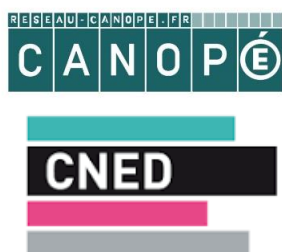


Note de vérification Bac Acier NBAC01 Ind 0

A l'attention de :



RESEAU CANOPE
Téléport 1, Arobase 4 - 1 Avenue du
Futuroscope, 86961 FUTUROSCOPE CEDEX,
Chasseneuil-du-Poitou
06 58 73 49 84
yannis.lhuillier@reseau-canope.fr
Marjorie.Perrinet@ac-cned.fr

Votre interlocuteur :



AMOCER
60 Rue Lawrence Durrell – BP 31213
84 911 Avignon Cedex 9

04 32 74 25 43
hamza.zuine@amocer.eu

DIAG ETANCHEITE EXISTANT TOULOUSE (31)

Note éditée le : 08/07/2025

Dossier AMOCER n° : 2025 04 026

Date	Description Modifications	Auteur	Vérificateur	Indice	Phase
08/07/2025	INITIAL	H. ZUINE	A. YAMEOGO G. Cardia	0	PRECO

Sommaire

I. SYNTHÈSE	3
A. PLAN DE REPERAGE DES ZONES.....	3
B. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE.....	4
C. VÉRIFICATION BAC 80 ep 0,75 mm – S350 GD.....	4
II. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES.....	5
A. OBJET DE LA NOTE	5
B. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	7
C. HYPOTHÈSES DE CALCUL.....	7
D. CHARGEMENT.....	7
1. CHARGES PERMANENTES	7
2. CHARGES D'EXPLOITATION NF EN 1991-1-1-6.3.4.2.....	7
3. CHARGE DE NEIGE (NF EN 1991-1-3/NA).....	7
4. CHARGE DE VENT (NF EN 1991-1-4/NA)	7
5. SEISME (NF EN 1998-1/NA).....	7
6. COMBINAISON DES CHARGES.....	8
III. VÉRIFICATION DU BAC ACIER	9
A. GÉOMÉTRIE DU BAC ACIER	9
B. VÉRIFICATION DU BAC ACIER	10
1. MODÈLE DE CALCUL :.....	10
2. DESCENTE DE CHARGES SUR LE BAC ACIER	11
3. MATÉRIAUX.....	12
C. VÉRIFICATION COMPORTEMENT LOCAL.....	13
1. RÉSULTATS : VÉRIFICATION DES DÉPLACEMENTS GLOBALES SOUS ELS	13
2. RÉSULTATS : VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DE VON MISES.....	14
D. VÉRIFICATION DE LA SECTION EFFICACE NF EN 1993-1-3	15
1. VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DANS LA SECTION BRUTE.....	16
2. VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DANS LA SECTION EFFICACE	17
3. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS SUR LA SECTION	18
4. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS POUR LE MOMENT FLECHISSANT.....	25
5. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS POUR LA FLEXION BI-AXIALE	26
6. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS AU MOMENT FLECHISSANT PLASTIQUE SUR LA SECTION	27
7. VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE AU CISAILEMENT DE LA SECTION	27



I. SYNTHÈSE

A. PLAN DE REPERAGE DES ZONES



PLAN DE REPERAGE

B. SUNTHESE DE L'ETUDE

Les résultats de la vérification du bac sont les suivants :

BATIMENT	REPERE	REFERENCE BAC	Capacité portante	COMPORTEMENT STRUCTUREL
1	ZONE ROUGE	BAC ACIER 80 – 75/100 – 350 GD	$10.70 + 23.3 = 34 \text{ kg/m}^2$	VALIDE

La capacité portante calculée est valable uniquement pour une charge répartie uniformément.

C. VERIFICATION BAC 80 EP 0,75 MM – S350 GD

Le bac acier 80-75/100 S 350GD est vérifié sous l'effet de charges existantes et charges futures.

- La vérification du comportement structurel global du bac acier : **Validée**
- La vérification de la flèche maximale à l'ELS **NF EN 1993-1-1 § 7** : **Validée**
- La vérification de la contrainte maximale à l'ELU **NF EN 1993-1-3** : **Validée**
- La vérification de la capacité du Moment pour la section brute et efficace **NF EN 1993-1-3 § 6.1.4.1 (1)** : **Validée**
- La vérification de la plastification excessive **NF EN 1993-1-5** : **Validée**
- La Vérification de la résistance au cisaillement **NF EN 1993-1-3 § 6.1.5 (1)** : **Validée**

La capacité portante du bac acier est de 34 kg/m^2 .



II. HYPOTHESES GENERALES

A. OBJET DE LA NOTE

Dans le cadre de calcul de capacité portante de bac acier pour la toiture d'un bâtiment d'une surface total d'environ 1920 m² en charpente béton situé à Toulouse (31) (43°34'38"N 1°24'16"E), nous sommes consultés en tant que bureau d'étude structure pour la vérification mécanique du bac acier.

Ce rapport permet d'établir un avis sur l'état général de la capacité portante du bac acier de la couverture qui support les isolations + l'étanchéité.

La note de calcul ne prend pas en compte la défaillance éventuelle de la qualité intrinsèque du bac acier, ni l'état de conservation des éléments structuraux de la charpente (exemple : présence de déformations, fissures ou dégradations diverses ou effets des chocs sur les profilés visibles ou non visibles sur les profilés). Plus généralement la note ne prend pas en compte des « vices cachés » associés de près ou de loin à la structure. Les éléments présentant des déformations, désordres ou autres points faibles sont à remplacer. Il est impératif d'informer AMOCER de toute anomalie non énoncée dans ce présent rapport. Les anomalies pouvant être rencontrées sont en générales : une dégradation ou un désordre local de la charpente, éléments manquants.





Vue en plan du bâtiment



B. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- 2025 04 026 RESEAU CANOPE-TOULOUSE (31) - NHYP01-0 NOTE D HYPOTHESES

C. HYPOTHÈSES DE CALCUL

Le bac acier est dimensionné conformément aux règlements : normes et recommandations françaises en vigueur, et notamment aux documents ci-après ainsi que les annexes nationales françaises. Les règlements de calculs utilisés sont les suivants :

NORMES DE CALCUL LISTEES DANS LA NOTE D'HYPOTHESES

- NF EN 1993 – Eurocode 3 : Calcul des structures en acier et son annexe nationale
- NF EN 1993 – Eurocode 3 partie 1-3/NA : Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid
- NF EN 1993 – Eurocode 3 partie 1-5/NA : Plaques planes

Flèche verticale admissible prise en compte est de : $W_{\max} \text{ (totale)} = L/200$

