformations et contraintes dues à la soudure
- Assemblages soudés
- Dispositions constructives
- Vérification de la résistance des soudures
- Vérification des cordons de soudure (CM66)
- Tableaux et Abaques

BOULONS A HAUTE RESISTANCE ET A SERRAGE CONTROLEE

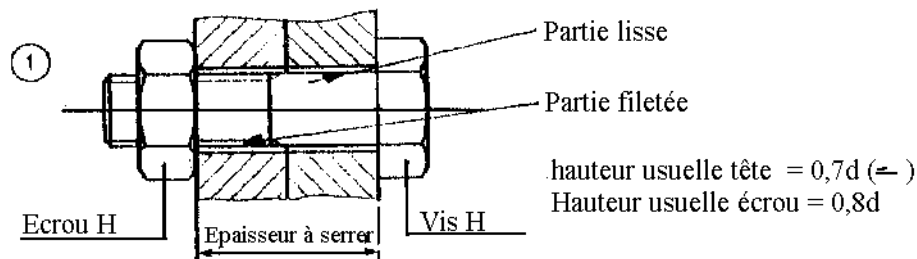
- Introduction
- Technologie des boulons HR
- Comportement d'un boulon HR
- Condition à respecter
- Justification suivant les règles CM66
- Encastrement par platine d'extrémité

A I - Technologie des boulons ordinaires

LES BOULONS ORDINAIRES:

Définition:

UN boulon est l'ensemble constitué par une tige filetée présentant une tête, et un écran de même diamètre. L'écrou normalement utilisé est l'écrou H.



Boulonnage: Action d'assembler plusieurs pièces entre elles à l'aide de boulons.

1 - Qualité d'acier

Désignation des classes de qualité

Vis et goujons.

Les classes de qualité des vis et goujons en acier sont désignées par un symbole composé de 2 nombres séparés par un point (ou une barre oblique).

Le premier nombre correspond sensiblement au $1/10^{\text{e}}$ de la résistance de rupture minimale à la traction exprimée en daN/mm^2 .

Le deuxième nombre correspond sensiblement à dix fois la valeur du rapport entre la limite minimale d'élasticité et la résistance de rupture minimale de la vis ou du goujon.

Exemple : 6/6.

Le premier correspond approximativement à 60 daN/mm² pondérés à la rupture.

Le deuxième correspond à $\frac{10 \times \sigma_e}{60} = 6 \rightarrow \sigma_e = 36 \text{ daN / mm}^2$

De la sorte, la multiplication des deux nombres donne la contrainte élastique $\rightarrow \sigma_e = 6 \times 6 = 36 \text{ daN/mm}^2$

Remarque importante

Contrainte limite admissible à retenir :

La contrainte limite admissible d'un boulon est déterminée par la plus petite des valeurs :

Soit la limite d'élasticité

Soit 0,7 x contrainte de rupture

Exemples : 1) 6/6 $\rightarrow R = 60 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$
 $\rightarrow \sigma_e = 36 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$
 $\rightarrow \text{Contrainte limite} = 36 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$

Car : $0,7 \times 60 = 42 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$

2) 6/8 $\rightarrow R = 60 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$
 $\rightarrow \sigma_e = 48 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$
 $\rightarrow 0,7 \times 60 = 42 \text{ daN/mm}^2 \text{ pond}$

donc contrainte limite = 42 daN/mm²pond.

Liste des classes de qualité pour vis et goujons.

(4.6), (4.8), (5.6), (5.8), (6.6), (6.8), (6.9), (8.8), (10.9), (12.9)

Les boulons ordinaires sont ceux indiqués ci-dessus (soulignés)

Les boulons HR. Seront étudiés ultérieurement.

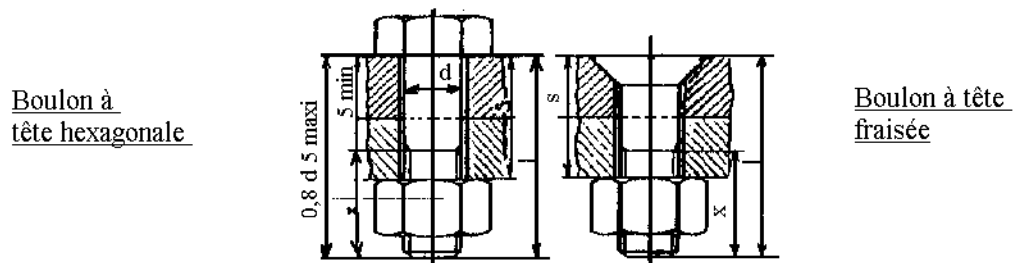
II - Formes et dimensions.

