

## Rénovation du sémaphore de Porquerolles



Document :

### NOTE DE CALCUL DETAILLEE ESCALIER HELICOIDAL

EMETTEUR RCB2	PROJET Sémaphore	PHASE EXE EXE RCB2 002 NDC 2301	INDICE 0
------------------	---------------------	------------------------------------	-------------

# **NOTE DE CALCUL**

## **NC-22914-A**

- **Projet: Escalier**
- **Client: RCB 2 SAS**
- **Chantier: SEMAPHORE PORQUEROLLES**

### **Réglementations :**

#### **ECO-EC1 : Bases de calcul et actions sur les structures.**

- Bases de Calcul des structures : NF EN 1990 et NF EN 1990/NA
- Eurocode 1 — actions sur les structures : NF EN 1991
- Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation pour les bâtiments : NF EN 1991-1-1 et NF P 06-111-2
- Actions générales — actions en cas d'incendie : EN 1991-1-2 et NF P 06-112-1
- Actions générales — charges de neige : NF EN 1991-1-3 et NF EN 1991-1-3/NA (la norme ne s'applique pas aux sites d'une altitude supérieure à 2000m)
- Actions générales — Actions du vent : NF EN 1991-1-4 et NF EN 1991-1-4/NA
- Actions générales — Actions thermiques : NF EN 1991-1-5 et NF EN 1991-1-5/NA

EC3 : Calculs des structures en acier - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments NF EN 1993-1-1 et NF EN 1993-1-1/NA - Partie 1-5 : plaques planes chargées dans leur plan NF EN 1993-1-5 et NF EN 1993-1-5/NA - Partie 1-8 : calcul des assemblages NF EN 1993-1-8 et NF EN 1993-1-8/NA - Partie 1-10 : choix des qualités d'acier NF EN 1993-1-10 et NF EN 1993-1-10/NA - Partie 6 : chemins de roulements NF EN 1993-6 et NF EN 1993-6/NA

#### **ECB8 : Calculs des structures pour leur résistance aux séismes**

- Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments NF EN 1998-1 et NF EN 1998-1/NA
- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique
- Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- Recommandations pour le dimensionnement parasismique des structures en acier et mixtes non ou faiblement dissipatives (BNCM — CNN2M du 31/01/2013)



• Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

### **Soudures**

L'apothème des soudures sera au moins égale à 0,7 fois l'épaisseur de la pièce la plus mince à assembler.

### **Flèches et déplacements**

Flèches :  $W_{max} < L/250$  et  $W3 < L/350$

*Nota :  $W3$  flèche due aux actions variables de la combinaison d'actions concernée  
 $W_{max}$  flèche totale*

### **Stabilités**

L'escalier est considéré articulé aux appuis.

### **Logiciels utilisés :**

Calculs des structures

- ROBOT Structural Analysis Professional 2020

Dessin d'exécution

- Advance Steel 2020 - AutoCad 2018 - TopSolid 2020

### **Descriptif projet :**

Escalier cage tubes pour bâtiment de classification B - 1 U.P. Hauteur à monter Y= 12m000 soit 67 hauteurs.

Passage P=0m800. Giron G=0m256- Conforme règles de l'art imposé par l'article R4216-12  $G+2H = 614$  (Vérifiée)

Palier arrivée +12m007 en UPN 120 boulonné contre un fer de rive (H.F)

Palier intermédiaire pour créer une reprise du mât central à +6m055 en UPN 120 boulonné contre un fer de rive (H.F)

Platelage tôle à larmes 3/5 mm, garde-corps (20 DaN/ml)

Mât central en tube Ø273x4.

Ancrage par chevillage sur gros œuvre (**vérification du support, hors étude**).

### **Hypothèses de calcul**

#### **Poids mort**

Poids propre :

Généré par le logiciel

Garde-Corps :

20 DaN/ml

Platelage:

50 DaN/m<sup>2</sup>

Poids marches et cage repris sur mât escalier :

1500 DaN (par tronçon de mât)

**Charges d'exploitation :**

Catégorie B (Escalier d'accès à un bâtiment soumis au code du travail) : 250 DaN/m<sup>2</sup>  
 Soit sur les marches  $S_m = 0.23 \times 250 \times 33 = 1900$  DaN (par tronçon de mât)

