

Affaire 04.442

**Scène ATG 18mx12m sur base « scène » ULMA
Bâches de couverture**

- SIDE UP -

**NOTE DE CALCULS
n° 02 A**

Cette note est un complément de la note 01A.

5 rue Marceau
34000 Montpellier
France
tel 04 67 58 93 03
fax 04 67 92 07 43
bet.abaca@
wanadoo.fr

S.A.R.L.
au capital de
7622.45 €
R.C. Montpellier
422 734 764 00026
APE 742C

A	31-05-05	MB	Configuration bâches de couverture	NP	31-05-05
indice	date	auteur	modification	vérifié	date
AbACA			Scène ATG 18mx12m – Bâches de couverture SIDE UP		

I.	PRELIMINAIRE	3
I.1	OBJET	3
I.2	DOCUMENTS DE REFERENCE UTILISES.....	3
II.	DESCRIPTION DU SYSTEME DE BACHES.....	3
II.1	BACHE DE TOIT	3
II.2	BACHES LATERALES.....	3
II.3	BACHE DE FOND.....	3
III.	HYPOTHESES DE CHARGEMENT.....	4
III.1	PRESSIONS DYNAMIQUES	4
III.2	COEFFICIENTS DE PRESSION SELON REGLEMENT NV65.....	4
III.2.1	<i>Bâche de toit</i>	4
III.2.2	<i>Bâches latérales et de fond.....</i>	4
III.3	DESCENTES DE CHARGE DE LA BACHE DE TOIT	4
III.3.1	<i>Principe</i>	4
III.3.2	<i>Descente de charge unitaire</i>	5
III.4	DESCENTES DE CHARGE DES BACHES LATERALES	5
III.5	DESCENTES DE CHARGE DE LA BACHE DE FOND	5
IV.	ANALYSE DE L'OSSATURE DE LA SCENE.....	6
IV.1	CHARGEMENTS RETENUS	6
IV.2	COMBINAISONS REGLEMENTAIRES RETENUES	6
IV.3	VERIFICATION COHERENCE DES CHARGEMENTS	7
IV.4	REMARQUE SUR LE LESTAGE	8
IV.5	VERIFICATION GLOBALE DE LA STRUCTURE.....	8
IV.6	VERIFICATION PONTS CARRE 500 ALUMINIUM.....	8
IV.6.1	<i>Vérification membrures Ø50x5.....</i>	8
IV.6.2	<i>Vérification entretoises Ø30x3.....</i>	9
IV.6.3	<i>Vérification assemblage Ø25</i>	9
IV.7	VERIFICATION TOUR CARREE 500 ALUMINIUM.....	9
IV.7.1	<i>Vérification membrures Ø60x5.....</i>	9
IV.7.2	<i>Vérification entretoises Ø30x3</i>	10
IV.7.3	<i>Vérification assemblage Ø25</i>	10
IV.8	CROIX DE ST ANDRE	10
IV.9	DEPLACEMENTS MAXIMAUX	10
IV.10	STRUCTURE DE SCENE BRIO ULMA.....	11
IV.10.1	<i>Exploitation sans bâches</i>	11
IV.10.2	<i>Exploitation avec bâche de fond.....</i>	11
V.	ANNEXES.....	12
V.1	VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE Ø25	12
V.2	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT	13
V.3	DESCENTE DE CHARGES DES BACHES LATERALES	14
V.3.1	<i>Vent à 80km/h – C=0.7.....</i>	14
V.3.2	<i>Vent à 50km/h – C=0.7.....</i>	15
V.4	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE FOND	16
V.5	VUE 3D.....	17
Vue - Cas # 15.....	17
V.6	VUE - CAS # 16	18
V.7	VUE - CAS # 17	18
V.8	VUE - CAS # 18.....	19
V.9	VUE - CAS # 19.....	19
V.10	VUE - CAS # 20.....	20
V.11	VUE - CAS # 21	20
V.12	VUE - CAS # 22.....	21
V.13	VUE - CAS # 23.....	21
V.14	VUE - CAS # 24.....	22
V.15	VUE - CAS # 25.....	22

I. Préliminaire

I.1 Objet

La présente note 02A constitue un complément du rapport d'étude 01A de la scène ATG ayant 18x12m de plateau et deux ailes de son latérales de 3x4m, analysée sous différentes configurations avec bâches d'étanchéité.

Nous invitons le lecteur à se reporter à la note 01A dans laquelle sont détaillées les hypothèses de chargement propre à la structure aluminium. Seules sont présentées dans ce complément, les hypothèses relatives aux bâches d'étanchéités.

Une scène sur base échafaudage ULMA modèle Brio est mise en oeuvre ; elle sert par ailleurs d'encastrement aux pieds de tours. Une couverture en toile PVC est mise en place au-dessus de la structure de toiture ; 2 bâches latérales et une bâche de fond rendent la structure « waterproof » jusqu'à un vent de 50 km/h ; au-delà la bâche de fond est affalée.

On justifie de la bonne résistance de la structure, sous chargement d'exploitation (2x2000 daN de son + 3x1300 daN de lights) et pour des vents variants de 50km/h à 100km/h suivant les différentes configurations adoptées :

On vérifie :

- la bonne résistance des éléments constitutifs :
 - les tours treillis carrés 500mm aluminium
 - les ponts treillis carrés 500 aluminium
- les descentes de charges aux appuis.

N.B. : la vérification des chariots ne fait pas l'objet de la présente étude.

Au vu des dimensionnements, relativement aux sections des ponts eux-mêmes, leur résistance ne pose a priori pas de problème particulier.

I.2 Documents de référence utilisés

Les documents de référence sont :

- les règlements AL76, CM66, CTS (Chapiteaux, Tentes et Structure), NV65 modifié 84.

II. Description du système de bâches

II.1 Bâche de toit

La couverture de la toiture est constituée d'une bâche PES/PVC assujettie en périphérie par laçage sandows sur les membrures supérieures des ponts. Un assujettissement à mi-portée est réalisé sur le pont médian afin de réduire la corde de moitié.

