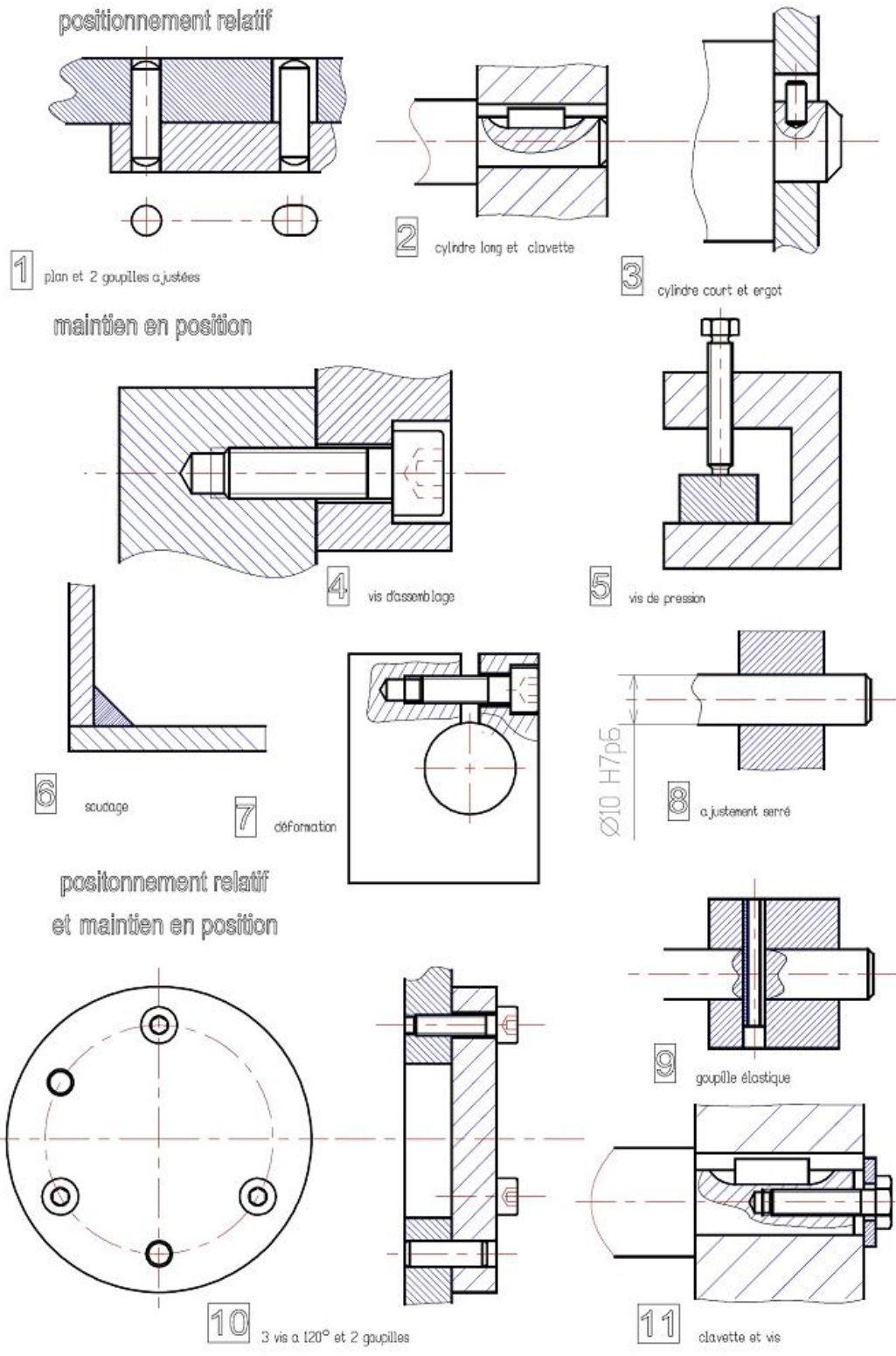


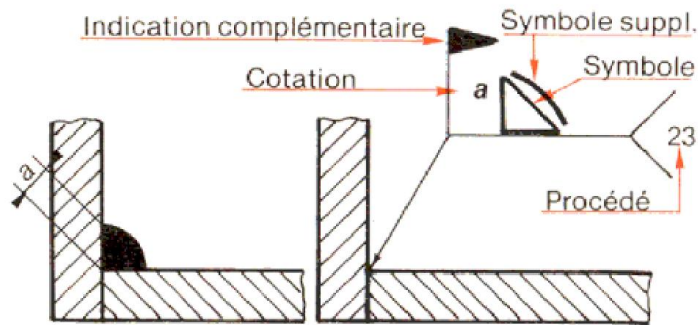
II.1 Solutions pour la réalisation des liaisons:



II.2 liaison complète par soudage :

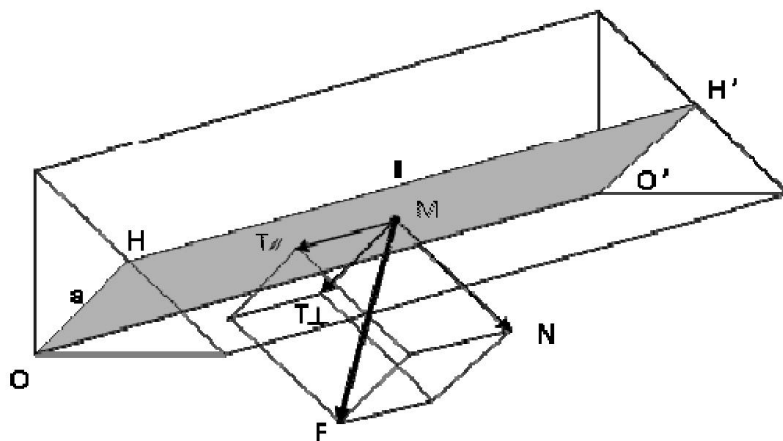
Domaine d'application :

- Pièces simple en série
- Pièces complexe à l'unité
- prototypes



— Représentation des soudures.

Calculs de résistance d'un cordon de soudure d'angle avec sollicitation orientée :



On considère que l'effort F exercé par les pièces assemblées est réduit au centre du cordon modélisé par un prisme de section triangulaire. La sollicitation est alors maximale dans le plan OHH'O' et on fait un hypothèse de répartition uniforme de contrainte dans la surface I * a

L'équilibre statique donne : $\vec{F} = \vec{N} + \vec{T}_{//} + \vec{T}_{\perp}$

$$\sigma = \frac{N}{l.a} ; \tau_{//} = \frac{T_{//}}{l.a} ; \tau_{\perp} = \frac{T_{\perp}}{l.a}$$

Normes de calcul des soudures

Les normes reprennent la démarche utilisée précédemment. Le critère général est

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \lambda \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \alpha \times R_e$$

où

- λ est un coefficient établi expérimentalement ; il allait de 1,8 à 2 dans les années 1970, il est établi actuellement entre 2,5 et 3 ; il vaut 3 si l'on considère le critère de VON MISES et 4 si l'on considère le critère de TRESCA ;
- α est un coefficient de qualité ; $\beta = 1/\alpha$ est le coefficient de sécurité.

Outre ce coefficient de qualité de soudure, on applique un coefficient de pondération de charge k_p en fonction du domaine (typiquement, $k_p = 1,5$ pour une oreille de levage) ; l'effort retenu est l'effort nominal multiplié par ce coefficient. Le coefficient de sécurité total vaut donc

$$k = k_p/\alpha = k_p\beta$$

(les notations k , α et β diffèrent selon les normes).

Dans les normes récentes, citons

Acier — Eurocode 3 (1993)

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_w \times \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \\ \text{et } \sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \end{array} \right.$$

avec

- β_w : facteur de corrélation allant de 0,7 à 1,8 ;
- f_u : résistance ultime de l'acier R_m ;
- γ_{M2} : coefficient partiel de sécurité de résistance à la rupture des sections transversales en traction, valant 1,25 [EN 1993-1-1:2005]

Coefficients selon la nuance d'acier

Nuance	f_u (R_m) (MPa)	β_w	γ_{M2}
S235	360	0,8	1,25
S275	430	0,85	1,30
S355	510	0,9	1,35

Calcul pour sollicitation simple :