**Le vent :**

Région = II

Catégorie du terrain = 0 Bord de mer

Hauteur de l'escalier h (m) = 13m000

Coefficient de saison c season = 1.00

Coefficient de direction c dir = 1.00

Vitesse de référence du vent v b (m/s) = 24

Coefficient orographique c o = 1.00

Hauteur de référence Z e (m) = 13m000

Coefficient d'exposition c e (z e ) = 3.056

Qp (à 3m) =  $24^2 / 16.3 \times 3.056 = 108$  DaN/m<sup>2</sup>

Diamètre escalier D=2m200

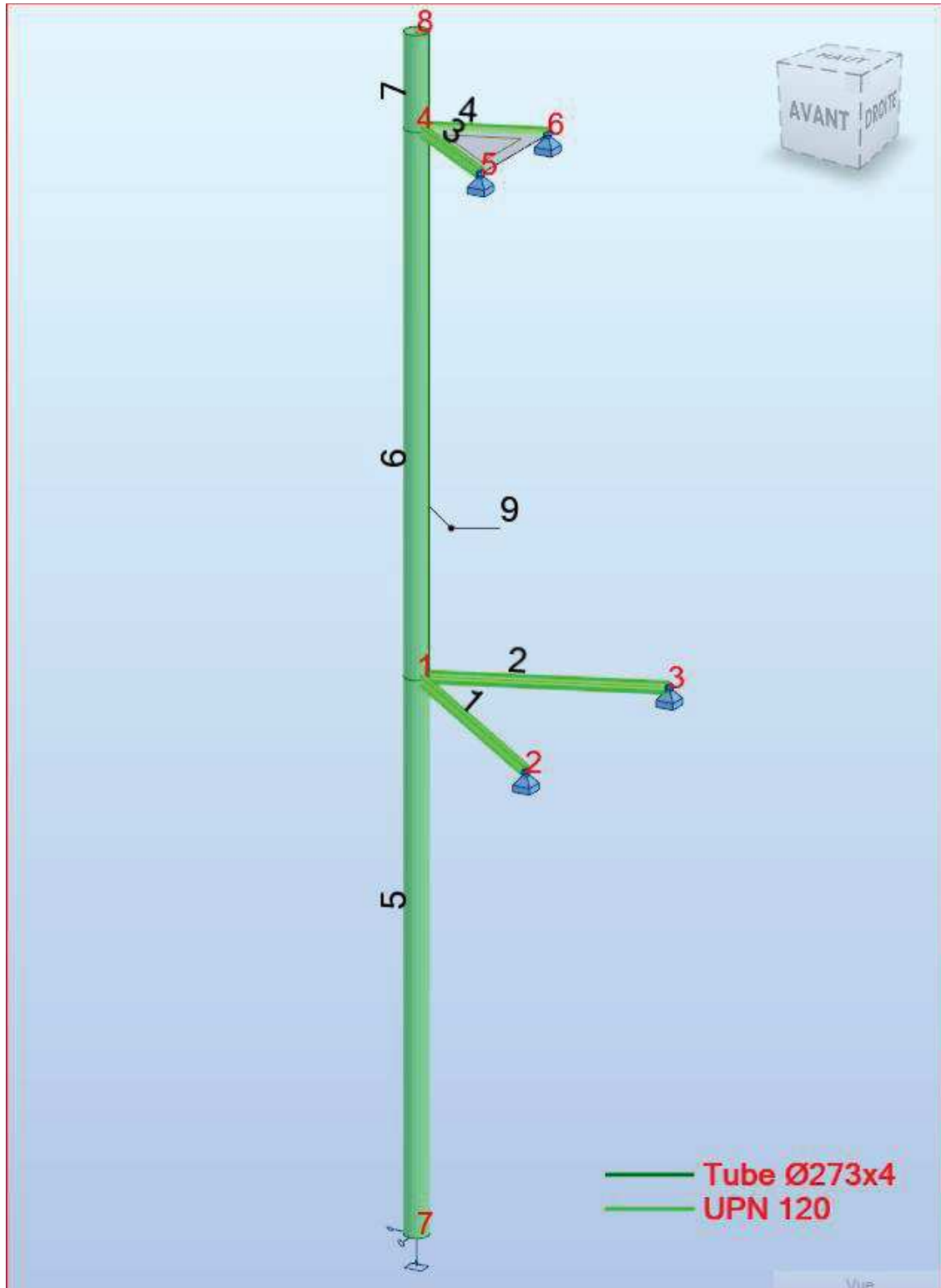
$$Q = 2.2 \times 108 = 238 \text{ DaN/ml}$$

**Le séisme :**

Sans objet

**Auteur: Olivier Grivolat**  
 (Directeur technique)  
[o.grivolat@ysofer.fr](mailto:o.grivolat@ysofer.fr)

## Vue de la structure





## Données - Noeuds

Noeud	X [m]	Y [m]	Z [m]	Appui	Code de l'appui
1	0,0	0,0	6,06		
2	2,40	-1,93	6,06	Rotule	bbblll
3	2,40	1,00	6,06	Rotule	bbblll
4	0,0	0,0	12,01		
5	1,26	-0,87	12,01	Rotule	bbblll
6	1,26	0,50	12,01	Rotule	bbblll
7	0,0	0,0	0,0	Rotule (Blocage RZ)	bbbllb
8	0,0	0,0	13,06		

## Données - Barres

Barre	Noeud 1	Noeud 2	Section	Matériau	Longueur [m]	Gamma [Deg]	Type de barre
1	1	2	UPN 120	S 275	3,08	0,0	Traverse
2	1	3	UPN 120	S 275	2,60	180,0	Traverse
3	4	5	UPN 120	S 275	1,53	0,0	Traverse
4	4	6	UPN 120	S 275	1,35	0,0	Traverse
5	1	7	Tube Ø273x4	S 235	6,06	0,0	Mât escalier
6	1	4	Tube Ø273x4	S 235	5,95	0,0	Mât escalier
7	4	8	Tube Ø273x4	S 235	1,05	0,0	Aucun
9	4	7	Tube Ø273x4	S 235	12,01	0,0	Mât escalier

## Données - Sections

Nom de la section	Liste des barres	AX [mm <sup>2</sup> ]	AY [mm <sup>2</sup> ]	AZ [mm <sup>2</sup> ]
Tube Ø273x4	5A7 9	3380,35	1690,18	1690,18
UPN 120	1A4	1688,49	975,73	834,37

Nom de la section	IX [mm <sup>4</sup> ]	IY [mm <sup>4</sup> ]	IZ [mm <sup>4</sup> ]
Tube Ø273x4	61164964,85	30582482,43	30582482,43
UPN 120	37720,00	3642490,00	430777,00

## Données - Matériaux



	Matériau	E [daN/mm <sup>2</sup> ]	G [daN/mm <sup>2</sup> ]	NU	LX [1/°C]	RO [daN/m <sup>3</sup> ]	Re [daN/mm <sup>2</sup> ]
1	S 275	21000,00	8100,00	0,30	0,00	7701	27,50
2	S 235	21000,00	8100,00	0,30	0,00	7701	23,50

