

**CONCEPTION D'UN ASSEMBLAGE VISSE
METHODE DE CALCUL**

Page 1/38

Sans restriction d'utilisation

SOMMAIRE

1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	2
2. EXPRESSION SUR DOCUMENTS	2
3. RAPPELS ET SYMBOLISATION	3
3.1. RAPPELS DE NORMALISATION	3
3.2. SYMBOLISATION ET UNITÉS	3
4. PROCESSUS DE CALCUL	8
5. CALCUL DES SOLlicitATIONS EN SERVICE SUR L'ASSEMBLAGE	9
6. EFFORTS EXTÉRIEURS RAMENÉS AU NIVEAU DE L'ÉLÉMENT DE FIXATION	10
7. PRÉSÉLECTION DU DIAMÈTRE DE L'ÉLÉMENT DE FIXATION	10
7.1. ÉVALUATION DU DIAMÈTRE ÉQUIVALENT (d_{eq}^*)	10
7.2. CHOIX DU DIAMÈTRE ET DU PAS	10
8. CALCUL DES SECTIONS ET DU VOLUME ÉQUIVALENTS	10
8.1. SECTION RÉSISTANTE DE L'ÉLÉMENT DE FIXATION (A_s)	10
8.2. SECTION DU VOLUME COMPRIMÉ DES PIÈCES ASSEMBLÉES (S_c)	11
8.3. VOLUME DE RIGIDITÉ ÉQUIVALENTE EN FLEXION	11
9. CALCUL DES RIGIDITÉS	11
9.1. RIGIDITÉ EN COMPRESSION DES PIÈCES ASSEMBLÉES	11
9.2. RIGIDITÉ EN TRACTION DE L'ÉLÉMENT DE FIXATION	12
9.3. RIGIDITÉS EN FLEXION	12
10. CALCUL DU FACTEUR DE CHARGE (λ)	13
11. CALCUL DES COMPOSANTES STATIQUES ET DYNAMIQUES DANS L'ASSEMBLAGE	13
11.1. FRACTIONS DES SOLlicitATIONS EXTÉRIEURES TRANSMISES EN SERVICE DANS L'ÉLÉMENT DE FIXATION ET LES PIÈCES ASSEMBLÉES	13
11.2. SOLlicitATION DUE AU CHARGEMENT THERMIQUE	14
11.3. EFFET DU TASSEMENT (t_z)	15
11.4. CALCUL DE L'EFFORT DE FONCTIONNEMENT MAXIMAL TRANSMIS PAR L'ÉLÉMENT DE FIXATION	15
12. CALCUL DE L'AMPLITUDE DE LA CONTRAINTE DYNAMIQUE	16
13. CALCUL DE LA PRÉCHARGE FONCTIONNELLE (F_{of})	17
13.1. CONDITION DE NON GLISSEMENT	17
13.2. CONDITION DE NON DÉCOLLEMENT	17
14. CALCUL DE LA PRÉCHARGE MINIMALE ADMISSIBLE ($F_{o^*min.}$)	18
15. CALCUL DE LA PRÉCHARGE MAXIMALE ADMISSIBLE ($F_{o^*max.}$)	18
15.1. CAS DU VISSAGE AU COUPLE	18
15.2. CAS DU VISSAGE À L'ANGLE	19
16. SÉLECTION DES DIAMÈTRES ET DES CLASSES DE QUALITÉ POSSIBLES POUR L'ÉLÉMENT DE FIXATION	20
16.1. CALCUL DE L'EFFORT MAXIMAL EN FONCTIONNEMENT DANS L'ÉLÉMENT DE FIXATION	20
16.2. CALCUL DE LA CONTRAINTE ÉQUIVALENTE MAXIMALE ($\sigma_{eq max.}$)	21
16.3. CONDITIONS RESTRICTIVES AU CHOIX DE LA CLASSE DE QUALITÉ	21
16.4. OPTIMISATION	22
17. CONTRAINTE MAXIMALE EN SERVICE SOUS TÊTE DE VIS OU SOUS ÉCROU ($\sigma_{cmax.}$)	22
18. CONTRAINTES AU NIVEAU DES PLANS DE JOINTS (σ_{am})	23
19. CALCUL DE LA LONGUEUR MINIMALE APPARENTE DES FILETS EN PRISE (m)	24
20. VALEUR MOYENNE ET TOLÉRANCE ADMISSIBLE DE LA PRÉCHARGE	25
ANNEXE 1	26