Il existe un grand nombre de boulons ayant des formes différentes :

- Boulons à tête hexagonale,
- Boulons à tête cylindrique,
- Boulons à tête ronde,
- Boulons à tête fraisée,
- Boulons à oeil etc.

Les formes et dimensions des écrous, vis rondelles, sont normalisées.

En construction métalliques, les plus employés sont les boulons à tête hexagonale. Les boulons à tête fraisée sont à éviter. Les autres boulons sont très rarement (ou pas du tout) utilisés.



Le diamètre nominal (\varnothing) d'un boulon est celui de sa tige lisse. En construction métallique on emploie les \varnothing normalisés suivants, qui correspond à ceux des rivets normalisés :

\varnothing - 10 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 24 (courant).

\varnothing - 27 - 30 - 33 - 36 - 39 - 42 - 45 - 48 (pour boulons d'ancrage).

Les dimensions des trous présentant un jeu allant de 0,5 à 2 mm, doivent être choisis parmi les \varnothing normalisés de forets.

III - La fabrication

On distingue les boulons bruts et les boulons calibrés.

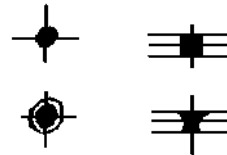
1°) Boulons bruts : la partie filetée seule est usinée, la tige est laissée à l'état brut. Ces boulons se posent avec un jeu, variant selon le \varnothing , de 0,5 à 2mm par rapport au trou. Ces boulons s'emploient dans tous les travaux courants de constructions métalliques.

2°) Boulons calibrés : Ils sont matricés ou tournés. La tige est parfaitement cylindrique et usinée avec un jeu presque nul (0,2 mm). Ces boulons sont employés dans des ouvrages d'exécution parfaitement soignée, tels ponts, joints de montage, très souvent en remplacement des rivets ou lorsque le glissement dans l'assemblage doit être limité.

IV - Représentation symbolique

Boulons de chantier

Boulon à tête et écrou hexagonaux



Boulon à tête fraisée et ergot

Boulon d'atelier

Pas de représentation symbolique normalisée.

V - Désignation d'un boulon :

1) Enonciation : Enoncer les caractéristiques dans l'ordre suivant :

- a) Désignation de la pièce en langage clair. Ex : Boulon
- b) Symbole de la forme principal
- c) Symbole de forme complémentaire
- d) Symbole de dimension relative
- e) Eventuellement, forme de l'extrémité (ex. bout pointu)
- f) Dimensions (en mm)
- g) Symbole de finition

h) Qualité d'acier

Nota : S'il y a risque d'erreur indiquer, le symbole M du filetage métrique, après le b, ci-dessus.

2) Symboles courants pour vis, écrous

a) Symboles de forme principaux

Hexagonale.....H

Carrée.....Q

CylindriqueC

Ronde.....R

FraiséeF

etc.....

b) Symboles de forme complémentaire

Ergot.....E

etc.....

c) Symboles de dimension relative

Haut.....h (Pour les écrous plus hauts que la série usuelle)

Minimumm (Pour les écrous moins hauts que la série usuelle)

Usuel.....u (Pour écrous H de H de hauteur = 0,8d)

d) Symboles de finition

Brute.....M (Pour boulonnerie brute)

Exemple :

Boulon à tête hexagonale, \varnothing 18, L 90, avec écrou hexagonal usuel. Boulon et écrou finition brute qualité 6/8.

Boulon H, M 18 - 90, M écrou Hu, M qualité 6/8 Hexagonal, Métrique, \varnothing , L finition brute, Usuel.

En pratique pour des boulons ordinaires en constructions métalliques : → Boulons H 18-90 qualité 6/8

VI - Choix du diamètre nominal en fonction des épaisseurs de tôles à assembler idem aux rivets

VII - Longueurs de tiges nécessaires :

La longueur minimum nécessaire de la tige de boulon est donnée par :

L'épaisseur totale "e" des éléments à assembler (longueur de serrage),

+ éventuellement l'épaisseur d'une ou de deux rondelles, + hauteur de l'écrou,

+ un dépassement de 5 mm environ de la tige de boulon. La longueur sera arrondie à 0
ou 5 mm

VIII - Sollicitations des boulons

Voir Cours sur les rivets

Nota : Les boulons ordinaires ne remplissant pas les trous, ils ne pourront pas transmettre des efforts de compression.

