

VII.8 Descente de charges des baches latérales

VII.8.1 Vent à 80km/h – Coef 0.7

Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	30 000 daN/m
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 400 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	34 daN/m ²
Corde	4,000 m
Flèche	0,001 m
Rayon de courbure	2000,001 m
Angle	0,11 degrés
Longueur géométrique	4,000 m

Calcul	
Flèche sous charge	0,2401 m
Rayon de courbure sous charge	8,450 m
Angle sous charge	27,38 degrés
Longueur sous charge	4,038 m
Tension sous charge	287 daN/ml
Allongement sous charge	0,038 m
Erreur sur longueur	0,0 mm

Résultats	Nb itérations	18
Tension	287 daN/ml	
Sécurité	4,87 en plus du coefficient 5	
Décomposition sur la corde	279 daN/ml	
Décomposition normal à la corde	68 daN/ml	
Déplacement max sous charge	239 mm	

VII.8.2 Vent à 50km/h – Coef 0.7

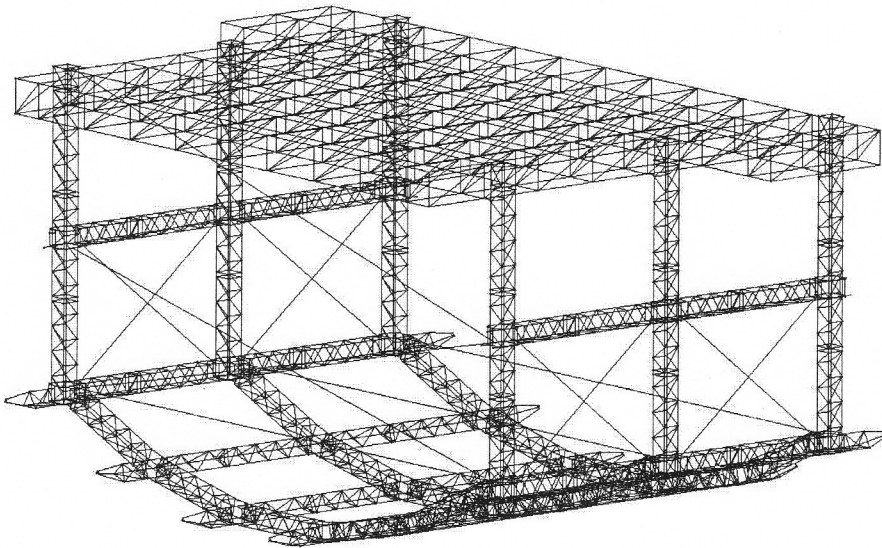
Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	30 000 daN/m
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 400 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	13,3 daN/m ²
Corde	4,000 m
Flèche	0,001 m
Rayon de courbure	2000,001 m
Angle	0,11 degrés
Longueur géométrique	4,000 m

Calcul	
Flèche sous charge	0,1752 m
Rayon de courbure sous charge	11,503 m
Angle sous charge	20,03 degrés
Longueur sous charge	4,020 m
Tension sous charge	153 daN/ml
Allongement sous charge	0,020 m
Erreur sur longueur	0,0 mm

Résultats	Nb itérations	16
Tension	153 daN/ml	
Sécurité	9,15 en plus du coefficient 5	
Décomposition sur la corde	151 daN/ml	
Décomposition normal à la corde	27 daN/ml	
Déplacement max sous charge	174 mm	

Scène ATG 18x14m - Bâches de couverture SIDE UP		C			
indice	date	auteur	modification	vérifié	date
A	11/07/08	CR	Première diffusion		
B	03/11/08	AD	Mise à jour Ø câbles et pré-tension, augmentation de la charge		



Scène ATG 18mx14m sur base « scène » ULMA
Bâches de couverture
- SIDE UP -
NOTE DE CALCULS
H/DC/J-01B
Affaire 08.265

ingénierie des structures spéciales

ABACA



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

1	PRELIMINAIRE	4
1.1	OBJET	4
1.2	DOCUMENTS DE REFERENCE UTILISES	4
2	DESCRIPTION DU SYSTEME	4
2.1	MATERIAUX	4
2.2	PONTS TREILLIS CARRE 500x500 ALUMINIUM	4
2.3	PONTS TREILLIS TRIANGULAIRE, COTE 500, ALUMINIUM	4
2.4	Tour 500x500 ALUMINIUM HAUTEUR 12.00 m	4
2.5	CHARIOT 500x500 ACIER	5
2.6	SCENE ULMA	5
2.7	BACHE DE TOIT	5
2.8	BACHES LATERALES	5
2.9	BACHE DE FOND	5
3	HYPOTHESES DE CHARGEMENT	5
3.1	CHARGE DE POIDS PROPRE	5
3.2	PRE-TENSION DES CABLES DE CONTREVENTEMENT	5
3.3	CHARGE D'EXPLOITATION	5
3.4	VITESSE DE VENT SELON CTS	6
3.5	COEFFICIENTS DE PRESSION SELON REGLEMENT NV65	6
3.6	COEFFICIENTS DE PRESSION SELON REGLEMENT NV65	6
3.7	TRAINÉE UNITAIRE DE SON SOUS VENT DE FACE	6
3.8	TRAINÉE UNITAIRE DE LIGHT SOUS VENT DE FACE	7
3.9	TRAINÉE UNITAIRE DE SON SOUS VENT LATÉRAL	7
3.10	TRAINÉE UNITAIRE DE LIGHT SOUS VENT LATÉRAL	7
3.11	TRAINÉE SUR PONTS ET TOURS TREILLIS SOUS UN VENT DE FACE A 100 KM/H	7
3.12	TRAINÉE SUR TOUR TREILLIS SOUS UN VENT LATÉRAL A 100KM/H	7
3.13	TRAINÉE SUR PONT TREILLIS CARRE SOUS UN VENT LATÉRAL A 100 KM/H	7
3.14	TRAINÉE SUR PONT TREILLIS TRIANGULAIRE SOUS UN VENT LATÉRAL A 100 KM/H	8
3.14.1	Bâche de toit	8
3.14.2	Bâches latérales et de fond	8
4	IV. DESCENTES DE CHARGE DES BACHES	9
4.1	BACHE DE TOIT	9
4.1.1	Principe	9
4.1.2	Descente de charge de référence vent de face (80km/h, 48.5daN/m ²)	9
4.1.3	Descente de charge de référence vent latéral (80km/h, 48.5daN/m ²)	9
4.1.4	Descente de charge de référence vent latéral (100km/h, 75daN/m ²)	10
4.2	DESCENTES DE CHARGE DES BACHES LATÉRALES	11
4.3	DESCENTES DE CHARGE DE LA BACHE DE FOND, 50KM/H COEFFICIENT 0,7	11
5	V. ANALYSE DE L'OSSATURE DE LA SCENE	12
5.1	CHARGEMENTS RETENUS	12
5.2	COMBINAISONS REGLIMENTAIRES RETENUES	12
5.3	VERIFICATION COHERENCE DES CHARGEMENTS	14
5.4	DESCENTES DE CHARGE GLOBALES DE LA STRUCTURE	15
5.5	CONDITION DE LESTAGE	15
5.6	VERIFICATION GLOBALE DE LA STRUCTURE	15
5.7	VERIFICATION PONTS CARRES 500 ALUMINIUM (DROITS ET SURBAISSES)	15
5.7.1	Verification membrures Ø50x5	15
5.7.2	Verification entretôises Ø30x3	16
5.7.3	Verification assemblage Ø25	16
5.8	VERIFICATION PONTS TRIANGULAIRES 500 ALUMINIUM	17
5.8.1	Verification membrures Ø50x5	17
5.8.2	Verification entretôises Ø30x3 (sauf poutre casquette)	17
5.8.3	Verification assemblage Ø25	18
5.8.4	Verification entretôises Ø30x3 poutre casquette	18
5.9	VERIFICATION TOUR CARREE 500 ALUMINIUM	19
5.9.1	Verification membrures Ø60x5	19
5.9.2	Verification entretôises Ø30x3	19
5.9.3	Verification assemblage Ø25	20