## Données - Appuis

Nom de l'appui	Liste de noeuds	Liste de bords	Liste d'objets	Conditions d'appui
Rotule	2 3 5 6			UX UY UZ
Rotule (Blocage RZ)	7			UX UY UZ RZ

## Chargements - Cas

Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	PERM1	PERM1	Structurelle	Statique linéaire
2	EXPL1	EXPL1	Catégorie B	Statique linéaire
3	VENT(X+)	VENT(X+)	vent	Statique linéaire
4	VENT(X-)	VENT(X-)	vent	Statique linéaire
5	VENT(Y-)	VENT(Y-)	vent	Statique linéaire
6	VENT(Y+)	VENT(Y+)	vent	Statique linéaire
7		ELU		Statique linéaire
8		ELU+		Statique linéaire
9		ELU-		Statique linéaire
10		ELS		Statique linéaire
11		ELS+		Statique linéaire
12		ELS-		Statique linéaire

## Chargements - Valeurs

Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge
1	poids propre	1A8	PZ Moins Coef=1,00
1	(EF) surfacique uniforme	8	PZ=-50[daN/m <sup>2</sup> ]
1	charge uniforme	3	PZ=-20[daN/m]
1	force sur barre	5 6	FZ=-1500[daN] X=0,50 relatives
2	(EF) surfacique uniforme	8	PZ=-250[daN/m <sup>2</sup> ]



Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge
2	force sur barre	5	FZ=-1900[daN] X=0,50 relatives
2	force sur barre	6	FZ=-1900[daN] X=0,50 relatives
3	charge uniforme	5A7	PX=238[daN/m]
4	charge uniforme	5A7	PX=-238[daN/m]
5	charge uniforme	5A7	PY=-238[daN/m]
6	charge uniforme	5A7	PY=238[daN/m]

Définitions des pondérations - Cas: 7 10 [ NF EN 1990/NA Décembre 2011 H<1000m ] [ NF EN 1990/NA Décembre 2011 H<1000m ]: Valeurs: 1

Combinaison/Comp.	Définition
ELU/ 1	PERM1*1.35 + EXPL1*1.50
ELU/ 2	PERM1*1.35 + EXPL1*1.50 + VENT(X+)*0.90
ELU/ 3	PERM1*1.35 + EXPL1*1.50 + VENT(X-)*0.90
ELU/ 4	PERM1*1.35 + EXPL1*1.50 + VENT(Y-)*0.90
ELU/ 5	PERM1*1.35 + EXPL1*1.50 + VENT(Y+)*0.90
ELU/ 6	PERM1*1.35
ELU/ 7	PERM1*1.00 + EXPL1*1.50
ELU/ 8	PERM1*1.00 + EXPL1*1.50 + VENT(X+)*0.90
ELU/ 9	PERM1*1.00 + EXPL1*1.50 + VENT(X-)*0.90
ELU/ 10	PERM1*1.00 + EXPL1*1.50 + VENT(Y-)*0.90
ELU/ 11	PERM1*1.00 + EXPL1*1.50 + VENT(Y+)*0.90
ELU/ 12	PERM1*1.00
ELU/ 13	PERM1*1.35 + EXPL1*1.05 + VENT(X+)*1.50
ELU/ 14	PERM1*1.35 + EXPL1*1.05 + VENT(X-)*1.50
ELU/ 15	PERM1*1.35 + EXPL1*1.05 + VENT(Y-)*1.50
ELU/ 16	PERM1*1.35 + EXPL1*1.05 + VENT(Y+)*1.50
ELU/ 17	PERM1*1.35 + VENT(X+)*1.50
ELU/ 18	PERM1*1.35 + VENT(X-)*1.50
ELU/ 19	PERM1*1.35 + VENT(Y-)*1.50
ELU/ 20	PERM1*1.35 + VENT(Y+)*1.50
ELU/ 21	PERM1*1.00 + EXPL1*1.05 + VENT(X+)*1.50
ELU/ 22	PERM1*1.00 + EXPL1*1.05 + VENT(X-)*1.50
ELU/ 23	PERM1*1.00 + EXPL1*1.05 + VENT(Y-)*1.50
ELU/ 24	PERM1*1.00 + EXPL1*1.05 + VENT(Y+)*1.50
ELU/ 25	PERM1*1.00 + VENT(X+)*1.50
ELU/ 26	PERM1*1.00 + VENT(X-)*1.50
ELU/ 27	PERM1*1.00 + VENT(Y-)*1.50
ELU/ 28	PERM1*1.00 + VENT(Y+)*1.50
ELS:CAR/ 1	PERM1*1.00 + EXPL1*1.00
ELS:CAR/ 2	PERM1*1.00 + EXPL1*1.00 + VENT(X+)*0.60
ELS:CAR/ 3	PERM1*1.00 + EXPL1*1.00 + VENT(X-)*0.60
ELS:CAR/ 4	PERM1*1.00 + EXPL1*1.00 + VENT(Y-)*0.60
ELS:CAR/ 5	PERM1*1.00 + EXPL1*1.00 + VENT(Y+)*0.60





Combinaison/Comp.	Définition
ELS:CAR/ 6	PERM1*1.00
ELS:CAR/ 7	PERM1*1.00 + EXPL1*0.70 + VENT(X+)*1.00
ELS:CAR/ 8	PERM1*1.00 + EXPL1*0.70 + VENT(X-)*1.00
ELS:CAR/ 9	PERM1*1.00 + EXPL1*0.70 + VENT(Y-)*1.00
ELS:CAR/ 10	PERM1*1.00 + EXPL1*0.70 + VENT(Y+)*1.00
ELS:CAR/ 11	PERM1*1.00 + VENT(X+)*1.00
ELS:CAR/ 12	PERM1*1.00 + VENT(X-)*1.00
ELS:CAR/ 13	PERM1*1.00 + VENT(Y-)*1.00
ELS:CAR/ 14	PERM1*1.00 + VENT(Y+)*1.00

