



**VTT TECHNICAL RESEARCH  
CENTRE OF FINLAND**

VTT BUILDING AND TRANSPORT  
Kemistintie 3, Espoo  
P.O.Box 1805, FIN-02044 VTT, Finland  
Telephone : + 358 9 4561  
Fax : + 358 9 456 7003

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	R0SU00658	Page	1 sur 3	Rév	B
Nom Affaire	Projet de Valorisation CECA : Utilisation de l'INOX				
Sujet	<b>Exemple 4 – Résistance à la fatigue dans un assemblage soudé de tubes à sections rectangulaires</b>				
Client CECA	Rédigé par	AAT	Date	Juin 2002	
	Vérifié par	JEK	Date	Juin 2002	
	Révisé par	MEB	Date	Avril 2006	

#### EXEMPLE DE CALCUL N°4 – RÉSISTANCE À LA FATIGUE DANS UN ASSEMBLAGE SOUDÉ DE TUBES À SECTIONS RECTANGULAIRES

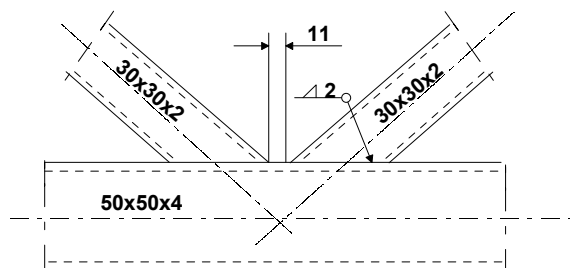
Cet exemple concerne la résistance à la fatigue de la membrure d'une poutre à treillis de sections creuses au niveau d'un nœud d'assemblage soudé. La fatigue peut poser problème dans les structures en acier inoxydable qui sont soumises à des variations répétées de contraintes. Par exemple, les problèmes de fatigue dans les assemblages soudés de poutres à treillis à sections creuses peuvent nécessiter une étude spécifique dans les plates-formes offshore, les mâts, les cheminées, les ponts, les grues, les ponts roulants et les matériels de transport.

L'EN 1993-1-9:2005 pour le calcul de la résistance à la fatigue des structures en acier est également applicable à l'acier inoxydable. Par conséquent, dans cet exemple, les références aux chapitres et clauses renvoient à l'EN 1993-1-9:2005.

L'exemple décrit les étapes de calcul suivantes pour la vérification de la résistance à la fatigue :

- détermination de la courbe de résistance à la fatigue (la catégorie de détail)
- détermination des effets des moments secondaires de flexion dans l'assemblage
- détermination des coefficients partiels pour la fatigue et
- évaluation de la résistance à la fatigue pour un chargement à amplitude variable.

Les membrures et les diagonales dans l'assemblage sont des sections creuses rectangulaires (RHS) de dimensions respectives 50×50×4 et 30×30×2. L'acier inoxydable est de nuance 1.4301 avec une limite d'élasticité conventionnelle à 0,2 % égale à 220 MPa.



#### Actions

Le spectre de contraintes de fatigue dans la membrure déterminé pour la durée de vie requise est :

Étendue de contrainte nominale	Nombre de cycles
$\Delta\sigma_1 = 100 \text{ MPa}$	$n_1 = 10 \times 10^3$
$\Delta\sigma_2 = 70 \text{ MPa}$	$n_2 = 100 \times 10^3$
$\Delta\sigma_3 = 40 \text{ MPa}$	$n_3 = 1000 \times 10^3$

Chapitre 8



**VTT TECHNICAL RESEARCH  
CENTRE OF FINLAND**

VTT BUILDING AND TRANSPORT  
Kemistintie 3, Espoo  
P.O.Box 1805, FIN-02044 VTT, Finland  
Telephone : + 358 9 4561  
Fax : + 358 9 456 7003

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	R0SU00658	Page	2 sur 3	Rév	B
Nom Affaire	Projet de Valorisation CECA : Utilisation de l'INOX				
Sujet	<b>Exemple 4</b> – Résistance à la fatigue dans un assemblage soudé de tubes à sections rectangulaires				
Client CECA	Rédigé par	AAT	Date	Juin 2002	
	Vérifié par	JEK	Date	Juin 2002	
	Révisé par	MEB	Date	Avril 2006	

**Analyse structurale**

La catégorie de détail de l'assemblage dépend des dimensions de la membrure et des diagonales. Dans cet exemple  $b_0 = 50 \text{ mm}$ ,  $b_i = 30 \text{ mm}$ ,  $t_0 = 4 \text{ mm}$  et  $t_i = 2 \text{ mm}$ .