V.10	CROIX DE ST ANDRE ET SOUS-TENSION	20
V.11	STRUCTURE DE SCENE BRIO ULMA	20
VI.	CONCLUSIONS	20
VII.	ANNEXES	21
VII.1	VERIFICATION DE L'ASSEMBLAGE Ø25	21
VII.2	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT, 80KM/H VENT DE FACE	22
VII.3	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT, 80KM/H VENT LATERAL COEF 0.95	22
VII.4	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT, 80KM/H VENT LATERAL COEF 0.85	23
VII.5	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT, 100KM/H VENT LATERAL COEF 0.65	23
VII.6	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT, 100KM/H VENT LATERAL COEF 0.1	24
VII.7	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE TOIT, 100KM/H VENT LATERAL COEF 0.4	24
VII.8	DESCENTE DE CHARGES DES BACHES LATERALES	25
VII.8.1	Vent à 80km/h - Coef 0.7	25
VII.8.2	Vent à 50km/h - Coef 0.7	25
VII.9	DESCENTE DE CHARGES DE LA BACHE DE FOND, 50KM/H, COEF 0.7	26
VII.10	CONDITIONS D'APPUI	26

I. Préliminaire

I.1 Objet

La présente note constitue le rapport d'étude de la scène ATG ayant 18x14m de plateau analysée sous différentes configurations avec bâches d'étanchéité. Une scène sur base échafaudage Lima est mise en œuvre ; 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, et les bâches latérales sont affalées au-delà de 80km/h. On justifie de la bonne résistance de la structure, sous chargement d'exploitation (2x1000 daN de son + 3x1000 daN de light) et pour des vents variants de 50km/h à 100km/h suivant les différentes configurations adoptées. On vérifiera la résistance de la structure à deux fois la charge d'exploitation en plus de la sécurité imposée par AL76 (1.6) On vérifie :

- la bonne résistance des éléments constitutifs :
 - les tours treillis carrés 500mm aluminium
 - les ponts treillis carrés 500mm aluminium
 - les ponts treillis triangulaires 500mm 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

II.1 Matériaux

Tube de construction : Aluminium 6060 à limite élastique à 190 MPa = 19 daN/mm²
Tube de construction : Acier E24 à limite élastique à 235 MPa = 23.5 daN/mm²
Assemblage par système chape/tenon d'axe Ø25 : Aluminium 6061 usiné à limite élastique à 220 MPa = 22 daN/mm² avec axe Ø25 qualité S235 => charge de traction max. reprise : 7770 daN

II.2 Ponts treillis carré 500x500 aluminium

Ponts de face, intermédiaire, et de lointain d'ouverture 18m constitués de 5 modules de 3m.
Ponts côté jardin et cour d'ouverture 14m constitués de modules de 2m et 3m.
Sections : Membrane supérieure Ø50x5
Membres inférieurs Ø50x5
Entretoise verticale Ø30x3
Fermeture Ø30x3
Assemblage des modules par système chape/tenon axe Ø25.
Appuis : encastrement (modélisation de l'assemblage sur le carré de levage acier)

II.3 Ponts treillis triangulaire, côté 500, aluminium

Ponts intermédiaires entre jardin et cour, d'ouverture 14m constitués de modules de 2m et 3m.
Sections : Membrane supérieure Ø50x5
Membres inférieurs Ø50x5
Entretoise verticale Ø30x3
Fermeture Ø30x3
Assemblage des modules par système chape/tenon axe Ø25.
Appuis : encastrement (modélisation de l'assemblage sur le carré de levage acier)

II.4 Tour 500x500 aluminium hauteur 12.00m

Hauteur 11.00m en maille de 0.72m

Sections : Membres Ø60x5 Entretoises

Ø30x3 Fermeture Ø30x3

Assemblage des modules par système chape/tenon axe Ø25.

Appuis : articulations au sol (modélisation des pieds vérin)

II.5 Chariot 500x500 acier

Les chariots de 500mm de hauteur, situés en tête de tour, sont réalisés en tube acier 60x60x5mm. Ils assurent la reprise des efforts transmis par les ponts tout en assurant une manœuvre aisée.

Pour d'avantage de détails, nous invitons le lecteur à se reporter aux plans « constructeurs ».

II.6 Scène Uima

La scène de construction standard est réalisée en tube d'échafaudage traditionnels Ø48.3x2.9mm avec un équipement de plancher complet ; modules de 2x2m de hauteur 1m.

Nota : Toutes les faces verticales de la scène sont triangulées ; voir documentation constructeur.

II.7 Bâche de toit

La couverture de la toiture est constituée de 5 bâches PES/PVC assujetties en périphérie par lagage sandows sur les membrures supérieures des ponts. Un assujettissement à mi-portée est réalisé sur le pont médian afin de réduire la corde de moitie.

II.8 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 3,6m au dessus de la scène. Elles sont assujetties en partie supérieure par lagage sandows sur une membrure inférieure des ponts de 500 ; et en partie inférieure par strappage aux angles sur les tours aluminium. Elles sont affalées au delà de 80m/h.

II.9 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 lagage sandows sur une membrure inférieure du pont de lointain 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

III.1 Charge de poids propre

En outre du poids propre des charpentes, on prend en compte le poids propre des planchers de scène UIMA à 21,5 daN/m² (26 kg par plancher de 2 x 0,6m). Le chargement est appliqué en charge uniformément répartie sur l'ensemble des traverses horizontales supérieures de la scène soit 17,7 daN/ml.

III.2 Pré-tension des câbles de contreventement

Il est introduit dans le modèle de calcul des câbles correspondant à leur mise en pré-tension. Raccourcissement de 1cm pour les croix latérales. Raccourcissement de 3cm pour la croix de fond de scène. Raccourcissement de 3cm pour les câbles de sous-tension des arches.

III.3 Charge d'exploitation

LIGHTS : 3x1000 daN à répartir sur les ponts 500 aluminium de face, de lointain et intermédiaires, soit une charge de 55,6 daN/ml par pont. Cette charge est appliquée linéairement sur les membrures inférieures de chacun des ponts. SON : 2x 1000 daN en tout soit 1000 daN par aile de son. Le chargement est placé ponctuellement à l'extrémité des ponts de jardin et de cour.

NOTA : Le chargement d'exploitation de 600 daN/m² de la scène n'est pas pris en compte car la scène BRIO est déjà justifiée sous cette charge par le constructeur. Par ailleurs, vis à vis de la stabilité de la scène, on se place dans un cas défavorable en ne le prenant pas en compte.

III.4 Vitesse de vent selon CTS

Le règlement CTS « Chapiteaux Tentes et Structures » précise :

- Neige CTS : 4cm d'épaisseur = 10 daN/m² - Sans Objet
- Vent CTS : 100 km/h = 47 daN/m²

Cette charge de vent est pondérée par les coefficients réglementaires du matériau constitutifs de l'ossature (ici AL76 pour se placer en sécurité) :

- 100 km/h = 47 x 1.6 = 75 daN/m²

2 autres valeurs de pression dynamiques sont envisagées selon les configurations avec bâches :

- 80 km/h = 30 daN/m²
- 50 km/h = 11.75 daN/m²

III.5 Coefficients de pression selon règlement NV65

On étudie 2 incidences de vent, impliquant une variabilité des coefficients de pression :

- vent face 100km/h
- Son
- Light

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 :

- vent latéral 100km/h
- Son
- Light

III.6 Coefficients de pression selon règlement NV65

On étudie 2 incidences de vent face et latéral pour 3 configurations de chargement :

- vent 100km/h
- Configuration sans bâches :
- Son
- Light

- Configuration bâches :
- absence d'équipement
- bâche de toiture
- bâche de fond

- vent 80km/h
- Configuration sans bâches :
- Son
- Light

- Configuration bâches :
- 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.7 Trainée unitaire de son sous vent de face

On prend en compte une trainée des installations de son par vent de face :

III.13 Trainée sur pont treillis carré sous un vent latéral à 100 km/h

Pont treillis 500 : Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 De la même façon, on détermine : $C_t = 2,24 - 1,4 \phi = 1,77$
 De la même façon, on détermine : $\phi = 0,43$
 Décomposition sur une membrane pour 1 ml à 100 km/h de vent pondéré :
 $C_t = 1,6$
 $p = 1 / 4 \times 75 \times 1,6 \times 0,215 = 6,45 \text{ daN/m}$
 Chargement placé en charge répartie sur les 4 membrures soit 6,45 daN/ml
 \Rightarrow Trainée globale = $6 \times 4 \times 6,45 \times 9 = 1393 \text{ daN}$ pour 6 tours