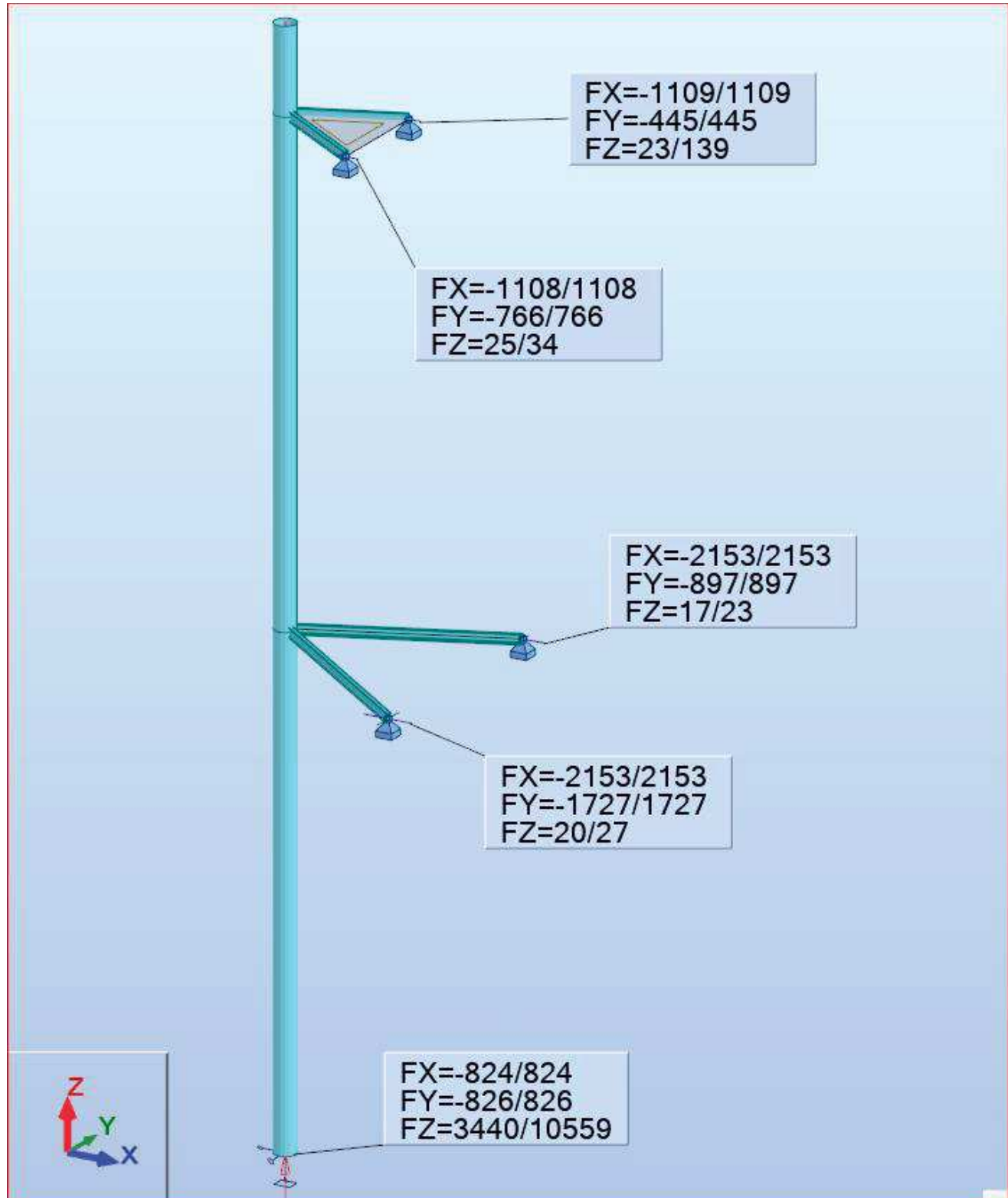
## Réactions Repère global - Format DDC - Cas: 1A6 8 9 11 12 : Valeurs: 1

Cas/Noeud	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
<b>Nom du cas</b>	PERM1		
1/ 2	-0	0	-20
1/ 3	0	0	-17
1/ 5	0	-0	-25
1/ 6	-0	-0	-23
1/ 7	0	-0	-3440
<b>Nom du cas</b>	EXPL1		
2/ 2	-0	0	-0
2/ 3	0	0	0
2/ 5	0	-0	0
2/ 6	-0	-0	-72
2/ 7	0	-0	-3944
<b>Nom du cas</b>	VENT(X+)		
3/ 2	599	-480	0,0
3/ 3	1153	480	-0
3/ 5	296	-205	-0
3/ 6	510	205	0
3/ 7	550	0	0
<b>Nom du cas</b>	VENT(X-)		
4/ 2	-599	480	0,0
4/ 3	-1153	-480	0
4/ 5	-296	205	0
4/ 6	-510	-205	-0
4/ 7	-550	-0	-0
<b>Nom du cas</b>	VENT(Y-)		
5/ 2	1435	-1151	0,0



