



La Norme EN1591-1

Calcul des assemblages boulonnés à brides circulaires avec joint



Sommaire

Introduction

1- Présentation de la méthode EN1591-1

2- Présentation de quelques exemples de calcul

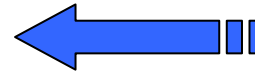
Conclusion

Introduction

Contexte normatif

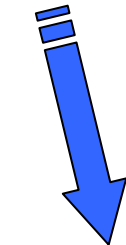
EN 1591-1

Méthode de calcul
nécessitant de nouvelles
caractéristiques de joint

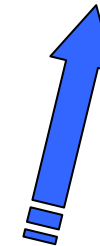


EN 1591-2

Valeurs de
paramètres de joints



CEN TC74/WG8 : norme EN13555



Procédures d'essais

Introduction

Principe de la méthode EN 1591-1



Analyser le comportement de
l'assemblage et recommander une valeur
de serrage pour les conditions de calcul

Critères d'étanchéité

Critères d'intégrité mécanique



Introduction

Éléments non pris en compte par la méthode Taylor Forge:

Rotation des plateaux de bride

Compatibilité des déformations entre brides, boulons et joint

Chargements extérieurs

Effets de la dilatation différentielle axiale

Comportement de fluage du joint

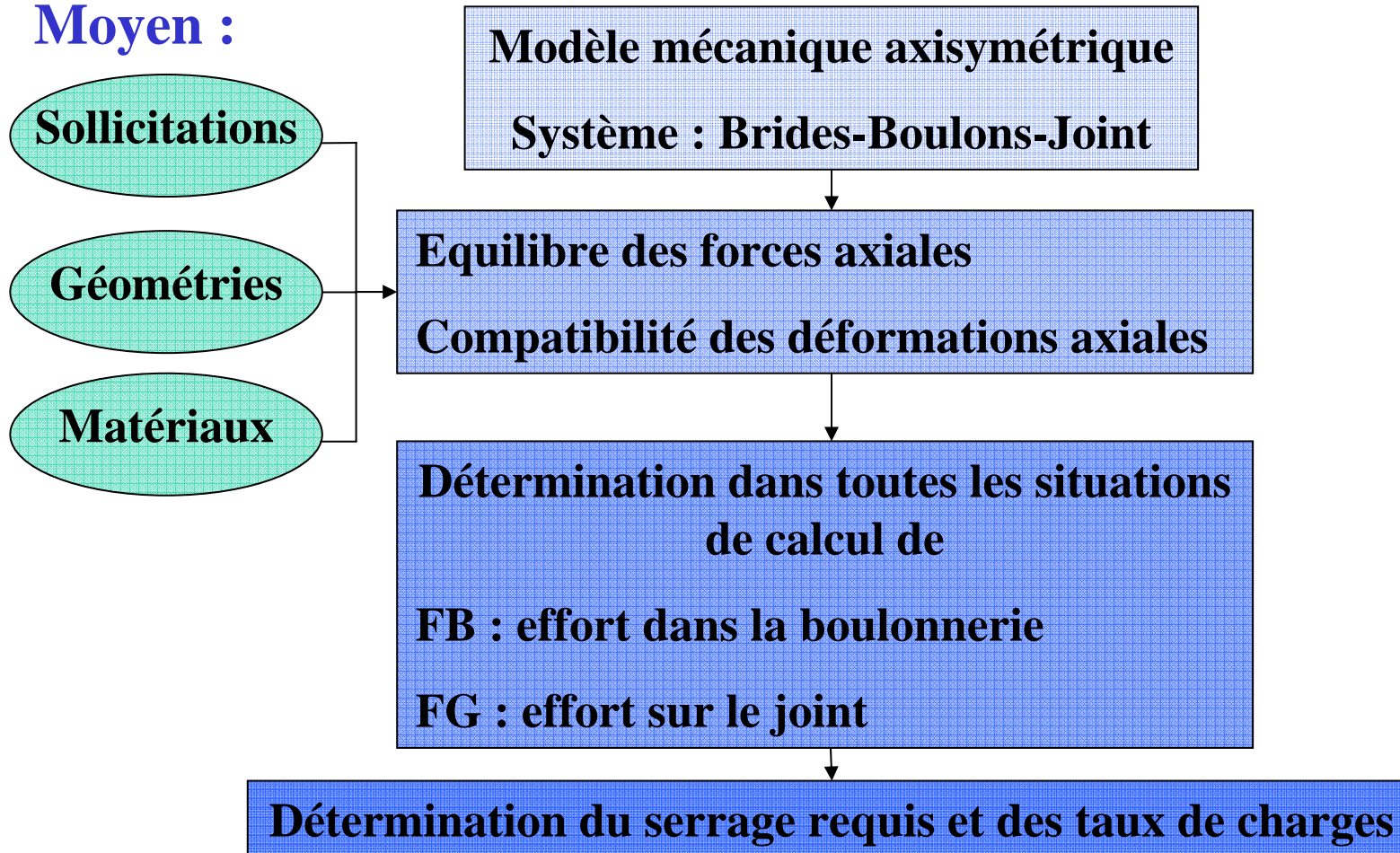
Contrainte de compression maximum du joint