III.12 Trainée sur tour treillis sous un vent latéral à 100 km/h

Pont treillis 500 : Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 De la même façon, on détermine : $\phi = 0,43$
 Décomposition sur une membrane pour 1 ml à 100 km/h de vent pondéré :
 $C_t = 2,24 - 1,4 \phi = 1,77$
 $\phi = 0,34$
 $S = 0,5$
 $Sp = 0,169$
 Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

III.11 Trainée sur ponts et tours treillis sous un vent de face à 100 km/h

ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

III.10 Trainée unitaire de light sous vent latéral

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

III.9 Trainée unitaire de son sous vent latéral

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

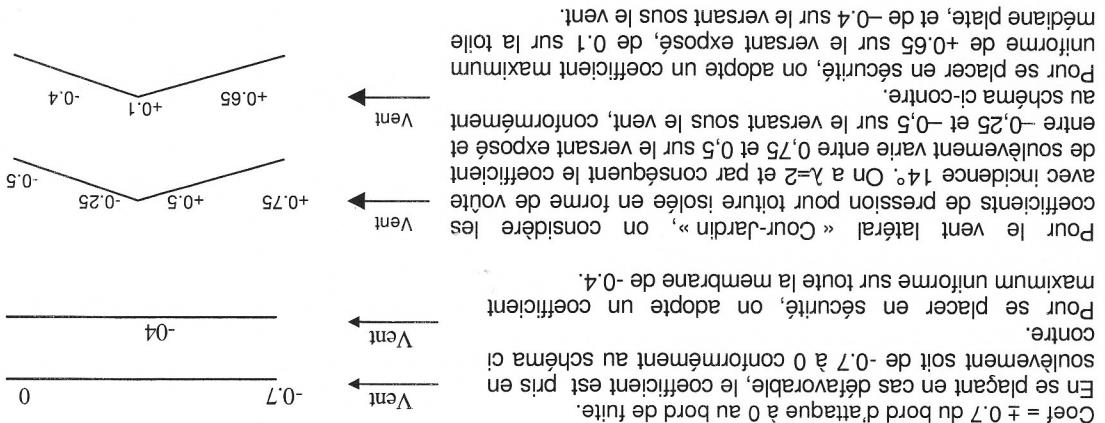
III.8 Trainée unitaire de light sous vent de face

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

Treillis carré avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
 ajoutées ou en treillis « » :
 Selon le règlement NV65, on adopte les coefficients suivants en utilisant les résultats des « Constructions

III.14.2 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 pour bâches : 0.7
- Configuration 80 km/h
On se trouve ici dans le cas d'une construction ouverte à deux parois ouvertes et éloignée du sol ($e=4m$). La géométrie de la scène donne $a=18m$, $b=14m$ et $h=10m$. Où $\lambda_a=0.55$ et $\lambda_b=0.7$, soit $ae/h^2=0.72$ et donc $\gamma_e=1$. On se réfère donc aux coefficients donnés pour le cas de vent à 50 km/h, à la différence près que la bâche de fond est affalée.
Pour se placer en sécurité, on prendra :
- vent latéral : un coefficient maximum de -0.95 sur la partie au vent (zone plate comprise) et de -0.85 sur la partie sous le vent
- vent de face : un coefficient maximum uniforme de -0.7 dans le cas de vent de face
- Configuration 50 km/h
Construction ouverte comportant une paroi ouverte et deux parois à perméabilité supérieure $\mu = 35\%$. La géométrie de la scène donne $\gamma_e=1$.
Pour le vent latéral, on est dans le cas d'une toiture en voute. Le coefficient de soulèvement extérieur varie donc de -0.6 à -0.77 sur le versant au vent, et de -0.77 à -0.3 sur le versant sous le vent. Par ailleurs, le coefficient intérieur est de $+0.3$. Pour se placer en sécurité, on adopte un coefficient maximum de -0.95 sur la partie au vent (zone plate comprise) et de -0.85 sur la partie sous le vent.
Dans le cas du vent de face, on se retrouve dans la configuration 100 km/h avec un coefficient extérieur variant de -0.7 à 0 . Le coefficient intérieur est dans ce cas de $+0.3$.
Pour se placer en sécurité, on adopte un coefficient maximum uniforme sur toute la membrane de -0.7 .



III.14.1 Bâche de toit

- Configuration 100 km/h
Pour le vent avant ou arrière « sens Face-Lointain », on considère les coefficients de pression pour toiture isolée avec incidence 0° soit :
 $Coef = \pm 0.7$ 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 .
- Figure 1 (à gauche) : Profil de toiture en voute. Coefficients intérieurs : $+0.75$, $+0.5$, -0.25 , -0.5 . Coefficients extérieurs : $+0.65$, $+0.1$, -0.4 .
- Figure 2 (à droite) : Profil de toiture en voute. Coefficients intérieurs : $+0.75$, $+0.5$, -0.25 , -0.5 . Coefficients extérieurs : $+0.65$, $+0.1$, -0.4 .
- Figure 3 (à gauche) : Profil de toiture plane. Coefficients intérieurs : -0.4 . Coefficients extérieurs : -0.7 .
- Figure 4 (à droite) : Profil de toiture plane. Coefficients intérieurs : -0.4 . Coefficients extérieurs : -0.7 .

- Configuration 100 km/h
Pour le vent avant ou arrière « sens Face-Lointain », on considère les coefficients de pression pour toiture isolée avec incidence 0° soit :
 $Coef = \pm 0.7$ 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 .

III.14 Trainée sur pont treillis triangulaire sous un vent latéral à 100 km/h

- Configuration 100 km/h
Pour le vent avant ou arrière « sens Face-Lointain », on considère les coefficients de pression pour toiture isolée avec incidence 0° soit :
 $Coef = \pm 0.7$ 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 .

Decomposition sur une membrane pour 1ml à 100km/h de vent pondéré :
 $p = 1/4 \times 75 \times 1.77 \times 0.169 = 5.6 \text{ daN/m}$
Chargement placé en charge répartie sur les 4 membrures soit 6daN/ml
⇒ Trainée globale = $4 \times 4 \times 5.6 \times 17 = 1523 \text{ daN}$ pour 4 ponts

Decomposition sur une membrane pour 1ml à 100km/h de vent pondéré :
 $p = 1/3 \times 75 \times 1.6 \times 0.27 = 10.8 \text{ daN/m}$
Chargement placé en charge répartie sur les 3 membrures soit 10.8 daN/ml
⇒ Trainée globale = $4 \times 3 \times 10.8 \times 13 = 1685 \text{ daN}$ pour 4 ponts

De la même façon, on détermine : $\phi = 0.53$
Pont treillis 500 : Treillis triangulaire avec tube de section $\varnothing 50 \times 5$ et $\varnothing 30 \times 3$
Ct = 1.6

IV. Descentes de charge des baches

IV.1 Bache de toit

IV.1.1 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.

Pour le vent de face, en guise de simplification, on étudie le comportement non linéaire de chaque partie de la bache de toit à 80km/h de vent, sans coefficient de pression mais avec coefficient de sécurité AL76 de 1,6. Pour en faire un cas de charge de référence ; les efforts sous 50km/h et 100km/h en sont alors déduits linéairement par un simple coefficient multiplicateur : 19/48,5 et 75/48,5. On applique ensuite le coefficient de pression ad hoc. Cette simplification est licite puisque l'erreur commise est favorable de 26% pour 50km/h et défavorable de 2%.

Pour le vent latéral, on applique la même méthode pour les vents 80km/h et 50km/h. La configuration à 100km/h en toiture isolée est calculée séparément.

IV.1.2 Descente de charge de référence vent de face (80km/h, 48,5daN/m²)

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 (3,5m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires, sans tenir compte du coefficient de pression.

