

1.2. Moyens d'assemblage non démontable

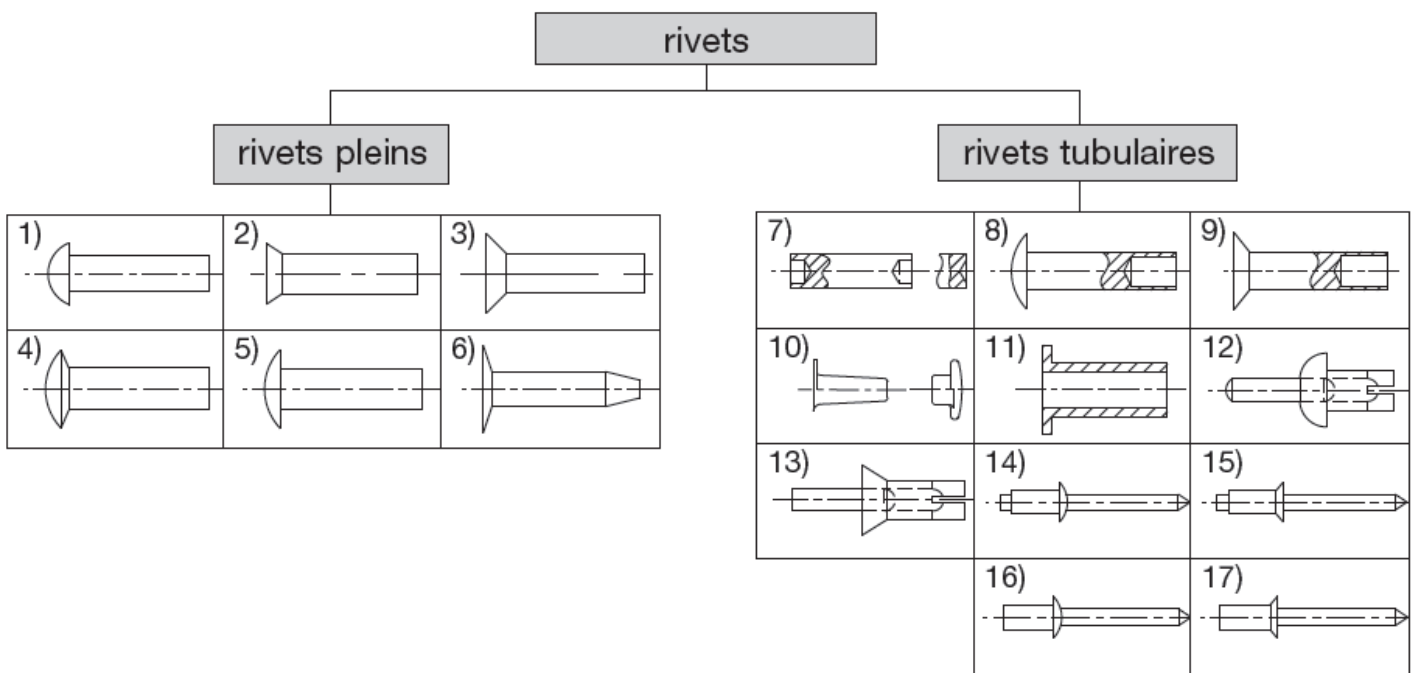
1.2.1. Par rivetage

La liaison entre deux pièces minces (tôles) est réalisée par déformation de l'extrémité d'un rivet. Cette déformation est appelée « rivure ».

Un rivet est un élément d'assemblage permanent. Il se présente sous la forme d'une tige cylindrique, généralement métallique, pleine ou creuse qui est munie à l'une de ses extrémités d'une "tête", c'est-à-dire une partie de section plus grande. L'autre extrémité sera aplatie et élargie par écrasement, pour solidariser les éléments qu'on veut riveter ensemble.

1.2.1. 1. Forme des rivets

Les rivets peuvent être classés par la forme de leur tête, par le type de leur tige et par le procédé de rivetage.