Pour le calcul des Anettes (sections) des pièces, on peut prendre un \emptyset fictif des trous $d = \emptyset$
boulon + 1 mm.

Le calcul de résistance de l'assemblage au simple et au double cisaillement fait intervenir :

Soit la section A, de la tige,

Soit la section résistante A_r , de la partie filetée

La traction ou " arrachement des têtes" se fait avec la section résistante (section à fond de filet).

IX - Procédés d'exécution

1) L'exécution des trous peut être réalisée de 3 façons :

- Perçage (éventuellement + alésage)
- Poinçonnage
- Poinçonnage avec alésage

Alésage avec un alésoir pour obtenir une tolérance mini, et des trous alignés au travers des pièces.

2°) Le serrage des boulons peut être réalisé au moyen d'une clef ordinaire (de monteur).

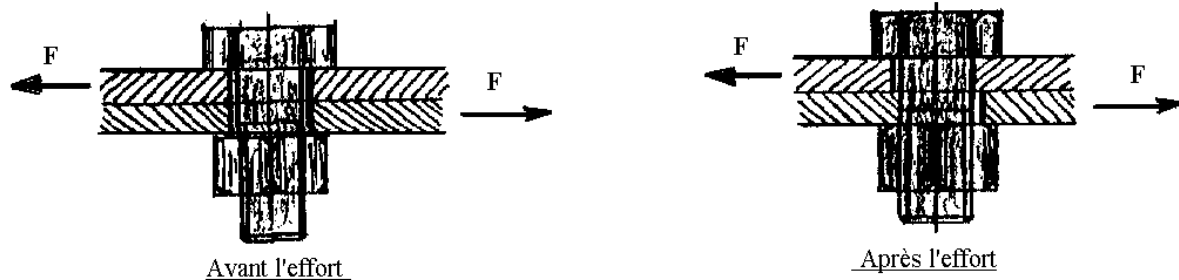
3°) Le desserrage peut être évité.

a) Par l'emploi des rondelles "GROWER (ou similaire) ou de contre -écrous.

b) Par matage des filets, par application de points de soudure ou de goupilles traversant le boulon et l'écrou.

Nota : Pour les assemblages boulonnés dont la partie lisse du boulon a été retenue pour les calculs, il faut s'assurer que de 1 à 3 mm environ dans l'épaisseur à serrer. Si le filetage ne rentre pas dans la partie à serrer, il faut intercaler entre écrous et fers à assembler une rondelle de façon à faire porter le boulon exclusivement sur la tige pleine. En aucun cas la partie fileté ne doit se trouver sur le plan de cisaillement.

X - Effets du jeu dans les trous



XI - Sécurité

Si l'on n'est pas absolument certain que les boulons qui seront employés auront bien la partie cisailée, il faudra impérativement tenir compte de la section réduite A_r dans les calculs.

