

Diagnostic charpente toiture

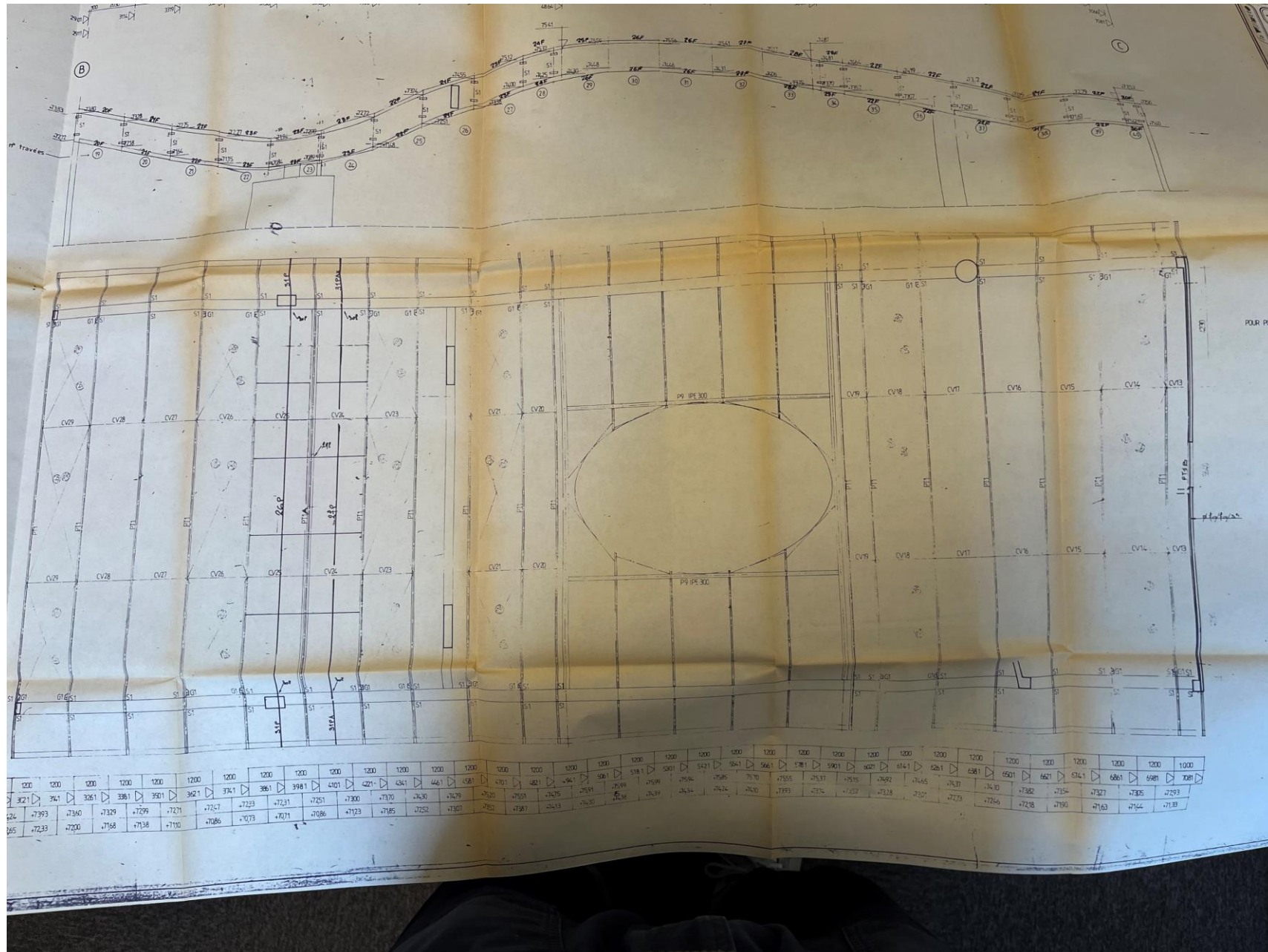
CNSMDP

28/01/2025

Description générale de la toiture



DOE



DOE



LIONNET

Parc de la Ville 45019 PARIS

Cité de la Musique

Page 1

I - Profil Treillis de 14m 10 de portée.

hauteur épave = 0,93

écartement montants = 1,41.

Charges permanentes

Ciment etanch muret - 25

profil (ecartement tube) = 14

Faux plafond = 15

Divers = 2

$$56 \text{ kg/m}^2 \times 1,33 = 75 \text{ kg/m}^2$$

Surcharges

$$\frac{100 \text{ kg/m}^2}{1,55} \times 1,1 = \frac{152 \text{ kg/m}^2}{2,25}$$

Charge sur 1 partie écartement 2.10

$$q = 225 \times 2,10 = 472,5 \text{ kg/ml.}$$

$$\text{Moment} = 472,5 \times 14,1 = 11742 \text{ kg.m.}$$

Effort dans les membrures

$$\frac{11742}{0,93} = 12625 \text{ kg}$$

Pression locale dans les membrures

$$P = 225 \times 2,1 \times 1,41 = 666 \text{ kg}$$

Moment sur appui

$$-666 \times 0,085 \times 1,41 = 80 \text{ kg}$$



LIONNET

Page 2

Adopte 1 tube 50x50x3,2 (Ar = 855 kg = 8,98 kg/cm²)

Longueur de flambage

$$1,41 \times 0,9 = 1,27$$

$$\lambda = \frac{1,27}{0,93} = 1,37 \Rightarrow K = 1,1$$

$$\sigma = \frac{12625}{855} \times 1,1 = 16,8$$

$$\sigma_{\text{inf}} = \frac{80}{18} = \frac{4,4}{20,7 \text{ kg/mm}^2} < 24$$

Calcul du treillis

$$\text{Effort tranchant} = 225 \times 1,41 \times 2,10 = 3331$$

$$\alpha = 5^\circ \Rightarrow \text{Effort dans diagonale} = 6116$$

$$\text{Longueur flambage} 1,69 \times 0,8 = 1,35$$

Adopte tube de 50x50x3,2 (Ar = 599 kg = 4,91)

$$\lambda = \frac{1,35}{4,91} = 1,1 \Rightarrow K = 1,315$$

$$\sigma = \frac{6116}{599} \times 1,315 = 13,4 \text{ kg/mm}^2 < 24$$

Sommaire :

A – Hypothèses

1. Matériau
2. Charges
3. Géométrie

B – Vérifications

1. Poutres treillis
2. Zone trémie

C - Conclusions

A – Hypothèses

1. Matériau

DOE : 240 MPa

Essais Géotec en laboratoire sur prélèvements :

Les résultats des essais de traction sur les profilés métalliques réalisés en laboratoire sont présentés ci-dessous :

Élément	Nature	Résistance à la traction R_m (MPa)	Limite élastique $R_{p0,2}$ (MPa)	Allongement A%	Module d'Young (GPa)
Tr-1	Profilé métallique	470 ± 16	389 ± 14	$28,5 \pm 0,3$	211
Ba-1	Bac acier	408 ± 14	362 ± 14	$28,5 \pm 0,4$	207
Tr-3	Profilé métallique	458 ± 16	406 ± 15	$16,5 \pm 0,2$	222

Nota : Essai réalisé selon la norme **NF EN ISO 6892-1**.

Conclusion : acier S275

Point de vigilance : peinture intumescente ? Détection incendie ?

2. Charges

Charges permanentes

Note de calcul DOE :

Charges permanentes	
Couvert étanch. milt	= 25
poutres (acier mini 1.60)	= 14
Faux plafond	= 15
Divers	= 2
	<hr/>
	56 kg/m ²

Relevé Geotec :

- Bac acier galvanisé -75/100e
- Laine de verre 8cm
- Membrane bitumineuse 1cm
- ➔ Poids complexe toiture :

29,2 kg/m² > 25kg/m² pris en compte dans la note de calcul du DOE



Plans DOE :

COUVERTURE

Bac support d'étanchéité Marque S.F.H.
Type HACIERCO 34S épaisseur 75/100^e
Galvanisé

fixation Sur fer IPE Clou HILTI
EN P3 21 L 15 + charges bleues
Sur poutres treillis vis auto-perceuse-
tarandeuse ETANCO GOUVO vis 6³ x 22

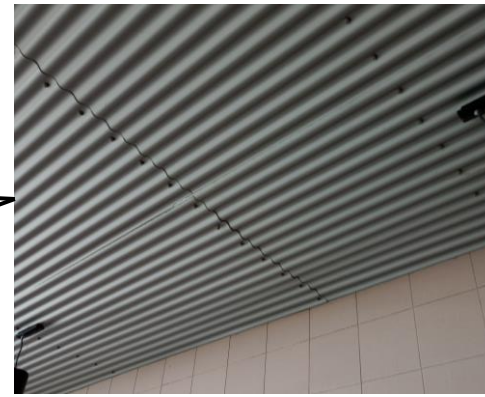
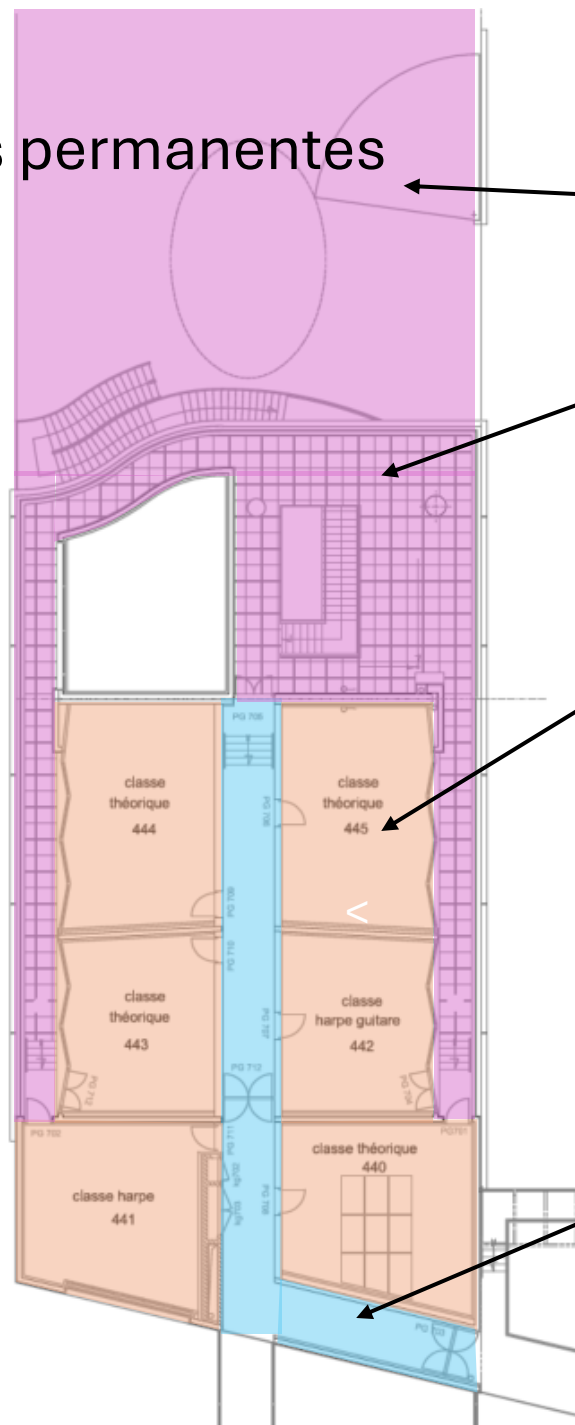
- 1 fixation toute les ondes sur les 2 dernières
pannes en bas de pente, haut de pente
et aux recouvrement
- 1 fixation toutes les 2 ondes sur les
autres pannes.

3410

Contourage des bac par vis FC Ø 4² x 13
- 2 fixations entre pannes d'écartement > 2.000 mm
- 1 fixation entre pannes d'écartement < 2.000

Costières Rivets ALU Mandrin Acier
Ø 4⁸ x 12⁵ tous les 0.500 m m.