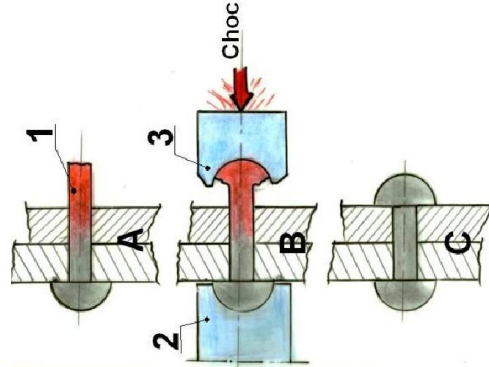


- 1) rivet à tête demi-ronde (bombée) DIN 660 (jusqu'à 8 mm), 2) rivet à tête conique 75°
3) rivet à tête conique 90° SN 213126 4) rivet à tête en goutte de suif DIN 662
5) rivet à tête bombée DIN 674 6) rivet à tête noyée DIN 675 7) goupille à rivet DIN 7341
8) rivet semi-creux à tête ronde DIN 6791 9) rivet semi-creux à tête conique DIN 6792
10) rivet creux en deux parties DIN 7331 11) rivet tubulaire DIN 7339 + 7340
12) rivet à expansion à tête ronde à percussion 13) rivet à expansion à tête conique
à percussion (coup ou choc).
14) rivet à mandrin à tête demi-ronde 15) rivet à mandrin à tête conique 120°
16) rivet à mandrin fermé à tête bombée 17) rivet à mandrin fermé à tête conique

1.2.1. 2. Procédure de rivetage

1 - mise en place du rivet ,2 - mise en place de la bouterolle sur le rivet, 3 - écrasement de la tige du rivet et formation de la tête.

1= Rivet, 2= tas, 3= bouterolle



1.2.1. 3. Les matériaux des rivets

Les rivets doivent être suffisamment solides tout en étant faciles à déformer. Afin d'éviter la corrosion électrochimique et/ou un desserrage par réchauffement, les rivets sont idéalement du même matériau que les éléments à assembler.

1.2.1. 4. Avantages et inconvénients de rivetage

Avantages : sécurité de fixation ; économique ; cadences de production élevées ; assemblage de matières et d'épaisseurs différentes.

Inconvénients : non démontable ; tête protubérante

Dimensionnement d'un rivet

a) Dimensionnement au cisaillement

La détermination du diamètre d'un rivet s'effectue d'après la condition de résistance au cisaillement. Elle s'écrit :

$$\tau = \frac{V}{A_{cis}} \leq \tau_{adm\ cis\ rivet}$$

$$A_{cis} = \frac{\pi d_b^2}{4}$$

$$d_b \geq \sqrt{\frac{4V}{\pi \tau_{adm\ cis\ rivet}}}$$

Notations :

V effort tranchant

A_{cis} : section du boulon soumis au cisaillement

d_b : diamètre du rivet

$\tau_{adm\ cis\ b}$: contrainte admissible de cisaillement du matériau du rivet

Exemple

Deux plats reliés par un rivet sont sollicités par un effort de 20 kN. Le rivet est en acier ($\tau_{adm\ cis} = 150$ N/mm²). Déterminer le diamètre du rivet.

Solution

Calcul du diamètre du rivet

$$d_b \geq \sqrt{\frac{4V}{\pi \tau_{adm\ cis}}} = \sqrt{\frac{4 \times 20\,000}{\pi \times 150}} = 13.03\ mm$$

Donc, le diamètre du rivet est 14mm

b) Dimensionnement au matage

La détermination de l'épaisseur e de la tôle se fait d'après la condition de non matage:

$$\sigma = \frac{V}{A_{mat}} \leq p_{adm\ mat\ tôle} \quad \text{avec : } A_{mat} = e d_b$$

$$e \geq \frac{V}{d_b p_{adm\ mat\ tôle}}$$

e : épaisseur de la tôle en mm

$p_{adm\ mat}$: pression admissible au matage que peut supporter la tôle en N/mm².

