



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 ‘

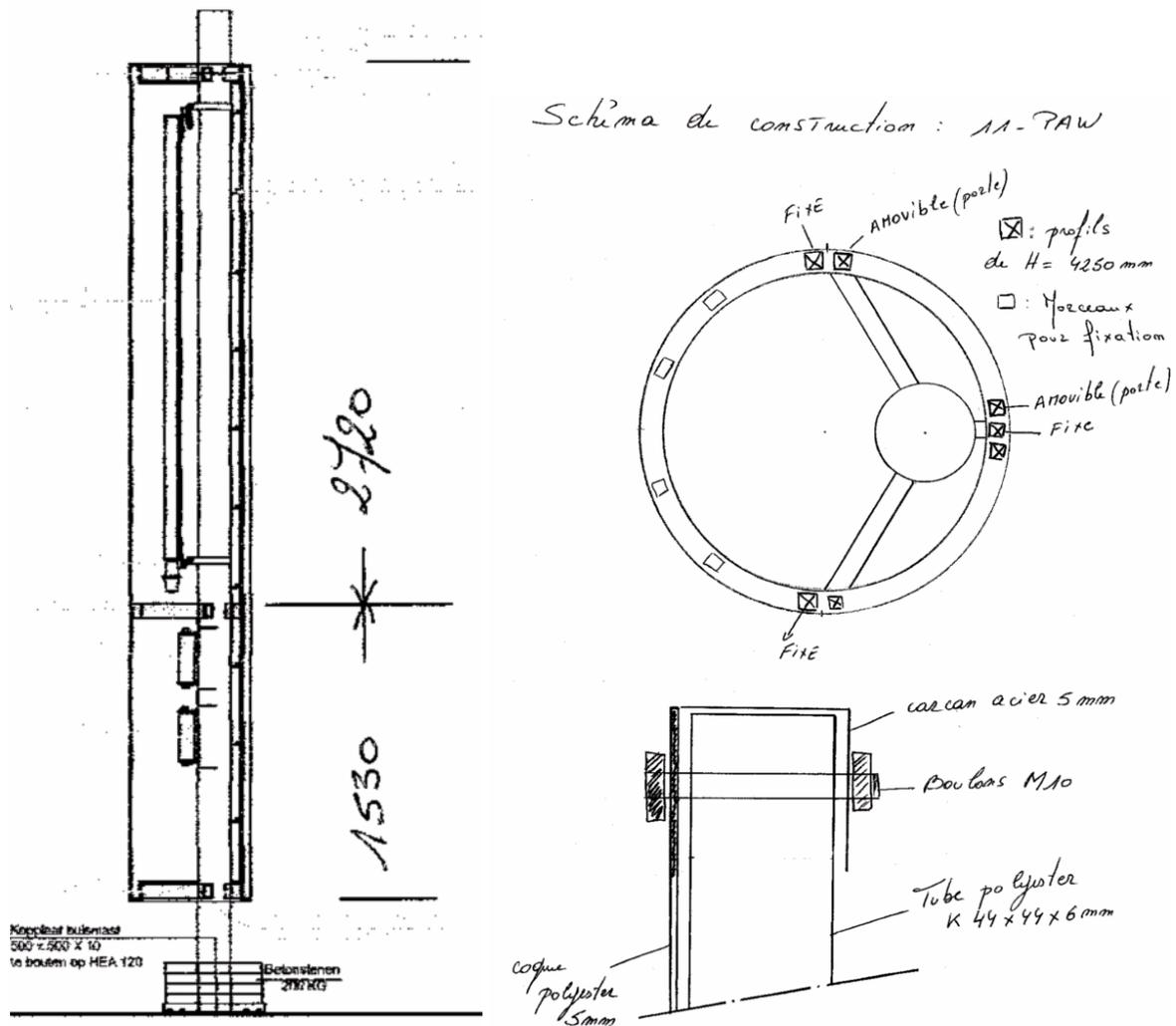
Maître d’ouvrage : Sitomeca
Réalisation : Peter Globevnik, Ludo Van Schepdael
Rapport no. : r_954-1
Version : 1
Date : 25 août 2008

