

Assemblages boulonnés I

**Principe, procédés de fabrication du
filetage, filetage métrique et filetage
gaz, règles de conception**

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...

... Définir le principe d'un assemblage boulonné

- ... Sollicitations mécaniques des pièces mises en jeu
- ... Rôle du filetage

... Décrire les procédés de fabrication du filetage

- ... Pour un filetage extérieur et intérieur
- ... Limitations induites par le procédé

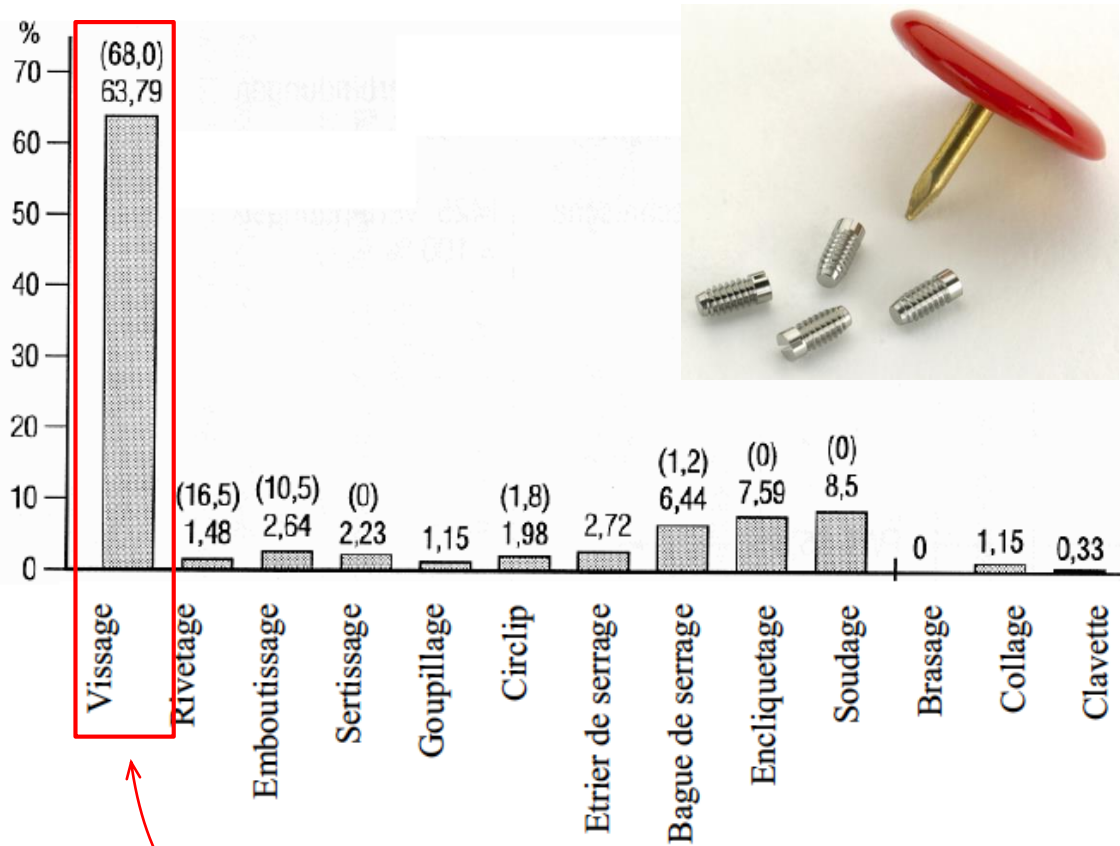
... Définir les principaux filetages normalisés

- ... Filetage métrique, à pas normal et à pas fin
- ... Filetage « gaz », étanche et non-étanche

... Définir les règles d'utilisation d'une vis

- ... Rigidité de la vis, longueur L_i , longueur L_k , classe de qualité

Pourquoi les assemblages boulonnés ?

