



**REF. :** 24073

**PROJET :** Bâtiment J – Faisabilité structurelle ITE

**CLIENT :** IMT Mines Alès

**DOCUMENT :** Note de calcul

Date	Indice	Modifications
16.12.2024	A	1 <sup>ère</sup> diffusion

**SEYF**  
STRUCTURES

163 Avenue Louis Pasteur 06190 Roquebrune Cap Martin  
SASU au capital de 5000€ RCS Nice SIREN 881016240  
TVA FR07881016240

## TABLE DES MATIERES

1.	Introduction.....	3
2.	Documents de références.....	3
2.1.	Documents.....	3
2.2.	Normes et règlements de calcul.....	3
3.	Description de l'ouvrage.....	4
3.1.	Portiques primaires .....	4
3.2.	Plancher du R+1.....	5
3.3.	Toiture .....	6
3.4.	Limites de l'étude.....	6
4.	Analyse de la structure .....	8
4.1.	Vues du modèle de calcul .....	8
4.2.	Caractéristiques des sections .....	11
4.3.	Caractéristiques de l'acier .....	14
4.4.	Cas de charges.....	14
4.5.	Comparaison des effets du chargement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.6.	Vérification de la capacité en flexion à l'ELU .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.7.	Vérification de l'ouverture des fissures à l'ELS .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.	Conclusions .....	17

## 1. INTRODUCTION

La présente étude intervient dans le cadre du projet de rénovation énergétique du bâtiment J, au sein du site de Croupillac de l'IMT Mines Alès, situé 1 rue Jules Renard à Alès. Elle analyse la faisabilité structurelle d'une solution d'isolation thermique par l'extérieur du bâtiment, à travers l'estimation de portance des structures de rives du bâtiment.



**Figure 1 :** Localisation du bâtiment J – IMT Mines Alès – Site de Croupillac

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCES

### 2.1. DOCUMENTS

- [1] Plans et coupes d'archives du bâtiment – Phases APS et APD de 1981 à 1982 ;
- [2] Rapport de prises de mesures du bâtiment J – MAJE du 25/11/2024.

### 2.2. NORMES ET REGLEMENTS DE CALCUL

- [3] NF EN 1990 : Base de calcul des structures ;
- [4] NF EN 1991-1-1 : Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumique, poids propres et charges d'exploitation bâtiments ;
- [5] NF EN 1992-1-1 : Calcul des structures en Béton armé ;