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 :

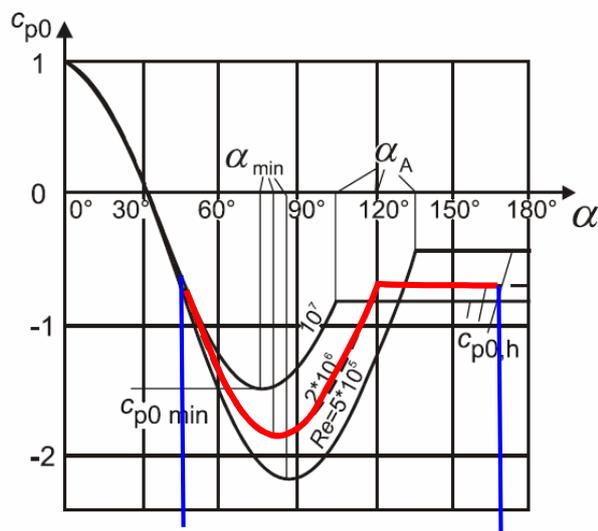
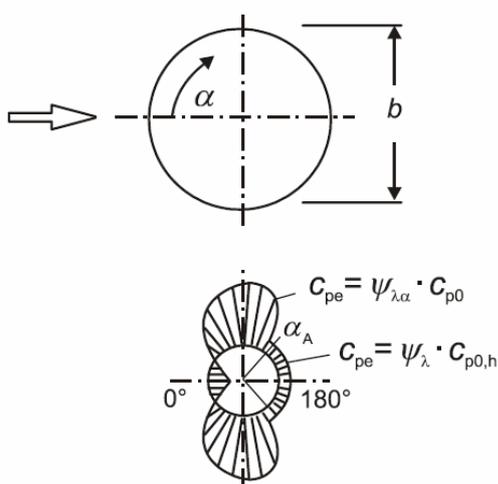
- Fabrication de 3 panneaux courbes en matériaux composites RF transparents.
- Hauteur : 4250 mm – Diamètre : 600 mm.
- Réalisés en moulage par projection simultanée résine / fibres dans un moule en acier courbé. Epaisseur finale des coques : +/- 5mm.
- Renforts verre équivalents : 2 x mat 450gr/m² + 1 tissu 570gr/m² + 2 x mat 450gr/m².
- Résine polyester – Type DSM – Synolite 8388.

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	α_{\min}	$c_{p0, \min}$	α_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 γ_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/m²
Tissu fibre de verre : 570 g/m²

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 ³

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	σ_{tx}	240	MPa
Tension strength – transverse	σ_{ty}	50	MPa
Flexural strength – axial	σ_{fx}	240	MPa

Flexural strength – transverse	σ_{fy}	100	MPa
Compression strength – axial	σ_{cx}	240	MPa
Pin-bearing strength – axial	σ_{bx}	150	MPa
Pin-bearing strength – transverse	σ_{by}	70	MPa
In plane shear modulus	G_{xy}	3	GPa
Interlaminar shear strength	ILSS	25	MPa
Poisson's ratio – axial	ν_{xy}	0.3	
Density	ρ	1800	kg/m ³
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)