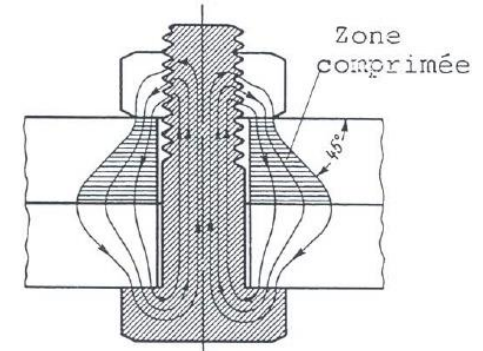


Principal moyen d'assemblage
utilisé en construction mécanique

Principe d'un assemblage boulonné

- Maintien par adhérence ($T_{\text{Max}} = \mu_0 N$)**

- Vis sollicitée en traction
- Pièces sollicitées en compression



- Solutions de boulonnage**

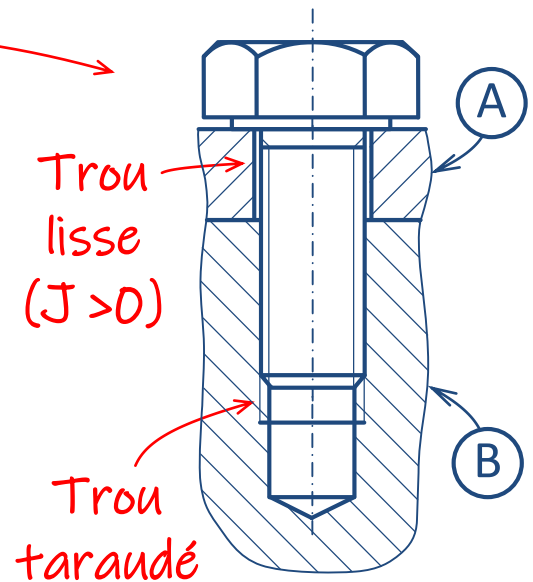
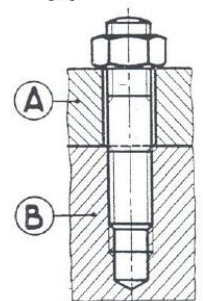
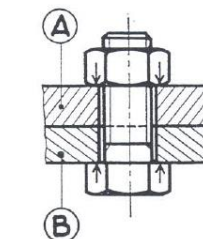
- 1. Vis + taraudage → Le + courant**

- 2. Vis + écrou**

→ Si taraudage impossible dans la 2^{ème} pièce

- 3. Goujon + écrou**

→ Si l'utilisation d'une vis est impossible (p. ex. pour raisons d'encombrement)



Rôle du filetage

- **Assemblage boulonné = liaison mécanique « par obstacle »**
 - Obstacle = le filetage (intérieur ou extérieur)
 - Filet hélicoïdal → Assemblage par vissage + serrage au couple
 - Pas = distance entre deux filets successifs

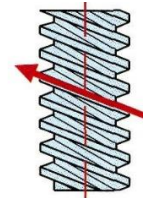
- **Filetages normalisés**

- Un seul filet
- Pas = avance par tour
- « À droite » par défaut

- **Principaux standards ISO**

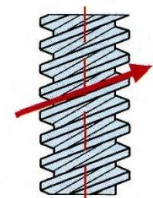
- Filetage métrique « M » → Usage général
- Filetage « G », en pouces → Usage pour tuyauterie

Filet « à gauche »



vis verticale : le filet monte de la droite vers la gauche

Filet « à droite »



vis verticale : le filet monte de la gauche vers la droite

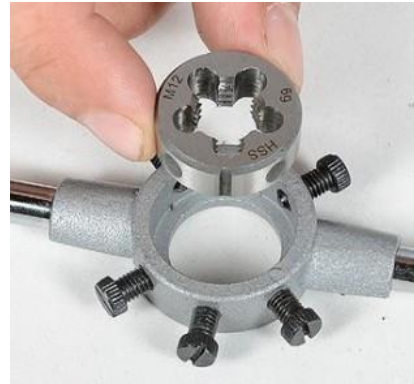
© Guide des Sciences et Technologies Industrielle, J.-L. Fanchon