### 3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

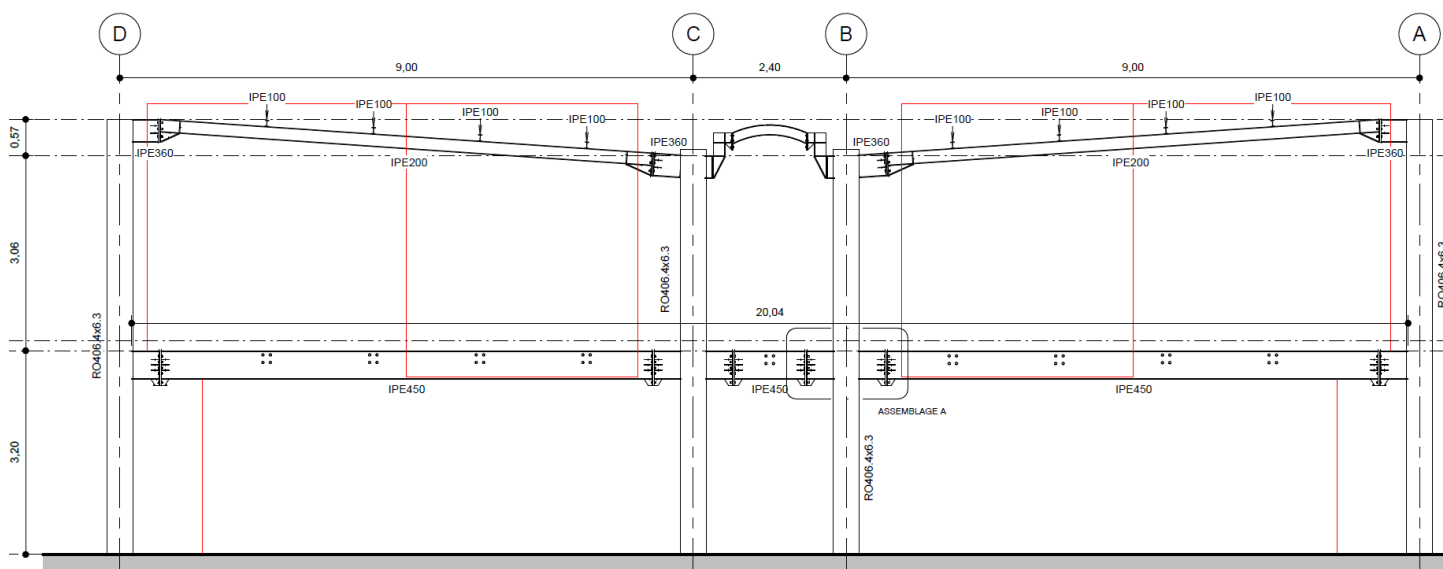
L'ossature du bâtiment à rez-de-chaussée + 1 niveau se compose de 5 portiques à trois travées en charpente métallique. Les façades du RDC sont en retrait par rapport à l'alignement des files extérieures de la structure. Les façades nord et sud du R+1 sont alignées aux poutres de rives de la structure, à l'exception d'un volume en encorbellement au nord et deux volumes en encorbellement au sud, marquant l'entrée principale du bâtiment. Les façades est et ouest du R+1 sont en retrait d'environ 50 cm par rapport aux axes des poteaux de rives, laissant apparaître des amorces de poutres IPE360 en têtes de poteaux et IPE450 à mi-hauteur.