POIDS DES RIVETS ET BOULONS EN KG

Poids de 100 boulons H avec écrou (Norme E 27 - 311)		Poids de 100 écrous																												
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200						
ϕ	P =																													
6	0,05	1,05	1,15	1,25	1,36	1,46	1,60	1,67	1,77	1,92	1,57	2,06	2,18	2,36	2,89	2,79	3,00										0,25			
8	2,06	2,26	2,45	2,63	2,83	3,00	3,19	3,36	3,56	3,74	3,99	4,11	4,30	5,04	5,04	5,41	5,78	6,15	6,52	9,08							0,65			
10	3,41	3,70	3,97	4,26	4,57	4,86	5,16	5,45	5,68	6,03	6,33	6,62	6,31	7,98	7,96	8,56	9,15	9,73	10,31	10,90	11,48	12,65	13,32	14,02			1,02			
12	5,05	6,44	6,86	7,23	7,28	8,17	8,54	8,94	9,41	9,03	10,36	10,68	11,11	11,30	12,67	13,51	14,36	15,21	16,06	16,51	17,76	18,46	21,16				1,83			
14	6,18	8,72	9,36	9,84	9,84	11,00	11,58	12,16	12,76	13,32	13,86	14,48	15,06	16,18	17,10	16,36	15,92	20,65	21,84	23,00	26,18	25,30	23,90	2,55						
16			13,22	13,56	13,56	15,50	16,27	17,03	17,79	18,55	19,31	20,07	20,64	22,34	23,64	25,16	26,69	28,21	25,73	31,26	32,72	34,30	36,87	3,65						
18			17,56	18,54	18,54	20,46	21,44	22,41	23,38	24,36	25,31	26,28	27,24	28,05	30,80	31,34	34,67	36,61	36,54	48,47	42,41	46,27	50,14	5,08						
20			22,76	23,35	26,15	26,33	27,55	28,74	29,94	32,23	32,33	33,52	36,72	36,96	32,17	41,56	43,96	46,36	48,74	31,13	55,33	56,31	63,10	6,71						
22					31,76	33,23	34,67	36,12	37,57	32,08	40,47	41,32	43,37	46,07	43,77	51,67	54,56	57,46	60,36	63,25	66,15	71,35	77,74	9,75						
24							43,74	45,47	47,19	48,36	50,64	52,37	54,10	57,30	60,90	63,96	67,41	70,97	76,32	77,77	91,23	88,14	56,04	11,24						
27									86,27	60,46	67,64	64,32	57,00	68,19	71,31	75,44	75,52	89,88	86,25	96,61	96,96	101,30	105,70	114,40	123,10	15,29				
30															81,11	83,01	86,51	86,21	91,91	56,38	102,06	107,30	112,70	118,10	123,50	123,00	134,30	145,30	156,00	20,56

RONDELLES PLATES

SYMBOLES DES SERIES SUIVANT LA LARGEUR

- Série étroite : Symbole Z
 Série moyenne : Symbole M
 Série large : Symbole L
 Série très large : Symbole LL

Symboles de finition

Rondelles précises : Symbole U

Rondelles brutes : Symbole N

Diamètre nominal	a				b		c	e
	Z	M	L	LL	U	N		
1,8	3,5	5	6	8	2		0,3	
2	4	5,5	7	9	2,2		0,3	
2,2	4,5	6	8	10	2,4		0,5	
2,5	5	7	10	12	2,7		0,5	
3	6	8	12	14	3,25	3,5	0,8	0,25
4	8	10	14	16	4,25	4,5	0,8	0,25
5	10	12	16	20	2,25	5,5	1	0,28
6	12	14	18	24	6?25	7	1?2	0?50
7	14	16	20	27	7?25	8	1?5	0?50
8	16	18	22	30	8,25	9	1,5	0,50
9	18	20	24	30	9,25	10	1,5	0,50
10	20	22	27	36	10,25	11	2	0,50
11	22	24	30	36	11,50	12	2	0,50
12	24	27	32	40	12,50	14	2,5	0,75
14	27	30	36	45	14,50	16	2,5	0,75
16	30	32	40	50	16,50	19	3	1
18	32	36	45	55	19	20	3	1

DIMENSIONNEMENT DES ASSEMBLAGES BOULONNE, RIVETES ET SOUDES

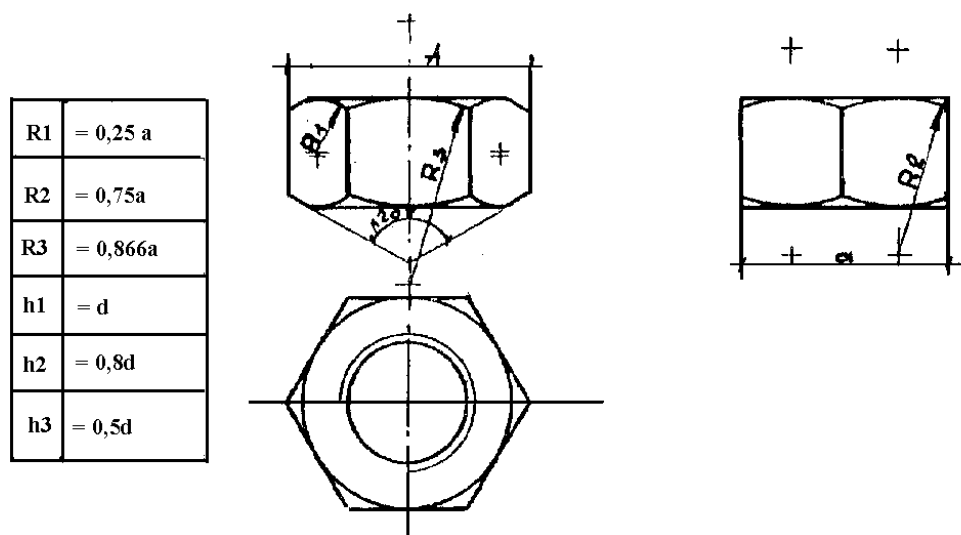
20	36	40	50	60	21	22	3	1
22	40	45	55	65	23	24	3	1
24	45	50	60	70	25	27	4	1,5
27	48	55	65	75	28	30	4	1,5
30	52	60	70	80	31	33	4	1,5
33		65	75	85	34	36	5	1,5
36		70	80	90	37	39	5	1,5
39		75	85	94	40	42	6	1,5
42		80	90	100	43	45	6	1,5
45		85	100	110	46	48	7	1,5
48		90	105	120	49	52	7	1,5
52		100	115	130	54	56	8	2
56		105			58	60	9	2
60		115			62	65	9	2
64		120			66	70	9	2
60		130			70	74	10	2
72		135			74	78	10	2
76		140			78	82	11	2
80		150			82	86	11	2