CONCEPTION - CALCUL D'UN ASSEMBLAGE VISSE	B13 3120	2/38
ANNEXE 2		27
ANNEXE 3		28
ANNEXE 4		29
ANNEXE 5		30
ANNEXE 6		31
ANNEXE 7		32
ANNEXE 8		33
ANNEXE 9		34
ANNEXE 10		35
ANNEXE 11 (1/2)		36
ANNEXE 11 (2/2)		37
21. HISTORIQUE ET DOCUMENT CITÉS		38
21.1. HISTORIQUE		38
21.2. DOCUMENTS CITÉS		38
21.3. EQUIVALENT À :		38
21.4. CONFORME À :		38
21.5. MOTS CLEFS		38

1.OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

- La présente norme a pour objet de définir la méthode de calcul à suivre, pour concevoir ou vérifier un assemblage, et pour déterminer la valeur et la tolérance de la précharge applicable au montage dans l'élément de fixation.

Ce document suppose connues les sollicitations extérieures en service au niveau de l'élément de fixation à calculer.

- Elle ne s'applique qu'aux assemblages vissés constitués d'éléments isotropes travaillant dans le domaine élastique linéaire, avec des éléments de fixation à filetage métrique ISO pour lesquels le rapport de la hauteur des pièces serrées au diamètre nominal est inférieur ou égal à 10.
- Doivent entre autres être calculés :
 - tous les assemblages travaillant en fatigue,
 - la plupart des "assemblages de sécurité",
 - les assemblages dont la défaillance peut entraîner des dégâts matériels importants,
 - les assemblages pour lesquels un allègement maximal est demandé (optimisation).

2.EXPRESSION SUR DOCUMENTS

La valeur moyenne $\bar{F}_0$, la tolérance admissible ΔF_0^* en % et la valeur de la précharge fonctionnelle F_{of} doivent être exprimées sur les documents selon les règles définies par la norme B13 3116.

3. RAPPELS ET SYMBOLISATION

3.1. RAPPELS DE NORMALISATION

3.1.1. GEOMETRIE DES ELEMENTS DE FIXATION

- Vis ou boulon (diamètre / pas) : norme C12 0110 pour les vis H
norme C13 0910 pour les vis CHC
norme C12 0210 pour les vis H à embase
- Ecrou (diamètre / pas) : norme C21 3212 / C21 3214 / C21 3310 / C21 3450
- Rondelle : norme C22 5310 / C22 5314
- Trou de passage : norme C00 0100
- Longueur des filets en prise recommandée pour les assemblages définis empiriquement : norme C00 0100

3.1.2. MATERIAU CONSTITUANT LES ELEMENTS DE FIXATION

- Classe de qualité : norme C10 0020 / C20 0020
- Limite de fatigue admissible : norme B18 3530

3.2. SYMBOLISATION ET UNITES

- A_s : Section résistante de la vis
- C : Couple de vissage
- d : Diamètre nominal de la vis
- d_2 : Diamètre de la vis à flanc de filet
- d_3 : Diamètre de la vis à fond de filet
- d_{eq} : Diamètre équivalent de la section résistante de la partie filetée de la vis
- d_b : Diamètre au sommet du chanfrein du trou de passage de la vis ou du goujon
- d_c : Diamètre au sommet du chanfrein de l'écrou ou du taraudage
- d_i : Diamètre intérieur de la couronne d'appui sous tête de vis ou sous écrou
- d_s : Diamètre de la partie lisse de la tige
- d_w : Diamètre extérieur de la couronne d'appui sous tête de vis ou sous écrou
- D_1 : Diamètre intérieur du filetage intérieur (écrou ou taraudage)
- D_2 : Diamètre sur flanc du filetage intérieur (écrou ou taraudage)
- D_b : Diamètre du trou de passage de la vis ou du goujon
- D_e : Diamètre extérieur de la rondelle