Des prises de mesures sur site [2] sur les profilés métalliques visibles du bâtiment et l'analyse documentaire des archives [1], nous ont permis de croiser des informations nécessaires à la reconstitution d'un dossier graphique des ouvrages exécutés. Cette étape préalable nous a permis de modéliser la structure primaire du bâtiment et d'en estimer le poids propre et la portance.

#### 3.1. PORTIQUES PRIMAIRES

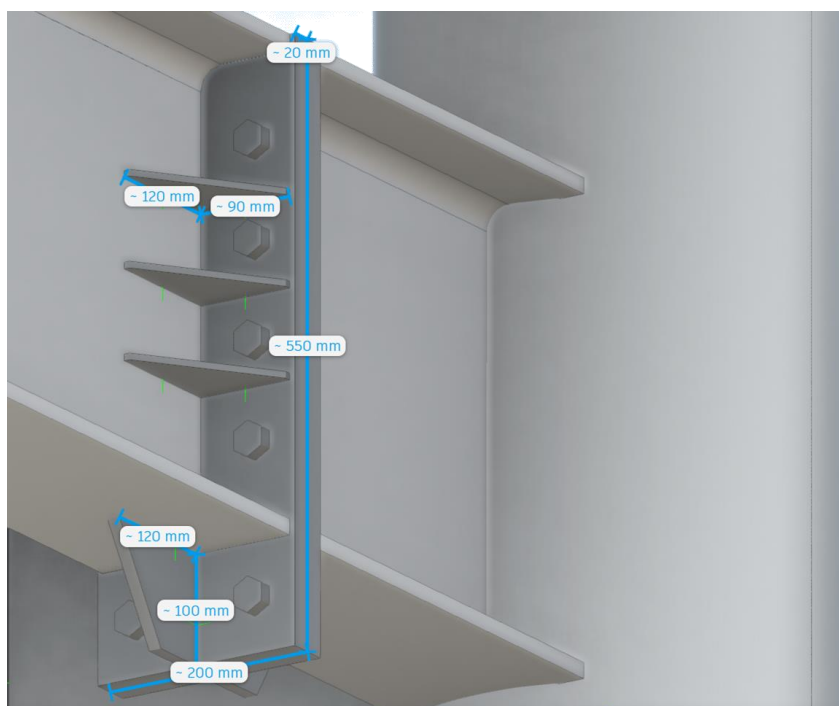
L'ossature primaire du bâtiment se compose de 5 portiques à 3 travées et 2 niveaux. Les portiques sont espacés de 9m/9m/2,4m/9m. Les travées des portiques sont de 9m/2,4m/9m. Le niveau fini du R+1 est à 3,36 m du niveau fini du RDC. La hauteur totale des poteaux (pieds de poteaux compris) est estimée à 7,13 m.

