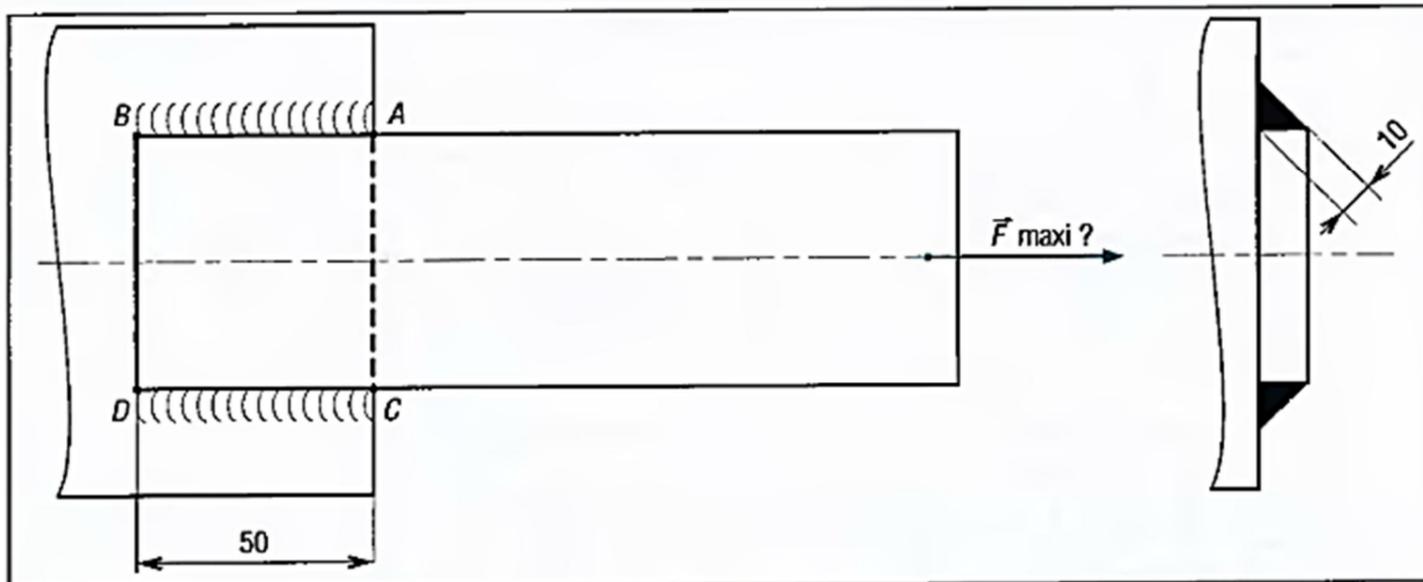


Série 01 Assemblage

Exercice 01: cas de soudures parallèles à la charge – calcul au cisaillement

Deux soudures d'angle AB et CD , de longueur 50 mm, sont soumises à du cisaillement pur sous l'action de la charge F .

Si l'on adopte une contrainte limite au cisaillement (R_{pg}) de 10 daN/mm^2 pour le métal d'apport, quelle charge F maximale l'assemblage peut-il supporter ?



Solution 01

La section cisillée à prendre en compte est la plus petite section longitudinale de chaque cordon, aire $a \times l = 10 \times 50$.

