

conception et réalisation



gradins et chapiteaux

**Affaire 10-005**

**Gradins  
Cie LARDENOIS**

**NOTE DE CALCULS  
N°001A**

*\* s.a.r.l H.M.M.H au capital de 8000 euros \* Les cales 84750 SaintMartin de Castillon \*  
tel: 04-90-75-15-69 \* fax: 04-90-75-15-92 \* courriel: hmmh@wanadoo.fr  
C-S Avignon 432-243-624 \* TVA FR 61 432 243 624 \* siret: 432-243-624-00017 \* APE 9004Z  
\* www.hmmh.fr \**

<b>I. PRELIMINAIRES.....</b>	<b>3</b>
I.1 OBJET.....	3
I.2 DOCUMENTS DE REFERENCE UTILISES.....	3
<b>II. DESCRIPTION DU SYSTEME.....</b>	<b>3</b>
<b>III. HYPOTHESES.....</b>	<b>3</b>
III.1 CARACTERISTIQUES DE L'ACIER.....	3
III.2 CARACTERISTIQUES DU BOIS.....	3
III.3 HYPOTHESES DE CHARGES.....	3
III.4 DEFORMATIONS ADMISSIBLES.....	3
III.5 COEFFICIENTS DE PONDERATION REGLEMENTAIRES.....	4
<b>IV. DIMENSIONNEMENT DES PLANCHERS.....</b>	<b>4</b>
IV. 1 VERIFICATION DES PLANCHERS COURANTS LARGEUR 67CM.....	4
IV.2.1 Vérification de la contre marche.....	4
IV.2.2 Vérification du plancher courant.....	5
<b>V. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS ACIER.....</b>	<b>5</b>
V. 1 APPUIS.....	5
V. 2 RELACHEMENTS.....	5
V. 3 CHARGEMENTS.....	6
V. 4 COHERENCE DES DESCENTES DE CHARGES.....	6
V. 5 VERIFICATION GLOBALE DE LA STRUCTURE.....	7
V.5.1 Limon 40 x 40 x 2.....	7
V.5.2 Traverse 60 x 30 x 2.....	7
V.5.3 Pieds 40 x 40 x 2.....	8
V. 6 VERIFICATION DES INSTABILITES LOCALES - FLAMBEMENT.....	8
V.6.1 Montant 40 x 40 x 2.....	8
V.5.2 Pieds 40 x 40 x 2.....	8
V. 7 DEPLACEMENTS.....	8
V. 8 REACTIONS D'APPUIS.....	9
V. 9 VERIFICATION DES GARDES CORPS.....	9
V.9.1 Main courante 50x30x2.....	9
V.9.2 Montant 60x40x5.....	9

## VI. ANNEXES

# I. Préliminaires

## I.1 Objet

La présente note est le rapport d'étude du gradin pour Cie LARDENOIS  
On y justifie les planchers, crémaillères et gardes corps.

## I.2 Documents de références utilisés

Les documents de référence sont:

- le règlement CM66: "Calcul de construction en acier"
- le règlement CB71: "Règles de calcul et conception des charpentes en bois"
- la norme française NF EN 13200-6: "Tribunes démontables"
- le règlement CTS: "Chapiteaux, Tentes et Structures"

# II. Description du système

On pourra se référer aux plans constructeurs.

# III. Hypothèses

## III.1 Caractéristiques de l'acier

- Masse volumique de l'acier:  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Acier E24 (S235):  $\sigma_{el} = 23.5 \text{ daN/mm}^2$

## III.2 Caractéristiques du bois

Bois épaisseur 22mm pour les planchers et les contres marches :

- Module d'élasticité à la flexion:  $E_f = 7200 \text{ MPa} = 72000 \text{ daN/cm}^2$
- contrainte admissible à la flexion:  $\sigma_f = 6 \text{ MPa} = 60 \text{ daN/cm}^2$
- Poids au m<sup>3</sup>:  $\rho = 600 \text{ daN/m}^3$

## III.3 Hypothèses de charges

Les Hypothèses de charges sont celles des règlements du 25 Juin 1980 livre IV CTS à savoir :

Dénomination	Article CTS 14
Plancher courant	500 daN/m <sup>2</sup>
Action sur garde corps	100 daN/ml

## III.4 Déformations admissibles

Planchers et circulation : 1/200<sup>e</sup> de la portée à l'ELS

### III.5 Coefficients de pondérations réglementaires

En accord avec le règlement CB71, les coefficients de pondération adoptés pour le bois sont :

- pour la vérification ELU : 1 pour le poids propre et 1.2 pour les charges d'exploitations
- pour la vérification ELS : 1 pour le poids propre et 1 pour les charges d'exploitations

En accord avec le règlement CM66, les coefficients de pondération adoptés pour le métal sont :

- pour la vérification ELU : 1.3 pour le poids propre et 1.5 pour les charges d'exploitations
- pour la vérification ELS : 1 pour le poids propre et 1 pour les charges d'exploitations

### IV. Dimensionnement des planchers

<b>- Dimension des planchers:</b>		
Epaisseur e =	22	mm
Largeur l =	670	mm
Portée L =	1366	mm

<b>- Dimension des contre-marches:</b>		
Epaisseur e =	18	mm
Hauteur h =	400	mm
Portée L =	1483	mm

Tous les éléments bois sont soumis aux actions suivantes :

- Poids propre :

$$\begin{aligned} \text{Poids propre plancher 22mm:} & 0,22 \times 600 = 13,2 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Poids propre contre marches 18mm:} & 0,18 \times 600 = 10,8 \text{ daN/m}^2 \\ \text{PP total sur la surface horizontale:} & 13,2 + ( 10,8 \times 0,4 / 0,67 ) = \mathbf{19,6 \text{ daN/m}^2} \end{aligned}$$

- Exploitation :

$$\text{Gradins : } Q = \mathbf{500 \text{ daN/m}^2} \text{ non pondéré}$$

#### IV.1 Vérification des planchers de gradins largeur 67cm

##### IV.1.1 Vérification de la contre marche

Les contre marches de gradins sont vérifiés sur la plus grande portée c'est-à-dire :  $l = 1483 \text{ mm}$

Hypothèses : poutre fléchie sur appuis simples

$$\text{Largeur de marche pied à reprendre } L = 0,67 \text{ m}$$

$$\text{Module d'inertie de flexion de la contre marche : } W_y = I/v = (e \times h^2)/6 = 480 \text{ cm}^3$$

Résultats:

$$\text{Charge à reprendre : } p = (PP \times 1,3 + Q \times 1,5) \times L = ( 19,6 \times 1,3 + 500 \times 1,5 ) \times 0,7 = \mathbf{519,6 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Moment de flexion : } M = (p \times l^2)/8 = ( 520 \times 2199 ) / 8 = 142,8 \text{ daN/m}$$

$$\text{Contraite de flexion : } \sigma = M / I/v = 142,8 / 480,0 = 0,298 \text{ daN/mm}^2 = \mathbf{2,98 \text{ Mpa}}$$

→ Sécurité: **2,02**

## IV.1.2 Vérification du plancher courant

Les planchers de gradins courants sont vérifiés sur la plus grande portée c'est-à-dire :  $l = 1366 \text{ mm}$   
On vérifie que la contrainte maximale admissible à la flexion dans le bois ainsi que le critère de flèche ne soit pas excédés.

Données :

Hypothèses : plaque rectangulaire encastrée sur deux côtés et en appuis simple sur les milieux des deux autres côtés.