On donne les composantes verticales et horizontales de la tension pour les différents éléments de toiles :

- ⇒ Toile basse, inclinaison 24°
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 carré en rive
Tension = 370 daN/m
 - ⇒ Composante horizontale = 295 daN/m
 - ⇒ Composante verticale = 224 daN/m
- ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires bas
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires bas
Tension = 370daN/m
 - ⇒ Composante horizontale = 335 daN/m
 - ⇒ Composante verticale = 158 daN/m
- ⇒ Tension appliquée sur les ponts triangulaires hauts
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts triangulaires hauts
Composante horizontale = 370 daN/m
 - ⇒ Composante verticale = - 8 daN/m
- ⇒ Toile haute, plate
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires hauts
Tension = 370 daN/m
 - ⇒ Composante horizontale = 360 daN/m
 - ⇒ Composante verticale = 85 daN/m

Ces chargements sont placés en charge répartie sur les membrures supérieures.

La charge de composante verticale doit être appliquée sur toutes les membrures supérieures des ponts pour donner : $14 \times 2 \times (224 + 69 + 158 - 8 + 85) = 14784 \text{ daN}$

IV.1.3 Descente de charge de référence vent latéral (80km/h, 48,5daN/m²)

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 (3,5m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires, en tenant compte des coefficients de pression -0,95 sur le versant au vent (partie plate comprise) et -0,85 sur le versant sous le vent.

On donne les composantes verticales et horizontales de la tension pour les différents éléments de toiles :

- ⇒ Toile basse, au vent, inclinaison 24°
- ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 carré en rive

- IV.1.4 Descente de charge de référence vent latéral (100km/h, 75daN/m²)**
- 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 (3,5m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires, en tenant compte des coefficients de pression +0.65 sur le versant au vent, +0.1 sur la partie plate et -0.4 sur le versant sous le vent.
- On donne les composantes verticales et horizontales de la tension pour les différents éléments de toiles :
- ⇒ Toile basse, au vent, inclinaison 24°
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 carré en rive
 - Tension = 372 daN/ml
 - Composante horizontale = 365 daN/ml
 - Composante verticale = 69 daN/ml
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires bas
 - Composante horizontale = 296 daN/ml
 - Composante verticale = -225 daN/ml
 - ⇒ Toile intermédiaire, au vent, inclinaison 12°
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires bas
 - Composante horizontale = 372 daN/ml
 - Composante verticale = 8 daN/ml
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts triangulaires hauts
 - Composante horizontale = 372 daN/ml
 - Composante verticale = 8 daN/ml

Ces chargements sont placés en charge répartie sur les membrures supérieures.

La charge de composante verticale doit être appliquée sur toutes les membrures supérieures des ponts pour donner : $14 \times (215 + 68 + 151 - 16 + 81 + 81 + 137 - 3 + 197 + 66) = 13678 \text{ daN}$

- ⇒ Toile haute, plate
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires hauts
 - Tension = 357 daN/ml
 - Composante horizontale = 357 daN/ml
 - Composante verticale = -6 daN/ml
 - ⇒ Tension appliquée sur les ponts triangulaires hauts
 - Composante horizontale = 324 daN/ml
 - Composante verticale = 151 daN/ml
- ⇒ Toile intermédiaire, sous le vent, inclinaison 12°
 - ⇒ Tension appliquée sur le pont 500 triangulaire bas
 - Tension = 331 daN/ml
 - Composante horizontale = 301 daN/ml
 - Composante verticale = 137 daN/ml
 - ⇒ Tension appliquée sur le pont 500 triangulaire haut
 - Composante horizontale = 331 daN/ml
 - Composante verticale = -3 daN/ml
- ⇒ Toile basse, sous le vent, inclinaison 24°
 - ⇒ Tension appliquée sur le pont 500 carré en rive
 - Tension = 331 daN/ml
 - Composante horizontale = 266 daN/ml
 - Composante verticale = 197 daN/ml
 - ⇒ Tension appliquée sur le ponts 500 triangulaire haut
 - Composante horizontale = 324 daN/ml
 - Composante verticale = 66 daN/ml

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

Charge ponctuelle aux appuis extérieurs :

Composante horizontale = $0,375 \times 60 \text{ daN/ml} \times 18/2/2$ (membrures) = 101,25 daN
 Composante verticale = $0,375 \times 257 \text{ daN/ml} \times 18/2/2$ (membrures) = 433,7 daN
 Charge ponctuelle au centre (répartie sur deux nœuds du treillis) :

Composante horizontale = $1,25 \times 63 \text{ daN/ml} \times 18/2/2$ (membrures) = 337,5 daN
 Composante verticale = $1,25 \times 297 \text{ daN/ml} \times 18/2/2$ (membrures) = 1445,6 daN

1.6. 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 (9m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires, en tenant compte du coefficient de sécurité de

IV.3 Descentes de charge de la bache de fond, 50km/h coefficient 0.7

• Vent à 50km/h

⇒ Tension appliquée en charge répartie sur les membrures des ponts 500

Tension = 153 daN/ml
 Composante horizontale = 27 daN/ml
 Composante verticale = 151 daN/ml

• Vent à 80km/h

⇒ Tension appliquée en charge répartie sur la partie haute les membrures des ponts 500

Tension = 287 daN/ml
 Composante horizontale = 68 daN/ml
 Composante verticale = 279 daN/ml

0.7 et du coefficient de sécurité 1.6 :

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 (4m) pour lesquelles les tensions sont majoritaires, en tenant compte du coefficient de pression

IV.2 Descentes de charge des baches latérales

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

Ces chargements sont placés en charge répartie sur les membrures supérieures.

⇒ Composante horizontale = 336 daN/ml
 Composante verticale = -159 daN/ml

⇒ Toile haute, plate

⇒ Tension appliquée sur les ponts 500 triangulaires hauts

Tension = 106 daN/ml
 Composante horizontale = 105 daN/ml
 Composante verticale = -13 daN/ml

⇒ Toile intermédiaire, sous le vent, inclinaison 12°

⇒ Tension appliquée sur le pont 500 triangulaire bas

Tension = 268 daN/ml
 Composante horizontale = 246 daN/ml
 Composante verticale = 106 daN/ml

⇒ Tension appliquée sur le pont 500 triangulaire haut

Composante horizontale = 268 daN/ml
 Composante verticale = -3 daN/ml

⇒ Toile basse, sous le vent, inclinaison 24°

⇒ Tension appliquée sur le pont 500 carré en rive

Tension = 268 daN/ml
 Composante horizontale = 219 daN/ml
 Composante verticale = 155 daN/ml

⇒ Tension appliquée sur le ponts 500 triangulaire haut

Composante horizontale = 262 daN/ml
 Composante verticale = -59 daN/ml

⇒ Tension appliquée en charge répartie sur zone d'attache en partie basse sur scène
 Tension = 264daN/ml
 Composante horizontale = 60 daN/ml
 Composante verticale = 257 daN/ml

V. Analyse de l'ossature de la scène

V.1 Chargements retenus

Les cas de charges sont les suivants :

- Cas # 1 : Poids propre ossature + charge CTBX de plancher
- Cas # 2 : Poids de light 1500 + 2x1000 daN
- Cas # 3 : Poids de son 2 x 1000 daN
- Cas # 4 : Trainée light face unitaire
- Cas # 5 : Trainée son face unitaire
- Cas # 6 : Trainée treillis face 100km/h
- Cas # 7 : Trainée light latérale unitaire
- Cas # 8 : Trainée son latérale unitaire
- Cas # 9 : Trainée treillis latéral 100km/h
- Cas # 10 : Toiture chargement de référence Vent de Face
- Cas # 11 : Toiture chargement 100km/h latéral
- Cas # 12 : Toiture chargement de référence 80km/h latéral
- Cas # 13 : Bâches latérales 80km/h Vent face
- Cas # 14 : Bâches latérales 80km/h Vent latéral
- Cas # 15 : Bâches latérales 50km/h Vent face
- Cas # 16 : Bâches latérales 50km/h Vent latéral
- Cas # 17 : Bâche fond 50km/h

V.2 Combinaisons réglementaires retenues

On retient les combinaisons de ces chargements :