CONCEPTION - CALCUL D'UN ASSEMBLAGE VISSE	B13 3120	4/38
---	----------	------

D_i	: Diamètre intérieur de la rondelle
D_T	: Diamètre du plus grand cercle centré sur l'axe de la vis et inscrit dans le plan de joint de la pièce taraudée
e	: Hauteur des pièces assemblées (longueur serrée)
e_r	: Epaisseur de la rondelle
$e_{min.}$	: Epaisseur de la pièce la plus mince au niveau du plan de joint considéré
E_R	: Module d'élasticité de la rondelle
F_o	: Précharge induite au montage
F_{of}	: Précharge fonctionnelle
F_D	: Effort de soulèvement dû à l'excentration de l'effort extérieur s'appliquant sur l'assemblage
F_j	: Effort d'accostage des pièces à assembler (chape) et/ou de mise en place d'un coussinet et/ou de maintien d'une étanchéité, etc.
F_N	: Effort extérieur appliqué sur l'assemblage, parallèlement à l'axe de l'élément de fixation
F_{def}	: Charge de défaillance admissible des filets en prise
F_{te}	: Effort de traction dans la vis correspondant à la limite élastique maximale en cisaillement de ses filets en prise
F_{teT}	: Effort de traction dans la vis correspondant à la limite élastique minimale en cisaillement des filets en prise du taraudage
f	: Coefficient de frottement global de l'élément de fixation
f_1	: Coefficient de frottement au niveau des filets en prise
f_2	: Coefficient de frottement au niveau de la couronne d'appui de l'élément entraîné en rotation lors du vissage
f_g	: Coefficient de frottement entre les surfaces des pièces assemblées
I	: Moment d'inertie
K	: Rigidité en traction ou en compression
K_f	: Rigidité en flexion
m	: Hauteur apparente des filets en prise
pas	: Pas du filetage
R_m, R_e (ou $R_{p0.2}$)	: Contraintes correspondant respectivement à la charge de rupture et à la limite élastique en traction du matériau constituant l'élément de fixation
R_{mc}, R_{ec}	: Contraintes correspondant respectivement à la charge de rupture et à la limite élastique en compression du matériau de l'élément considéré
S_a	: Surface minimale de la couronne d'appui sous tête de vis, ou sous écrou, ou sous rondelle
S_c	: Section équivalente du volume comprimé des pièces assemblées

CONCEPTION - CALCUL D'UN ASSEMBLAGE VISSE	B13 3120	5/38
---	----------	------

- S_r : Section réelle de la surface de contact
 s : Dimension du surplat sur tête de vis ou écrou H
 T_0 : Température ambiante (de réalisation de l'assemblage)
 t_z : Perte de tension dans l'élément de fixation par tassement résultant d'une déformation plastique (ΔPL) et/ou d'un fluage (ΔFL)
 β : Facteur d'introduction de la charge
 γ : Coefficient de dispersion admissible de la précharge
 λ : Facteur de charge
 σ_c : Contrainte de compression admissible
 $\sigma_{cmax.}$: Contrainte maximale de compression
 σ_{BD} : Contrainte dynamique dans l'élément de fixation
 σ_f : Contrainte de fatigue admissible
 σ_{eq} : Contrainte équivalente (critère de Von Misès)
 τ_e, τ_{eT} : Respectivement limites élastiques en cisaillement de la vis et du taraudage

Valeurs particulières : principe de la symbolisation souvent adoptée

X : Valeur quelconque

X^+ : Valeur maximale de X

X^- : Valeur minimale de X

$\bar{X}$: Valeur moyenne de X : $\bar{X} = \frac{X^+ + X^-}{2}$

ΔX : Tolérance sur X : $\Delta X = \frac{X^+ - X^-}{2}$

$\Delta X / \bar{X}$: Précision relative sur X

Un astérisque (*) associé à un symbole signifie que la valeur considérée est ou résulte d'une hypothèse de calcul.

Exemple : $F_{o \max}^*$ et $F_{o \min}^*$ sont respectivement les précharges maximale et minimale admissibles, compte tenu des hypothèses faites :

- d'une part, sur les valeurs moyennes $(\bar{f}_1^*, \bar{f}_2^*)$ et les dispersions $(\Delta f_1^*, \Delta f_2^*)$ des coefficients de frottement,

- et d'autre part sur la précision $\left(\frac{\Delta C}{C}\right)^*$ du moyen de vissage.