Résultats:

Charge à reprendre :  $p = (PP \times 1.3 + Q \times 1.5) = 19,6 \times 1,3 + 500 \times 1,5 = 776 \text{ daN/m}^2$

Contrainte max :  $\sigma = \beta \times (p \times l^2)/e^2 = 0,7500 \times (776 \times 0,4) / 0,00048 = 5,39 \text{ Mpa}$

→ Sécurité: **1,11**

Flèche max :  $f = \alpha l \times (p \times l^4)/(E \times e^3) = 0,1422 \times (776 \times 0,202) / (700 \cdot 10^6 \times 0,02^3) = 2,98 \text{ mm}$

→ Flèche: **1/ 458**

➤ Nota sur les goupilles Bêta au double cisaillement :

Effort total appliqué :  $Gt = p \times l \times L/2 = 776 \times 0,67 \times (1,37 / 2) = 355 \text{ daN}$

Nombre de goupilles : 2

Effort sur chacune des goupilles = 89 daN

→ Goupilles Ø4 E24 sur plat d'épaisseur 4mm minimum

## V. Dimensionnement des éléments acier

Tous les éléments acier sont soumis aux actions suivantes :

PP plancher = 19,6 daN/m<sup>2</sup>

Exploitation = 500 daN/m<sup>2</sup>

La crémaillère courante est modélisée sous Power Frame BuildSoft

### V.1 Appuis

Des appuis rotules sont disposés sous la crémaillères et sous les pieds

### V.2 Relâchement

Aucun relachement n'est appliqué à la structure

### V.3 Chargement

1 Cas de charges global réalisant la combinaison des cas de charges du CM66 à savoir :

- Poids propre métal et bois x 1.3

- Charges verticales d'exploitation x 1.5

Les charges horizontales (6% des charges verticales) dans le plan de la crémaillère sont reprises par l'effet de cerce des gradins

Les charges horizontales (6% des charges verticales) hors du plan de la crémaillère sont reprises par l'ensembles

des contremarches et des diagonales :  $( 6\% \times ( 520 \times 1,5 \times 0,7 \times 1,366 ) = 43 \text{ daN} )$  négligeable

Les chargements d'exploitation et de poids propre de plancher bois sont au pro rata des surfaces de plancher impliquées

Ci-dessous le tableur ayant servi à la mise en place des charges :

Rang	1	2	3	4	5	6
Portée Moyenne (m)	0,70	0,83	0,96	1,08	0,95	0,80
<b>Charges linéiques correspondantes (daN/m)</b>						
Charge poids propre (daN/m)	13,8	16,3	18,8	21,3	18,6	15,6
Charge d'exploitation (daN/m)	350	415	478	542	473	398
Charge totale (daN/m)	363,8	431,3	496,3	562,8	491,1	413,1

Des sorties graphiques des chargements figurent en annexes

### V.4 Cohérence de descentes de charges

Cohérence des descentes de charges			
	FX (daN)	FY ( daN)	FZ ( daN)
Cas 1	1,3 x PP + 1,5 Q		
Somme totale	0	2660	0

Charge verticales par m<sup>2</sup> :  $p = (PP \times 1.3 + Q \times 1.5) = 19,6 \times 1,3 + 500 \times 1,5 = 776 \text{ daN/m}^2$

Données : longueur de crémaillère :  $L = 3,78 \text{ m}$

Largeur de travée moyenne :  $l = 0,89 \text{ m}$

Poids propre crémaillères :  $PC = 45,5 \text{ daN}$

$Ry = L \times p \times l + PC = 3,78 \times 776 \times 0,89 + 46 = 2655 \text{ daN} \approx 2660 \text{ daN}$

→ Ok

## V.5 Vérification globale de la structure

### V.5.1 Limon 40 x 40 x 2

On vérifie que le matériau travail dans la limite élastique à partir des résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

Contraintes dans le limon		
	Smax ( MPa)	Smin (MPa)
MAX	146,21	-16,23
Barre	17	23
Nœud	10	14
Cas	1	1
MIN	-26,95	-159,83
Barre	12	29
Nœud	7	20
Cas	1	1

$$\rightarrow \sigma_{\max} = 159,83 < 235 \text{ Mpa}$$

→ Sécurité : **1,47**

### V.5.2 Traverse 40 x 40 x 2

On vérifie que le matériau travail dans la limite élastique à partir des résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

Contraintes dans les traverses		
	Smax ( MPa)	Smin (MPa)
MAX	98,25	-32,65
Barre	8	5
Nœud	22	13
Cas	1	1
MIN	33,4	-107,58
Barre	5	8
Nœud	13	22
Cas	1	1

$$\rightarrow \sigma_{\max} = 107,58 < 235 \text{ Mpa}$$

→ Sécurité : **2,18**

### V.5.3 Pieds 40 x 40 x 2

On vérifie que le matériau travail dans la limite élastique à partir des résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

Contraintes dans les montants		
	Smax ( MPa)	Smin (MPa)
MAX	17,55	-15,73
Barre	15	11
Nœud	6	14
Cas	1	1
MIN	-15,08	-40,66
Barre	11	15
Nœud	14	6
Cas	1	1

$$\rightarrow \sigma_{\max} = 40,66 < 235 \text{ Mpa}$$

→ Sécurité : 5,78

### V.6 Vérification des instabilités locales – Flambement

#### V.6.1 Montant 40 x 40 x 2

L'analyse des montants est en annexe

#### V.6.2 Pieds 40 x 40 x2

L'analyse des pieds est en annexe

### V.7 Déplacements

Pour mémoire, les déplacements maximum sont présentés ci-dessous :

Déplacements max. de l'ossature			
	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)
MAX	2	0	
Nœud	10	0	
Cas	1	1	
MIN	-1	-3	
Nœud	5	10	
Cas	1	1	



## V.8 Réactions d'appuis

Pour mémoire, les réactions d'appuis sont présentées ci-dessous :

Réactions d'appuis			
Nœud/Cas	FX (daN)	FY (daN)	MY (daNm)
3/1	-372,5	893,4	0
7/1	739,8	842,9	0
24/1	-367,3	923,7	0
	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>2660</b>	<b>0</b>

Les numéros de nœuds sont donnés en annexe.

## V.9 Vérification des gardes corps

L'espacement entre les montant est :  $l = 1,66 \text{ m}$

### V.9.1 Main courante 50 x 30 x 2

Effort réparti :  $p = 100 \times 1,5 = 150 \text{ daN/ml}$   
Moment fléchissant :  $M = pl^2/10 = (150 \times 1,66^2)/10 = 41 \text{ daN.m}$   
 $I/V_{50 \times 30 \times 2} = 4,06 \text{ cm}^3$   
Contrainte de flexion :  $\sigma_f = M/(I/V) = 41 / 4,06 = 10,2 < 23,5 \text{ daN/mm}^2$   
→ Sécurité: **2,31**

### V.9.2 Montants 60 x 40 x 5

Effort en tête :  $p = 100 \times 1,5 \times 1,66 = 249 \text{ daN}$   
Couple en pied :  $M = pl = 249 \times 1 = 249 \text{ daN.m}$   
 $I/V_{60 \times 40 \times 5} = 10,7 \text{ cm}^3$   
Contrainte de flexion :  $\sigma_f = M/(I/V) = 249 / 10,7 = 23,3 < 23,5 \text{ daN/mm}^2$   
→ Sécurité: **1,01**