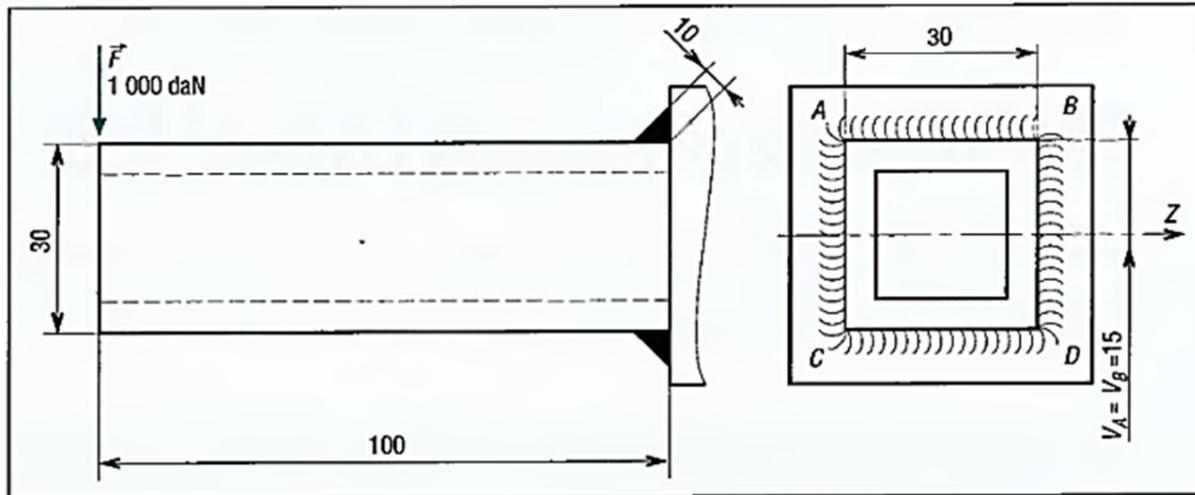
solution exercice 01

$$\tau_{\text{maxi}} \leq R_{pg} = \frac{F_{\text{maxi}}}{a \cdot (l + l)} = \frac{F_{\text{maxi}}}{10(50 + 50)}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{maxi}} &= R_{pg} \times 10 \times 100 \\ &= 10 \times 1\,000 \\ &= 10\,000 \text{ daN} \end{aligned}$$

Exercice 03: : calcul en flexion

Les quatre soudures d'angle en carré AB, BC, CD et DA, de longueur 30 mm et d'épaisseur 10 mm, sont soumises à une charge F de 1 000 daN, transversale et décalée, amenant cisaillement et flexion. Calculer la contrainte maximale exercée dans les cordons.



Solution exercice 03:

L'étude de la flexion de la poutre (diagrammes des T et de M_f) montrent que les cordons supportent à la fois du cisaillement (contrainte τ_1 résultant de l'effort tranchant $T = F = 1\,000$ daN) et de la flexion (génère des contraintes normales de type σ_1).

La contrainte τ_1 est supposée uniforme en tout point des quatre cordons et est égale à :

$$\tau_1 = \frac{T}{a.l} = \frac{1\,000}{10 \times 30 \times 4} = 0,83 \text{ daN/mm}^2$$

Dans le cas de la flexion, on retrouve approximativement le cas d'un cordon chargé transversalement (table 2, 5^e rangée) et supportant (dans la section cisailée inclinée à 45°) une contrainte normale σ et une contrainte tangentielle τ_2 ayant même valeur.

$$\begin{aligned} \tau_1 = \tau_{\text{maxi}} = \sigma_A = \sigma_B &= \frac{M_f}{(I_{u_z} a)/V} = \frac{M_f}{(I_{u_z} 10)/15} = \frac{M_f \cdot 15}{I_{u_z} \cdot 10} \\ &= \frac{100\,000 \times 15}{18\,000 \times 10} = 8,33 \text{ daN/mm}^2 \end{aligned}$$

Avec :

V : distance entre le point (A ou B) et le plan neutre (« axe z »)

M_f : moment fléchissant à l'encastrement

$$= 1\,000 \times 100 = 100\,000 \text{ daN.mm}$$

$$I_{u_z} = \frac{d^2(3b + d)}{6} = \frac{30^2(3 \times 30 + 30)}{6} = 18\,000 \text{ mm}^3$$

La contrainte de cisaillement totale τ_{maxi} peut être approximée par :

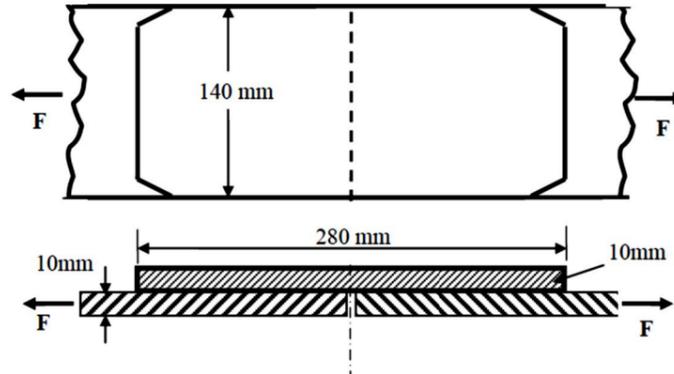
$$\tau_{\text{maxi}} = \left[\tau_1^2 + \sigma^2 \right]^{1/2} = \left[\left[\frac{T}{S} \right]^2 + \left[\frac{M_f v}{I_{u_z} a} \right]^2 \right]^{1/2} = \left[(0,83)^2 + (8,33)^2 \right]^{1/2} = 8,37 \text{ daN/mm}^2$$