Dispersion liée au moyen de serrage

1- Présentation de la méthode EN 1591-1

But : satisfaire les critères d'étanchéité et de résistance mécanique

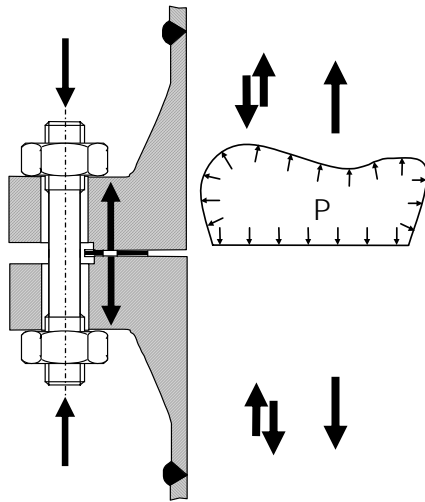
Moyen :



1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Modèle mécanique axisymétrique

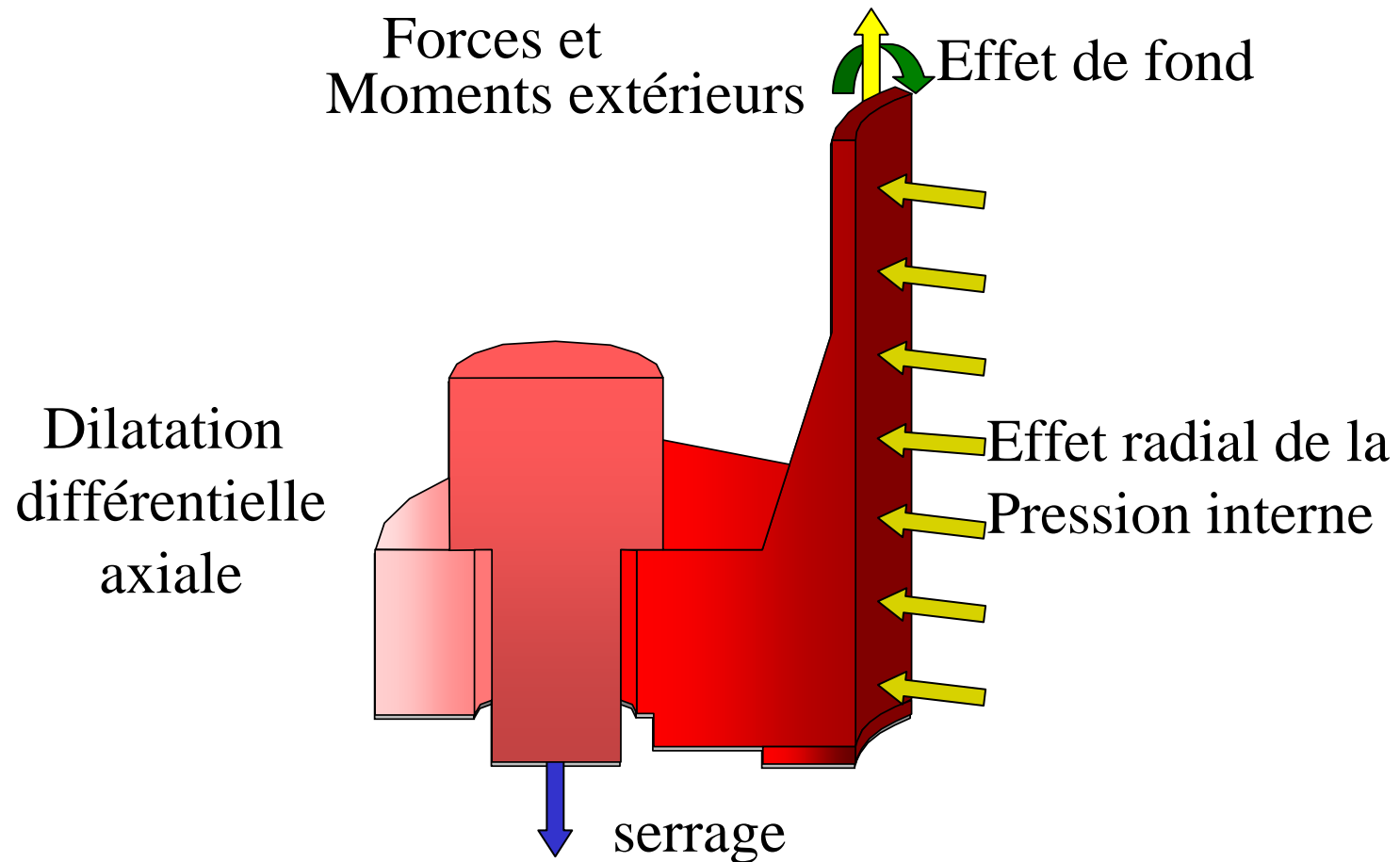
Système : Brides-Boulons-Joint



- La section de l'anneau de bride est considérée indéformable
- L'anneau de bride est traité en rotation
- L'enveloppe raccordée à l'anneau de bride est considérée comme une enveloppe cylindrique équivalente
- La compression non uniforme du joint est traitée comme une compression uniforme appliquée sur une surface effective calculée
- Le module d'élasticité en restitution du joint varie en fonction de l'effort de serrage initial et de la température
- Le phénomène de fluage du joint est pris en compte