II.2 Bâches latérales

Les toiles latérales sont constituées d'une bâche PES/PVC en plusieurs parties ré-assemblées par bande Velcro, interrompues à une hauteur de 3m au dessus de la scène. Elles sont assujetties en partie supérieure par laçage sandows sur une membrure inférieure des ponts de 500 ; et en partie inférieure par strappage aux d'angles sur les tours aluminium.

Elles sont affalées au delà de 80m/h.

II.3 Bâche de fond

La toile de fond est constituée d'une bâche PES/PVC en plusieurs parties ré-assemblées par bande Velcro, sur toute la hauteur d'ouverture de scène. Elle est assujettie en partie supérieure par laçage sandows sur une membrure inférieure d'un pont triangulaire 500 alu riggé par trois moteurs au pont carré 500 ; et en partie inférieure par strappage sur la scène.

Elle est affalée au delà de 50m/h.

III. Hypothèses de chargement

Voir Note 01A pour informations supplémentaires.

III.1 Pressions dynamiques

3 valeurs de pression dynamiques sont envisagées selon les configurations :

- 100 km/h = 47 daN/m²
- 80 km/h = 30 daN/m²
- 50 km/h = 11.83 daN/m²

III.2 Coefficients de pression selon règlement NV65

On étudie 2 incidences de vent pour 3 configurations de chargement :

- vent 100km/h
 - absence d'équipement
 - bâche de toiture
- vent 80km/h
 - absence d'équipement
 - bâche de toiture
 - bâches latérales
- vent 50km/h
 - équipements son + lumière
 - bâche de toiture
 - bâches latérales
 - bâche de fond

Ces configurations imposent des coefficients de pression différents sur les mêmes éléments de structure que nous présentons ci-après en respectant les prescriptions du NV65.

III.2.1 Bâche de toit

- Configuration 100 km/h et 80 km/h

Pour le vent latéral « Cour-Jardin », comme pour le vent avant ou arrière « sens Face-Lointain », on considère les coefficients de pression pour toiture isolée avec incidence 0° soit :

Coef = ± 0.7 du bord d'attaque à 0 au bord de fuite.

En se plaçant en cas défavorable, le coefficient est pris en soulèvement soit de -0.7 à 0 conformément au schéma ci contre.



Pour se placer en sécurité, on adopte un coefficient maximum uniforme sur toute la membrane de -0.4.



- Configuration 50 km/h

Construction ouverte comportant une paroi ouverte avec

les autres parois à perméabilité supérieure $\mu = 35\%$ (interpolation linéaire des cas aux bornes) => Ct = 1

III.2.2 Bâches latérales et de fond

- Configuration 80 km/h et 50 km/h

Ces bâches assurent à la structure une perméabilité supérieure à 35%

⇒ Coefficient de vent : 0.7

III.3 Descentes de charge de la bâche de toit

III.3.1 Principe

Du fait de la non linéarité de la réponse des membranes, en toute rigueur, il conviendrait de calculer les descentes de charges pour chaque vitesse de vent.

En guise de simplification, on étudie le comportement non linéaire de la bâche de toit à 80km/h de vent pour en faire un cas de charge unitaire ; les efforts sous 50, 80 et 100 km/h en sont alors déduit linéairement par un simple coefficient multiplicateur : 50 km/h : x 11.83 – 80km/h : x 30 – 100 km/h : x 47

Cette simplification est licite puisque l'erreur commise est favorable de 24% pour 50km/h qui n'est pas un cas dimensionnant et défavorable de 14% pour 100 km/h qui est un cas dimensionnant.

III.3.2 Descente de charge unitaire

Nous adoptons la méthode itérative des bandes indépendantes au second ordre pour calculer des efforts transmis par ces toiles sur l'ossature (voir en annexes). Nous calculons les efforts de toile dans la petite dimension (6m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires :

- ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500
 - Tension = 347 daN/ml
 - Composante horizontale = 335 daN/ml
 - Composante verticale = 90 daN/ml
 - Chargement placé en charge répartie sur la membrure supérieure

- ⇒ Cas de charge unitaire suivant correspondant à 1 daN/m²

$$\text{Composante horizontale} = 335 / 30 = 11.16 \text{ daN/ml}$$

$$\text{Composante verticale} = 90 / 30 = 3 \text{ daN/ml}$$

La charge globale de composante verticale doit être appliquée sur toutes les membrures supérieures des ponts pour donner :

$$\text{Composante verticale} = 3 \times 16 \times 2 / [(12 + 16) \times 2] = 1.71 \text{ daN/m}$$

III.4 Descentes de charge des bâches latérales

Nous adoptons la méthode itérative des bandes indépendantes au second ordre pour calculer des efforts transmis par ces toiles sur l'ossature (voir en annexes). Nous calculons les efforts de toile dans la petite dimension (5m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires :

- Vent à 80km/h
- ⇒ Tension appliquée en charge répartie sur les membrures inférieures des ponts 500
 - Tension = 241daN/ml
 - Composante horizontale = 53 daN/ml
 - Composante verticale = 236 daN/ml
- ⇒ Tension appliquée en charges ponctuelle sur zone d'attache en partie basse des tours 500
 - Tension = 241daN/ml
 - Composante horizontale = 53 daN/ml x 12 / 2 = 318daN
 - Composante verticale = 236 daN/ml x 12 / 2 = 1416daN
- Vent à 50km/h
- ⇒ Tension appliquée en charge répartie sur les membrures inférieures des ponts 500
 - Tension = 129daN/ml
 - Composante horizontale = 21 daN/ml
 - Composante verticale = 128 daN/ml
- ⇒ Tension appliquée en charges ponctuelle sur zone d'attache en partie basse des tours 500
 - Tension = 129daN/ml
 - Composante horizontale = 21 daN/ml x 12 / 2 = 126daN
 - Composante verticale = 128 daN/ml x 12 / 2 = 768daN