- Cas # 20 : Vent face 100km/h avec matériel et toiture
 PP + Poids light x 1,6+ Poids son x 1,6 + trainée light face x 47 + trainée son face x 47 + trainée treillis face 100km/h x 1 + Toiture vent face x 0,62
- Cas # 21 : Vent latéral 100 km/h avec matériel et toiture
 PP x 1,5 + Poids light x 1,6+ Poids son x 1,6 + trainée light latéral x 47 + trainée son latéral x 47 + trainée treillis latéral 100km/h x 1 + Toiture vent latéral x 0,62
- Cas # 22 : Vent face 100km/h toiture seule
 PP + trainée treillis face 100km/h x 1 + Toiture vent face x 0,62
- Cas # 23 : Vent latéral 100km/h toiture seule
 PP + trainée treillis latéral 100km/h x 1 + Toiture vent latéral
- Cas # 24 : Vent Face 100km/h matériel seul
 PP + Poids light x 1,6+ Poids son x 1,6 + trainée light face x 47 + trainée son face x 47 + trainée treillis face 100km/h x 1
- Cas # 25 : Vent latéral 100km/h matériel seul
 PP x 1,5 + Poids light x 1,6+ Poids son x 1,6 + trainée light latéral x 47 + trainée son latéral x 47 + trainée treillis latéral 100km/h x 1
- Cas # 30 : Vent Face 80km/h avec matériel
 PP + Poids light x 1,6+ Poids son x 1,6 + trainée light face x 30,3 + trainée son face x 30,3 + trainée treillis face 100km/h x 0,65 + Bâches latérales 80km/h face + Toiture vent face x 0,7
- Cas # 31 : Vent Latéral 80km/h avec matériel
 PP + Poids light x 1,6+ Poids son x 1,6 + trainée light latéral x 30,3 + trainée son latéral x 30,3 + trainée treillis latéral 100km/h x 0,65 + Bâches latérales 80km/h latéral + Toiture vent latéral
- Cas # 32 : Vent Face 80km/h toiture seule
 PP + trainée treillis face 100km/h x 0,65 + Bâches latérales 80km/h face + Toiture vent face x 0,7
- Cas # 33 : Vent Latéral 80km/h toiture seule
 PP + trainée treillis face 100km/h x 0,65 + Bâches latérales 80km/h latéral + Toiture vent latéral

N.B : Le cas 1 est intégré à chaque cas de charge avec un coefficient 1 par défaut.

Combinaison	Définition
20	Vent Face 100km/h avec matériel et toiture
21	Vent Face 100km/h avec matériel et toiture
22	Vent Face 100km/h toiture seule
23	Vent Lateral 100km/h Toiture seule
24	Vent Face 100km/h matériel seul
25	Vent Lateral 100km/h matériel seul
30	Vent Face 80km/h avec matériel
31	Vent Lateral 80km/h avec matériel
32	Vent Face 80km/h toiture seule
33	Vent Lateral 80km/h toiture seule
40	Vent Face 50km/h tout équipé
41	Vent Lateral 50km/h tout équipé
224	2-Vent Face 100km/h matériel seul x2
225	2-Vent Lateral 100km/h matériel seul x2
230	2-Vent Face 80km/h avec matériel x 2
231	2-Vent Lateral 80km/h avec matériel x 2
240	2-Vent Face 50km/h tout équipé x 2
241	2-Vent Lateral 50km/h tout équipé x 2
Combinaison NL PD	Combinaison NL PD

Tableaux des combinaisons :

Les deux premières combinaisons (en gris) donnent des contraintes dans la structure non amissibles. Elles ne sont donc pas pris en compte dans la suite de la note.

On pondère le poids propre d'un coefficient 1,5 défavorable dans les cas où l'action du vent est un effet global d'appui, conformément à l'AL76.

Cas # 40 : Vent Face 50km/h tout équipé
 PP + Poids light x 1,6+ Poids son x 11,9 + trainée son face x 11,9 + trainée
 treillis face 100km/h x 0,25 + Bâches latérales 50km/h face + Toiture vent face x 0,3
 Cas # 41 : Vent Lateral 50km/h tout équipé
 PP + Poids light x 1,6+ Poids son x 11,9 + trainée light lateral x 11,9 + trainée son lateral x 11,9 +
 trainée treillis lateral 100km/h x 0,27 + Bâches latérales 50km/h lateral + Bâche fond + Toiture
 80km/h lateral x 0,39
 Cas # 224 : Vent Face 100km/h matériel x1,5 seul
 PP + Poids light x 3,2+ Poids son x 47 + trainée son face x 47 + trainée
 treillis face 100km/h x 1
 Cas # 225 : Vent lateral 100km/h matériel x 1,5 seul
 PP x 1,5 + Poids light x 3,2+ Poids son x 3,2 + trainée light lateral x 47 + trainée son lateral x 47 +
 trainée treillis lateral 100km/h x 1
 Cas # 230 : Vent Face 80km/h avec matériel x 1,5
 PP + Poids light x 3,2+ Poids son x 30,3 + trainée son face x 30,3 + trainée
 treillis face 100km/h x 0,65 + Bâches latérales 80km/h face + Toiture vent face x 0,7
 Cas # 231 : Vent Lateral 80km/h avec matériel
 PP + Poids light x 3,2 + trainée light lateral x 30,3 + trainée son lateral x 30,3 +
 trainée treillis lateral 100km/h x 0,65 + Bâches latérales 80km/h lateral + Toiture 80km/h lateral
 Cas # 240 : Vent Face 50km/h tout équipé avec matériel x 1,5
 PP + Poids light x 3,2+ Poids son x 3,2 + trainée light face x 11,9 + trainée son face x 11,9 + trainée
 treillis face 100km/h x 0,25 + Bâches latérales 50km/h face + Bâche fond + Toiture vent face x 0,3
 Cas # 241 : Vent Lateral 50km/h tout équipé avec matériel x 1,5
 PP + Poids light x 3,2 + Poids son x 3,2 + trainée light lateral x 11,9 + trainée son lateral x 11,9 +
 trainée treillis lateral 100km/h x 0,27 + Bâches latérales 50km/h lateral + Bâche fond + Toiture
 80km/h lateral x 0,39

V.3 Vérification cohérence des chargements

Les cumuls de descentes de charges sont les suivantes :

Cas 1	PP+plancher	FX (dan)	FY (dan)	FZ (dan)				
		0	0	14575				
		FX (dan)	FY (dan)	FZ (dan)				
		0	443	-310				
Cas 2	Light 3000dan	0	0	17594				
		0	0	17594				
		0	0	-1918	16554			
Cas 3	Son 2000dan	0	0	16575				
		0	0	16575				
		0	581	899				
		0	581	899				
Cas 4	Trainée light face unitaire	-45	0	14575				
		-45	0	14575				
		0	-102	13917				
		0	-102	13917				
Cas 5	Trainée son face unitaire	-15	0	14575				
		-15	0	14575				
		0	0	13917				
		0	0	13917				
Cas 6	trainée treillis face 100km/h	-2800	0	14575				
		-2800	0	14575				
		0	262	15910				
		0	262	15910				
Cas 7	Trainée light laterale unitaire	0	-40	14575				
		0	-40	14575				
		0	-1210	14575				
		0	-1210	14575				
Cas 8	Trainée son laterale unitaire	0	-15	14575				
		0	-15	14575				
		0	-2160	14575				
		0	-2160	14575				
Cas 9	Trainée treillis laterale 100km/h	-4656	0	14575				
		-4656	0	14575				
		0	0	0				
		0	0	0				

Cas # 1 : PP+plancher : 14575 dan

Cas # 2 : Light : 3 x 1000 = 3000 dan et 17594 - 14575 = 3039 => OK

Cas # 3 : Son : 1000 x 2 = 2000 dan et 16575 - 14575 = 2000 => OK

Cas # 4 : Trainée light face unitaire : sur x, 44.7 dan attendu et 45 dan affiché => OK

Cas # 5 : Trainée son face unitaire : sur x, 7.4 x 2 = 14.8 dan et 15 dan affiché => OK

Cas # 6 : Trainée treillis face : sur x, 2540 dan attendu et 2800 dan affiché => OK

Cas # 7 : Trainée light laterale unitaire : sur y, 39.2 dan attendu et 40 dan affiché => OK

Cas # 8 : Trainée son laterale : sur y, 7.4 x 2 = 14.8 dan et 15 dan affiché => OK

Cas # 9 : Trainée treillis laterale : sur y, 1393 + 1523 + 1685 = 4601 dan et 4656 dan affiché => OK

Cas # 10 : Bâche de toit face : sur z, -14784 dan attendu et -310 - 14575 = -14885 dan => OK

