



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

## FEUILLE DE CALCUL

Affaire n°	VALCOSS	Page	1 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Vérfié par	MAP	Date	Fév. 2006

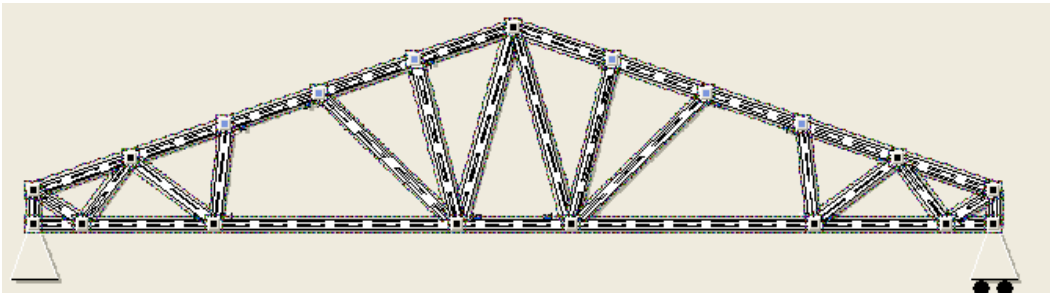
### EXEMPLE DE CALCUL N°13 – FERME EN TREILLIS CONSTITUÉE DE PROFILS CREUX

Cette ferme en treillis supporte une verrière et elle est constituée de profils creux carrés et rectangulaires en acier inoxydable de nuance 1.4301 ; une comparaison est effectuée entre deux matériaux constitutifs de niveaux de résistances différents – un acier recuit ( $f_y=220$  MPa) et un acier en condition formé à froid (condition CP460,  $f_y = 460$  MPa). Les calculs sont menés à l'état limite ultime puis en situation d'incendie pour une durée d'exposition au feu de 30 minutes. Pour le matériau CP460, les facteurs de réduction des caractéristiques mécaniques aux températures élevées sont pris égaux à ceux de la nuance 1.4318 C850 (Tableau 7.1) pour se placer du côté de la sécurité.

L'analyse structurale a été effectuée avec le logiciel d'éléments finis WINRAMI, commercialisé par l'Association Finnoise de Construction Métallique (FCSA) ([www.terasrakenneyhdistys.fi](http://www.terasrakenneyhdistys.fi)). Ce logiciel permet l'analyse des structures en acier inoxydable composées de section creuses carrées, rectangulaires et circulaires. Il fournit le calcul des sollicitations, des flèches et de la résistance des barres, à température ambiante et en situation d'incendie, ainsi que la résistance des assemblages à température ambiante (le logiciel vérifie aussi tous les maintiens géométriques au niveau des nœuds des poutres en treillis). Dans cet exemple, les membrures sont modélisées en poutres continues et les diagonales sont considérées bi-articulées. D'après l'EN 1993-1-1, les longueurs de flambement des membrures et des diagonales peuvent être prises respectivement égales à 0,9 et 0,75 fois la distance entre les points d'épure, mais dans cet exemple, on se place en sécurité en utilisant la distance entre points d'épure. Les sollicitations ont été calculées avec WINRAMI, les dimensions des profils étant fondées sur la condition « Recuit ». Ces sollicitations sont ensuite utilisées à la fois pour la poutre en acier CP460 et pour la poutre en acier Recuit.

Cet exemple se concentre essentiellement sur la vérification de trois barres : la membrure inférieure principalement tendue (barre 0), une diagonale comprimée (barre 31) et la membrure supérieure sollicitée en flexion composée (barre 5). Une autre comparaison porte sur le poids des fermes.

Il conviendrait de dimensionner les nœuds soudés selon le § 6.3 mais ceci n'est pas traité dans cet exemple.



**Recuit** : membrure inférieure 100×60×4, membrure supérieure 80×80×5, montants verticaux 60×60×5 diagonales de la gauche vers le milieu : 50×50×3, 50×50×3, 40×40×3, 40×40×3, 40×40×3, 40×40×3, 40×40×3.