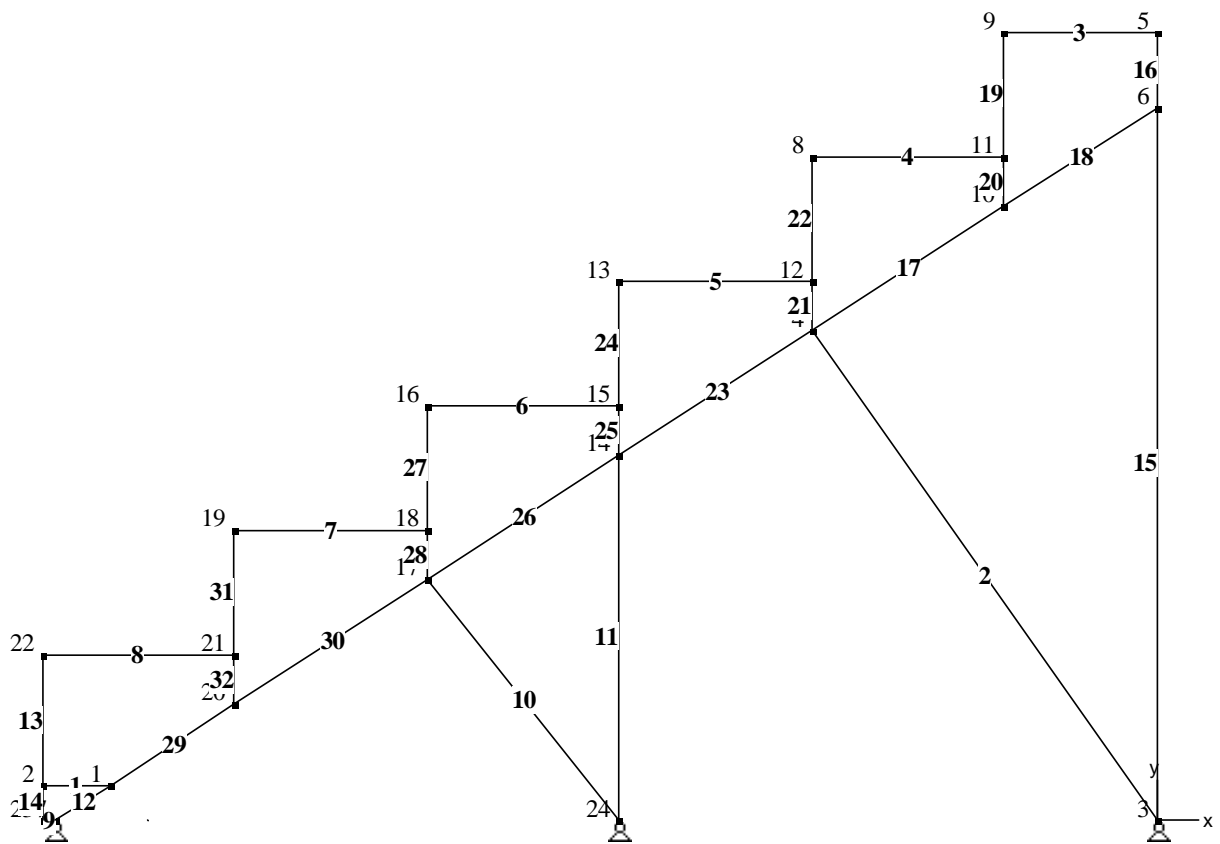
La stabilité au déversement de la crémaillère est assurée par l'assujettissement des contremarches sur cette dernière ainsi que par les diagonales en Tube Ø30 x 2

## VI. ANNEXES

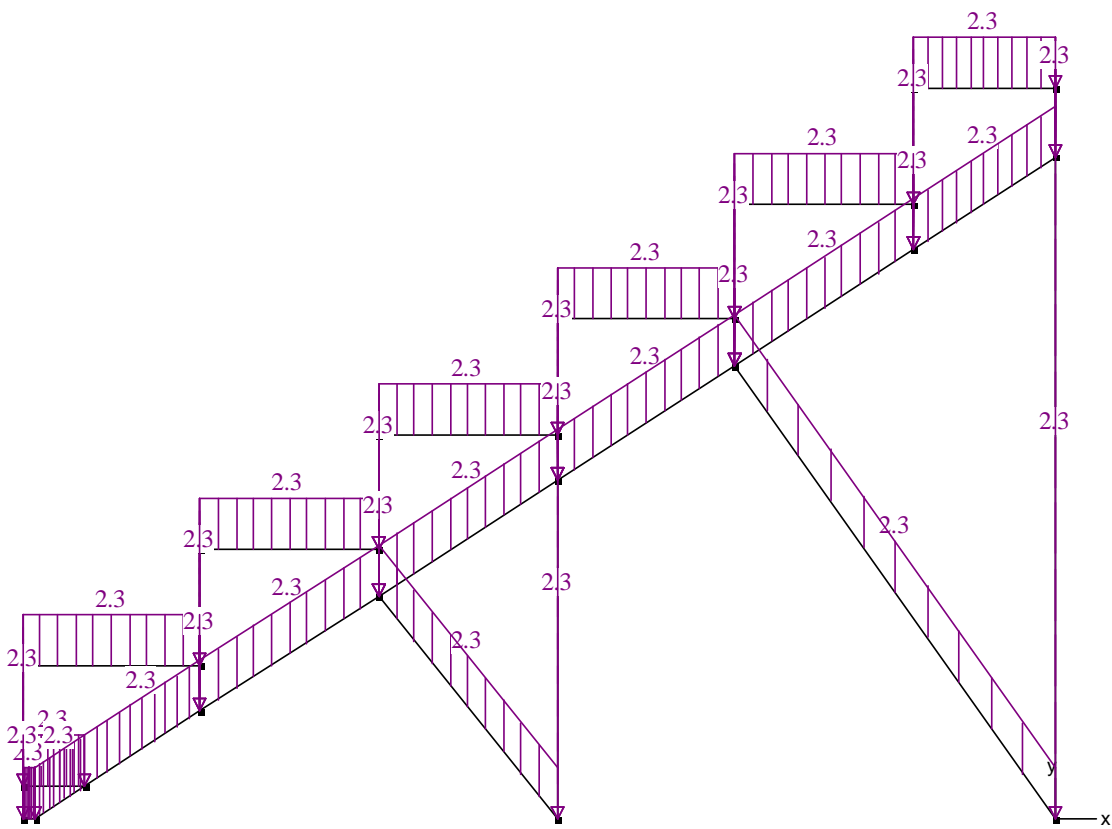
- Ossature :	Page 1
- Charges – Poids propre :	Page 2
- Charges – Exploitation :	Page 3
- Charges – Poids propre bois :	Page 4
- Charges – Combinaisons :	Page 5
- Diagrammes – Contraintes de compression :	Page 6
- Diagrammes – Contraintes de traction :	Page 6
- Diagrammes – Résistance des sections :	Page 7
- Diagrammes – Réactions :	Page 7
- Données – Nœuds :	Page 8
- Données – Barres :	Pages 8 et 9
- Données – Sections :	Pages 9
- Données – Matériaux :	Pages 9
- Données – Poids propre :	Pages 10
- Données – Composition des combinaisons de charges	Pages 10 et 11
- Résultats – Déplacements des nœuds – Combinaison 1	Page 12
- Résultats – Réactions – Combinaisons 1	Page 12
- Résultats – Contraintes – Combinaisons 1	Pages 12 à 14
- Résultats – Vérification EC5	Page 14