III.5 Descentes de charge de la bâche de fond

Nous adoptons la méthode itérative des bandes indépendantes au second ordre pour calculer des efforts transmis par ces toiles sur l'ossature (voir en annexes). Nous calculons les efforts de toile dans la petite dimension (8.5m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires :

- Vent à 50km/h
- Tension appliquée en charge répartie sur la membrure inférieure du pont triangulaire 500
 - Tension = 185daN/ml
 - Composante horizontale = 35 daN/ml
 - Composante verticale = 181 daN/ml

- ⇒ Tension appliquée en 3x2 charges ponctuelle sur les membrures inférieures du pont 500 de fond :

Charge ponctuelle aux appuis :

$$\text{Composante horizontale} = 0.375 \times 35 \text{ daN/ml} \times 16 / 2 / 2(\text{membrures}) = 52.5\text{daN}$$

$$\text{Composante verticale} = 0.375 \times 181 \times 16 / 2 / 2(\text{membrures}) = 271.5 \text{ daN}$$

Charge ponctuelle au centre :

Composante horizontale = $1.25 \times 35 \text{ daN/ml} \times 16 / 2 / 2 (\text{membrures}) = 175 \text{ daN}$

Composante verticale = $1.25 \times 181 \times 16 / 2 / 2 (\text{membrures}) = 905 \text{ daN}$

⇒ Tension appliquée en charge répartie sur zone d'attache en partie basse sur scène

Tension = 185 daN/ml

Composante horizontale = 35 daN/ml

Composante verticale = 181 daN/ml

IV. Analyse de l'ossature de la scène

IV.1 Chargements retenus

Les cas de charges sont les suivants :

Cas # 1 : Poids propre ossature non pondéré + charge CTBX de plancher

Cas # 2 : Poids de light $3 \times 1300 \text{ daN}$ non pondéré

Cas # 3 : Poids de son $2 \times 2000 \text{ daN}$ non pondéré

Cas # 4 : Traînée light face unitaire pondérée AL76

Cas # 5 : Traînée son face unitaire pondérée AL76

Cas # 6 : Traînée treillis face pondérée AL76

Cas # 7 : Traînée light latérale unitaire pondérée AL76

Cas # 8 : Traînée son latérale unitaire pondérée AL76

Cas # 9 : Traînée treillis latérale pondérée AL76

Cas # 15 : Toiture chargement unitaire $C=1$

Cas # 16 : Bâches latérales 80 km/h Vent face

Cas # 17 : Bâches latérales 80 km/h Vent latéral

Cas # 18 : Bâches latérales 50 km/h Vent face

Cas # 19 : Bâches latérales 50 km/h Vent latéral

Cas # 18 : Bâche fond 50 km/h Vent face

IV.2 Combinaisons réglementaires retenues

On retient 2 combinaisons de ces chargements :

Cas # 10 : Vent face CTS 100 km/h pondéré AL76

PP x 1.33 + Poids light x 1.7 + Poids son x 1.7 + traînée light x 47 + traînée son x 47 + traînée treillis

Cas # 11 : Vent latéral CTS 100 km/h pondéré AL76

PP x 1.33 + Poids light x 1.7 + Poids son x 1.7 + traînée light x 47 + traînée son x 47 + traînée treillis

Cas # 12 : Vent face CTS 100 km/h non pondéré

PP + Poids light + Poids son + traînée light x 27.65 + traînée son x 27.65 + traînée treillis x 0.59

Cas # 13 : Vent latéral CTS 100 km/h non pondéré

PP + Poids light + Poids son + traînée light x 27.65 + traînée son x 27.65 + traînée treillis x 0.59

Cas # 21 : Vent Face 100 km/h

PP + traînée treillis + Bâche de toit

Cas # 22 : Vent Face 80 km/h

PP + traînée treillis + Bâche de toit + Bâches latérales

Cas # 23 : Vent Latéral 80 km/h

PP + traînée treillis + Bâche de toit + Bâches latérales

Cas # 24 : Vent Face 50 km/h

PP + Son + Light + Bâche de toit + Bâches latérales + Bâche de fond

Cas # 25 : Vent Latéral 50 km/h -

PP + Son + Light + Bâche de toit + Bâches latérales + Bâche de fond

Cas # 26 : Vent Face 50 km/h - pondération

$1.33 \text{ PP} + 1.7 \text{ Son} + 1.7 \text{ Light} + \text{Bâche de toit} + \text{Bâches latérales} + \text{Bâche de fond}$

Cas # 27 : Vent Latéral 50 km/h - pondération

$1.33 \text{ PP} + 1.7 \text{ Son} + 1.7 \text{ Light} + \text{Bâche de toit} + \text{Bâches latérales} + \text{Bâche de fond}$

IV.3 Vérification cohérence des chargements

Les cumuls de descentes de charges sont les suivantes :

Cohérence des descentes de charges			
	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)
Cas 15	Toiture Charge unitaire C=1		
Somme totale	0	0	-152
Cas 16	Baches lat. 80km/h Vent Face		
Somme totale	0	0	0
Cas 17	Baches lat. 80km/h Vent Lat		
Somme totale	-2544	0	0
Cas 18	Baches lat. 50km/h Vent Face		
Somme totale	0	0	0
Cas 19	Baches lat. 50km/h Vent Lat		
Somme totale	-1008	0	0
Cas 20	Baches Fond 50km/h Vent Face		
Somme totale	0	-1120	0
Cas 21 (C)	Vent Face 100km/h		
Somme totale	-144	-2846	8378
Cas 22 (C)	Vent Face 80km/h		
Somme totale	-92	-1817	9414
Cas 23 (C)	Vent Latéral 80km/h		
Somme totale	-3981	0	9414
Cas 24 (C)	Vent Face 50km/h		
Somme totale	-66	-1120	17205
Cas 25 (C)	Vent Latéral 50km/h		
Somme totale	-1074	-1120	17205
Cas 26 (C)	Vent Face 50km/h - pondération		
Somme totale	-66	-1120	26345
Cas 27 (C)	Vent Latéral 50km/h - pondération		
Somme totale	-1074	-1120	26382

La cohérence des autres cas figure dans la note 01A.