Choix du diamètre du rivet

Une formule nous permet de déterminer le diamètre des rivets à utiliser, soit :

$$d_{rivet} = \frac{45 e_{max}}{15 + e_{max}}$$

d_{rivet} : diamètre du rivet (à choisir suivant la normalisation) en mm

e_{max} : épaisseur de la tôle la plus épaisse à assembler en mm

Détermination du nombre de rivet

$$nb_{rivet} = 8 \cdot 10^{-4} \frac{T}{\tau_{adm\ rivet}} \left(\frac{15}{e_{max}} + 1 \right)^2$$

T : effort tranchant en N

Diamètre des trous

Diamètre des trous : $1.05 \dots 1.1 d_{rivet}$

Exemple

On veut réaliser la liaison, au moyen de rivets, de deux plats en aluminium de 10 mm d'épaisseur, supportant un effort de 150000 N. Les rivets seront aussi en aluminium et la contrainte de cisaillement admissible sera de 80 N/mm².

Déterminer le diamètre et le nombre de rivets

Solution

Détermination du diamètre des rivets

$$d_{rivet} = \frac{45 e_{max}}{15 + e_{max}} = \frac{45 \times 10}{15 + 10} = 18 \text{ mm}$$

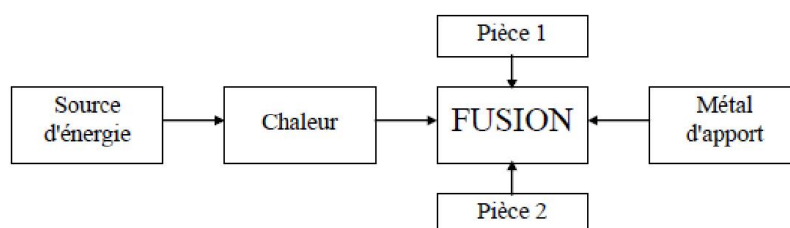
Détermination du nombre de rivets

$$\begin{aligned} nb_{rivet} &= 8 \cdot 10^{-4} \frac{V}{\tau_{adm\ rivet}} \left(\frac{15}{e_{max}} + 1 \right)^2 \\ &= 8 \cdot 10^{-4} \frac{150000}{80} \left(\frac{15}{10} + 1 \right)^2 = 9.375 \Rightarrow nb_{rivet} = 10 \end{aligned}$$

1.2.2. Soudage

Le soudage est un moyen d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler. C'est une opération de micro-métallurgie consistant à exécuter un cordon fondu liant les bords de deux pièces ; il est dit homogène quand ces deux pièces, ainsi que le métal d'apport du joint, ont une composition chimique identique ou voisine, et hétérogène dans les autres cas. Le soudage nécessite un apport de chaleur. Toutes les sources d'énergie peuvent être utilisées : chimique (flammes), lumineuse (laser), électrique ou mécanique.

1.2.2. 1. Principe de soudage



Il ya deux genres de soudures :

1.2.2. 2. Soudure Autogène

Le métal qui compose le joint est de même nature que les pièces à souder

1.2.2. 3. Soudure Hétérogène

Le métal qui compose le joint est de nature différente des pièces à souder

1.2.2. 4. Différents types de soudage

a) le soudage au gaz (au chalumeau) :

C'est un procédé de soudure par fusion où la chaleur de soudure est produite par la combustion de gaz. La composition oxygène-acétylène (oxyacétylénique).

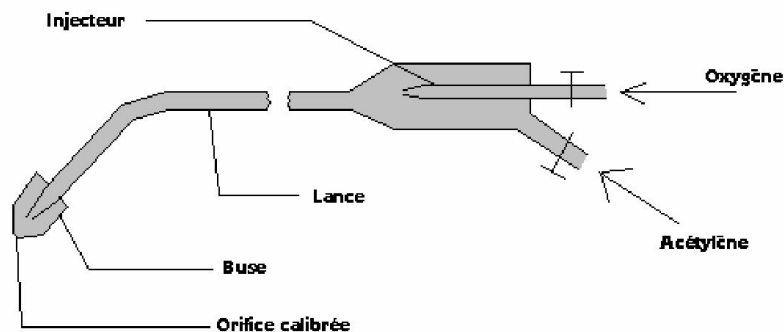
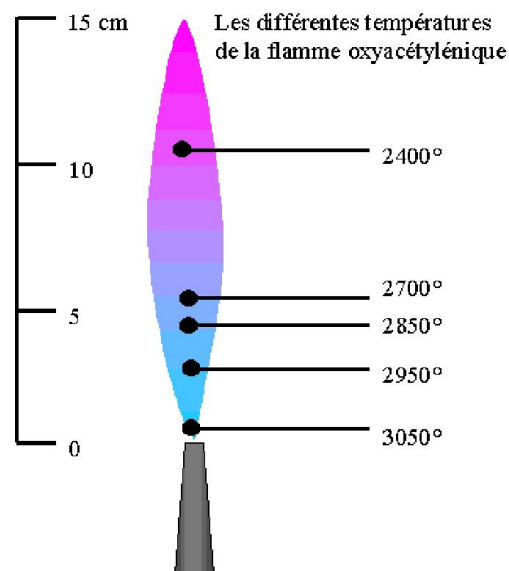