Edouard MASSE  
Technicien Supérieur  
Chargé d'études

Ossature

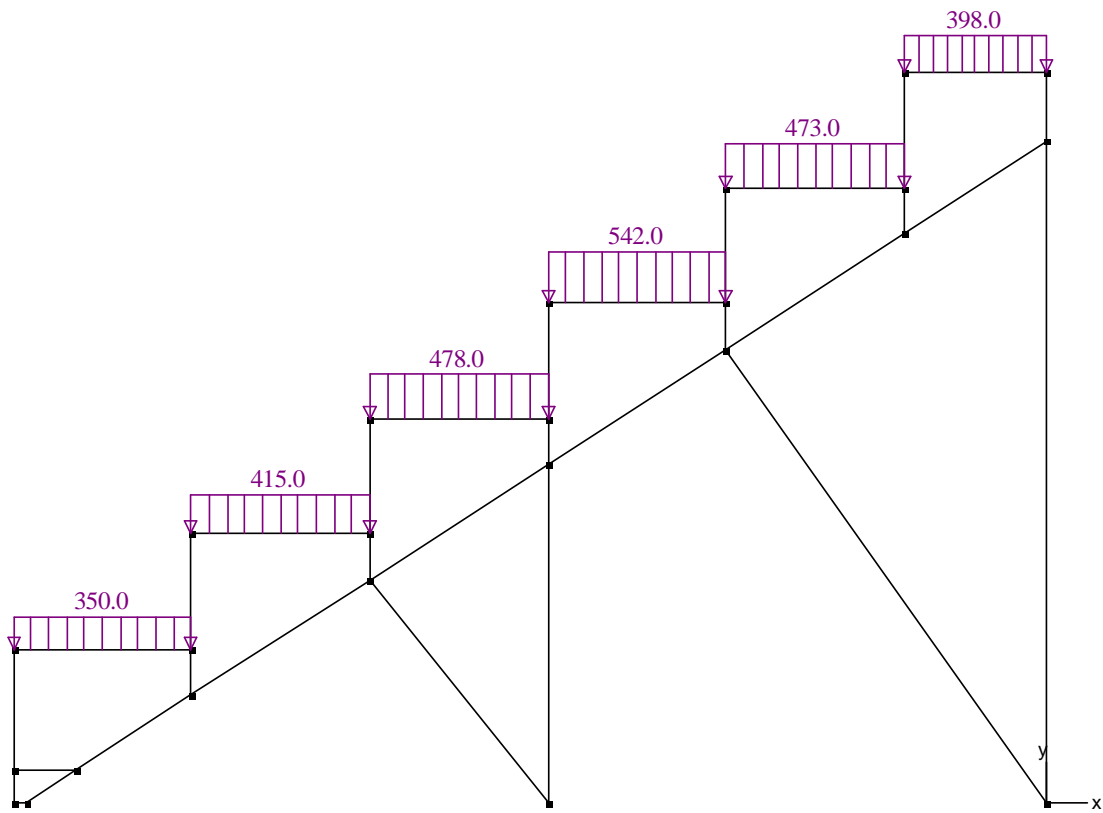


Charges - poids propre (daN, daNm, daN/m)



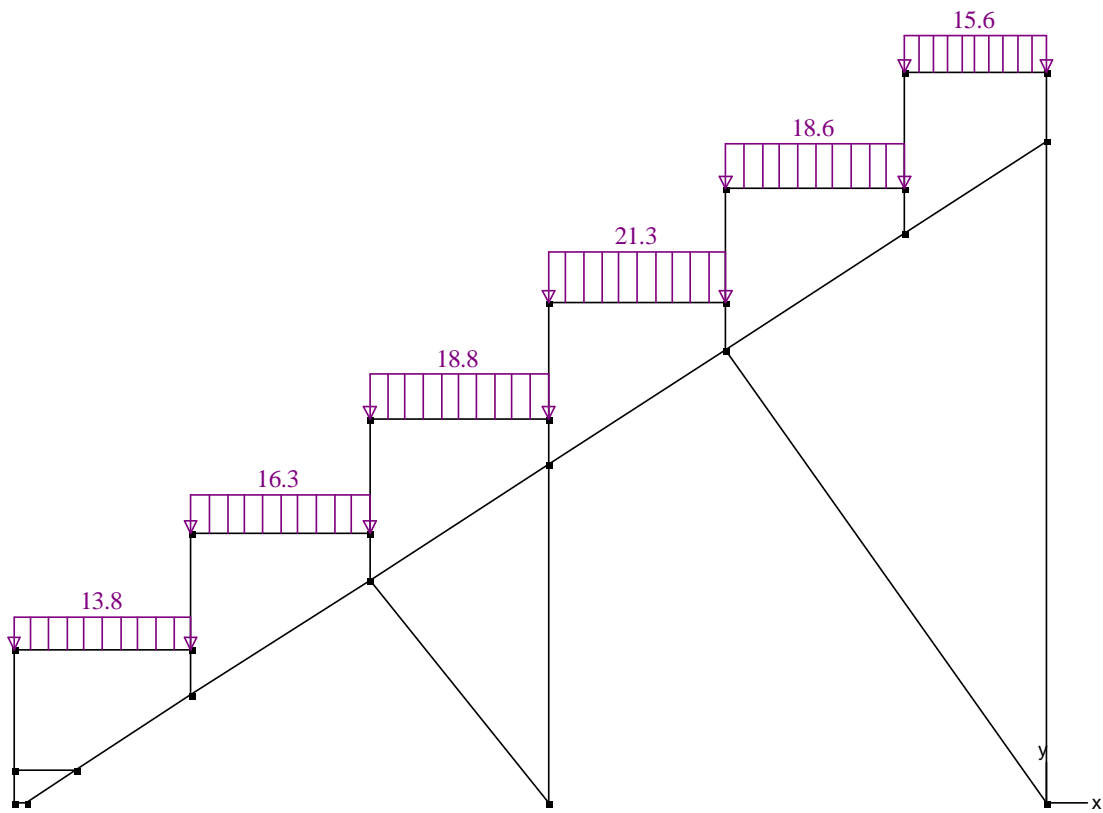
y  
└─ x

Charges - exploitation (daN, daNm, daN/m)