Cas # 15 : Bâche de toit :

$$R_z = -152\text{daN}$$

$$= 1.7 \times ((12+16) \times 2 + 2 \times 16) = 160\text{daN}$$

⇒ OK

Cas # 16 : Bâches lat. 80km/h – Vent face

Somme des réactions nulle

⇒ Ok

Cas # 17 : Bâches lat. 80km/h – Vent lat.

$$R_x = -2544\text{daN}$$

$$= 53 \times 12 \times 2 + 4 \times 318 = 2544\text{daN}$$

⇒ OK

Cas # 18 : Bâches lat. 50km/h – Vent face

Somme des réactions nulle

⇒ Ok

Cas # 19 : Bâches lat. 50km/h – Vent lat.

$$R_x = -1008\text{daN}$$

$$= 21 \times 12 \times 2 + 4 \times 126 = 1008\text{daN}$$

⇒ OK
 Cas # 19 : Bâche de fond 50km/h – Vent Face
 $R_y = -1120\text{daN}$
 $= 52.5 \times 2 \times 2 + 175 \times 2 + 35 \times 16 = 1120\text{daN}$
 ⇒ OK

IV.4 Remarque sur le lestage

Le poids propre de la structure seule atteint 11 tonnes
 Le soulèvement max. sous le vent 50 km/h sans équipement représente 9.5 tonnes
 ⇒ pas de nécessité de lestage dès lors que la sous face de la scène ne permet pas le passage de l'air (jupe de scène)

IV.5 Vérification globale de la structure

La contrainte maximum dans l'ensemble des éléments de la structure et pour tous les cas de charge de combinaison apparaît dans l'élément 3861 pour le cas de vent latéral à 50km/h (hors chariots). La valeur de cette contrainte atteint localement 185 MPa dans la membrure en tête des tours carrées 500. Il n'y a donc pas de problème vis à vis de la contrainte admissible. Il reste à vérifier les instabilités.

Contraintes maximales dans la structure aluminium							
	S max (daN/m)	S min (daN/m)	S max(My) (daN/m)	S max(Mz) (daN/m)	S min(My) (daN/m)	S min(Mz) (daN/m)	Fx/Sx (daN/m)
MAX	18.44	15.97	9.6	11.2	0.00	0	17.06
Barre	2627	2627	691	652	3106	3106	2627
Noeud	1549	1550	269	252	1277	1277	1549
Cas	27 (C)	27 (C)	21 (C)	21 (C)	27 (C)	27 (C)	27 (C)
MIN	-15.24	-17.45	0	0	-9.60	-11.2	-16.04
Barre	2634	2634	2819	3995	691	652	2634
Noeud	1557	953	1465	1182	269	252	953
Cas	27 (C)	27 (C)	21 (C)	23 (C)	21 (C)	21 (C)	27 (C)

IV.6 Vérification ponts carré 500 aluminium

IV.6.1 Vérification membrures Ø50x5

L'analyse des efforts maximum dans les membrures des ponts donne :

Efforts max. membrures Ø50x5 mm						
	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daNm)	MY (daNm)	MZ (daNm)
MAX	8198	994	1037	13	44	75
Barre	3532	3701	3338	3675	3597	686
Noeud	253	594	234	315	285	267
Cas	27 (C)	21 (C)	26 (C)	21 (C)	27 (C)	21 (C)
MIN	-8127	-1125	-1102	-14	-52	-75
Barre	3527	3326	3675	3344	3675	686
Noeud	272	534	330	233	330	268
Cas	26 (C)	21 (C)	27 (C)	21 (C)	27 (C)	21 (C)

L'élément défavorable n°3537 dans le cas 26 est vérifié au flambement composé :

TUBE	Ø (mm)	ep (mm)	Matériau	E (daN/mm ²)	σel (daN/mm ²)	lf (m)	Elém. Crit.	Sécurité min
	50.0	5.0	ALU	6950	19	0.56	3537/256/26 (C)	1.00
Pour infos								
barre/noeud/cas	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daN.m)	MY (daN.m)	MZ (daN.m)	Mf (daN.m)	
3537/256/26 (C)	8005.8	89.8	-434.3	0	35	9	36.14	

⇒ Sécurité 1.00

IV.6.2 Vérification entretoises Ø30x3

L'analyse des efforts maximum dans les membrures des ponts donne :

Efforts max.entretoises Ø30x3 mm						
	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daNm)	MY (daNm)	MZ (daNm)
MAX	2229	44	38	1	10	15
Barre	1047	680	1053	623	640	681
Noeud	488	273	460	197	235	274
Cas	21 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)
MIN	-2928	-48	-38	-1	-10	-15
Barre	1147	1013	640	759	690	655
Noeud	567	479	238	297	271	246
Cas	21 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)	21 (C)

L'élément défavorable n°1148 dans le cas 21 est vérifié au flambement composé :

TUBE	Ø (mm)	ep (mm)	Matériau	E (daN/mm²)	σel (daN/mm²)	lf (m)	Elém. Crit.	Sécurité min
	30.0	3.0	ALU	6950	19	0.62	1148/580/21 (C)	1.08
Pour infos								
barre/noeud/cas	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daN.m)	MY (daN.m)	MZ (daN.m)	Mf (daN.m)	
1148/580/21 (C)	1668.2	-28.6	1.2	0	1	7	7.07	

⇒ Sécurité 1.08

IV.6.3 Vérification assemblage Ø25

Effort max. repris par manchon d'assemblage : $T_{lim} = 9000$ daN (voir annexe)

Traction max. dans membrure : $T_{max} = 8127$ daN

⇒ Sécurité supérieure à 1.10 en plus des coefficients réglementaires.