D. CHARGEMENT

1. CHARGES PERMANENTES

- Voir 2025 04 026 RESEAU CANOPE-TOULOUSE (31) - NHYP01-0 NOTE D HYPOTHESES

2. CHARGES D'EXPLOITATION NF EN 1991-1-1-6.3.4.2

- Voir 2025 04 026 RESEAU CANOPE-TOULOUSE (31) - NHYP01-0 NOTE D HYPOTHESES

3. CHARGE DE NEIGE (NF EN 1991-1-3/NA)

- Voir 2025 04 026 RESEAU CANOPE-TOULOUSE (31) - NHYP01-0 NOTE D HYPOTHESES

4. CHARGE DE VENT (NF EN 1991-1-4/NA)

- Voir 2025 04 026 RESEAU CANOPE-TOULOUSE (31) - NHYP01-0 NOTE D HYPOTHESES

5. SEISME (NF EN 1998-1/NA)

- Voir 2025 04 026 RESEAU CANOPE-TOULOUSE (31) - NHYP01-0 NOTE D HYPOTHESES



6. COMBINAISON DES CHARGES

Combinaisons à l'état limite ultime ELU

- $1,35 G$
- $1,35 G + 1,5 Q_1$
- $1,35 G + 1,5 W + 0,75 S$ ($H < 1000 \text{ m}$)
- $1,35 G + 0,9 W + 1,5 S$ ($H < 1000 \text{ m}$)

Combinaisons à l'état limite de service ELS

- $G + S$
- $G + S + 0,6 W$
- $G + W$
- $G + W + 0,5 S$

Combinaisons de soulèvement

- $G + 1,5 W$

Combinaisons accidentelles

- $1,00 G + 1,00 S_{acc}$
- $1,00 G + 1,00 S_{acc} + 0,2 W$

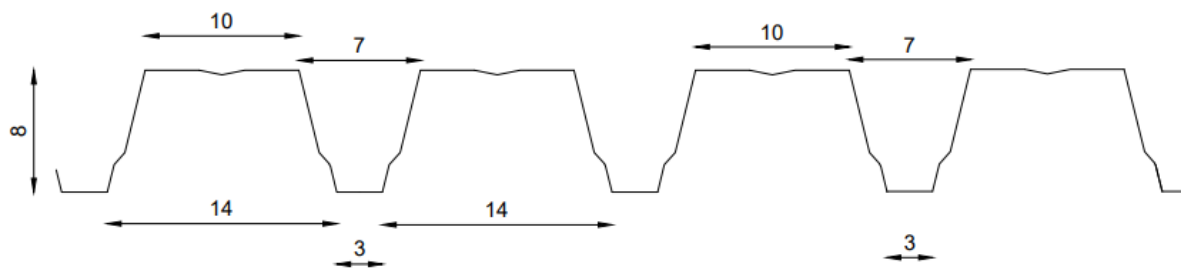


III. VERIFICATION DU BAC ACIER

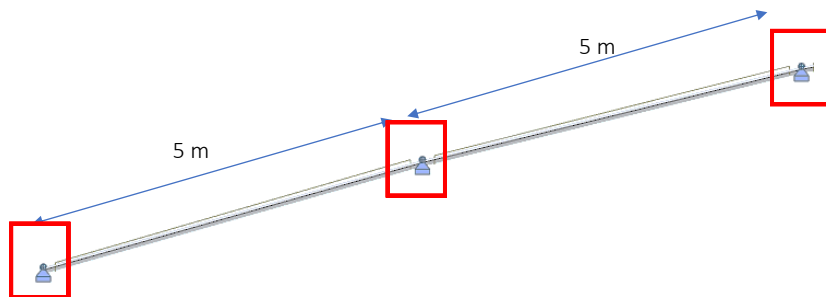
A. GEOMETRIE DU BAC ACIER

L'étude sera réalisée pour un type de bac dont les caractéristiques techniques sont données ci-dessous.

Bac acier 80 : ep 0,75 mm - S 350 GD



Les supports du bac acier sont des poutres avec entraxe moyenne 5 m.



On prend l'hypothèse « Bac acier continue à 3 appuis »

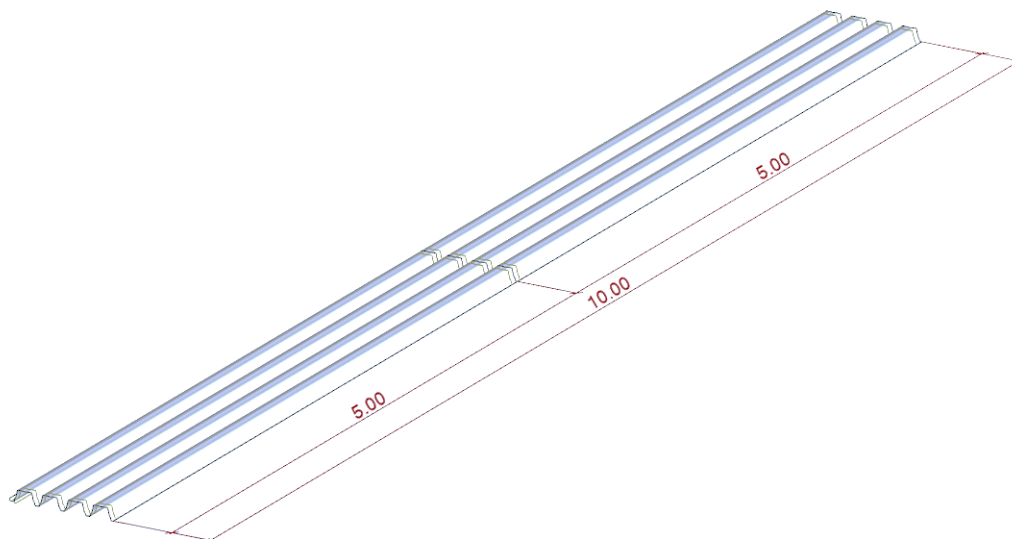
L'hypothèse "Bac acier continue à 3 appuis" implique que le bac est soutenu par trois points d'appui le long de sa longueur. Ce scénario est considéré comme défavorable car il génère un moment maximal sur l'appui si on le compare avec un bac acier de 2 ou 4 appuis

B. VERIFICATION DU BAC ACIER

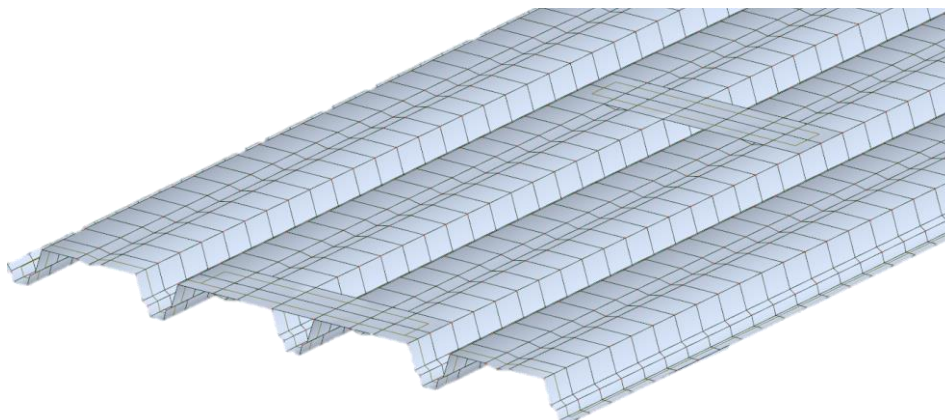
1. MODÈLE DE CALCUL :