Efforts et moments extérieurs ramenés à l'élément de fixation calculé :

F_{eMx} : Effort tangentiel maximal suivant l'axe x

F_{eMy} : Effort tangentiel maximal suivant l'axe y

F_{eMz}, F_{emz} : Efforts normaux, maximal et minimal suivant l'axe z

M_{eMx}, M_{emx} : Moments de flexion, maximal et minimal suivant l'axe x

M_{eMz} : Moment de glissement maximal suivant l'axe z

La définition de nouveaux symboles utilisera le principal suivant :

- 1er caractère :

F : Force

M : Moment de flexion

σ : Contrainte de traction ou de compression

τ : Contrainte de cisaillement

T : Température

α : Coefficient de dilatation

E : Module d'élasticité

ν : Coefficient de poisson

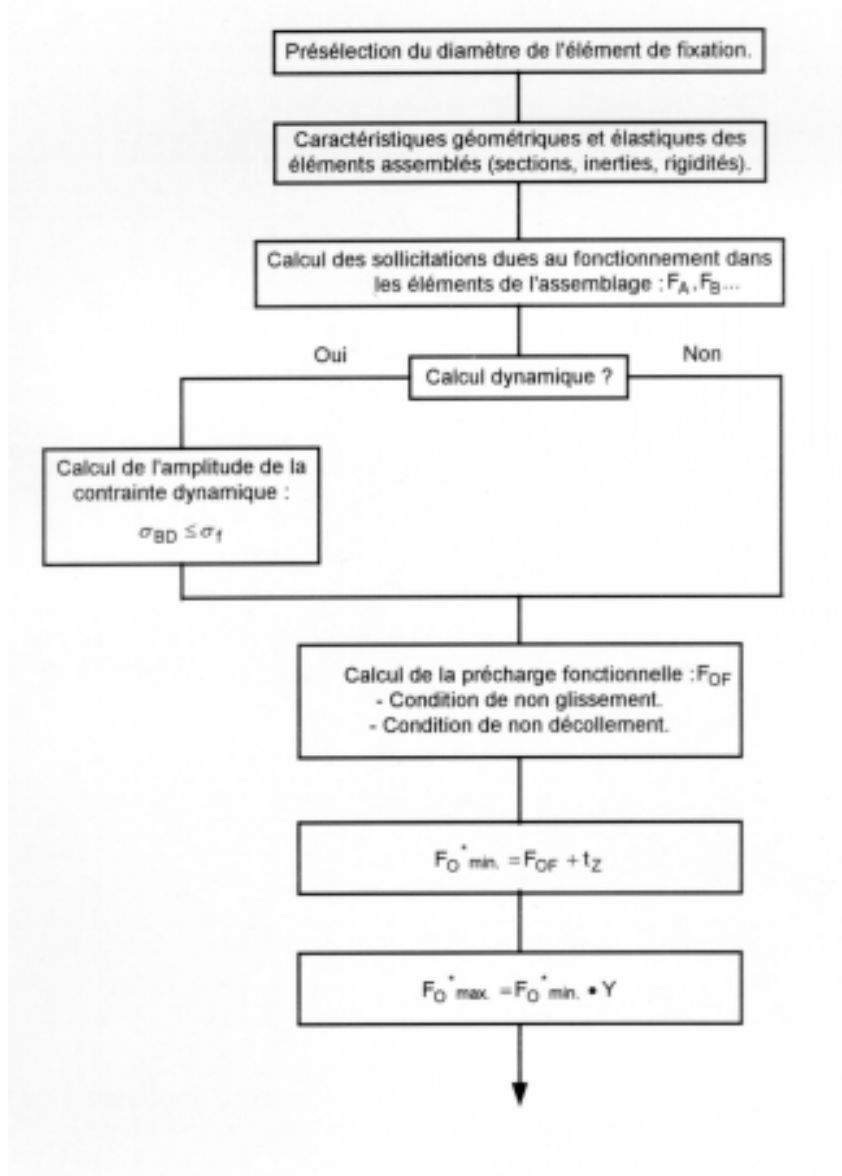
- 2ème caractère :
 - A : Assemblage
 - B : Vis ou Boulon
- 3ème caractère :
 - μ : Origine mécanique
 - θ : Origine thermique
- 4ème caractère :
 - M : Maximum
 - m : Minimum
- 5ème caractère :
 - x : Suivant l'axe x
 - y : Suivant l'axe y
 - z : Suivant l'axe z