Cas # 11 : Bâche de toit 100km/h laterale : sur z, 1876 dan attendu et 16554-14575 = 1979 dan => OK

Cas # 12 : Bâche de toit 80km/h laterale : sur z, -13678 dan attendu et 14575 - 899 = 13676 dan => OK

Cas # 13 : Bâches lat. 80km/h face : somme des réactions nulle => OK

Cas # 14 : Bâches lat. 80km/h laterale : sur y, 68 x 11.5 x 4 = 3128 dan attendu et 3207 dan affiché => OK

Cas # 15 : Bâches lat. 50km/h face : somme des réactions nulle => OK

Cas # 16 : Bâches lat. 50km/h laterale : sur y, 27 x 11.5 x 4 = 1242 attendu, 1210 affiché => OK

Efforts max. membrures Ø50x5mm, pont carré 500		FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
Cas							
MAX	6211	-21	-9	0	-2	7	5303
Barre	5303	5303	5303	201	201	195	5303
Noeud	195	21	21	201	201	21	195
Cas							
MIN	6208	-21	-25	0	-8	0	5303
Barre	5303	5303	5303	201	201	195	5303
Noeud	201	21	21	201	201	21	201
Cas							

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

V.7.1 Vérification membrures Ø50x5

V.7 Vérification ponts carrés 500 aluminium (droits et surbaissés)

La contrainte maximum dans l'ensemble des éléments de la structure et pour tous les cas de charge de combinaison apparaît dans l'élément 1151 pour le cas de vent de face à 50km/h (hors charlots). La valeur de cette contrainte atteint localement 18,8 daN/mm² 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.

V.6 Vérification globale de la structure

Le poids propre de la structure seule atteint 14,6 tonnes. On constate que les réactions globales sont positives dans tous les cas de vent. Aucune précaution particulière n'est donc à prendre en compte pour le lestage, tant que la sous face de la scène ne permet pas le passage de l'air (luxe de scène). Par contre, il faut que l'ancrage global de la structure reprenne les valeurs de poussée.

V.5 Condition de lestage

Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	Somme réactions
Cas 22				
Vent Face 100km/h toiture seule				5783
Somme réactions				266
Cas 23				
Vent Lateral 100km/h Toiture seule				24050
Somme réactions				-6573
Cas 24				
Vent Face 100km/h matériel seul				22746
Somme réactions				0
Cas 25				
Vent Lateral 100km/h matériel seul				30103
Somme réactions				-7212
Cas 30				
Vent Face 80km/h avec matériel				11669
Somme réactions				-3632
Cas 31				
Vent Lateral 80km/h avec matériel				8413
Somme réactions				0
Cas 32				
Vent Face 80km/h toiture seule				3637
Somme réactions				208
Cas 33				
Vent Lateral 80km/h toiture seule				381
Somme réactions				0
Cas 40				
Vent Face 50km/h tout équipé				19616
Somme réactions				-3628
Cas 41				
Vent Lateral 50km/h tout équipé				17413
Somme réactions				-2887
Cas 224				
2-Vent Face 100km/h matériel seul X2				30779
Somme réactions				-5611
Cas 225				
2-Vent Lateral 100km/h matériel seul X2				38136
Somme réactions				0
Cas 230				
2-Vent Face 80km/h avec matériel X 2				19701
Somme réactions				-3632
Cas 231				
2-Vent Lateral 80km/h avec matériel X 2				16445
Somme réactions				0
Cas 240				
2-Vent Face 50km/h tout équipé X 2				27648
Somme réactions				-3628
Cas 241				
2-Vent Lateral 50km/h tout équipé X 2				25445
Somme réactions				-2887

V.4 Descentes de charge globales de la structure

Cas # 17 : Bâches fond 50km/h face : sur x, 60 x 18 x 2 = 2160 attendu, 2160 affiché => OK

⇒ Sécurité supérieure à 2 en plus des coefficients réglementaires.
 Effort max. repris par manchon d'assemblage : $T_{im} = 9000 \text{ daN}$ (voir annexe)
 Traction max. dans membrure : $T_{max} = 4500 \text{ daN}$

V.7.3 Vérification assemblage Ø25

Vérification flexion composée	Contrainte normale 4,73 daN/mm ²	Contrainte flexion 1,28 daN/mm ²	Coefficient k1 1,70	Coefficient kt 4,11	Contrainte réelle amplifiée 13,31 < del	Sécurité 1,43 > 1	Taux de travail 0,70 < 1
--------------------------------------	--	--	------------------------	------------------------	--	----------------------	-----------------------------

L'élément défavorable n°96 dans le cas 240 est vérifié au flambement composé :
 - effort de compression max : 1204daN
 - moment de flexion associé : 2 daN
 - longueur de flambement : 0.88m
 ⇒ Sécurité 1.43

Efforts max. entretoises Ø30x3mm, pont carré 500		FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
Cas					
MAX	1204	-6	6	0	2
Barre	496	496	496	496	496
Noeud	373	374	374	374	373
Cas	240	240	240	240	240
MIN	1203	-6	6	0	-1
Barre	496	496	496	496	496
Noeud	374	374	373	374	374
Cas	240	240	240	240	240

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

V.7.2 Vérification entretoises Ø30x3

Vérification flexion composée	Contrainte normale 8,79 daN/mm ²	Contrainte flexion 0,73 daN/mm ²	Coefficient k1 1,12	Coefficient kt 1,52	Contrainte réelle amplifiée 10,93 < del	Sécurité 1,74 > 1	Taux de travail 0,58 < 1
--------------------------------------	--	--	------------------------	------------------------	--	----------------------	-----------------------------

L'élément défavorable n°503 dans le cas 21 est vérifié au flambement composé :
 - effort de compression max : 621 daN
 - moment de flexion associé : 5,3daN
 - longueur de flambement : 0,72m
 ⇒ Sécurité 1.7

V.8 Vérification ponts triangulaires 500 aluminium

V.8.1 Vérification membres Ø50x5

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

Efforts max. membres Ø50x5mm, pont triangle 500						
	Fx [dan]	Fy [dan]	Fz [dan]	Mx [danm]	My [danm]	Mz [danm]
MAX	6003	50	66	1	16	23
Barre	140	140	140	140	140	140
Noeud	90	89	89	89	90	89
Cas	225	225	225	225	225	225
MIN	6003	46	64	1	-30	-10
Barre	140	140	140	140	140	140
Noeud	89	90	89	89	90	89
Cas	225	225	225	225	225	225
MAX	6003	50	66	1	16	23
Barre	140	140	140	140	140	140
Noeud	90	89	89	89	90	89
Cas	225	225	225	225	225	225
MIN	6003	46	64	1	-30	-10
Barre	140	140	140	140	140	140
Noeud	89	90	89	89	90	89
Cas	225	225	225	225	225	225
MAX	6003	50	66	1	16	23
Barre	140	140	140	140	140	140
Noeud	90	89	89	89	90	89
Cas	225	225	225	225	225	225

L'élément défavorable n°140 dans le cas 225 est vérifié au flambement composé :
 - effort de compression max : 6003dan
 - moment de flexion associé : 1 dan
 - longueur de flambement : 0.7m
 ⇨ Sécurité 1.67

Vérification flexion composée	
Contrainte normale	8,49 dan/mm ²
Contrainte flexion	1,38 dan/mm ²
Coefficient k1	1,10
Coefficient kt	1,45
Contrainte réelle amplifiée	11,37 < del
Sécurité	1,67 > 1
Taux de travail	0,60 < 1

V.8.2 Vérification entretoises Ø30x3 (sauf poutre casquette)

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

Efforts max. entretoises Ø30x3mm, pont triangle 500						
	Fx [dan]	Fy [dan]	Fz [dan]	Mx [danm]	My [danm]	Mz [danm]
MAX	784	7	-2	0	3	4
Barre	1458	1458	1458	1458	1458	1458
Noeud	1001	1001	1001	1001	1001	1001
Cas	21	21	21	21	21	21
MIN	783	7	-3	0	2	0
Barre	1458	1458	1458	1458	1458	1458
Noeud	995	1001	995	1001	995	995
Cas	21	21	21	21	21	21
MAX	784	7	-2	0	3	4
Barre	1458	1458	1458	1458	1458	1458
Noeud	1001	1001	1001	1001	1001	1001
Cas	21	21	21	21	21	21
MIN	783	7	-3	0	2	0
Barre	1458	1458	1458	1458	1458	1458
Noeud	995	1001	995	1001	995	995
Cas	21	21	21	21	21	21