Illustration du modèle : Étude réalisée sur le cas du bac : S350 GD – $E_p = 0,75\text{mm}$

- Géométrie :



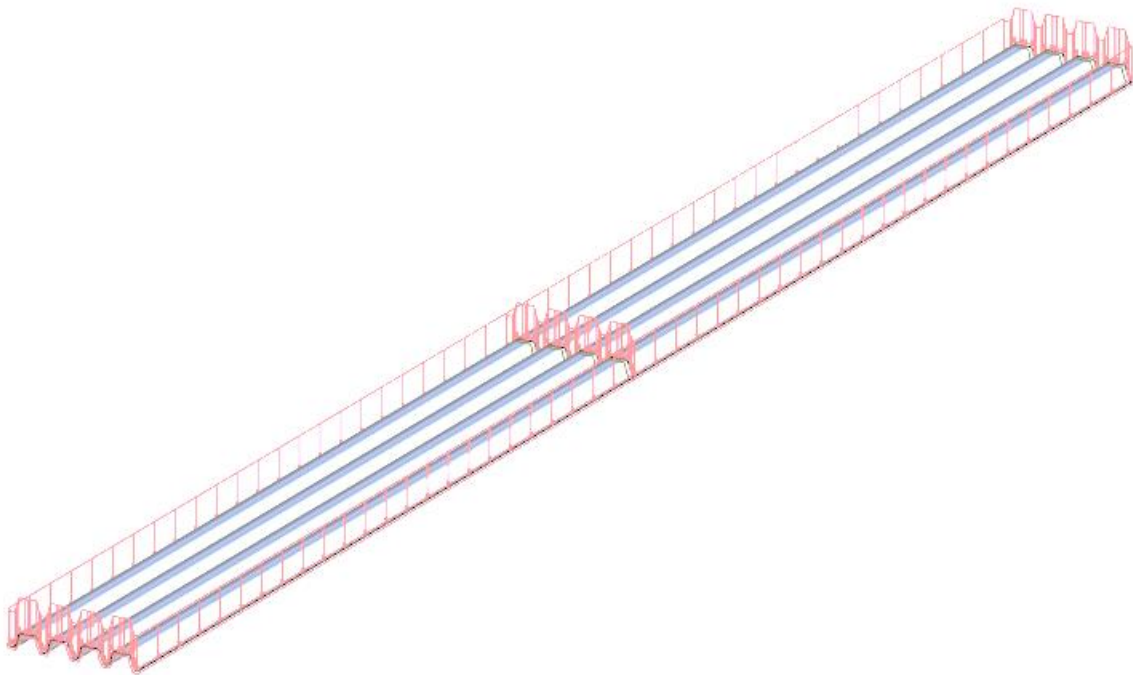
- **Maillage :** Le modèle utilise des éléments de coque type S4R (S4R 4-node general-purpose shell, reduced integration with hourglass control, finite membrane strains). Une pré-étude du maillage a été effectuée pour obtenir le bon résultat de modélisation et optimiser le temps de calcul. Le maillage choisi du modèle est présenté comme la photo suivante :



2. DESCENTE DE CHARGES SUR LE BAC ACIER

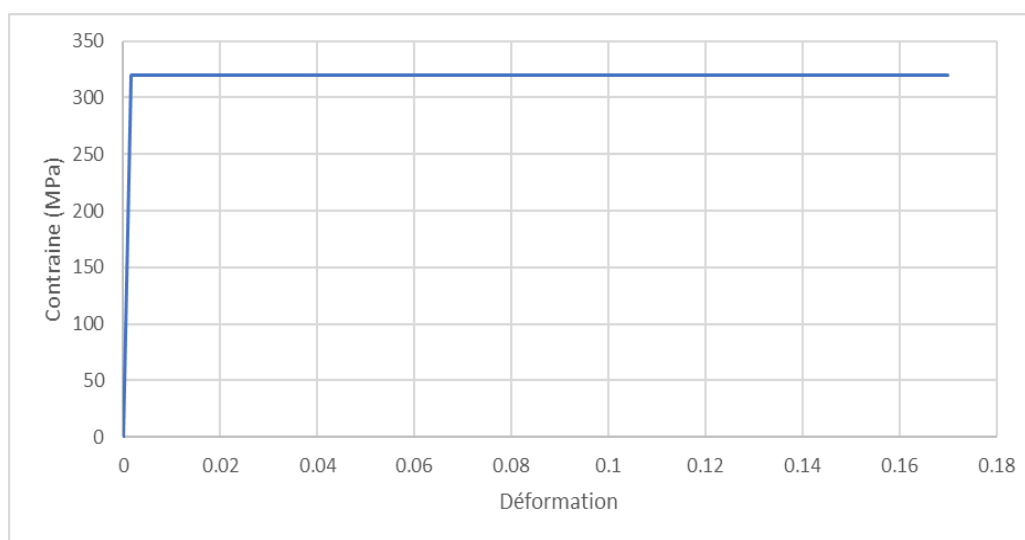
Répartition Surfacing

Cas de charge	Intensité (daN/m ²)	Nature de charge
Étanchéité + isolant + poids propre du bac acier	19,95	<i>Répartition surfacing</i>
Charge de Neige Normale	45	
Charge de Neige Accidentelle	100	
Charge de Vent Ecrasement	41.80	



3. MATÉRIAUX

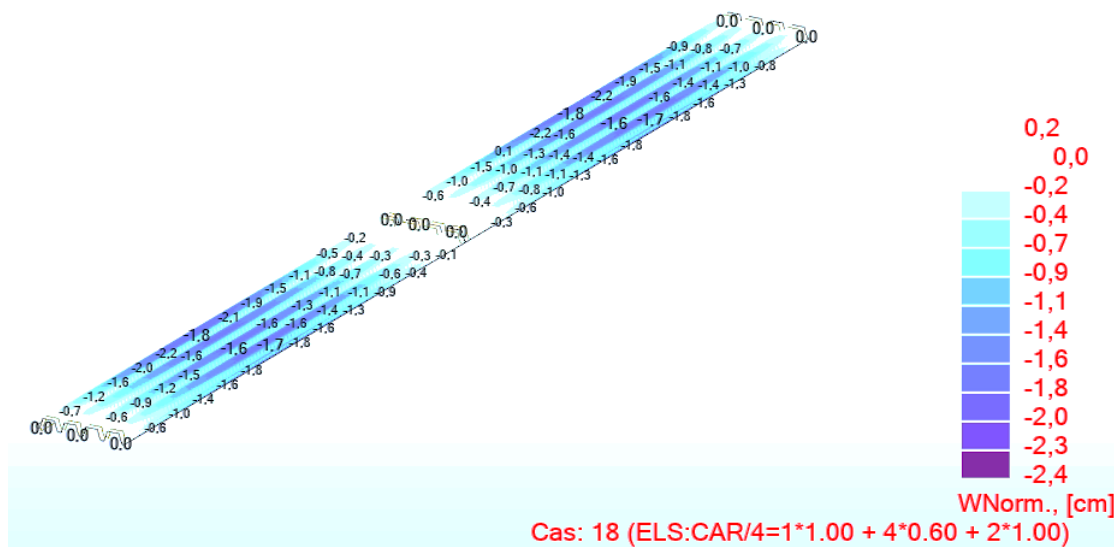
Le comportement de l'acier est considéré elasto-plastique parfait avec une limitation de rupture à 17%. La relation entre contrainte et déformation est présentée comme la figure suivante :