Série 02 Assemblage par boulons et vis

Exercice 1

On veut assembler, à l'aide de rivets dont le diamètre de chacun vaut 20 mm et d'un couvre joint, deux tôles métalliques de 140 mm de largeur et 10 mm d'épaisseur. L'ensemble est soumis à un effort de traction $F = 10\ 000$ daN, comme montré par la figure ci-dessous.

- 1- Déterminer le nombre de rivets nécessaires à cet assemblage si la contrainte admissible de cisaillement $[\tau]$, pour chaque rivet, est égale à la 90 MPa.
- 2- Vérifier la résistance du système si la contrainte admissible pour chacune des deux tôles est 12 daN/mm².

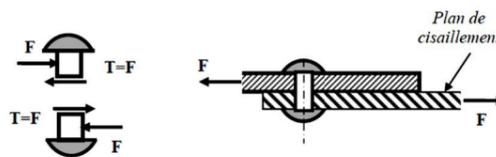


Solution de l'exercice 1

1- Nous avons ici un seul plan de cisaillement. La force de cisaillement (effort tranchant) appliquée à la section cisillée, au niveau du plan de cisaillement est

$$T_1 = \frac{F}{n}$$

Où n est le nombre de rivets.



S'il y a un seul rivet, alors

$$T = F$$

La contrainte de cisaillement sur la section cisillée (revenant à chaque rivet) est

$$\tau_1 = \frac{T_1}{A_1}; \quad A_1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

La condition de résistance étant

$$\tau_1 \leq [\tau]$$

Alors, on écrit

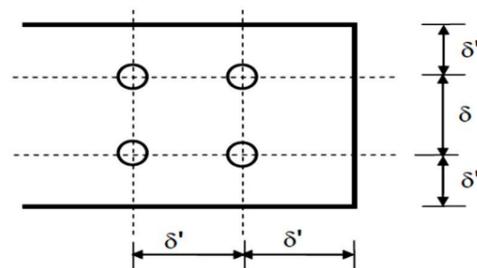
$$\tau_1 = \frac{10000/n}{\pi(20)^2/4} \leq 9$$

$$\Rightarrow n \geq 3,5$$

Le nombre de rivets nécessaire à cet assemblage est donc

$$n = 4$$

Les dispositions pratiques des rivets se fait selon les conditions suivantes

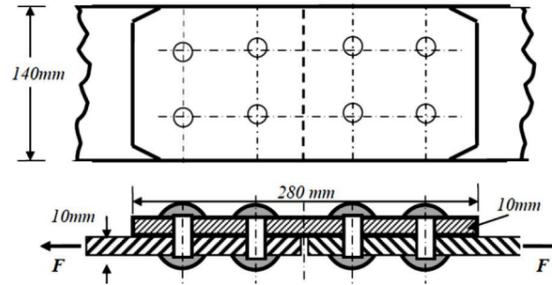


$$\delta = 3d$$

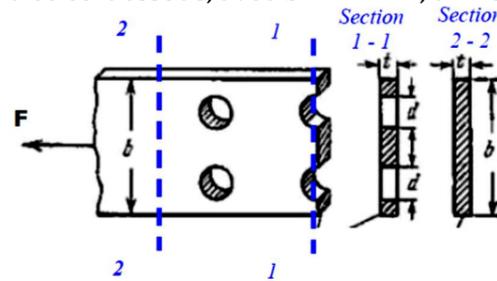
δ au voisinage de $1,5d$

$$1,5d \leq \delta'' \leq 2,5d$$

Selon ces conditions, le nombre de rivets obtenu est disposé sur la figure ci-dessous.