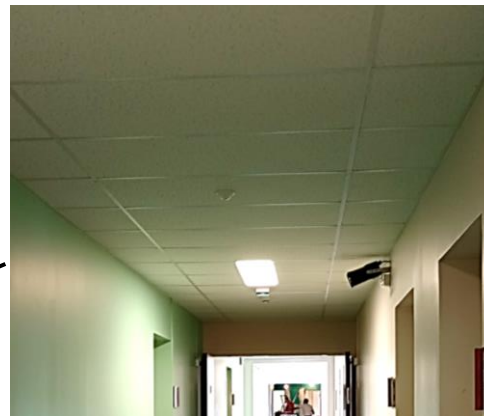
Charges permanentes



Extérieur



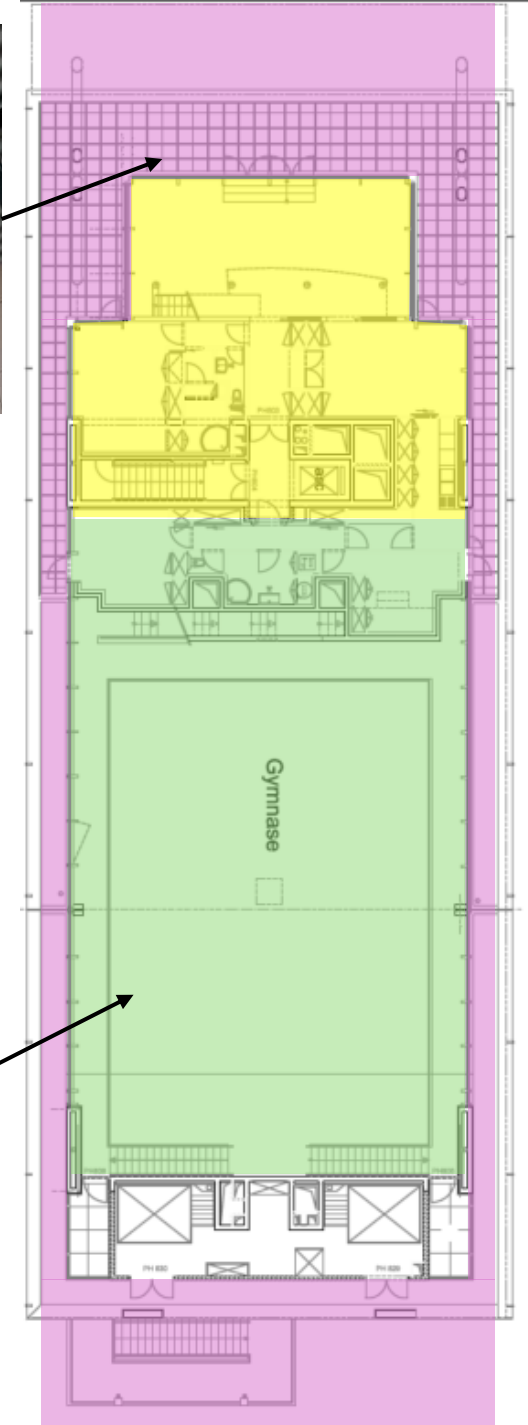
Salle de musique



Couloirs



Gymnase



Charges permanentes

- Faux plafond dans le gymnase :
 - 2 couches de plafonds BA13 Phonique à 11,8kg/m²
 - plafond acoustique perforé RIGITONE à 10kg/m²
 - ossature STIL PRIM : 40kg/m² (données issues du DOE du lot 3 – faux plafond)
- ➔ Poids faux plafond : 40kg/m² dans le gymnase > 17kg/m² pris en compte dans la note de calcul du DOE

- ➔ **Charge permanente de 70kg/m²**

Point de vigilance :

- Les valeurs des charges permanentes dépendent du faux plafond de chaque espace
- Inconnue sur les charges permanentes des salles de musique
- Lors de l'intervention, attention à ne pas stocker du matériel directement sur la toiture

Charges climatiques - DOE

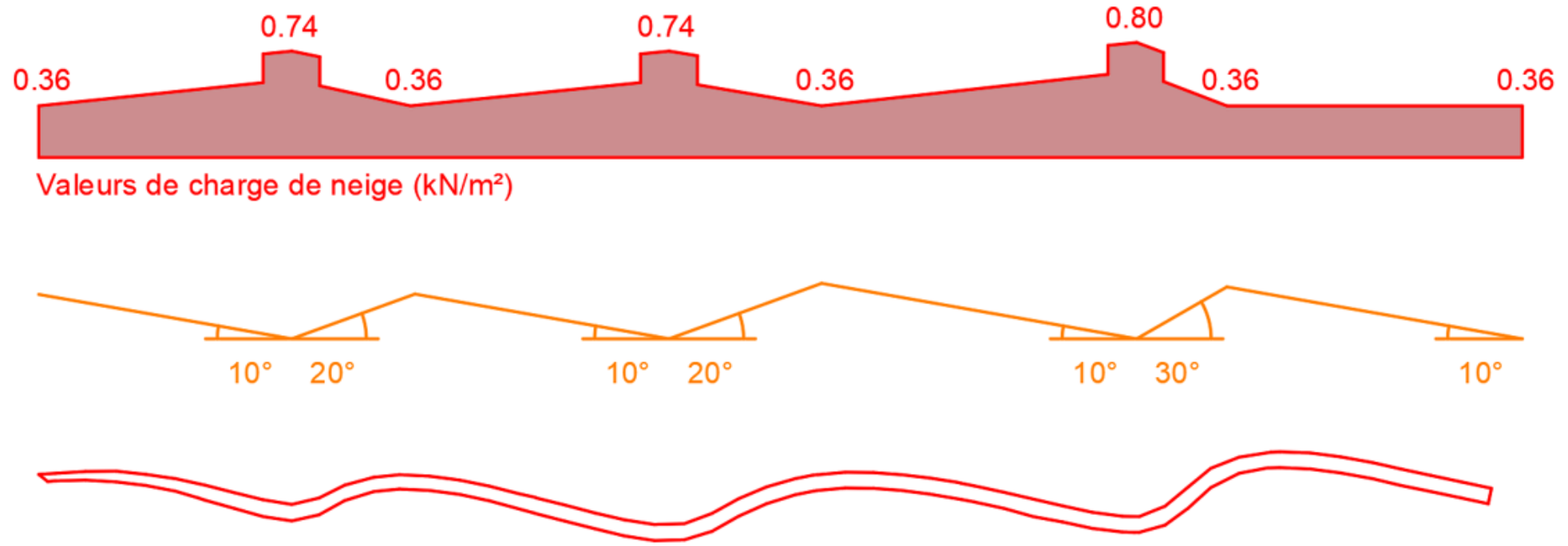
Note de calcul :

Handwritten calculation on graph paper:

$$\text{Surcharges} = \frac{100 \text{ kg/m}^2}{1.5} \times 1.5 = 150 \text{ kg/m}^2$$

Charges climatiques - Eurocode

Neige :



Valeurs de charge de neige (kN/m^2)

Figure : Valeurs de charge de neige s (kN/m^2)

Charges climatiques - Eurocode

Vent :

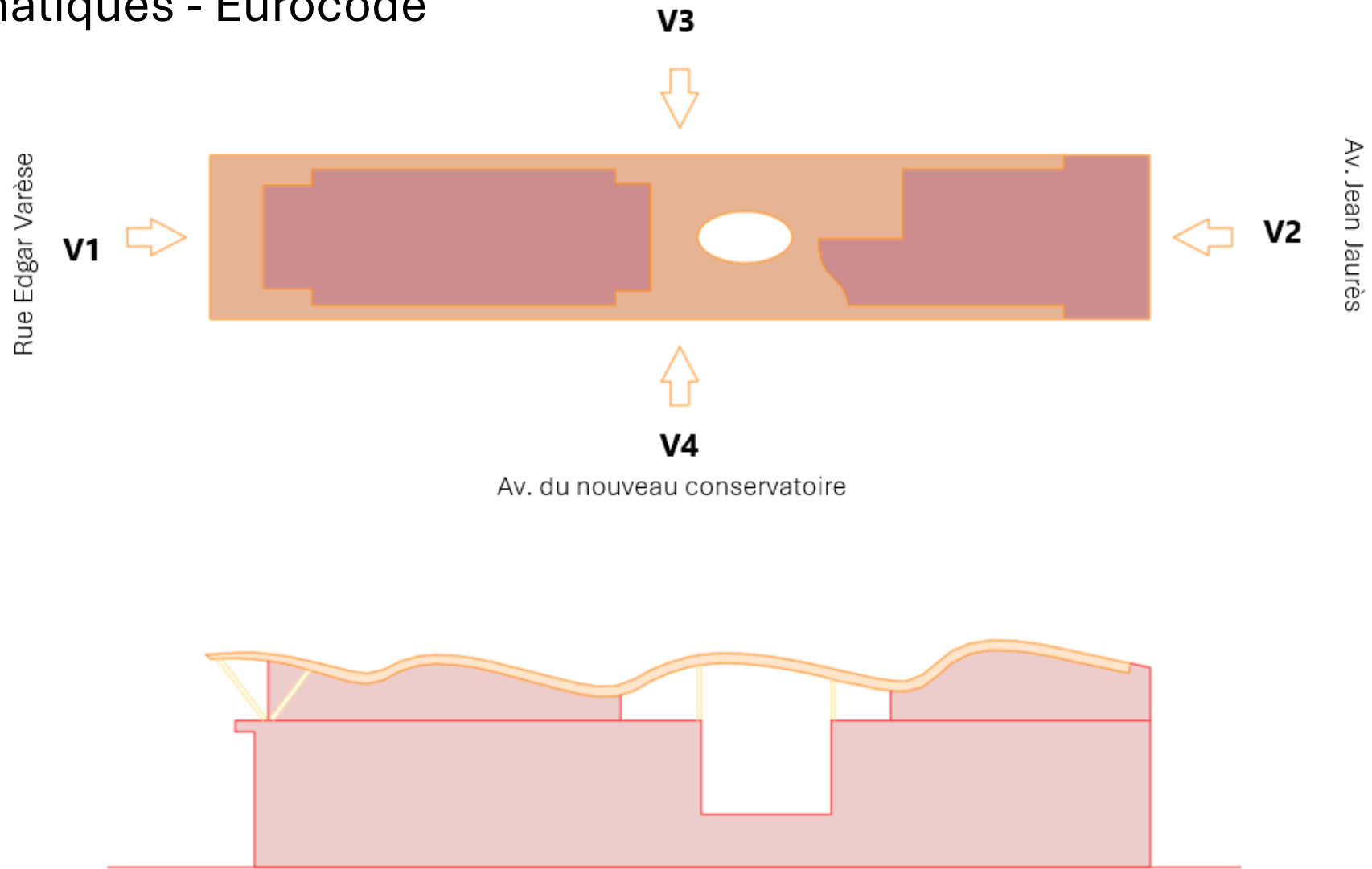
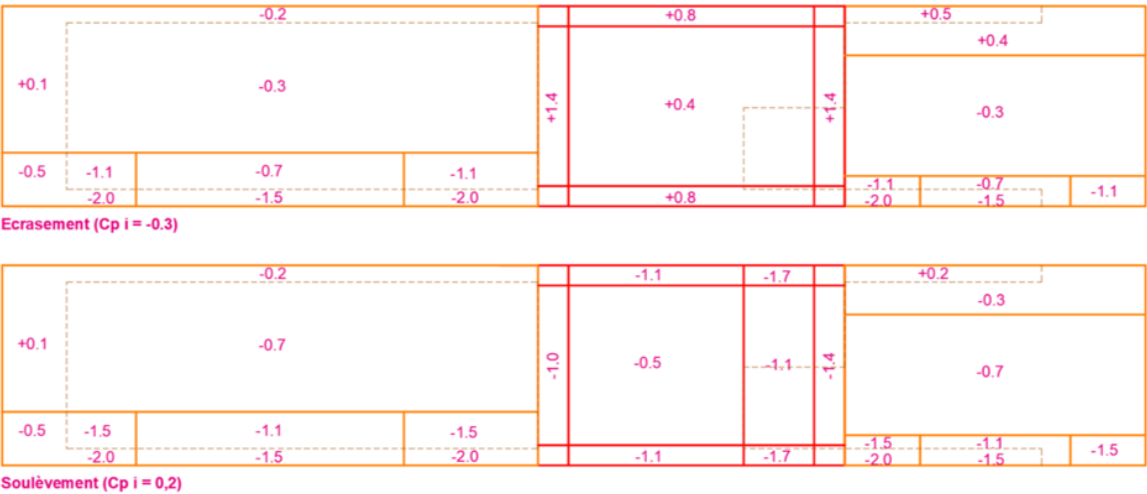


Figure : Schéma des 4 vents

Charges climatiques - Eurocode

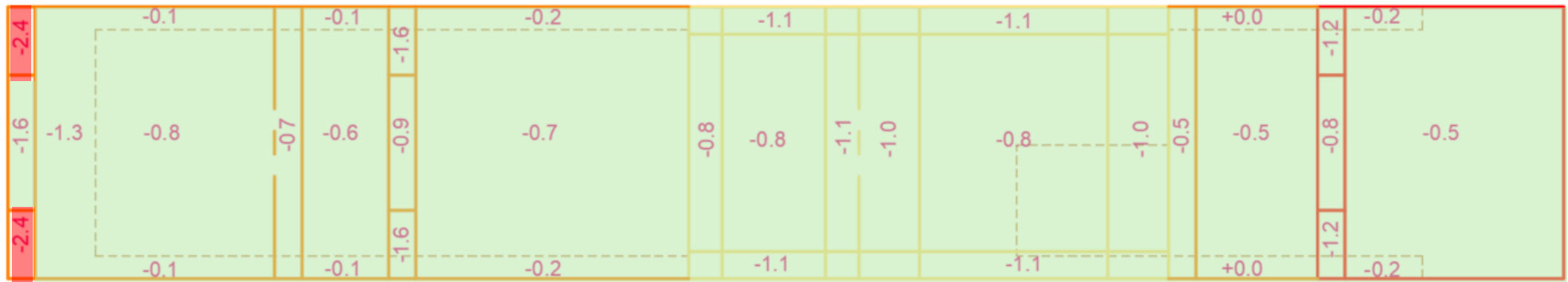
Vent :