Cas/Noeud	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]
5/ 3	-1435	-598	-0
5/ 5	739	-511	0
5/ 6	-739	-297	0
5/ 7	-0	-551	0
Nom du cas	VENT(Y+)		
6/ 2	-1435	1151	0,0
6/ 3	1435	598	0
6/ 5	-739	511	-0
6/ 6	739	297	-0
6/ 7	0	551	-0
Nom du cas	ELU+		
ELU+/ 2	-2153	-1727	-27
ELU+/ 3	-2153	-897	-23
ELU+/ 5	-1108	-766	-34
ELU+/ 6	-1109	-445	-139
ELU+/ 7	-824	-826	-10559
Nom du cas	ELU-		
ELU-/ 2	2153	1727	-20
ELU-/ 3	2153	897	-17
ELU-/ 5	1108	766	-25
ELU-/ 6	1109	445	-23
ELU-/ 7	824	826	-3440
Nom du cas	ELS+		
ELS+/ 2	-1435	-1151	-20
ELS+/ 3	-1435	-598	-17
ELS+/ 5	-739	-511	-25
ELS+/ 6	-739	-297	-95
ELS+/ 7	-550	-551	-7383
Nom du cas	ELS-		
ELS-/ 2	1435	1151	-20
ELS-/ 3	1435	598	-17
ELS-/ 5	739	511	-25
ELS-/ 6	739	297	-23
ELS-/ 7	550	551	-3440

## Réaction ELU (DaN) – Cas enveloppe – Mini Maxi





## Vérification des barres acier

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 1

**POINT:** 4

**COORDONNEE:**  $x = 0.50 L = 1.54 \text{ m}$

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif: 7 ELU /15/  $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.05 + 5 \cdot 1.50$

**MATERIAU:**

S 275 ( S 275 )  $f_y = 27.5 \text{ daN/mm}^2$



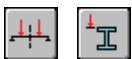
**PARAMETRES DE LA SECTION: UPN 120**

$h=120.0 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=55.0 \text{ mm}$	$A_y=1100.49 \text{ mm}^2$	$A_z=842.49 \text{ mm}^2$	$A_x=1688.49 \text{ mm}^2$
$tw=7.0 \text{ mm}$	$I_y=3642490.00 \text{ mm}^4$	$I_z=430777.00 \text{ mm}^4$	$I_x=37720.00 \text{ mm}^4$
$tf=9.0 \text{ mm}$	$W_{ely}=60708.17 \text{ mm}^3$	$W_{elz}=11063.72 \text{ mm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{Ed} = 2760 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 21 \text{ daN}\cdot\text{m}$
$N_{c,Rd} = 46433 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 21 \text{ daN}\cdot\text{m}$
$N_{b,Rd} = 7605 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 1669 \text{ daN}\cdot\text{m}$
	$M_{b,Rd} = 795 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 3



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 1730 \text{ daN}\cdot\text{m}$	Courbe,LT - d	$XLT = 0.48$
$L_{cr,upp} = 3.08 \text{ m}$	$\lambda_{m\_LT} = 0.98$	$f_{i,LT} = 1.28$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 3.08 \text{ m}$	$\lambda_{m\_y} = 0.76$
$L_{cr,y} = 3.08 \text{ m}$	$X_y = 0.69$
$\lambda_{my} = 66.24$	$k_{yy} = 1.23$



en z:

$L_z = 3.08 \text{ m}$	$\lambda_{m\_z} = 2.22$
$L_{cr,z} = 3.08 \text{ m}$	$X_z = 0.16$
$\lambda_{mz} = 192.62$	$k_{zy} = 0.92$

flambement par torsion:

Courbe,T=c	$\alpha_{f,T} = 0.49$
$L_t = 3.08 \text{ m}$	$f_{i,T} = 0.87$
$N_{cr,T} = 93144 \text{ daN}$	$X_{f,T} = 0.72$
$\lambda_{m\_T} = 0.71$	$N_{b,T,Rd} = 33476 \text{ daN}$

flambement en flexion-torsion

Courbe,TF=c	$\alpha_{f,TF} = 0.49$
$N_{cr,y} = 79757 \text{ daN}$	$f_{i,TF} = 1.10$
$N_{cr,TF} = 54574 \text{ daN}$	$X_{f,TF} = 0.59$
$\lambda_{m\_TF} = 0.92$	$N_{b,TF,Rd} = 27216 \text{ daN}$

**FORMULES DE VERIFICATION:**

Contrôle de la résistance de la section:



$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.07 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

#### Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{y,Ed} = 66.24 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 192.62 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.36 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.03 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{Rk}/gM1) = 0.12 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{Rk}/gM1) = 0.39 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

#### DEPLACEMENTS LIMITES



##### Flèches (REPERE LOCAL):

$$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250.00 = 1.2 \text{ cm} \quad \text{Vérifié}$$

Cas de charge décisif: 5 VENT(Y-)

$$u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250.00 = 1.2 \text{ cm} \quad \text{Vérifié}$$

Cas de charge décisif: 1 PERM1

$$u_{inst,y} = 0.0 \text{ cm} < u_{inst,max,y} = L/350.00 = 0.9 \text{ cm} \quad \text{Vérifié}$$

Cas de charge décisif: 0.7\*2 + 1\*5

$$u_{inst,z} = 0.0 \text{ cm} < u_{inst,max,z} = L/350.00 = 0.9 \text{ cm} \quad \text{Vérifié}$$