Fabrication du filetage extérieur

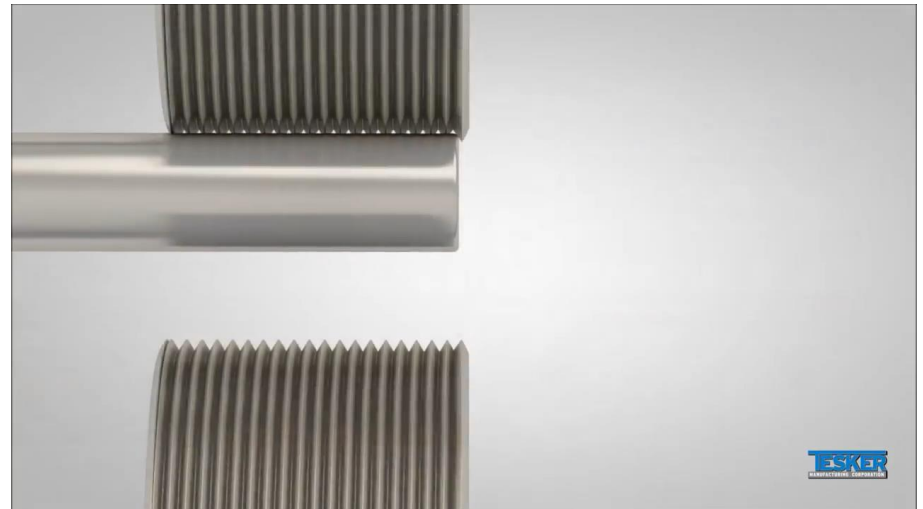
- **Petites et moyennes séries**

- Opération manuelle
→ Filière + porte-filière
- Usinage sur CN



- **Grandes séries → Roulage (forgeage à froid)**

- Opération rapide et sans enlèvement de matière
- Ecouissage
→ augmentation de la limite élastique (R_e)

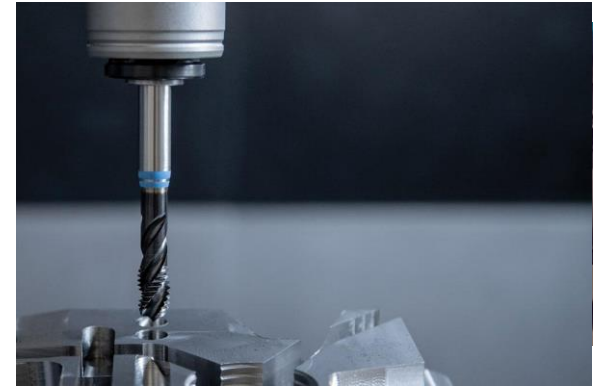


© Tesker MFG (extrait) →

Fabrication du filetage intérieur

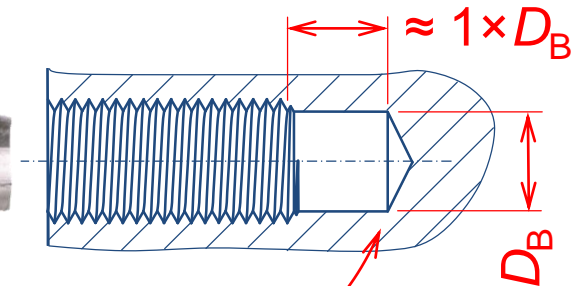
- **Utilisation d'un taraud**

- Opération manuelle
→ « tourne-à-gauche »
- Monté sur tour CN



- **Gamme de fabrication**

1. Perçage à D_B (avant-trou)
2. Taraudage



- **Forme et longueur de l'avant-trou**

- Avant-trou (perçage) → Fond conique à 120°
- Taraudage → Moins profond que l'avant-trou (différence $\approx 1 \times D_B$)

