



Solico B.V.  
Everdenberg 97  
NL-4902 TT Oosterhout  
The Netherlands  
Tel.: +31-162-462280 - Fax: +31-162-462707  
E-mail: solico@solico.nl  
Bankrelatie: Rabobank Oosterhout  
Rek.nr. 13.95.51.743  
K.v.K. Breda nr. 20093577

## ***Sitomeca***

***Site : 11PAW ‘ Paal West ‘***

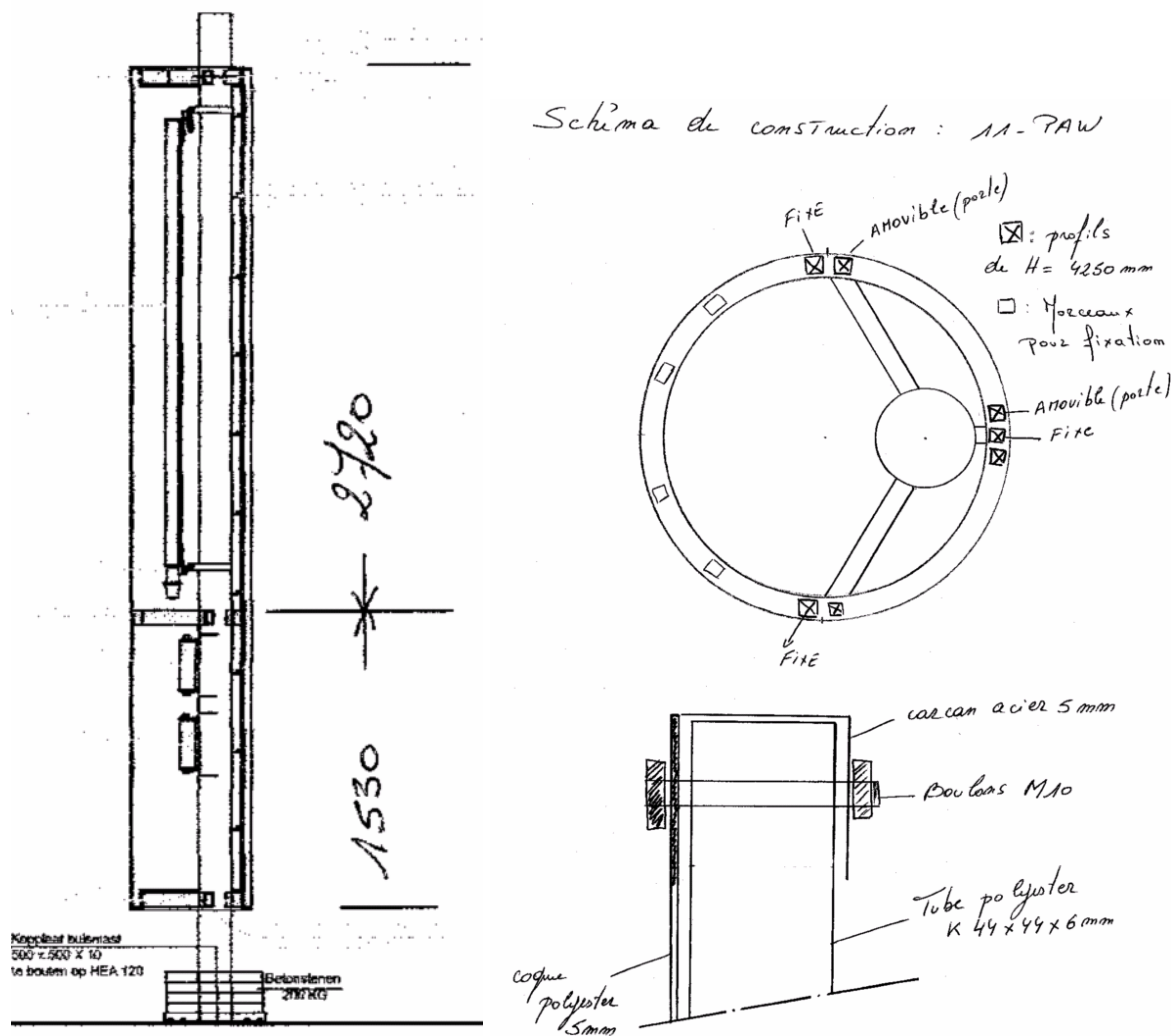
Maître d’ouvrage : Sitomeca  
Réalisation : Peter Globevnik, Ludo Van Schepdael  
Rapport no. : r\_954-1  
Version : 1  
Date : 25 août 2008