C. VERIFICATION COMPORTEMENT LOCAL

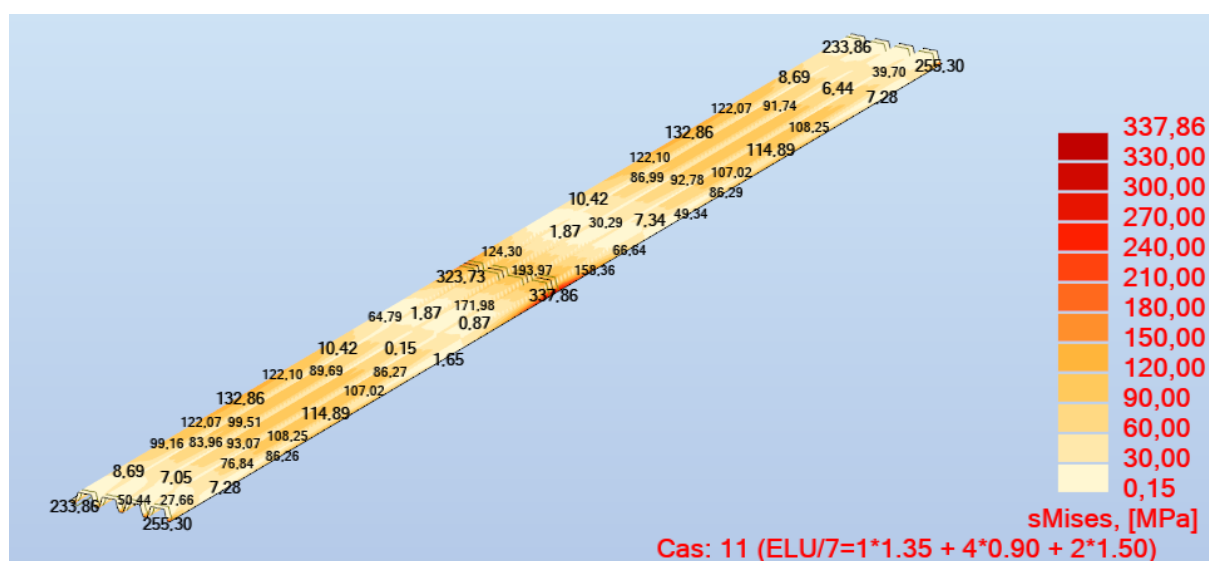
1. RÉSULTATS : VÉRIFICATION DES DÉPLACEMENTS GLOBALES SOUS ELS

Déplacements locaux sur élément Plaque



COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE : DEPLACEMENT LOCAL = 2.40 cm <
 $L/200 = 2.50$ cm

2. RÉSULTATS : VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DE VON MISES



COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE :
CONTRAINTE MAXI LOCAL (à mi-travée) = 132,86 MPa < 350 MPa

COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE :
CONTRAINTE MAXI LOCAL (Sur appui) = 337,86 MPa < 350 MPa



D. VERIFICATION DE LA SECTION EFFICACE NF EN 1993-1-3

Vérification avec Dlubale Shape Thin

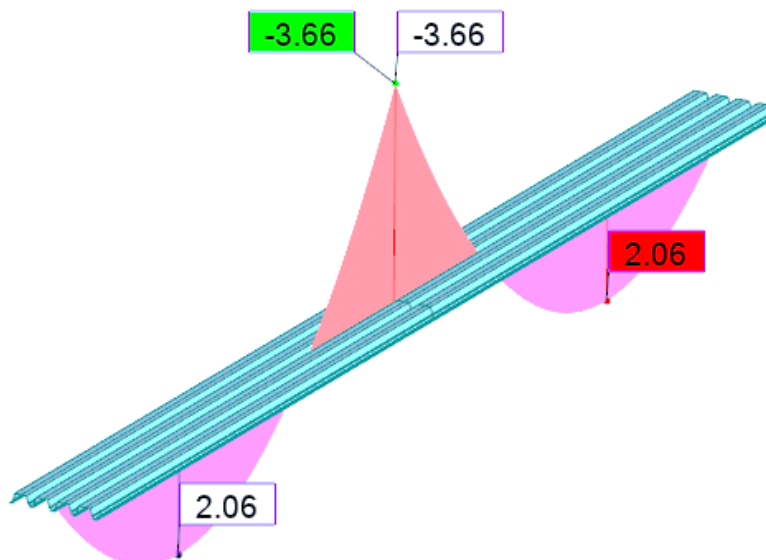


Moment fléchissant en appui et à mi travée

(Cas le plus défavorable)

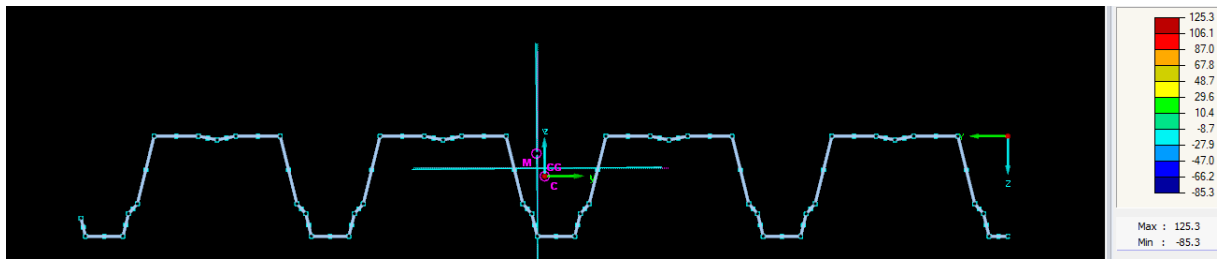
M_y à mi-travée : 3.66 kN.m

M_y sur appui : 2.06 kN.m



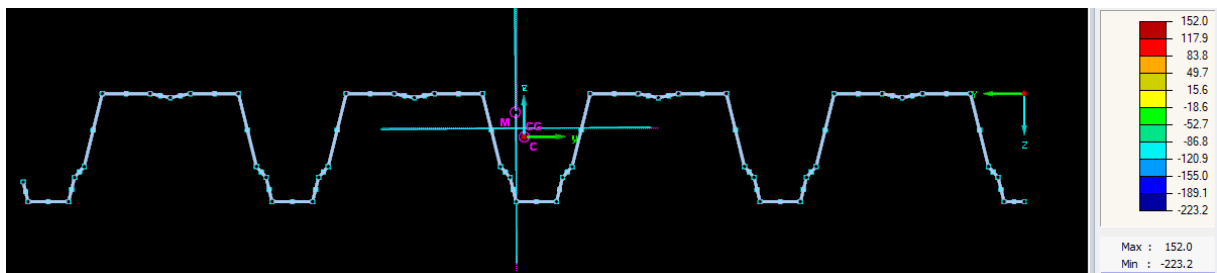
1. VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DANS LA SECTION BRUTE