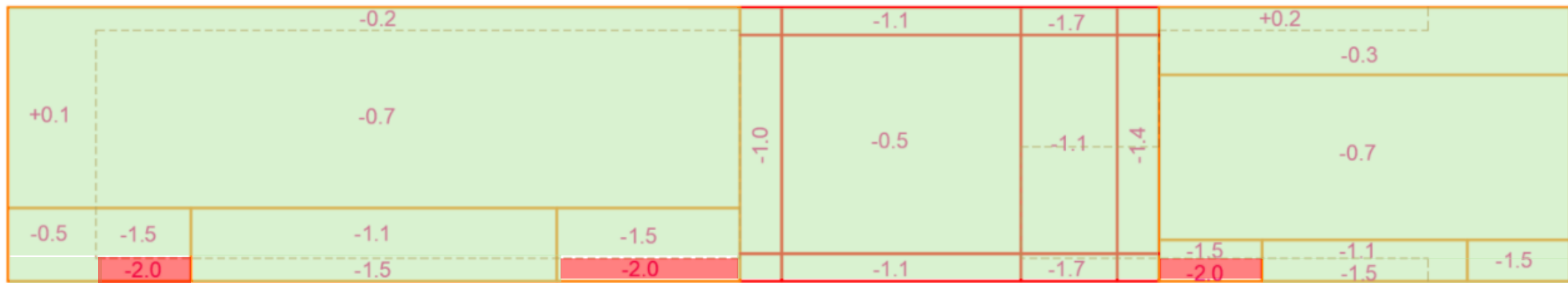
V3 & V4 : F_w (kN/m²)

V2 : Valeurs de F_w (kN/m²)

Comparaison DOE - Eurocodes



Soulèvement (Cpi = + 0,2)



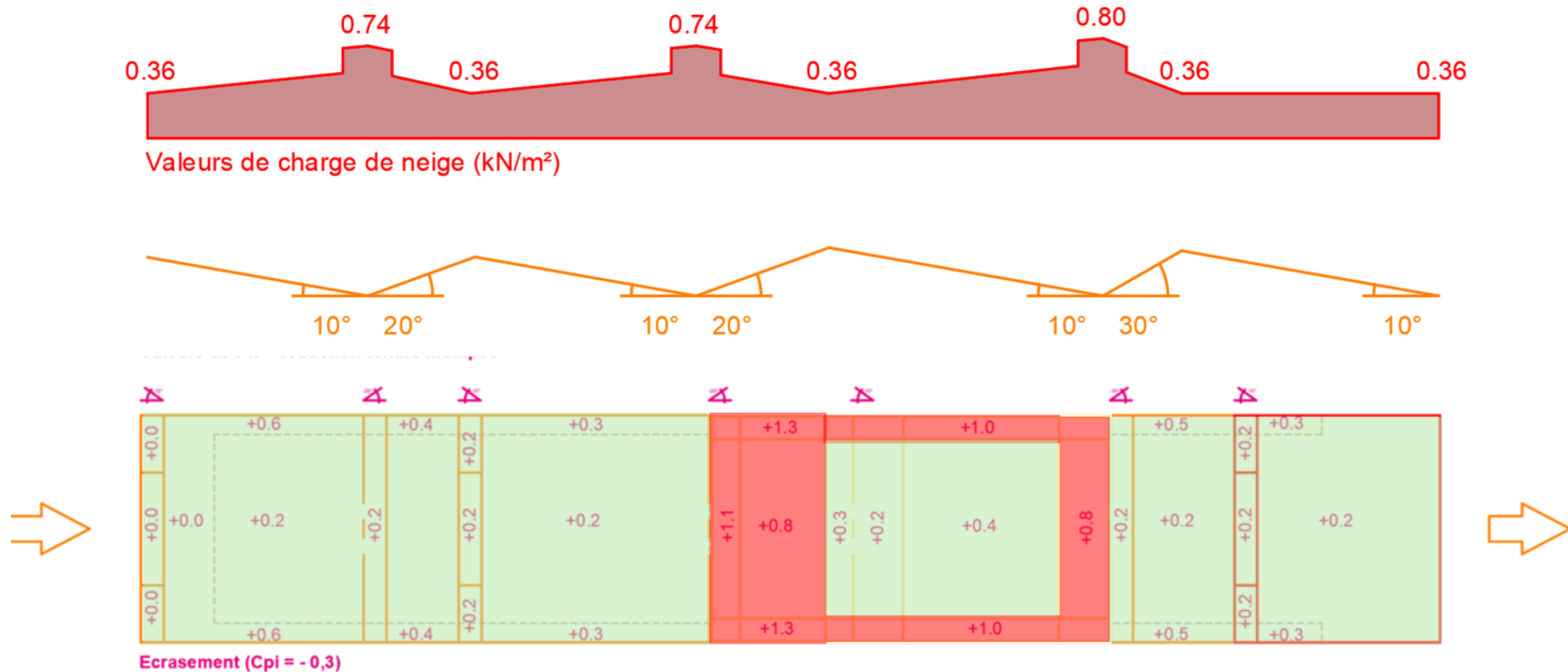
Soulèvement (Cp i = 0,2)

Au soulèvement, très peu de zones sont sursollicitées par rapport aux hypothèses DOE. Attention ! Nous n'avons pas trouvé de justification au flambement de la membrure inférieure des treillis dans la Note de Calcul.

Comparaison DOE - Eurocodes

$$W(+) + 0,5 S < 100 \text{ kg/m}^2$$

$$S + 0,6 W(+) < 100\text{kg/m}^2$$



Les zones sursollicitées par rapport aux hypothèses DOE sont localisées dans la portion centrale (considérée comme une toiture isolée). Attention ! Nous n'avons pas trouvé de justification au flambement de la membrure supérieure des treillis dans la Note de Calcul.

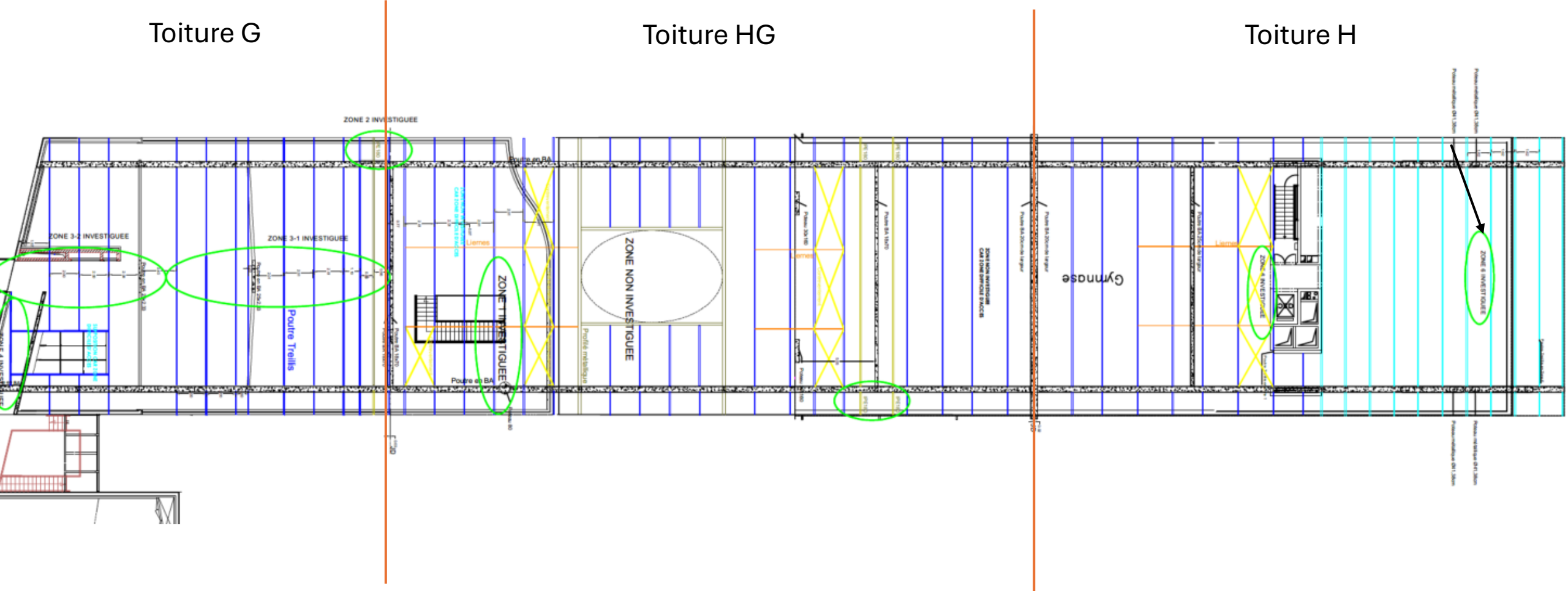
3. Géométrie

Relevé Géotec

Toiture G

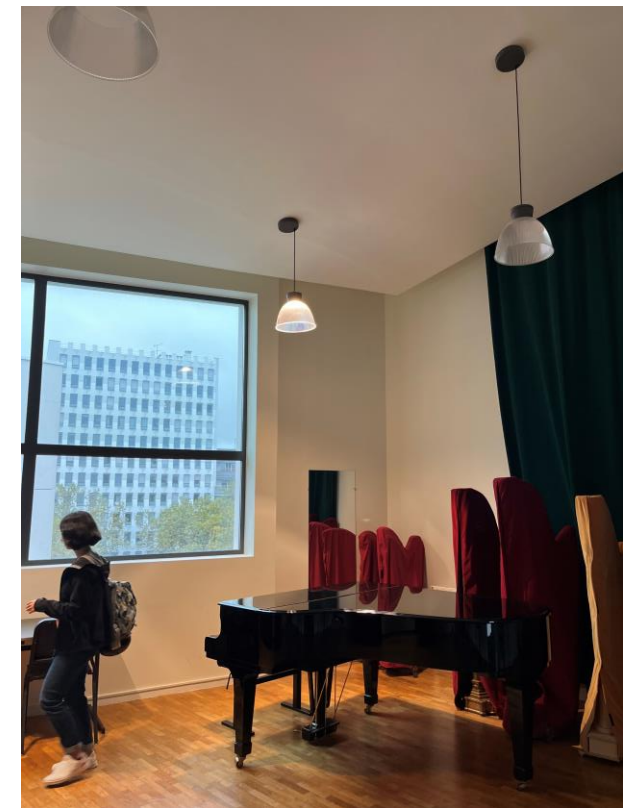
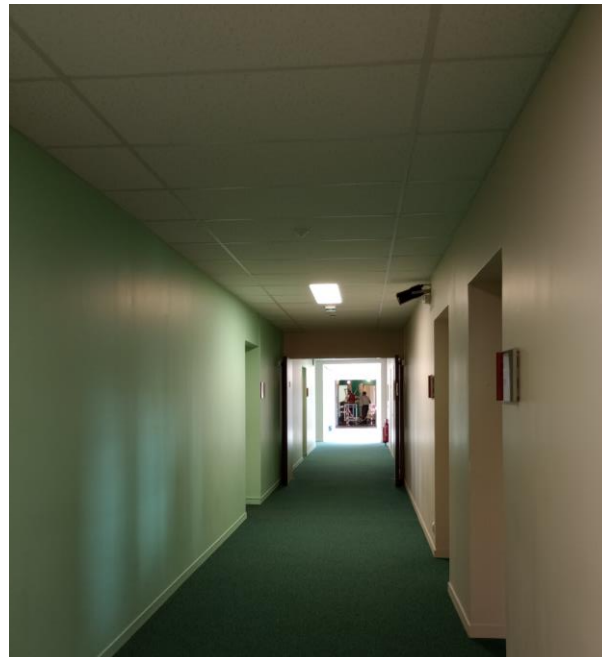
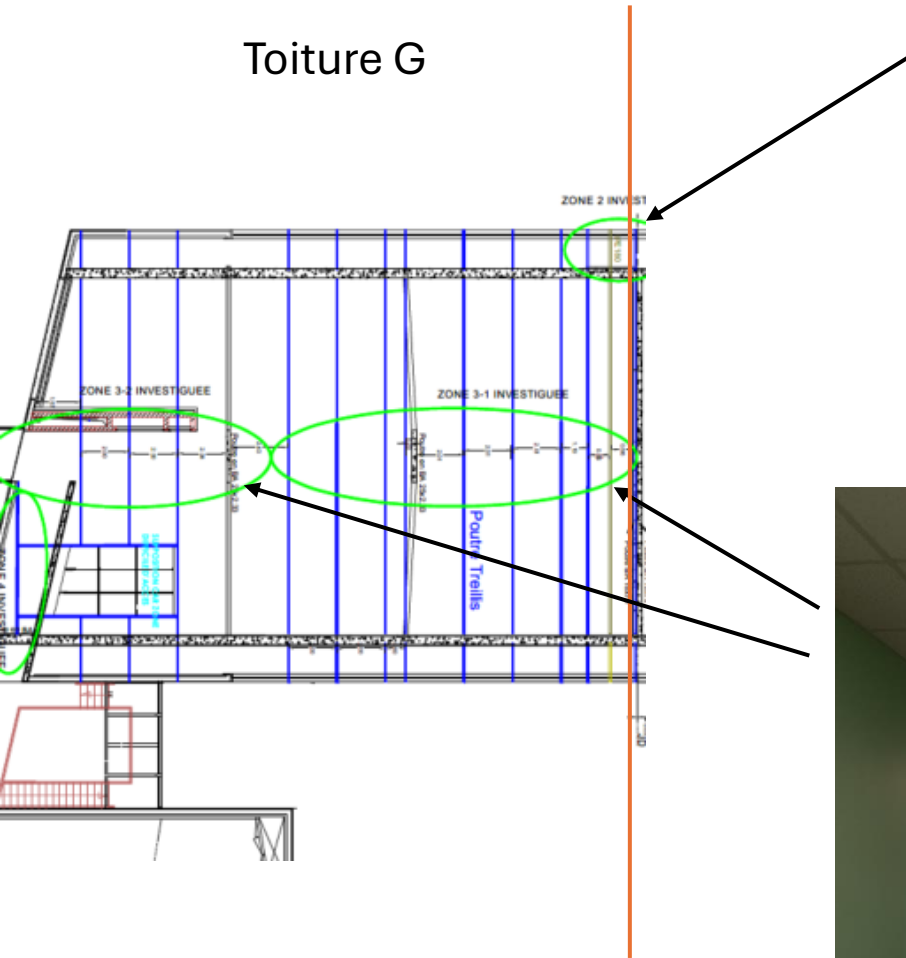
Toiture HG