Filetage normalisé métrique

• Profil de base pour filetage métrique

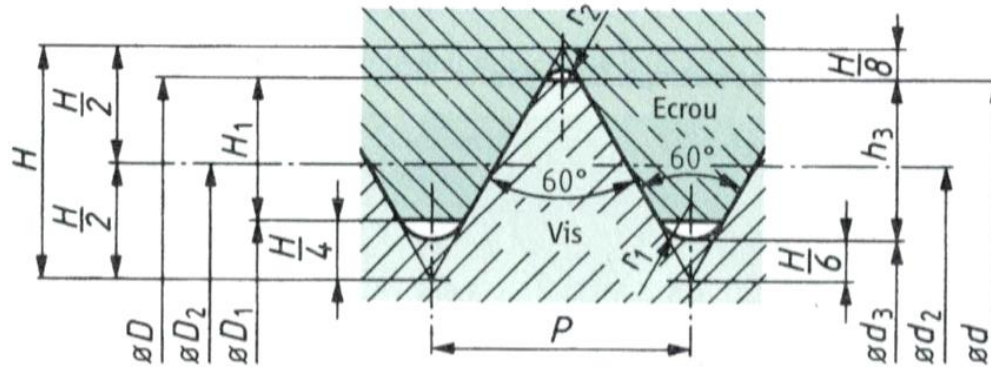


Fig. 233/1

d : diamètre nominal

P : pas

Angle de filet = 60°

← © Extrait de Normes 2018, p. 233, fig. 233/1

• Pas normal et pas fin

- **Pas normal** → Le plus courant / à utiliser en première instance
- **Pas fin** → Paroi mince, écrou étroit, vis de réglage...

Fabrication plus coûteuse (car tolérances plus fines)

• Diamètre d'avant-trou → $D_B = d - P$

Filetages métriques à pas normal

- Notation = « M » + d**

- Ex. : M4, M12, M30
- Suffixe « -LH »
si pas à gauche

- Tailles selon
ISO 262 →**

*A_s utilisé pour calculer la
contrainte de traction*

Diamètre nominal	Pas	Section résistante de la vis	Avant-trou de taraudage
$d = D$	P	A_s ¹⁾ mm ²	D_B ²⁾
M1	0,25	0,460	0,75
M1,2	0,25	0,732	0,95
M1,6	0,35	1,27	1,25
M2	0,4	2,07	1,6
M2,5	0,45	3,39	2,05
M3	0,5	5,03	2,5
M4	0,7	8,78	3,3
M5	0,8	14,2	4,2
M6	1	20,1	5
M8	1,25	36,6	6,75
M10	1,5	58,0	8,5
M12	1,75	84,3	10,25
M16	2	157	14
M20	2,5	245	17,5
M24	3	353	21
M27	3	459	24
M30	3,5	561	26,5
M33	3,5	694	29,5
M36	4	817	32
M42	4,5	1121	37,5
M48	5	1473	43
M56	5,5	2030	50,5
M64	6	2675	58

© Extrait de Normes 2018, p. 233, Tableau 233/1, partiel →

Filetages métriques à pas fin

- **Notation = « M » + d + « × P »**

- M5×0,5, M8×1, M42×3
- Suffixe « -LH »
si pas à gauche

- **Tailles selon
ISO 262 →**

*A_s utilisé pour calculer la
contrainte de traction*

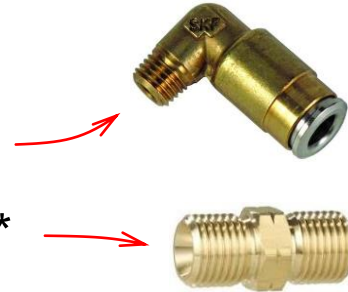
Diamètre nominal	Pas	Section résistante de la vis	Avant-trou de taraudage
$d = D$	P	A_s ¹⁾ mm ²	D_B ²⁾
M4	0,5	9,79	3,5
M5	0,5	16,1	4,5
M6	0,75	22,0	5,25
M8	1	39,2	7
M10	1,25	61,2	8,75
M12	1,5	88,1	10,5
M16	1,5	167	14,5
M20	1,5	272	18,5
M24	2	384	22
M30	2	621	28
M36	3	865	33
M42	3	1206	39
M48	3	1604	45
M56	4	2144	52
M64	4	2851	60
M72	4	3658	68
M80	4	4566	76
M90	4	5840	86
M100	4	7280	96