**CP460** : membrure inférieure 60×40×4, membrure supérieure 70×70×4, montants verticaux 60×60×5, toutes les diagonales 40×40×3.



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	2 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Vérfié par	MAP	Date	Fév. 2006

Portée 15 m, hauteur au milieu de la poutre 3,13 m, hauteur aux extrémités 0,5 m.  
Poids de la ferme : 407 daN (Recuit), 307 daN (CP460). Le poids n'est pas complètement optimisé.

**Actions**

Il est supposé que la charge de neige, le poids propre de la verrière et de son ossature et le poids propre de la ferme sont assimilables à une charge uniformément répartie :

Charges permanentes ( $G$ ) : Action de la verrière et de son ossature  $1 \text{ kN/m}^2$   
Poids propre de la ferme (WINRAMI détermine le poids)

Actions variables ( $Q$ ) : Charge de neige  $2 \text{ kN/m}^2$

Cas de charge 1 à considérer (état limite ultime) :  $\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$

Cas de charge 2 à considérer (condition d'incendie) :  $\sum_j \gamma_{GA,j} G_{k,j} + \gamma_{\psi 1,1} Q_{k,1}$

État limite ultime (dimensionnement à température ambiante)	Dimensionnement en situation d'incendie	EN 1990 EN 1991-1-2
$\gamma_{G,j} = 1,35$ (effets défavorables)	$\gamma_{GA,j} = 1,0$	
$\gamma_{Q,1} = 1,5$	$\gamma_{\psi 1,1} = 0,2$	

(Les facteurs partiels recommandés pour les actions sont utilisés dans cet exemple)

Actions pondérées à l'état limite ultime :

Charge permanente : Charges aux nœuds :  $1,35 \times 4,1 \text{ kN}$   
Poids propre de la ferme (pris en compte dans WINRAMI)

Action variable : Charge de neige  $1,5 \times 8,1 \text{ kN}$

**Les efforts dans les barres critiques sont :**

Les efforts sont déterminés à partir du modèle constitué de barres à l'état recuit.

Membrane inférieure, barre 0

<b>Recuit</b> : $100 \times 60 \times 4 \text{ mm}$ ,	<b>CP460</b> : $60 \times 40 \times 4 \text{ mm}$
$N_{t,Ed} = 142,2 \text{ kN}$ ,	$N_{t,fi,Ed} = 46,9 \text{ kN}$
$M_{\max,Ed} = 0,672 \text{ kN.m}$ ,	$M_{\max,fi,Ed} = 0,245 \text{ kN.m}$

Membrane supérieure, barre 5

<b>Recuit</b> : $80 \times 80 \times 5 \text{ mm}$ ,	<b>CP460</b> : $70 \times 70 \times 4 \text{ mm}$
$N_{c,Ed} = -149,1 \text{ kN}$ ,	$N_{c,fi,Ed} = -49,2 \text{ kN}$
$M_{\max,Ed} = 2,149 \text{ kN.m}$ ,	$M_{\max,fi,Ed} = 0,731 \text{ kN.m}$

Diagonale, barre 31

<b>Recuit</b> : $50 \times 50 \times 3 \text{ mm}$ ,	<b>CP460</b> : $40 \times 40 \times 3 \text{ mm}$
$N_{c,Ed} = -65,9 \text{ kN}$ ,	$N_{c,fi,Ed} = -21,7 \text{ kN}$

Éq. 2.3



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	3 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Véifié par	MAP	Date	Fév. 2006

**Caractéristiques du matériau**

Acier de nuance 1.4301

**Recuit** :  $f_y = 220 \text{ MPa}$        $f_u = 550 \text{ MPa}$        $E = 200\,000 \text{ MPa}$

**CP460** :  $f_y = 460 \text{ MPa}$        $f_u = 650 \text{ MPa}$        $E = 200\,000 \text{ MPa}$

Tableau 3.1  
§ 3.2.4

**Coefficients partiels**

Les coefficients partiels suivants sont utilisés tout au long de cet exemple :