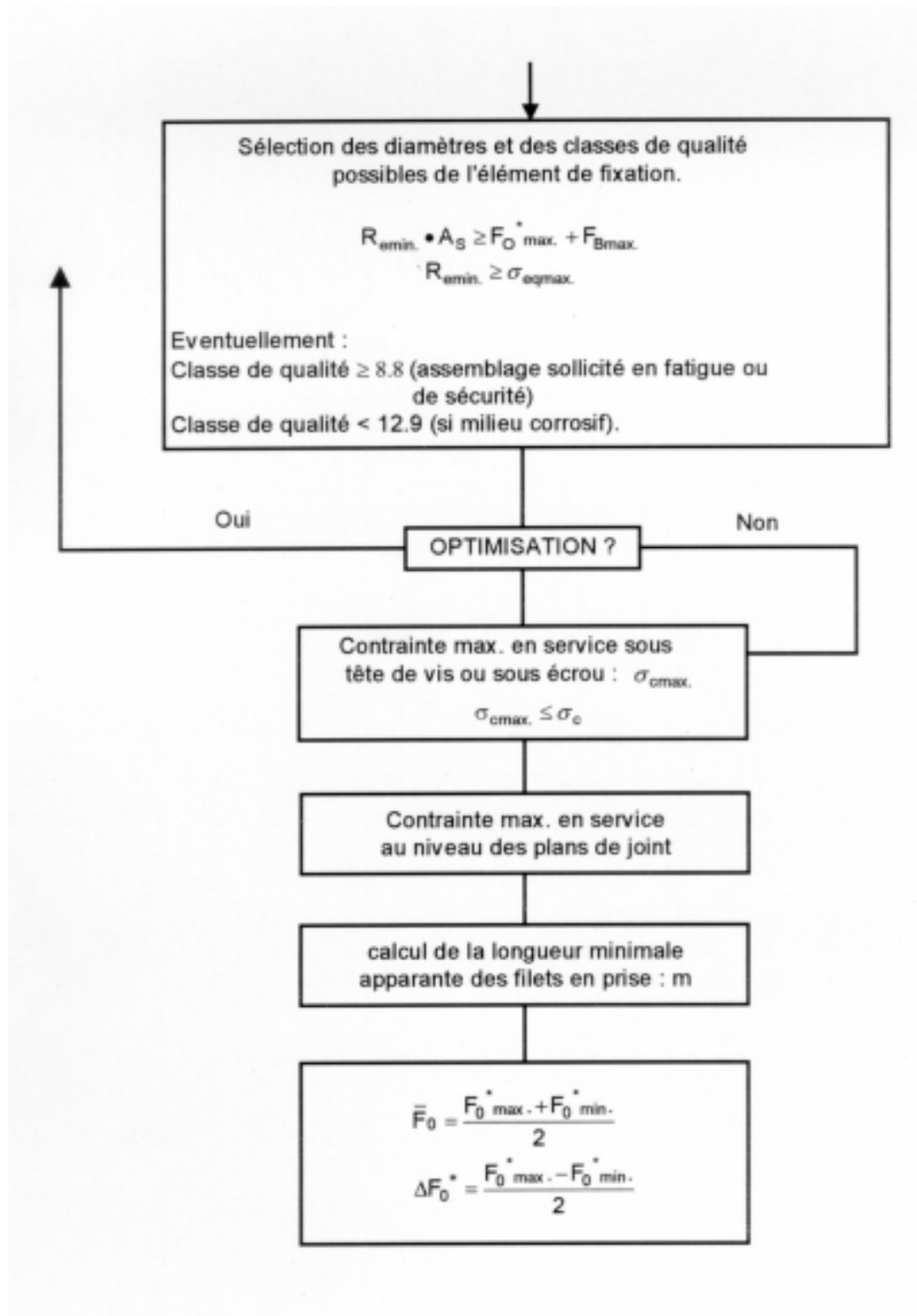
UNITES :