© Extrait de Normes 2018, p. 234, Tableau 234/1, partiel →

Filetages normalisé « gaz » (1/2)

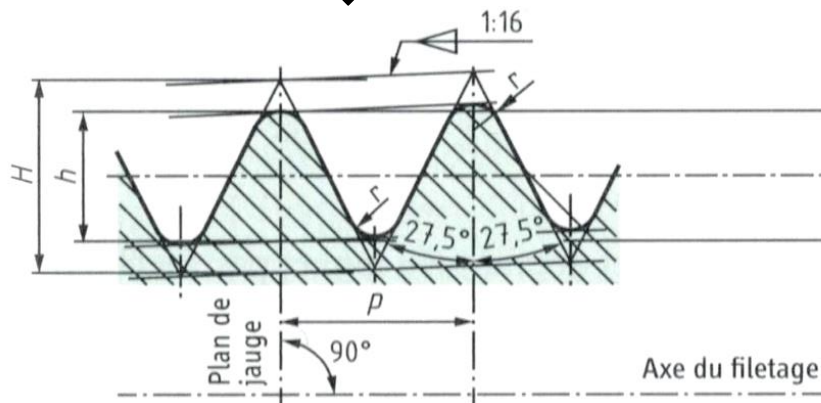
• Profil de base (deux variantes)

- Variante étanche → filetage extérieur conique*
- Variante non-étanche → filetage extérieur droit*

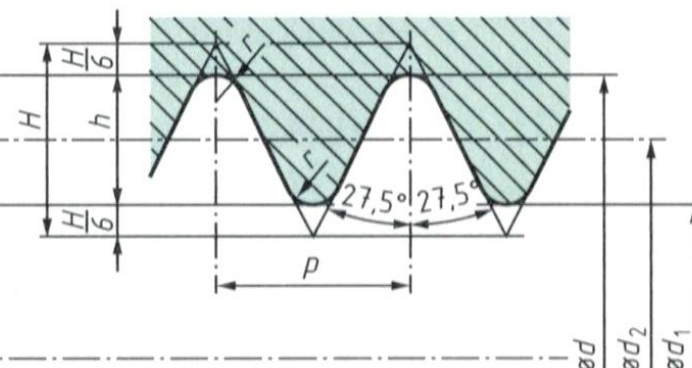


* Le filetage intérieur est toujours droit

Filetage extérieur (variante étanche)



Filetage intérieur (2 variantes) & filetage extérieur (variante non étanche)



© Extrait de Normes 2018, p. 235, fig. 235/1

Filetages normalisé « gaz » (2/2)

• Notations

– Variante étanche

→ « R » + d (si filetage ext.)

→ « Rp » + d (si filetage int.)