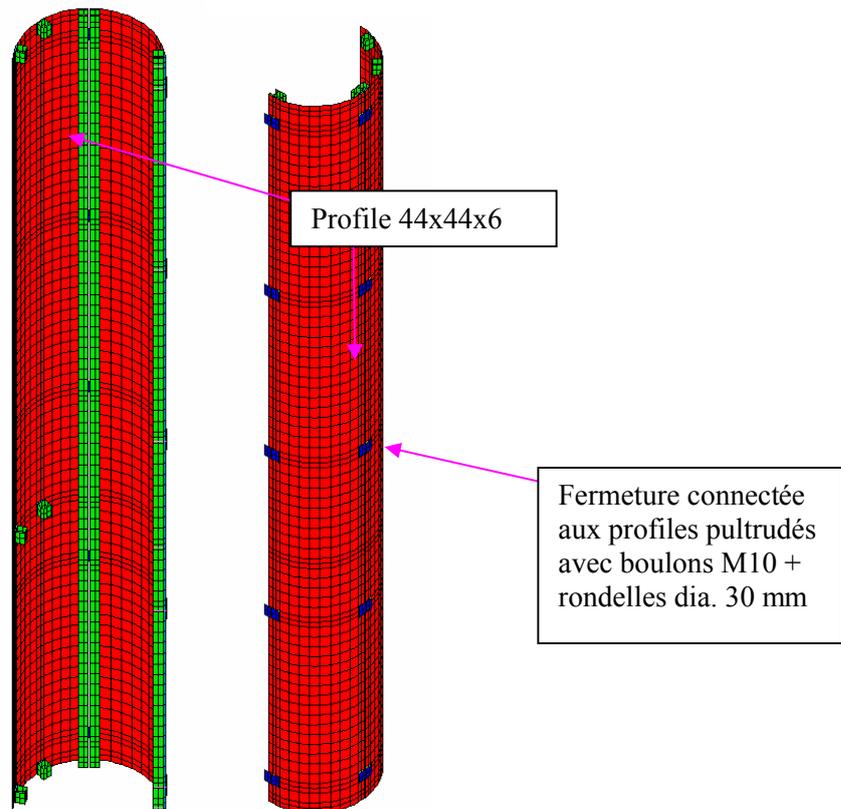
$$\gamma_m = \gamma_{m,1} \cdot \gamma_{m,2} \cdot \gamma_{m,3} = 1.15 \cdot 1.1 \cdot 1.2 = 1.5$$

3.1.4. Profile en acier

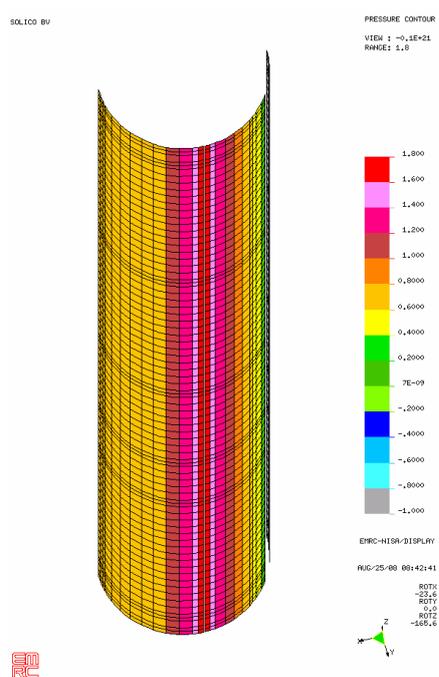
Tous les profiles en acier sont au moins S235JRG2.

4. Calculs de vérification

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



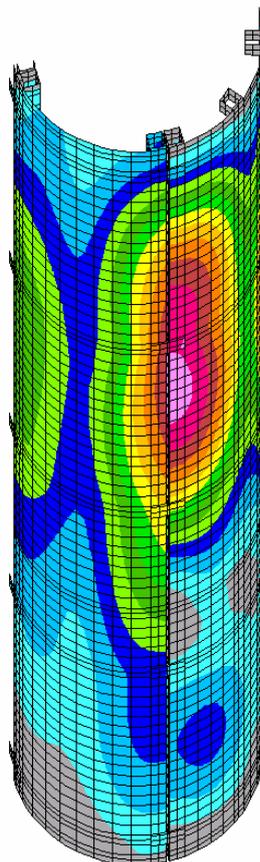
La distribution de la pression sur le panneau (inclusif $\gamma_Q = 1.50$) en kN/m^2



4.1. Déformation

La figure suivante donne la déformation radiale [mm] .