A mi-travée



COMPOTEMENT STRUCTUREL VALIDE :
CONTRAINTE MAXI LOCAL A MI-TRAVEE = 125.3 MPa < 350 MPa

Sur Appui

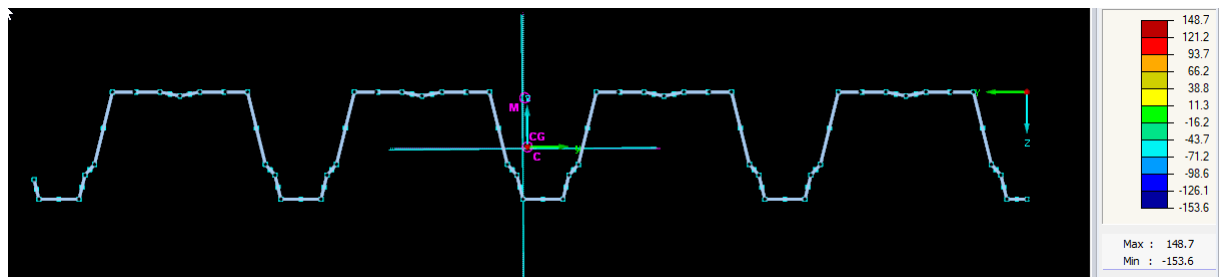


COMPOTEMENT STRUCTUREL VALIDE :
CONTRAINTE MAXI LOCAL SUR APPUI = 223.2 MPa < 350 MPa



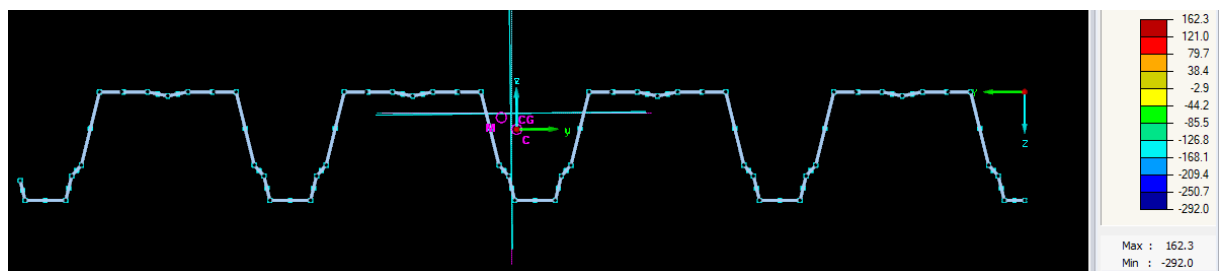
2. VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DANS LA SECTION EFFICACE

A mi-travée



COMPOTEMENT STRUCTUREL VALIDE :
CONTRAINTES MAXI LOCAL (à mi-travée) = 148.7 MPa < 350 MPa

Sur Appui



COMPOTEMENT STRUCTUREL VALIDE :
CONTRAINTES MAXI LOCAL SUR APPUI = 292 MPa < 350 MPa

3. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS SUR LA SECTION

Propriétés de la section brute

Description	Symbole	Valeur	Unité	Commentaire
Aire de la section	A	9,24	cm ²	
	Agéom	9,24	cm ²	aire de section géométrique (pas idéale)
Aires de cisaillement	Ay	2,82	cm ²	
	Az	2,91	cm ²	
	Au	2,82	cm ²	
	Av	3,37	cm ²	
Position du centre de gravité	yC,0	37,11	cm	rapporté au point zéro
	zC,0	3,20	cm	
Moments d'inertie	Iy	85,77	cm ⁴	autour des axes de gravité y, z
	Iz	4285,04	cm ⁴	
	Iyz	37,09	cm ⁴	
Inclinaison des axes principaux	a	0,51	°	dans le sens antihoraire
Moments d'inertie principaux	Iu	85,44	cm ⁴	autour des axes principaux u, v dans C
	Iv	4285,37	cm ⁴	
Moments d'inertie polaires	Ip	4370,81	cm ⁴	
	Ip,M	4405,32	cm ⁴	autour du centre de cisaillement M
Rayons de giration	iy	3,05	cm	par rapport au centre de gravité C
	iz	21,53	cm	
	iyz	2,00	cm	
Rayons de giration principaux	iu	3,04	cm	autour des axes principaux u, v dans C
	iv	21,53	cm	
Rayons de giration polaires	ip	21,75	cm	
	rp,M	21,83	cm	autour du centre de cisaillement M
Rayon de giration de gauchissement	i@v,M	3,19	cm	
Inertie de torsion	It	0,02	cm ⁴	calculé analytiquement
Inertie de torsion secondaire	It,s	1134,79	cm ⁴	
Position du centre de cisaillement	yM,0	37,77	cm	rapporté au point zéro
	zM,0	1,39	cm	
	yM	0,66	cm	par rapport au centre de gravité C
	zM	-1,81	cm	
Inerties de gauchissement	I@v,C	59036,33	cm ⁶	par rapport au centre de gravité C
	I@v,M	44933,11	cm ⁶	autour du centre de cisaillement M
Valeur auxiliaire pour la rotation de gauchissement	r@v,M	-0,571		
Modules de section	Wu,max	16,55	cm ³	
	Wu,min	-24,31	cm ³	à la distance -35.2 mm
	Wv,max	115,14	cm ³	à la distance 372.2 mm
	Wv,min	-115,62	cm ³	à la distance -370.6 mm
	Wy,max	17,74	cm ³	à la distance 48.4 mm
	Wy,min	-26,48	cm ³	à la distance -32.4 mm



	Wz,max	115,22	cm3	à la distance 371.9 mm
	Wz,min	-115,48	cm3	à la distance -371.1 mm
Modules de section de gauchissement	W@v,M,max	292,00	cm4	dans le nœud 5
	W@v,M,min	-256,18	cm4	dans le nœud 14
Module de section en torsion	Wt	0,23	cm3	
Paramètres de stabilité	ru	17,72	cm	
	rv	0,05	cm	
	rM,u	-1,24	cm	
	rM,v	21,36	cm	
Facteur de réduction	IM	0,00	1/cm	
Moments fléchissants plastiques max.	Mpl,y,d	8,842	kNm	
	Mpl,z,d	60,004	kNm	
	Mpl,u,d	8,823	kNm	
	Mpl,v,d	60,001	kNm	
Modules plastique max. de section	Wpl,y	25,26	cm3	
	Wpl,z	171,44	cm3	
	Wpl,u	25,21	cm3	
	Wpl,v	171,43	cm3	
Aires de cisaillement plastiques	Apl,y	5,57	cm2	
	Apl,z	5,09	cm2	
	Apl,u	5,57	cm2	
	Apl,v	5,12	cm2	
Position des bissectrices de l'aire	fy,0	37,69	cm	rapporté au point zéro
	fz,0	2,56	cm	
	fu	0,62	cm	par rapport au centre de gravité C
	fv	-0,63	cm	
Efforts tranchants plastiques	Vpl,y,d	112,55	kN	
	Vpl,z,d	102,84	kN	
	Vpl,u,d	112,52	kN	
	Vpl,v,d	103,40	kN	
Effort normal plastique	Npl,d	323,47	kN	
Courbes de flambement	CFy/u	c		défini par l'utilisateur
	CFz/v	c		