1- Pour vérifier la résistance du système, on doit vérifier la résistance de chacune des deux tôles au niveau de la section dangereuse qui passe naturellement par les axes des rivets, comme montrée co-dessous, avec $b = 14 \text{ mm}$, $t = 10 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$.



$$\sigma_{1-1} = \frac{N}{A_{1-1}}; \quad N = F; \quad A_{1-1} = t(b - 2d)$$

$$\sigma_{1-1} = \frac{10000}{10(140 - 2 \times 20)} = 10 \text{ daN/mm}^2$$

La condition de résistance pour la traction

$$\sigma_{1-1} \leq [\sigma]$$

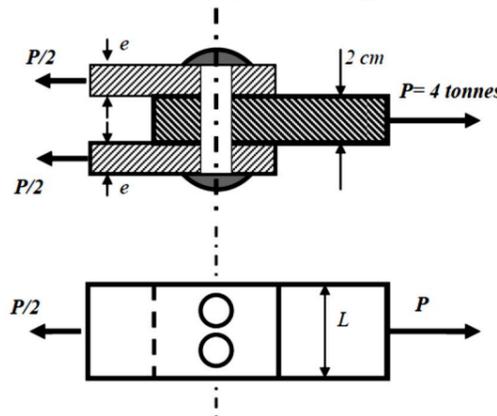
est vérifiée, alors le système résiste à l'effort de traction appliqué.

Exemple 2

Trois tôles en acier sont assemblées entre elles par deux rivets de diamètre chacun égale à 17 mm.

1- Vérifier la résistance des rivets si la contrainte admissible de cisaillement $[\tau] = 900 \text{ kg/cm}^2$.

2- Déterminer l'épaisseur minimale de chacune des deux tôles si $[\sigma] = 1200 \text{ kg/cm}^2$.



Solution de l'exercice 2

1- Nous avons ici deux plans de cisaillement. La force de cisaillement (effort tranchant) appliquée à la section cisillée, au niveau d'un seul plan de cisaillement est:

$$T_1 = F/2$$

S'il y a n est rivets.

$$T_1 = (F/2)/n$$

La contrainte de cisaillement sur la section cisillée (revenant à chaque rivet) est

$$\tau_1 = \frac{F/2n}{A_1}; \quad A_1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

Avec la condition de résistance

$$\tau_1 \leq [\tau]$$

on écrit

$$\tau_1 = \frac{2F}{n\pi(d)^2} \leq [\tau]$$

$$\tau_1 = \frac{2 \times 4 \cdot 10^3}{2\pi(17)^2} = 440,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_1 = 440,6 \text{ kg/cm}^2 \leq [\tau] = 900 \text{ kg/cm}^2$$

Alors la résistance des rivets est vérifiée.

2- La contrainte normale dans une des deux tôles à la section dangereuse est

$$\sigma_{1-1} = \frac{N}{A_{1-1}} = \frac{F/2}{e(5-2 \times 1,7)}$$
$$\sigma_{1-1} = \frac{2 \cdot 10^3}{1,6 \cdot e} \leq 1200$$
$$\Rightarrow e \geq 1,04 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur minimale que devrait avoir chacune de deux tôles est au moins égale à 10,4 mm.

Série 03 calculs sur les éléments de transmission

Exercice 01 Calcul de $F_{2/1}$, F_T et F_R

L'organigramme proposé indique la procédure à suivre, connaissant la puissance d'entrée, la vitesse de rotation et l'angle de pression (la détermination de F_T à partir du couple C est nécessaire pour obtenir F_R et $F_{2/1}$).

Exemple 1 :

Une puissance de 100 kW à 1 500 tr/min est transmise d'une roue 1 ($Z_1 = 20$) à une roue 2 ($Z_2 = 40$). Le module est de 8 mm et l'angle de pression de 20° .