Schéma d'un chalumeau soudeur

La flamme oxyacétylénique résultant de la combustion d'un volume d'acétylène (gaz combustible) pour deux volumes et demi d'oxygène comburant (oxydant).

Le métal d'apport suivant la nature du métal de base (baguette de fil de 0,8 mm à 4,0 mm)



On notera qu'une trop forte proportion d'oxygène entraîne une chaleur plus importante mais le risque d'oxydation augmente.

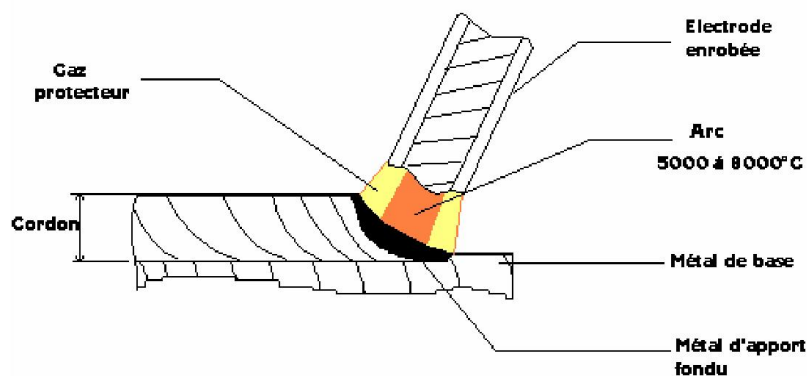
Exemples d'applications

Son aspect économique et sa rapidité d'exécution font que ce procédé est beaucoup employé par les artisans.

b) le soudage à l'arc

C'est un procédé de soudure par fusion où la chaleur est produite par un arc électrique, formé entre le métal de base et l'électrode, ou entre deux ou plusieurs électrodes. Le contact de l'électrode par rapport aux pièces provoque l'arc électrique. L'électrode est constituée d'un métal dont les caractéristiques mécaniques, chimiques et physiques sont très proches du métal des deux pièces à souder.

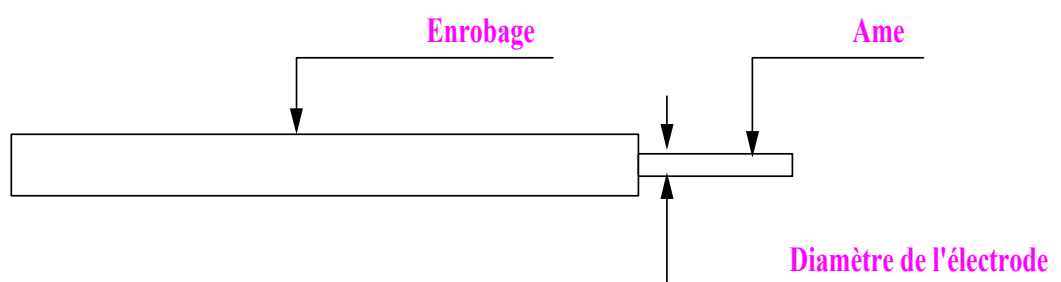
Principe de la soudure à l'arc électrique