## 1. Introduction

Ce rapport décrit le calcul de vérification de la construction en composite et en acier d'un capot radio-transparent enveloppant des antennes sur le château d'eau Paal West (site 11-PAW).

## 2. Structure

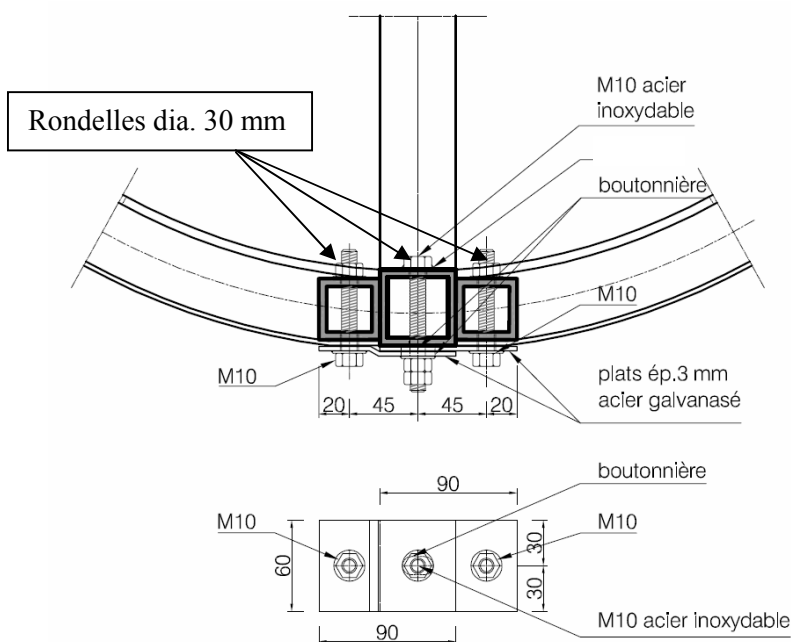
La structure est selon le dossier 'Final Extended\_M2\_NS\_900.pdf' et la figure suivante



La construction de la cheminée est la suivante :

- Fabrication de 3 panneaux courbes en matériaux composites RF transparents.
- Hauteur : 4250 mm – Diamètre : 600 mm.
- Réalisés en moulage par projection simultanée résine / fibres dans un moule en acier courbé. Epaisseur finale des coques : +/- 5mm.
- Renforts verre équivalents : 2 x mat 450gr/m<sup>2</sup> + 1 tissu 570gr/m<sup>2</sup> + 2 x mat 450gr/m<sup>2</sup>.
- Résine polyester – Type DSM – Synolite 8388.

- Fabrication de 3 carcans en acier galvanisé (Voir photos).
- Le panneau courbe fixe (devant l'antenne) est collé et riveté aux montants verticaux en composites de 44x44x6mm – Hauteur : 4250 mm.
- Ces montants verticaux sont boulonnés (M10) aux 3 carcans métalliques.
- La coque fixe est également boulonnée aux 3 carcans métalliques (M10) et au travers de morceaux de profils composites de 44x44x6mm pour compenser l'écart entre la coque polyester et l'acier. Elle sera fiée en 3 x 4 points (voir photos et schéma de construction).
- Les 2 coques ouvrantes (portes) seront fixées comme décrit dans le plan Proximus.
- Attention : 2 profils polyester carrés de 44x44x6 mm ne seront pas utilisés comme dessinés sur les plans Proximus.
- La distance verticale entre les charnières / fermetures ne doit pas dépasser 1000 mm.