Le chanfrein facultatif à 90° sur rondelle précise U n'est fait que sur demande du client

BOULONS ORDINAIRES

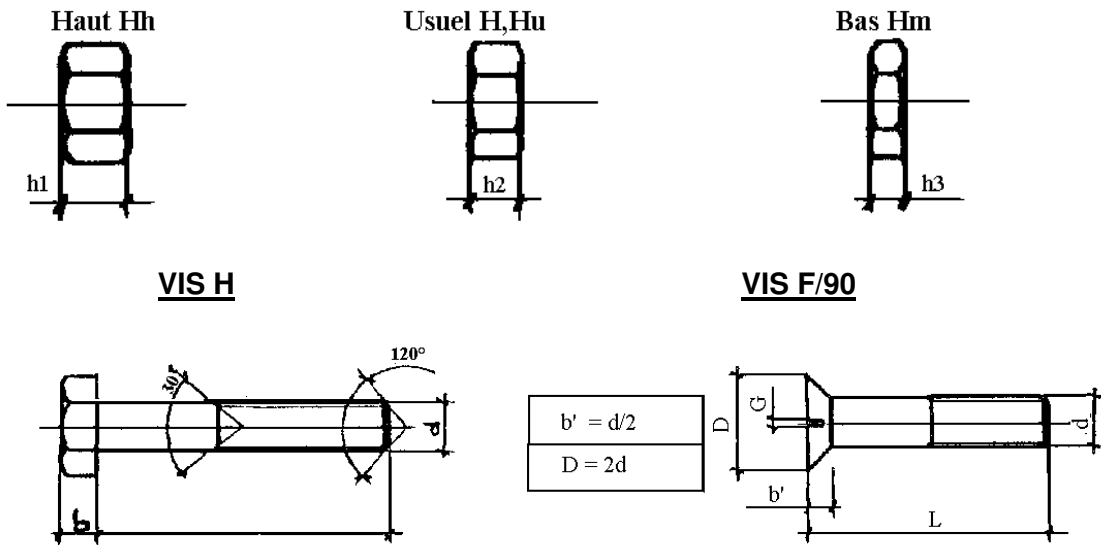
Qualité	4/6	4/8	5/6	5/8	6/6	6/8	6/9	8/8	10/9
Rupture R	40	40	50	50	60	60	60	80	100
Elasticité σ_e	24	32	30	40	36	48	54	64	90
Contrainte limite	24	28	30	35	36	42	42	56	70

ECROUS



d	a	A	G	D	G'	G
4	7	8	2,8	8	2	1,2
5	8	9	3,5	10	2,5	1,5
6	10	11,5	4	12	3	1,5
8	13	15	5,5	16	4	2
10	17	19,5	9	20	5	2
12	19	22	8	24	6	2,3
14	22	25,5	9	28	7	2,5
16	24	27,5	40	32	8	3
18	27	31	12	36	9	3
20	30	35	13	40	10	3,5
22	32	37	14	42	11	3,5
24	36	41	15	48	12	4
27	41	47	17	-	-	-
30	46	53	19	-	-	-