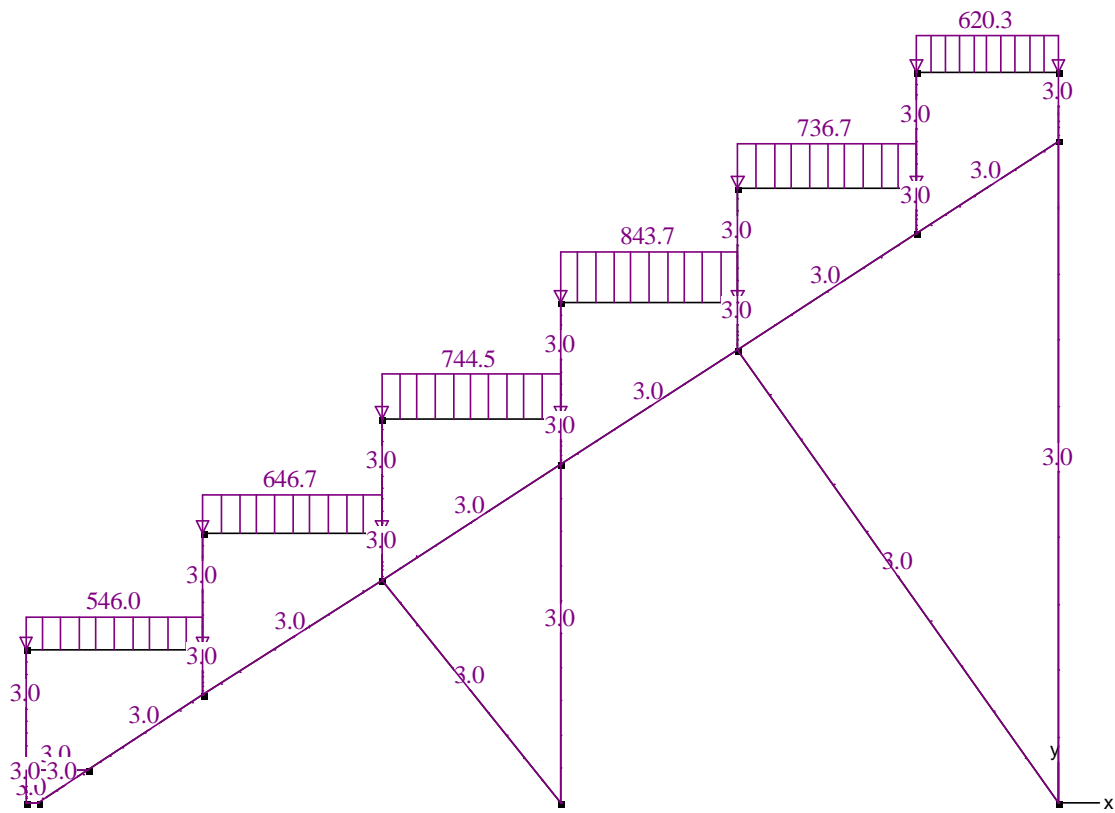
y  
└─ x

Charges - poid propre bois (daN, daNm, daN/m)



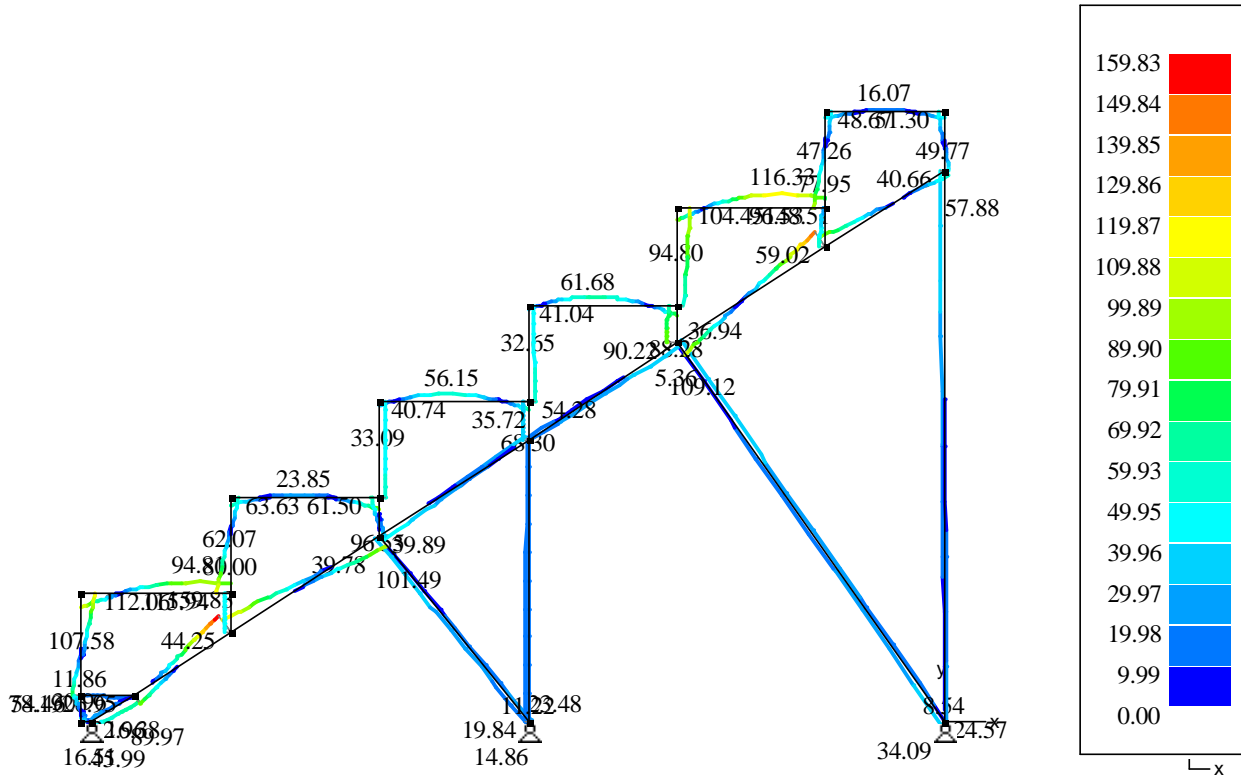
y  
└─ x

Charges Combination 1 (daN, daNm, daN/m)