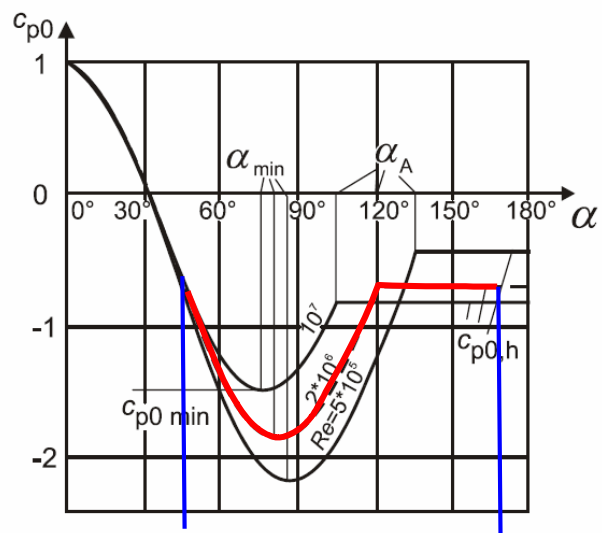
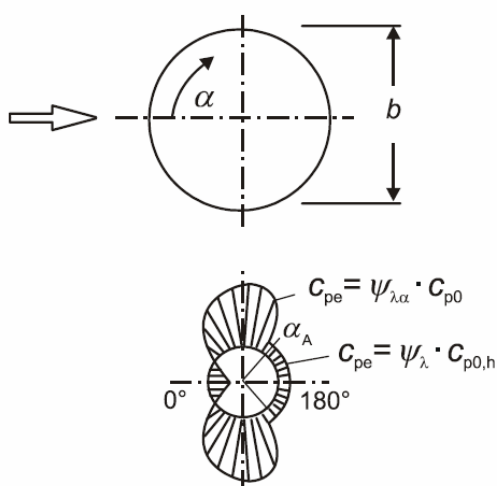


### 3. Standard de calculs

- EN 1990 : Bases du calcul et actions sur les structures : bases du calcul
- EN 1991-1-4 : Bases du calcul et actions sur les structures : actions du vent
- EN 13706-3 : Composites en plastiques renforcés - Spécifications des profilés pultrudés - Partie 3: Exigences particulières
- Eurocomp : Design Code and Handbook
- DIN 18820 : Laminate aus textilglasverstärkten ungesättigten Polyester- und Phenacrylatharzen für tragende Bauteile (GF-UP,GF-PHA)

#### 3.1. Action du vent

- Région : Paal, Belgique  
 Belgique : 26.2 m/s  
 Hauteur : 28 m  
 Catégorie du terrain : II  
 Facteur de topographie : 1.0  
 Coefficient d'exposition : 3.1  
 Pression du vent : 1330 Pa  
 Coefficient de traînée : 0.7  
 Coefficient de pression sur cylindre :



Re	$\alpha_{min}$	$C_{p0,min}$	$\alpha_A$	$C_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
$10^7$	75	-1,5	105	-0,8

### Facteur de sécurité

Suivant EN 1991-1, les facteurs de sécurité suivants sont à manier lors du calcul de l'état limite (contrôle des contraintes):

Charges variables  $\gamma_Q$  : 1.50

La charge du vent est considérée comme une charge variable.