Les sections des poteaux sont concordantes entre les mesures prises sur site et les plans d'archives :  $\Phi$  406,4 mm. Leurs épaisseurs n'ont pas pu être mesurées sur site. La phase APS du projet prévoyait 12,5 mm et la phase APD 7 mm. De façon conservative, nous avons opté pour une épaisseur de 6,3 mm, correspondant à des profilés du commerce. Seuls les poteaux centraux des deux portiques les plus au nord sont en IPE360.



**Figure 2 : Élévation sud - bâtiment J – Repérage assemblage A**

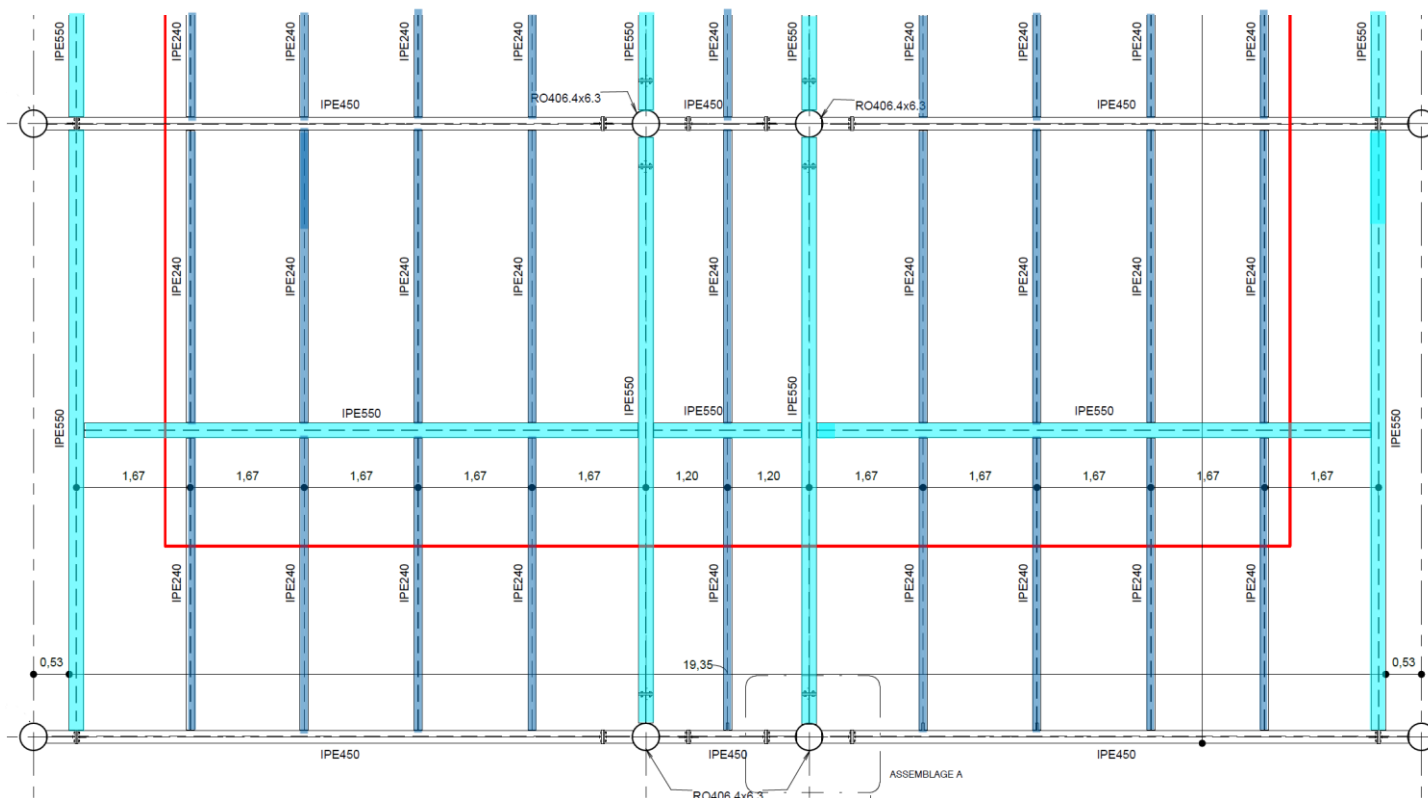
Les poutres des portiques sont en IPE450 au PH RDC et en IPE200 au PH R+1. Elles sont reliées aux poteaux circulaires par des amorces de poutres soudées aux poteaux, auxquelles elles sont boulonnées à travers des platines d'abouts raidies. Chaque assemblage est composé de 10 boulons HR M20 de qualité 10.9. Les dimensions des raidisseurs et des platines d'about sont indiquées sur le schéma ci-après :