Comme  $t_0 / t_i = 2$ , la catégorie de détail est 71.

Comme  $0,5(b_0 - b_i) = 10 \text{ mm}$ ,  $g = 11 \text{ mm}$ ,  $1,1(b_0 - b_i) = 22 \text{ mm}$  et  $2t_0 = 8 \text{ mm}$ , l'assemblage satisfait aussi aux conditions  $0,5(b_0 - b_i) \leq g \leq 1,1(b_0 - b_i)$  et  $g \geq 2t_0$ .

**Effets des moments de flexion secondaires dans l'assemblage**

Les effets des moments de flexion secondaires sont pris en compte en multipliant les étendues de contrainte résultant des efforts axiaux dans les éléments par le coefficient  $k_{1,0} = 1,5$

**Coefficients partiels**

Lorsque la structure est supposée tolérante à l'endommagement et que les conséquences de la ruine sont faibles, le coefficient partiel de sécurité pour la fatigue est  $\gamma_{Mf} = 1,0$ .

Le coefficient partiel pour le chargement est  $\gamma_{Ff} = 1,0$ .

**Évaluation de la fatigue**

L'étendue de contrainte de référence correspondant à  $2 \times 10^6$  cycles sur la courbe correspondant à la catégorie de détail 71 est :

$$\Delta\sigma_c = 71 \text{ MPa}$$

La courbe de résistance à la fatigue pour les poutres à treillis est de pente constante  $m = 5$

Le nombre de cycles correspondant à l'étendue de contrainte nominale  $\Delta\sigma_i$  est :

$$N_i = 2 \times 10^6 \left[ \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} (k_{1,0} \Delta\sigma_i)} \right]^m \text{ et}$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_1 = 100 \text{ MPa} & \quad N_1 = 47,5 \times 10^3 \\ \Delta\sigma_2 = 70 \text{ MPa} & \quad N_2 = 283 \times 10^3 \\ \Delta\sigma_3 = 40 \text{ MPa} & \quad N_3 = 4640 \times 10^3 \end{aligned}$$

Toutes les références ci-dessous sont relatives à l'EN 1993-1-9:2005

Tableau 8.7

Tableau 8.7

Clause 4 (2),  
Tableau 4.1

Clause 3 (7),  
Tableau 3.1

Figure 7.1



**VTT TECHNICAL RESEARCH  
CENTRE OF FINLAND**

VTT BUILDING AND TRANSPORT  
Kemistintie 3, Espoo  
P.O.Box 1805, FIN-02044 VTT, Finland  
Telephone : + 358 9 4561  
Fax : + 358 9 456 7003

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	R0SU00658	Page	3 sur 3	Rév	B
Nom Affaire	Projet de Valorisation CECA : Utilisation de l'INOX				
Sujet	<b>Exemple 4</b> – Résistance à la fatigue dans un assemblage soudé de tubes à sections rectangulaires				
Client CECA	Rédigé par	AAT	Date	Juin 2002	
	Vérifié par	JEK	Date	Juin 2002	
	Révisé par	MEB	Date	Avril 2006	

**Règle de dommage cumulé (règle de Palmgren-Miner)**

Le dommage partiel résultant de  $n_i$  cycles de l'étendue de contrainte  $\Delta\sigma_i$  est :

$D_{d,i} = n_{Ei} / N_{Ei}$ . Ainsi, pour :

$$\Delta\sigma_1 = 100 \text{ MPa} \quad D_{d,1} = 0,21$$

$$\Delta\sigma_2 = 70 \text{ MPa} \quad D_{d,2} = 0,35$$

$$\Delta\sigma_3 = 40 \text{ MPa} \quad D_{d,3} = 0,22$$

A.5 (1)

Le dommage cumulé pendant la durée de vie de calcul est :

$$D_d = \sum_i^n \frac{n_{Ei}}{N_{Ei}} = \sum D_{d,i} = 0,78$$

A.5 (1)

Comme le dommage cumulé est inférieur à l'unité, la durée de vie de calcul obtenue pour la membrure est plus élevée que la durée de vie de calcul requise.

Clause 8(4)

La méthode décrite ci-dessus peut être aussi répétée pour la diagonale.