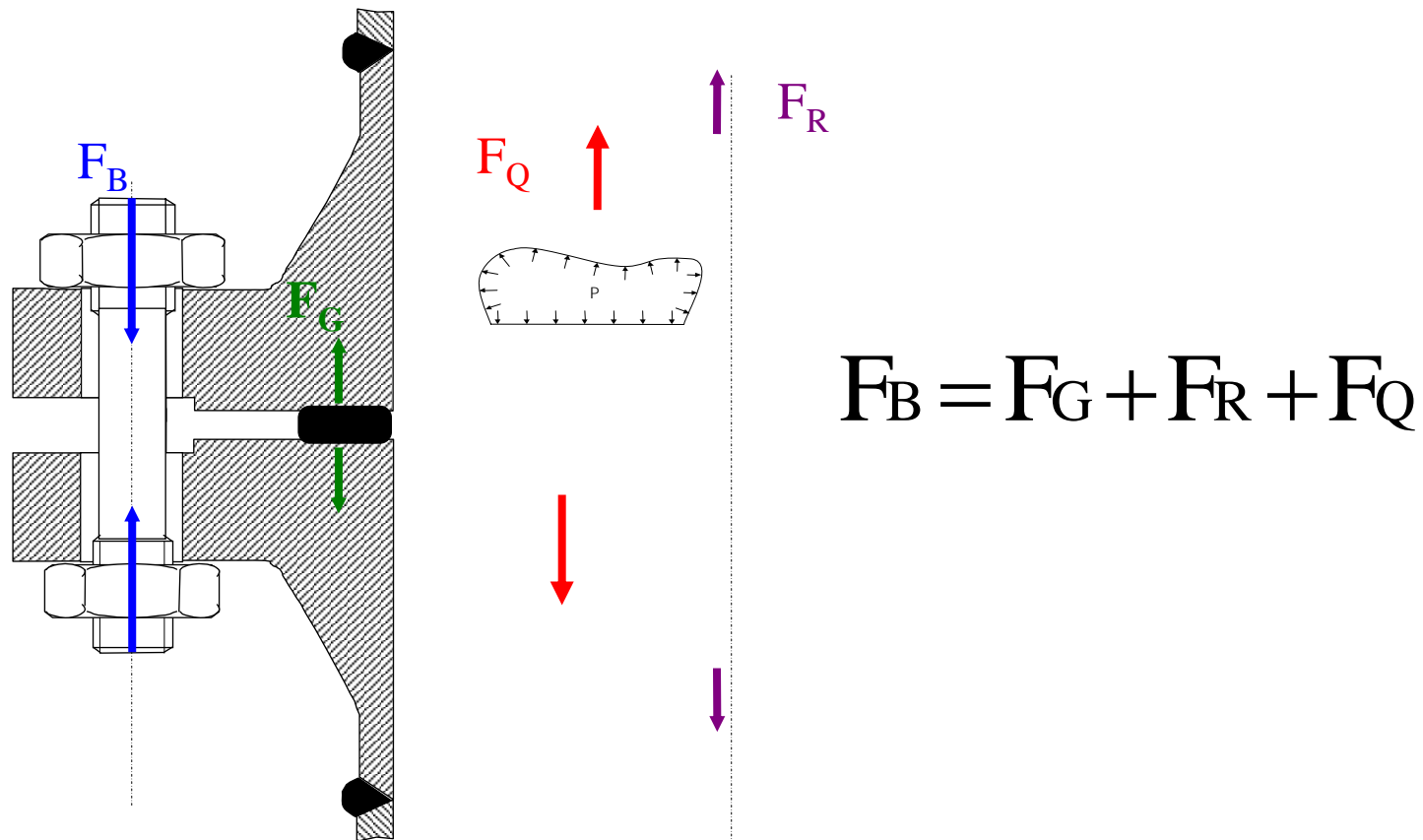
1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Sollicitations considérées



1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Equilibre des forces axiales



1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Compatibilité des déformations

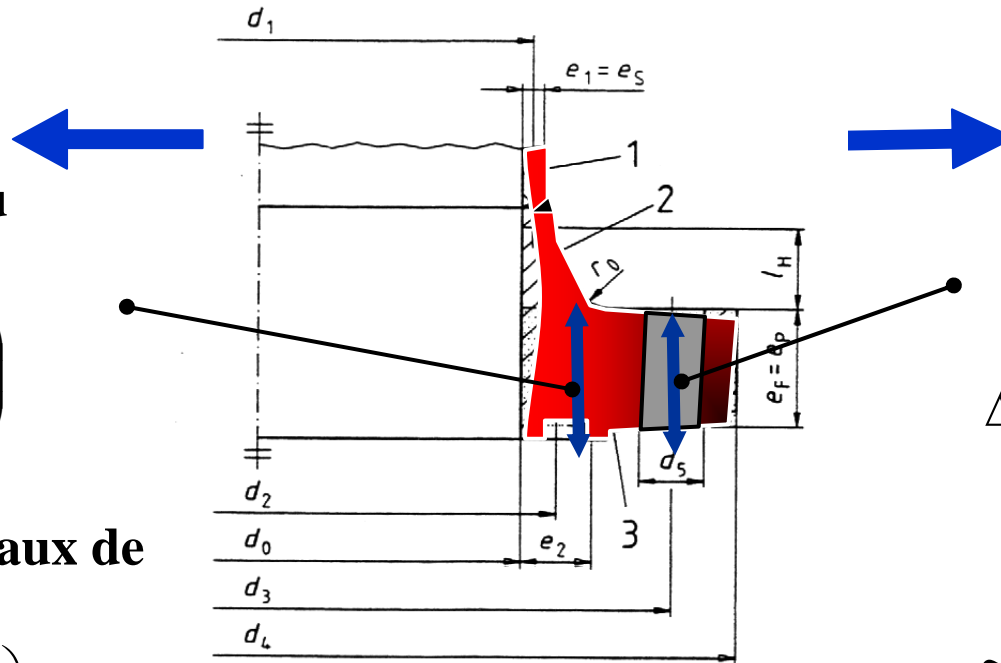
Entre l'étape de serrage et les situations ultérieures