**Figure 3** : Dimensions des éléments de l'assemblage A

### 3.2. PLANCHER DU R+1

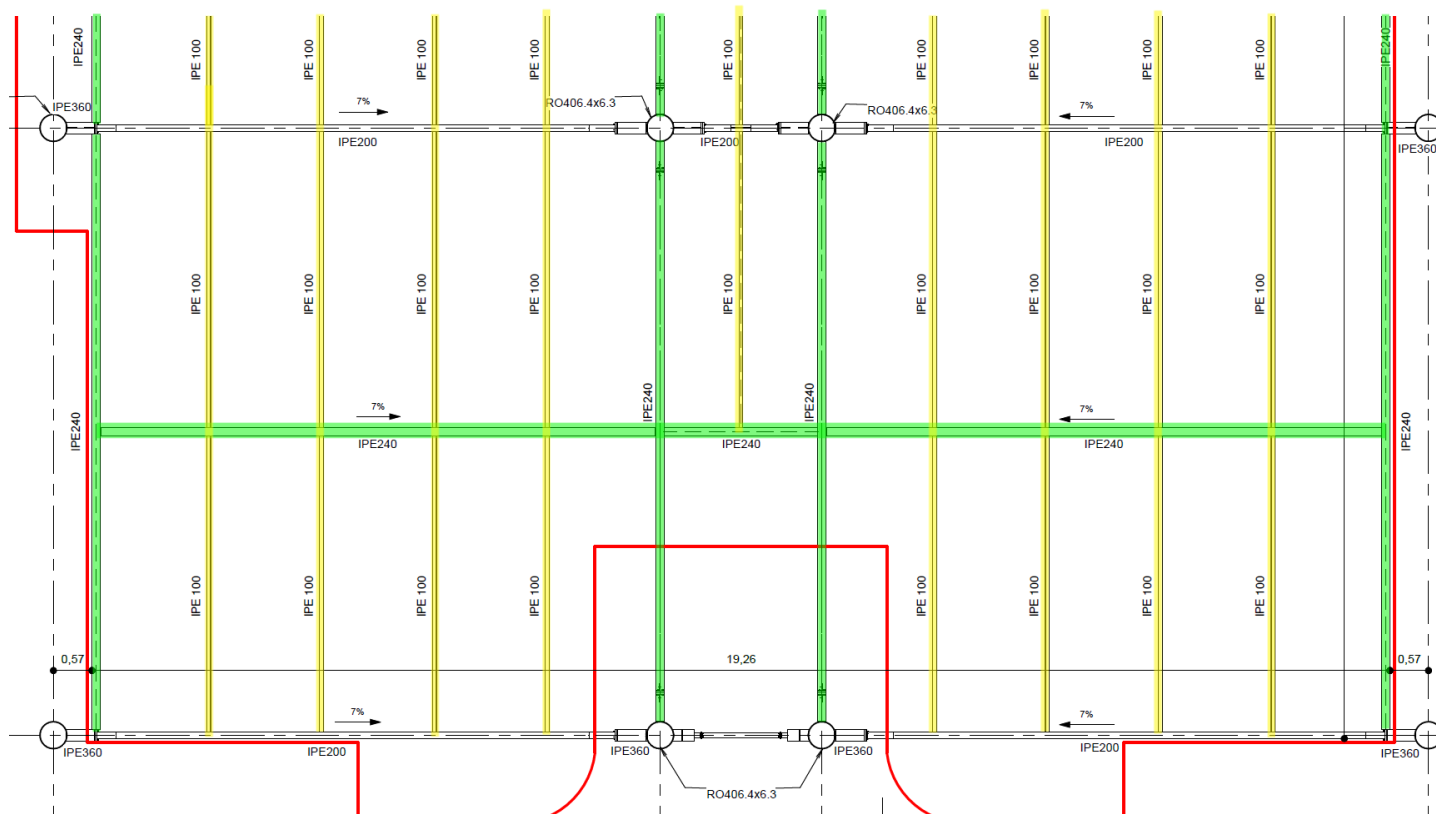
Les portiques primaires sont reliés au niveau du plancher du R+1 par des poutres IPE550 au droit des poteaux centraux et des amorces de poutres de rives. Ces poutres reprennent à mi-travées des poutres IPE550, elles-mêmes reprenant les solives de plancher en IPE240.