Effort en Newtons	:	N
Moment de flexion en Newtons millimètres	:	N.mm
Contraintes en mégapascals	:	MPa (N/mm ²)
Longueur en millimètres	:	mm
Température en degrés Celsius	:	°C

4.PROCESSUS DE CALCUL

HYPOTHESES DE CALCUL	PARAMETRES A DETERMINER
- Sollicitations mécanique et thermique en service sur l'assemblage. - Matière et géométrie des pièces à assembler. - Nombre et position des éléments de fixation. - Sollicitations en service au niveau de l'élément de fixation le plus chargé. - Méthode de vissage au couple (précision minimale de l'outil de vissage). - Valeurs moyennes et dispersion possible des coefficients de frottement. - Tassement dû au fluage (ΔFL). - Rigidité rondelle élastique (K_R).	- Géométrie de l'assemblage. - Géométrie et classe de qualité de l'élément de fixation. - Valeur moyenne et tolérance admissible de la précharge.





5.CALCUL DES SOLLICITATIONS EN SERVICE SUR L'ASSEMBLAGE

Les sollicitations en service au niveau de l'élément de fixation le plus chargé peuvent être déterminées :

- Par les équations de la résistance des matériaux.
- Par la méthode des éléments finis.
- Par les essais.

6.EFFORTS EXTERIEURS RAMENES AU NIVEAU DE L'ELEMENT DE FIXATION

Le schéma en Annexe 1, précise le système d'axes retenu pour définir les efforts extérieurs ramenés au niveau de l'élément de fixation à calculer.

7.PRESELECTION DU DIAMETRE DE L'ELEMENT DE FIXATION

7.1.EVALUATION DU DIAMETRE EQUIVALENT (d_{eq}^*)

$$d_{eq}^* = \sqrt{\frac{9,2 \cdot F_{eMz} + 8 \cdot \sqrt{(F_{eMx})^2 + (F_{eMy})^2}}{1980 \cdot f_g}}$$

Sauf spécifications particulières, prendre : $f_g^* = 0,2$

7.2.CHOIX DU DIAMETRE ET DU PAS

Parmi les diamètres normalisés figurant dans le tableau ci-après, faire le choix de celui immédiatement supérieur à la valeur de d_{eq}^* .

diamètres (d)	5	6	8	10	12	14	16	20	24
pas	0,8	1,0	1,25	1,50	1,75	2,00		2,50	3,0

8.CALCUL DES SECTIONS ET DU VOLUME EQUIVALENTS

8.1.SECTION RESISTANTE DE L'ELEMENT DE FIXATION (A_s)

Section résistance :

- tige normale ou réduite :

$$d_s \geq d_{eq} \quad A_s = \frac{\pi}{4} d_{eq}^2$$

- tige allégée :

$$d_s < d_{eq} \quad A_s = \frac{\pi}{4} d_s^2$$

Diamètre équivalent de la partie filetée de la tige : $d_{eq} = d - 0,93815 \cdot \text{pas}$

8.2. SECTION DU VOLUME COMPRIME DES PIÈCES ASSEMBLÉES (S_c)

Dans un assemblage la forme du volume comprimé sous l'effet de la précharge dépend de la géométrie et des dimensions des différents éléments en présence (Annexe 2 fig. 1).

En pratique ce volume est assimilé à un cylindre plein fictif, de rigidité en compression équivalente à celle des pièces assemblées. La section S_c de ce dernier, considéré en compression uniforme, est déduite du diamètre D_a d'un cylindre géométriquement équivalent au volume réel comprimé.

Calcul de la section S_c :

- Si $D_a \leq d_w$:
$$S_c = \frac{\pi}{4} (D_a^2 - D_b^2)$$
- Si $d_w < D_a < d_w + e$:
$$S_c = \frac{\pi}{4} (d_w^2 - D_b^2) + \frac{\pi}{8} (D_a - d_w) d_w \cdot \rho (\rho + 2)$$

$$\text{avec } \rho = \left(\frac{e \cdot d_w}{D_a^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

- Si $D_a \geq d_w + e$:
$$S_c = \frac{\pi}{4} (d_w^2 - D_b^2) + \frac{\pi}{8} d_w \cdot e \cdot \rho (\rho + 2)$$

$$\text{avec } \rho = \left[\frac{e \cdot d_w}{(e + d_w)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

8.3. VOLUME DE RIGIDITE EQUIVALENTE EN FLEXION

Il arrive fréquemment que la direction de l'effort extérieur F_N ne coïncide pas avec l'axe de l'élément de fixation (voir Annexe 3). En plus des contraintes parasites de flexion dans la vis et du risque de décollement partiel des pièces assemblées, ceci peut entraîner une diminution de la rigidité apparente de ces dernières, donc un accroissement de la valeur λ (voir § 10 Calcul du facteur de charge (λ)).