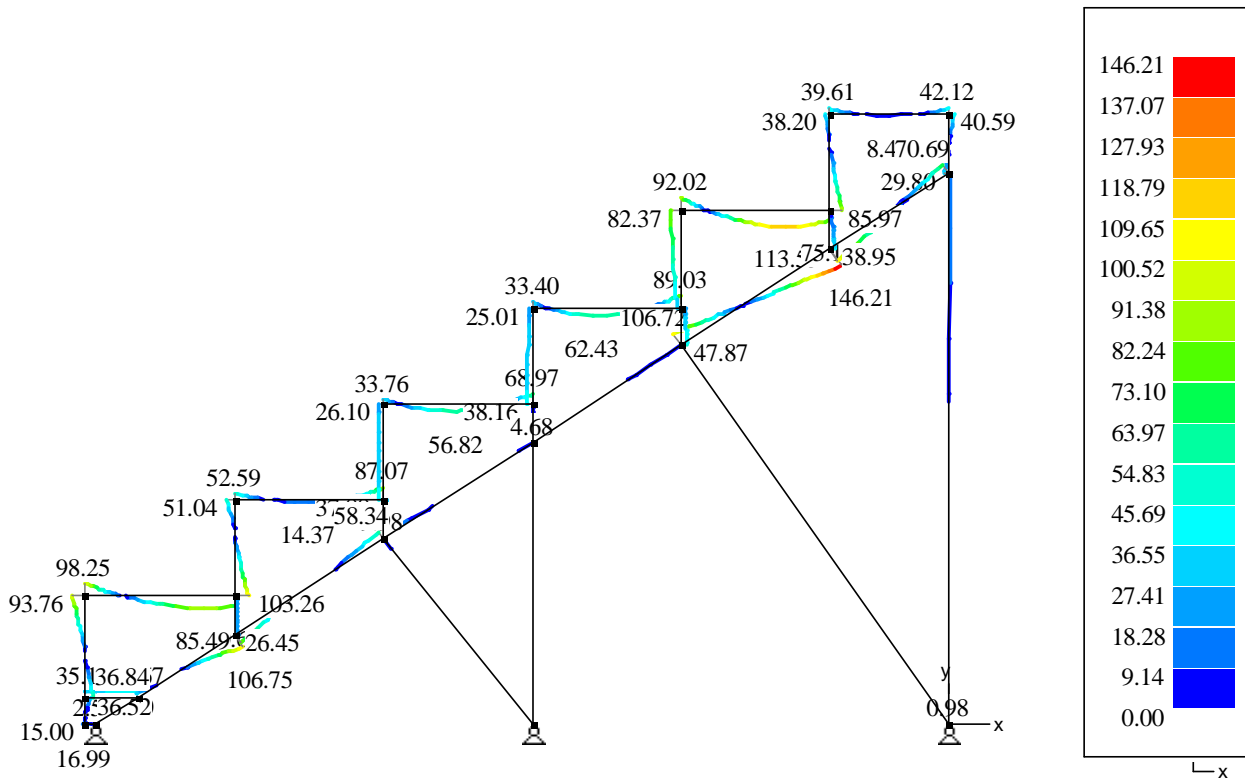


y  
L  
x

Diagrammes - Contraintes de compression  $Sy'$  (MPa) - Combinaison 1

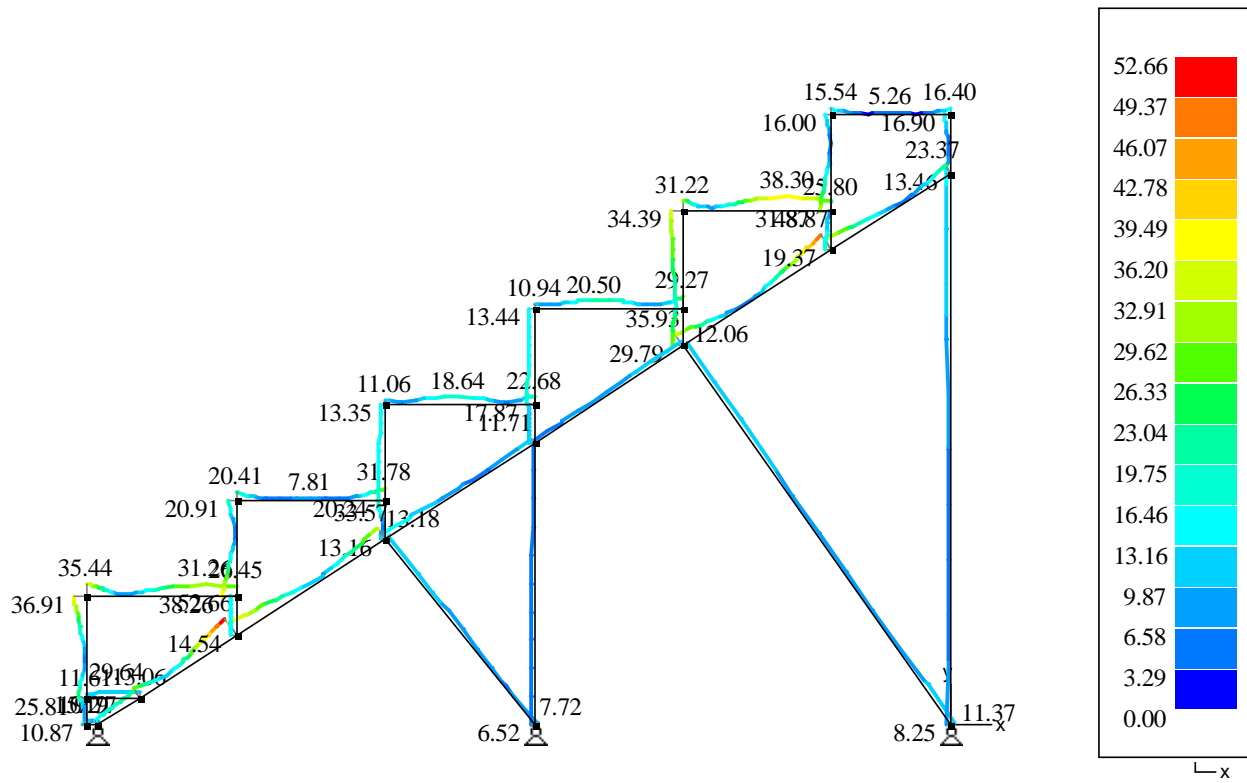


Diagrammes - Contraintes de traction  $Sy'$  (MPa) - Combinaison 1

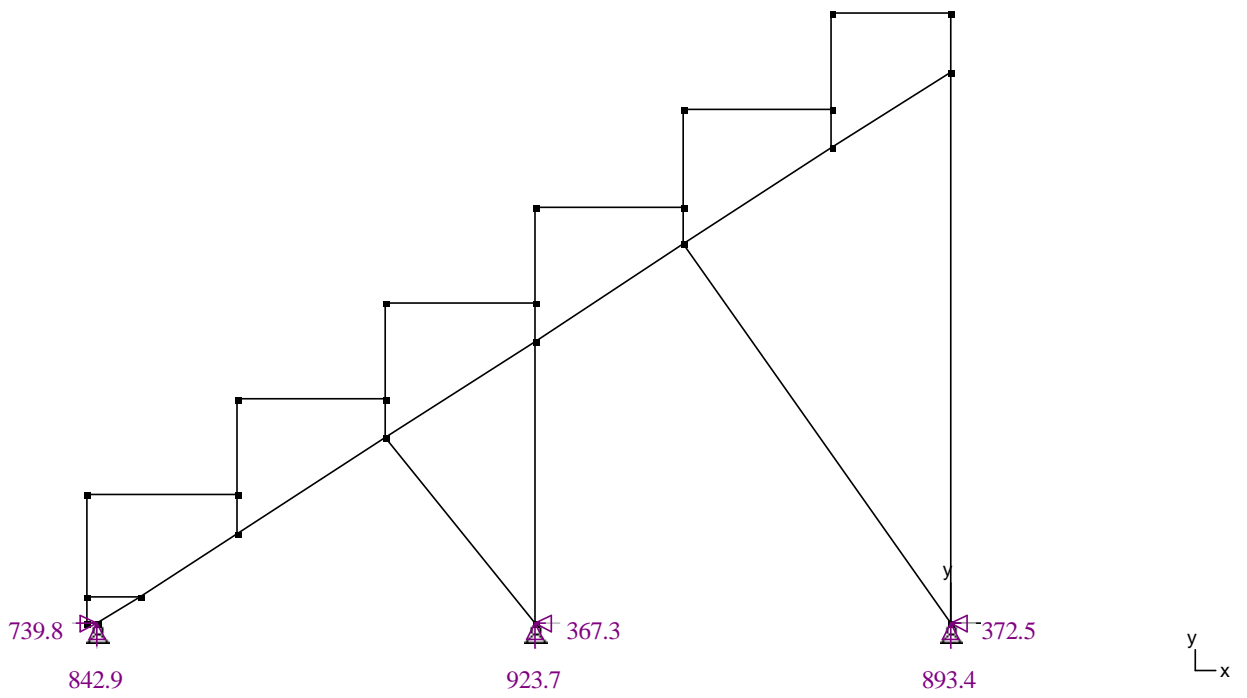




**Diagrammes - Résistance des sections (%) - ENV 1993-1-1 - EC5**



**Diagrammes - Réactions minimales (daN) - Combinaison 1**



## Données - Noeuds

nd	x mm	y mm	z mm	rot.	app.	masse kg
1	-3547	120	0			0.0
2	-3776	120	0			0.0
3	0	0	0		⊗	0.0
4	-1170	1670	0			0.0
5	0	2690	0			0.0
6	0	2434	0			0.0
7	-3731	0	0		⊗	0.0
8	-1170	2265	0			0.0
9	-519	2690	0			0.0
10	-519	2095	0			0.0
11	-519	2265	0			0.0
12	-1170	1840	0			0.0
13	-1822	1840	0			0.0
14	-1822	1245	0			0.0
15	-1822	1415	0			0.0
16	-2473	1415	0			0.0
17	-2473	820	0			0.0
18	-2473	990	0			0.0
19	-3125	990	0			0.0
20	-3125	395	0			0.0
21	-3125	565	0			0.0
22	-3776	565	0			0.0
23	-3776	0	0			0.0
24	-1822	0	0		⊗	0.0