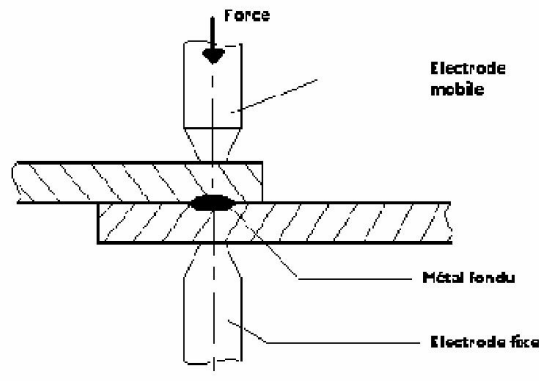
Le soudage à l'arc électrique comprend plusieurs techniques

- Soudage à l'électrode enrobée

L'électrode, dirigée manuellement est fusible et fournit le métal d'apport. L'enrobage assure un rôle protecteur.

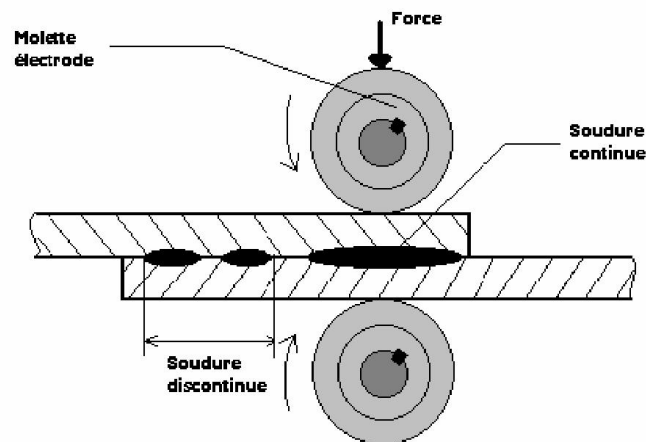


1.2.2. 5. Principe du soudage par points



Il existe de nombreuses variantes à cette technique de soudage tel que le soudage par molette qui est une variante du précédent, ici les électrodes sont remplacées par des molettes tournantes ce qui permet un soudage continu ou discontinu très rapide.

Principe du soudage par molette



Ce procédé est très utilisé en grande et petite série, il est aussi très rapide. Il est utilisé dans de très nombreux domaines : l'industrie automobile, aéronautique, aérospatiale, nucléaire, électrique et électronique, les appareils ménagers, le mobilier métallique, les armatures (ossatures) en fils, le soudage en bout de barre, de profilés, de pièces tubulaires, de tôles... etc.

1.2.2.6. Différents types d'assemblages par soudage

On distingue :

- * Soudure d'angle
- * soudure en entaille
- * Soudure en bout
- * soudure en bouchon

Soudure d'angle

La soudure d'angle peut être utilisée pour assembler des éléments dont les faces à assembler par fusion forment un angle compris entre 60° et 120° .

Des angles inférieurs à 60° sont également admis. Toutefois, dans ces cas, la soudure doit être considérée comme une soudure en bout à pénétration partielle.

Soudure en entaille

Les soudures en entaille, constituées de soudure d'angles réalisées dans des trous circulaires ou allongés, ne peuvent être utilisées que pour transmettre des efforts de cisaillement pour éviter le voilement ou la séparation de parties qui se recouvrent, il faut que le diamètre du trou doit être inférieur à 4 fois l'épaisseur de l'élément perforé.

Soudures en bout

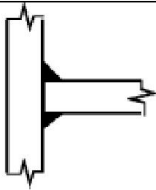
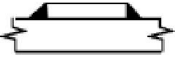
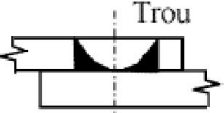




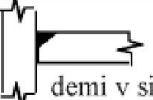
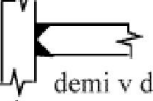
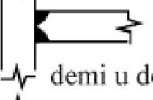
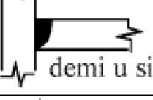

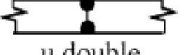
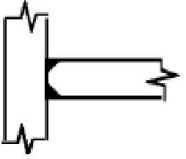
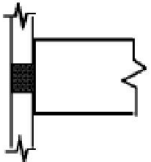
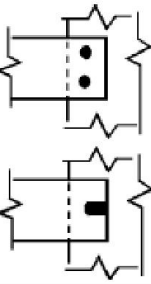
Il y a deux types de soudures en bout à savoir :

- soudure en bout à pleine pénétration
- soudure en bout à pénétration partielle

Soudures en bouchon

Les soudures en bouchon sont réalisées dans des trous circulaire ou oblongs (voir tableau), ce genre de soudure on le réalise que pour transmettre un effort de cisaillement.