Propriétés de la section Efficace à mi-travée

Description	Symbole	Valeur	Unité	Commentaire
Aire de la section	A	8,02	cm ²	
	Agéom	8,02	cm ²	aire de section géométrique (pas idéale)
Aires de cisaillement	Ay	2,79	cm ²	
	Az	2,54	cm ²	
	Au	2,80	cm ²	
	Av	3,42	cm ²	
Position du centre de gravité	yC,0	37,55	cm	rapporté au point zéro
	zC,0	2,76	cm	
Moments d'inertie	Iy	73,24	cm ⁴	autour des axes de gravité y, z
	Iz	3638,41	cm ⁴	
	Iyz	45,55	cm ⁴	
Inclinaison des axes principaux	a	0,73	°	dans le sens antihoraire
Moments d'inertie principaux	Iu	72,66	cm ⁴	autour des axes principaux u, v dans C
	Iv	3639,00	cm ⁴	
Moments d'inertie polaires	Ip	3711,66	cm ⁴	
	Ip,M	3728,02	cm ⁴	autour du centre de cisaillement M
Rayons de giration	iy	3,02	cm	par rapport au centre de gravité C
	iz	21,31	cm	
	iyz	2,38	cm	
Rayons de giration principaux	iu	3,01	cm	autour des axes principaux u, v dans C
	iv	21,31	cm	
Rayons de giration polaires	ip	21,52	cm	
	rp,M	21,57	cm	autour du centre de cisaillement M
Rayon de giration de gauchissement	i@v,M	3,20	cm	
Inertie de torsion	It	0,02	cm ⁴	calculé analytiquement
Inertie de torsion secondaire	It,s	1104,99	cm ⁴	
Position du centre de cisaillement	yM,0	38,68	cm	rapporté au point zéro
	zM,0	1,89	cm	
	yM	1,13	cm	par rapport au centre de gravité C
	zM	-0,87	cm	
Inerties de gauchissement	I@v,C	41070,65	cm ⁶	par rapport au centre de gravité C
	I@v,M	38138,22	cm ⁶	autour du centre de cisaillement M
Valeur auxiliaire pour la rotation de gauchissement	r@v,M	-0,790		
Modules de section	Wu,max	12,64	cm ³	
	Wu,min	-22,75	cm ³	à la distance -31.9 mm
	Wv,max	99,25	cm ³	à la distance 366.7 mm
	Wv,min	-98,69	cm ³	à la distance -368.7 mm
	Wy,max	13,88	cm ³	à la distance 52.8 mm
	Wy,min	-26,16	cm ³	à la distance -28.0 mm
	Wz,max	99,37	cm ³	à la distance 366.1 mm
	Wz,min	-98,49	cm ³	à la distance -369.4 mm



Description	Symbole	Valeur	Unité	Commentaire
Modules de section de gauchissement	$W@v,M,max$	232,81	cm ⁴	dans le nœud 2
	$W@v,M,min$	-190,34	cm ⁴	dans le nœud 21
Module de section en torsion	W_t	0,23	cm ³	
Paramètres de stabilité	r_u	16,57	cm	
	r_v	-0,42	cm	
	$r_{M,u}$	-2,65	cm	
	$r_{M,v}$	18,35	cm	
Facteur de réduction	l_M	0,00	1/cm	
Moments fléchissants plastiques max.	$M_{pl,y,d}$	7,121	kNm	
	$M_{pl,z,d}$	51,592	kNm	
	$M_{pl,u,d}$	7,088	kNm	
	$M_{pl,v,d}$	51,587	kNm	
Modules plastique max. de section	$W_{pl,y}$	20,35	cm ³	
	$W_{pl,z}$	147,41	cm ³	
	$W_{pl,u}$	20,25	cm ³	
	$W_{pl,v}$	147,39	cm ³	
Aires de cisaillement plastiques	$A_{pl,y}$	5,51	cm ²	
	$A_{pl,z}$	5,05	cm ²	
	$A_{pl,u}$	5,51	cm ²	
	$A_{pl,v}$	5,09	cm ²	
Position des bissectrices de l'aire	$f_{y,0}$	37,93	cm	rapporté au point zéro
	$f_{z,0}$	1,57	cm	
	f_u	0,43	cm	par rapport au centre de gravité C
	f_v	-1,18	cm	
Efforts tranchants plastiques	$V_{pl,y,d}$	111,42	kN	
	$V_{pl,z,d}$	102,04	kN	
	$V_{pl,u,d}$	111,39	kN	
	$V_{pl,v,d}$	102,84	kN	
Effort normal plastique	$N_{pl,d}$	280,53	kN	
Courbes de flambement	CF_y/u	c		défini par l'utilisateur
	CF_z/v	c		



Propriétés de la section Efficace sur appui

Description	Symbole	Valeur	Unité	Commentaire
Aire de la section	A	7,19	cm ²	
	Agéom	7,19	cm ²	aire de section géométrique (pas idéale)
Aires de cisaillement	Ay	2,89	cm ²	
	Az	2,96	cm ²	
	Au	2,89	cm ²	
	Av	3,65	cm ²	
Position du centre de gravité	yC,0	37,36	cm	rapporté au point zéro
	zC,0	4,10	cm	
Moments d'inertie	Iy	59,75	cm ⁴	autour des axes de gravité y, z
	Iz	3432,60	cm ⁴	
	Iyz	29,66	cm ⁴	
Inclinaison des axes principaux	a	0,50	°	dans le sens antihoraire
Moments d'inertie principaux	Iu	59,49	cm ⁴	autour des axes principaux u, v dans C
	Iv	3432,87	cm ⁴	
Moments d'inertie polaires	Ip	3492,36	cm ⁴	
	Ip,M	3589,08	cm ⁴	autour du centre de cisaillement M
Rayons de giration	iy	2,88	cm	par rapport au centre de gravité C
	iz	21,86	cm	
	iyz	2,03	cm	
Rayons de giration principaux	iu	2,88	cm	autour des axes principaux u, v dans C
	iv	21,86	cm	
Rayons de giration polaires	ip	22,05	cm	
	rp,M	22,35	cm	autour du centre de cisaillement M
Rayon de giration de gauchissement	i@v,M	2,94	cm	
Inertie de torsion	It	0,02	cm ⁴	calculé analytiquement
Inertie de torsion secondaire	It,s	1119,92	cm ⁴	
Position du centre de cisaillement	yM,0	37,56	cm	rapporté au point zéro
	zM,0	0,44	cm	
	yM	0,20	cm	par rapport au centre de gravité C
	zM	-3,66	cm	
Inerties de gauchissement	I@v,C	76717,22	cm ⁶	par rapport au centre de gravité C
	I@v,M	30966,61	cm ⁶	autour du centre de cisaillement M
Valeur auxiliaire pour la rotation de gauchissement	r@v,M	-0,619		
Modules de section	Wu,max	13,94	cm ³	
	Wu,min	-13,49	cm ³	à la distance -44.1 mm
	Wv,max	92,89	cm ³	à la distance 369.5 mm
	Wv,min	-91,97	cm ³	à la distance -373.3 mm
	Wy,max	15,17	cm ³	à la distance 39.4 mm
	Wy,min	-14,45	cm ³	à la distance -41.4 mm
	Wz,max	92,94	cm ³	à la distance 369.3 mm
	Wz,min	-91,87	cm ³	à la distance -373.6 mm



