

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

<http://module01-ofppt.blogspot.com>

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N 18 : DEMONTAGE ET MONTAGE
DES SYSTEMES
MECANIQUES**

SECTEUR : ELECTROTECHNIQUE

**SPECIALITE : MAINTENANCE DES
MACHINES OUTILS ET
AUTRES MACHINES DE
PRODUCTION
AUTOMATISEES**

NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE

ANNEE 2007

Document élaboré par :

Nom et prénom

EFP

DR

*KISSIOVA-TABAKOVA
Raynitchka*

*CDC Génie
Electrique*

DRIF

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-
-

SOMMAIRE

Présentation du Module	9
RESUME THEORIQUE	10
1. DIFFERENTS PROCEDES D'ASSEMBLAGE	11
1.1. Rivetage	11
1.1.1. Montage	11
1.1.2. Types de rivetage	13
1.1.3. Représentation symbolique et désignation	15
1.2. Goupillage	15
1.2.1. Goupilles cylindriques non trempées	16
1.2.2. Goupilles de positionnement coniques filetées	16
1.2.3. Goupilles cylindriques fendues	17
1.2.4. Goupilles épingle (SAFIL S.A)	17
1.2.5. Goupilles cannelées	18
1.2.6. Goupilles élastiques (MECANINDUS)	19
1.3. Clavetage	20
1.3.1. Clavettes parallèles	20
1.3.2. Clavettes disques	21
1.4. Assemblage par éléments filetés	22
1.4.1. Désignation générale des vis	22
1.4.2. Assemblage par vis avec tête débordante NF E 27-025	22
1.4.3. Assemblage avec tête de vis noyée dans un lamage	23
1.4.4. Implantation d'une vis	23
1.4.5. Différents types de vis d'assemblage	24
1.4.6. Goujons	27
1.4.7. Boulons	28
1.4.8. Vis autotaraudeuses pour tôle	31
1.4.9. Différentes vis de pression	33
1.5. Ecrous et rondelles	34
1.5.1. Principaux écrous manœuvrés par clés	34
1.5.2. Principaux écrous manœuvrés à la main	36
1.5.3. Freinage à sécurité relative à l'aide d'écrous	37
1.5.4. Freinage à sécurité absolue à l'aide d'écrous et d'accessoires formant obstacle	39
1.5.5. Rondelles d'appui et rondelles freins	40
1.6. Construction soudée NF E 04-020	Erreur ! Signet non défini.
1.6.1. Définitions	Erreur ! Signet non défini.
1.6.2. Représentation et symbolisation des soudures	Erreur ! Signet non défini.
2. PRINCIPAUX ORGANES DE TRANSMISSION DE PUISSANCE... Erreur ! Signet non défini.	
2.1. Transmission générale et individuelle	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Arbre de transmission	Erreur ! Signet non défini.
2.2.1. Caractéristiques	Erreur ! Signet non défini.
2.2.2. Catégories d'arbres	Erreur ! Signet non défini.
2.2.3. Tolérances d'ajustement	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Coussinets, roulements et paliers	Erreur ! Signet non défini.
2.3.1. Bagues et coussinets	Erreur ! Signet non défini.
2.3.2. Roulements	Erreur ! Signet non défini.
2.3.3. Roulements et douilles à aiguilles	Erreur ! Signet non défini.
2.3.4. Butées et roulements combinés	Erreur ! Signet non défini.
2.3.5. Paliers, manchons et coussinets	Erreur ! Signet non défini.
2.4. Contrôle de l'alignement des arbres	Erreur ! Signet non défini.
2.4.1. Terminologie d'alignement	Erreur ! Signet non défini.
2.4.2. Types d'alignement	Erreur ! Signet non défini.
2.5. Guidage en translation	Erreur ! Signet non défini.
2.6. Lubrification et graissage	Erreur ! Signet non défini.
2.6.1. Huiles et graisses	Erreur ! Signet non défini.

2.6.2.	Lubrification et protection des roulements	Erreur ! Signet non défini.
2.6.3.	Graisseurs, bouchons et voyants	Erreur ! Signet non défini.
3.	TRANSMISSION DE PUISSANCE SANS TRANSFORMATION DE MOUVEMENT ...	Erreur ! Signet non défini.
3.1.	Accouplements et embrayages	Erreur ! Signet non défini.
3.1.1.	Puissance et couple transmissibles par les accouplements	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2.	Défauts d'alignement des accouplements	Erreur ! Signet non défini.
3.1.3.	Accouplements permanents	Erreur ! Signet non défini.
3.1.4.	Accouplement temporaires	Erreur ! Signet non défini.
3.2.	Transmission par courroies et par chaînes	Erreur ! Signet non défini.
3.2.1.	Transmission par poulies et courroies	Erreur ! Signet non défini.
3.2.2.	Transmission par roues et chaînes	Erreur ! Signet non défini.
4.	TRANSMISSION PAR ENGRENAGES	Erreur ! Signet non défini.
4.1.	Engrenage	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1.	Engrenages droits à denture droite	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.	Engrenages droits à denture hélicoïdale	Erreur ! Signet non défini.
4.1.3.	Engrenages coniques ou à axes concourants	Erreur ! Signet non défini.
4.1.4.	Engrenage roue et vis sans fin	Erreur ! Signet non défini.
4.2.	Détériorations des engrainages	Erreur ! Signet non défini.
4.2.1.	Piqûres	Erreur ! Signet non défini.
4.2.2.	Ecaillage	Erreur ! Signet non défini.
4.2.3.	Grippage	Erreur ! Signet non défini.
4.2.4.	Rides	Erreur ! Signet non défini.
4.2.5.	Usure par abrasion	Erreur ! Signet non défini.
4.2.6.	Rupture des dents	Erreur ! Signet non défini.
5.	TRANSMISSION DE PUISSANCE AVEC TRANSFORMATION DE MOUVEMENT ...	Erreur ! Signet non défini.
5.1.	Système vis - écrou	Erreur ! Signet non défini.
5.2.	Système bielle - manivelle	Erreur ! Signet non défini.
5.3.	Bielles et manivelles à coulisse	Erreur ! Signet non défini.
5.3.1.	Manivelle à coulisse	Erreur ! Signet non défini.
5.3.2.	Tige guidée à coulisse	Erreur ! Signet non défini.
5.3.3.	Bielle à coulisse à retour rapide	Erreur ! Signet non défini.
5.4.	Cames	Erreur ! Signet non défini.
5.4.1.	Cames disques	Erreur ! Signet non défini.
5.4.2.	Cames à rainures	Erreur ! Signet non défini.
5.4.3.	Cames à tambours	Erreur ! Signet non défini.
6.	GÉNÉRALITÉS DE LA MAINTENANCE	Erreur ! Signet non défini.
6.1.	Définition générale	Erreur ! Signet non défini.
6.2.	Différentes formes de maintenance	Erreur ! Signet non défini.
6.2.1.	Maintenance préventive	Erreur ! Signet non défini.
6.2.2.	Maintenance corrective	Erreur ! Signet non défini.
7.	NIVEAUX DE MAINTENANCE	Erreur ! Signet non défini.
7.1.	Niveau 1	Erreur ! Signet non défini.
7.2.	Niveau 2	Erreur ! Signet non défini.
7.3.	Niveau 3	Erreur ! Signet non défini.
7.4.	Niveau 4	Erreur ! Signet non défini.
7.5.	Niveau 5	Erreur ! Signet non défini.
8.	PREPARATION DU POSTE DE TRAVAI	Erreur ! Signet non défini.
8.1.	Constitution d'un poste de travail	Erreur ! Signet non défini.
8.2.	Ordre ou plan de démontage	Erreur ! Signet non défini.
9.	EXECUTION DU DEMONTAGE	Erreur ! Signet non défini.
9.1.	Règles générales	Erreur ! Signet non défini.
9.2.	Repérage des pièces	Erreur ! Signet non défini.
9.3.	Nettoyage des pièces	Erreur ! Signet non défini.
9.4.	Méthode générale de démontage et de montage	Erreur ! Signet non défini.
9.5.	Particularités de démontage	Erreur ! Signet non défini.
9.5.1.	Pièces emmanchées ou non à force	Erreur ! Signet non défini.

9.5.2.	Pièces frettées.....	Erreur ! Signet non défini.
9.5.3.	Pièces soudées à basse température	Erreur ! Signet non défini.
9.5.4.	Pièces rivées	Erreur ! Signet non défini.
9.5.5.	Pièces serties.....	Erreur ! Signet non défini.
9.5.6.	Pièces vissées.....	Erreur ! Signet non défini.
9.5.7.	Pièces d'arrêt	Erreur ! Signet non défini.
9.5.8.	Pieds de centrage cylindriques.....	Erreur ! Signet non défini.
	GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES.....	Erreur ! Signet non défini.
	TP1 – Réducteur de vitesse à roues dentées et à arbre creux	Erreur ! Signet non défini.
	TP2 – Engrenage	Erreur ! Signet non défini.
	TP3 – Transmission de puissance sans transformation de mouvement.....	Erreur ! Signet non défini.
	TP4 – Transmission de mouvement par poulie et courroie.....	Erreur ! Signet non défini.
	TP5 – Transmission de puissance par friction.....	Erreur ! Signet non défini.
	TP6 – Réducteur de vitesse à engrenage conique.....	Erreur ! Signet non défini.
	TP7 – Montage des roulements	Erreur ! Signet non défini.
	EVALUATION DE FIN DE MODULE.....	Erreur ! Signet non défini.
	LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	Erreur ! Signet non défini.

MODULE : 18 **DEMONTAGE ET MONTAGE DES SYSTEMES
MECANIQUES**

Durée : 80 heures

OBJECTIF OPERATIONNEL

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit :
**Acquérir les méthodes et les technologies utilisées pour
effectuer le démontage, le remontage et l'entretien
des systèmes mécaniques**
selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'EVALUATION

- Travail individuel.
- À partir :
 - de schémas ou de plan de circuits;
 - de manuels techniques;
 - d'abaques et de tableaux.
- À l'aide :
 - de composants, de raccords et de conduits;
 - d'outillage et d'équipement;
 - des instruments de mesure et de contrôle;
 - de machines et d'équipement industriel.

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles de santé et de sécurité au travail.
- Respect du processus de travail.
- Respect des plans ou des schémas.
- Utilisation appropriée de l'outillage et de l'équipement.
- Travail soigné et propre.
- Exactitude des calculs.
- Respect des normes.

OBJECTIF OPERATIONNEL DE COMPORTEMENT

ELEMENTS DE COMPETENCE

CRITERES DE PERFORMANCE

A) Caractériser les principaux organes de liaison et d'assemblage dans les mécanismes en identifiant les champs d'application des mécanismes industriels

- ✓ Caractères et modes des liaisons
- ✓ Différents procédés d'assemblage :
 - Rivetage
 - Goupillage
 - Clavetage
 - Boulonnage
 - Vissage
 - Ecrous et rondelles

B) Caractériser les principaux organes de transmission de puissance entre deux arbres en prolongement

- ✓ Transmission générale et individuelle
- ✓ Arbre de transmission
- ✓ Paliers
- ✓ Accouplements permanents et temporaires
- ✓ Contrôle de l'alignement des arbres
- ✓ Graissage des paliers
- ✓ Etude des chaînes cinématiques des différents accouplements

C) Démonter et remonter les roulements

- ✓ Différents types de roulements
- ✓ Désignation des roulements
- ✓ Méthodes correctes de montage et de démontage
- ✓ Utilisation correcte des équipements de démontage et de remontage
- ✓ Lubrification des roulements
- ✓ Ajustement des roulements

D) Caractériser les principaux organes de transmission de puissance entre deux arbres non en prolongement

- ✓ Transmission de puissance par liaisons :
 - Articulée
 - Souple entre arbres éloignés
 - Rigide entre arbres rapprochés
- ✓ Transmission de puissance avec modification de la vitesse ou le sens de rotation :
 - Inverseurs
 - Réducteurs de vitesse
 - Boîtes de vitesse
 - Variateurs

	✓ Démontage, remontage et étude de la chaîne cinématique de : - La boîte de vitesse d'une faiseuse - La table d'une fraiseuse - Le traînard d'un tour
E) Analyser les conditions de fonctionnement d'un système mécanique	✓ Méthodes générales d'analyse ✓ Conditions générales de fonctionnement : - Condition d'alimentation - Condition d'utilisation - Condition d'assemblage - Condition de guidage - Condition de graissage ✓ Analyse d'un organe ✓ Analyse d'un mécanisme
F) Apporter des remèdes à la dégradation des machines	✓ Action du milieu ambiant : - Corrosion - Vieillesse ✓ Effet du fonctionnement - Déformation et rupture - Echauffement et usure ✓ Bruits et vibrations : - Chocs entre les éléments mobiles - Désalignement des paliers
G) Appliquer les mesures de sécurité	✓ Précautions à prendre lors de l'utilisation des outils de montage et de démontage des organes mécaniques ✓ Mesures préventives pendant l'utilisation de l'appareil de chauffage par induction
H) Appliquer les règles de protection de l'environnement	✓ Stockage adéquat aux normes de la protection de l'environnement des : - Produits pétroliers de nettoyage des organes mécaniques (gasoil, essence de térébenthine...) - Huiles et graisses usées
I) Travailler avec sécurité pendant les opérations de démontage et de remontage des organes mécaniques	✓ Application correcte des mesures de sécurité et des précautions d'emploi : - Nettoyer l'outillage avant l'utilisation - Choisir et utiliser l'outillage de démontage et de remontage qui convient (tournevis, clés, etc.)

- Sélectionner des positions correctes d'outillage pour éviter tout glissement qui peut occasionner les accidents graves
- Nettoyer immédiatement les flaques d'huiles laissées sur le sol
- Le soulèvement d'un poids doit être fait avec les muscles des jambes et des épaules
- Pousser les chariots en regardant attentivement devant soi et à faible vitesse
- Transporter et conserver une charge ou un fardeau aussi bas que possible
- Avant de descendre la charge, s'assurer que les compagnons de travail sont hors du danger
- Les mains et les pieds ne doivent jamais s'engager entre un rouleau et le sol ou le fardeau
- Eviter un lien usé et lire sur l'appareil la force maximale indiquée
- Se placer à côté du levier pendant la manœuvre
- Porter des gants
- Les personnes ayant un stimulateur cardiaque ne doivent pas se servir de l'appareil de chauffage par induction. D'autres appareils électroniques sensibles, par exemple des montres, peuvent également être affectés. Ne pas utiliser cet appareil dans des zones où il y a des risques d'explosion.
- Toujours se conformer aux instructions de fonctionnement
- Prévoir toujours une butée ou un écrou de serrage pendant le démontage par la méthode à pression d'huile et des roulements montés sur des portées coniques

Présentation du Module

« Démontage et montage des systèmes mécaniques » est *un module de deuxième année de formation* qui permet aux stagiaires de la spécialité « Maintenance des Machines Outils et Autres Machines de Production Automatisées » de se familiariser avec les caractéristiques principales des organes de liaison et de transmission de puissance, ainsi que des conditions de fonctionnement des systèmes mécaniques et des méthodes de maintenance (démontage, montage, lubrification, etc.). L'objectif de ce dernier est de traiter également l'application des mesures de sécurités et les règles de protection de l'environnement. Les stagiaires acquièrent des connaissances aux méthodes générales d'analyse du fonctionnement d'un système mécanique ainsi qu'à l'action de remédier aux défaillances. Ils sont placés dans une situation où ils peuvent analyser les circuits, faire des mesures nécessaires et réparer les défaillances à l'aide des outils appropriés.

***Module 18 : DEMONTAGE ET
MONTAGE DES SYSTEMES
MECANIQUES
RESUME THEORIQUE***

1. DIFFERENTS PROCEDES D'ASSEMBLAGE

Les parties d'un ensemble mécanique sont liées de façons différentes selon les exigences de robustesse, de maintenabilité, de fiabilité et d'autres.

1.1. Rivetage

Le rivetage est un procédé qui consiste à refouler l'extrémité d'une tige cylindrique munie d'une tête (rivet) afin de former une rivure qui permettra de maintenir solidement deux pièces. La liaison obtenue par rivetage est permanente et indémontable. C'est un procédé très utilisé (notamment en aéronautique) qui présente de nombreux avantages : économique, fiable, cadence de rivetage élevée, assemblage de pièces de matière et d'épaisseurs différentes.