Le tableau suivant récapitule les différents types d'assemblages par soudage

Type de soudure	Type d'assemblage		
	Assemblage bout à -bout	Assemblage en T	Assemblage en clin
Soudure d'angle			
Soudure en entaille			
Soudure en bout à pleine pénétration (*)	 v simple  v double  u simple  u double	 demi v simple  demi v double  demi u double  demi u simple	
Soudure en bout a pénétration partielle (*)	 v double  u double		
Soudure en bouchon			

(*) Les soudures en bout peuvent quelquefois être réalisées sans chanfreinage

1.2.2. 7. Avantages et inconvénients de soudage

Avantages

- continuité de la matière (assemblage monolithe) assure une bonne transmission des sollicitations;
- Etanchéité;
- Procédé simple et rapide;
- Une bonne productivité;
- Moins encombrant et plus esthétique que le boulonnage ou le rivetage;

Inconvénients

- Déformation de retrait des soudures

- Contraintes résiduelles de soudure qui compliquent l'état de contrainte de l'assemblage (rupture par fatigue);
- Plus onéreux (main-d'œuvre qualifiée, matériel spécifique, contrôle des soudures)

1.2.2. 8. Dimensionnement d'une soudure

Le cordon est dimensionné en fonction de la résistance mécanique. On utilise la théorie des poutres en considérant que la section droite est le plan de gorge.

Plan de gorge

Le cordon de soudure peut être modélisé comme un dièdre ; le plan de gorge est le plan bissecteur de ce dièdre.

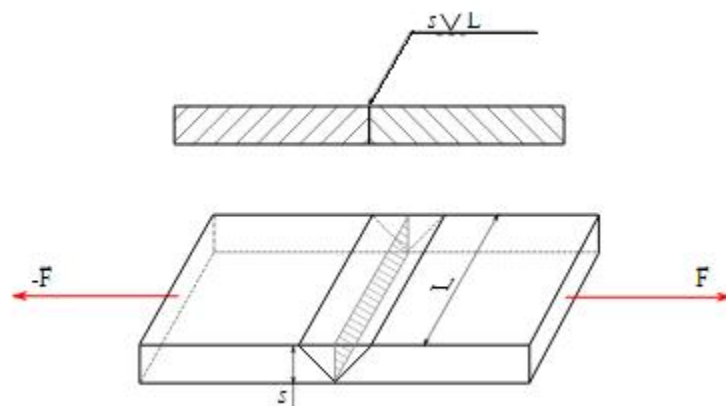
Traction sur une soudure bout-à-bout en vé.

Considérons deux tôles de même épaisseur, soudées sur une longueur L , et soumises à de la traction avec une force F . Le plan de gorge, hachuré sur la figure, a une aire:

$$S = s \times L.$$

Le plan de gorge est soumis à de la contrainte normale σ :

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F}{s \times L}.$$



Traction sur une soudure bout-à-bout en vé.

La valeur à ne pas dépasser est la résistance pratique à l'extension R_{pe} , qui est la limite d'élasticité R_e divisée par un coefficient de sécurité k , $R_{pe} = R_e/k$. La condition de résistance de la soudure est donc :

$$\sigma \leq R_{pe} \implies \frac{F}{s \times L} \leq \frac{R_e}{k}.$$

Si l'on suppose que l'épaisseur s est fixée, la longueur minimum que doit faire le cordon est:

$$L_{\text{mini}} = \frac{k \times F}{s \times R_e}.$$

Par exemple, pour des tôle en acier S235 ($R_e = 235$ MPa) et d'épaisseur $s = 5$ mm, soumis à une force $F = 5\,000$ N et avec un facteur de sécurité $k = 2$, la longueur minimale du cordon vaut :

$$L_{\text{mini}} = \frac{2 \times 5000}{5 \times 235} = 8,5 \text{ mm.}$$

Avec un coefficient de sécurité de 2, un cordon ayant un plan de gorge de 1 cm^2 (soit $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ou bien $20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$) peut tenir plus de $10\,000 \text{ N}$ (soit l'équivalent de 1 t).