L'élément défavorable n°1458 dans le cas 21 est vérifié au flambement composé :
 - effort de compression max : 784 dan
 - moment de flexion associé : 5 dan
 - longueur de flambement : 0.86m
 ⇨ Sécurité 1.94

Vérification flexion composée	
Contrainte normale	7,57 daN/mm ²
Contrainte flexion	0,64 daN/mm ²
Coefficient k1	1,59
Coefficient kt	3,62
Contrainte réelle amplifiée	14,37 < del
Sécurité	1,32 > 1
Taux de travail	0,76 < 1

L'élément défavorable n°154 dans le cas 125 est vérifié au flambement composé :

- effort de compression max : 2687 daN
- moment de flexion associé : 1 daN
- longueur de flambement : 0,68m
- ⇒ Sécurité 2,6

Efforts max. entretoises Ø30x3mm, poutre casquette 500	
MAX	1927
Barre	154
Noeud	98
Cas	25
MIN	1926
Barre	0
Noeud	154
Cas	25
FX [daN]	0
FY [daN]	154
FZ [daN]	154
MX [daNm]	0
MY [daNm]	154
MZ [daNm]	-1
Barre	154
Noeud	98
Cas	25
Barre	154
Noeud	97
Cas	25
Barre	154
Noeud	97
Cas	25

L'analyse des efforts maximum dans les diagonales de ces poutres donne :

Il apparaît que les entretoises de la poutre casquette ne supportent pas plus 1,5 fois que la charge unitaire de son (1000 daN par cotés), elles seront donc vérifiées pour les combinaisons de numérotation inférieure à 140.

V.8.4 Vérification entretoises Ø30x3 poutre casquette

Effort max. repris par manchon d'assemblage : $T_{lim} = 9000$ daN (voir annexe)
 Traction max. dans membrure : $T_{max} = 5010$ daN
 Sécurité supérieure à 1,8 en plus des coefficients réglementaires.

V.8.3 Vérification assemblage Ø25

Vérification flexion composée	
Contrainte normale	3,08 daN/mm ²
Contrainte flexion	3,19 daN/mm ²
Coefficient k1	1,20
Coefficient kt	1,90
Contrainte réelle amplifiée	9,78 < del
Sécurité	1,94 > 1
Taux de travail	0,51 < 1

L'élément défavorable n°6393 dans le cas 21 est vérifié au flambement composé :
 - effort de compression max : 1976daN
 - moment de flexion associé : 2,4 daNm
 - longueur de flambement : 0,62m
 ⇨ Sécurité 1,31

Efforts max. entretoises Ø30x3mm, tour						
	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
Cas	21	21	21	21	21	21
Noeud	2660	2660	2660	2660	2660	2660
Barre	6393	6393	6393	6393	6393	6393
MIN	1976	-14	6	0	-2	-4
Cas	21	21	21	21	21	21
Noeud	2660	2660	2660	2660	2660	2660
Barre	6393	6393	6393	6393	6393	6393
MAX	1976	-14	6	0	2	4

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

V.9.2 Vérification entretoises Ø30x3

Vérification flexion composée	
Contrainte normale	9,99 daN/mm ²
Contrainte flexion	3,92 daN/mm ²
Coefficient k1	1,08
Coefficient kt	1,35
Contrainte réelle amplifiée	16,09 < del
Sécurité	1,18 > 1
Taux de travail	0,85 < 1

L'élément défavorable n°6471 dans le cas 21 est vérifié au flambement composé :
 - effort de compression max : 8627daN
 - moment de flexion associé : 2,2daNm
 - longueur de flambement : 0,72m
 ⇨ Sécurité 1,18

Efforts max. membrures Ø60x5mm, tour carrée 500						
	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
Cas	21	21	21	21	21	21
Noeud	2606	2675	2675	2675	2675	2675
Barre	6471	6471	6471	6471	6471	6471
MIN	8627	-154	312	6	-37	-22
Cas	21	21	21	21	21	21
Noeud	2675	2675	2675	2675	2606	2606
Barre	6471	6471	6471	6471	6471	6471
MAX	8627	-154	312	6	-2	-4

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

V.9.1 Vérification membrures Ø60x5

V.9 Vérification tour carrée 500 aluminium

Alain Dessard
Ingénieur EMA
Chargé d'études

Le critère dimensionnant les contraintes dans la structure est principalement la pression due au vent.
* 100 km/h de vent avec la toiture seule.
- sous un vent de 100 km/h sans baches de toiture, baches latérales et de fond de scène
- sous un vent de 80 km/h avec baches de toiture, baches latérales et de fond de scène
- sous un vent de 50 km/h avec baches latérales, de fond de scène et de toiture
latérales (2000 daN si renforcement des diagonales de ces poutres casquette).
* 2000 daN de charge répartie sur chaque arche et 1000 daN de charge ponctuelle sur les poutres casquette
contreventement et de sous-tension est dimensionnée pour supporter :
La structure de couverture de scène correctement liaisonnée à la scène et avec pré-tension des câbles de

VI. Conclusions

La scène Lima 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.

V.11 Structure de scène BRIO Lima

On dimensionne les câbles avec un coefficient 2 sur la charge de rupture
charge de rupture câble multi-torons Ø12 : 8600 daN
charge de rupture câble multi-torons Ø16 : 15300 daN
Des croix de St André sont prévues sur les deux cotés latéraux et sur le fond de la scène, pour stabiliser la structure et soulager les tours. Des câbles de sous tensions sont également prévu pour aider à la reprise de la poussée de la toiture en voute.
Un effort maximal de 3255 daN dans les câbles de croix de Saint-André en face arrière est relevé pour le cas de charge 21. Câble Ø12 OK
Un effort maximal de 2800 daN dans les câbles de croix de Saint-André en face arrière est relevé pour le cas de charge 225. Câble Ø12 OK
Un effort maximal de 4760 daN dans les câbles de croix de Saint-André en face arrière est relevé pour le cas de charge 225. Câble Ø16 OK

V.10 Croix de St André et sous-tension

Effort max. repris par manchon d'assemblage : $T_{lim} = 9000 \text{ daN}$ (voir annexe)
Traction max. dans membrure : $T_{max} = 8025 \text{ daN}$
⇒ sécurité supérieure à 1.12 en plus des coefficients réglementaires

V.9.3 Vérification assemblage Ø25

Vérification flexion composée	
Contrainte normale	7,77 daN/mm ²
Contrainte flexion	1,53 daN/mm ²
Coefficient k1	1,35
Coefficient kf	2,57
Contrainte réelle amplifiée	14,45 < del
Sécurité	1,31 > 1
Taux de travail	0,76 < 1

VII. Annexes

VII.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
Coeff de pression diamétrale	2
Simple ou double cisaillement	2 1 ou 2
Qualité acier du gousset og	22,00 daN/mm ²
Qualité acier axe ca	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

VII.2 Descente de charges de la bache de toit, 80km/h vent de face

Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	41 300 daN/ml
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 400 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	48,5 daN/m ²
Corde	3,500 m
Flèche	0,001 m
Rayon de courbure	1531,251 m
Angle	0,13 degrés
Longueur géométrique	3,500 m

Calcul	
Flèche sous charge	0,2033 m
Rayon de courbure sous charge	7,634 m
Angle sous charge	26,51 degrés
Longueur sous charge	3,531 m
Tension sous charge	370 daN/ml
Allongement sous charge	0,031 m
Erreur sur longueur	0,0 mm

Résultats	Nb itérations	12
Tension	370 daN/ml	
Sécurité	3,78 en plus du coefficient 5	
Décomposition sur la corde	360 daN/ml	
Déplacement max sous charge	85 daN/ml	
	202 mm	

VII.3 Descente de charges de la bache de toit, 80km/h vent latéral coef 0.95

Données "Matériau"	
Qualité de toile	F502
Pseudo-Module d'Elasticité	41 300 daN/ml
Rupture	280 daN/5cm
soit	5 600 daN/ml
Tension max. Admissible (1/5)	1 400 daN/ml