$\gamma_{M0} = 1,1, \gamma_{M1} = 1,1, \gamma_{M,fi} = 1,0$

Tableau 2.1

**Caractéristiques des sections transversales**

**Recuit**

Barre 0 :  $A = 1175 \text{ mm}^2$        $W_{pl,y} = 37,93 \cdot 1000 \text{ mm}^3$

Barre 5 :  $A = 1436 \text{ mm}^2$        $I_y = 131,44 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$        $i_y = 30,3 \text{ mm}$        $W_{pl,y} = 39,74 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Barre 31 :  $A = 541 \text{ mm}^2$        $I_y = 19,47 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$        $i_y = 19 \text{ mm}$        $W_{pl,y} = 9,39 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

**CP460**

Barre 0 :  $A = 695 \text{ mm}^2$        $W_{pl,y} = 13,16 \cdot 1000 \text{ mm}^3$

Barre 5 :  $A = 1015 \text{ mm}^2$        $I_y = 72,12 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$        $i_y = 26,7 \text{ mm}$        $W_{pl,y} = 24,76 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

**Classification des sections transversales des barres 5 et 31**

**Recuit** :  $\varepsilon = 1,01$

**CP460** :  $\varepsilon = 0,698$

Tableau 4.2

En se plaçant du côté de la sécurité, supposons que  $c = h - 2t$

**Recuit**  $80 \times 80 \times 5$  :  $c = 80 - 10 = 70 \text{ mm}$       **CP460**  $70 \times 70 \times 4$  :  $c = 70 - 8 = 62 \text{ mm}$

**Recuit**  $50 \times 50 \times 3$  :  $c = 50 - 6 = 44 \text{ mm}$       **CP460**  $40 \times 40 \times 3$  :  $c = 40 - 6 = 34 \text{ mm}$

Âmes/semelles comprimées :

**Recuit**  $80 \times 80 \times 5$  :  $c/t = 14$

**CP460**  $70 \times 70 \times 4$  :  $c/t = 15,5$

**Recuit**  $50 \times 50 \times 3$  :  $c/t = 14,6$

**CP460**  $40 \times 40 \times 3$  :  $c/t = 11,3$

Tableau 4.2

Pour la Classe 1,  $\frac{c}{t} \leq 25,7\varepsilon$ , en conséquence, tous les profils sont de Classe 1.

Barre 31 :  $A = 421 \text{ mm}^2$        $I_y = 9,32 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$        $i_y = 14,9 \text{ mm}$        $W_{pl,y} = 5,72 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	4 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Véifié par	MAP	Date	Fév. 2006

**MEMBRURE INFÉRIEURE, CALCUL À TEMPÉRATURE AMBIANTE ET EN SITUATION D'INCENDIE**

(Barre 0)

**A) Vérification à température ambiante**

**Résistance de la section transversale à la traction**

$$N_{pl,Rd} = A_g f_y / \gamma_{M0}$$

**Recuit :**  $N_{pl,Rd} = 1175 \text{ mm}^2 \times 220 \text{ MPa} / 1,1 = 235 \text{ kN} > 142,2 \text{ kN}$  OK.

**CP460 :**  $N_{pl,Rd} = 695 \text{ mm}^2 \times 460 \text{ MPa} / 1,1 = 290 \text{ kN} > 142,2 \text{ kN}$  OK.

§ 4.7.2

Éq. 4.22

**Moment résistant de la section transversale**

$$M_{c,Rd} = W_{pl} f_y / \gamma_{M0}$$

**Recuit :**  $M_{c,Rd} = \frac{37,93 \times 10^3 \times 220}{1,1 \times 10^6} = 7,58 \text{ kN.m} > 0,672 \text{ kN.m}$  OK.

**CP460 :**  $M_{c,Rd} = \frac{13,16 \cdot 10^3 \cdot 460}{1,1 \cdot 10^6} = 5,50 \text{ kN.m} > 0,672 \text{ kN.m}$  OK.