Toiture H



Relevé Géotec

Toiture G



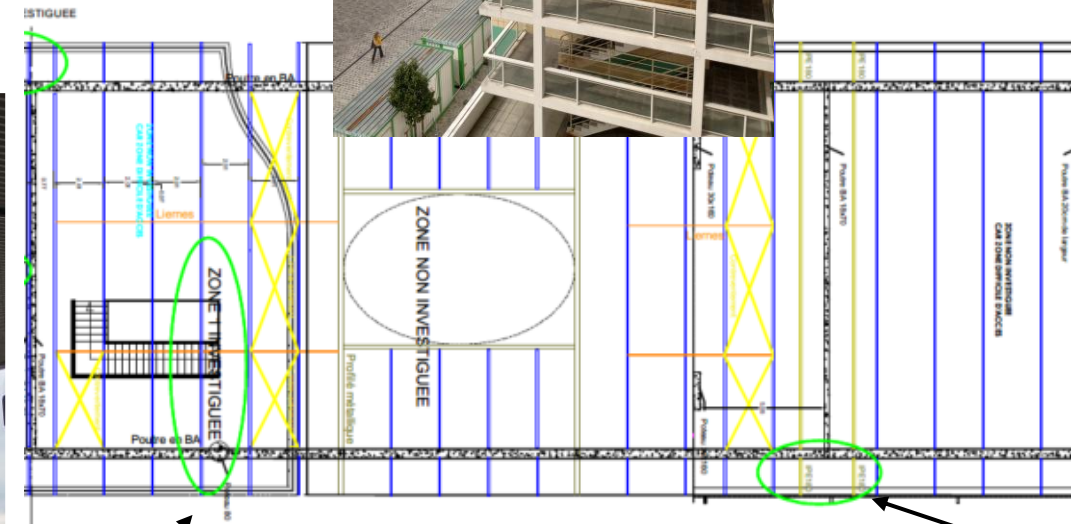
Point de vigilance :

- Salle de musique non relevée car impossible de remettre en état

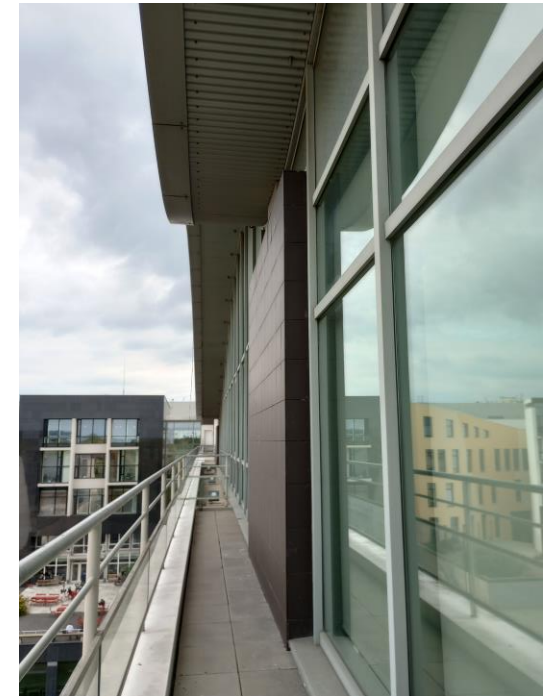
Relevé Géotec

Point de vigilance :