Description	Symbole	Valeur	Unité	Commentaire
Modules de section de gauchissement	$W_{@v,M,max}$	237,55	cm ⁴	dans le nœud 32
	$W_{@v,M,min}$	-218,44	cm ⁴	dans le nœud 16
Module de section en torsion	W_t	0,23	cm ³	
Paramètres de stabilité	r_u	16,47	cm	
	r_v	-0,06	cm	
	$r_{M,u}$	-0,39	cm	
	$r_{M,v}$	23,80	cm	
Facteur de réduction	l_M	0,00	1/cm	
Moments fléchissants plastiques max.	$M_{pl,y,d}$	6,448	kNm	
	$M_{pl,z,d}$	46,972	kNm	
	$M_{pl,u,d}$	6,429	kNm	
	$M_{pl,v,d}$	46,970	kNm	
Modules plastique max. de section	$W_{pl,y}$	18,42	cm ³	
	$W_{pl,z}$	134,21	cm ³	
	$W_{pl,u}$	18,37	cm ³	
	$W_{pl,v}$	134,20	cm ³	
Aires de cisaillement plastiques	$A_{pl,y}$	5,57	cm ²	
	$A_{pl,z}$	4,91	cm ²	
	$A_{pl,u}$	5,57	cm ²	
	$A_{pl,v}$	4,94	cm ²	
Position des bissectrices de l'aire	$f_{y,0}$	37,69	cm	rapporté au point zéro
	$f_{z,0}$	4,22	cm	
	f_u	0,36	cm	par rapport au centre de gravité C
	f_v	0,13	cm	
Efforts tranchants plastiques	$V_{pl,y,d}$	112,55	kN	
	$V_{pl,z,d}$	99,20	kN	
	$V_{pl,u,d}$	112,52	kN	
	$V_{pl,v,d}$	99,92	kN	
Effort normal plastique	$N_{pl,d}$	251,48	kN	
Courbes de flambement	CF_y/u	c		défini par l'utilisateur
	CF_z/v	c		



6.1.4.1 Résistance élastique et résistance élasto-plastique avec plastification de la semelle comprimée.

(1) Le moment résistant de calcul d'une section transversale soumise à la flexion par rapport à un axe principal $M_{c,Rd}$ est déterminé comme suit (voir Figure 6.2) :

- si le module d'inertie de la section efficace W_{eff} est inférieur au module d'inertie élastique de la section brute W_{el}

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_{yb} / \gamma_{MO}$$

- si le module d'inertie de la section efficace W_{eff} est égal au module d'inertie élastique de la section brute W_{el}

$$M_{c,Rd} = \frac{f_{yb} \left(W_{el} + (W_{pl} - W_{el}) 4 \left(1 - \frac{\bar{\lambda}_{e,max}}{\bar{\lambda}_{e0}} \right) \right)}{\gamma_{MO}}$$

sans toutefois être supérieur à $W_{pl} f_{yb} / \gamma_{MO}$

où :

$\bar{\lambda}_{e,max}$ est l'élancement de la paroi qui correspond à la plus grande valeur de $\bar{\lambda}_e / \bar{\lambda}_{e0}$;

Pour les parois planes sur deux appuis $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_p$ et $\lambda_{e0} = 0,5 + \sqrt{0,25 - 0,055(3 + \psi)}$ où ψ est le rapport de contraintes, voir 5.5.2;

Pour les parois en débord $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_p$ et $\bar{\lambda}_{e0} = 0,673$, voir 5.5 .2 ;

Pour les parois raidies $\bar{\lambda}_e = \bar{\lambda}_d$ et $\lambda_{e0} = 0,65$, voir 5.5 .3 .

La résistance au moment de flexion qui en résulte en fonction de l'élancement de la paroi critique est illustrée à la Figure 6.2.

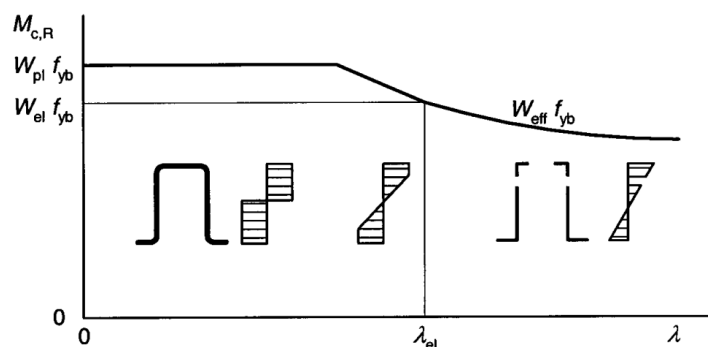


Figure 6.2 Moment résistant de flexion en fonction de l'élancement

4. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS POUR LE MOMENT FLECHISSANT

Vérification Moment Fléchissant NF EN 1993-1-3 § 6.1.4.1 (1)						
Type	Section Brute	Unité	Section Efficace à mi-travée	Unité	Section Efficace sur appui	Unité
A	9,24	cm²	8,02	cm²	7,19	cm²
I _y	85,77	cm⁴	73,24	cm⁴	59,75	cm⁴
I _z	4285,04	cm⁴	3638,41	cm⁴	3432,60	cm⁴
z _{gc}	3,20	cm	2,76	cm	4,10	cm
W _{y_{el,max}} inf	24,31	cm³	22,75	cm³		cm³
W _{y_{el,max}} sup	24,31	cm³		cm³	13,49	cm³
W _{z_{el,max}} inf	115,22	cm³	99,37	cm³		cm³
W _{z_{el,max}} sup	115,48	cm³		cm³	92,94	cm³
F _y	350					MPa
M _{y_{ed}} ,inf	2.06			kN.m		
M _{y_{r,d}} ,inf	8.51	kN.m	7.69	kN.m		
RATIO	0.24			0.26		
M _{y_{ed}} ,sup	3.66	kN.m			2.06	kN.m
M _{y_{r,d}} ,sup	8.51	kN.m			4.72	kN.m
RATIO	0.43			0.78		
M _{z_{ed}} ,inf	0.02			kN.m		
M _{z_{r,d}} ,inf	40.33	kN.m	34.78	kN.m		
RATIO	0.00			0.00		
M _{z_{ed}} ,sup	0.02	kN.m			0	kN.m
M _{z_{r,d}} ,sup	40.42	kN.m			32.53	kN.m
RATIO	0.00			0.00		

COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE EN FLEXION



5. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS POUR LA FLEXION BI-AXIALE

6.1.4.1 (7) Pour la flexion bi-axiale, le critère suivant peut être utilisé NF EN 1993-1-3/ 6.7

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

Où :

- $M_{y,Ed}$ est le moment fléchissant par rapport à l'axe principal de forte inertie ;
- $M_{z,Ed}$ est le moment fléchissant par rapport à l'axe principal de faible inertie ;
- $M_{cy,Rd}$ est la résistance de la section transversale lorsqu'elle est uniquement soumise à un moment par rapport à l'axe principal y – y;
- $M_{cz,Rd}$ est la résistance de la section transversale lorsqu'elle est uniquement soumise à un moment par rapport à l'axe principal z - z.

Vérification de la section efficace pour la flexion biaxiale

Vérification Flexion Bi-Axiale NF EN 1993-1-3 § 6.1.4.1 (7)		
Type	Section Brute à mi-travée	Section Brute sur appui
$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$	0.24	0.43
	Section Efficace à mi-travée	Section Efficace sur appui
	0.26	0.78

COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE EN FLEXION BI-AXIALE



6. VÉRIFICATION DES CAPACITÉS AU MOMENT FLECHISSANT PLASTIQUE SUR LA SECTION

Vérification Moment Plastique NF EN 1993-1-5			
Type	Section Brute	Section Efficace à mi-travée	Section Efficace sur appui
$My_{ed,inf}$	2,06		
Mpl,Rd	8,84	7,12	
RATIO	0,23	0,29	
$My_{ed,sup}$	3,66		3,66
Mpl	8,84		6,45
RATIO	0,41		0,57

COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE EN CAPACITE PLASTIQUE

7. VÉRIFICATION DE LA RESISTANCE AU CISAILEMENT DE LA SECTION

6.1.5 Effort de cisaillement NF EN 1993-1-3 § 6.1.5 (1)

(1) Il convient de déterminer la résistance au cisaillement $V_{b,Rd}$ à partir de :

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} t f_{bv}}{\gamma_{MO}}$$

Où :

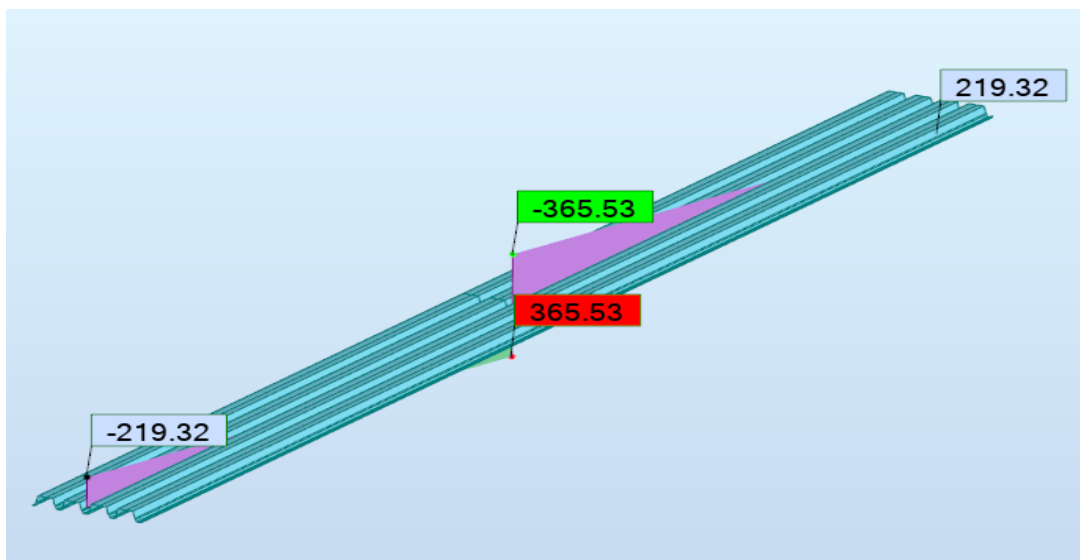
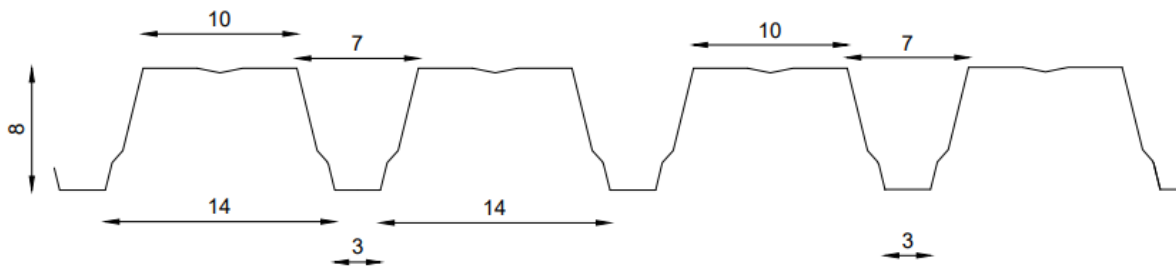
- f_{bv} est la résistance au cisaillement compte tenu du voilement conformément au Tableau 6.1
- h_w est la hauteur d'âme entre les fibres moyennes des semelles, voir Figure 5.1(c) ;
- ϕ est l'angle d'inclinaison de l'âme par rapport aux semelles, voir Figure section du bac

Élancement relatif de l'âme	Ame sans raidissage au droit de l'appui	Ame avec raidissage au droit de l'appui ¹⁾
$\bar{\lambda}_w \leq 0,83$	$0,58 f_{yb}$	$0,58 f_{yb}$
$0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67 f_{yb} / \bar{\lambda}_w^2$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$

1) Raidissage au droit de l'appui (par exemple : par échantignole) mis en œuvre de manière à empêcher la déformation de l'âme et calculé pour résister à la réaction d'appui.

Tableau 6.1 Résistance au voilement de cisaillement





Vérification de la résistance au cisaillement NF EN 1993-1-3 § 6.1.5 (1)		
Type	Section Brute	
$\bar{\lambda}_w$	203	-
ϕ	76	deg
t	0,75	mm
hw	80	mm
f_{bv}	350,00	MPa
γ_{M0}	1	-
V_{Ed}	3,65	kN
$V_{b,Rd} = \frac{f_{bv} t \sin \phi}{\gamma_{M0}}$	12,553	kN
RATIO	0,29	

COMPORTEMENT STRUCTUREL VALIDE EN CISAILEMENT