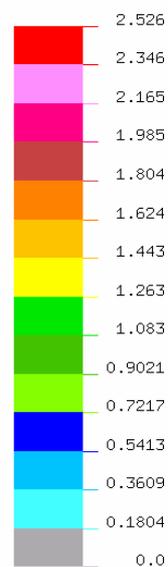
SOLICO BV



RESULTANT DISPL.

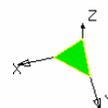
VIEW : 0.0

RANGE: 2.525954



EMRC-NISA/DISPLAY

AUG/25/08 08:45:28

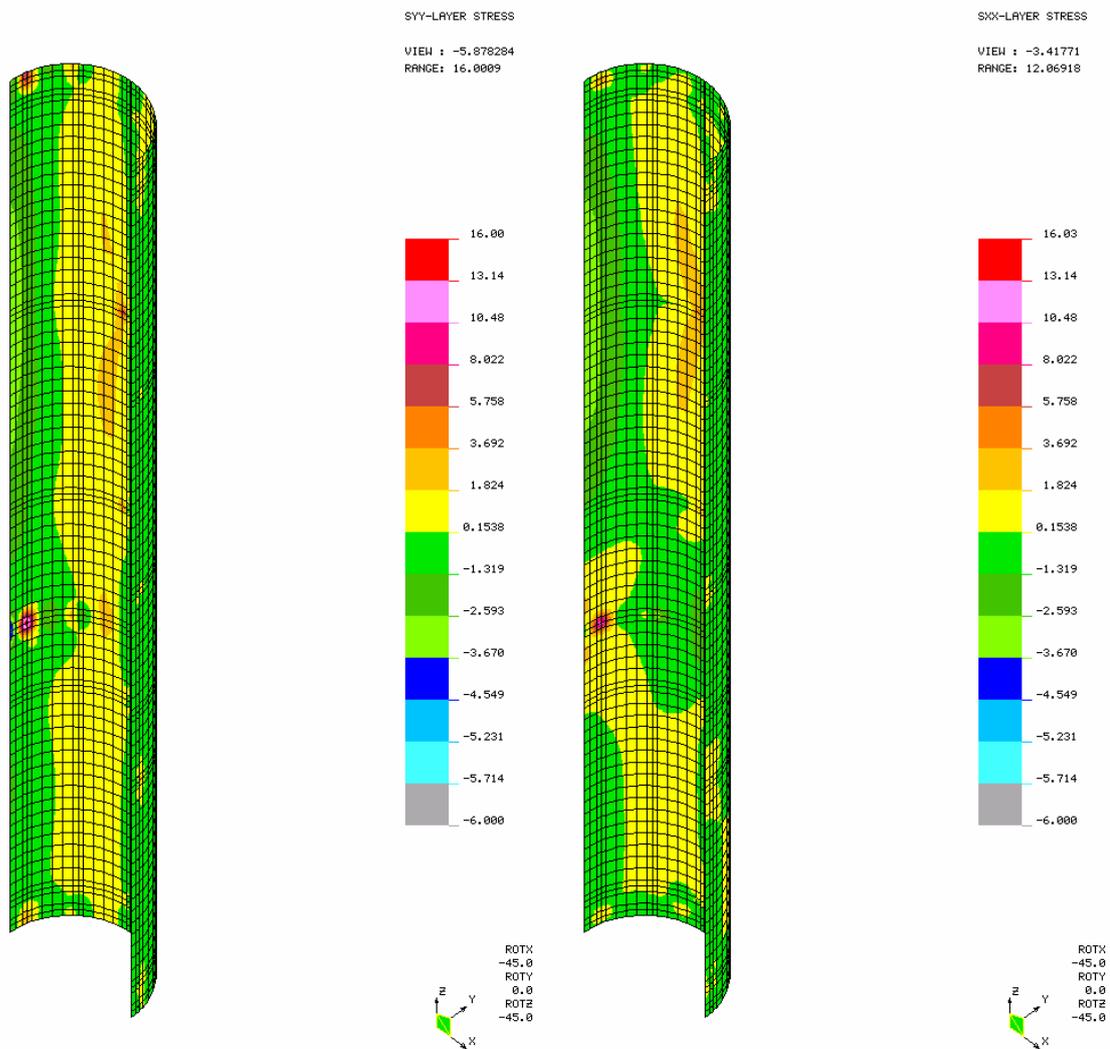


ROTX
-23.6
ROTY
0.0
ROTZ
-165.6



4.2. Résistance des panneaux