IV.7 Vérification tour carrée 500 aluminium

IV.7.1 Vérification membrures Ø60x5

L'analyse des efforts maximum dans les membrures des tours donne :

Efforts max. membrures Ø60x5 mm						
	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daNm)	MY (daNm)	MZ (daNm)
MAX	9927	839	534	4	90	86
Barre	3807	3995	3939	3110	3266	3988
Noeud	1599	1178	1008	1284	928	993
Cas	27 (C)	27 (C)	27 (C)	23 (C)	26 (C)	22 (C)
MIN	-7334	-908	-571	-6	-82	-78
Barre	3075	3106	3060	3988	3851	3851
Noeud	1501	1268	1505	993	964	964
Cas	26 (C)	23 (C)	26 (C)	27 (C)	27 (C)	26 (C)

L'élément défavorable n°3807 dans le cas 27 est vérifié au flambement composé :

TUBE	Ø (mm)	ep (mm)	Matériau	E (daN/mm²)	σel (daN/mm²)	lf (m)	Elém. Crit.	Sécurité min
	60.0	5.0	ALU	6950	19	0.70	3807/1599/27 (C)	1.06
Pour infos								
barre/noeud/cas	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daN.m)	MY (daN.m)	MZ (daN.m)	Mf (daN.m)	
3807/1599/27 (C)	9926.8	62.6	269.1	1	42	3	42.11	

⇒ Sécurité 1.06

IV.7.2 Vérification entretoises Ø30x3

L'analyse des efforts maximum dans les entretoises des tours donne :

Efforts max.entretoises Ø30x3 mm						
	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daNm)	MY (daNm)	MZ (daNm)
MAX	1593	24	468	2	6	4
Barre	2569	833	3760	859	3760	658
Noeud	1508	1678	1663	1666	1666	1294
Cas	22 (C)	22 (C)	21 (C)	27 (C)	21 (C)	21 (C)
MIN	-1882	-368	-277	-1	-6	-4
Barre	2639	658	2944	2640	3760	2610
Noeud	994	1644	1649	1559	1663	965
Cas	22 (C)	21 (C)	22 (C)	27 (C)	21 (C)	21 (C)

L'élément défavorable n°2569 dans le cas 22 est vérifié au flambement composé :

TUBE	Ø (mm)	ep (mm)	Matériau	E (daN/mm ²)	σel (daN/mm ²)	lf (m)	Elém. Crit.	Sécurité min
	30.0	3.0	ALU	6950	19	0.65	2569/1508/22 (C)	1.90
Pour infos								
barre/noeud/cas	FX (daN)	FY (daN)	FZ (daN)	MX (daN.m)	MY (daN.m)	MZ (daN.m)	Mf (daN.m)	
2569/1508/22 (C)	1592.7	4.3	-2.5	0	-1	-1		1.41

⇒ Sécurité 1.90

IV.7.3 Vérification assemblage Ø25

Effort max. repris par manchon d'assemblage : $T_{lim} = 9000$ daN (voir annexe)

Traction max. dans membrure : $T_{max} = 7334$ daN

⇒ sécurité supérieure à 1.22 en plus des coefficients réglementaires

IV.8 Croix de St André

Des croix de St André sont prévues sur les deux cotés latéraux et sur le fond de la scène.

Un effort maximum de 960daN est relevé pour le cas de charge 10. On dimensionne les câbles avec un coefficient 2 sur la charge de rupture => Câbles multitorons Ø6mm minimum

Nota : Pour le calcul numérique, une seule direction de croix de Saint André est adoptée pour éviter le travail en compression.

IV.9 Déplacements maximaux

Pour information, les déplacement maximaux sous chargement non pondéré sont présentés ci-dessous :

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)
MAX	46	102	41
Noeud	621	511	744
Cas	23 (C)	21 (C)	21 (C)
MIN	-13	-41	-113
Noeud	1428	273	253
Cas	24 (C)	23 (C)	24 (C)

IV.10 Structure de scène BRIO Ulma

IV.10.1 Exploitation sans bâches

La scène Brio de Ulma est une scène déjà justifiée par le fournisseur pour une charge de 600 daN/m². Par suite nous ne justifions pas la scène proprement dite sous les charges d'exploitation.

Par ailleurs, leur prise en compte est toujours favorable en ce qui concerne les efforts de soulèvement ; pour se placer en sécurité, elles ne sont pas prises en compte.

IV.10.2 Exploitation avec bâche de fond

Dans la configuration présentant la mise en place d'une bâche de fond, nous prescrivons la mise en place de crois de Saint André sur la file de fond afin de stabiliser la structure sous la reprise des efforts de traction de la toile.

Marine Bagnéris
Ingénieur Maître
Chargée d'études

V. Annexes

V.1 Vérification de l'assemblage Ø25

Données	
Effort axial F	9000 daN
Ø axe préconisé	25 mm
Ep gousset préconisé	21 mm
Pince longitudinale P préconisé	15 mm
Coef de pression diamétrale	2
Simple ou double cisaillement	2 1 ou 2
Qualité acier du gousset σ_g	22,00 daN/mm ²
Qualité acier axe σ_a	23,50 daN/mm ²

Vérifications	
Vérification Ø de l'axe	1,66 > 1 => OK
Vérification épaisseur gousset	2,57 > 1 => OK
Vérification pince longitudinale	1,00 > 1 => OK

V.2 Descente de charges de la bâche de toit

Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	30 000 daN/ml
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 145 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	30 daN/m²
Corde	6.000 m
Flèche	0.001 m
Rayon de courbure	4500.001 m
Angle	0.08 degrés
Longueur géométrique	6.000 m

Calcul	
Flèche sous charge	0.3959 m
Rayon de courbure sous charge	11.564 m
Angle sous charge	30.07 degrés
Longueur sous charge	6.069 m
Tension sous charge	347 daN/ml
Allongement sous charge	0.069 m
Erreur sur longueur	0.0 mm

Résultats	Nb itérations	10
Tension		347 daN/ml
Sécurité		3.30 en plus du coefficient 5
Décomposition sur la corde		335 daN/ml
Décomposition normal à la cord		90 daN/ml
Déplacement max sous charge		395 mm