Cas de charge décisif: 1\*2



Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 2

**POINT:** 4

**COORDONNEE:** x = 0.50 L = 1.30 m

#### CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 7 ELU /16/ 1\*1.35 + 2\*1.05 + 6\*1.50

#### MATERIAU:

S 275 ( S 275 )  $f_y = 27.5 \text{ daN/mm}^2$



#### PARAMETRES DE LA SECTION: UPN 120

h=120.0 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=55.0 mm

Ay=1100.49 mm<sup>2</sup>

Az=842.49 mm<sup>2</sup>

Ax=1688.49 mm<sup>2</sup>

tw=7.0 mm

Iy=3642490.00 mm<sup>4</sup>

Iz=430777.00 mm<sup>4</sup>

Ix=37720.00 mm<sup>4</sup>

tf=9.0 mm

Wely=60708.17 mm<sup>3</sup>

Welz=11063.72 mm<sup>3</sup>

#### EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N<sub>Ed</sub> = 2332 daN

M<sub>y,Ed</sub> = -15 daN\*m

N<sub>c,Rd</sub> = 46433 daN

M<sub>y,Ed,max</sub> = -15 daN\*m

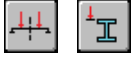
N<sub>b,Rd</sub> = 10168 daN

M<sub>y,c,Rd</sub> = 1669 daN\*m

M<sub>b,Rd</sub> = 864 daN\*m



Classe de la section = 3

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$        $M_{cr} = 2034 \text{ daN}\cdot\text{m}$       Courbe,LT - d       $XLT = 0.52$   
 $L_{cr,low} = 2.60 \text{ m}$        $\lambda_{m\_LT} = 0.91$        $f_{i,LT} = 1.18$

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**

en y:

$L_y = 2.60 \text{ m}$        $\lambda_{m\_y} = 0.64$   
 $L_{cr,y} = 2.60 \text{ m}$        $X_y = 0.76$   
 $\lambda_{my} = 55.98$        $k_{yy} = 1.12$



en z:

$L_z = 2.60 \text{ m}$        $\lambda_{m\_z} = 1.88$   
 $L_{cr,z} = 2.60 \text{ m}$        $X_z = 0.22$   
 $\lambda_{mz} = 162.78$        $k_{zy} = 0.97$

flambement par torsion:

$\text{Courbe}, T=c$        $\alpha_T = 0.49$   
 $L_T = 2.60 \text{ m}$        $f_T = 0.86$   
 $N_{cr,T} = 96361 \text{ daN}$        $X_T = 0.73$   
 $\lambda_{m\_T} = 0.69$        $N_{b,T,Rd} = 33817 \text{ daN}$

flambement en flexion-torsion

$\text{Courbe}, TF=c$        $\alpha_{TF} = 0.49$   
 $N_{cr,y} = 111679 \text{ daN}$        $f_{i,TF} = 1.01$   
 $N_{cr,TF} = 65717 \text{ daN}$        $X_{TF} = 0.64$   
 $\lambda_{m\_TF} = 0.84$        $N_{b,TF,Rd} = 29565 \text{ daN}$

**FORMULES DE VERIFICATION:****Contrôle de la résistance de la section:**

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.5.(1))  
 $N_{y,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.06 < 1.00$  (6.2.1(7))

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$\lambda_{m,y} = 55.98 < \lambda_{m,max} = 210.00$        $\lambda_{m,z} = 162.78 < \lambda_{m,max} = 210.00$  STABLE  
 $N_{y,Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.23 < 1.00$  (6.3.1)  
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.02 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N_{y,Ed}/(X_y \cdot N_{b,Rd}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{b,Rd}/gM1) = 0.09 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{y,Ed}/(X_z \cdot N_{b,Rd}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{b,Rd}/gM1) = 0.25 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y,max} = L/250.00 = 1.0 \text{ cm}$  Vérifié

**Cas de charge décisif:** 10 ELS /9/ 1\*1.00 + 2\*0.70 + 5\*1.00

$u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z,max} = L/250.00 = 1.0 \text{ cm}$  Vérifié

**Cas de charge décisif:** 10 ELS /1/ 1\*1.00 + 2\*1.00

$u_{inst,y} = 0.0 \text{ cm} < u_{inst,max,y} = L/350.00 = 0.7 \text{ cm}$  Vérifié

**Cas de charge décisif:** 0.7\*2 + 1\*5

$u_{inst,z} = 0.0 \text{ cm} < u_{inst,max,z} = L/350.00 = 0.7 \text{ cm}$  Vérifié

**Cas de charge décisif:** 1\*2 + 0.6\*6

**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!****CALCUL DES STRUCTURES ACIER****NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

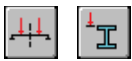
**FAMILLE:****PIECE:** 3**POINT:** 4**COORDONNEE:**  $x = 0.50 L = 0.76 \text{ m}$ **CHARGEMENTS:**Cas de charge décisif: 7 ELU /15/  $1 \cdot 1.35 + 2 \cdot 1.05 + 5 \cdot 1.50$ **MATERIAU:**S 275 ( S 275 )  $f_y = 27.5 \text{ daN/mm}^2$ **PARAMETRES DE LA SECTION: UPN 120**

$h=120.0 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=55.0 \text{ mm}$	$A_y=1100.49 \text{ mm}^2$	$A_z=842.49 \text{ mm}^2$	$A_x=1688.49 \text{ mm}^2$
$tw=7.0 \text{ mm}$	$I_y=3642490.00 \text{ mm}^4$	$I_z=430777.00 \text{ mm}^4$	$I_x=37720.00 \text{ mm}^4$
$tf=9.0 \text{ mm}$	$W_{ely}=60708.17 \text{ mm}^3$	$W_{elz}=11063.72 \text{ mm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{y,Ed} = 1348 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 13 \text{ daN}\cdot\text{m}$
$N_{c,Rd} = 46433 \text{ daN}$	$M_{y,Ed,max} = 13 \text{ daN}\cdot\text{m}$
$N_{b,Rd} = 22455 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 1669 \text{ daN}\cdot\text{m}$
	$M_{b,Rd} = 1084 \text{ daN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 3

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 1.00$	$M_{cr} = 3502 \text{ daN}\cdot\text{m}$	Courbe,LT - d	$X_{LT} = 0.65$
$L_{cr,upp} = 1.53 \text{ m}$	$\lambda_{m\_LT} = 0.69$	$f_{i,LT} = 0.92$	