- Zone trémiée non relevée car non accessible



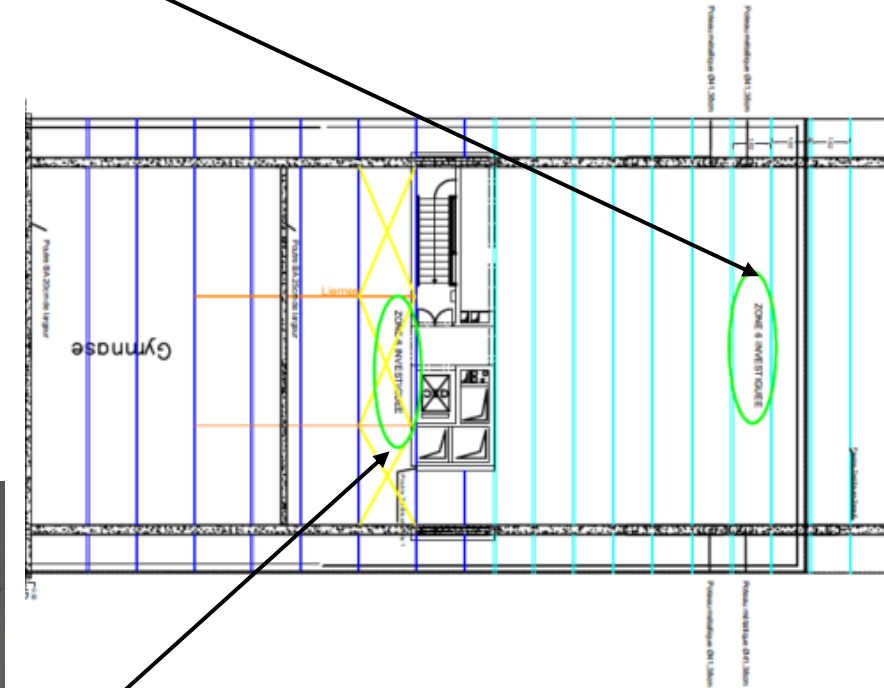
Toiture HG



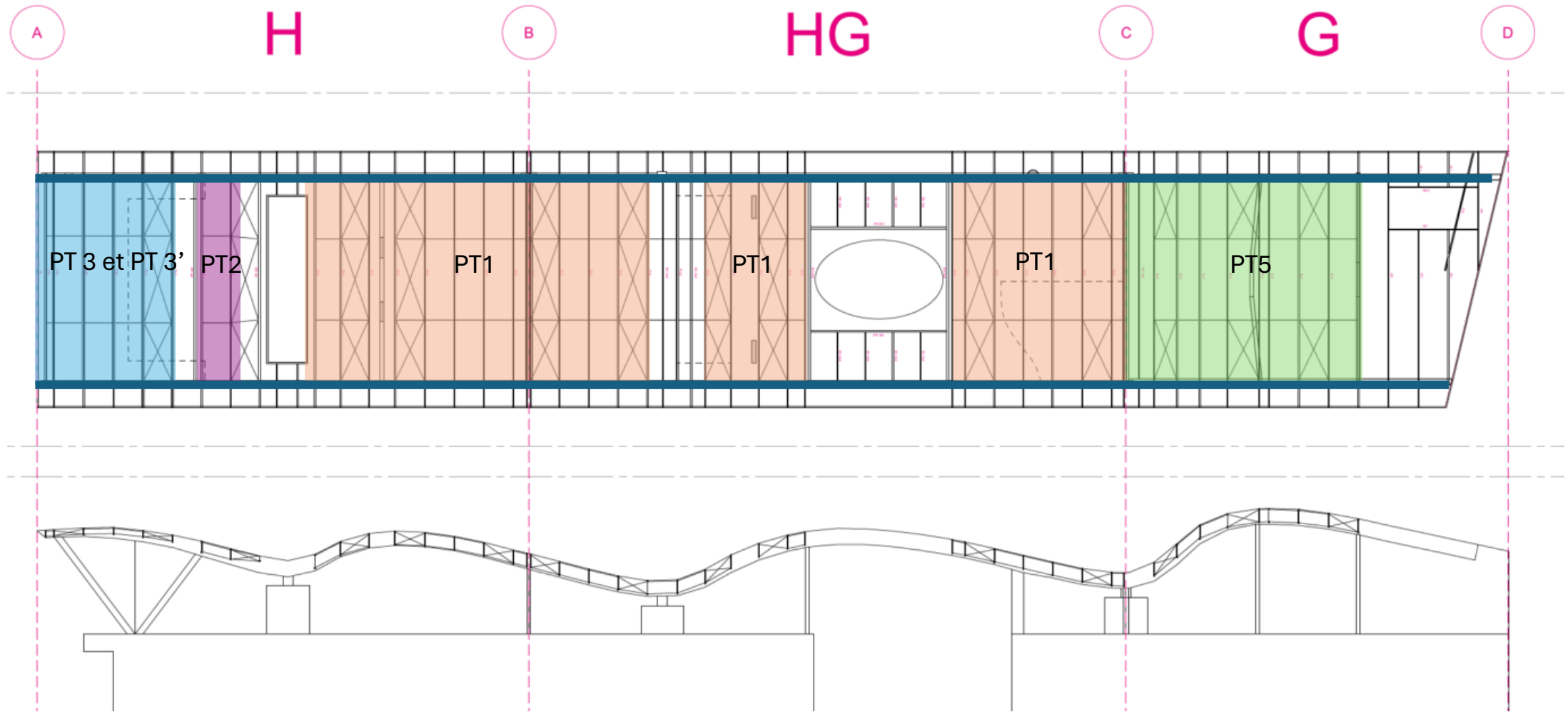
Relevé Géotec



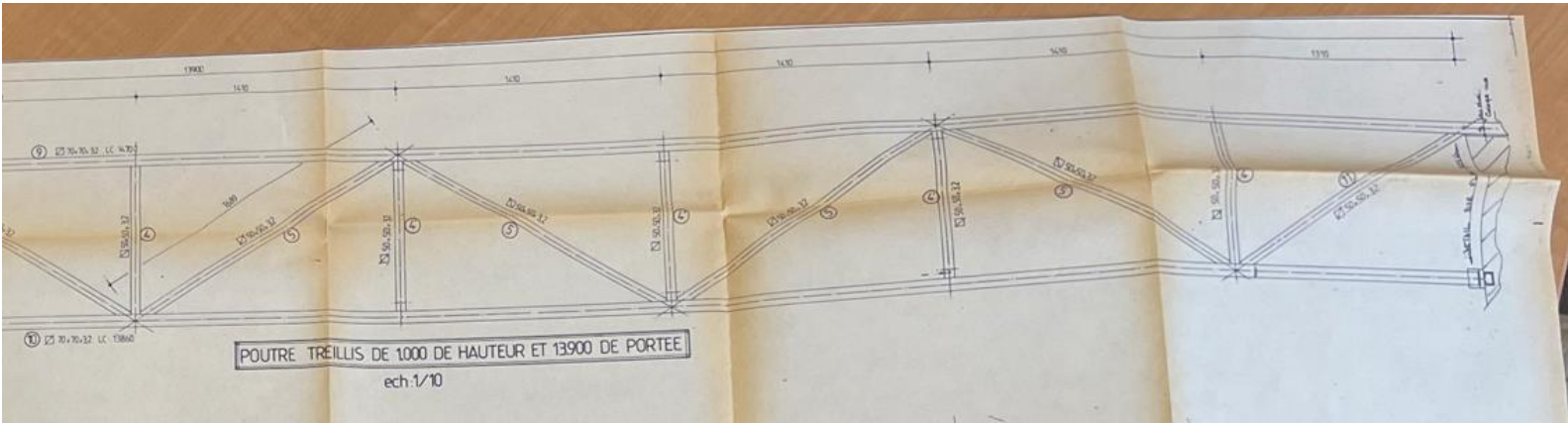
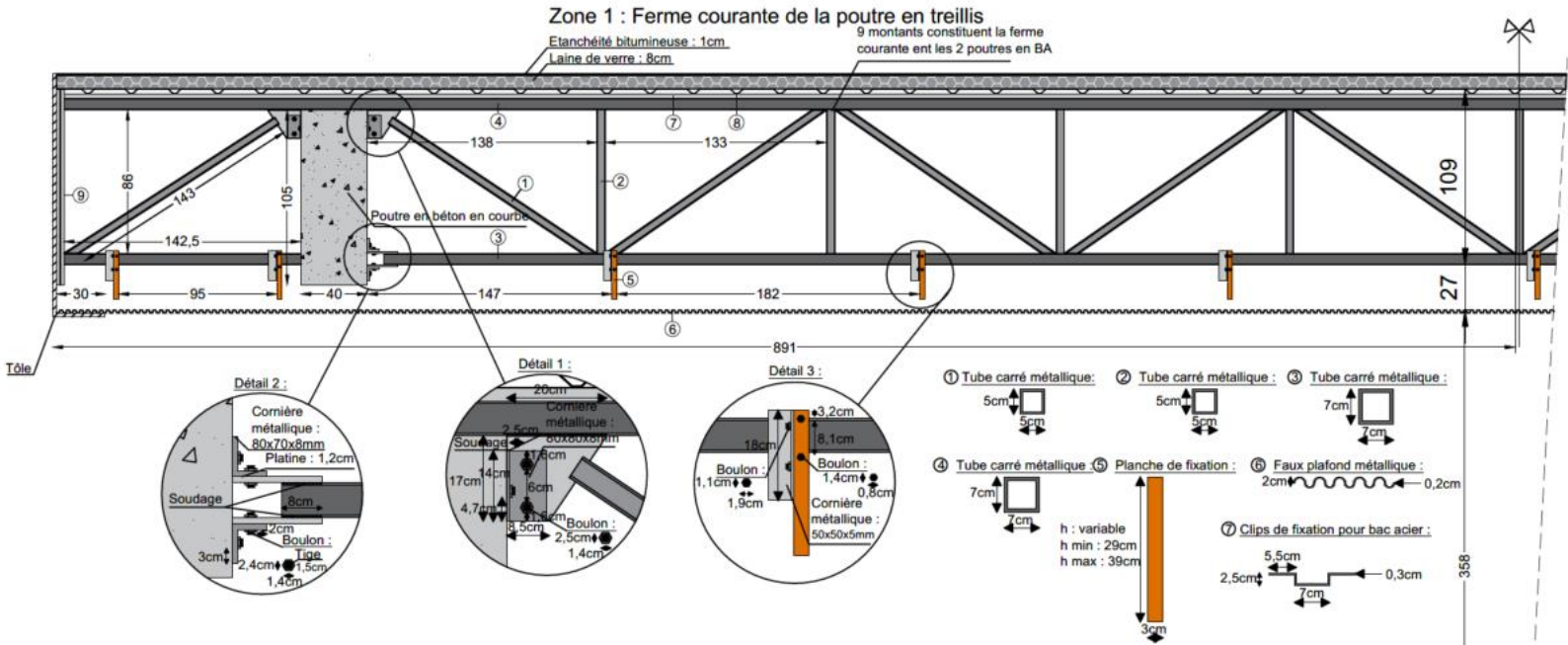
Toiture H



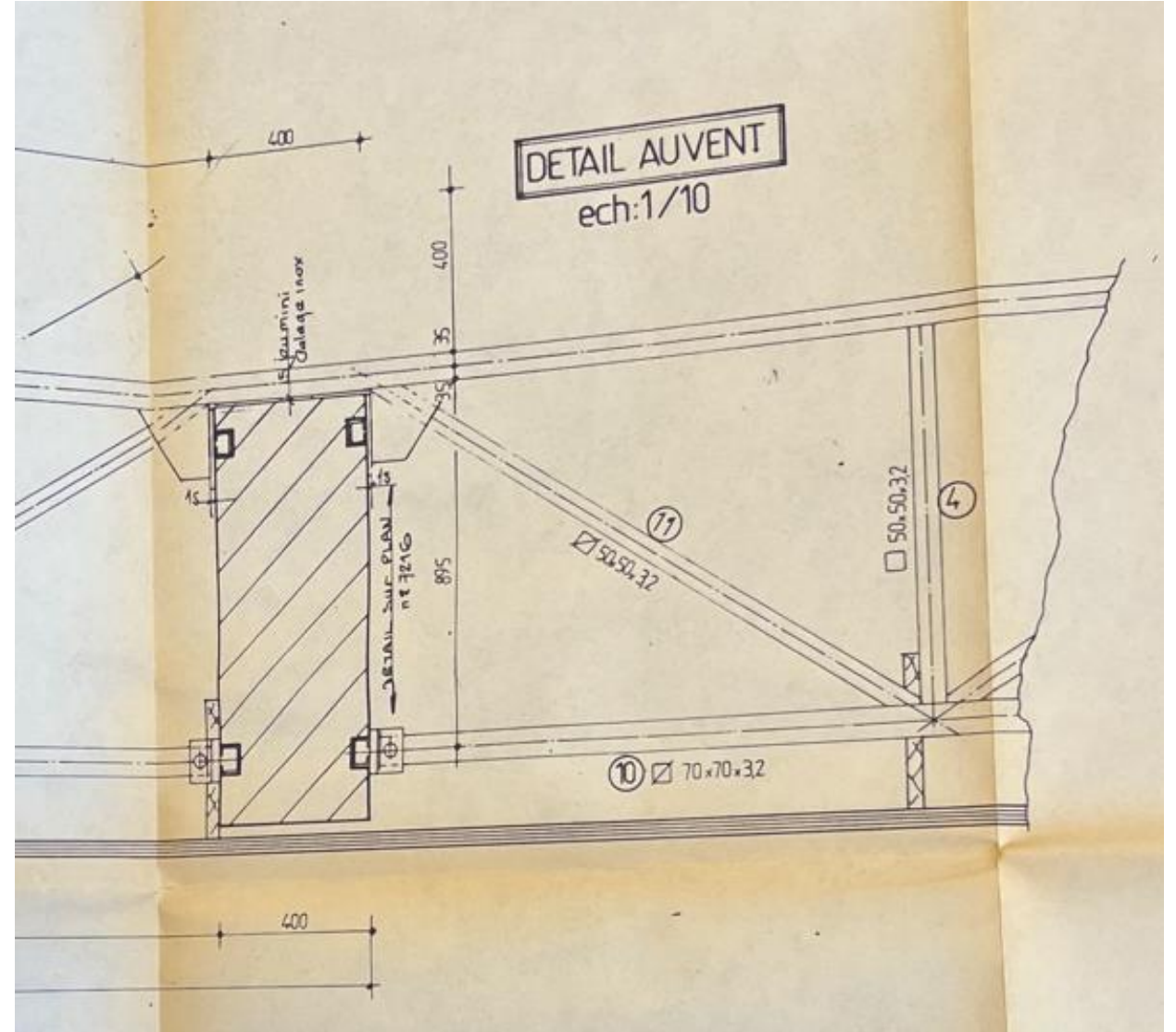
Structure



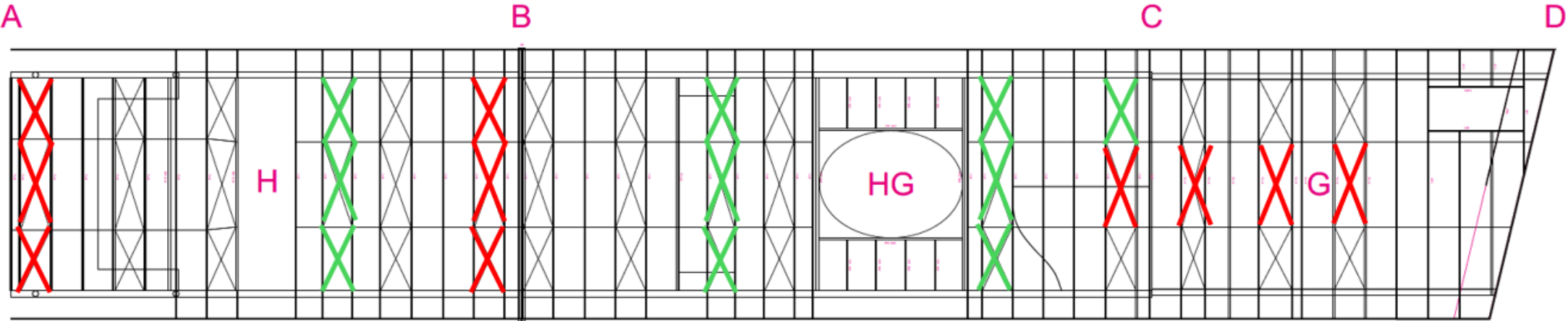
Sections



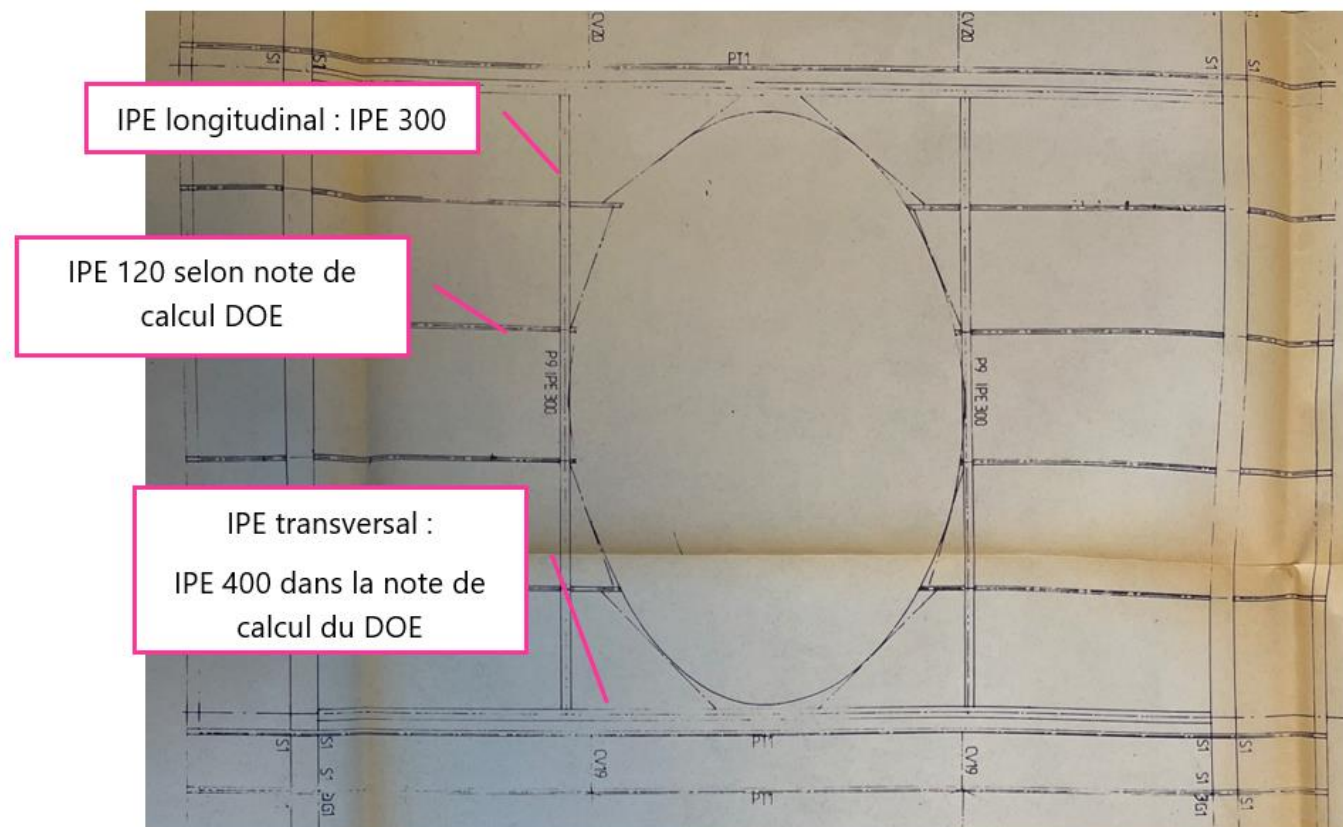
A close-up photograph showing the underside of a metal structure. A prominent diagonal metal beam runs from the top left towards the bottom right. Below it, a horizontal metal beam is visible. The floor consists of corrugated metal plates. In the background, a red-painted pipe or structural member is visible, along with other metal components and a concrete wall.