## 3.2. Matériaux de panneaux

### 3.1.1. Laminat stratifié

Propriétés suivant norme DIN 18820

Type : M3 (seulement mat)

Matériau : Mat fibre de verre : 450 g/m<sup>2</sup>  
Tissu fibre de verre : 570 g/m<sup>2</sup>

Résine : polyester

% en poids : 35 %

**Epaisseur théorique : 2 x mat + 1 x tissu + 2 x mat : 5.0 mm**

Module de flexion	9100	MPa
Module de tension	9100	MPa
Résistance en traction/compression	85	MPa
Résistance en flexion	108	MPa
Résistance au cisaillement 'in-plane'	50	MPa
Résistance au cisaillement 'inter-laminair'	8	MPa
Résistance 'pin bearing'	150	MPa
Coefficient de Poisson	0.3	
Densité	1520	kg/m <sup>3</sup>

### 3.1.2. Profils de pultrusion

Propriétés suivant norme EN 13706-E23:

		EN 13706 E 23	
Tension modulus – axial	$E_{tx}$	23	GPa
Tension modulus – transverse	$E_{ty}$	7	GPa
Tension strength – axial	$\sigma_{tx}$	240	MPa
Tension strength – transverse	$\sigma_{ty}$	50	MPa
Flexural strength – axial	$\sigma_{fx}$	240	MPa

Flexural strength – transverse	$\sigma_{fy}$	100	MPa
Compression strength – axial	$\sigma_{cx}$	240	MPa
Pin-bearing strength – axial	$\sigma_{bx}$	150	MPa
Pin-bearing strength – transverse	$\sigma_{by}$	70	MPa
In plane shear modulus	$G_{xy}$	3	GPa
Interlaminar shear strength	ILSS	25	MPa
Poisson's ratio – axial	$\nu_{xy}$	0.3	
Density	$\rho$	1800	kg/m <sup>3</sup>
Out of plane shear modulus	$G_{xz}=G_{yz}$	2	GPa

### ***3.1.3. Coefficients de réduction***

$\gamma_{m,1} = 1.15$  dispersion des propriétés des matériaux

$\gamma_{m,2} = 1.1$  dispersion du processus de production

$\gamma_{m,3} = 1.2$  influences environnementaux (pas des charges à longue durée)

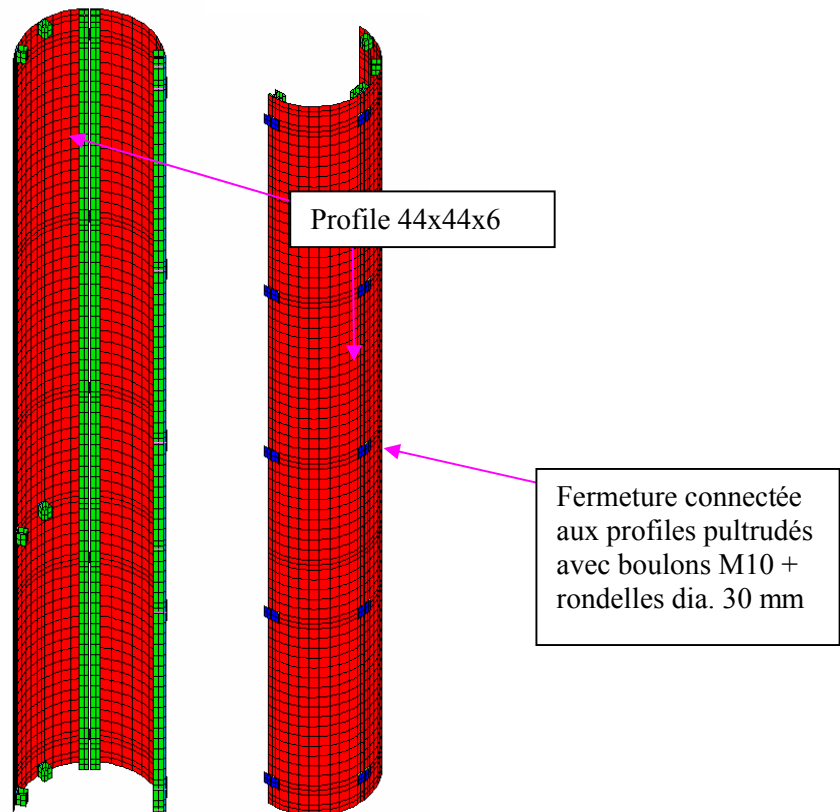
$$\gamma_m = \gamma_{m,1} \cdot \gamma_{m,2} \cdot \gamma_{m,3} = 1.15 \cdot 1.1 \cdot 1.2 = 1.5$$