– Variante non-étanche

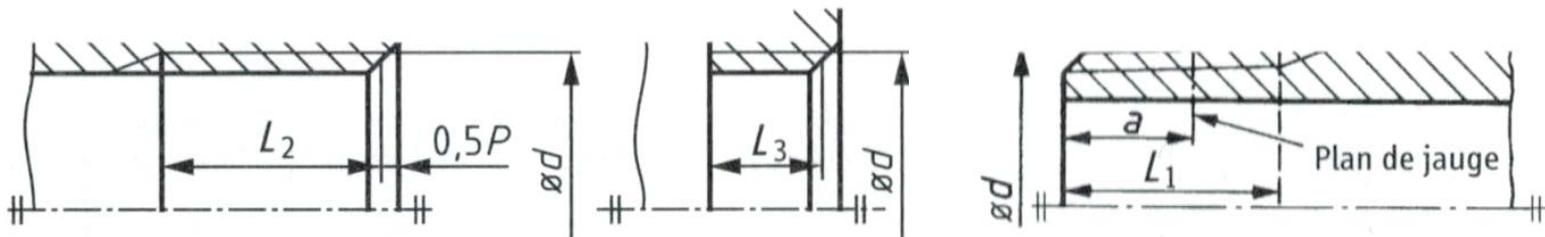
→ « G » + d

Filetage Dimension nominale	Diamètre nominal du tuyau ³⁾	Nombre de filets par Inch (25,4 mm) z	Longueur utile de filetage ³⁾		
			L_1 min.	L_2 min.	L_3 min.
$1/8$	6	28	6,5	7,4	4,5
$1/4$	8	19	9,7	11,0	6,8
$3/8$	10	19	10,1	11,4	7,1
$1/2$	15	14	13,2	15,0	9,2
$3/4$	20	14	14,5	16,3	10,2
1	25	11	16,8	19,1	11,6
$1\ 1/4$	32	11	19,1	21,4	13,5
$1\ 1/2$	40	11	19,1	21,4	13,5
2	50	11	23,4	25,7	16,9

© Extrait de Normes 2018, p. 235, Tableau 235/2, partiel

• Tailles selon ISO 7-1 et ISO 228-1 →

Le nombre de filets par pouce
est toujours un entier



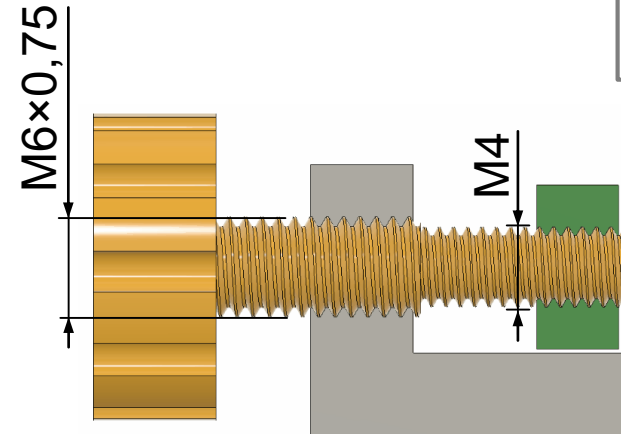
© Extrait de Normes 2018, p. 235, Fig. 235/3 et 235/4

Exercice d'application



Soit la vis différentielle ci-contre, équipée d'un premier filetage en taille $M6 \times 0,75$ et d'un deuxième en taille $M4$.

Calculer le déplacement de l'écrou (pièce verte) pour chaque tour de vis.



Profondeur d'implantation L_i

- L_i = longueur de filet en prise**

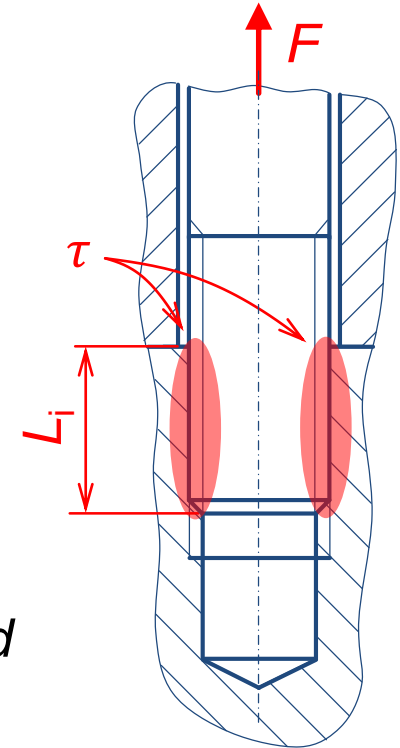
Force de traction F sur la vis

→ Contrainte de cisaillement τ dans les filets

→ Risque d'arrachage des filets si L_i trop faible

- $(L_i)_{\min}$ dépend du matériau**

- Aciers → $(L_i)_{\min} \approx 1 \times d$
- Fontes et alliages de cuivre → $(L_i)_{\min} \approx 1,5 \times d$
- Alliages légers (alu., titane) → $(L_i)_{\min} \approx 2 \times d$