Divergences DOE / Relevé sur site



Zone centrale autour de la trémie elliptique



Plan de la toiture HG au niveau de la trémie issu du DOE

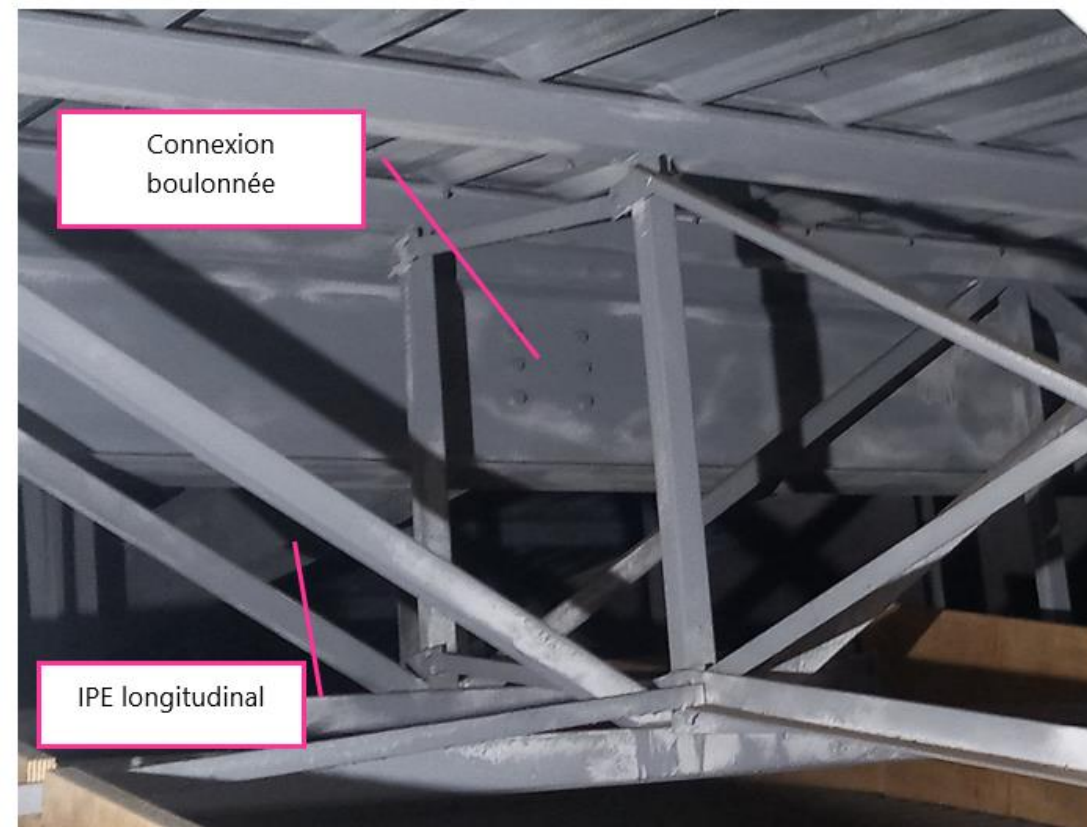
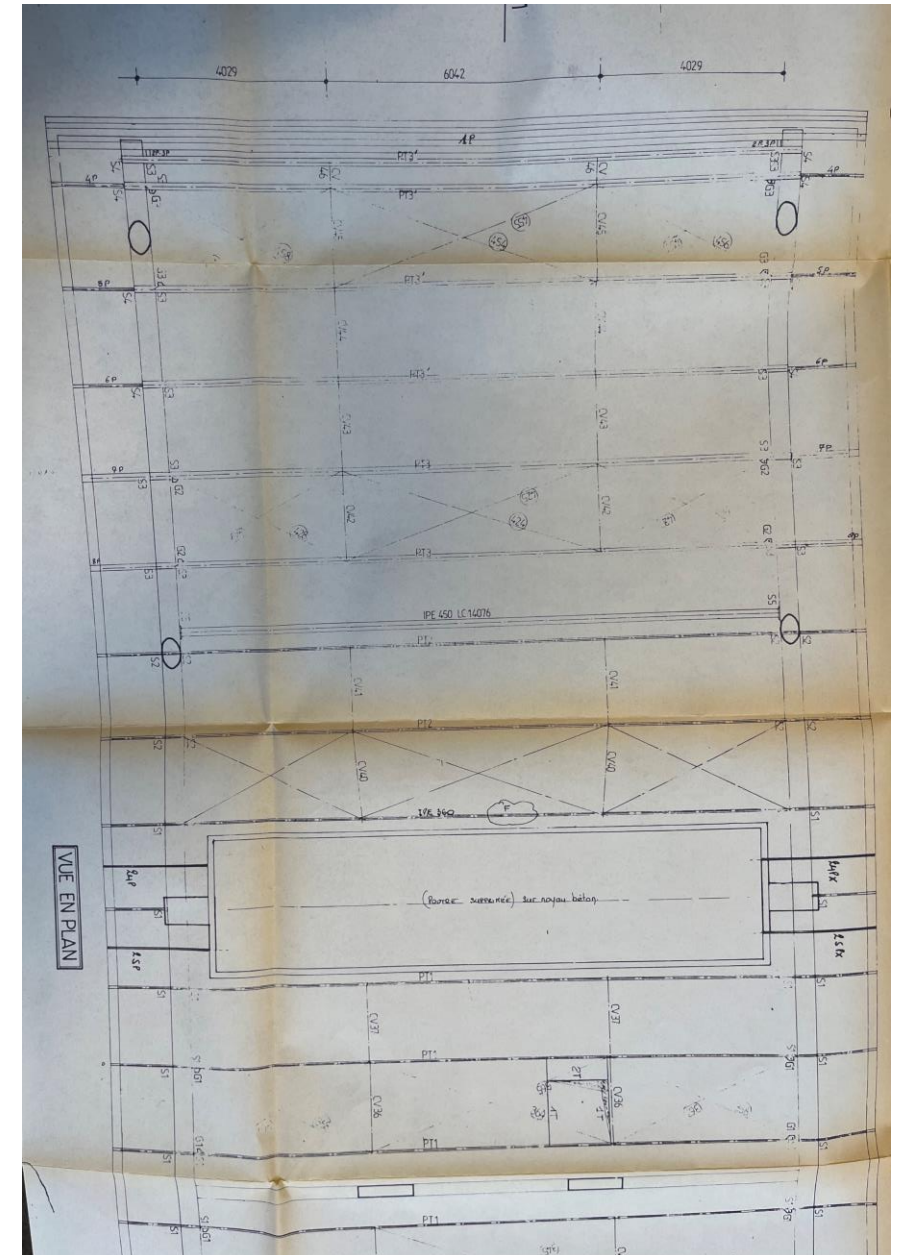


Photo de la connexion entre IPE transversal et IPE longitudinal



Conclusions sur les hypothèses

Matériau

- ✓ Essais en laboratoire
-> S275

Charges

- ✗ Charges permanentes sous estimées dans le DOE : 42kg/m^2 vs 70kg/m^2 aujourd'hui
- ? Inconnue sur la constitution du faux plafond des salles de musique
- ✓ Hypothèses du DOE couvrent les cas courant de la toiture en charges climatiques
- ✗ Elles ne couvrent pas la zone autour de la trémie elliptique
- ? Justification très succincte des poutres treillis dans le Note de calcul

Géométrie

- ✓ Les dimensions et sections des treillis relevées sur site concordent avec le DOE
- ✓ Les assemblages sont conformes dans les zones investiguées
- ✗ Divergences sur l'espacement entre poutres treillis et le positionnement du contreventement
- ? La zone trémie n'a pas pu être investiguées

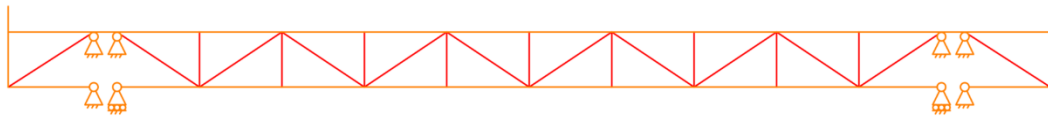
➔ Justification de la structure nécessaire

- ➔ Prise d'hypothèses conservatives pour les espacements
- ➔ Géométrie et sections du DOE pour la zone trémie

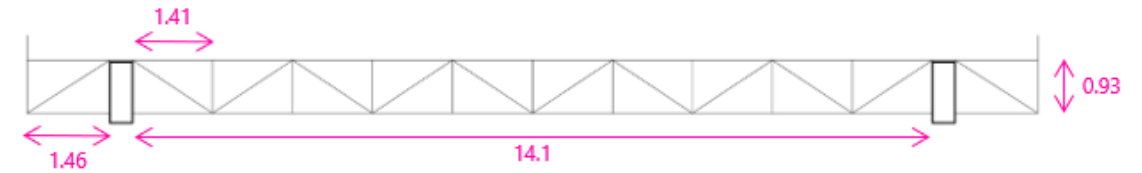
B – Vérification de la structure

1. Poutres treillis

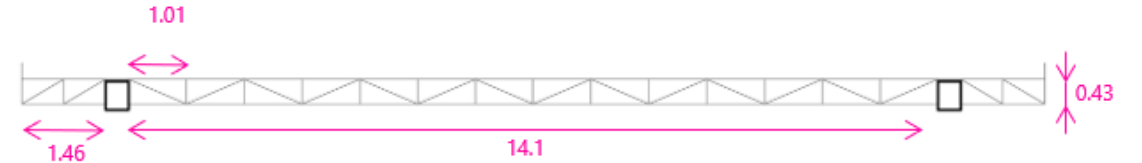
Schéma statique et géométrie des modèles



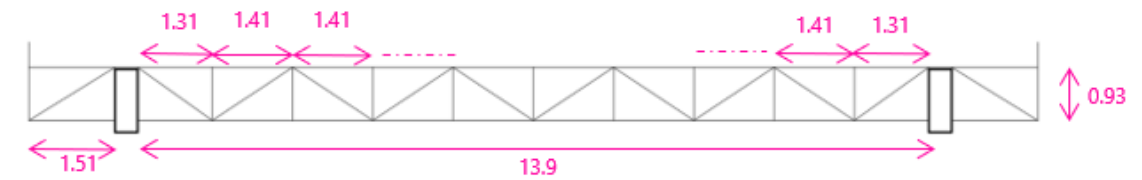
PT1



PT3

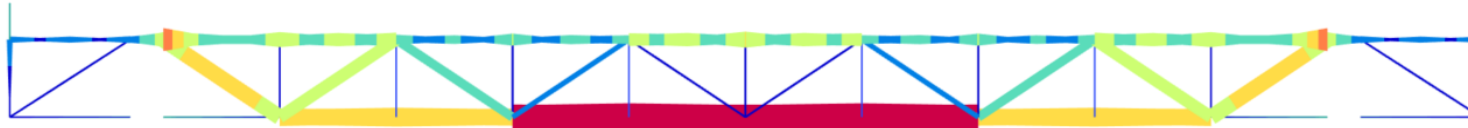


PT5



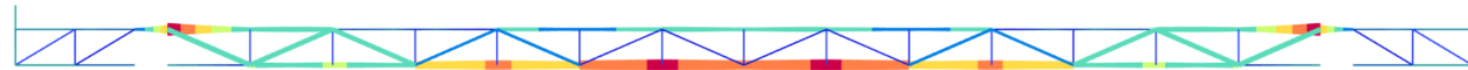
Contraintes

PT1 $1,35 G + 1,5 W(+) + 0,75 S$



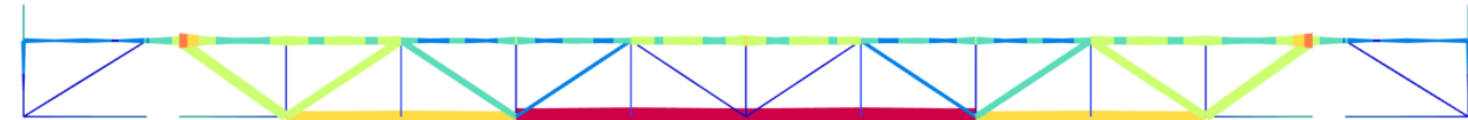
Contrainte de Von Mises max : **258 Mpa**
Taux d'utilisation : **94%** (Acier S275)

PT3 $1,35 G + 0,9 W(+) + 1,5 S$



Contrainte de Von Mises max : **192 Mpa**
Taux d'utilisation : **70%** (Acier S275)

PT5 $1,35 G + 0,9 W(+) + 1,5 S$



Contrainte de Von Mises max : **142 Mpa**
Taux d'utilisation : **52%** (Acier S275)

Déplacements

PT1			PT3			PT5		
FLECHE TOTALE			FLECHE TOTALE			FLECHE TOTALE		
L	14100	mm	L	14100	mm	L	13900	mm
L/200	70,5	mm	L/200	70,5	mm	L/200	69,5	mm
Ecrasement			Ecrasement			Ecrasement		
G + W(+) + 0,5S	24,5	mm	G + S + 0,6W(+)	29,6	mm	G + S + 0,6W(+)	13,6	mm
	35%			42%			20%	
Soulèvement			Soulèvement			Soulèvement		
G + W(-)	0,5	mm	G + W(-)	10,1	mm	G + W(-)	0,5	mm
	1%			14%			1%	
FLECHE ACTIONS VARIABLES			FLECHE ACTIONS VARIABLES			FLECHE ACTIONS VARIABLES		
L	14100	mm	L	14100	mm	L	13900	mm
L/250	56,4	mm	L/250	56,4	mm	L/250	55,6	mm
Ecrasement			Ecrasement			Ecrasement		
W(+) + 0,5S	16,7	mm	S + 0,6W(+)	14,3	mm	S + 0,6W(+)	6,1	mm
	30%			25%			11%	
Soulèvement			Soulèvement			Soulèvement		
W(-)	7,3	mm	W(-)	25,4	mm	W(-)	7,1	mm
	13%			45%			13%	