Sollicitation	Exemple	Calcul de la contrainte
<p>Traction compression</p>		$\sigma = \frac{F}{e.L}$ <p>σ = contrainte en N/mm², F = force appliquée en N, e = hauteur du cordon en mm, L = longueur du cordon en mm.</p>
<p>Cisaillement</p>		$\tau = \frac{F}{a.L}$ <p>τ = contrainte en N/mm², F = force appliquée en N, a = épaisseur du cordon en mm, L = longueur du cordon en mm.</p>
<p>Torsion</p>		$\tau = \frac{M_1}{W_1}$ <p>τ = contrainte en N/mm², M_1 = moment de torsion en mm.N, W_1 = module de torsion en mm³.</p> $W_1 = \frac{I_0}{\nu} \quad I_0 = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) \quad \nu = D/2$
<p>Flexion</p>		$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1}$ <p>σ_1 = contrainte en N/mm², M_1 = moment de la flexion en mm.N, W_1 = module de flexion en mm³.</p> $W_1 = \frac{I_{0z}}{\nu} \quad I_{0z} = \frac{e.L^2}{12} \quad \nu = \frac{L}{2}$

II.3 liaison complète par rivets :

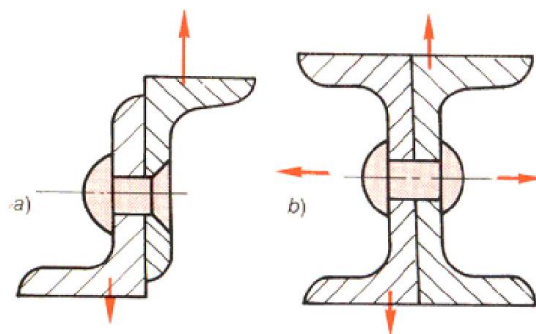
Le diamètre d'un rivet dépend de l'épaisseur e de la tôle la plus épaisse à assemblée. Il est donné par l'expression suivante:

$$d = \frac{45.e}{15+e}$$

Montage :

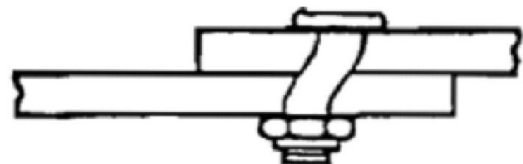
Posés à froid : ils travaillent au cisaillement (a)

Posés à chaud : ils travaillent au cisaillement et traction (b)



Rupture en cisaillement du rivet :

$$\tau = \frac{F}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq \frac{\tau_{lim}}{k}$$



N : nombre de rivets

K : coefficient de sécurité

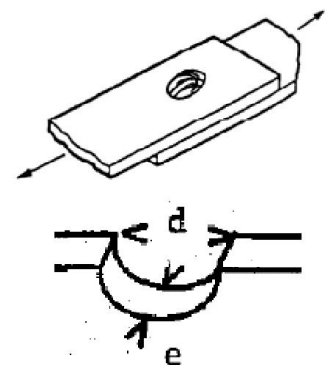
$$\tau_{lim} = 0,8 R_m$$

Matage de la tôle

Critère de rupture: Pression de matage > Pression admissible

$$\frac{F}{d.e} > \sigma_{mat_adm}$$

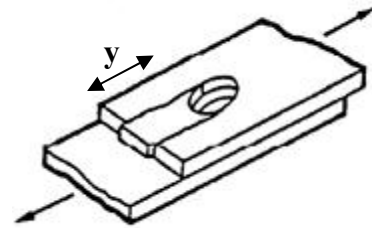
En l'absence de σ_{mat_adm} on peut utiliser $\sigma_{mat_adm} = 1,5 R_m$



Résistance en traction de la tôle :

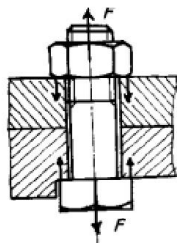
$$\frac{F}{2 \cdot y \cdot e} > \tau_{adm_tôle} = 0,6 R_{m_tôle}$$

y: distance au bord

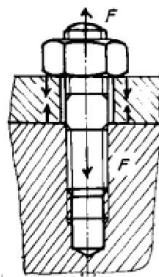


II.4 liaison complète démontable par éléments filetés :