§ 4.7.4

Éq. 4.27

**Interaction moment fléchissant et effort de traction**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

**Recuit :**  $\frac{142,2 \text{ kN}}{235 \text{ kN}} + \frac{0,672 \text{ kNm}}{7,58 \text{ kNm}} = 0,69 \leq 1$  OK.

**CP460 :**  $\frac{142,2 \text{ kN}}{290 \text{ kN}} + \frac{0,672 \text{ kNm}}{5,50 \text{ kNm}} = 0,61 \leq 1$  OK.

Éq. 5.39

**B) Vérification en situation d'incendie**

$\epsilon_{res} = 0,2$

Température de l'acier après 30 min d'exposition au feu :  $\theta = 823 \text{ °C}$

$$f_{2,\theta} = f_{0,2proof,\theta} + g_{2,\theta} (f_{u,\theta} - f_{0,2proof,\theta})$$

**Recuit :**

$k_{0,2proof,\theta} = 0,27 - 23/100 \times (0,27 - 0,14) = 0,240$

$f_{0,2proof,\theta} = 0,240 \times 220 \text{ MPa} = 52,8 \text{ MPa}$

$g_{2,\theta} = (0,35 - 23/100 \times (0,35 - 0,38)) = 0,357$

$f_{u,\theta} = (0,27 - 23/100 \times (0,27 - 0,15)) \times 550 \text{ MPa} = 133,3 \text{ MPa}$

$f_{2,\theta} = 52,8 \text{ MPa} + 0,357 \times (133,3 - 52,8) \text{ MPa} = 81,5 \text{ MPa}$

$k_{2,\theta} = 81,5/220 = 0,37$

§ 7.4.7

Éq. 7.1

§ 7.2

Tableau 7.1

Éq. 7.1



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	5 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Véifié par	MAP	Date	Fév. 2006

**CP460 :**

$$\begin{aligned}
 k_{0,2\text{proof},\theta} &= 0,23-23/100 \times (0,23-0,11) &&= 0,202 \\
 f_{0,2\text{proof},\theta} &= 0,202 \times 460 \text{ MPa} &&= 93,1 \text{ MPa} \\
 g_{2,\theta} &= 0,25 \\
 f_{u,\theta} &= (0,24 - 23/100 \times (0,24-0,10)) \times 650 \text{ MPa} &&= 135,1 \text{ MPa} \\
 f_{2,\theta} &= 93,1 \text{ MPa} + 0,25 \times (135,1 - 93,1) \text{ MPa} &&= 103,6 \text{ MPa} \\
 k_{2,\theta} &= 103,6 / 460 &&= 0,225
 \end{aligned}$$

§ 7.2  
Tableau 7.1

Éq. 7.1

**Résistance à la traction de la section transversale**

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{2,\theta} N_{Rd} [\gamma_{M0} / \gamma_{M,fi}]$$

Éq. 7.6

**Recuit :**  $N_{fi,\theta,Rd} = 0,370 \times 235 \text{ kN} \times 1,1/1,0 = 95,6 \text{ kN} > 46,9 \text{ kN}$  OK.

**CP460 :**  $N_{fi,\theta,Rd} = 0,225 \times 290 \text{ kN} \times 1,1/1,0 = 59,3 \text{ kN} > 46,9 \text{ kN}$  OK.

**Moment résistant de la section transversale**

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{2,\theta} M_{Rd} [\gamma_{M0} / \gamma_{M,fi}]$$

Éq. 7.13

**Recuit :**  $M_{fi,\theta,Rd} = 0,370 \times 7,58 \text{ kN.m} \times 1,1/1,0 = 3,08 \text{ kN.m} > 0,245 \text{ kN.m}$  OK.

**CP460 :**  $M_{fi,\theta,Rd} = 0,225 \times 5,50 \text{ kN.m} \times 1,1/1,0 = 1,36 \text{ kN.m} > 0,245 \text{ kN.m}$  OK.