V.3 Descente de charges des bâches latérales

V.3.1 Vent à 80km/h – C=0.7

Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	30 000 daN/ml
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 145 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	21 daN/m²
Corde	5.000 m
Flèche	0.001 m
Rayon de courbure	3125.001 m
Angle	0.09 degrés
Longueur géométrique	5.000 m

Calcul	
Flèche sous charge	0.2751 m
Rayon de courbure sous charge	11.497 m
Angle sous charge	25.12 degrés
Longueur sous charge	5.040 m
Tension sous charge	241 daN/ml
Allongement sous charge	0.040 m
Erreur sur longueur	0.0 mm

Résultats	Nb itérations	19
Tension		241 daN/ml
Sécurité		4.74 en plus du coefficient 5
Décomposition sur la corde		236 daN/ml
Décomposition normal à la cord		53 daN/ml
Déplacement max sous charge		274 mm

V.3.2 Vent à 50km/h – C=0.7

Données "Matériau"

Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	30 000 daN/ml
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 145 daN/ml

Données initiales

Charge radiale	8.28 daN/m²
Corde	5.000 m
Flèche	0.001 m
Rayon de courbure	3125.001 m
Angle	0.09 degrés
Longueur géométrique	5.000 m

Calcul

Flèche sous charge	0.2013 m
Rayon de courbure sous charge	15.625 m
Angle sous charge	18.41 degrés
Longueur sous charge	5.022 m
Tension sous charge	129 daN/ml
Allongement sous charge	0.022 m
Erreur sur longueur	0.0 mm

Résultats	Nb itérations	12
Tension		129 daN/ml
Sécurité		8.85 en plus du coefficient 5
Décomposition sur la corde		128 daN/ml
Décomposition normal à la cord		21 daN/ml
Déplacement max sous charge		200 mm

V.4 Descente de charges de la bâche de fond

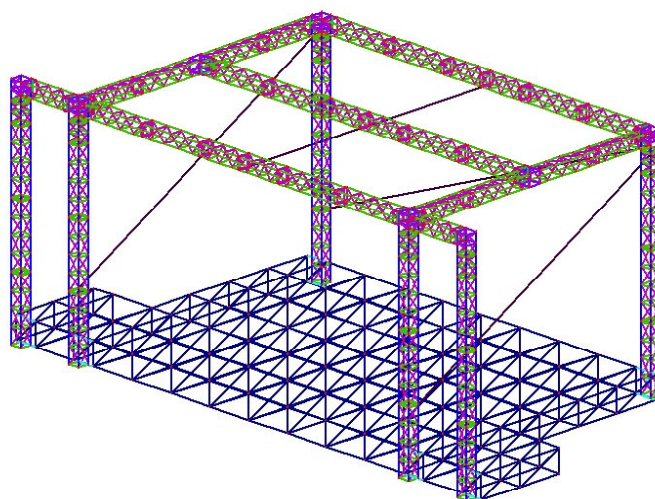
Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	30 000 daN/ml
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 145 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	8.28 daN/m²
Corde	8.500 m
Flèche	0.001 m
Rayon de courbure	9031.251 m
Angle	0.05 degrés
Longueur géométrique	8.500 m

Calcul	
Flèche sous charge	0.4088 m
Rayon de courbure sous charge	22.296 m
Angle sous charge	21.98 degrés
Longueur sous charge	8.552 m
Tension sous charge	185 daN/ml
Allongement sous charge	0.052 m
Erreur sur longueur	0.0 mm

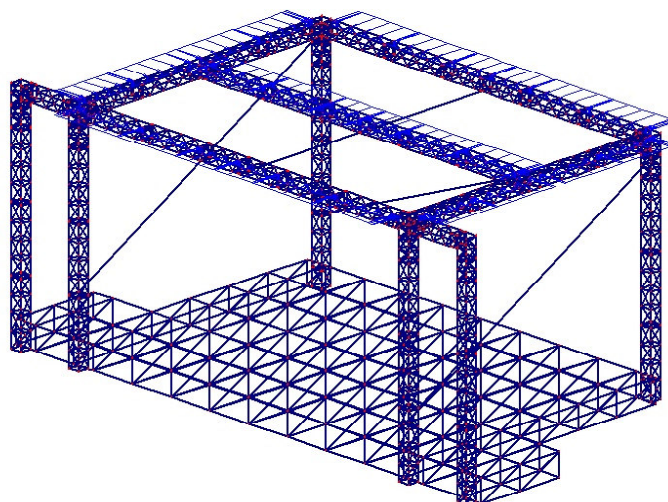
Résultats	Nb itérations	15
Tension		185 daN/ml
Sécurité		6.20 en plus du coefficient 5
Décomposition sur la corde		181 daN/ml
Décomposition normal à la cord		35 daN/ml
Déplacement max sous charge		408 mm

V.5 Vue 3D



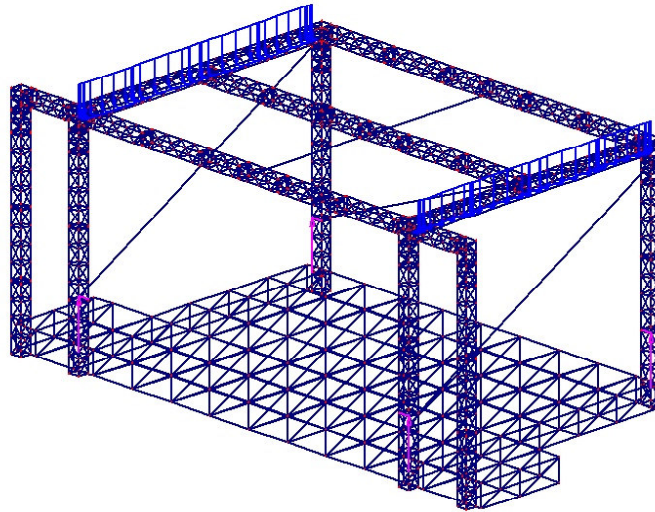
- TCAR 110x110x5
- TCAR 30x2.5
- TCAR 60x4
- TRON 30x3
- TRON 40x2.9
- TRON 50x5
- TRON 60x5
- rond_6