L'assemblage se fait à froid ce qui évite les altérations d'origine thermique (structure, déformation), mais la préparation est longue. L'étanchéité est possible mais difficile. Les différentes parties sont soumises à une corrosion électrolytique du type « pile ».

1.1.1. Montage

Le rivet travaille soit à l'extension (fig. 1-1a), soit au cisaillement (fig. 1-1b). Le travail au cisaillement est préférable. Les rivures avec des rivets de diamètre $d \geq 10 \text{ mm}$ sont faites à chaud.

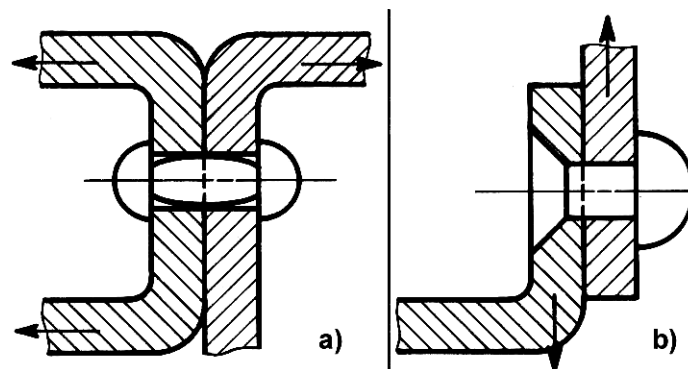


Fig. 1-1

La disposition des rivures peut être :

- Recouvrement simple (fig. 1-2a) ;
- Couvre joint simple $e_1 \geq 1,5 e$ (fig. 1-2b) ;
- Couvre joint double $e_1 \geq 0,75 e$ (fig. 1-2c) ;
- Rivures en chaîne (fig. 1-2d) et ou quinconces (fig. 1-2e).

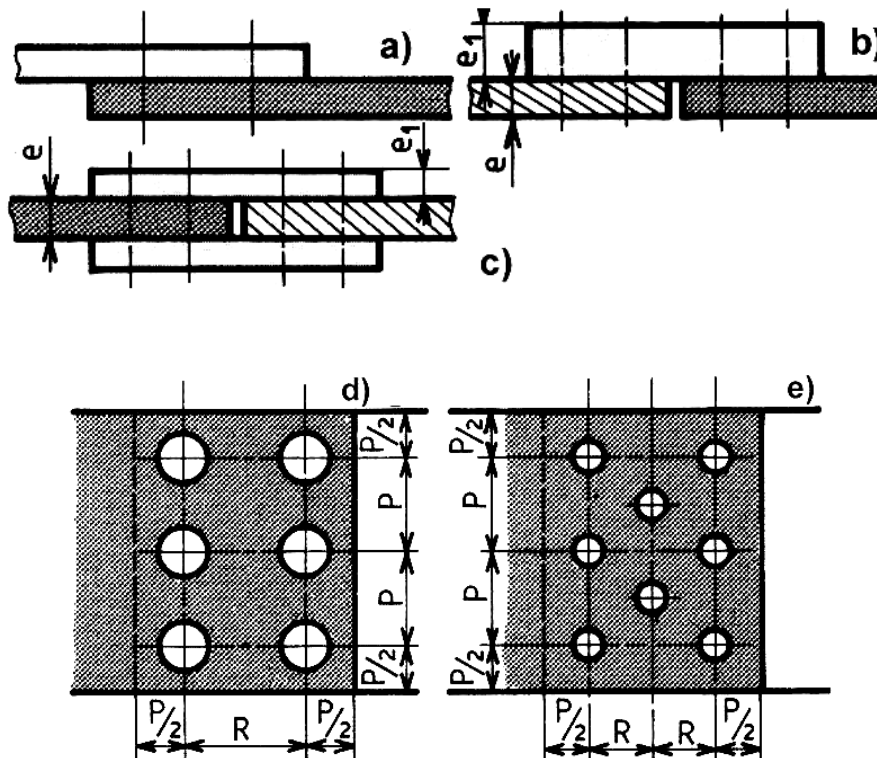


Fig. 1-2

Le diamètre des trous peut être de **1,05 à 1,1 d** (d = diamètre du rivet) lorsque le trou est obtenu par poinçonnage on doit ôter la zone écrouie lors d'un rivetage fortement sollicité.

Le diamètre des rivets peut être choisi entre les deux formules : $d = \sqrt[3]{50e - 4}$ ou $d = 45e / (15 + e)$.

La distance entre deux rivets consécutifs d'une ligne (le pas **P**) est :

- Rivure courante : **P** = 3 à 10 **d** ;

<http://module01-ofppt.blogspot.com>

- Rivure étanche : $P = 2,5 \text{ à } 4 d$.

La distance de la tôle à l'axe du premier rivet est égale à $P/2$.

La longueur de rivets est normalisée. Elle doit être calculée à partir des formules ci-dessous et après choisie dans le tableau :

- Rivure apparente : $L = 1,1.e + kd$; $k = 1,5 \text{ à } 1,7$;
- Rivure fraisée : $L = 1,1.e + k_1$; $k_1 = 0,6 \text{ à } 0,7$;

e = épaisseur de la tôle ; d = diamètre du rivet

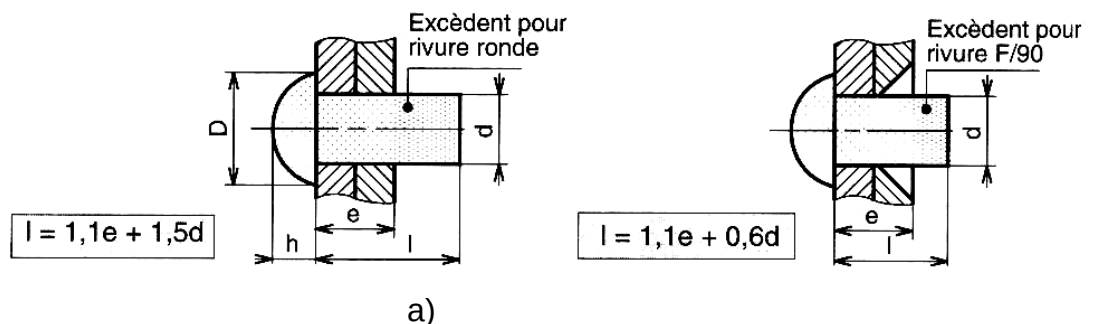
LONGUEUR, mm								
2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
14	16	20	25	30	35	40	45	50
55	60	65	70	75	80	85	90	100
110	120	130	140	150	160	170	180	190
200	225	250	275	Puis de 25 en 25				

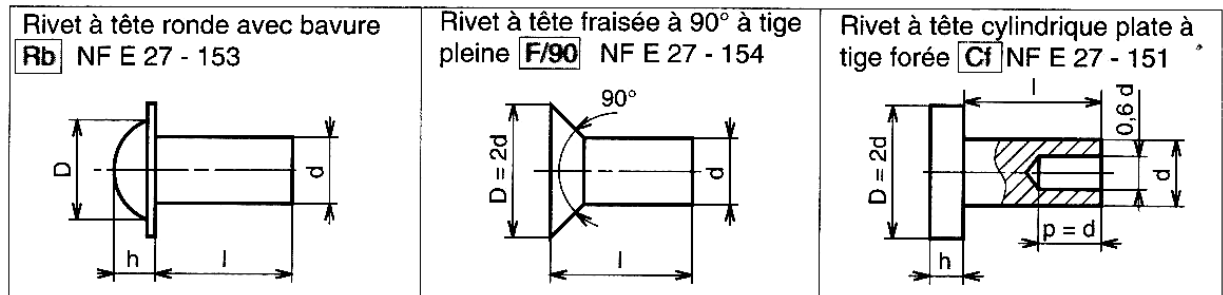
1.1.2. Types de rivetage

Les types de rivetage sont déterminés selon le moyen de pose :

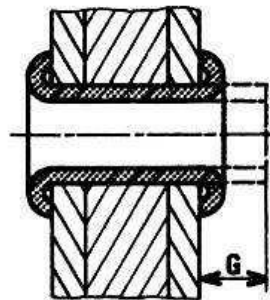
- Rivetage avec rivure apparente (tête ronde, goutte de suif, etc.) (fig. 1-3a) ;
- Rivetage avec rivure fraisée (fig. 1-3b) :
 - dans tôle épaisse ;
 - dans tôle mince.
- Rivetage avec rivet creux (automobile, aéronautique) : normalisé NF L 21-250c et R 93-507 (fig. 1-3c) ;
- Rivetages spéciaux (rivets à expansion ou rivets aveugles) (fig. 1-3d).

Rivet à tête
ronde **R**





b)



c)

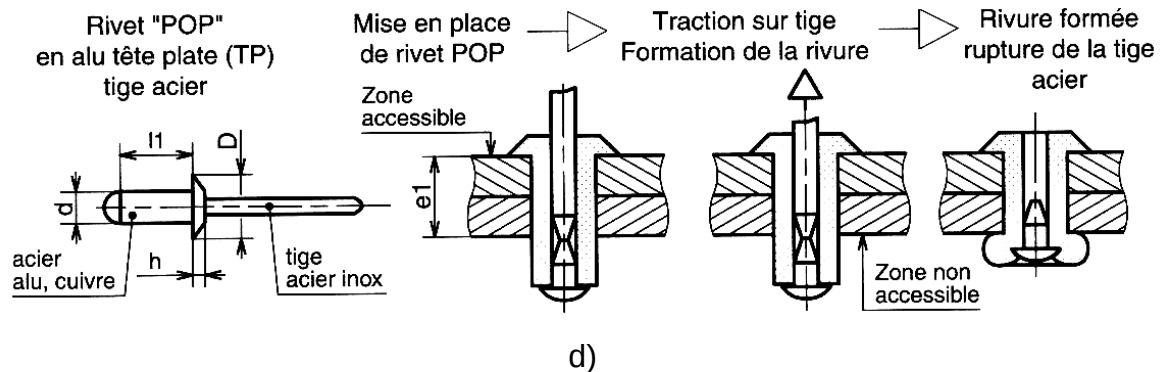


Fig. 1-3

On peut réaliser des rivures étanches par joint intercalé si l'épaisseur de la tôle $e < 5 \text{ mm}$ ou par matage des bords (fig. 1-4).

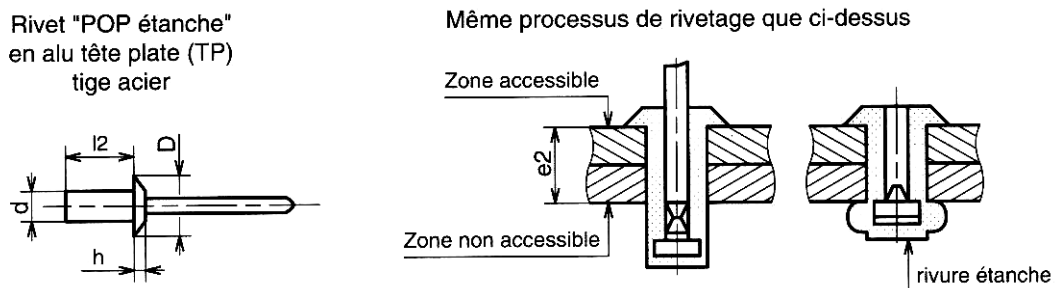
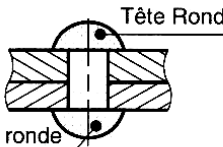
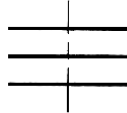
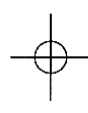
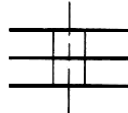
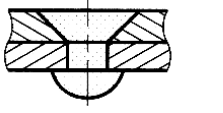
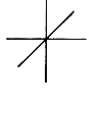
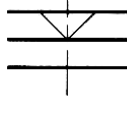
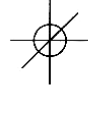
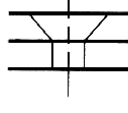
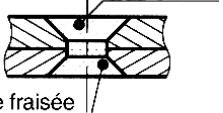
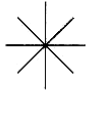
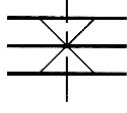
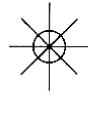
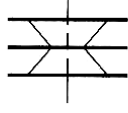


Fig. 1-4

1.1.3. Représentation symbolique et désignation

Représentations symboliques des rivets NF E 04 - 014				
Différents cas de rivetage	Rivets posés à l'atelier		Rivets posés sur chantier	
	en vue de dessus ⁽¹⁾	en vue de face	en vue de dessus ⁽¹⁾	en vue de face
 Tête Ronde Rivure ronde				
 Tête ou rivure fraisée				
 Tête fraisée Rivure fraisée				

Désignation (exemple)				Principales dimensions								
Le terme	Diamètre en mm		Norme de référence		d	3	4	5	6	8	10	12
RIVET	Forme de la tête (ronde R)	Longueur de la tige en mm		NF E 27 - 153	D	5,5	7	9	11	14	17	21
					h	2,5	3	4	4,5	5,5	7	8
					l	3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 20 - 25 - 30 - 32 - 35 - 38 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100						

1.2. Goupillage

Le goupillage est une solution constructive permettant (fig. 1-5):

- d'immobiliser une pièce par rapport à une autre ;
- de positionner une pièce par rapport à une autre ;
- de positionner précisément deux pièces ;
- de transmettre un mouvement (rotation ou translation) ;
- d'assurer la sécurité d'un mécanisme dans le cas d'une surcharge (cisaillement de la goupille).

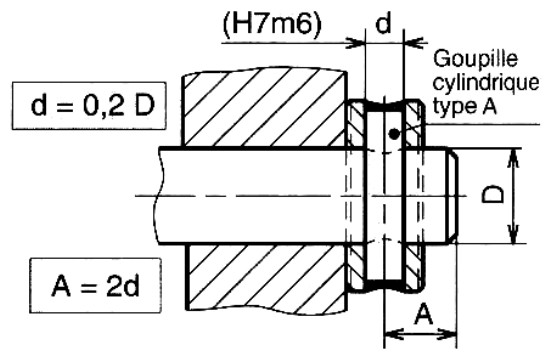


Fig. 1-5

1.2.1. Goupilles cylindriques non trempées

Représentation		Principales dimensions			
		Type	A	B	C
		Tolérance sur d	m6	h8	h11
		d	c	Longueur l	
				mini	maxi
		2	0,35	6	25
		2,5	0,4	6	25
		3	0,5	8	30
		4	0,63	8	45
		5	0,8	10	50
		6	1,2	12	60
		8	1,6	14	80
		10	2	20	100

Désignation (exemple)				
Le terme	Le type	Diamètre en mm	Longueur en mm	Norme de référence
GOUPILLE CYLINDRE	Type A	6	x 35	NF E 27 - 484

1.2.2. Goupilles de positionnement coniques filetées

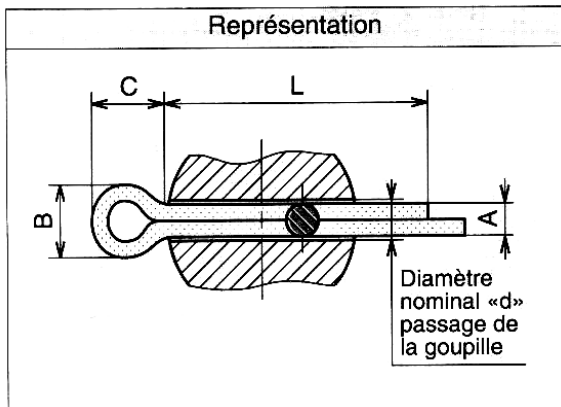
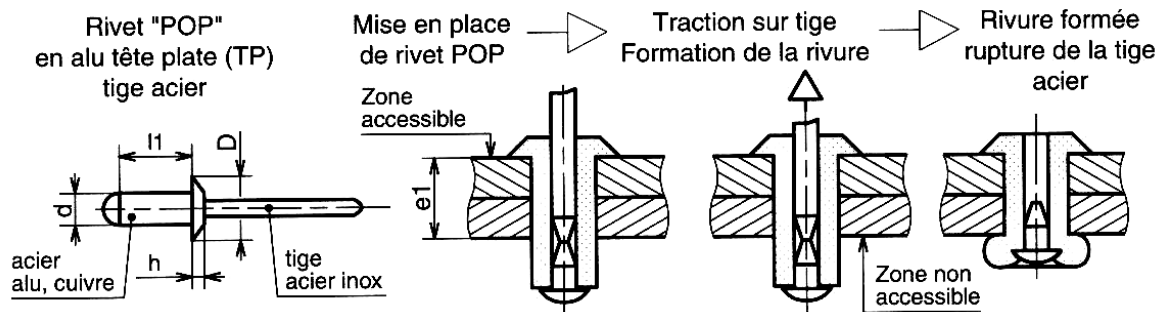
Représentation et désignation (exemple)