Déformations axiales au droit du joint

$$\Delta e_G^M = -\Delta \left(\frac{X_G}{E_G} \cdot F_G \right)$$

Rotation des anneaux de brides

$$\Delta \theta_F^M = \Delta \left(\frac{Z_F}{E_F} \cdot M_F \right)$$



Déformations axiales des boulons

$$\Delta l_B^M = \Delta \left(\frac{X_B}{E_B} \cdot F_B \right)$$

$$\Delta l_B^M = \Delta e_G^M - \Delta \theta_F^M \cdot h_G - \Delta \theta_F^M \cdot h_G$$

Prenant en compte la dilatation différentielle axiale

1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Compatibilité des déformations

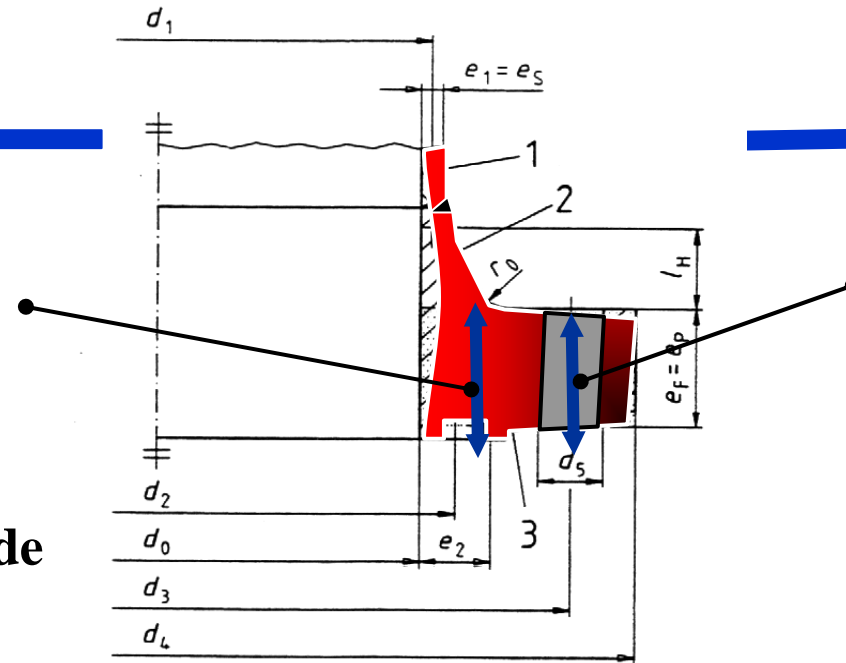
Entre l'étape de serrage et les situations ultérieures

Déformations axiales au droit du joint

$$\Delta e_G^M = -\Delta \left(\frac{X_G}{E_G} \cdot F_G \right)$$

Rotation des anneaux de brides

$$\Delta \theta_F^M = \Delta \left(\frac{Z_F}{E_F} \cdot M_F \right)$$



Déformations axiales des boulons

$$\Delta l_B^M = \Delta \left(\frac{X_B}{E_B} \cdot F_B \right)$$

$$\Delta l_B^M + \Delta l_B^T = -\Delta \theta_F^M \cdot h_G - \Delta \theta_F^M \cdot h_G + \Delta e_F^T + \Delta \tilde{e}_F^T + \Delta e_G^M + \Delta e_G^T$$

1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Détermination du serrage requis

$$\Delta l_B^M + \Delta l_B^T = -\Delta\theta_F^M \cdot h_G - \Delta\tilde{\theta}_F^M \cdot \tilde{h}_G + \Delta e_F^T + \Delta\tilde{e}_F^T + \Delta e_G^M + \Delta e_G^T$$

$$F_B = F_G + F_R + F_Q \quad \Rightarrow \quad \text{Détermination de } F_B \text{ et } F_G$$

Serrage initial
connu



Détermination de l'évolution du serrage de la boulonnerie et de la réaction sur le joint