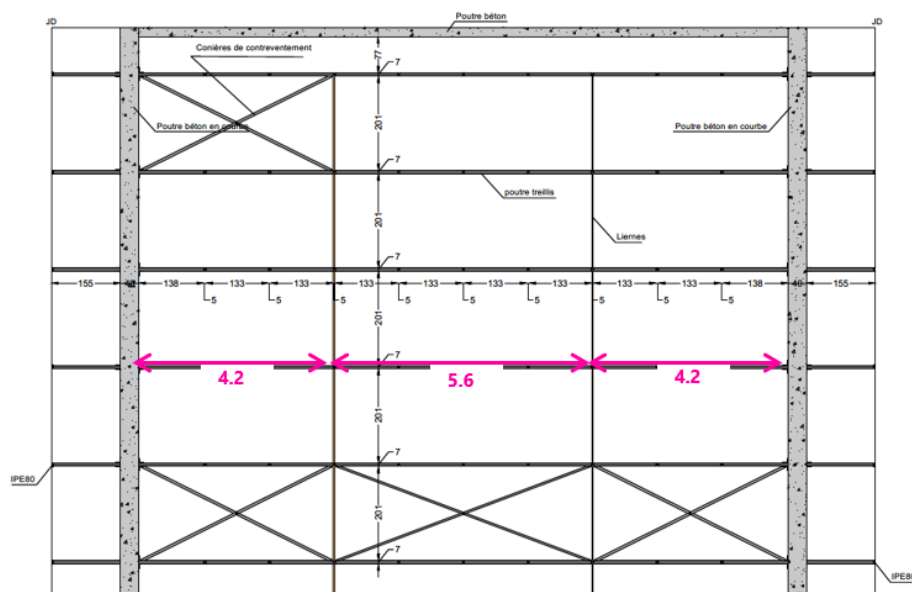
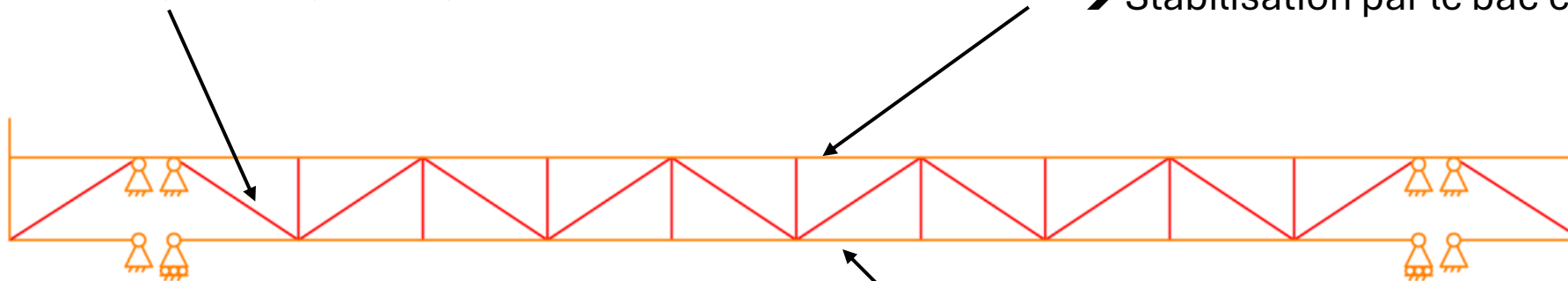
Instabilités

Flambement de la diagonale

- ➔ Longueur de l'élément
- ➔ 79% sous $1,35G + 1,5W + 0,75S$ sur PT1

Flambement de la membrure sup

- ➔ Vérification aux combinaisons vent + neige
- ➔ Stabilisation par le bac collaborant



Plan du contreventement de la structure issu du rapport Geotec – poutres PT1

Flambement de la membrure inf

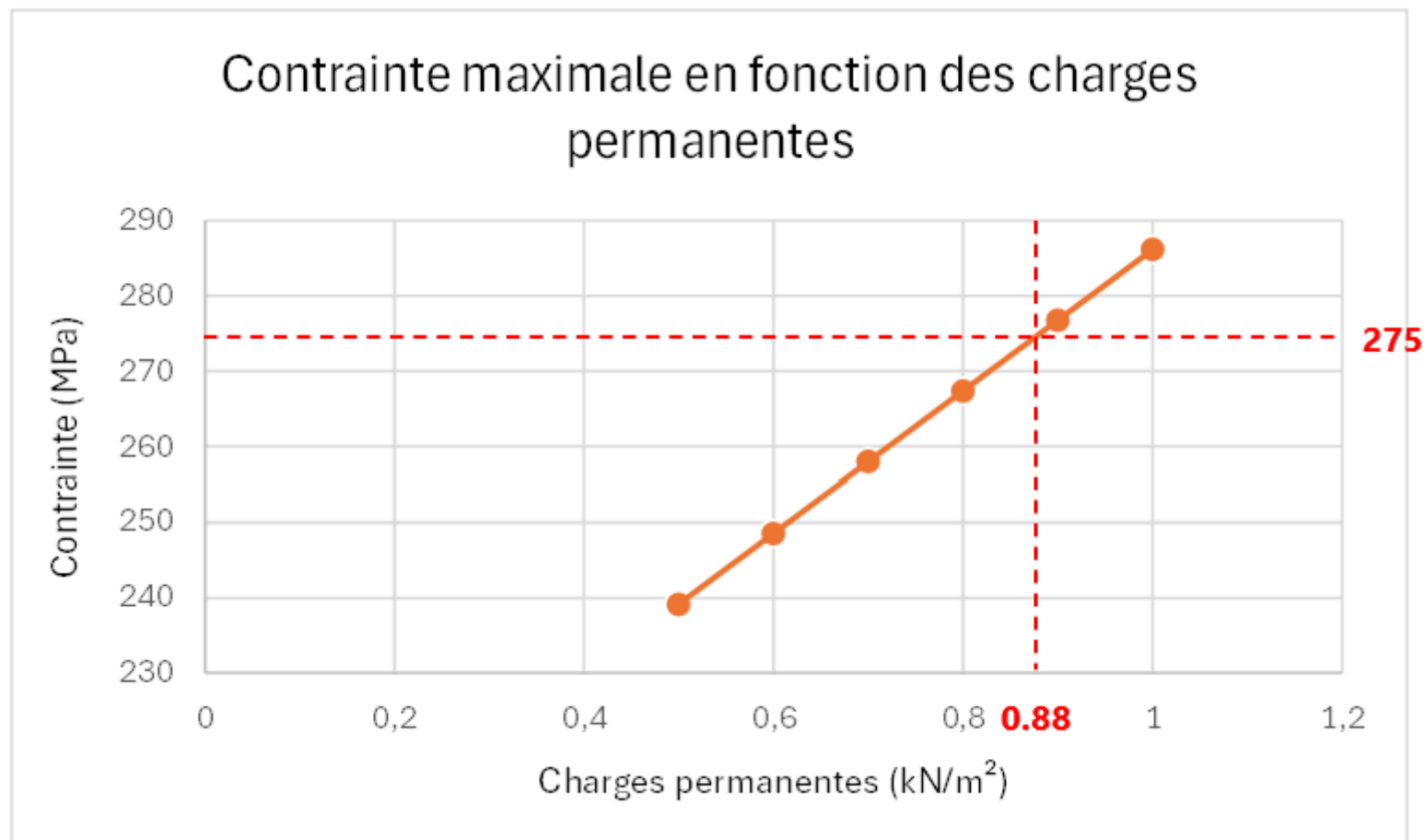
- ➔ Vérification au soulèvement
- ➔ Stabilisation par liernes tous les 4 à 6m selon les cas
- ➔ 87% sous $G + 1,5W (-)$ sur PT3

Instabilités

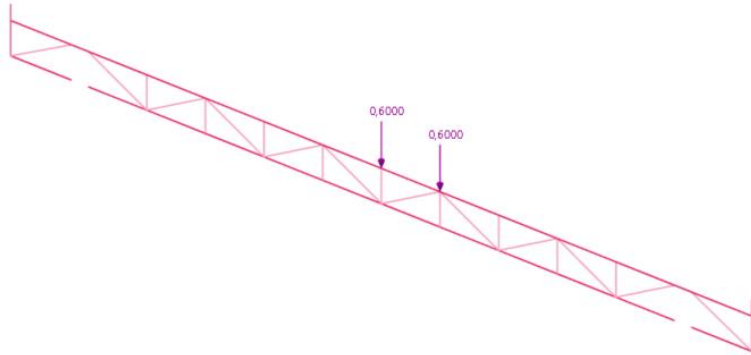


Point de vigilance : contrôler la stabilisation des membrures supérieures et ajouter des vis autoforeuses si besoin

Capacité portante



Ajout de garde corps

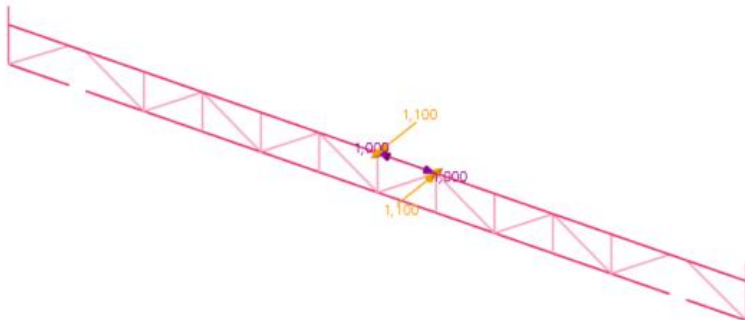


Charges permanentes :

- Poids propre du garde-corps (environ **28 kg/ml**) x2

Charges d'exploitations :

- Force horizontale de **1kN** (utilisation du garde-corps)
- Moment de **1,1 kN.m** en pied de garde-corps (résultant de la force horizontale appliquée à 1,1 m)



PT1 $1,35 G + 1,5 W(+) + 0,75 S$



- Contrainte max de **265 Mpa**
- Augmentation de **7 Mpa**
- Taux d'utilisation en contraintes : **96%**

PT1 $1,35G + 1,5Q$



- Contrainte max de **135 MPa**
- Augmentation de **6 Mpa**
- Taux d'utilisation en contraintes : **49%**