GOUPILLE DE
POSITION FILETÉE

A 10 x 75 NF E 27 - 482

d	d1	d2	d3	L	l	a	b
6	6,6	M4	2,5	50	30	1,5	15
8	8,8	M6	4,5	60	40	2	15
10	10,9	M8	6	75	45	3	20
12	13,1	M10	7	100	55	3	30

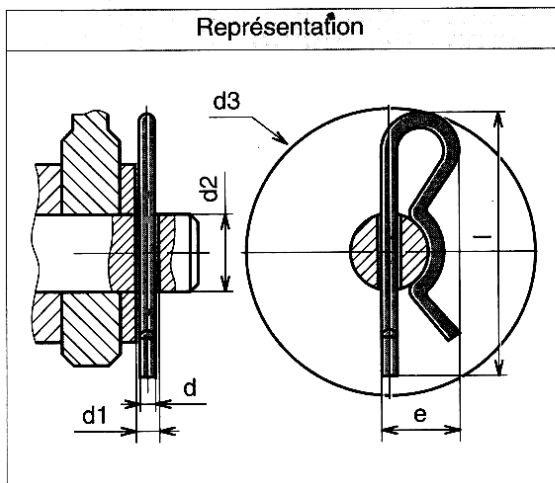
1.2.3. Goupilles cylindriques fendues



Principales dimensions							
d	A		B	C	Longueur L		L disponibles
	mini	maxi			mini	maxi	
1,6	1,3	1,4	3,6	4	8	32	8, 10, 12, 14, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 110, 112, 125
2	1,7	1,8	4,6	5	10	40	
2,5	2,1	2,3	5,8	6,4	12	50	
3,2	2,7	2,9	7,4	8	14	63	
4	3,5	3,7	9,2	10	18	80	
5	4,4	4,6	11,8	12,6	22	100	
6,3	5,7	5,9	15	16	32	125	

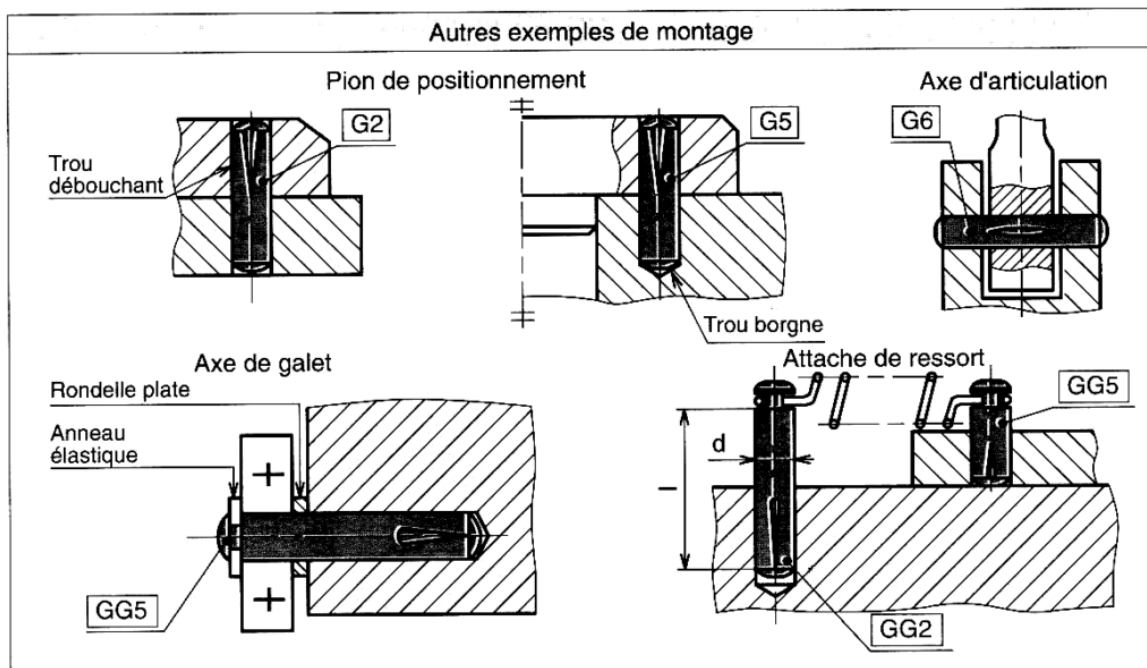
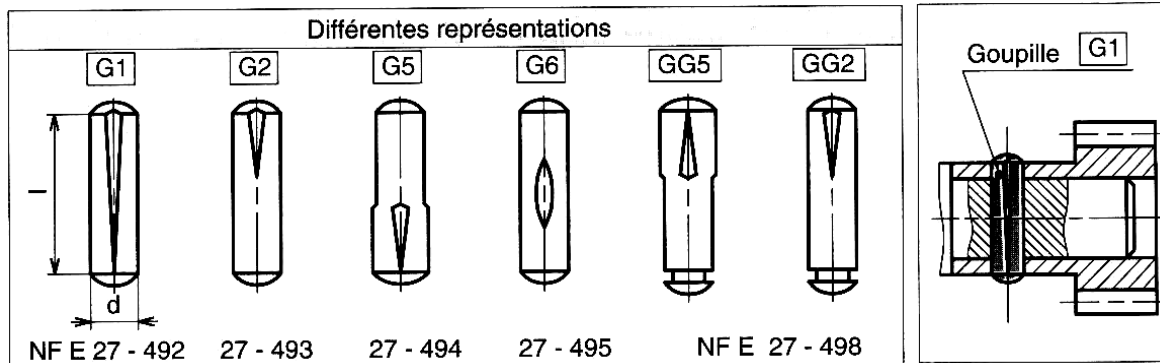
Désignation (exemple)					Observations
Le terme	Symbole	Diamètre en mm	Longueur en mm	Norme de référence	
GOUPILLE	V	5 x 40		NF E 27 - 487	
					- Solution constructive essentiellement utilisée comme frein d'écrou HK - Après mise en place de la goupille, les extrémités des branches sont écartées puis rabattues. - Attention ! pas de réutilisation après démontage

1.2.4. Goupilles épingle (SAFIL S.A)



Principales dimensions									
d	1,2	1,5	1,8	2	2,4	2,7	3	3,5	4
d1	1,4	1,7	2	2,2	2,6	3	3,4	4	4,5
d2	5-8	6-10	7-12	9-14	10-16	11-18	12-20	13-22	15-25
d3	35	42	48	62	70	78	84	96	124
l	31,5	37	46	53	60	70	76	84	115
e	9,5	10,5	12	15	17	20	21,5	24	27,5
- Solution constructive très conseillée pour des montages et démontages fréquents sans outillage spécifique.									

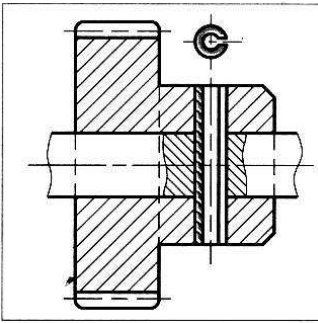
1.2.5. Goupilles cannelées

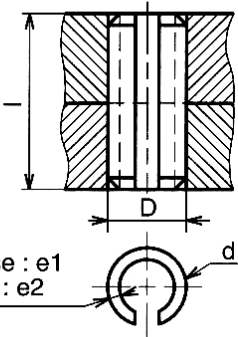
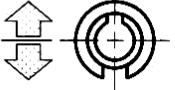


Principales dimensions		
Diamètres d standards	Longueurs l disponible	2d 10 d
0,5 - 1 - 1,2 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 20 - 25	de 1 en 1 de 6 à 10 mm de 2 en 2 de 12 à 40 mm	de 5 en 5 de 45 à 100 mm de 10 en 10 de 100 à 160 mm

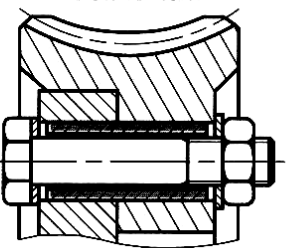
Désignation (exemple)					Observations
Le terme	Type	Diamètre en mm	Longueur en mm	Norme de référence	
GOUPILLE CANNELEE	G1	8 x 40	NF E	27 - 492	
- Solution constructive efficace et économique ne nécessitant pas des ajustements trop précis entre la goupille et l'alésage (H9 à H11). - De montage aisé ces goupilles permettent par leur variétés un grand nombre d'applications industrielles.					

1.2.6. Goupilles élastiques (MECANINDUS)

Observations	
- Ces goupilles sont obtenues par enroulement d'une bande d'acier très résistant. - Cette solution constructive présente de nombreux avantages : . montage et démontage aisés . faible coût . bonne fiabilité dans la transmission des efforts . bonne résistance aux vibrations.	

Représentations	
Montage simple  série épaisse : e1 série mince : e2	Montage renforcé  direction des efforts 

Principales dimensions													
D	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	I disponible
H12	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	5 - 6 - 8 - 10 12 - 15 - 18 - 20 - 22 - 25 - 28 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100 - 110 - 120 - 130 - 140
d	2,2	2,75	3,3	3,8	4,35	4,85	5,35	6,4	7,45	8,45	9,5	10,5	
e1	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,2	1,5	2	2	
e2	0,2	0,25	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,75	1	1	
I	5 à 40	5 à 40	6 à 50	6 à 50	8 à 60	8 à 70	10 à 80	10 à 80	10 à 100	12 à 120	12 à 120	15 à 140	

Désignation (exemple)					Autre exemple de montage
Le terme	Type	Diamètre en mm	Longueur en mm	Norme de référence	Décharge d'un boulon au cisaillement
GOUPILLE ÉPAISSE ÉLASTIQUE		12 x 35		NF E 27 - 489	

1.3. Clavetage

Le clavetage est une solution constructive, simple et économique, permettant la liaison par obstacle d'un moyeu sur un arbre (fig. 1-6). Il a pour but d'entraîner en rotation le moyeu (poulie, engrenage, etc.) et l'arbre. La liaison couramment obtenue est fixe et démontable. Le couple transmissible est supérieur à celui obtenu par goupillage mais reste modéré.

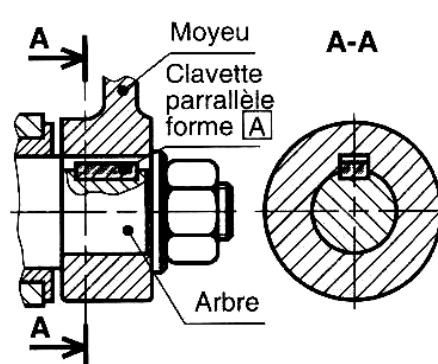
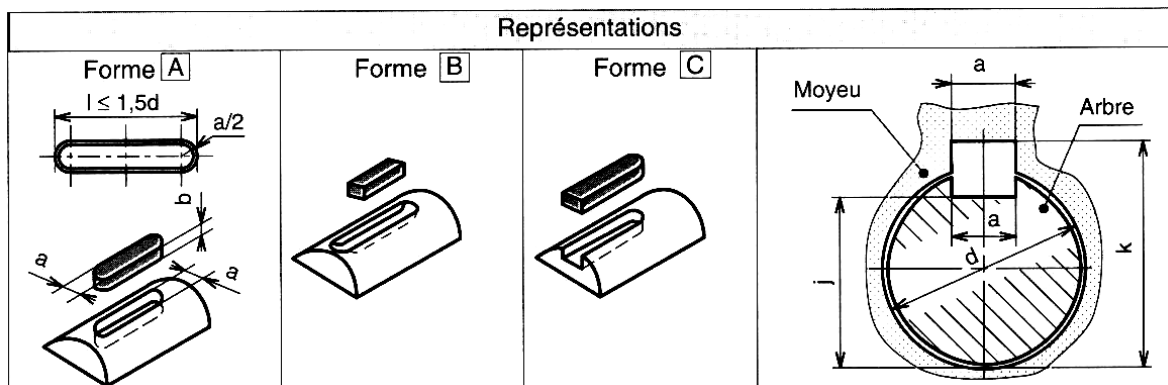


Fig. 1-6

1.3.1. Clavettes parallèles



Principales dimensions																		
d	Clavette		Arbre		Moyeu			d	Clavette		Arbre		Moyeu					
	a h9	b 6 h9 b >6 h11	a H9,N9 P9	j	a D10,JS9 P9	k			b 6 h9 b >6 h11	a H9,N9 P9	j		a D10,JS9 P9	k				
						valeur	Tol.				valeur	Tol.		valeur	Tol.	valeur	Tol.	
8 à 10	3	3	3	d - 1,8	+ 0,1 0	3	d + 1,4	0	38 à 44	12	8	12	d - 5	+ 0,2 0	12	d +3,3	0 -0,2	
10 à 12	4	4	4	d - 2,5		4	d + 1,8		- 0,1	44 à 50	14	9	14		d - 5,5	14		d +3,8
12 à 17	5	5	5	d - 3		5	d + 2,3			50 à 58	16	10	16		d - 6	16		d +4,3
17 à 22	6	6	6	d - 3,5		6	d + 2,8			58 à 65	18	11	18		d - 7	18		d +4,4
22 à 30	8	7	8	d - 4	+ 0,2 0	8	d + 3,3	0	65 à 75	20	12	20	d - 7,5		20	d +4,9		
30 à 38	10	8	10	d - 5		10	d + 3,3		- 0,2	75 à 85	22	14	22		d - 9	22	d +5,4	

Désignation (exemple)					Différents ajustements		
Le terme	Forme	Section a x b	Longueur en mm	Norme de référence	Type clavetage		
CLAVETTE PARALLÈLE	A	10 x 8 x 40		NF E 27 - 656	Libre	H9 h9	D10 h9
					Normal	N9 h9	Js9 h9
					Serré	P9 h9	P9 h9

1.3.2. Clavettes disques

L'utilisation de la clavette disque est limitée, car la rainure de clavetage profonde (plus difficile à usiner) affaiblit la résistance de l'arbre (fig. 1-7). Le couple transmissible est faible.