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**

en y:

$L_y = 1.53 \text{ m}$	$\lambda_{m\_y} = 0.38$
$L_{cr,y} = 1.53 \text{ m}$	$X_y = 0.91$
$\lambda_{m_y} = 32.88$	$k_{yy} = 1.02$



en z:

$L_z = 1.53 \text{ m}$	$\lambda_{m\_z} = 1.10$
$L_{cr,z} = 1.53 \text{ m}$	$X_z = 0.48$
$\lambda_{mz} = 95.60$	$k_{zy} = 1.00$

**flambement par torsion:**

Courbe,T=c	$\alpha_{T,T} = 0.49$
$L_t = 1.53 \text{ m}$	$f_{i,T} = 0.80$
$N_{cr,T} = 117739 \text{ daN}$	$X_{T,T} = 0.77$
$\lambda_{m\_T} = 0.63$	$N_{b,T,Rd} = 35692 \text{ daN}$

**flambement en flexion-torsion**

Courbe,TF=c	$\alpha_{T,TF} = 0.49$
$N_{cr,y} = 323758 \text{ daN}$	$f_{i,TF} = 0.84$
$N_{cr,TF} = 102320 \text{ daN}$	$X_{T,TF} = 0.74$
$\lambda_{m\_TF} = 0.67$	$N_{b,TF,Rd} = 34404 \text{ daN}$

**FORMULES DE VERIFICATION:****Contrôle de la résistance de la section:**

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$N_{y,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$$\lambda_{m,y} = 32.88 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 95.60 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{y,Ed}/\min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.06 < 1.00 \quad (6.3.1)$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{y,Ed}/(X_y \cdot N_{b,Rd}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rd}/gM1) = 0.04 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{y,Ed}/(X_z \cdot N_{b,Rd}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rd}/gM1) = 0.07 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**DEPLACEMENTS LIMITES**

**Flèches (REPÈRE LOCAL):**
 $u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/250.00 = 0.6 \text{ cm}$ 

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 5 VENT(Y-)

 $u_z = 0.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/250.00 = 0.6 \text{ cm}$ 

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 10 ELS /3/ 1\*1.00 + 2\*1.00 + 4\*0.60

 $u_{\text{inst},y} = 0.0 \text{ cm} < u_{\text{inst,max},y} = L/350.00 = 0.4 \text{ cm}$ 

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 0.7\*2 + 1\*5

 $u_{\text{inst},z} = 0.0 \text{ cm} < u_{\text{inst,max},z} = L/350.00 = 0.4 \text{ cm}$ 

Vérifié

**Cas de charge décisif:** 0.7\*2 + 1\*4
**Déplacements (REPÈRE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces
**FAMILLE:****PIECE:** 4**POINT:** 4**COORDONNEE:**  $x = 0.50 L = 0.68 \text{ m}$ **CHARGEMENTS:**
**Cas de charge décisif:** 7 ELU /16/ 1\*1.35 + 2\*1.05 + 6\*1.50
**MATERIAU:**S 275 ( S 275 )  $f_y = 27.5 \text{ daN/mm}^2$ **PARAMETRES DE LA SECTION: UPN 120**

h=120.0 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=55.0 mm

Ay=1100.49 mm<sup>2</sup>Az=842.49 mm<sup>2</sup>Ax=1688.49 mm<sup>2</sup>

tw=7.0 mm

Iy=3642490.00 mm<sup>4</sup>Iz=430777.00 mm<sup>4</sup>Ix=37720.00 mm<sup>4</sup>

tf=9.0 mm

Wely=60708.17 mm<sup>3</sup>Welz=11063.72 mm<sup>3</sup>**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**N<sub>y,Ed</sub> = 1195 daNM<sub>y,Ed</sub> = 52 daN\*mN<sub>c,Rd</sub> = 46433 daNM<sub>y,Ed,max</sub> = 53 daN\*mN<sub>b,Rd</sub> = 25723 daNM<sub>y,c,Rd</sub> = 1669 daN\*mV<sub>z,Ed</sub> = -24 daNV<sub>z,c,Rd</sub> = 13376 daNM<sub>b,Rd</sub> = 1134 daN\*m

Classe de la section = 3

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

z = 1.00

M<sub>cr</sub> = 4009 daN\*m

Courbe,LT - d

XLT = 0.68

L<sub>cr,upp</sub> = 1.35 mL<sub>am\_LT</sub> = 0.65f<sub>i,LT</sub> = 0.88**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**





en y:

Ly = 1.35 m      Lam\_y = 0.34  
 Lcr,y = 1.35 m      Xy = 0.93  
 Lam\_y = 29.14      kyy = 1.01



en z:

Lz = 1.35 m      Lam\_z = 0.98  
 Lcr,z = 1.35 m      Xz = 0.55  
 Lam\_z = 84.73      kzy = 1.00

**flambement par torsion:**

Courbe,T=c      alfa,T=0.49  
 Lt=1.35 m      fi,T=0.78  
 Ncr,T=126651 daN      X,T=0.78  
 Lam\_T=0.61      Nb,T,Rd=36317 daN

**flambement en flexion-torsion**

Courbe,TF=c      alfa,TF=0.49  
 Ncr,y=412168 daN      fi,TF=0.81  
 Ncr,TF=112792 daN      X,TF=0.76  
 Lam\_TF=0.64      Nb,TF,Rd=35310 daN

**FORMULES DE VERIFICATION:****Contrôle de la résistance de la section:**

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.03 < 1.00$  (6.2.5.(1))  
 $N_{y,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.06 < 1.00$  (6.2.1.(7))  
 $\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3(\tau_{z,Ed})^2} / (f_y / \gamma_{M0}) = 0.05 < 1.00$  (6.2.1.(5))  
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6.(1))