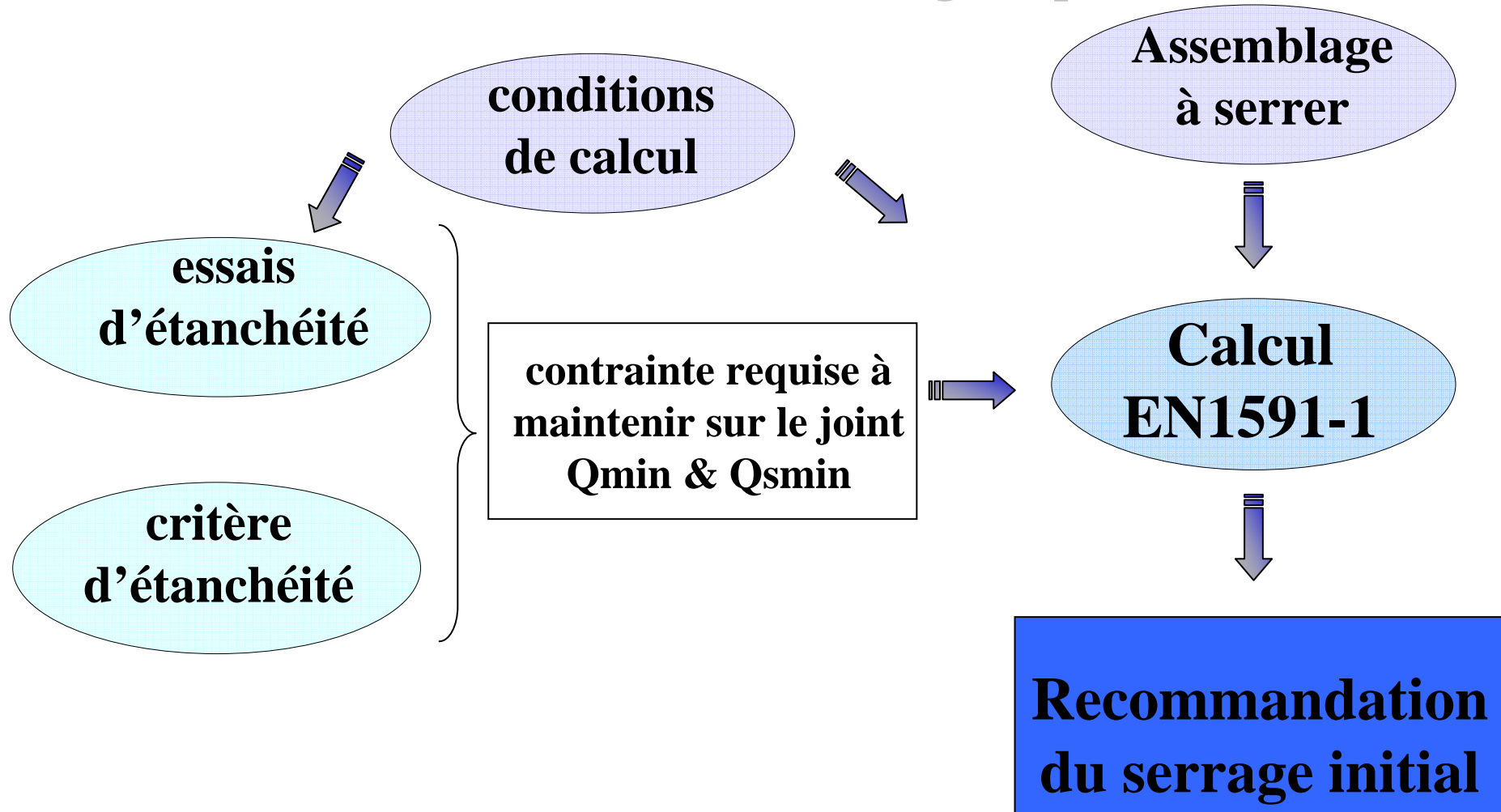
Compressions requises
sur le joint aux étapes
de calcul connues



Détermination du serrage initial requis de la boulonnerie

1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Détermination du serrage requis



1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Détermination du serrage requis

Critère d'assise

Serrage :

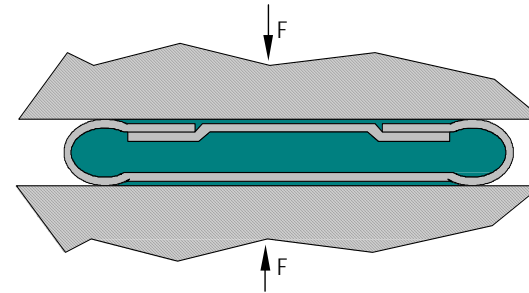
La compression du joint doit être supérieure à Q_{min}