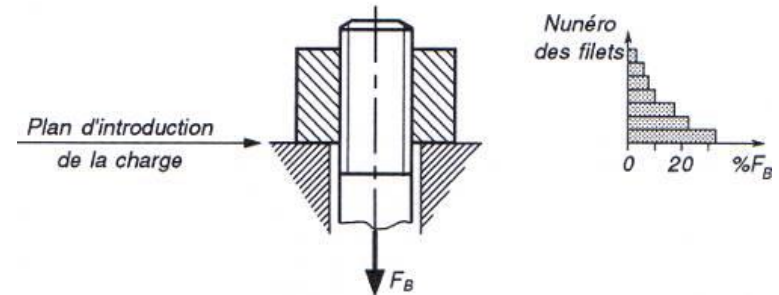
- Valeurs pour la construction**

	L_i	Prof. taraudage	Prof. avant-trou
Aciers	$1,5 \times d$	$2 \times d$	$2 \times d + D_B$
Fontes et alliages légers	$2 \times d$	$2,5 \times d$	$2,5 \times d + D_B$

Profil de cisaillement dans les filets

- Répartition logarithmique**

Le 1^{er} filet reprend le + de charge



- Risques si surcharge locale**

→ Arrachage du filet

→ Grippage / blocage

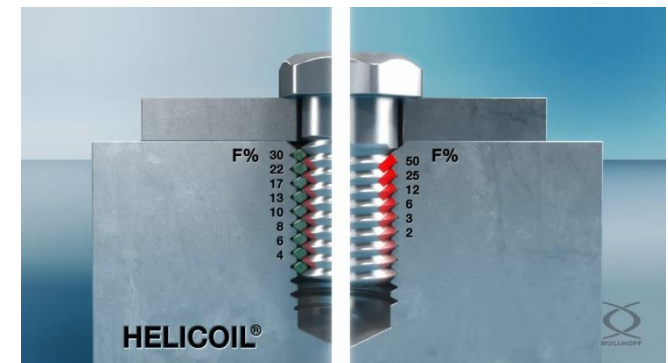
Particulièrement vrai avec taraudage dans de l'aluminium

- Solution : le filet rapporté (Hélicoïl ®)**

Filet métallique en acier que l'on intercale entre la vis et le taraudage

→ Meilleure répartition de la charge

→ Suppression des risques de matage / arrachage / grippage



© Boellhoff (extrait)

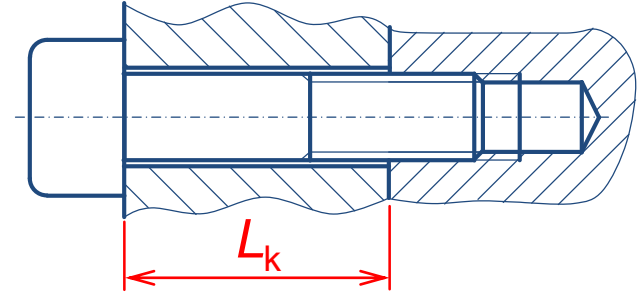
Sécurisation des assemblages boulonnés

• Protection contre le desserrage

1. « Assouplir » la vis (en particulier si F cyclique et/ou dynamique)

→ Maximiser L_k pour réduire k_{vis}

L_k = distance entre l'embase de la tête de vis et le début des filets en prise



$L_k \geq 3d$ si F cyclique
 $L_k \geq 5d$ si F dynamique

2. Emploi d'une rondelle à obstacle (Grower ou éventail, cf. AB II)
3. Collage au frein-filet (Loctite ®)
4. Emploi d'un écrou auto-freiné (cf. AB II)

• Protection contre le matage / tassement sous la tête de vis

→ Par l'emploi d'une rondelle plate (cf. AB II)



Résistance de la vis (1/2)

• Paramètres de résistance mécanique

- Limite élastique R_e [MPa]
- Limite à rupture R_m [MPa]

• Classe de qualité

- Notation = « XX.Y »