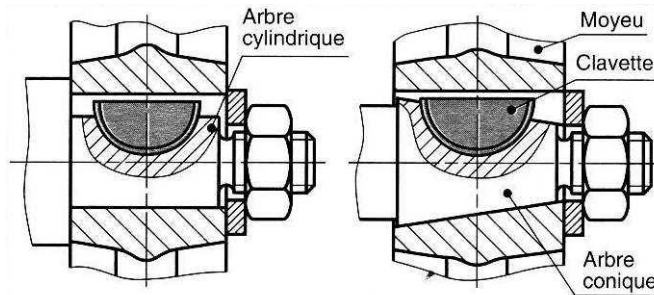
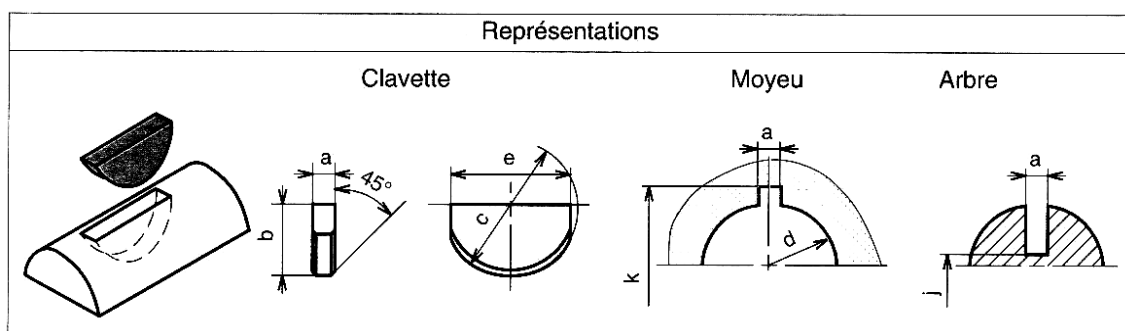


Fig. 1-7

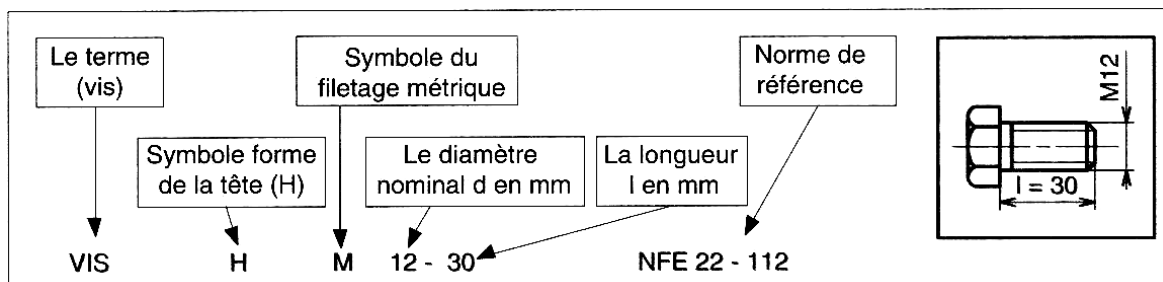


Désignation (exemple)			
Le terme	Épaisseur (a) en mm	Hauteur (b) en mm	Norme de référence
CLAVETTE DISQUE	8 x 15		NF E 27 - 653

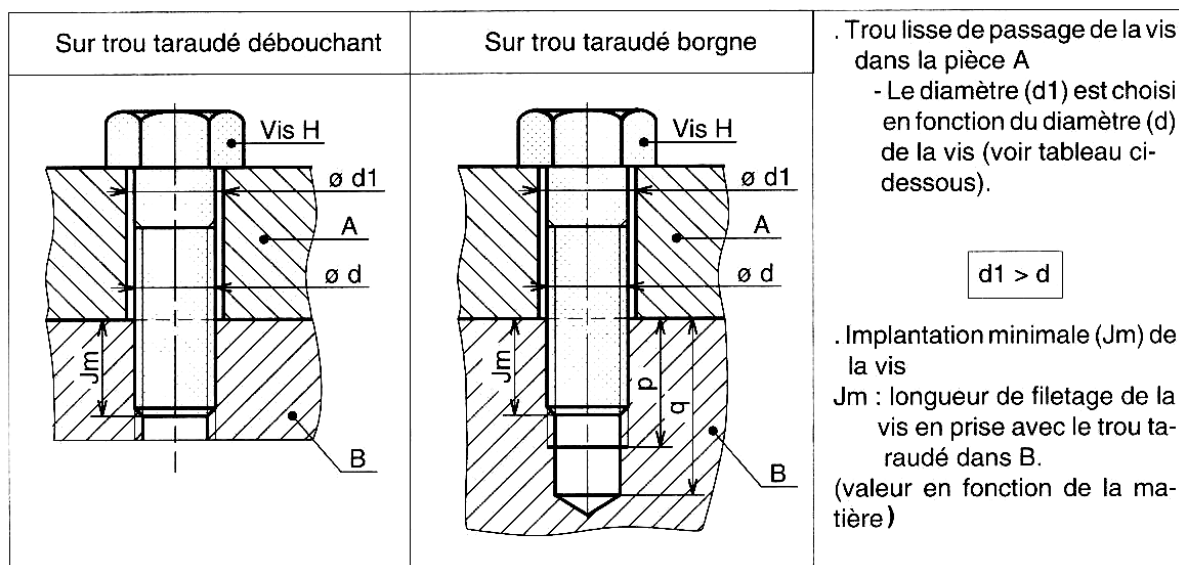
Principales dimensions															
a h9	Clavette			Arbre		Moyeu		a h9	Clavette			Arbre		Moyeu	
	b h11	c h11	e h11	a P9	j h11	a E9	k H13		b h11	c h11	e h11	a P9	j h11	a E9	k H13
4	5	13	11,5	4	d - 3,5	4	d + 1,8	6	10	25	23	6	d - 7,5	6	d + 2,8
	6,5	16	15		d - 5		d + 1,8		11	28	25,5		d - 8,5		d + 2,8
	7,5	19	17,5		d - 6		d + 1,8		13	32	30		d - 10,5		d + 2,8
5	6,5	16	15	5	d - 4,5	5	d + 2,3	8	11	28	25,5	8	d - 8	8	d + 3,3
	7,5	19	17,5		d - 5,5		d + 2,3		13	32	30		d - 10		d + 3,3
	9	22	20,5		d - 7		d + 2,3		15	38	35		d - 12		d + 3,3
6	9	22	20,5	6	d - 6,5	6	d + 2,8		16	45	41		d - 13		d + 3,3

1.4. Assemblage par éléments filetés

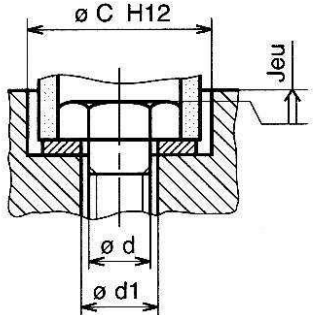
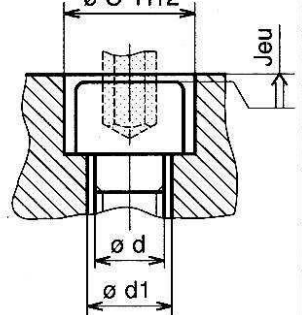
1.4.1. Désignation générale des vis



1.4.2. Assemblage par vis avec tête débordante NF E 27-025



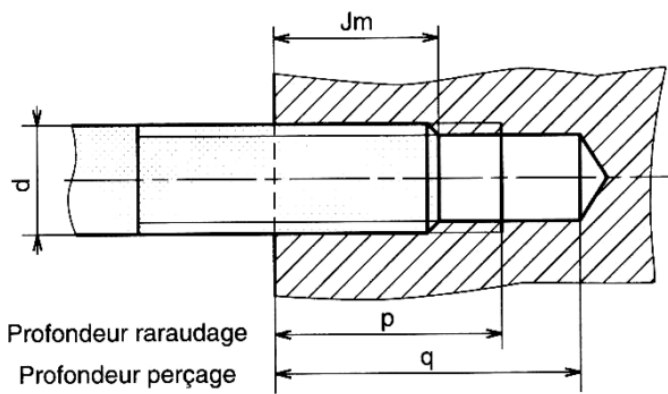
1.4.3. Assemblage avec tête de vis noyée dans un lamage

Outils de serrage débordant de la tête manœuvrés à la main ou à la machine	Outil de serrage non débordant de la tête	Diamètre nominal d	d1 H13	ø C H12		
				outils de serrage		
				Non débordant	débordant serrage main	débordant serrage machine
		M3	3,4	8	12	14
		M4	4,5	10	14	18
		M5	5,5	11	16	22
		M6	6,6	13	20	24
		M8	9	18	24	30
		M10	11	20	30	38
		M12	13,5	22	34	45
		(M14)	15	30	38	53
		M16	17,5	26	42	53

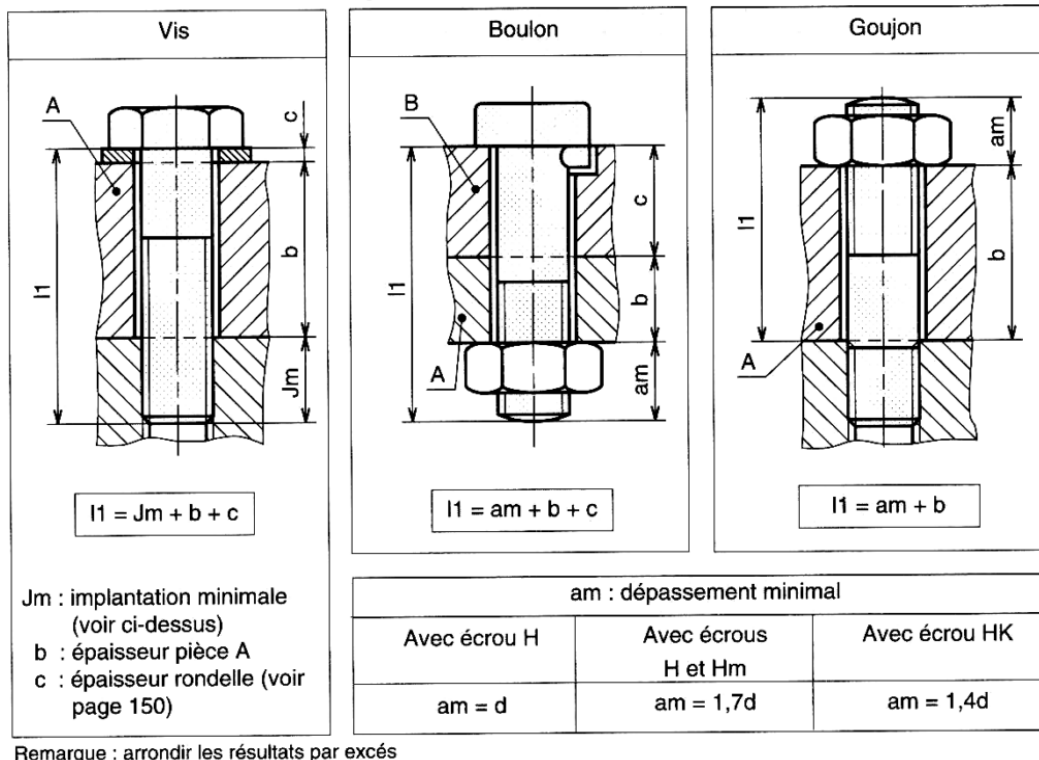
Remarque : les vis à tête fraisée sont noyées dans une fraisure

1.4.4. Implantation d'une vis

a) Détermination de la profondeur de perçage q et de taraudage p

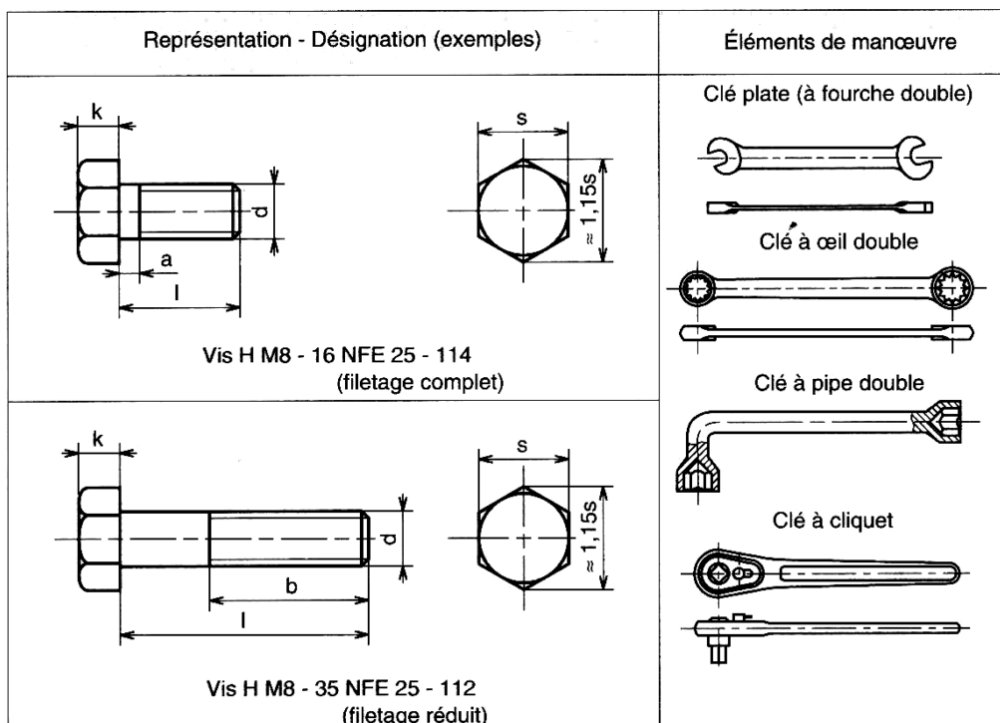
		d		q
		M3	$Jm + 5$	$Jm + 2$
		M4	$Jm + 6$	$Jm + 2,5$
		M5	$Jm + 8$	$Jm + 3$
		M6	$Jm + 10$	$Jm + 4$
		M8	$Jm + 12$	$Jm + 5$
		M10	$Jm + 14$	$Jm + 6$
		M12	$Jm + 16$	$Jm + 7$
		(M14)	$Jm + 18$	$Jm + 8$
		M16	$Jm + 20$	$Jm + 8$
Implantation minimale (Jm)				
dans l'acier	$Jm = d$			
dans la fonte et les alliages de cuivre	$Jm = 1,5d$			
dans l'aluminium et ses alliages	$Jm = 2d$			

b) Détermination de la longueur d'une vis, d'un boulon et d'un goujon



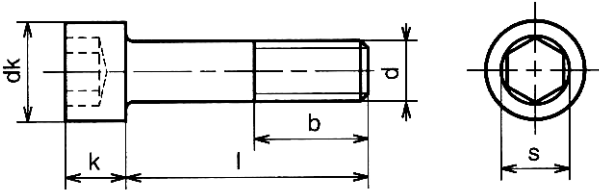
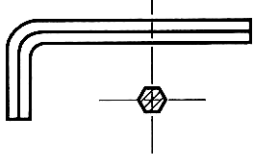
1.4.5. Différents types de vis d'assemblage

a) Vis à tête hexagonale **H**

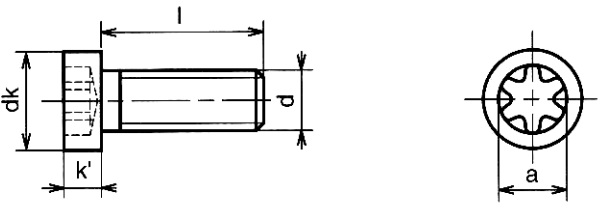
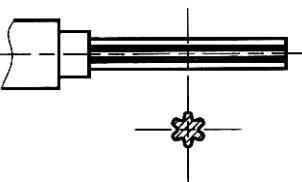