### ***3.1.4. Profile en acier***

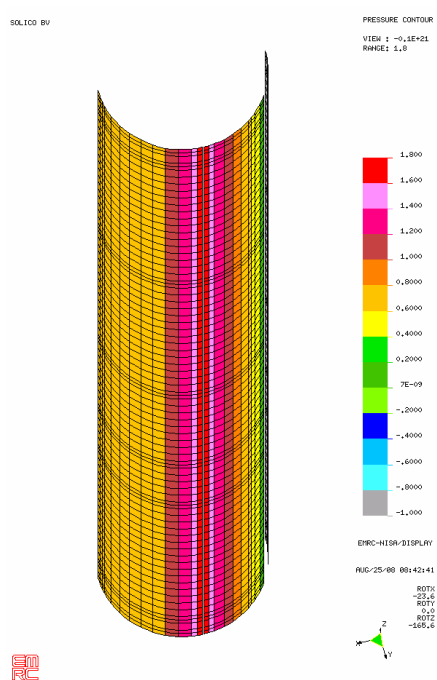
Tous les profiles en acier sont au moins S235JRG2.

## 4. Calculs de vérification

La vérification se fait par un modèle aux éléments finis. Un segment ouvrant est analysé.



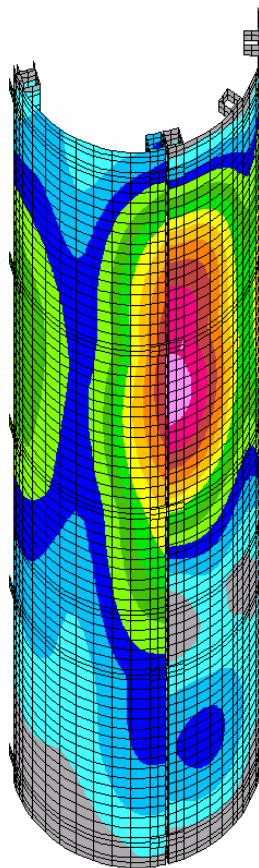
La distribution de la pression sur le panneau (inclusif  $\gamma_Q = 1.50$ ) en  $\text{kN/m}^2$



## 4.1. Déformation

La figure suivante donne la déformation radiale [mm] .

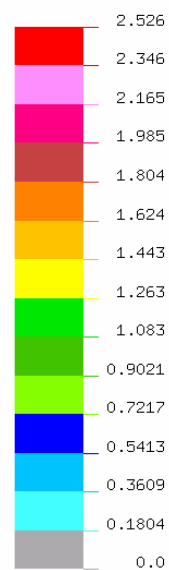
SOLICO BV



RESULTANT DISPL.