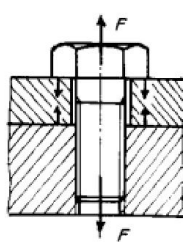
Réalisé soit par :



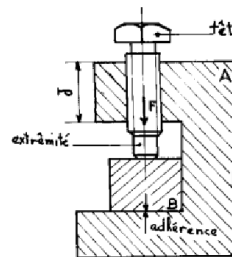
Des boulons



Des goujons



Des vis



Des vis de pression

Ces éléments comprennent :

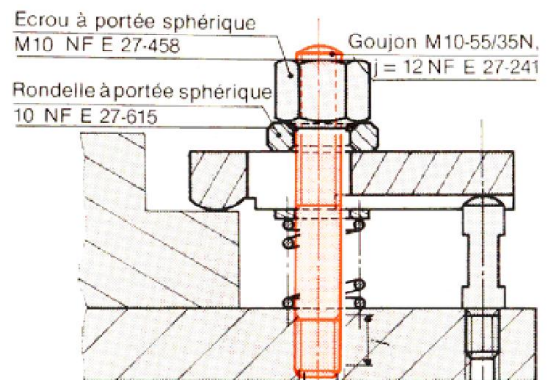
- une extrémité fileté pénétrant dans la pièce support (vis ou goujon) ou dans un écrou (boulon) sans atteindre la fin du filetage,
- une partie cylindrique (qui peut être aussi fileté) formant le corps passant, avec jeu diamétral, au travers de la pièce à lier,
- une tête (vis, boulons) ou écrou (goujon) permettant la manœuvre (serrage) sous laquelle il est indispensable de placer une rondelle (répartition d'efforts ou freinage).

Montage par goujon : Bride d'ablocage

Fileté aux deux extrémités : implantation *j* et montage de l'écrou. Le goujon doit être monté forcé dans le support.

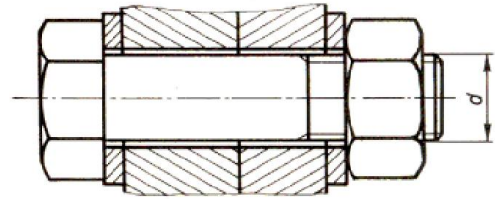
Désignation d'un goujon :

- le terme goujon
- le symbole du filetage M
- le diamètre nominal *d* du filetage 10
- la longueur libre *l* de la tige 55
- la longueur fileté *x* 35
- le symbole de finition du goujon N
- la longueur d'implantation *j* = 12
- la référence à la norme NF E 27-241

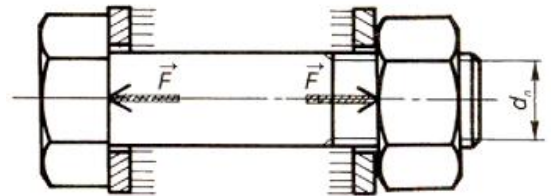


II.2.2 Calcul des vis et des boulons :

Soit un montage de serrage par boulons (Fig.). Par l'intermédiaire des rondelles, vis et écrou sont en contact avec les pièces à serrer. A partir de cette position, on agit sur l'écrou à l'aide d'une clé, et l'effort F à fournir à l'extrémité de celle-ci va en augmentant jusqu'à la phase finale de serrage désiré.



Ensemble vis, écrou, rondelles isolé
 Les forces appliquées sont les actions de contact des pièces serrées, sur la tête de la vis et sur l'écrou (par l'intermédiaire des rondelles), parallèles à l'axe de la vis. Leurs résultantes, de valeur commune F , font apparaître :
 — Une sollicitation d'extension dans la tige de la vis, de contrainte σ : en daN/mm²



$$\sigma = \frac{F}{S_n} \leq R_p$$

$$R_p = \frac{R_e}{s} = \text{résistance pratique de la vis à l'extension}$$

— Une sollicitation de cisaillement au droit de l'encastrement des filets de la vis sur le cylindre du noyau de contrainte :

$$\tau = \frac{F}{\pi d_n \cdot P_h \cdot n} \leq R_{pg}$$

Condition de no
 arrachement de
 filets (daN/mm²)