Vue - Cas # 15



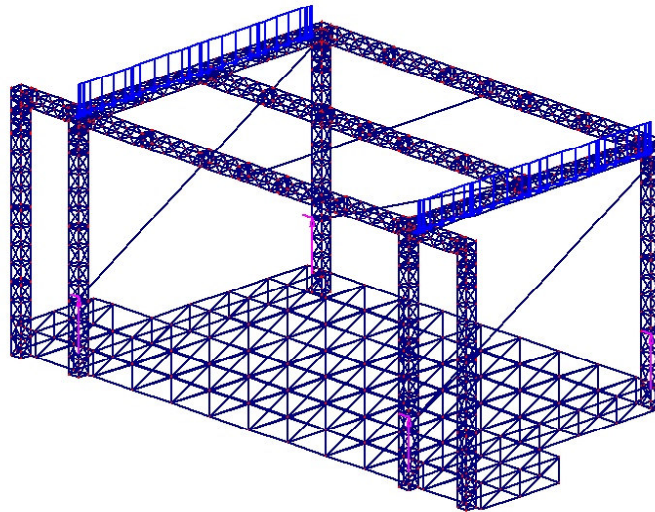
Cas : 15 (Toiture Charge unitaire C=1)
daN/m

V.6 Vue - Cas # 16



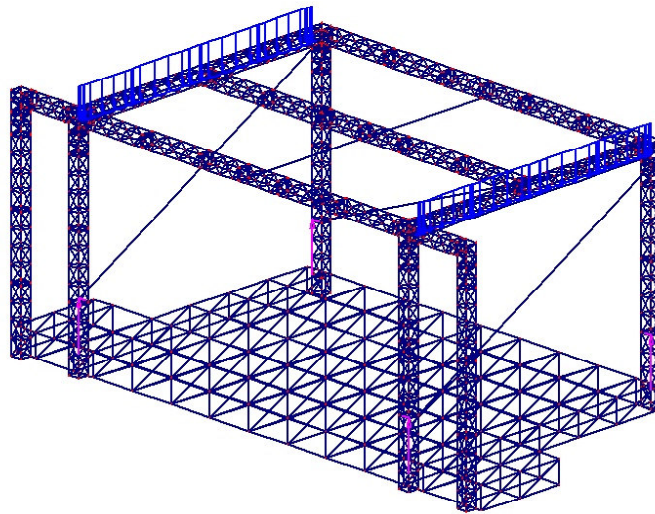
Cas : 16 (Baches lat. 80km/h Vent Face)
daN/m
daN

V.7 Vue - Cas # 17



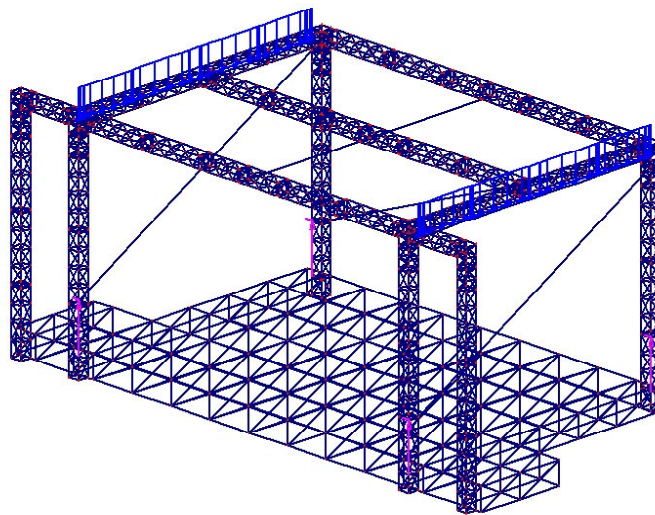
Cas : 17 (Baches lat. 80km/h Vent Lat)
daN/m
daN

V.8 Vue - Cas # 18



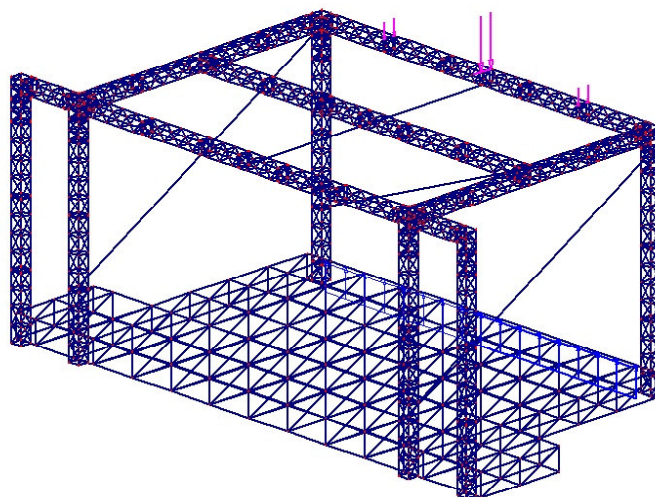
Cas : 18 (Baches lat. 50km/h Vent Face)
daN/m
daN

V.9 Vue - Cas # 19



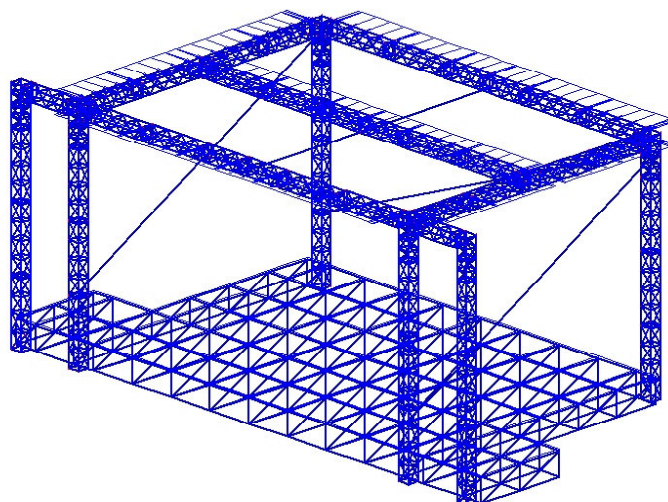
Cas : 19 (Baches lat. 50km/h Vent Lat)
daN/m
daN