Principales dimensions					
d	pas (gros)	k	s	a	l : longueur sous tête b : longueur filetée
M3	0,5	2	5,5	1,5	6 - 8 - 10 - 12 - 14/12 - 16/12 - 18/12 - 20/12 - 22/12 - 25/12 - 28/12 - 30/12
M4	0,7	2,8	7	2,1	8 - 10 - 12 - 16/14 - 18/14 - 20/14 - 22/14 - 25/14 - 28/14 - 30/14 - 35/14 - 40/14
M5	0,8	3,5	8	2,4	10 - 12 - 16 - 18/16 - 20/16 - 22/16 - 25/16 - 28/16 - 30/16 - 35/16 - 40/16 - 45/16 - 50/16
M6	1	4	10	3	12 - 16 - 20/18 - 22/18 - 25/18 - 28/18 - 30/18 - 35/18 - 40/18 - 45/18 - 50/18 - 55/18 - 60/18
M8	1,25	5,3	13	3,75	16 - 20 - 25/22 - 28/22 - 30/22 - 35/22 - 40/22 - 45/22 - 50/22 - 60/22 - 65/22 - 70/22 - 75/22 - 80/22
M10	1,5	6,4	16	4,50	20 - 25 - 30/26 - 35/26 - 40/26 - 45/26 - 50/26 - 55/26 - 60/26 - 65/26 - 70/26 - 75/26 - 80/26 - 85/26 ...120/26
M12	1,75	7,5	18	5,25	25 - 30 - 35/30 - 40/30 - 45/30 - 50/30 - 55/30 - 60/30 - 65/30 - 70/30 ...120/30
(M14)	2	8,8	21	6	25 - 30 - 40/34 - 45/34 - 50/34 - 55/34 - 60/34 - 65/34 - 70/34 ...120/34
M16	2	10	24	6	25 - 30 - 35 - 40 - 45/38 - 50/38 - 55/38 - 60/38 - 65/38 - 70/38 ...120/38 - 150/44...200/44

b) Vis à tête cylindrique à six pans creux **CHC**

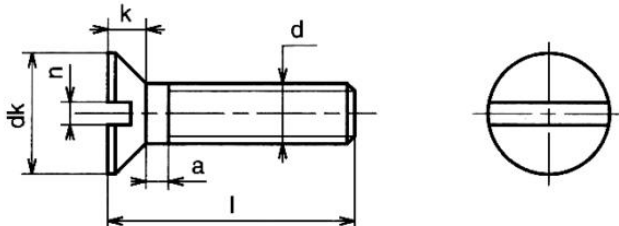
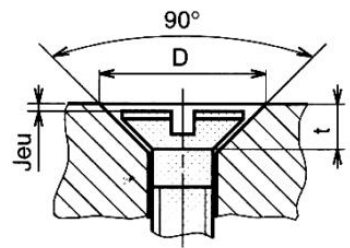
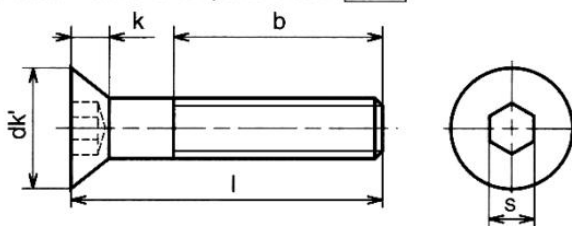
Représentation - Désignation (exemple)	Éléments de manœuvre
 Vis CHC M10 - 30 NFE 25 - 125	Clé six pans (Allen) coudée 

c) Vis à tête cylindrique basse à six lobes internes **CZX**

Représentation - Désignation (exemple)	Éléments de manœuvre
 Vis CZX M8- 20 NFE 27 - 111	Tournevis spécial 

Principales dimensions									
d	pas (gros)	dk	k	s	k'	a	CHC	I - l/b	I : longueur sous tête b : longueur filetée
M3	0,5	5,5	3	2,5	2	2,8	5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 25/18 - 30/18		
							6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30		
M4	0,7	7	4	3	2,8	3,95	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30/20 - 35/20 - 40/20		
							8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40		
M5	0,8	8,5	5	4	3,5	3,95	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30/22 - 35/22...50/22		
							8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50		
M6	1	10	6	5	4	5,80	10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35/24 - 40/24 - ...60/24		
							10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60		
M8	1,25	13	8	6	5	6,75	12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40/28 - 45/28 - ...80/28		
							12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40...60 - 65/40 - 80/40		
M10	1,5	16	10	8	6	11,35	16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45/32 - 50/32...100/32		
							16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45...65 - 70/50...100/50		
M12	1,75	18	12	10	7	11,35	20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50/36...120/36		
							20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - ...65 - 70/50...120/50		
(M14)	2	21	14	12			25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60/40...120/40		
M16	2	24	16	14			25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60/44...120/44		

d) Vis à tête fraisée **F**

Représentation - Désignation (exemple)	Logement de la vis
- Vis à tête fraisée fendue plate FS  Vis FS M8- 30 NFE 25 - 123	 Jeu supérieur à 0
- Vis à tête fraisée à six pans creux FHC  Vis FHC M8- 40 NFE 27 - 160	Éléments de manœuvre pour vis FS : tournevis S pour vis FHC : clé six pans coudée (voir p.138)

Principales dimensions										
d	pas (gros)	dk	dk'	k	n	a	t	D	l - l/b	l : longueur totale b : longueur filetée
M3	0,5	6,3	5,5	1,65	0,8	1	1,65	6,8	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25/18 - 30/18	
M4	0,7	9,4	8,4	2,7	1	1,4	2,70	9,8	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30/22 - 35/22 - 40/22	
M5	0,8	10,4	9,3	2,7	1,3	1,6	2,70	10,9	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30/22 - 35/22 - 40/22 - 50/22	
M6	1	12,6	11,3	3,3	1,5	2	3,30	13,2	10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35/24 - 40/24 - 50/24 - 60/24	
M8	1,25	17,3	15,8	4,65	2	2,5	4,65	18,1	10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40/28 - 50/28 - 60/28 - 70/28	
M10	1,5	20	18,3	5	2,5	3	5	21	12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50/32 - 60/32 - 70/32 - 80/32	
M12	1,75		22,5	6			6	25,2	20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 60/36 - 70/36 - 80/36 90/36 - 100/36	
(M14)	2		26	7			7		25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 60/40...120/40	
M16	2		30	8			8	33,6	35 - 40 - 50 - 60 - 70/44 - 80/44 - 90/44 - 100/44 110/44 - 120/44	

1.4.6. Goujons

a) Implantation (fig. 1-8)

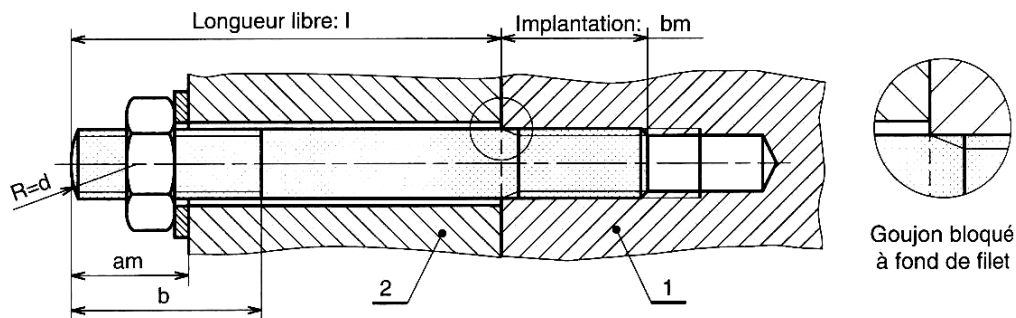


Fig. 1-8

b) Représentation (fig. 1-9)

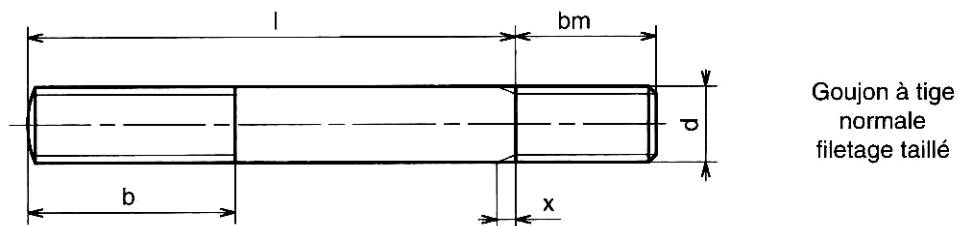
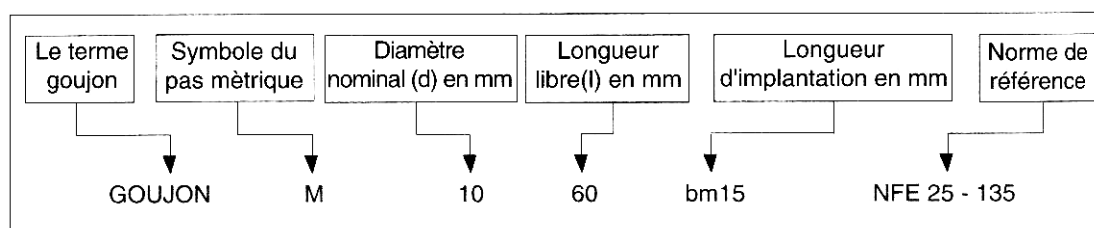


Fig. 1-9

Remarque : Il existe également **des** goujons à filetage roulé (le diamètre **de la** partie lisse un peu faible).

Principales dimensions									
d	pas (gros)	dk	k	s	k'	a	CHC	I - l/b	I : longueur sous tête
							CZX	I - l/b	b : longueur filetée
M3	0,5	5,5	3	2,5	2	2,8	5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 25/18 - 30/18		
							6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30		
M4	0,7	7	4	3	2,8	3,95	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30/20 - 35/20 - 40/20		
							8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40		
M5	0,8	8,5	5	4	3,5	3,95	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30/22 - 35/22...50/22		
							8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50		
M6	1	10	6	5	4	5,80	10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35/24 - 40/24 - ...60/24		
							10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60		
M8	1,25	13	8	6	5	6,75	12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40/28 - 45/28 - ...80/28		
							12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40...60 - 65/40 - 80/40		
M10	1,5	16	10	8	6	11,35	16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45/32 - 50/32...100/32		
							16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45...65 - 70/50...100/50		
M12	1,75	18	12	10	7	11,35	20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50/36...120/36		
							20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - ...65 - 70/50...120/50		
(M14)	2	21	14	12			25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60/40...120/40		
							25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60/44...120/44		
M16	2	24	16	14					

c) Désignation



1.4.7. Boulons

a) Définition

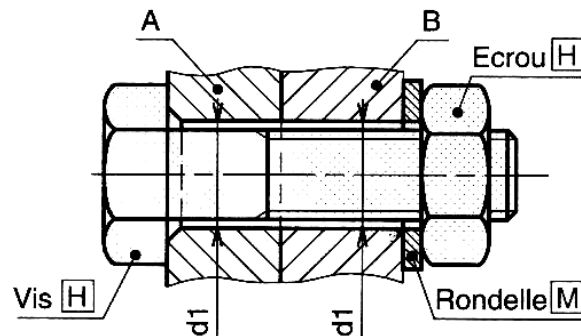
Un boulon est constitué :

- d'une vis portant le filetage ;
- d'une ou deux rondelle assurant l'appui ;

<http://module01-ofppt.blogspot.com>

- d'un écrou permettant le serrage.

Un boulon assure une liaison fixe démontable entre les pièces A et B (fig. 1-10). Les boulons sont définis à partir de la forme de la tête de vis.



d1 : diamètre passage de vis

Fig. 1-10

b) Différentes formes de boulons

- *Boulon à tête hexagonale* (fig. 1-11) : C'est le boulon le plus utilisé en construction mécanique. L'arrêt en rotation (d'axe **Z**) de la tête **H** est facilement et économiquement réalisé : par une clé (s'il existe de l'accessibilité), par un obstacle comme la face **F** ou par une plaquette arrêtoir.

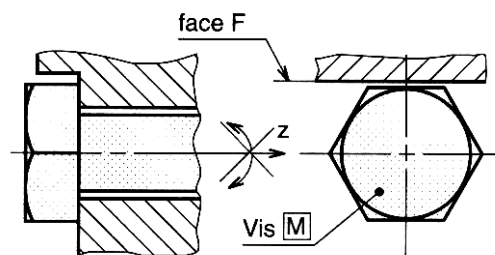


Fig. 1-11

- *Boulon à tête carrée* : Boulon souvent utilisé dans les ablocages de pièces sur machines outils (fig. 1-12a). L'arrêt en rotation (d'axe **Z**) de la tête **Q** est réalisé par l'intermédiaire de la rainure en **T** de la table (fig. 1-12b).

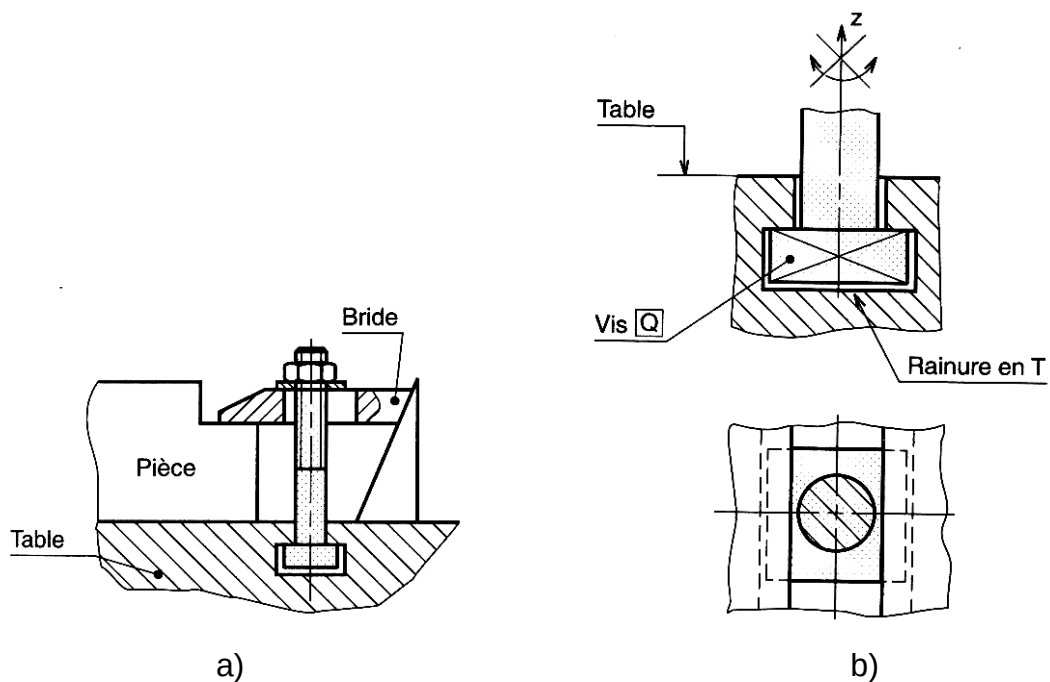


Fig. 1-12

- *Boulon à tête cylindrique* : L'arrêt en rotation (d'axe **Z**) est obtenu soit par un ergot cylindrique rapporté avec $e = 2 \text{ pas}$ (fig. 1-13a), soit par un ergot brut (symbole **CE**) avec $b_1 = d/2$ (fig. 1-13b).

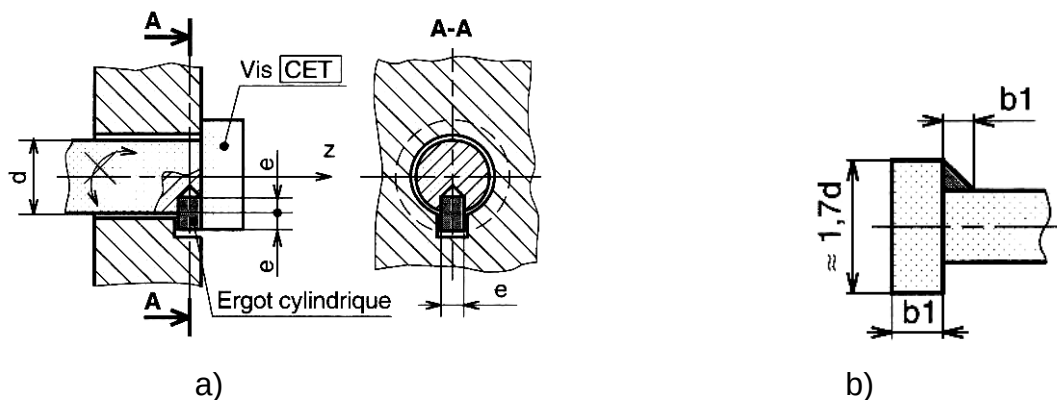


Fig. 1-13

- *Boulon à tête fraisée* : L'arrêt en rotation (R_z) est également obtenu par un ergot cylindrique rapporté $F 90/ET$ ou par un ergot brut $F 90/E$ avec $b_3 = d/2$ (fig. 1-14).

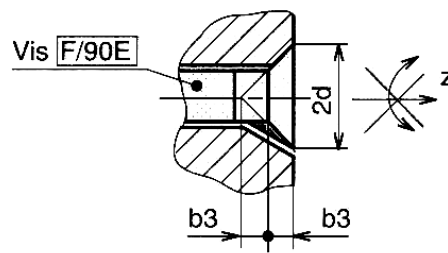


Fig. 1-14

- Boulon à œil ou vis d'articulation d'après NORELEM (Réf. n/m 718) : Les principales caractéristiques sont présentées sur la fig. 1-15a. Il est utilisé pour assurer une possibilité de rotation limitée dans un plan (fig. 1-15b).