Critère d'étanchéité

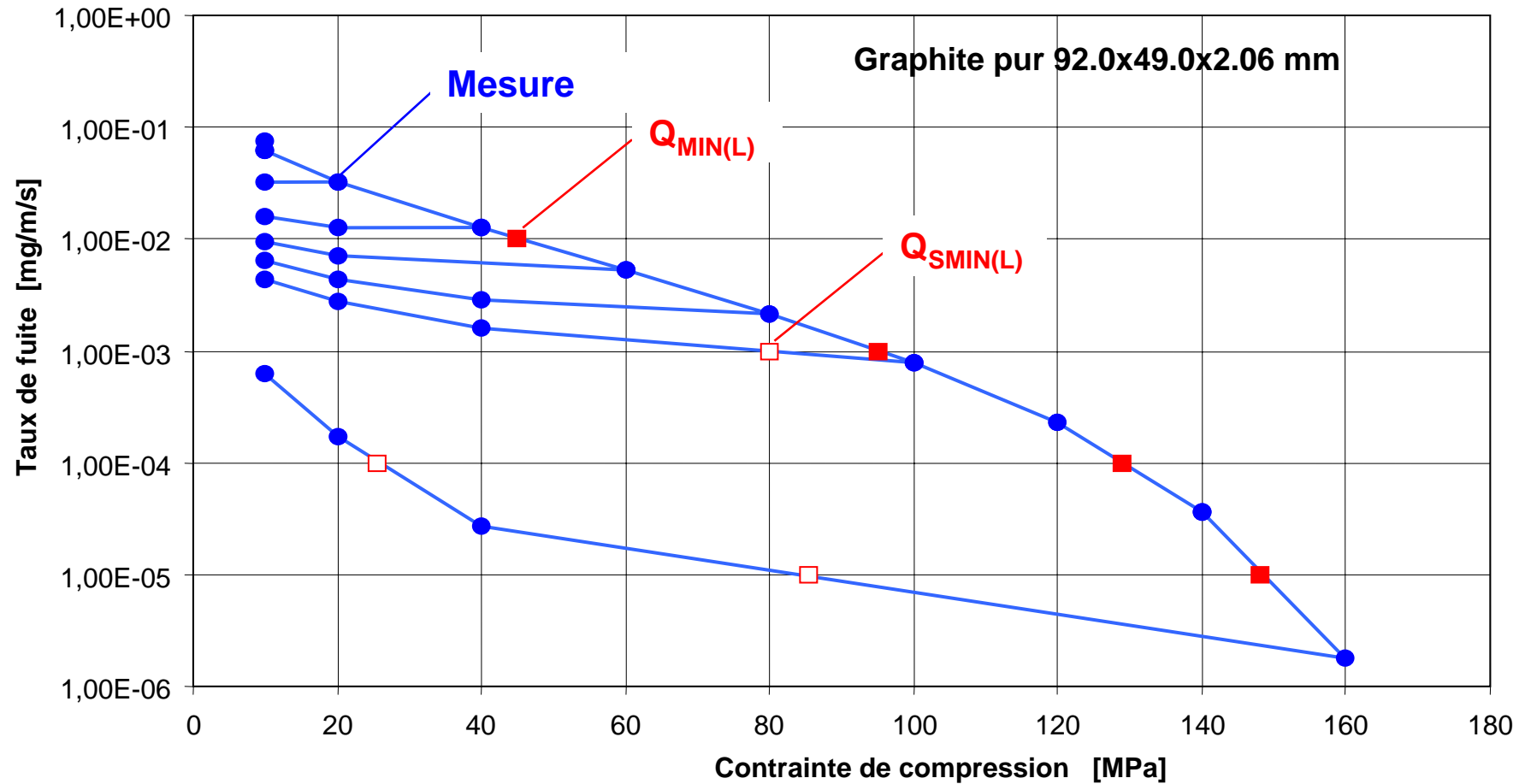
Conditions sous pression :

La compression du joint doit être supérieure à Q_{smin_I} à chaque situation de calcul I



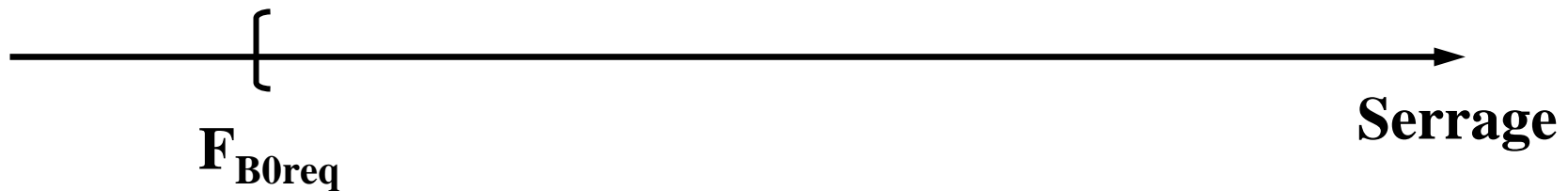
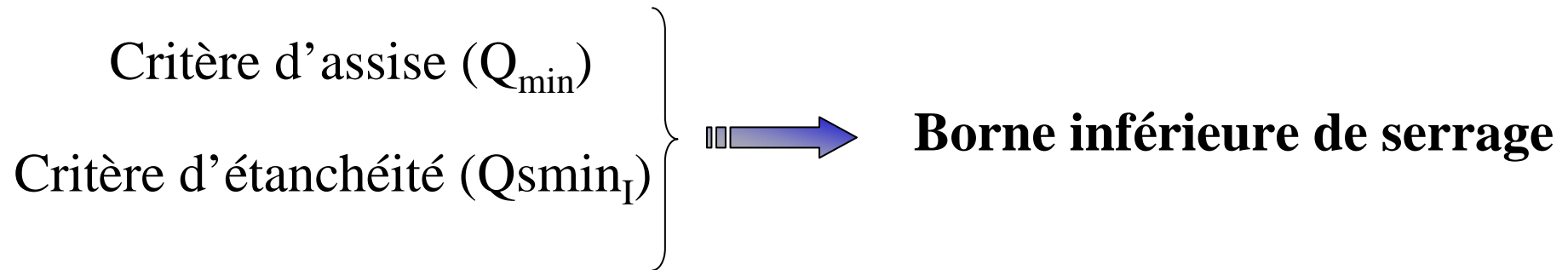
1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Détermination du serrage requis



1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Détermination du serrage requis




1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Critères d'intégrité mécanique

Critères de résistance

Joint  **Limitation en compression** $\Phi_G = F_G / (A_{Gt} \times Q_{\max}) \leq 1$

Boulons  **Limitation en traction et torsion** $\Phi_B = \frac{1}{f_B} \sqrt{\left(\frac{F_B}{A_B}\right)^2 + 3\left(C \frac{M_{t,B}}{I_B}\right)^2} \leq 1$