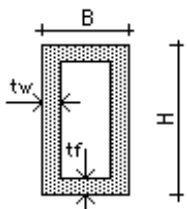
## Données - Barres

br.	nd1	nd2	section	orient. °	long. mm	inclin. °	nd1 kN/m - kNm/rad	nd2 kN/m - kNm/rad
1	1	2	Tube 40x40x2	-0.00	229	0.00		
2	3	4	Tube 40x40x2	0.00	2039	54.98		
3	5	9	Tube 40x40x2	-0.00	519	0.00		
4	8	11	Tube 40x40x2	0.00	651	0.00		
5	12	13	Tube 40x40x2	-0.00	652	0.00		
6	15	16	Tube 40x40x2	-0.00	651	0.00		
7	18	19	Tube 40x40x2	-0.00	652	0.00		
8	21	22	Tube 40x40x2	-0.00	651	0.00		
9	7	23	Tube 40x40x2	-0.00	45	0.00		
10	17	24	Tube 40x40x2	0.00	1047	-51.55		
11	14	24	Tube 40x40x2	0.00	1245	-90.00		
12	1	7	Tube 40x40x2	-0.00	220	-33.11		
13	2	22	Tube 40x40x2	0.00	445	90.00		

## Données - Barres

br.	nd1	nd2	section	orient. °	long. mm	inclin. °	nd1 kN/m - kNm/rad	nd2 kN/m - kNm/rad
14	2	23	Tube 40x40x2	0.00	120	-90.00		
15	3	6	Tube 40x40x2	0.00	2434	90.00		
16	5	6	Tube 40x40x2	0.00	256	-90.00		
17	4	10	Tube 40x40x2	0.00	777	33.14		
18	6	10	Tube 40x40x2	0.00	620	-33.15		
19	9	11	Tube 40x40x2	0.00	425	-90.00		
20	10	11	Tube 40x40x2	0.00	170	90.00		
21	4	12	Tube 40x40x2	0.00	170	90.00		
22	8	12	Tube 40x40x2	0.00	425	-90.00		
23	4	14	Tube 40x40x2	-0.00	778	-33.10		
24	13	15	Tube 40x40x2	0.00	425	-90.00		
25	14	15	Tube 40x40x2	0.00	170	90.00		
26	14	17	Tube 40x40x2	0.00	777	-33.14		
27	16	18	Tube 40x40x2	0.00	425	-90.00		
28	17	18	Tube 40x40x2	0.00	170	90.00		
29	1	20	Tube 40x40x2	0.00	504	33.09		
30	17	20	Tube 40x40x2	-0.00	778	-33.10		
31	19	21	Tube 40x40x2	0.00	425	-90.00		
32	20	21	Tube 40x40x2	0.00	170	90.00		

## Données - Section Tube 40x40x2



B = 40 mm    H = 40 mm

tw = 2 mm

tf = 2 mm

matériau : Acier(S 235) (1), à chaud

caractéristiques de résistance :

surface = 3.04 cm<sup>2</sup>

poids = 2.4 kg/m

axe fort y-y :

axe faible z-z :

Iy = 73365.3 mm<sup>4</sup>

Iz = 73365.3 mm<sup>4</sup>

Wy = 3668.3 mm<sup>3</sup>

Wz = 3668.3 mm<sup>3</sup>

Wpl,y = 4336.0 mm<sup>3</sup>

Wpl,z = 4336.0 mm<sup>3</sup>

iy = 15.5 mm

iz = 15.5 mm

Avz = 1.60 cm<sup>2</sup>

Avy = 1.60 cm<sup>2</sup>

It = 104256.8 mm<sup>4</sup>

Iw = 0.0 mm<sup>6</sup>

## Données - Matériau Acier(S 235) (1)

type : acier

<b>Données - Matériau Acier(S 235) (1)</b>
--

caractéristiques :

module d'élasticité = 210000 N/mm<sup>2</sup>

coefficient de Poisson = 0.30

poids spécifique = 77.0 kN/m<sup>3</sup>

coeff. de dilatation therm. = 0.000012 /°C

Qualités d'acier (MPa) :

type d'acier	t <= 40		40 < t <= 100	
	fy	fu	fy	fu
Acier(S 235) (1)	235.00	360.00	215.00	360.00

Coefficients de sécurité partielle :

$$\gamma_{M0} = 1.10$$

$$\gamma_{M1} = 1.10$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

<b>Données - Poids propre</b>
-------------------------------

br.	section	matériau	long. mm	poids/l. kg/m	volume m <sup>3</sup>	poids kg	surface à peindre cm <sup>2</sup>
1	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	229	2.4	0.00	0.5	366.40
2	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	2039	2.4	0.00	4.9	3262.51
3	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	519	2.4	0.00	1.2	830.40
4	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	651	2.4	0.00	1.6	1041.60
5	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	652	2.4	0.00	1.6	1043.20
6	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	651	2.4	0.00	1.6	1041.60
7	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	652	2.4	0.00	1.6	1043.20
8	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	651	2.4	0.00	1.6	1041.60
9	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	45	2.4	0.00	0.1	72.00
10	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	1047	2.4	0.00	2.5	1675.19
11	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	1245	2.4	0.00	3.0	1992.00
12	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	220	2.4	0.00	0.5	351.48
13	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	445	2.4	0.00	1.1	712.00
14	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	120	2.4	0.00	0.3	192.00
15	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	2434	2.4	0.00	5.8	3894.40
16	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	256	2.4	0.00	0.6	409.60
17	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	777	2.4	0.00	1.9	1243.92
18	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	620	2.4	0.00	1.5	991.85
19	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	425	2.4	0.00	1.0	680.00
20	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	170	2.4	0.00	0.4	272.00
21	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	170	2.4	0.00	0.4	272.00
22	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	425	2.4	0.00	1.0	680.00
23	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	778	2.4	0.00	1.9	1245.26
24	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	425	2.4	0.00	1.0	680.00
25	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	170	2.4	0.00	0.4	272.00

<b>Données - Poids propre</b>
-------------------------------

br.	section	matériau	long. mm	poids/l. kg/m	volume m <sup>3</sup>	poids kg	surface à peindre cm <sup>2</sup>
26	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	777	2.4	0.00	1.9	1243.92
27	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	425	2.4	0.00	1.0	680.00
28	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	170	2.4	0.00	0.4	272.00
29	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	504	2.4	0.00	1.2	805.91
30	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	778	2.4	0.00	1.9	1245.26
31	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	425	2.4	0.00	1.0	680.00
32	Tube 40x40x2	Acier(S 235) (1)	170	2.4	0.00	0.4	272.00
			19066		0.01	45.5	30505.29

<b>Données - composition des combinaisons de charges</b>
--

Facteur de combinaison x (Coefficient de charge défavorable ~ Coefficient de charge favorable)

\* = charge roulante

°° = train de charges

Combinaison 1 :

Type : Groupe de charges

1 poids propre	1,30 x 1,00
2 exploitation	1,50 x 1,00
3 poid propre bois	1,30 x 1,00

ELU CF 1 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,30
2 exploitation	0,70 x 1,50
3 poid propre bois	0,70 x 1,30

ELU CF 2 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,00
2 exploitation	0,70 x 1,50
3 poid propre bois	0,70 x 1,30

ELU CF 3 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,30
2 exploitation	0,70 x 1,00
3 poid propre bois	0,70 x 1,30

ELU CF 4 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,00
----------------	-------------