Pour juger de l'influence de ce décentrement sur la valeur de λ , il est défini un volume fictif présentant un moment d'inertie I_f constant et une rigidité en flexion équivalente à celle de l'assemblage réel (Annexe 4).

$$I_f = \frac{e}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{I_{fi}}}$$

9. CALCUL DES RIGIDITES

9.1. RIGIDITE EN COMPRESSION DES PIÈCES ASSEMBLÉES

- Cas d'un assemblage par boulon (Annexe 5, fig. 1)

$$\frac{1}{K_A} = \frac{1}{S_c} \left(\frac{e_1}{E_{A1}} + \frac{e_2}{E_{A2}} \right)$$

- Cas d'un assemblage par vis (Annexe 5, fig. 2 et 3)

$$\frac{1}{K_A} = \frac{1}{S_c} \left(\frac{e_r}{E_R} + \frac{e_1}{E_{A1}} + \frac{e_2}{E_{A2}} \right)$$

9.2. RIGIDITE EN TRACTION DE L'ELEMENT DE FIXATION

- Cas d'un assemblage par boulon (Annexe 5, fig. 1)

$$\frac{1}{K_B} = \frac{4}{E_B \cdot \pi} \left(\frac{L_1 + 0,4\varnothing_1}{\varnothing_1^2} + \frac{L_2}{d_3^2} + \frac{0,5d}{d_3^2} + \frac{0,4d}{d^2} \right)$$

- Cas d'un assemblage par vis (Annexe 5, fig. 2)

$$\frac{1}{K_B} = \frac{4}{E_B \cdot \pi} \left(\frac{L_1 + 0,4\varnothing_1}{\varnothing_1^2} + \frac{L_2}{\varnothing_2^2} + \frac{L_3}{\varnothing_3^2} + \frac{L_4}{d_3^2} + \frac{0,5d}{d_3^2} + \frac{0,4d}{d^2} \right)$$

avec $d_3 = d - 1,2268 \text{ pas}$

Dans le cas d'un montage avec rondelle élastique, on considère une rigidité équivalente (K_{eq}), vis (K_B) + rondelle (K_R) :

$$K_{eq} = \frac{K_B \cdot K_R}{K_B + K_R}$$

9.3. RIGIDITES EN FLEXION

- Rigidité des pièces assemblées :

$$\frac{1}{K_{fA}} = \frac{1}{I_{fA}} \left(\frac{e_1}{E_{A1}} + \frac{e_2}{E_{A2}} + \frac{e_r}{E_R} \right)$$

avec

$$I_{fA} = I_f - \frac{\pi \cdot D_b^2}{4} \left(\frac{D_b^2}{16} + X_{01}^2 \right)$$

- Rigidité de l'élément de fixation :

$$\frac{1}{K_{fB}} = \frac{1}{E_B} \left(\frac{L_1}{I_1} + \frac{L_2}{I_2} + \frac{L_3}{I_3} + \frac{L_4}{I_4} \right)$$

- Moment d'inertie des sections :

$$I_i = \frac{\pi \cdot \varnothing_i^4}{64}$$

$$I_4 = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64}$$

Nota : Lorsque le module d'élasticité des pièces assemblées est susceptible de variations sensibles (fonte lamellaire, matériaux frittés, etc.) calculer à température ambiante (1) et éventuellement à température en service les valeurs maximales et minimales des rigidités en traction et en flexion correspondant respectivement aux valeurs maximales et minimales du module. Dans les calculs n'utiliser ensuite successivement que les valeurs à température de fonctionnement de l'assemblage.

(1) En vue du calcul des paramètres de vissage à l'angle.