Déterminons l'ensemble des actions exercées (cas d'un rendement égal à 1).

$$r_1 = 0,5.mZ_1 = 0,5.8.20 = 80 \text{ mm}$$

$$r_2 = 2r_1 = 160 \text{ mm}$$

$$C_1 = 30P/\pi n = 30.100\,000/\pi.1\,500 = 636,62 \text{ Nm}$$

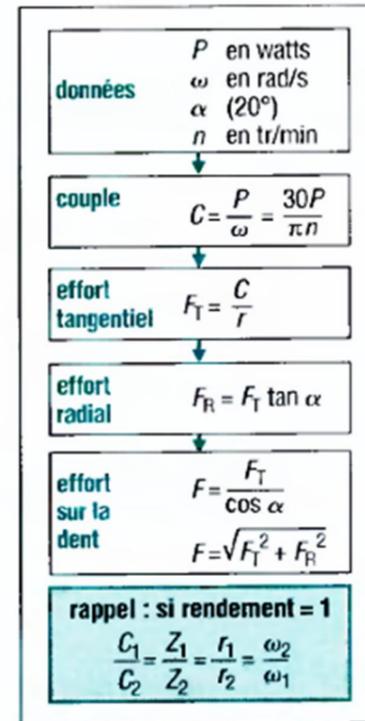
$$C_2 = 2C_1 = 1273,24 \text{ Nm}$$

$$F_T = F_{T1} = C_1/r_1 = F_{T2} = 636,6/0,080 = 7\,958 \text{ N}$$

$$F_R = F_{R1} = F_T \tan \alpha = F_{R2} = 7\,958.\tan 20^\circ = 2\,896 \text{ N}$$

$$F = F_{2/1} = F_{1/2} = F_T/\cos \alpha = 7\,958/\cos 20 = 8\,468 \text{ N}$$

$$\text{Vérification } F = [F_T^2 + F_R^2]^{0,5} = [7\,958^2 + 2\,896^2]^{0,5} = 8\,468$$



Organigramme de calcul.

Exercice 2: Calcul de F_T , F_R , F_A et F

L'organigramme proposé indique la procédure à suivre, connaissant la puissance d'entrée, la vitesse de rotation, l'angle de pression normal α_n (α_n = angle de pression apparent) et l'angle d'inclinaison β .

Exemple 2 :

Reprenons les données de l'exemple 1 (100 kW à 1 500 tr/min, $Z_1 = 20$ et $Z_2 = 40$, module normal 8 mm) avec un angle de pression normal : $\alpha_n = 20^\circ$. Déterminons les actions si l'angle d'inclinaison de la denture est de 30° .

$$m_n = m/\cos \beta = 8/\cos 30^\circ = 9,24 \text{ mm}$$

$$r_1 = 1/2.m_n.Z_1 = 1/2.9,24.20 = 92,4 \text{ mm}$$

$$r_2 = 2r_1 = 184,8 \text{ mm}$$

$$C_1 = 30P/\pi n = 30.100\,000/\pi.1\,500 = 636,62 \text{ Nm}$$

$$C_2 = 2C_1 = 1\,273,24 \text{ Nm}$$

$$F_T = F_{T1} = C_1/r_1 = F_{T2} = 636,62/0,0924 = 6\,890 \text{ N}$$

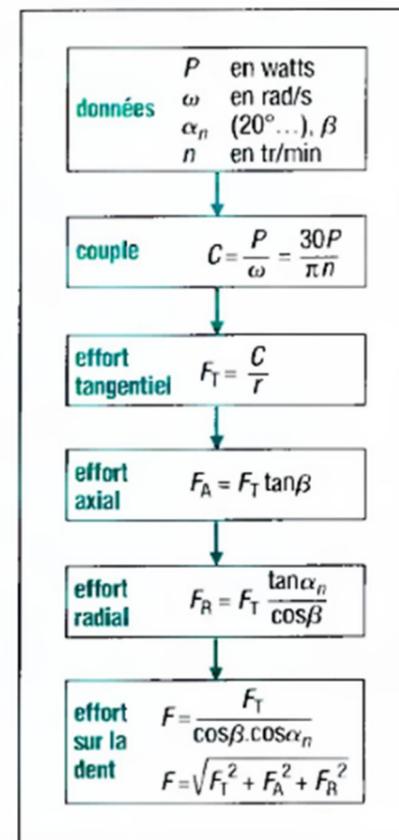
$$F_A = F_{A1} = F_T \tan \beta = F_{A2} = 6\,890.\tan 30 = 3\,978 \text{ N}$$

$$F_R = F_{R1} = F_T \cdot \tan \alpha_n / \cos \beta = F_{R2} = 6\,890.\tan 20/\cos 30 = 2\,896 \text{ N}$$

$$F = F_{2/1} = F_T/(\cos \beta \cdot \cos \alpha_n) = F_{1/2}$$

$$= 6890/(\cos 30 \cdot \cos 20) = 8\,466 \text{ N}$$

$$\text{Vérification : } F = [F_T^2 + F_A^2 + F_R^2]^{1/2} = [6\,890^2 + 3\,978^2 + 2\,896^2]^{1/2} = 8\,466 \text{ N}$$



Organigramme de calcul.