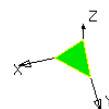
VIEW : 0.0

RANGE: 2.525954



EMRC-NISA/DISPLAY

AUG/25/08 08:45:28



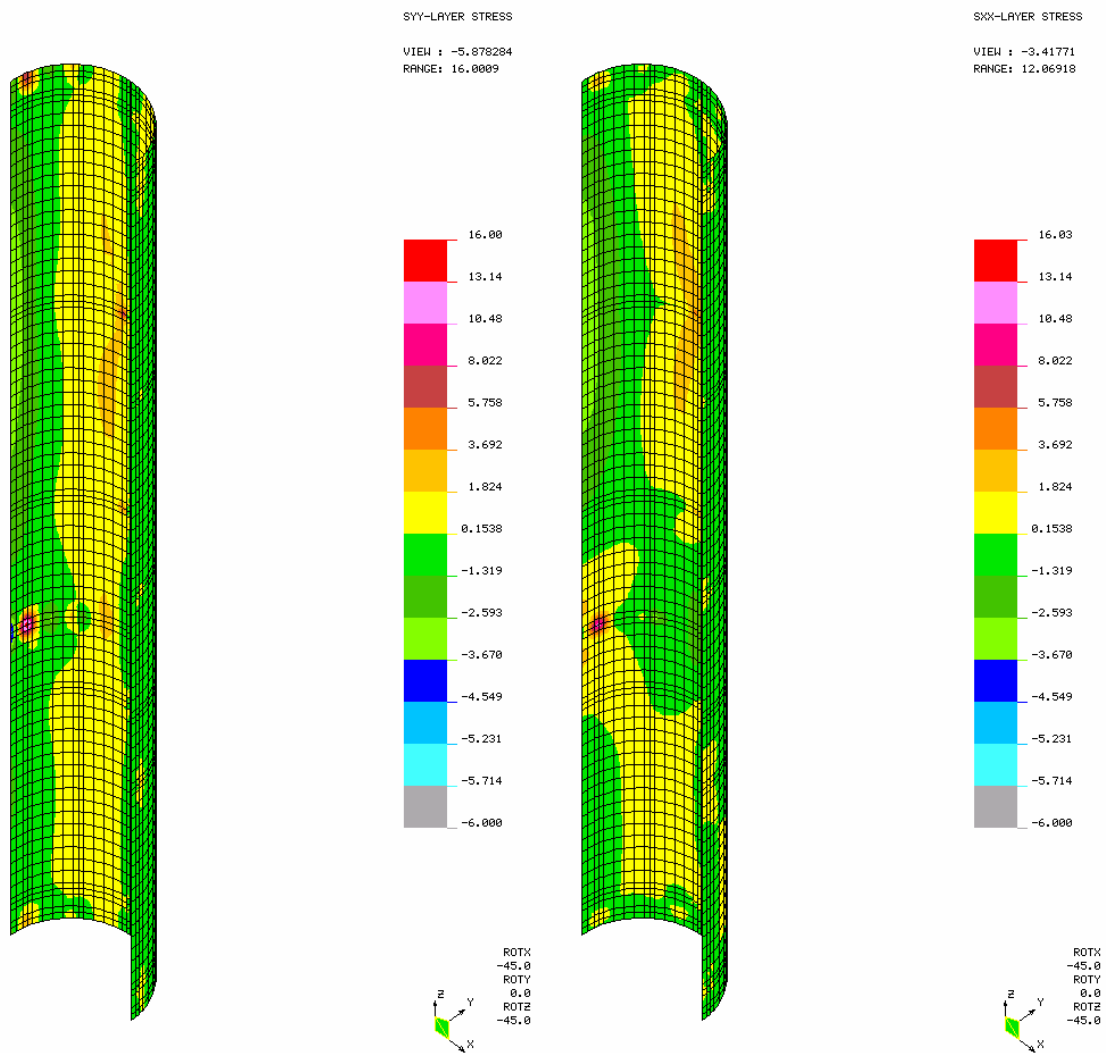
ROTX  
-23.6  
ROTY  
0.0  
ROTZ  
-165.6





## 4.2. Résistance des panneaux

Les figures suivantes donnent la contrainte circonférentielle (Syy) et axiale (Sxx) dans le polyester: panneau extérieur et renfort intérieur.