**Interaction effort de traction et moment fléchissant**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

Éq. 5.39

**Recuit :**  $\frac{46,9 \text{ kN}}{95,6 \text{ kN}} + \frac{0,245 \text{ kNm}}{3,08 \text{ kNm}} = 0,57 \leq 1$  OK.

**CP460 :**  $\frac{46,9 \text{ kN}}{59,3 \text{ kN}} + \frac{0,245 \text{ kNm}}{1,36 \text{ kNm}} = 0,97 \leq 1$  OK.

**DIAGONALE, CALCUL À TEMPÉRATURE AMBIANTE ET EN SITUATION D'INCENDIE**

(Barre 31)

Longueur de flambement = 1253 mm

**A) Vérification à température ambiante**

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$$

Éq. 5.2a

**Recuit :**

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\pi} \sqrt{(f_y / E)} = \frac{1253}{19} \frac{1}{\pi} \sqrt{(220 / 200000)} = 0,696$$

Éq. 5.5a

$$\varphi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,49(0,696 - 0,4) + 0,696^2) = 0,815$$

Éq. 5.4



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	6 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Véifié par	MAP	Date	Fév. 2006

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{(\varphi^2 - \lambda^2)}} = \frac{1}{0,815 + \sqrt{(0,815^2 - 0,696^2)}} = 0,807$$

$$N_{b,Rd} = 0,807 \times 541 \text{ mm}^2 \times 220 \text{ MPa} / 1,1 = 87,3 \text{ kN} > 65,9 \text{ kN OK.}$$

**CP460 :**

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\pi} \sqrt{f_y / E} = \frac{1253}{14,9} \frac{1}{\pi} \sqrt{(460 / 200000)} = 1,283$$

$$\varphi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,49(1,283 - 0,4) + 1,283^2) = 1,540$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{(\varphi^2 - \lambda^2)}} = \frac{1}{1,540 + \sqrt{(1,540^2 - 1,283^2)}} = 0,418$$

$$N_{b,Rd} = 0,418 \times 421 \text{ mm}^2 \times 460 \text{ MPa} / 1,1 = 73,6 \text{ kN} > 65,9 \text{ kN OK.}$$

**B) Vérification en situation d'incendie**

$$\varepsilon_{res} = 0,2$$

Température de l'acier après 30 min d'exposition au feu  $\Theta = 832 \text{ °C}$

**Recuit :**

$$k_{0,2,proof,\theta} = 0,27 - 32/100 \times (0,27 - 0,14) = 0,228$$

$$k_{E,\theta} = 0,63 - 32/100 \times (0,63 - 0,45) = 0,572$$

**CP460 :**

$$k_{0,2,proof,\theta} = 0,23 - 32/100 \times (0,23 - 0,11) = 0,191$$

$$k_{E,\theta} = 0,52 - 32/100 \times (0,52 - 0,35) = 0,465$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{0,2,proof,\theta} f_y / \gamma_{M,fi}$$

**Recuit :**

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \sqrt{(k_{0,2,proof,\theta} / k_{E,\theta})} = 0,696 \sqrt{(0,228 / 0,572)} = 0,439$$

$$\varphi_\theta = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_\theta^2) = 0,5(1 + 0,49(0,439 - 0,4) + 0,439^2) = 0,606$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_\theta + \sqrt{(\varphi_\theta^2 - \lambda_\theta^2)}} = \frac{1}{0,606 + \sqrt{(0,606^2 - 0,439^2)}} = 0,977$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,977 \times 541 \text{ mm}^2 \times 0,228 \times 220 \text{ MPa} / 1,0 = 26,5 \text{ kN} > 21,7 \text{ kN OK.}$$

Éq. 5.3

Éq. 5.5a

Éq. 5.4

Éq. 5.3

§ 7.4.7

§ 7.2  
Tableau 7.1

§ 7.2  
Tableau 7.1

Éq. 7.8

Éq. 7.12

Éq. 7.11

Éq. 7.10



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	7 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Vérfié par	MAP	Date	Fév. 2006