2. Zone trémie

Schéma statique et géométrie des modèles

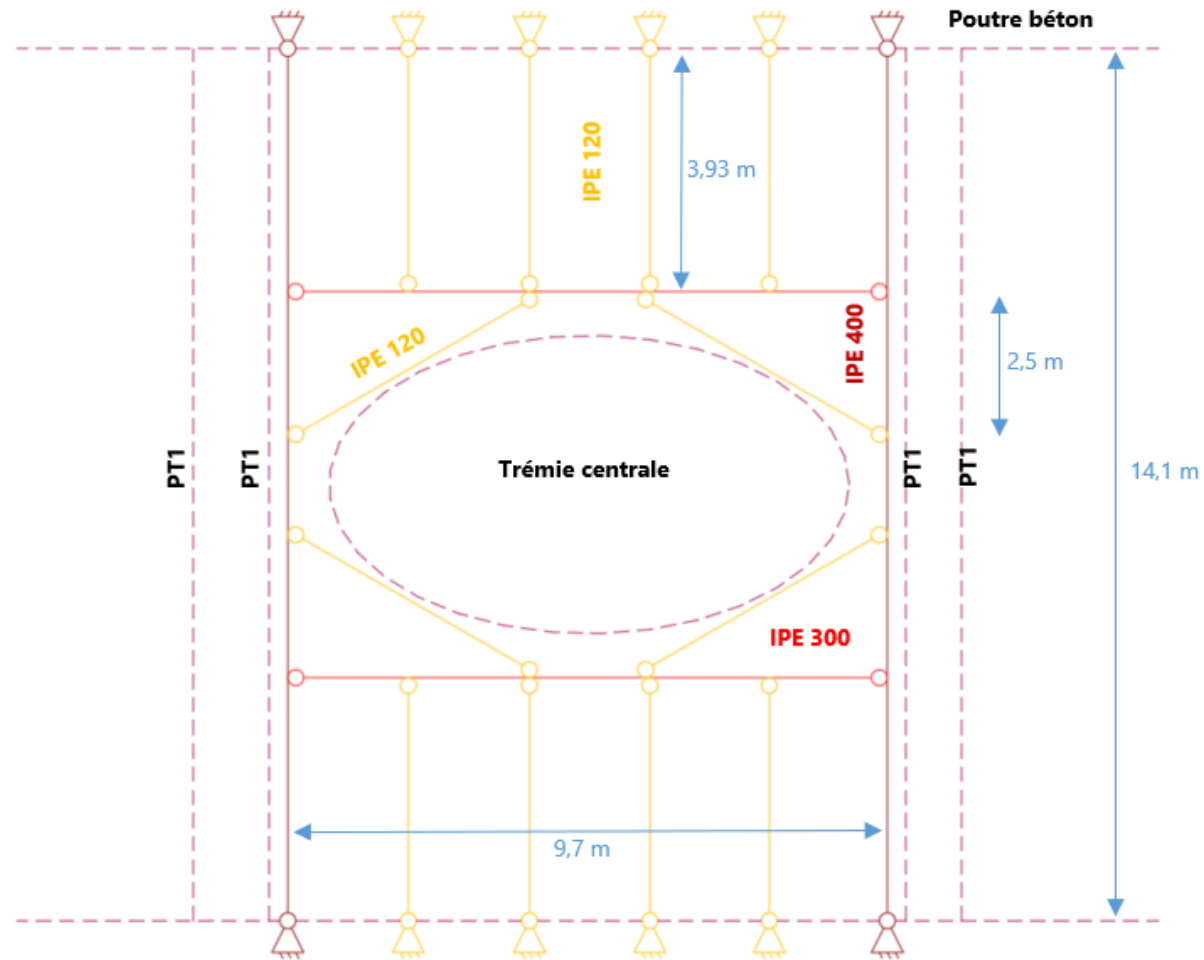
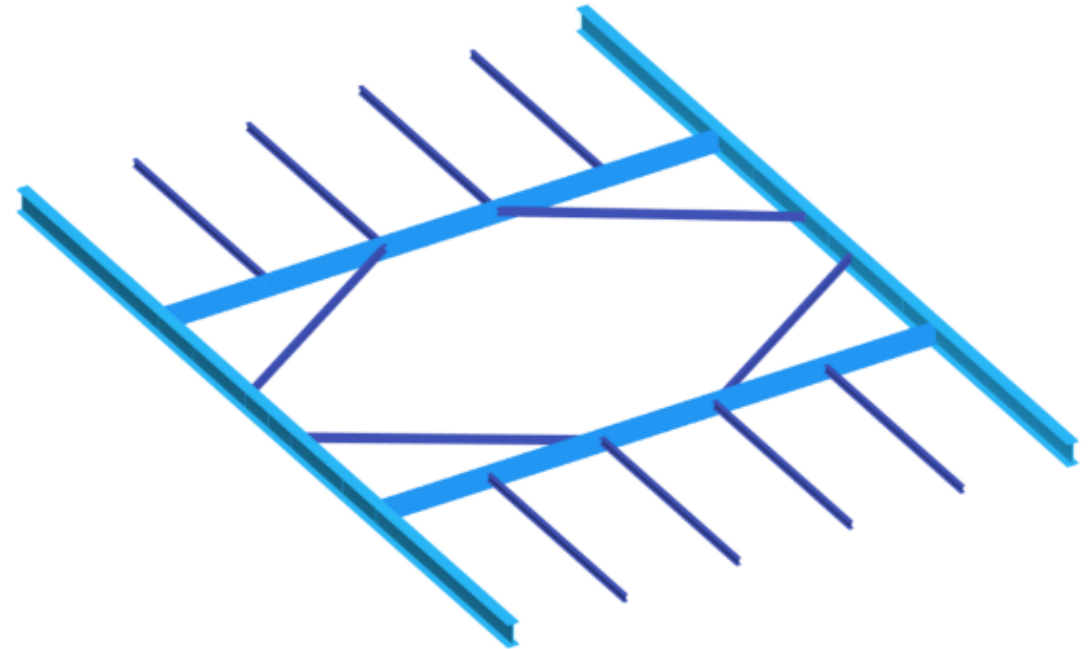
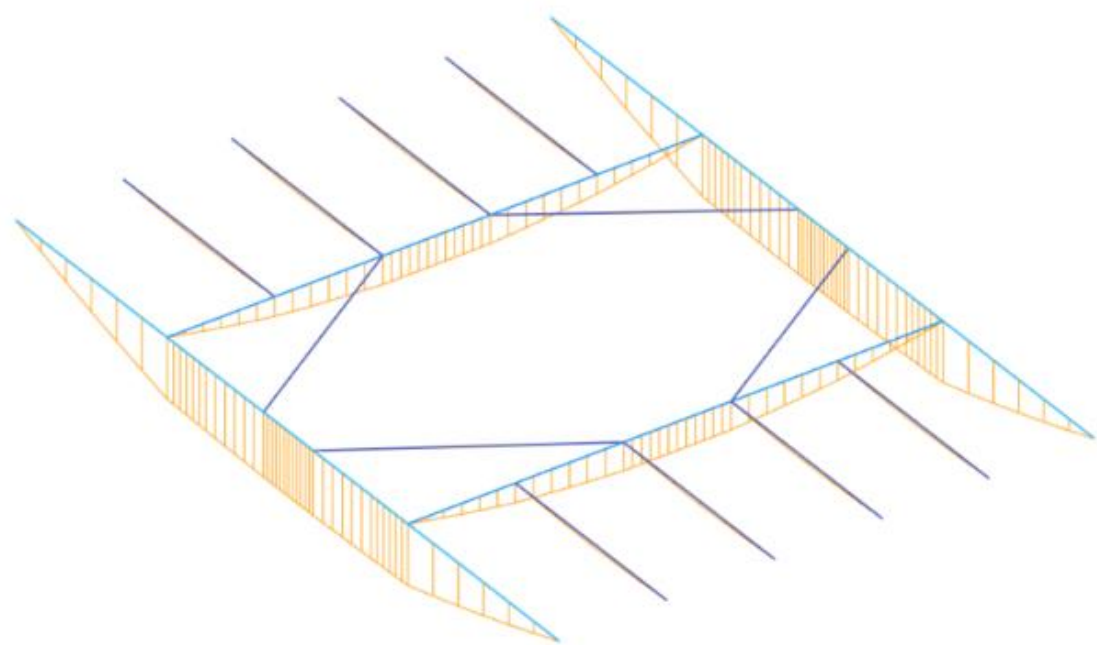


Schéma de la trémie centrale



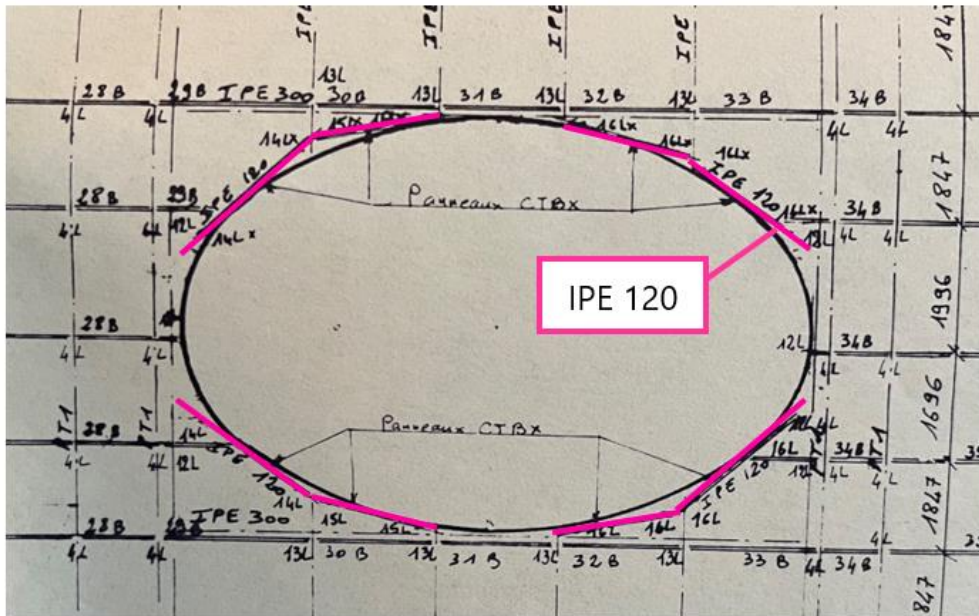
Contraintes et déplacements



IPE 120		IPE 300		IPE 400	
1,35G + 0,9W + 1,5S		1,35G + 0,9W + 1,5S		1,35G + 0,9W + 1,5S	
Section	IPE 120	Section	IPE 300	Section	IPE 400
Sigma lim	275 Mpa	Sigma lim	275 Mpa	Sigma lim	275 Mpa
Sigma	140 Mpa	Sigma	128 Mpa	Sigma	148 Mpa
Taux d'utilisation	51%	Taux d'utilisation	47%	Taux d'utilisation	54%

IPE 120		IPE 300		IPE 400	
FLECHE TOTALE		FLECHE TOTALE		FLECHE TOTALE	
L	3930 mm	L	9700 mm	L	14100 mm
L/200	19,65 mm	L/200	48,5 mm	L/200	70,5 mm
Ecrasement		Ecrasement		Ecrasement	
G + S + 0,6W(+)	13 mm 66%	G + S + 0,6W(+)	27 mm 56%	G + S + 0,6W(+)	49 mm 70%
Soulèvement		Soulèvement		Soulèvement	
G + W(-)	2,4 mm 12%	G + W(-)	2 mm 4%	G + W(-)	4 mm 6%
FLECHE ACTIONS VARIABLES		FLECHE ACTIONS VARIABLES		FLECHE ACTIONS VARIABLES	
L	3930 mm	L	9700 mm	L	14100 mm
L/250	15,72 mm	L/250	38,8 mm	L/250	56,4 mm
Ecrasement		Ecrasement		Ecrasement	
S + 0,6W(+)	7 mm 45%	S + 0,6W(+)	11 mm 28%	S + 0,6W(+)	18 mm 32%
Soulèvement		Soulèvement		Soulèvement	
W(-)	10 mm 64%	W(-)	17 mm 44%	W(-)	28 mm 50%

Instabilités



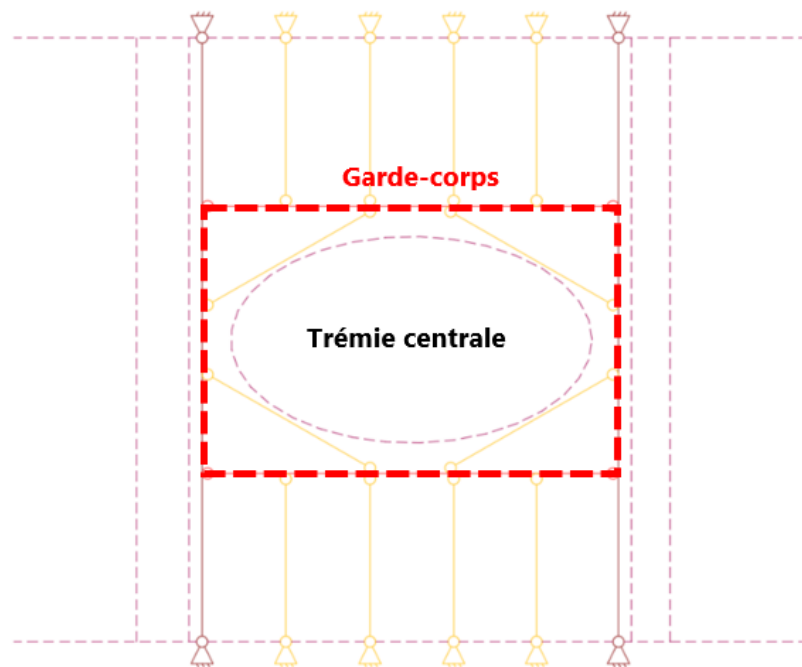
Détail structurel de la trémie centrale – D.O.E Charpente métallique

Sans stabilisation des IPE 120 -> 114%

Avec stabilisation par IPE 120 -> 84%

-> À vérifier lors de l'intervention

Ajout de garde corps



SANS GARDE CORPS			AVEC GARDE CORPS		
1,35G + 0,9W + 1,5S			1,35G + 0,9W + 1,5S		
Section	IPE	300	Section	IPE	300
Sigma lim	275 Mpa		Sigma lim	275 Mpa	
Sigma	120 Mpa		Sigma	120 Mpa	
Taux d'utilisation	44%		Taux d'utilisation	44%	
1,35G + 1,5Q			1,35G + 1,5Q		
Section	IPE	300	Section	IPE	300
Sigma lim	275 Mpa		Sigma lim	275 Mpa	
Sigma	83 Mpa		Sigma	170 Mpa	
Taux d'utilisation	30%		Taux d'utilisation	62%	

C – Conclusions

Conclusions

Hypothèses

- ✓ Nuance d'acier
- ✓ Dimensions et sections dans les zones inspectées
- ? Inconnue sur les poids des faux plafonds
- ? Inconnue sur la zone trémie non inspectée (section et dimensions)

Vérifications

- ✓ Les poutres treillis peuvent supporter jusqu'à **90kg/m²** sans renforcement (faux plafond inclus)
- ? Inconnue sur le positionnement des garde corps

Limites

Zones non investiguées

Vérifier la stabilisation des membrures supérieures et ajouter des vis si besoin

Vérifier support anti-déversement des IPE de la trémie

Contrôler l'ancrage en pied des double poteaux métalliques

Exclusions :

Sécurité incendie

Support du faux plafond

Poutre béton armé