Exemple 3 : reprenons les données de l'exemple 1 (100 kW, 1 500 tr/min, $Z_1 = 20$, $Z_2 = 40$ et module 8 mm). Les axes des roues sont supposés perpendiculaires, $\alpha_n = 20^\circ$ et $b = 50$ mm.

Déterminons les efforts sur la dent.

$$r_1 = 0,5.m.Z_1 = 0,5.8.20 = 80 \text{ mm}$$

$$r_2 = 2r_1 = 160 \text{ mm}$$

$$C_1 = 30P/\pi.n_1 = 636,62 \text{ Nm}$$

$$C_2 = 2C_1 = 1\,273,24 \text{ Nm}$$

$$\tan \delta_1 = r_1/r_2 = 80/160$$

$$\delta_1 = 26,56^\circ$$

$$\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ \text{ (axes perpendiculaires)}$$

$$\delta_2 = 90^\circ - 26,56^\circ = 63,44^\circ$$

$$\text{Rayon moyen : } r_{m1} = r_1 - 0,5 \cdot b \cdot \sin \delta_1$$

$$= 80 - 25 \cdot \sin 26,56 = 68,82 \text{ mm}$$

$$F_T = F_{T1} = C_1/r_{m1} = F_{T2} = 636,62/0,06882 = 9\,250 \text{ N}$$

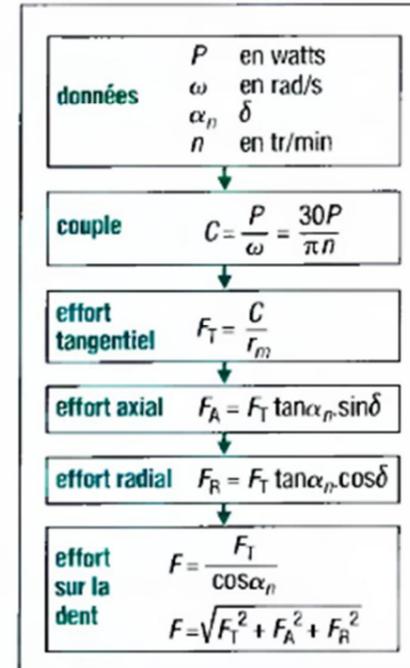
$$F_{A1} = F_{R2} = F_T \cdot \tan \alpha_n \cdot \sin \delta_1 = 9\,250 \cdot \tan 20^\circ \cdot \sin 26,56^\circ = 1\,505 \text{ N}$$

$$F_{R1} = F_{A2} = F_T \cdot \tan \alpha_n \cdot \cos \delta_1 = 9\,250 \cdot \tan 20^\circ \cdot \cos 26,56^\circ = 3\,011 \text{ N}$$

$$F = F_T/\cos \alpha_n = 9\,250/\cos 20^\circ = 9\,844 \text{ N}$$

$$\text{Vérification : } F = [F_T^2 + F_A^2 + F_R^2]^{1/2}$$

$$= [9\,250^2 + 1\,505^2 + 3\,011^2]^{1/2} = 9\,844 \text{ N}$$



Organigramme de calcul.

Exercice 4

Un pignon d'engrenage droit à denture droite de 18 dents, de module 8 mm et d'angle de pression 20° engrène avec une roue de 30 dents.

- Calculer les efforts sur la denture si la puissance transmise est de 40 kW à 500 tr/min.
- Déterminer la contrainte au pied de la dent si la largeur est de 80 mm.

Exercice 5

Un engrenage droit à denture hélicoïdale se compose d'un pignon de 20 dents engrénant avec une roue de 60 dents. L'angle de pression normal est de 20° , le module normal de 4 mm et l'entraxe de 360 mm.

- Calculer les efforts sur la denture si la puissance transmise est de 10 kW à 900 tr/min.
- Calculer la contrainte au pied de la dent si la largeur de la dent est de 48 mm.