Données initiales	
Charge radiale	46 daN/m ²
Corde	3,500 m
Flèche	0,001 m
Rayon de courbure	1531,251 m
Angle	0,13 degrés
Longueur géométrique	3,500 m

Calcul	
Flèche sous charge	0,1997 m
Rayon de courbure sous charge	7,768 m
Angle sous charge	26,04 degrés
Longueur sous charge	3,530 m
Tension sous charge	357 daN/ml
Allongement sous charge	0,030 m
Erreur sur longueur	0,0 mm

Résultats	Nb itérations	12
Tension	357 daN/ml	
Sécurité	3,92 en plus du coefficient 5	
Décomposition sur la corde	348 daN/ml	
Déplacement max sous charge	81 daN/ml	
	199 mm	

VII.4 Descente de charges de la bache de toit, 80km/h vent lateral coef 0.85

Données "Matériau"	
F502	
41 300 daN/m	Pseudo-Module d'Elasticité
280 daN/5cm	Rupture
5 600 daN/ml	soit
1 400 daN/ml	Tension max. Admissible (1/5)

Données initiales	
41 daN/m ²	Charge radiale
3,500 m	Corde
0,001 m	Flèche
1531,251 m	Rayon de courbure
0,13 degrés	Angle
3,500 m	Longueur géométrique

Calcul	
0,1921 m	Flèche sous charge
8,067 m	Rayon de courbure sous charge
25,06 degrés	Angle sous charge
3,528 m	Longueur sous charge
331 daN/ml	Tension sous charge
0,028 m	Allongement sous charge
0,0 mm	Erreur sur longueur

Résultats	
17	Nb itérations
331 daN/ml	Tension
4,23 en plus du coefficient 5	Sécurité
323 daN/ml	Décomposition sur la corde
72 daN/ml	Décomposition normal à la corde
191 mm	Déplacement max sous charge

VII.5 Descente de charges de la bache de toit, 100km/h vent lateral coef 0.65

Données "Matériau"	
F502	
41 300 daN/m	Pseudo-Module d'Elasticité
280 daN/5cm	Rupture
5 600 daN/ml	soit
1 400 daN/ml	Tension max. Admissible (1/5)

Données initiales	
48,75 daN/m ²	Charge radiale
3,500 m	Corde
0,001 m	Flèche
1531,251 m	Rayon de courbure
0,13 degrés	Angle
3,500 m	Longueur géométrique

Calcul	
0,2036 m	Flèche sous charge
7,623 m	Rayon de courbure sous charge
26,54 degrés	Angle sous charge
3,531 m	Longueur sous charge
372 daN/ml	Tension sous charge
0,031 m	Allongement sous charge
0,0 mm	Erreur sur longueur

Résultats	
12	Nb itérations
372 daN/ml	Tension
3,77 en plus du coefficient 5	Sécurité
362 daN/ml	Décomposition sur la corde
85 daN/ml	Décomposition normal à la corde
203 mm	Déplacement max sous charge

VII.6 Descente de charges de la bache de toit, 100km/h vent lateral coef 0.1

Données "Matériau"	
F502	Qualité de toile
41 300 daN/ml	Pseudo-Module d'Elasticité
280 daN/5cm	Rupture
5 600 daN/ml	soit
1 400 daN/ml	Tension max. Admissible (1/5)

Données initiales	
7,5 daN/m ²	Charge radiale
3,500 m	Corde
0,001 m	Flèche
1531,251 m	Rayon de courbure
0,13 degrés	Angle
3,500 m	Longueur géométrique

Calcul	
0,1087 m	Flèche sous charge
14,141 m	Rayon de courbure sous charge
14,22 degrés	Angle sous charge
3,509 m	Longueur sous charge
106 daN/ml	Tension sous charge
0,009 m	Allongement sous charge
0,0 mm	Erreur sur longueur

Résultats	Nb itérations
16	
106 daN/ml	Tension
13,20 en plus du coefficient 5	Sécurité
105 daN/ml	Décomposition sur la corde
13 daN/ml	Décomposition normal à la corde
108 mm	Déplacement max sous charge

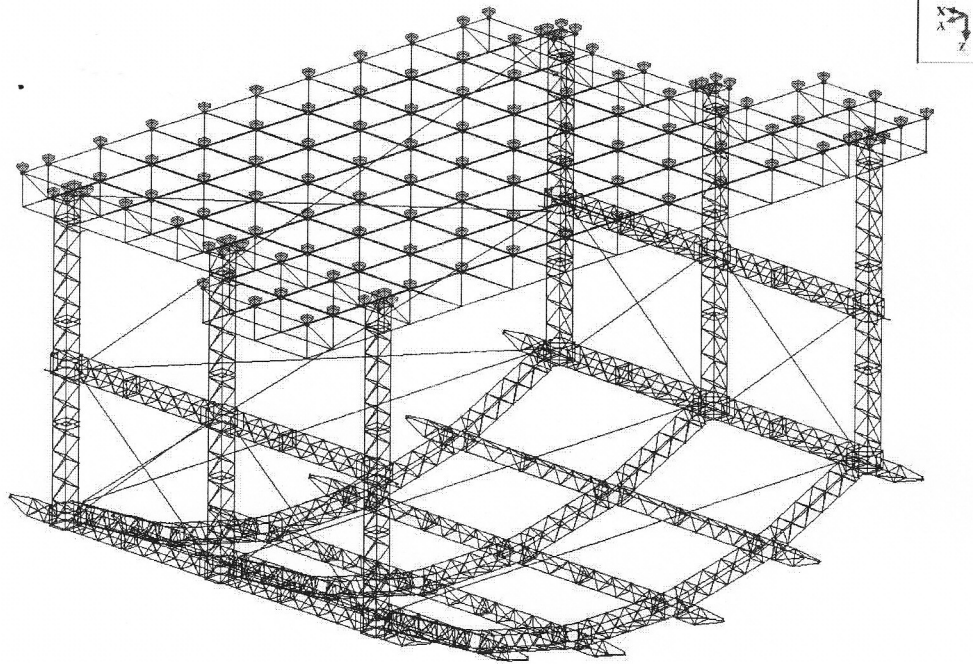
VII.7 Descente de charges de la bache de toit, 100km/h vent lateral coef 0.4

Données "Matériau"	
F502	Qualité de toile
41 300 daN/ml	Pseudo-Module d'Elasticité
280 daN/5cm	Rupture
5 600 daN/ml	soit
1 400 daN/ml	Tension max. Admissible (1/5)

Données initiales	
30 daN/m ²	Charge radiale
3,500 m	Corde
0,001 m	Flèche
1531,251 m	Rayon de courbure
0,13 degrés	Angle
3,500 m	Longueur géométrique

Calcul	
0,173 m	Flèche sous charge
8,938 m	Rayon de courbure sous charge
22,58 degrés	Angle sous charge
3,523 m	Longueur sous charge
268 daN/ml	Tension sous charge
0,023 m	Allongement sous charge
0,0 mm	Erreur sur longueur

Résultats	Nb itérations
15	
268 daN/ml	Tension
5,22 en plus du coefficient 5	Sécurité
263 daN/ml	Décomposition sur la corde
53 daN/ml	Décomposition normal à la corde
172 mm	Déplacement max sous charge



VII.10 Conditions d'appuis

Résultats	Nb itérations	19
Tension	264 daN/ml	
Sécurité	5,31 en plus du coefficient 5	
Décomposition sur la corde	257 daN/ml	
Décomposition normal à la corde	60 daN/ml	
Déplacement max sous charge	517 mm	

Calcul	Flèche sous charge	0,5175 m
	Rayon de courbure sous charge	19,824 m
	Angle sous charge	26,24 degrés
	Longueur sous charge	9,079 m
	Tension sous charge	264 daN/ml
	Allongement sous charge	0,079 m
	Erreur sur longueur	0,0 mm

Données initiales	Charge radiale	13,3 daN/m²
	Corde	9,000 m
	Flèche	0,001 m
	Rayon de courbure	10125,001 m
	Angle	0,05 degrés
	Longueur géométrique	9,000 m

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)	1 400 daN/ml

VII.9 Descente de charges de la bache de fond, 50km/h, coef 0.7