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

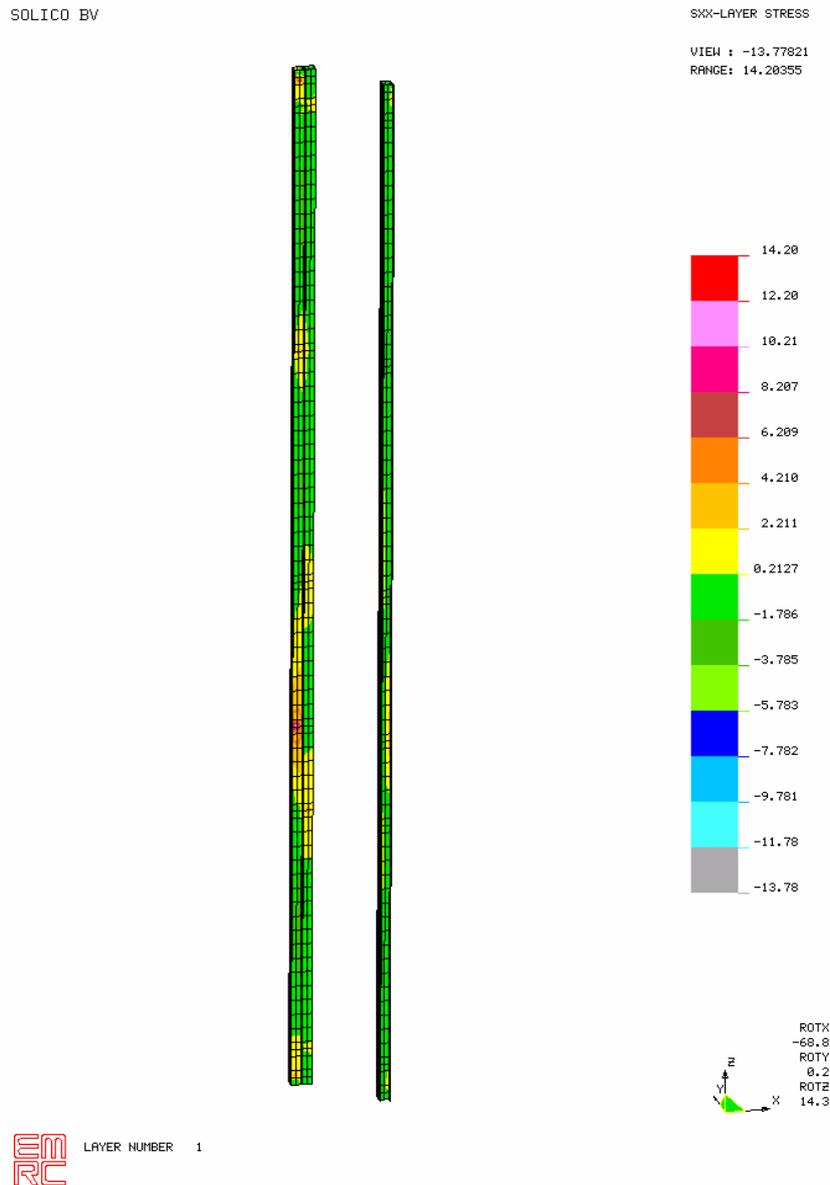


La contrainte maximale est 16 MPa.

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

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

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