**CP460 :**

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \sqrt{(k_{0,2,proof,\theta} / k_{E,\theta})} = 1,283 \sqrt{(0,191 / 0,465)} = 0,822 \quad \text{Éq. 7.12}$$

$$\varphi_\theta = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_\theta^2) = 0,5(1 + 0,49(0,822 - 0,4) + 0,822^2) = 0,941 \quad \text{Éq. 7.11}$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_\theta + \sqrt{(\varphi_\theta^2 - \bar{\lambda}_\theta^2)}} = \frac{1}{0,941 + \sqrt{(0,941^2 - 0,822^2)}} = 0,714 \quad \text{Éq. 7.10}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,714 \times 421 \text{ mm}^2 \times 0,191 \times 460 \text{ MPa} / 1,0 = 26,4 \text{ kN} > 21,7 \text{ kN OK.}$$

**MEMBRURE SUPÉRIEURE, CALCUL À TEMPÉRATURE AMBIANTE ET EN SITUATION D'INCENDIE**

Longueur de flambement = 1536 mm

(Barre 5)

**A) Vérification à température ambiante**

$$\frac{N_{Ed}}{(N_{b,Rd})_{\min}} + k_y \left( \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{\beta_{W,y} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}} \right) \leq 1,0 \quad \text{Éq. 5.40}$$

**Recuit :**

$\beta_{W,y} = 1,0$  section transversale de Classe 1

Sec. 5.5.2

$k_y = 1,0 + 2(\lambda_y - 0,5) N_{Ed} / N_{b,Rd,y}$ , mais  $1,2 \leq k_y \leq 1,2 + 2N_{Ed} / N_{b,Rd,y}$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\pi} \sqrt{(f_y / E)} = \frac{1536}{30,3} \frac{1}{\pi} \sqrt{(220 / 200000)} = 0,535 \quad \text{Éq. 5.5a}$$

$$\varphi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,49(0,535 - 0,4) + 0,535^2) = 0,676 \quad \text{Éq. 5.4}$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{(\varphi^2 - \bar{\lambda}^2)}} = \frac{1}{0,676 + \sqrt{(0,676^2 - 0,535^2)}} = 0,917 \quad \text{Éq. 5.3}$$

$$N_{b,Rd,y} = 0,917 \times 1436 \text{ mm}^2 \times 220 \text{ MPa} / 1,1 = 263,3 \text{ kN} > 149,1 \text{ kN} \quad \text{Éq. 5.2a}$$

$k_y = 1,0 + 2(0,535 - 0,5) \times 149,1 / 263,3 = 1,039$ . Comme la valeur calculée est inférieure à 1,2, on prend  $k_y = 1,2$ .

$$\frac{149,1}{263,3} + 1,2 \left( \frac{2,149 \times 1000^2}{1,0 \times 39,74 \times 10^3 \times 220 / 1,1} \right) = 0,890 < 1,0 \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 5.40}$$

**CP460**

$\beta_{W,y} = 1,0$  section transversale de Classe 1

§ 5.5.2

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\pi} \sqrt{(f_y / E)} = \frac{1536}{26,7} \frac{1}{\pi} \sqrt{(460 / 200000)} = 0,878 \quad \text{Éq. 5.5a}$$



VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	8 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	RFCS	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006
		Véifié par	MAP	Date	Fév. 2006

$$\varphi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2) = 0,5(1 + 0,49(0,878 - 0,4) + 0,878^2) = 1,002$$

Éq. 5.4

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{(\varphi^2 - \lambda^2)}} = \frac{1}{1,002 + \sqrt{(1,002^2 - 0,878^2)}} = 0,673$$

Éq. 5.3

$$N_{b,Rd,y} = 0,673 \times 1015 \text{ mm}^2 \times 460 \text{ MPa} / 1,1 = 285,6 \text{ kN} > 149,1 \text{ kN}$$