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$\lambda_{y,Ed} = 29.14 < \lambda_{y,max} = 210.00$        $\lambda_{z,Ed} = 84.73 < \lambda_{z,max} = 210.00$  STABLE  
 $N_{y,Ed} / \min(N_{b,Rd}, N_{b,T,Rd}, N_{b,TF,Rd}) = 0.05 < 1.00$  (6.3.1)  
 $M_{y,Ed,max} / M_{b,Rd} = 0.05 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N_{y,Ed} / (X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max} / (X_{LT} \cdot M_{Rk} / \gamma_{M1}) = 0.08 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{y,Ed} / (X_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max} / (X_{LT} \cdot M_{Rk} / \gamma_{M1}) = 0.09 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches (REPERE LOCAL):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/250.00 = 0.5 cm      Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 5 VENT(Y-)  
 uz = 0.0 cm < uz max = L/250.00 = 0.5 cm      Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 10 ELS /2/ 1\*1.00 + 2\*1.00 + 3\*0.60  
 u inst,y = 0.0 cm < u inst,max,y = L/350.00 = 0.4 cm      Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 0.7\*2 + 1\*6  
 u inst,z = 0.0 cm < u inst,max,z = L/350.00 = 0.4 cm      Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 1\*2 + 0.6\*3

**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!****CALCUL DES STRUCTURES ACIER****NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces**FAMILLE:****PIECE:** 9 Mât escalier**POINT:** 2**COORDONNEE:** x = 0.79 L = 9.48 m**CHARGEMENTS:****Cas de charge décisif:** 7 ELU /15/ 1\*1.35 + 2\*1.05 + 5\*1.50

**MATERIAU:**S 235 ( S 235 )  $f_y = 23.5 \text{ daN/mm}^2$ **PARAMETRES DE LA SECTION: Tube Ø273x4**

$h=273.0 \text{ mm}$	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
	$A_y=2152.00 \text{ mm}^2$	$A_z=2152.00 \text{ mm}^2$	$A_x=3380.35 \text{ mm}^2$
$tw=4.0 \text{ mm}$	$I_y=30582482.43 \text{ mm}^4$	$I_z=30582482.43 \text{ mm}^4$	$I_x=61164964.85 \text{ mm}^4$
	$W_{ply}=289465.33 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=289465.33 \text{ mm}^3$	

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

$N_{Ed} = 8696 \text{ daN}$	$M_{y,Ed} = 0 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -948 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 74 \text{ daN}$
$N_{c,Rd} = 79438 \text{ daN}$	$M_{y,pl,Rd} = 6802 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 6802 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{y,c,Rd} = 29198 \text{ daN}$
$N_{b,Rd} = 35452 \text{ daN}$	$M_{y,c,Rd} = 6802 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 6802 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0 \text{ daN}$
	$MN_{y,Rd} = 6644 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 6644 \text{ daN}\cdot\text{m}$	$V_{z,c,Rd} = 29198 \text{ daN}$
			Classe de la section = 2

**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:****PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**

en y:

$L_y = 12.01 \text{ m}$	$Lam_y = 1.34$
$L_{cr,y} = 12.01 \text{ m}$	$X_y = 0.45$
$Lam_y = 126.23$	$kzy = 0.74$



en z:

$L_z = 12.01 \text{ m}$	$Lam_z = 1.34$
$L_{cr,z} = 12.01 \text{ m}$	$X_z = 0.45$
$Lam_z = 126.23$	$kzz = 0.93$

**flambement par torsion:**

$Courbe, T=a$	$\alpha, T=0.21$
$L_t=12.01 \text{ m}$	$f_i, T=0.49$
$N_{cr,T}=27302857 \text{ daN}$	$X, T=1.00$
$Lam_T=0.05$	$Nb, T, Rd=79438 \text{ daN}$

**flambement en flexion-torsion**

$Courbe, TF=a$	$\alpha, TF=0.21$
$N_{cr,y}=43967 \text{ daN}$	$f_i, TF=1.52$
$N_{cr,TF}=43967 \text{ daN}$	$X, TF=0.45$
$Lam_{TF}=1.34$	$Nb, TF, Rd=35452 \text{ daN}$

**FORMULES DE VERIFICATION:****Contrôle de la résistance de la section:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.11 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$
$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
$M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
$(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^2 = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$
$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$
$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$Lambda_y = 126.23 < Lambda_{max} = 210.00$	$Lambda_z = 126.23 < Lambda_{max} = 210.00$	STABLE
$N_{Ed}/\text{Min}(Nb, Rd, Nb, T, Rd, Nb, TF, Rd) = 0.25 < 1.00 \quad (6.3.1)$		
$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed}/(Mz, Rk/gM1) = 0.33 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$		
$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed}/(Mz, Rk/gM1) = 0.37 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$		

**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches (REPERE LOCAL):** $u_y = 0.3 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 6.0 \text{ cm}$ 

Vérifié

**Cas de charge décisif: 5 VENT(Y-)** $u_z = 0.3 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 6.0 \text{ cm}$ 

Vérifié



**Cas de charge décisif:** 3 VENT(X+)

$u_{inst,y} = 0.3 \text{ cm} < u_{inst,max,y} = L/300.00 = 4.0 \text{ cm}$

Vérifié

**Cas de charge décisif:**  $0.7*2 + 1*5$

$u_{inst,z} = 0.3 \text{ cm} < u_{inst,max,z} = L/300.00 = 4.0 \text{ cm}$

Vérifié

**Cas de charge décisif:**  $0.7*2 + 1*3$



**Déplacements (REPERE GLOBAL):** *Non analysé*

**Profil correct !!!**