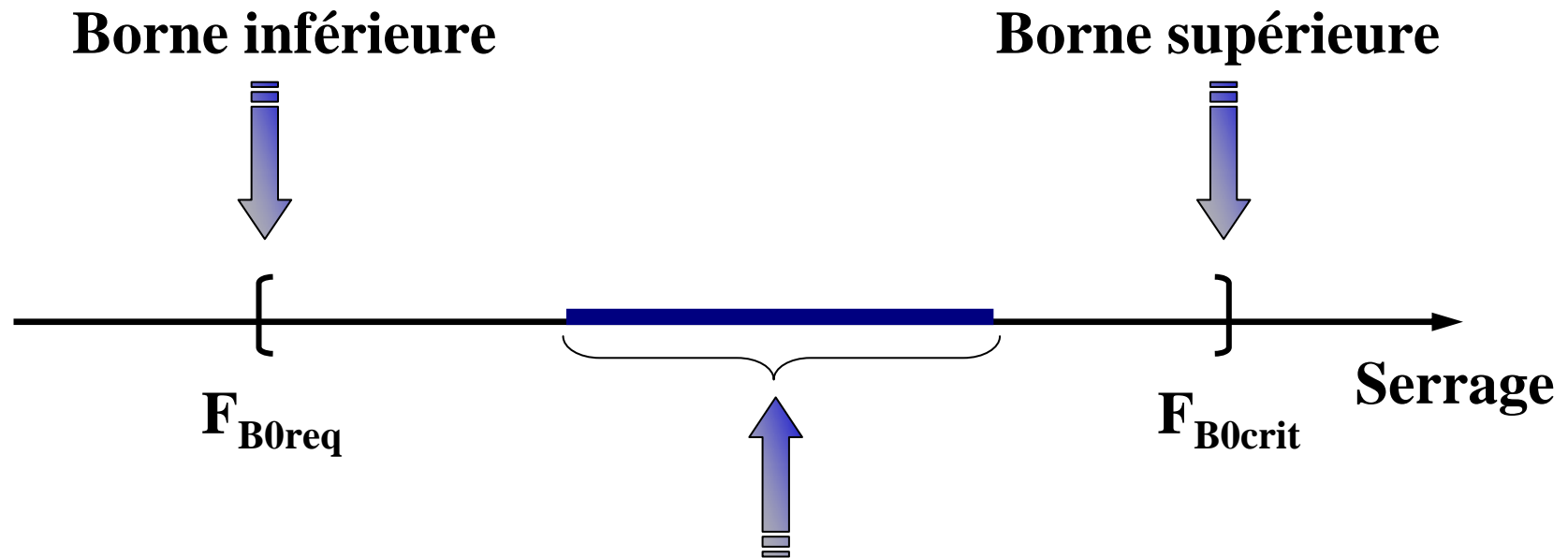
Brides  **Limitation de la rotation**

Le calcul vis à vis de la résistance mécanique est fondé sur une analyse limite du système bride enveloppe raccordée.

 Garantie de l'absence de déformation excessive

1- Présentation de la méthode EN 1591-1

Dispersion du serrage



Dispersion du moyen de serrage

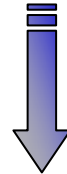




1- Présentation de la méthode EN 1591-1

En résumé

- Equilibre des forces
- Compatibilité des déformations
- Systeme brides-boulons-joint
- + Critères d'intégrité
 - étanchéité
 - résistance mécanique
- + Dispersion du serrage



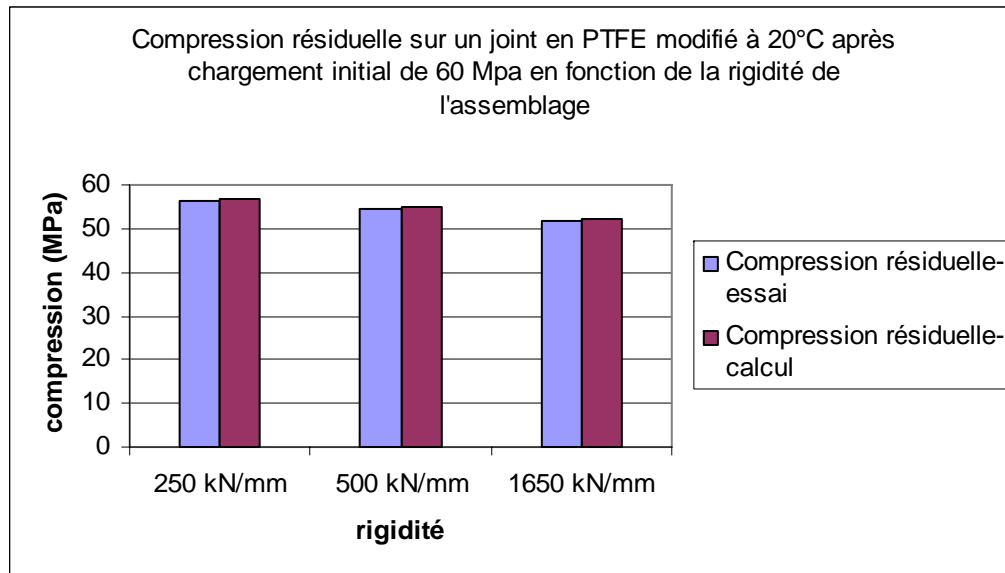
Analyse du comportement de l'assemblage et recommandation du serrage pour les conditions de calcul