Éq. 5.2a

$$k_y = 1,0 + 2(0,878 - 0,5)149,1 / 285,6 = 1,394,$$

mais  $1,2 \leq k_y \leq 1,2 + 2(149,1 / 285,6) = 2,244$ , soit  $k_y = 1,394$

$$\frac{149,1}{285,6} + 1,394 \left( \frac{2,149 \times 1000^2}{1,0 \times 24,76 \times 10^3 \times 460 / 1,1} \right) = 0,81 < 1,0 \text{ OK.}$$

Éq. 5.40

**B) Vérification en situation d'incendie**

$$\epsilon_{res} = 0,2$$

Température de l'acier 80×80×5 mm Ø = 810 °C

Température de l'acier 70×70×4 mm Ø = 823 °C

§ 7.4.7

**Recuit :**

$$k_{0,2,proof,\theta} = 0,27 - 10/100 \times (0,27 - 0,14) = 0,257$$

$$f_{0,2,proof,\theta} = 0,257 \times 220 \text{ MPa} = 56,5 \text{ MPa}$$

$$g_{2,\theta} = (0,35 - 10/100 \times (0,35 - 0,38)) = 0,353$$

$$f_{u,\theta} = (0,27 - 10/100 \times (0,27 - 0,15)) \times 550 \text{ MPa} = 141,9 \text{ MPa}$$

$$f_{2,\theta} = 56,5 \text{ MPa} + 0,353 \times (141,9 - 56,5) \text{ MPa} = 86,6 \text{ MPa}$$

$$k_{2,\theta} = 86,6 / 220 = 0,394$$

$$k_{E,\theta} = 0,63 - 10/100 \times (0,63 - 0,45) = 0,612$$

§ 7.2  
Tableau 7.1

**CP460 :**

$$k_{0,2,proof,\theta} = 0,23 - 23/100 \times (0,23 - 0,11) = 0,202$$

$$f_{0,2,proof,\theta} = 0,202 \times 460 \text{ MPa} = 93,1 \text{ MPa}$$

$$g_{2,\theta} = 0,25$$

$$f_{u,\theta} = (0,24 - 23/100 \times (0,24 - 0,10)) \times 650 \text{ MPa} = 135,1 \text{ MPa}$$

$$f_{2,\theta} = 93,1 \text{ MPa} + 0,25 \times (135,1 - 93,1) \text{ MPa} = 103,6 \text{ MPa}$$

$$k_{2,\theta} = 103,6 / 460 = 0,225$$

$$k_{E,\theta} = 0,52 - 23/100 \times (0,52 - 0,35) = 0,481$$

§ 7.2  
Tableau 7.2

Éq. 7.1

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} A_g k_{0,2,proof,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{M_{y,fi,\theta,Rd}} \leq 1,0$$

Éq. 7.24

**Recuit :**

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \sqrt{(k_{0,2,proof,\theta} / k_{E,\theta})} = 0,535 \sqrt{(0,257 / 0,612)} = 0,347$$

Éq. 7.12

$$\varphi_\theta = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_\theta^2) = 0,5(1 + 0,49(0,347 - 0,4) + 0,347^2) = 0,547$$

Éq. 7.11





VTT Technical Research Centre of Finland  
P.O. Box 1000, FI-02044 VTT  
Tel. +358 20 722 111  
Fax +358 20 722 7001

**FEUILLE DE CALCUL**

Affaire n°	VALCOSS	Page	9 sur 9	Rév.	A
Nom Affaire	Projet de Valorisation RFCS : Utilisation de l'Inox				
Sujet	<b>Exemple 13</b> – Ferme en treillis constituée de profils creux				
Client	Rédigé par	PTY/AAT	Date	Janv. 2006	
RFCS	Vérfié par	MAP	Date	Fév. 2006	