F : effort de traction axial
 S_n : section du noyau vis
 σ : contr. de traction vis
 k : coef. concentr. contr.
 R_e : limite élastique vis
 s : coef. sécurité (2 à 5)
 τ : contr. de cisaillement
 d_n : diamètre noyau vis
 P_h : pas de l'hélicoïde

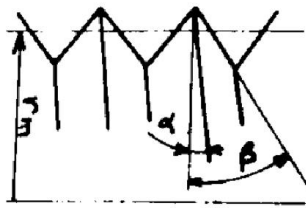
n : nombre de filets
 R_g : contrainte cisail.
 p : pression sur vis/écrou
 d_s : élément de surface
 f : coef. frottement/filets
 ρ : distance de d_s à l'axe
 r_{m1} : r moyen de contact
 r_{m2} : r moyen des filets
 α : angle de l'hélice vis

Couple de serrage :

Le couple de serrage est souvent exprimé par la somme du couple C_1 dû aux efforts de frottement entre les filets et C_2 dû aux efforts de frottement entre les pièces assemblées.

On peut donc écrire:

$$C_s = C_1 + C_2$$



β : demi-angle de sommet des filets,
 α : angle d'inclinaison de l'hélice,
 r_m : rayon moyen du filetage.

Spécification pour un filet métrique

$$C_1 = Fr_m \tan(\alpha + \varphi_1)$$

Où φ_1 est l'angle de frottement entre filets, donné par: $\tan \varphi_1 = \mu_1 / \cos \beta = \mu'_1$.

Puisque α et φ_1 sont des petits angles, on peut écrire: $\tan(\alpha + \varphi_1) = \alpha + \varphi_1$.

On a aussi: $\tan \alpha = \alpha = P / \pi d$ et $r_m = d/2$.

D'où:

$$C_1 = F \left(\frac{P}{2\pi} + \frac{d}{2} \mu'_1 \right)$$

Le couple C_2 peut être exprimé par la relation:

$$C_2 = FR_m \tan \varphi_2$$

Où φ_2 est l'angle de frottement, $\tan \varphi_2 = \mu_2$.

D'où:

$$C_2 = FR_m \mu_2$$

R_m est le rayon moyen de la surface de frottement. La valeur de ce paramètre d'un cas à un autre. La figure 2.17 présente les cas de montage possibles avec la valeur de R_m .

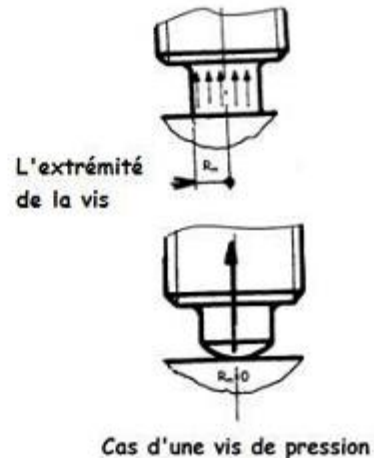
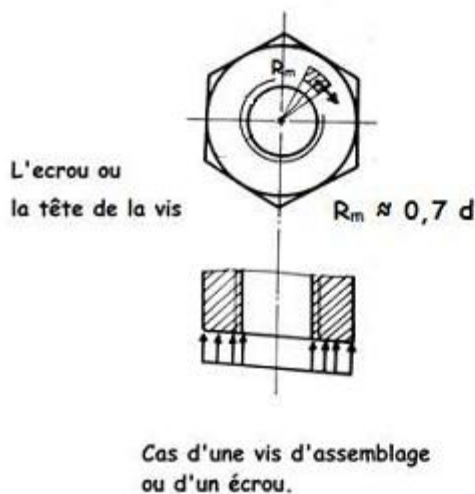


Figure 2.17: Rayon moyen de frottement dans les assemblages filetés.

$$C_s = F\left(\frac{P}{2\pi} + \frac{d}{2}\mu'_1 + R_m\mu_2\right)$$

On trouve ainsi que cette expression est la somme de trois couples:

- $F\frac{P}{2\pi}$: couple nécessaire pour la mise en tension de l'élément de serrage utilisé,
- $F\frac{d}{2}\mu'_1$: couple nécessaire pour vaincre les frottements entre les filets,
- $FR_m\mu_2$: couple nécessaire les frottements entre l'éléments de serrage et les pièces à assemblées.