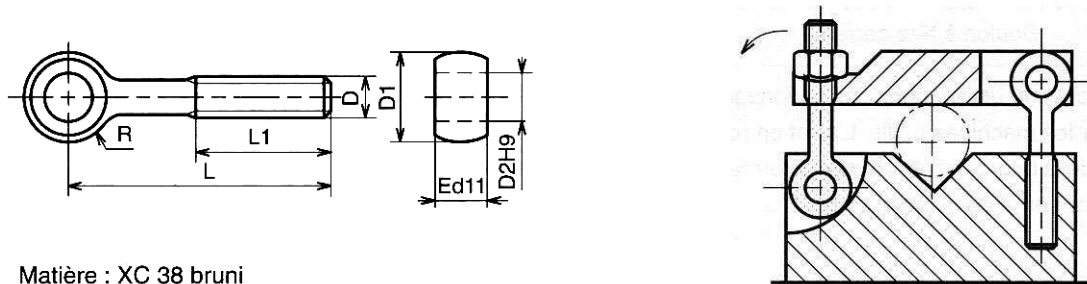


Fig. 1-15

Principales dimensions													
relatives à la fixation	D	M5	M5	M6	M6	M8	M8	M10	M10	M12	M12	M16	M20
	L	50	75	50	75	50	75	75	100	75	120	130	140
	L1	22	22	24	24	28	28	45	45	49	49	57	65
relatives à la construction	D1	12	12	14	14	18	18	20	20	25	25	32	40
	D2H9	5	5	6	6	8	8	10	10	12	12	16	18
	Ed11	6	6	7	7	9	9	12	12	14	14	17	22
	R	2,5	2,5	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6

1.4.8. Vis autotaraudeuses pour tôle

a) Formes des têtes et des empreintes

- Tête fraisée plate **F** à fente **S** (fig. 1-16a) : symbole **FS** ; existe avec bombé **FB**, avec empreinte 6 lobes internes **X** ou cruciforme **Z** ;

- Tête hexagonale (fig. 1-16b) : symbole **H** ; existe avec tête hexagonale fendue **HS** ;
- Tête ronde large **RL** à empreinte cruciforme **Z** (fig. 1-16c) : symbole **RLZ** ; existe avec empreinte 6 lobes internes **X**.

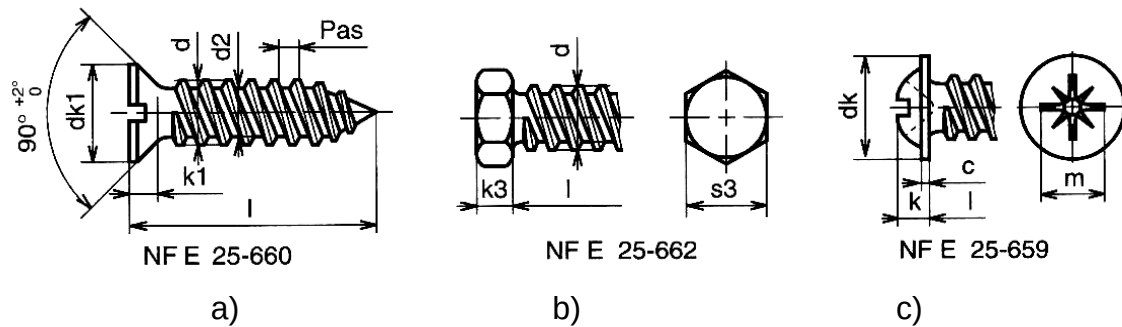


Fig. 1-16

b) Formes des extrémités

- A bout pointu (fig. 1-17a) : symbole **C** ; utilisées pour les tôles minces $e < 1,5 \text{ mm}$;
- A bout plat (fig. 1-17b) : symbole **F** ; utilisées pour les tôles plus épaisses, les matières plastiques et les métaux tendre.

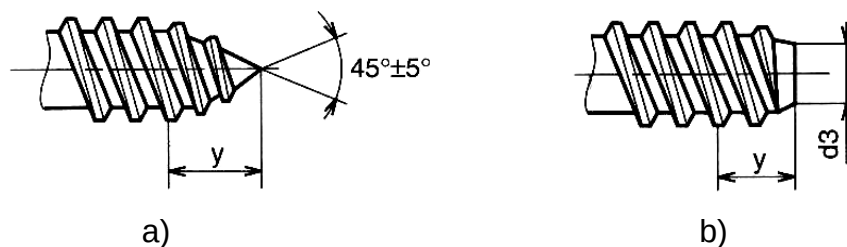
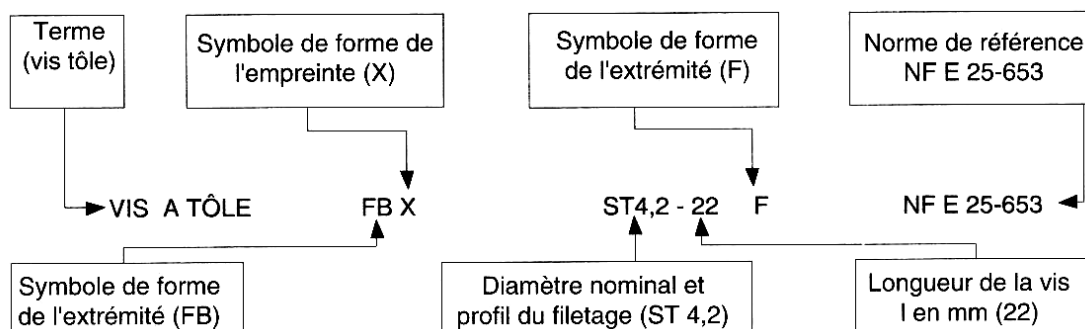


Fig. 1-17

c) Désignation (exemple)



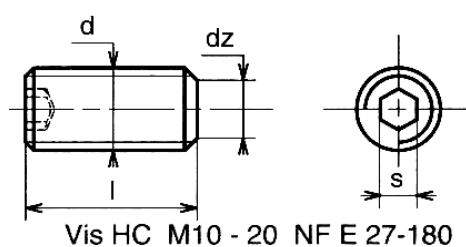
d) Principales dimensions

d (h13)	Pas	d2 (maxi)	dk1	k1	k3	s3	dk	k	c	m	Empreinte Z n°	l
ST 2,2	0,8	1,63	4,4	1,1	1,6	3,2						4,5 16
ST 2,9	1	2,18	6,3	1,7	2,3	5	6 à 6,6	1,4 à 1,7	0,7	2,6	1	6,5 19
ST 3,5	1,3	2,64	8,2	2,35	2,6	5,5	7,5 à 8	2,1 à 2,4	0,9	4	2	9,5 25
ST 4,2	1,4	3,1	9,4	2,6	3	7	9 à 9,5	2,3 à 2,6	1	4,1	2	9,5 32
ST 4,8	1,6	3,58	10,4	2,8	3,8	8	10,5 à 11	2,5 à 2,9	1	4,5	2	9,5 32
ST 5,5	1,8	4,17	11,5	3	4,1	8	12,5 à 13	2,7 à 3,2	1,2	6	3	13 32
ST 6,3	1,8	4,88	12,6	3,15	4,7	10	13 à 13,5	3,1 à 3,7	1,4	6,7	3	13 32

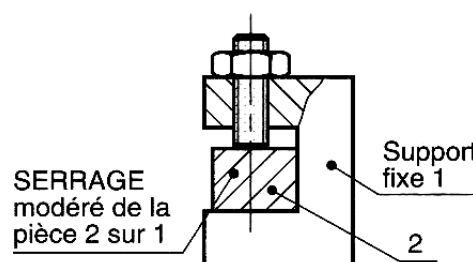
1.4.9. Différentes vis de pression

Ce sont des vis spéciales sans tête à empreinte 6 pans creux, symbole **HC**.

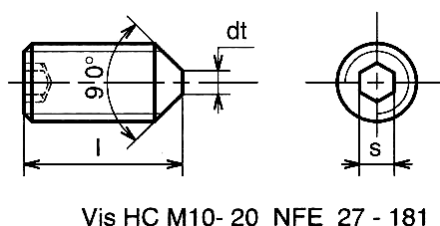
- a) Vis sans tête à bout plat (fig. 1-18a) : elles sont utilisées pour serrage modéré (fig. 1-18b) ;
- b) Vis sans tête à bout conique (fig. 1-18c) : elles sont utilisées pour serrage des arbres (fig. 1-18d) ;
- c) Vis sans tête à bout téton (fig. 1-18e) : elles sont utilisées pour arrêt en translation.



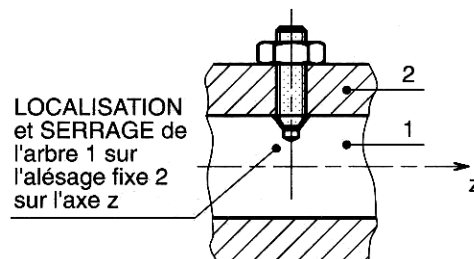
a)



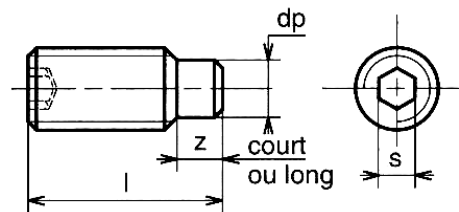
b)



c)



d)



Vis HC M10-20 NFE 27-182

e)

Fig. 1-18

Remarque : Il existe aussi des vis de pression avec tête : hexagonale **HZ**, carrée ordinaire **QZ** et cylindrique étoile **CZ**.

Principales dimensions										
d	pas (gros)	s	dz maxi	dt	dp maxi	z court		z long		l
						mini	maxi	mini	maxi	
M3	0,5	1,5	2	0	2	0,75	1	1,5	1,75	3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16
M4	0,7	2	2,5	0	2,5	1	1,25	2	2,25	4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20
M5	0,8	2,5	3,5	0	3,5	1,25	1,50	2,5	2,75	5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25
M6	1	3	4	1,5	4	1,5	1,75	3	3,25	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30
M8	1,25	4	5,5	2	5,5	2	2,25	4	4,3	8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40
M10	1,5	5	7	2,5	7	2,5	2,75	5	5,3	10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50
M12	1,75	6	8,5	3	8,5	3	3,25	6	6,3	12 - 16 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60

1.5. Ecrous et rondelles

1.5.1. Principaux écrous manœuvrés par clés

- Ecrous hexagonaux **H** (fig. 1-19a) : Ce sont les écrous les plus utilisés
- Ecrou à portée sphérique **NORELEM** n/m 726 (fig. 1-19b) : ils s'utilisent avec des rondelles sphériques dans le cas de surfaces d'appui non perpendiculaires à l'axe.
- Ecrou à embase **HE** (fig. 1-19c) : l'embase de ces écrous évite l'emploi de rondelles.

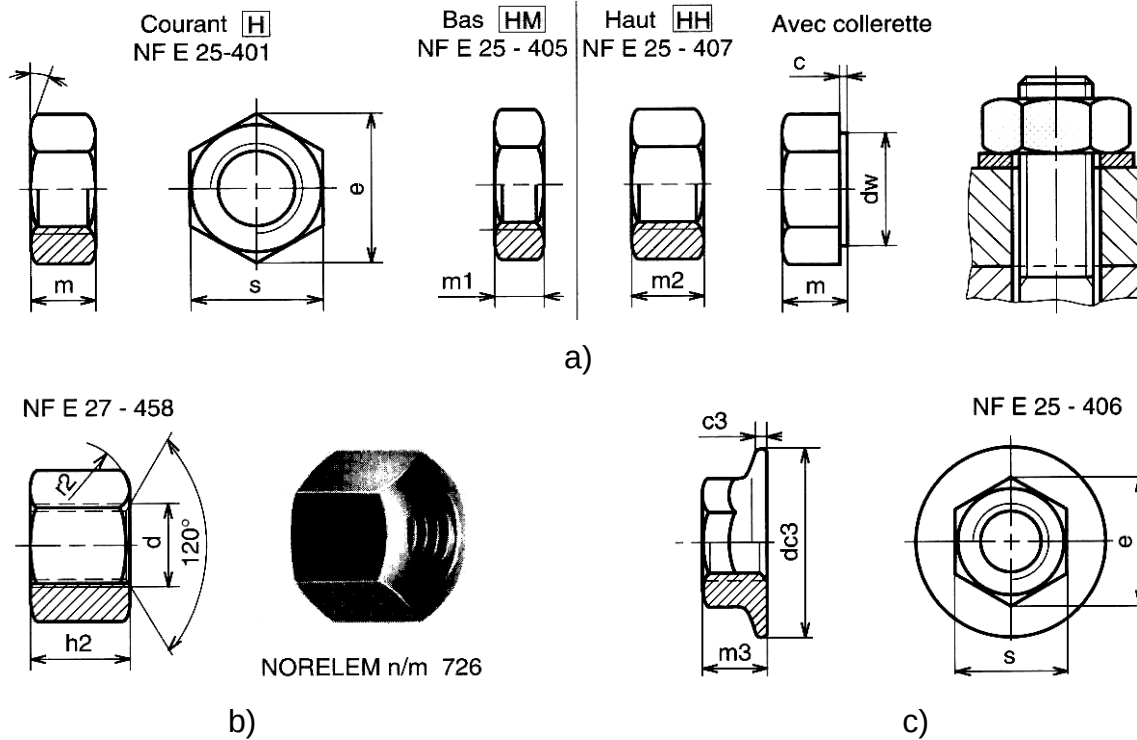
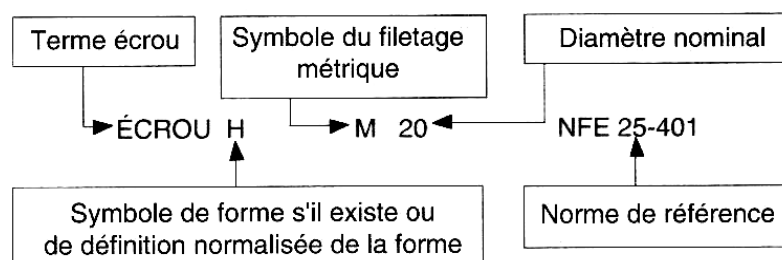


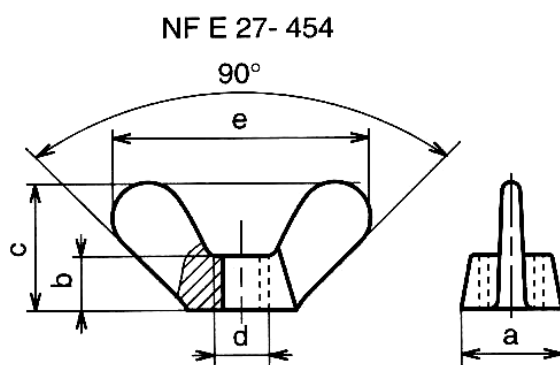
Fig. 1-19

Principales dimensions													
d	Pas	m	m1	m2	c	dw	s	e	h2	r2	m3	dc3	c3
M3	0,50	2,4	1,8		0,4	4,6	5,5	6					
M4	0,70	3,2	2,2		0,4	5,9	7	7,6	6	8			
M5	0,80	4,7	2,7	5,1	0,5	6,9	8	8,8			5	12	1
M6	1	5,2	3,2	5,7	0,5	8,9	10	11,1	8	14	6	14	1,1
M8	1,25	6,8	4	7,5	0,6	11,6	13	14,4	11	14	8	18	1,2
M10	1,50	8,4	5	9,3	0,6	14,6	16	17,8	13	22	10	22	1,5
M12	1,75	10,8	6	12	0,6	16,6	18	20	15	22	12	26	1,8
(M14)	2	12,8	7	14,1	0,6	19,6	21	23,35	14,1	30	14	30	2,1
M16	2	14,8	8	16,4	0,8	22,5	24	26,8	21	30	16	34	2,4



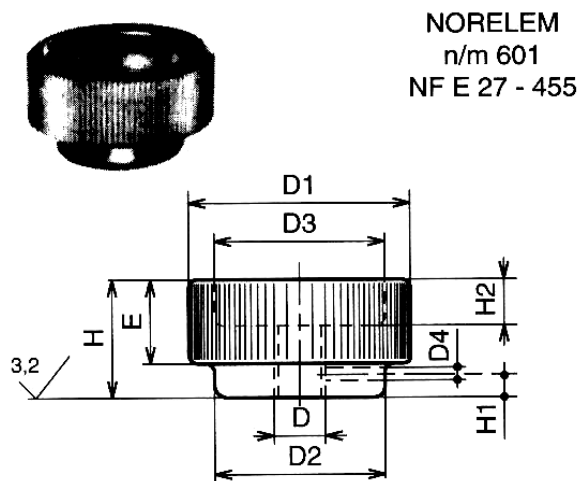
1.5.2. Principaux écrous manœuvrés à la main

- a) Ecrou à oreilles **O** NF E 27-454 (fig. 1-20a) ;
- b) Ecrou moleté **NORELEM** n/m 601 NF E 27-455 (fig. 1-20b) ;
- c) Ecrou à quatre bras **NORELEM** n/m 623 NF E 22-457 (fig. 1-20c) ;
- d) Ecrou croisillon **NORELEM** n/m 617 Fonte malléable (fig. 1-20d) ;
- e) Ecrou croisillon à serrage rapide **NORELEM** n/m 619 Fonte malléable (fig. 1-20e).