V.10 Vue - Cas # 20



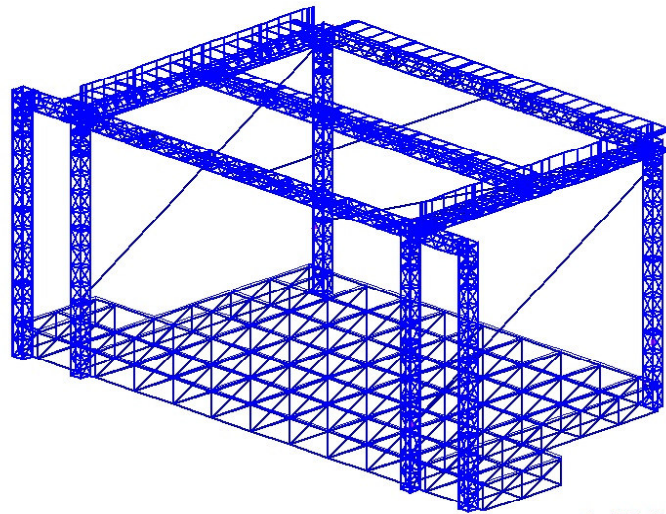
Cas : 20 (Baches Fond 50km/h Vent Face)
daN/m
daN

V.11 Vue - Cas # 21



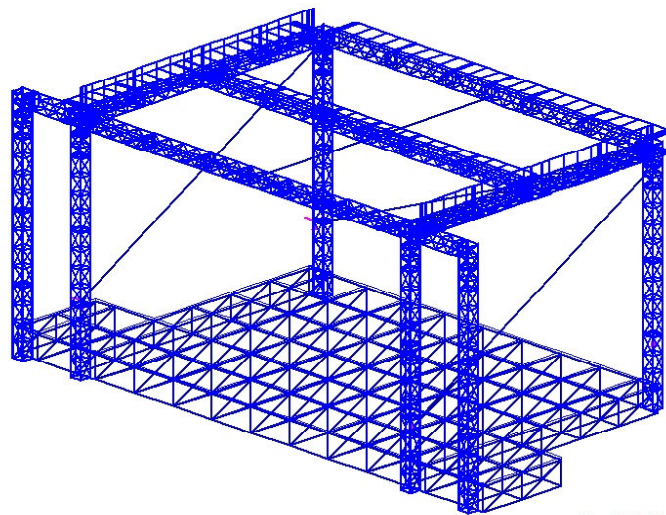
Cas : 21 (Vent Face 100km/h PP+Treillis+toiture)
-PZ kG
daN/m

V.12 Vue - Cas # 22



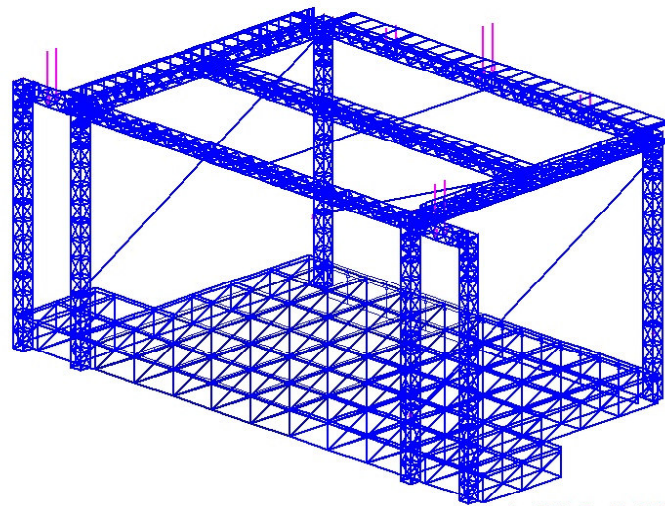
Cas : 22 (VentFace80km/h:PP+Ttreillis+Toiture+Blat)
-PZ kG
daN/m
daN

V.13 Vue - Cas # 23



Cas : 23 (VentLat.80km/h:PP+Ttreillis+Toiture+Blat)
-PZ kG
daN/m
daN

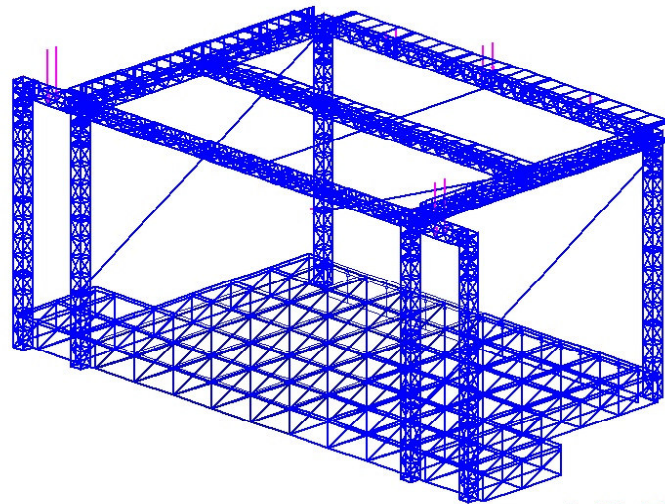
V.14 Vue - Cas # 24



Cas : 24 (Vent Face 50km/h: PP+Sons+Lights+Toiture+BLat+BFond)
-PZ kG
daN/m
daN



V.15 Vue - Cas # 25



Cas : 25 (Vent Lat 50km/h : PP+Sons+Lights+BLat+BFond)
-PZ kG
daN/m
daN