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{(\varphi_{\theta}^2 - \lambda_{\theta}^2)}} = \frac{1}{0,547 + \sqrt{(0,547^2 - 0,347^2)}} = 1,03 = 1,0 \quad \text{Éq. 7.10}$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{fi,Ed}}{\chi_{y,fi} A_g k_{0,2proof,\theta} f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 3 \quad \text{Éq. 7.28}$$

$$\mu_y = (1,2\beta_{M,y} - 3)\bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} - 0,29 \leq 0,8 \quad \text{Éq. 7.29}$$

$$\chi_{\min,fi} A_g k_{0,2proof,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} = 1,0 \times 1436 \text{ mm}^2 \times 0,257 \times 220 \text{ MPa} / 1,0 = 81,2 \text{ kN} > 49,2 \text{ kN} \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 7.8}$$

$$M_{y,fi,\theta,Rd} = k_{2,\theta} [\gamma_{M0} / \gamma_{M,fi}] M_{Rd} = 0,394 \times 1,1 / 1,0 \times 39,74 \times 10^3 \times 220 / 1000^2 = 3,79 \text{ kN.m} > 0,731 \text{ kN.m} \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 7.13}$$

$$\psi = -0,487 \text{ kN.m} / 0,731 \text{ kN.m} = -0,666 \quad \text{Tableau 7.3}$$

$$\beta_{M,y} = 1,8 - 0,7 \times \psi = 2,466$$

$$\mu_y = (1,2 \times 2,466 - 3) \times 0,347 + 0,44 \times 2,466 - 0,29 = 0,78, \quad \text{Éq. 7.29}$$

comme la valeur calculée est inférieure à 0,8, on prend  $\mu_y = 0,8$

$$k_y = 1 - 0,80 \times 49,2 \text{ kN} / 81,2 \text{ kN} = 0,515 \quad \text{Éq. 7.28}$$

$$\frac{49,2}{81,2} + 0,515 \times \frac{0,731}{3,79} = 0,70 < 1,0 \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 7.24}$$

**CP460 :**

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda} \sqrt{(k_{0,2proof,\theta} / k_{E,\theta})} = 0,878 \sqrt{(0,202 / 0,481)} = 0,569 \quad \text{Éq. 7.12}$$

$$\varphi_{\theta} = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_{\theta} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_{\theta}^2) = 0,5(1 + 0,49(0,569 - 0,4) + 0,569^2) = 0,703 \quad \text{Éq. 7.11}$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{(\varphi_{\theta}^2 - \lambda_{\theta}^2)}} = \frac{1}{0,703 + \sqrt{(0,703^2 - 0,569^2)}} = 0,896 \quad \text{Éq. 7.10}$$

$$\chi_{\min,fi} A_g k_{0,2proof,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} = 0,896 \times 1015 \text{ mm}^2 \times 0,202 \times 460 \text{ MPa} / 1,0 = 84,5 \text{ kN} > 49,2 \text{ kN} \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 7.8}$$

$$M_{y,fi,\theta,Rd} = k_{2,\theta} [\gamma_{M0} / \gamma_{M,fi}] M_{Rd} = 0,225 \times 1,1 / 1,0 \times 24,76 \times 10^3 \times 460 / 1000^2 = 2,81 \text{ kN.m} > 0,731 \text{ kN.m} \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 7.13}$$

$$\psi = -0,487 \text{ kN.m} / 0,731 \text{ kN.m} = -0,666 \quad \text{Tableau 7.3}$$

$$\beta_{M,y} = 1,8 - 0,7 \times \psi = 2,466$$

$$\mu_y = (1,2 \times 2,466 - 3) \times 0,569 + 0,44 \times 2,466 - 0,29 = 0,771, \quad \text{Éq. 7.29}$$

comme la valeur calculée est inférieure à 0,8, on prend  $\mu_y = 0,8$

$$k_y = 1 - 0,80 \times 49,2 \text{ kN} / 84,5 \text{ kN} = 0,534 \quad \text{Éq. 7.28}$$

$$\frac{49,2}{84,5} + 0,534 \times \frac{0,731}{2,81} = 0,72 < 1,0 \quad \text{OK.} \quad \text{Éq. 7.24}$$