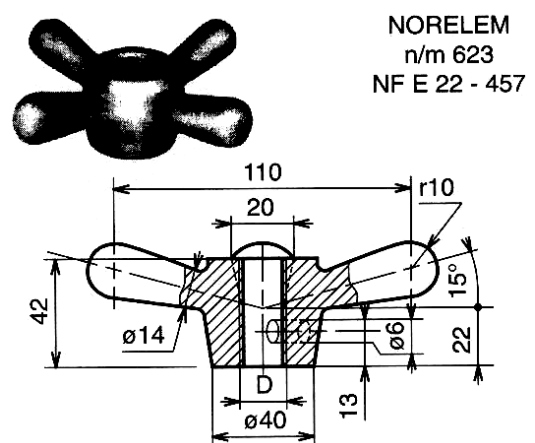


d	a	b	c	e
M3	8	4	12	22
M4	9	5	13	26
M5	11	6	15	30
M6	13	8	18	35
M8	15,5	10	22	42
M10	18	11	25	48
M12	21	12	28	54

a)



b)



c)

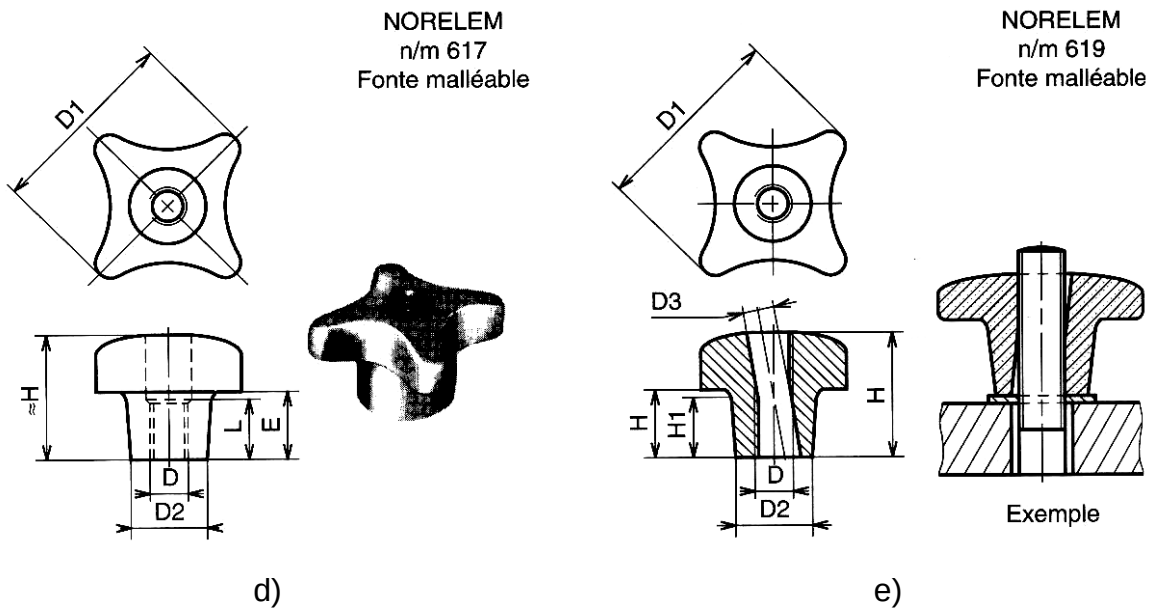


Fig. 1-20

1.5.3. Freinage à sécurité relative à l'aide d'écrous

- a) Avec écrou **HM** et contre-écrou **HH** (fig. 1-21a) : C'est une solution constructive simple mais peu utilisée car le freinage n'est pas sûr et l'encombrement est important.
- b) Avec écrou élastique en tôle « **PAL** » NF E 27-460 (fig. 1-21b) : Ce freinage peut être exécuté par écrou seul ou comme contre-écrou. Les efforts supportés sont faibles.
- c) Avec écrou auto-freiné **H FR** NF E 25-409 (fig. 1-21c) : Le freinage est obtenu à l'aide d'une bague en nylon (polyamide) sertie dans l'écrou. C'est une solution constructive bien adaptée en cas d'existence de vibrations.
- d) Avec écrou à rondelle incorporée type « **TWOLOCK** » (fig. 1-21d) : Le freinage est obtenu par déformation élastique de la rondelle et par la denture de celle-ci qui s'oppose au dévissage de l'écrou. C'est une solution constructive permettant une grande portance ($\varnothing D$ important) et une facilité de mise en œuvre (rondelle liée à l'écrou).

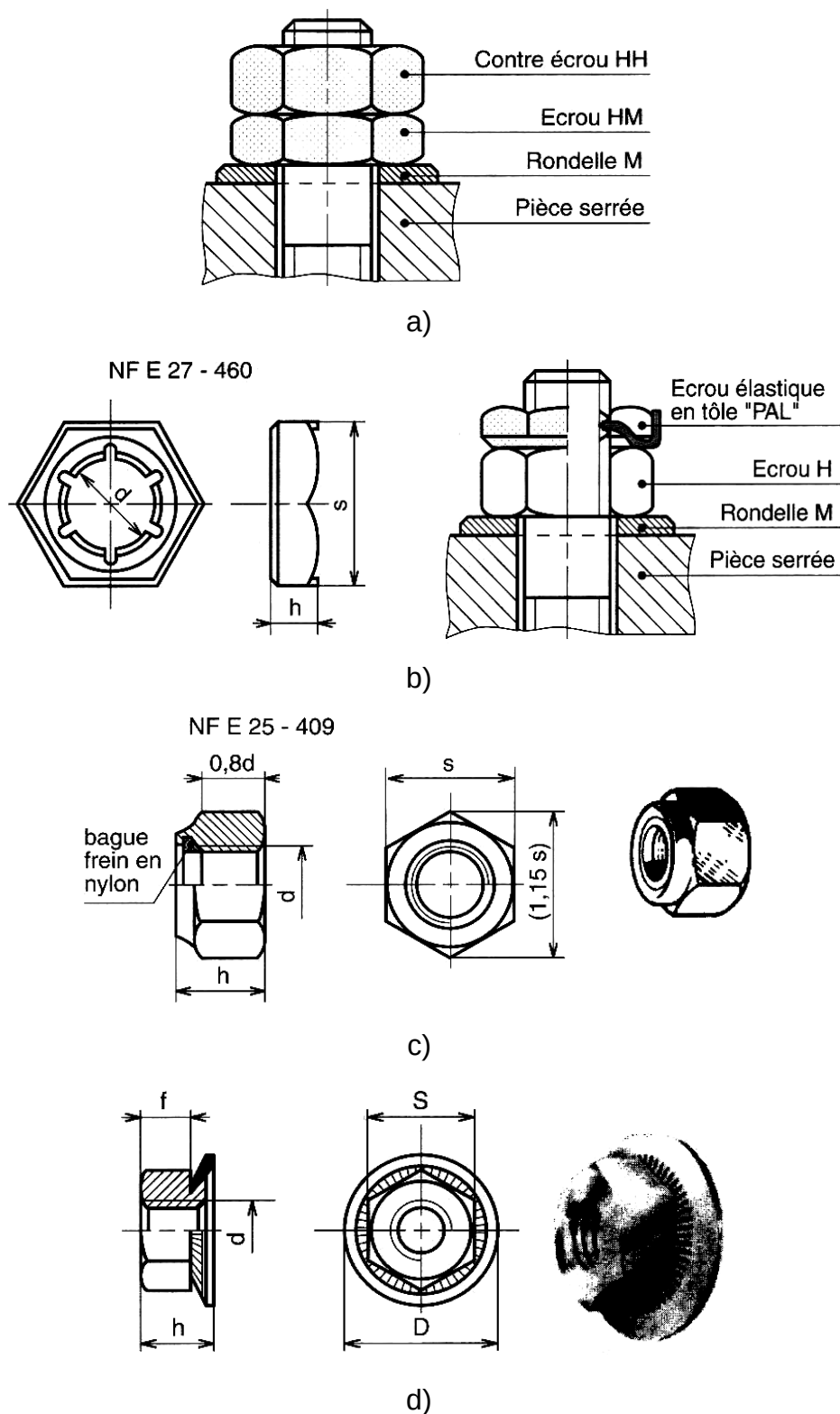
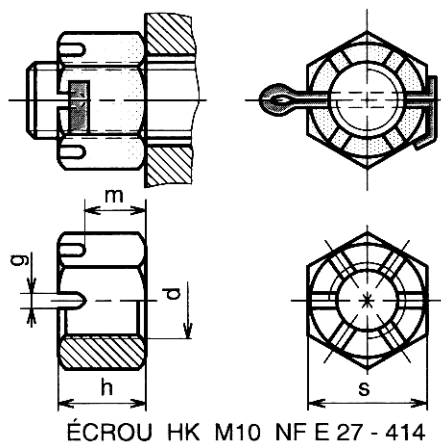


Fig.1-21

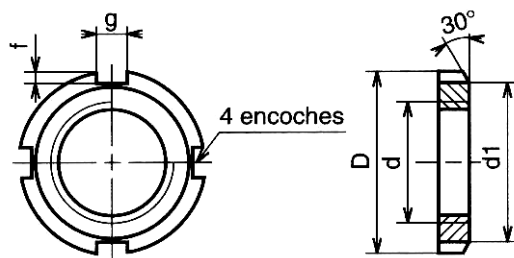
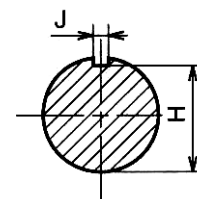
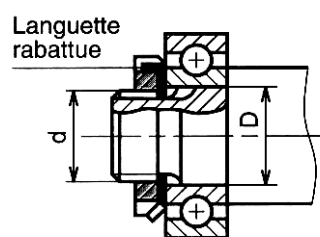
1.5.4. Freinage à sécurité absolue à l'aide d'écrous et d'accessoires formant obstacle

- a) Avec écrou **HK** et goupille fendue **V** (fig. 1-22a) : Le freinage est obtenu par une goupille V traversant le créneau de l'écrou et la vis préalablement percée. A chaque démontage la goupille doit être changée.
- b) Avec écrou à encoches et rondelles freins à languettes (fig. 1-22b) : Ce sont les languettes de la rondelle frein qui assurent le freinage absolu. La languette intérieure est logée dans la rainure de l'arbre (dimension J et H fonction de f et M). Une languette extérieure est rabattue dans une encoche de l'écrou. C'est une solution constructive très utilisée pour le serrage de la bague intérieure d'un roulement.



d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16
h	5,6	6,6	8,1	10,3	12,8	16	16	20
m	3,2	4	5	6,5	8	10	11	13
g	1,2	1,4	2	2,5	2,8	3,5	3,5	4,5
s	7	8	10	13	16	18	21	24

a)



ÉCROU A ENCOCHES M 17 x 1 NF E 22 - 306

d	10	12	15	17	20	22	25	28	30
Pas	0,75	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5
Djs13	18	22	25	28	32	34	38	42	45
hjs13	4	4	5	5	6	6	7	7	7
d1js13	13,5	17	21	24	26	28	32	36	38
fjs13	2	2	2	2	2	2	2	2	2
g H13	3	3	4	4	4	4	5	5	5

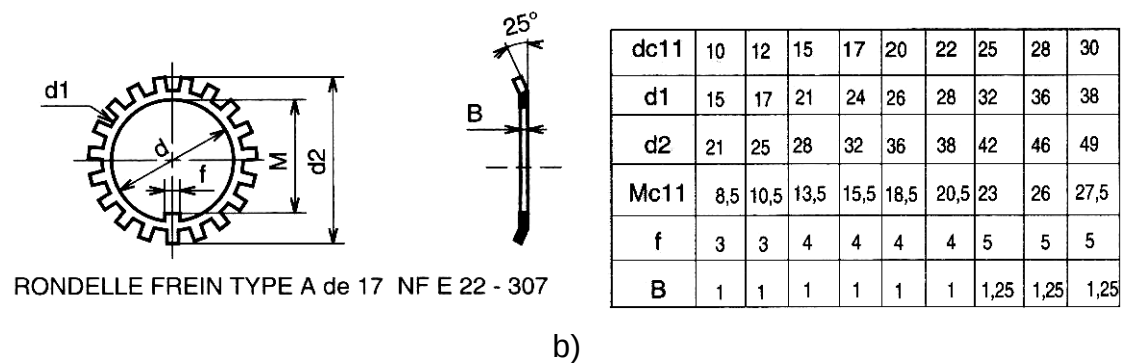


Fig. 1-22

1.5.5. Rondelles d'appui et rondelles freins

a) Principales rondelles d'appui

- Rondelles plates (fig.1-23a) : Les rondelles d'appui plates permettent d'accroître la surface d'appui des écrous (fig. 1-23b). Elles constituent une interface entre l'écrou et la surface de la pièce qui atténue les risques de marquage de cette dernière. C'est une solution constructive très utilisée en construction mécanique.

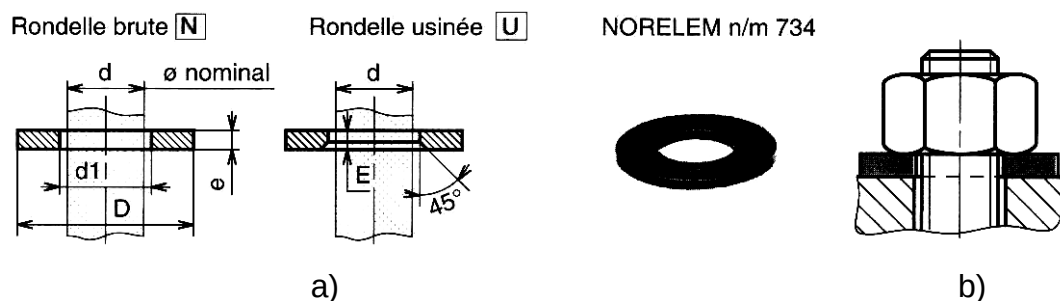
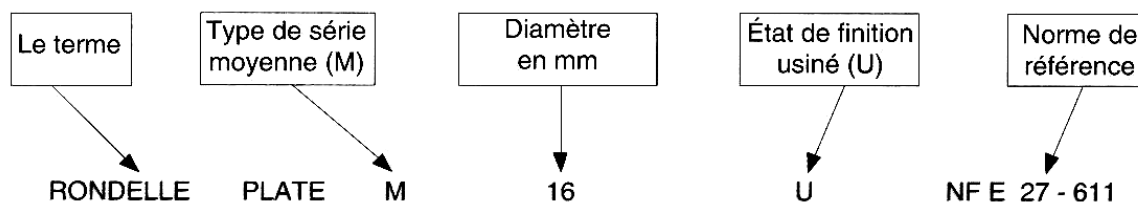


Fig. 1-23

Les rondelles plates peuvent être désignées de façon suivante :



Principales dimensions											
d	Rondelles précises U						Rondelles brutes N				
	Dj 14			d1 H13	e j13 si e ≤ 3 j14 si e > 3	E	D ± 2,5 %			d1 ±2,5 %	e ±10%
	Type de série						Type de série				
	étroite Z	moyenne M	large L				moyenne M	large L	très large LL		
3	6	8	12	3,25	0,8	0,25	8	12	14	3,5	0,8
4	8	10	14	4,25	0,8	0,25	10	14	16	4,5	0,8
5	10	12	16	5,25	1	0,25	12	16	20	5,5	1
6	12	14	18	6,25	1,2	0,5	14	18	24	7	1,2
8	16	18	22	8,25	1,5	0,5	18	22	30	9	1,5
10	20	22	27	10,25	2	0,5	22	27	36	11	2
12	24	27	32	12,50	2,5	0,75	27	32	40	14	2,5
14	27	30	36	14,50	2,5	0,75	30	36	45	16	2,5
18	30	32	40	16,50	3	1	32	40	50	18	3

- Rondelles à portée sphérique NF E 27-615 (fig. 1-24a) : La rondelle concave peut être utilisée seule avec un écrou à portée sphérique ou avec une rondelle convexe (fig. 1-24b). Cette solution constructive, très utilisée au niveau des ablocages de pièce sur table et montage d'usinage, permet de compenser des défauts angulaires (3e max) de la surface de serrage assurant ainsi une meilleure fiabilité géométrique de la liaison.