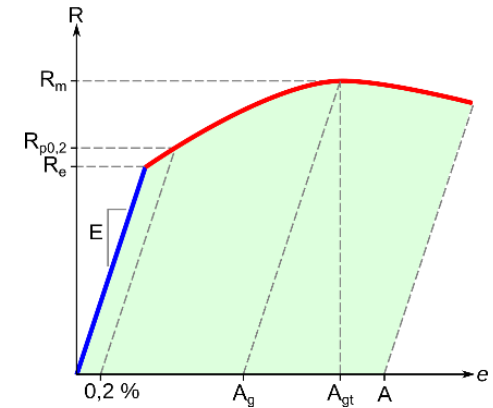
- « XX » = $R_m / 100$
- « Y » = $10 \times R_e / R_m$

- Si classe de qualité ↑

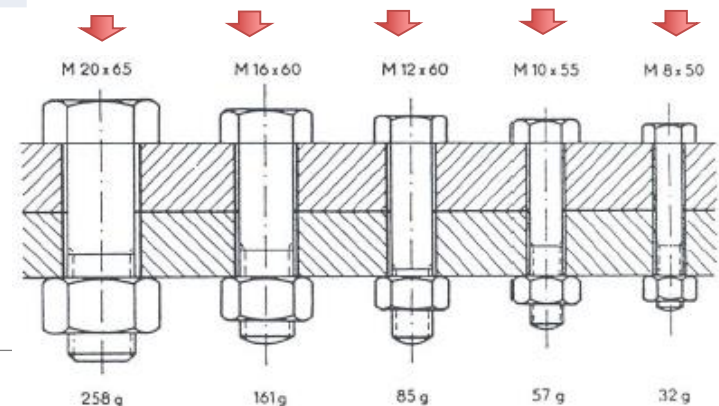
👍 Charge admissible ↑
et/ou taille de la vis ↓

👎 Ductilité ↓ / fragilité ↑

8.8 = bon compromis



Classe de qualité	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
R_e [MPa]	240	300	640	900	1080
R_m [MPa]	400	500	800	1000	1200



Résistance de la vis (2/2)

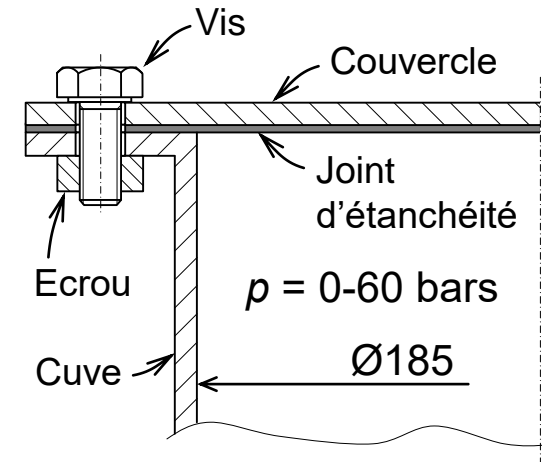


- Exercices d'application**



La cuve ci-contre, fermée par 8 vis M6, est soumise à des cycles de pression 0-60 bars.

1. Quelle classe de qualité doit-on choisir pour garantir $\sigma < R_e$ à la limite du décollement ?
2. Cette conception est-elle être pertinente ?



Des questions ?



Références normatives principales

- ISO 7-1** Filetages de tuyauterie pour raccordement avec étanchéité dans le filet — Partie 1: Dimensions, tolérances et désignation
- ISO 68-1** Filetages ISO pour usages généraux — Profil de base — Partie 1: Filetages métriques
- ISO 228-1** Filetages de tuyauterie pour raccordement sans étanchéité dans le filet — Partie 1: Dimensions, tolérances et désignation
- ISO 261** Filetages métriques ISO pour usages généraux — Vue d'ensemble
- ISO 262** Filetages métriques ISO pour usages généraux — Sélection de dimensions pour la boulonnerie
- ISO 898-1** Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié — Partie 1: Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité spécifiées — Filetages à pas gros et filetages à pas fin
- ISO 80000-3** Grandeurs et unités - Partie 3: Espace et temps