2- Présentation de quelques exemples de calcul

2- Présentation de quelques exemples de calcul

Compression résiduelle après fluage relaxation

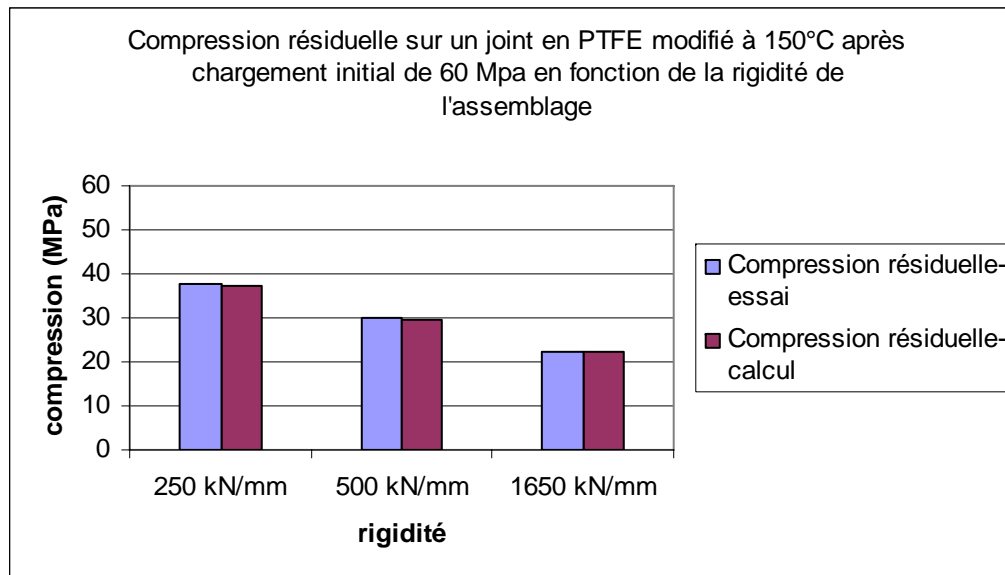


	250 kN/mm	500 kN/mm	1650 kN/mm
essai	56.4 MPa	54.5 MPa	51.8 MPa
calcul	56.8 MPa	55.1MPa	52.1 MPa

	250 kN/mm	500 kN/mm	1650 kN/mm
essai	94.0%	90.8%	86.3%
calcul	94.7%	91.8%	86.8%

2- Présentation de quelques exemples de calcul

Compression résiduelle après fluage relaxation



	250 kN/mm	500 kN/mm	1650 kN/mm
essai	37.6	29.8	22.4
calcul	37.4	29.6	22.4

	250 kN/mm	500 kN/mm	1650 kN/mm
essai	62.7%	49.7%	37.3%
calcul	62.3%	49.3%	37.3%

2- Présentation de quelques exemples de calcul

Influence du module d'élasticité du joint sur le serrage initial

PN40 DN200

Module d'élasticité (MPa)	Effort de serrage (kN)	Compression à appliquer au serrage pour maintenir 50 MPa en service (MPa)	largeur effective (mm)	rigidité de l'assemblage (kN/mm)
600	1119.8	63	21.46	3063
900	1018.1	67	18.13	3389
1200	956.9	70.4	16.09	3611
1500	915.1	73.5	14.67	3770
1800	884.4	76.3	13.6	3908

PN40 DN200 + surépaisseur d'anneau de bride (42mm au lieu de 32mm)

Module d'élasticité (MPa)	Effort de serrage (kN)	Compression à appliquer au serrage pour maintenir 50 MPa en service (MPa)	largeur effective (mm)	rigidité de l'assemblage (kN/mm)
600	1264.9	59.8	26.03	3577
900	1138.6	62.7	21.99	3942
1200	1060.6	65.2	19.51	4189
1500	1006.2	67.4	17.78	4372
1800	965.5	69.5	16.48	4515

2- Présentation de quelques exemples de calcul

Influence de la dilatation différentielle axiale

Assemblage PN40 DN200	Compression requise et effort de serrage correspondant		Compression à maintenir en service
	Brides Acier Carbone	Brides Acier Inoxydable	
Conditions isothermes : Brides Boulons et joint à 200°C	55 MPa (618000 N)	44 MPa (475600 N)	25 MPa
Transitoire chaud : Brides et joint à 200°C, Boulons à 100°C	33 MPa (358900 N)	21 MPa (222900 N)	25 MPa
Transitoire froid : Brides et joint à 100°C, Boulons à 200°C	74 MPa (858800 N)	70 MPa (794540 N)	25 MPa



Conclusion

- 1- L'étanchéité des assemblages à brides circulaires est directement liée à la compression du joint.
- 2- Le modèle mécanique de l'EN1591-1 permet de déterminer la compression appliquée sur le joint dans toutes les situations de calcul.
- 3- La connaissance des caractéristiques des joints en étanchéité permet de définir les compressions requises pour satisfaire les critères d'étanchéité définis.
- 4- L'EN1591-1 permet de déterminer le serrage de l'assemblage à brides circulaires de façon à satisfaire à la fois des critères de résistance mécanique et des critères d'étanchéité.