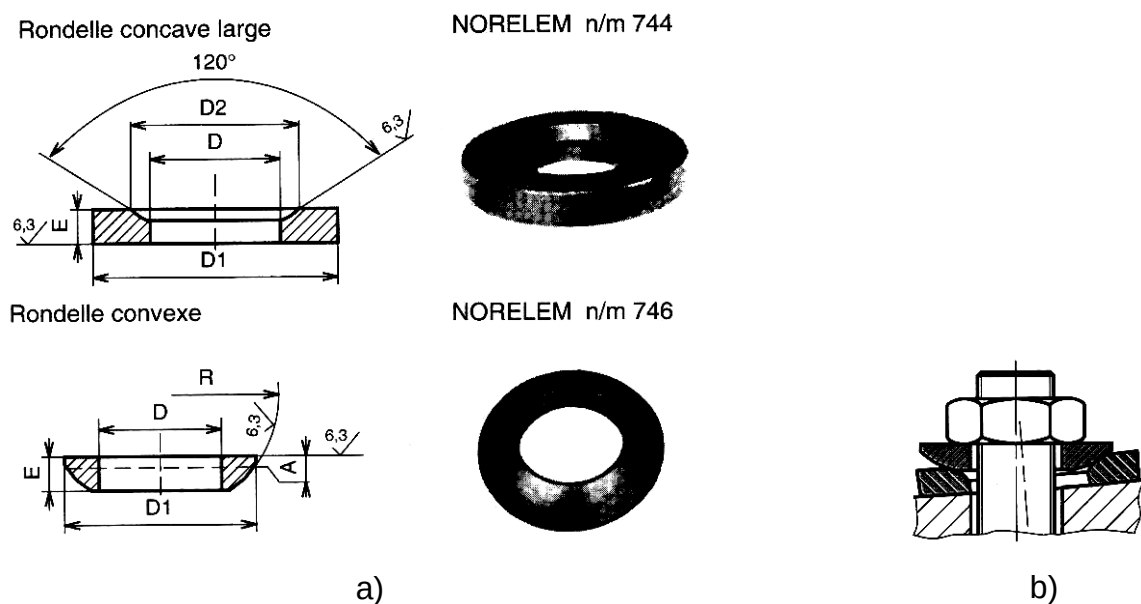
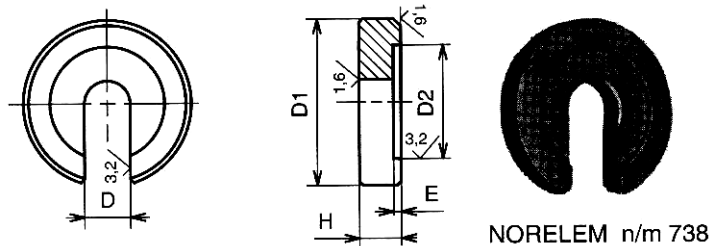


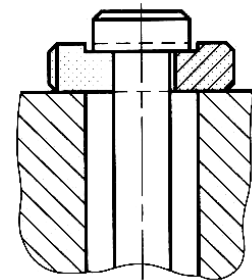
Fig. 1-24

- Rondelles fendues amovibles (fig. 1-25a) : Les rondelles fendues évitent de dévisser complètement l'écrou ou la vis pour extraire la pièce de montage (fig.1-25b). Cette possibilité réduit les temps manuels et améliore la productivité. C'est une solution constructive très conseillée pour la conception des montages d'usinage.



Principales dimensions					
d	D	D1	D2	H	E
M5	5,25	17	12	5	0,75
M6	6,4	22	16	6	0,8
M8	8,4	28	20	7	1
M10	10,5	34	25	8	1,2
M12	13	40	30	9	1,8

a)

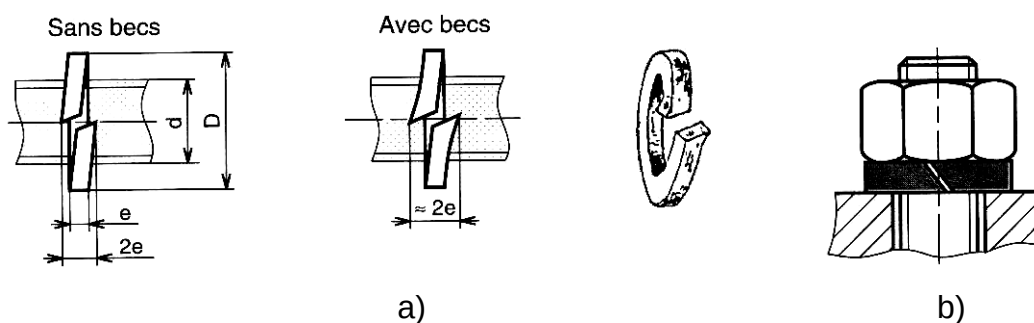


b)

Fig. 1-25

b) Principales rondelles freins élastiques (freinage à sécurité relative)

- Rondelles Grower **W**, **WZ**, **WL** (fig. 1-26a): Le freinage est obtenu par l'élasticité de la rondelle (fig. 1-26b). La présence des becs accroît la capacité de freinage (incrustation dans la matière).



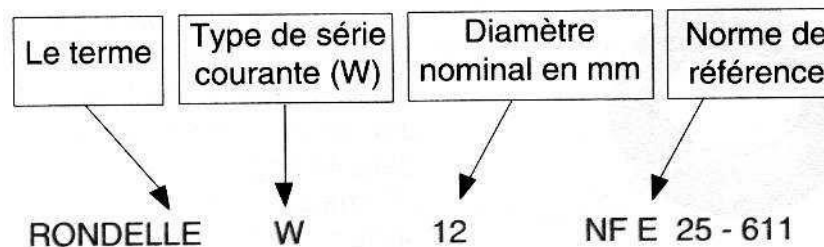
a)

b)

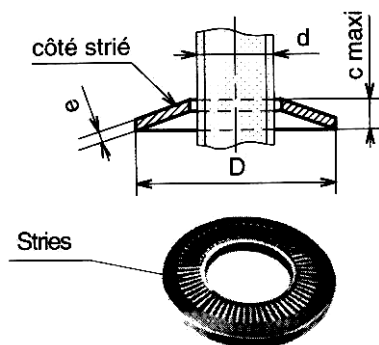
Fig. 1-26

Principales dimensions						
d	série courante	W	série réduite	WZ	série forte	WL
	D	e	D	e	D	e
M4	7,3	1,5	7,3	1	8,3	1,2
M5	8,5	1,5	8,3	1	10,3	1,5
M6	10,4	2	10,4	1,2	12,4	1,8
M8	13,4	2,5	13,4	1,5	15,4	2
M10	16	3	16,5	1,8	18,5	2,5
M12	20	3,5	20	2	23	3
(M14)	23	4	23	2,5	25	3
M16	25	4	25	2,5	29	3,5

La désignation est faite de manière suivante :

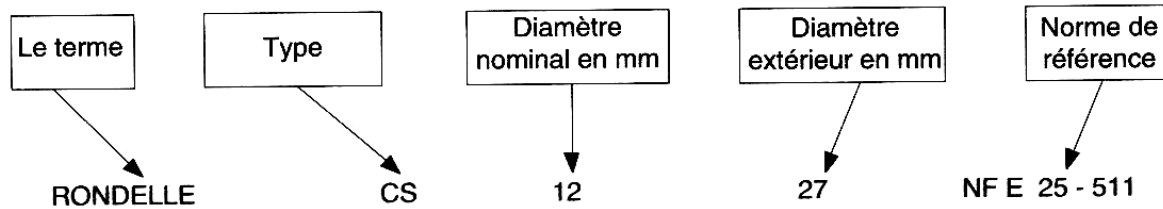


- Rondelles coniques striées CS (fig. 1-27) : Monter la rondelle côté strié sous l'écrou.

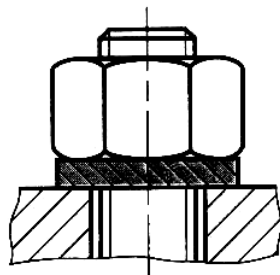
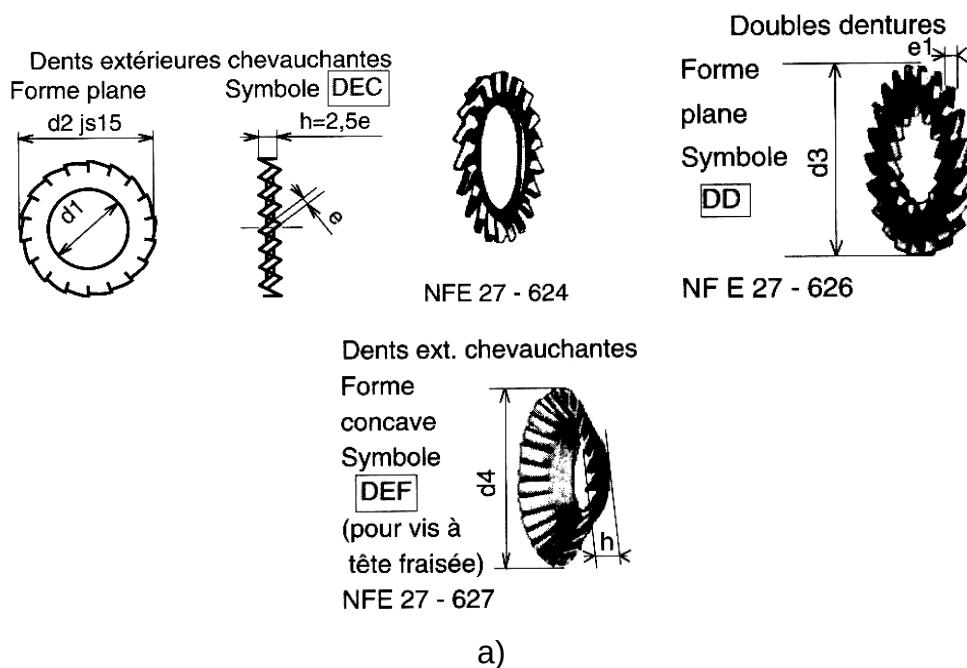


Principales dimensions						
d	série étroite			série large		
	D	e	c	D	e	c
M4	10	0,9	1,40	14	1	1,80
M5	12	1,1	1,80	16	1,2	2,10
M6	14	1,3	2,10	18	1,4	2,50
M8	18	1,4	2,35	22	1,6	2,70
M10	22	1,6	2,75	27	1,8	3,10
M12	27	1,8	3,10	32	2	3,60
(M14)	30	2,4	3,70	-	-	-
M16	32	2,8	4,10	-	-	-

Fig. 1-27



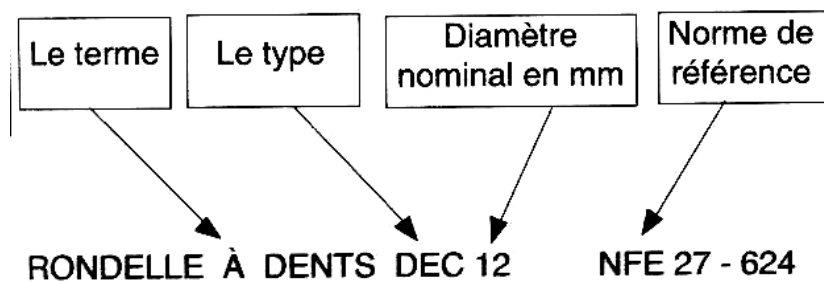
- Rondelles à dents chevauchantes (éventail) **DEC**, **DIC**, **DD**, **DEF** (fig. 1-28a) : L'élasticité des dents ainsi que leur incrustation dans la matière assurent le freinage (fig. 1-28b).



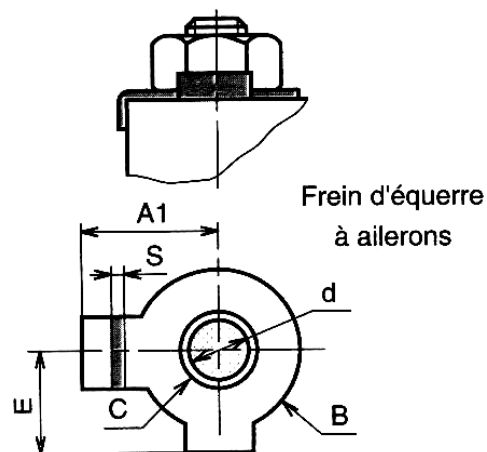
Principales dimensions							
d	DEC	DIC	DD		DEF		
	d1	d2	e	d3	e1	d4	h
M3	3,05	6	0,4	12	0,5	6	1,7
M4	4,10	8	0,5	15,5	0,8	8	2,2
M5	5,10	9,2	0,6	17,5	0,8	10	2,5
M6	6,10	11	0,7	18	0,9	12	3,2
M8	8,20	14	0,8	22	1	15,5	4,1
M10	10,20	18	0,9	26	1,1	19	4,9
M12	12,30	20	1	30	1,2	23	6,1
M16	16,30	26	1,2	36	1,4	31	8,2

b)

Fig. 1-28



- Rondelle frein spéciale ou plaquette arrêtoir (NF E 27-614) (freinage à sécurité absolue) (fig. 1-29)



Principales dimensions						
d	A1	B	C	E min	S (acier - inox)	S (laiton)
M6	16	16	7	8	0,5	1
M8	18	20	9	11	1	2
M10	22	23	11	14	1	2
M12	25	28	14	17	1	2
M16	32	34	18	21	1	2
M20	40	40	22	26	1	2

Fig. 1-29

c) Principales caractéristiques

Aptitudes → Type de rondelles ↓		Normes de référence					
		↓	Protection contre les meurtrissures				Utilisations
			↓	Répartition de la pression de serrage		Aptitude au freinage de l'écrou	
				↓	Facilité de démontage		
Plates		NF E 27 - 611	++	+	+	0	Très couramment utilisées en construction mécanique
À portée sphérique		NF E 27 - 615	++	++	+	0	Permettent de compenser les défauts angulaires de la surface de serrage
Fendue amovible		NF E 27 - 616	++	++	++	0	Très utilisées sur les montages d'usinage. Gain de temps
Grower sans bec		NF E 25 - 515	+	0	+	=	Souvent utilisées pour des freinages non optimisés.
Grower avec becs		NF E 25 - 516 NF E 25 - 517	0	0	-	+	
Coniques striées		NF E 27 - 511	++	+	-		Permettent de maintenir la tension dans les assemblages optimisés. Bon contact électrique.
À dents chevauchantes extérieures forme concave		NF E 27 - 627	0	0	0	+	Elles sont exclusivement utilisées avec des vis à tête fraisée.
À dents chevauchantes planes extérieures et intérieures		NF E 27 - 624	0	0	0	+	Fixation de petites pièces accessoires automobiles, cycles, électroménager.
		NF E 27 - 625					
À double denture forme plane		NF E 27 - 626	0	0	0	+	Utilisées sur les glissières des moteurs électriques, alternateurs.
Frein spéciale (plaquette arrêteur)		NF E 27 - 614	=	++	0	++	Permettent un freinage à sécurité absolue.

Légende : ++ très bon, + bon, = moyen, - passable, 0 nul.