Une soudure acier tient une tonne par centimètre carré en traction.

Cisaillement d'une soudure d'angle

Considérons deux plats soudés ; on effectue une traction symétrique sur chacun des plats, d'une intensité F . Nous négligeons le moment du couple et ne considérons que la force.

Cette force est parallèle au plan de gorge, c'est donc un effort tranchant. L'aire des plans de gorge, au nombre de deux, vaut :

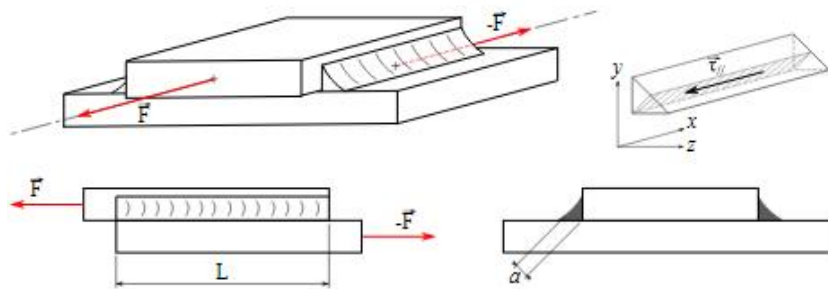
$$S = n \times L \times a ; n = 2$$

Contrainte de cisaillement parallèle

$$\tau_{//} = \frac{F}{S} = \frac{F}{n \times L \times a}$$

Pour que la conception de la soudure soit validée, il faut que cette contrainte soit inférieure à la résistance pratique au glissement R_{pg} , qui est la limite élastique au glissement R_{eg} à laquelle on applique un coefficient de sécurité k , $R_{pg} = R_{eg}/k$:

$$\tau_{//} \leq R_{pg} \implies \frac{F}{n \times L \times a} \leq \frac{R_{eg}}{k}$$

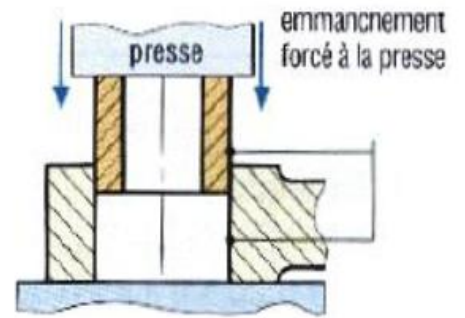
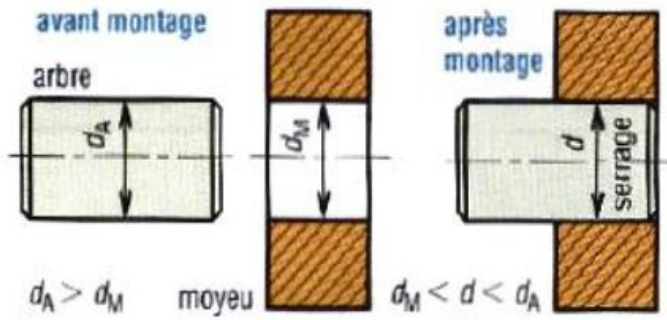


Soudure d'angle soumise à une force longitudinale

Par emmanchement forcé

Avant le montage, la cote effective de l'arbre (d_2) est légèrement supérieure à la cote effective de l'alésage (d_1).

On oblige l'arbre à pénétrer dans l'alésage avec un maillet ou une presse ...



Frettage

Consiste à modifier les dimensions des pièces avant leur assemblage, par variation de leur température.

Il existe trois possibilités :

Contraction du contenu.

Dilatation du contenu.

Combinaison des deux cas précédents.