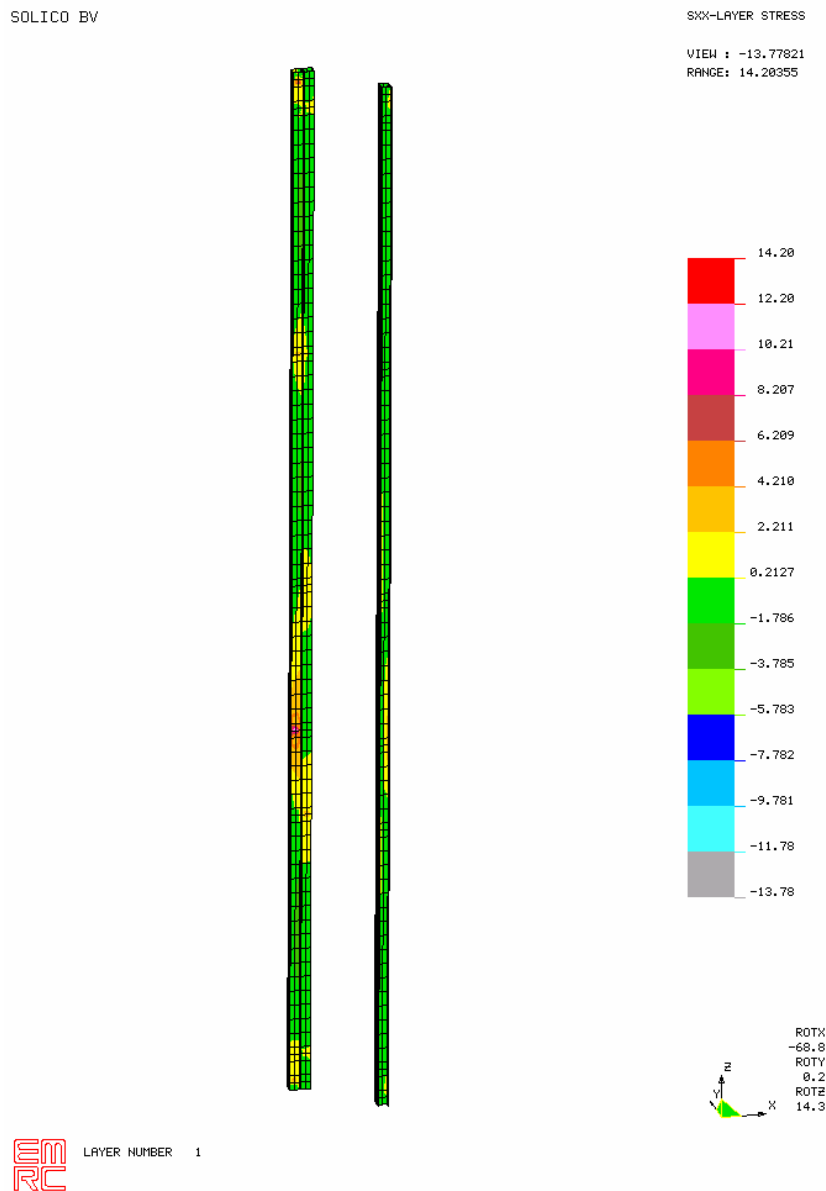


La contrainte maximale est 16 MPa.

**Contrôle :**  $16 \text{ MPa} \leq \frac{\sigma}{\gamma_M} = \frac{85}{1.5} = 57 \text{ MPa} : \text{OK}$

### 4.3. Résistance des profiles en pultrusion

La figure suivante donne la contrainte axiale (Sxx) dans les profiles en pultrusion.



La contrainte maximale est 14 MPa.

**Contrôle :**  $14 \text{ MPa} \leq \frac{\sigma}{\gamma_M} = \frac{240}{1.5} = 160 \text{ MPa} : \text{OK}$

#### 4.4. Connections

La force maximale sur la fermeture et les charnières est :

Radial (Tension) : 200 N

Cisaillement : 800 N (sur les charnières)

##### **Diamètre rondelle : 30 mm**

La contrainte interlaminaire autour de la rondelle est :

$$(1.5 \times 200) / (3.14 \times 30 \times 6) = 0.5 \text{ MPa}$$

$$\text{Contrôle : } 0.5 \text{ MPa} \leq \frac{\sigma_{\text{ILSS}}}{\gamma_M} = \frac{25}{1.5} = 16 \text{ MPa} : \text{OK}$$

La contrainte 'pin bearing' aux boulons est

$$800 / (6 \times 10) = 13 \text{ MPa}$$

$$\text{Contrôle : } 13 \text{ MPa} \leq \frac{\sigma_{\text{pin bearing}}}{\gamma_M} = \frac{150}{1.5} = 100 \text{ MPa} : \text{OK}$$