**Données - composition des combinaisons de charges**

2 exploitation	0,70 x 1,00
3 poid propre bois	0,70 x 1,30

## ELU CF 5 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,30
2 exploitation	0,70 x 1,50
3 poid propre bois	0,70 x 1,00

## ELU CF 6 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,00
2 exploitation	0,70 x 1,50
3 poid propre bois	0,70 x 1,00

## ELU CF 7 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,30
2 exploitation	0,70 x 1,00
3 poid propre bois	0,70 x 1,00

## ELU CF 8 :

Type : ELU CF

1 poids propre	1,00 x 1,00
2 exploitation	0,70 x 1,00
3 poid propre bois	0,70 x 1,00

**Résultats - Déplacements des noeuds - Combination 1**

nd	dx- mm	dx+ mm	dy- mm	dy+ mm	dz- mm	dz+ mm
1	0	0	-1	-1	0	0
2	0	0	0	0	-0	-0
3	0	0	-0	-0	-0	-0
4	-0	-0	-0	-0	-0	-0
5	-1	-1	-0	-0	-0	-0
6	-0	-0	-0	-0	-0	-0
7	-0	-0	-0	-0	-0	-0
8	1	1	-0	-0	-0	-0
9	-1	-1	-3	-3	-0	-0
10	2	2	-3	-3	-0	-0
11	1	1	-3	-3	-0	-0
12	-0	-0	-0	-0	-0	-0
13	-0	-0	-0	-0	-0	-0
14	-0	-0	-0	-0	0	0
15	-0	-0	-0	-0	0	0
16	-0	-0	-0	-0	0	0
17	-0	-0	-0	-0	0	0
18	-0	-0	-0	-0	0	0
19	-0	-0	-2	-2	0	0
20	1	1	-2	-2	0	0
21	1	1	-2	-2	0	0
22	1	1	0	0	-0	-0
23	0	0	0	0	-0	-0
24	0	0	-0	-0	0	0

**Résultats - Réactions - Combination 1**

nd	Rx- daN	Rx+ daN	Ry- daN	Ry+ daN	Rz- daN	Rz+ daN	Mx- daNm	Mx+ daNm	My- daNm	My+ daNm	Mz- daNm	Mz+ daNm
3	-372.5	-372.5	893.4	893.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
7	739.8	739.8	842.9	842.9	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
24	-367.3	-367.3	923.7	923.7	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
TOT	0.0	0.0	2660.0	2660.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Résultats - Contraintes - Combination 1**

br-nd	sigma y'- MPa	sigma y'+ MPa	sigma z'- MPa	sigma z'+ MPa
1-1	-16.38	39.67	11.65	11.65
1-2	-11.86	35.15	11.65	11.65
2-4	-36.94	-5.36	-21.15	-21.15

<b>Résultats - Contraintes - Combinaison 1</b>
--

br-nd	sigma y'- MPa	sigma y'+ MPa	sigma z'- MPa	sigma z'+ MPa
2-3	-34.09	-8.54	-21.32	-21.32
3-5	-49.77	42.12	-3.82	-3.82
3-9	-47.26	39.61	-3.82	-3.82
4-11	-77.95	75.17	-1.39	-1.39
4-8	-94.80	92.02	-1.39	-1.39
5-12	-88.28	89.03	0.37	0.37
5-13	-32.65	33.40	0.37	0.37
6-16	-33.09	33.76	0.34	0.34
6-15	-68.30	68.97	0.34	0.34
7-18	-96.55	87.07	-4.74	-4.74
7-19	-62.07	52.59	-4.74	-4.74
8-22	-107.58	98.25	-4.66	-4.66
8-21	-80.00	70.68	-4.66	-4.66
9-7	-16.51	2.54	-6.99	-6.99
9-23	-30.96	16.99	-6.99	-6.99
10-24	-23.48	-14.86	-19.17	-19.17
10-17	-39.78	1.61	-19.09	-19.09
11-14	-15.73	-15.08	-15.41	-15.41
11-24	-19.84	-11.22	-15.53	-15.53
12-7	-45.99	-26.95	-36.47	-36.47
12-1	-71.84	-1.08	-36.46	-36.46
13-2	-78.19	59.80	-9.19	-9.19
13-22	-112.06	93.76	-9.15	-9.15
14-23	-32.96	15.00	-8.98	-8.98
14-2	-54.46	36.52	-8.97	-8.97
15-3	-24.57	0.98	-11.80	-11.80
15-6	-40.66	17.55	-11.55	-11.55
16-6	-40.56	29.80	-5.38	-5.38
16-5	-51.30	40.59	-5.35	-5.35
17-4	-109.12	106.72	-1.20	-1.20
17-10	-148.51	146.21	-1.15	-1.15
18-10	-92.00	104.74	6.37	6.37
18-6	-57.88	70.69	6.40	6.40
19-9	-48.67	38.20	-5.24	-5.24
19-11	-96.53	85.97	-5.28	-5.28
20-11	-24.71	4.67	-10.02	-10.02
20-10	-59.02	38.95	-10.03	-10.03
21-4	-90.22	47.87	-21.18	-21.18
21-12	-65.35	23.03	-21.16	-21.16
22-12	-55.55	33.38	-11.08	-11.08
22-8	-104.45	82.37	-11.04	-11.04
23-4	-37.92	8.26	-14.83	-14.83
23-14	-16.23	-13.52	-14.87	-14.87
24-15	-54.28	38.16	-8.06	-8.06



<b>Résultats - Contraintes - Combinaison 1</b>
--

br-nd	sigma y'- MPa	sigma y'+ MPa	sigma z'- MPa	sigma z'+ MPa
24-13	-41.04	25.01	-8.02	-8.02
25-14	-38.57	5.17	-16.70	-16.70
25-15	-39.11	5.74	-16.69	-16.69
26-17	-49.84	18.72	-15.56	-15.56
26-14	-35.72	4.68	-15.52	-15.52
27-16	-40.74	26.10	-7.32	-7.32
27-18	-52.60	37.88	-7.36	-7.36
28-18	-61.50	31.63	-14.93	-14.93
28-17	-39.89	9.98	-14.95	-14.95
29-1	-89.97	36.84	-26.57	-26.57
29-20	-159.83	106.75	-26.54	-26.54
30-20	-119.55	76.32	-21.61	-21.61
30-17	-101.49	58.34	-21.57	-21.57
31-19	-63.63	51.04	-6.30	-6.30
31-21	-115.94	103.26	-6.34	-6.34
32-21	-43.14	25.37	-8.88	-8.88
32-20	-44.25	26.45	-8.90	-8.90

<b>Résultats - Vérification ENV 1993-1-1 - EC5</b>
--

barre	résistance %	flambement %
1	13.06	0.00
2	12.06	20.99
3	16.40	16.56
4	38.30	38.27
5	29.27	0.00
6	22.68	0.00
7	31.78	32.14
8	35.44	35.40
9	10.21	10.21
10	13.18	14.43
11	6.52	8.14
12	23.68	23.83
13	36.91	36.83
14	17.96	17.95
15	13.46	21.55
16	16.90	16.87
17	48.87	48.84
18	34.51	0.00
19	31.87	31.87
20	19.37	19.42
21	29.79	30.01

barre	résistance %	flambement %
22	34.39	34.79
23	12.66	13.22
24	17.87	18.08
25	12.82	12.90
26	16.46	16.81
27	17.31	17.50
28	20.24	20.22
29	52.66	52.63
30	39.42	39.18
31	38.26	38.23
32	14.54	14.60