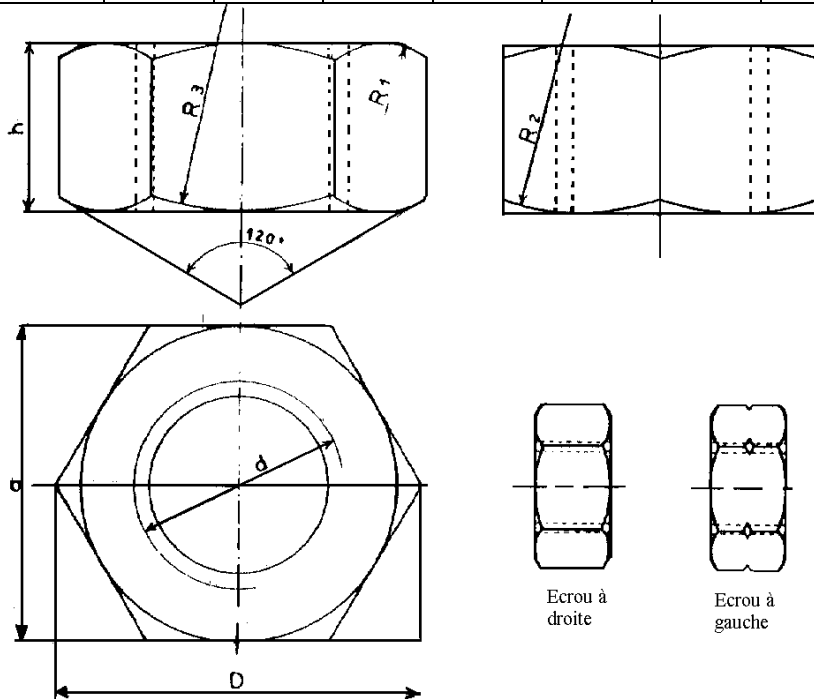
Ecrous



ECROUS H

D'APRES NF E - 27 - 411 MARS 66

d	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30
h	5	6,5	8	10	11	13	15	16	19	24
a	10	13	17	19	22	24	27	30	36	46
D	11,5	15	19,5	22	24,4	27,8	31,2	34,6	41,5	52,9



CARACTERISTIQUES DES BOULONS



d	Boulons hexagonaux et carrés				Boulons cylindriques			Valeurs de X longueurs de tige		
	pas	a	b	c	a	b	c	< 80	90à200	> 200
1,6	0,35	3,2	1,1	3,7				8		
2	0,4	4	1,4	4,7				9		
2,5	0,45	5	1,7	8,9				10		
3	0,5	5,5	1,7	6,3				11		
4	0,6	6	2,4	7				11		
5	0,7	7	2,6	8,1				13		
6	1	10	4	11,5	10	3	2	17	22	
7	1	11	5	12,7	12	3,5	2	19	24	
8	1,25	13	5,5	15	14	4	2,5	21	26	
10	1,5	16	7	18,4	17	5	3	25	30	
12	1,75	19	8	21,9	21	6	3,5	28	33	43
14	2	21	9	24,5	23	7	4	32	37	47
16	2	24	10	27,7	26	8	4	35	40	50
18	2,5	27	12	31,5	29	9	5	40	45	55
20	2,5	30	13	34,6	32	10	5	43	48	56
22	2,5	30	13	34,6	35	11	5	46	51	61
24	3	36	19	41,6	36	12	6	50	55	65
27	3	41	17	47,3	42	13,5	6	55	60	70
30	3,5	46	19	53,1	46	15	7	60	65	75
33	3,5	50	21	57,7	50	16,5	7	65	70	80
36	4	34	23	62,3	54	18	8		76	86
39	4	56	25	67	56	19,5	8		80	90
42	4,5	63	26	72,7	63	21	9		86	96
45	4,5	67	22	77,4	67	22,5	9		81	101
48	5	71	30	82	71	24	10		97	107
52	5	77	32	86,9	77	26	10		130	113
56	5,5	32	35	94,7	82	25	11		111	121
60	5,5	99	36	101,6	88	30	11		117	127
64	6	94	40	102,5	84	32	12		124	137
68	6	100	42	115,5	100	34	12		130	140
72	6	105	45	121,2	105	36	12		136	146
76	6	110	48	127	110	38	12		142	152
80	6	116	50	133,9	116	40	12		148	158

Longueurs de tige l(mm) : 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 12 - 15 - 18 - 20 - 22 - 25 - 25

Puis de 5 en 5 mm pour des longueurs de ties l comprises entre 30 et 80 mm