**Figure 4** : Ossature du plancher du R+1 - Files 4 et 5 – Traces de la façade du RDC en rouge

### 3.3. TOITURE

Les portiques primaires sont reliés au niveau de la toiture par des poutres IPE240 au droit des poteaux centraux et des amorces de poutres de rives. Ces poutres reprennent à mi-travées des poutres IPE240, elles-mêmes reprenant les pannes de toiture en IPE100.



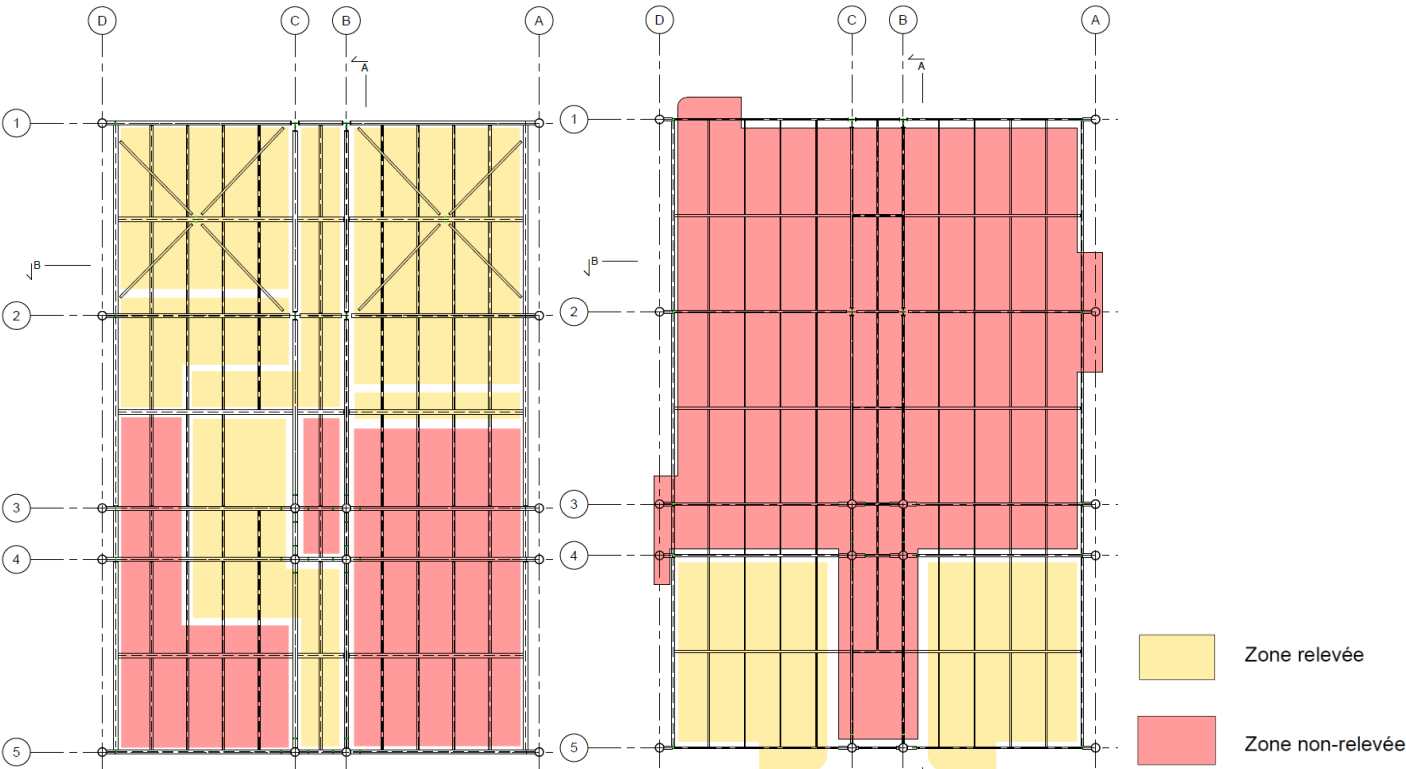
**Figure 5** : Ossature de la toiture - Files 4 et 5 – Traces de la façade du R+1 en rouge

### 3.4. LIMITES DE L'ETUDE

Les nuances d'acier utilisées ne sont pas renseignées sur les documents d'archives. La capacité portante des profilés métalliques est étroitement liée à leur nuance d'acier. Des essais en laboratoire sur des échantillons prélevés sur site permettraient d'estimer la limite élastique de l'acier utilisé et d'en déterminer la nuance. A défaut, une hypothèse conservatrice sera adoptée avec de l'acier S235, dont la limite élastique est de 235 MPa.

Les pieds de poteaux et les fondations du bâtiment n'ont pas été observés. Aucun rapport géotechnique n'a pu être retrouvé dans les archives. Seule l'indication de la profondeur des marnes rigides a été retrouvée sur les plans APD 425B du 06/07/1982. Le toit des marnes rigides est à -2m du niveau fini du RDC. Les fondations sont ancrées à 60cm de cet horizon.

Notre étude est basée sur des hypothèses et des mesures non exhaustives, n'ayant permis de vérifier que les zones visibles de la structure. Les schémas ci-après indiquent les zones où la structure a pu être observée et/ou mesurée aux deux niveaux du bâtiment. Le plancher du R+1 n'a pas été sondé. Seule son épaisseur de 16 cm a été déterminée par la soustraction de la hauteur sous-dalle de la hauteur entre les niveaux finis. Par mesure conservatrice pour la détermination de la capacité portante des poutres de rive, cette épaisseur de plancher a été considérée comme étant entièrement en béton armé, avec une densité de 25 kN/m<sup>3</sup>.

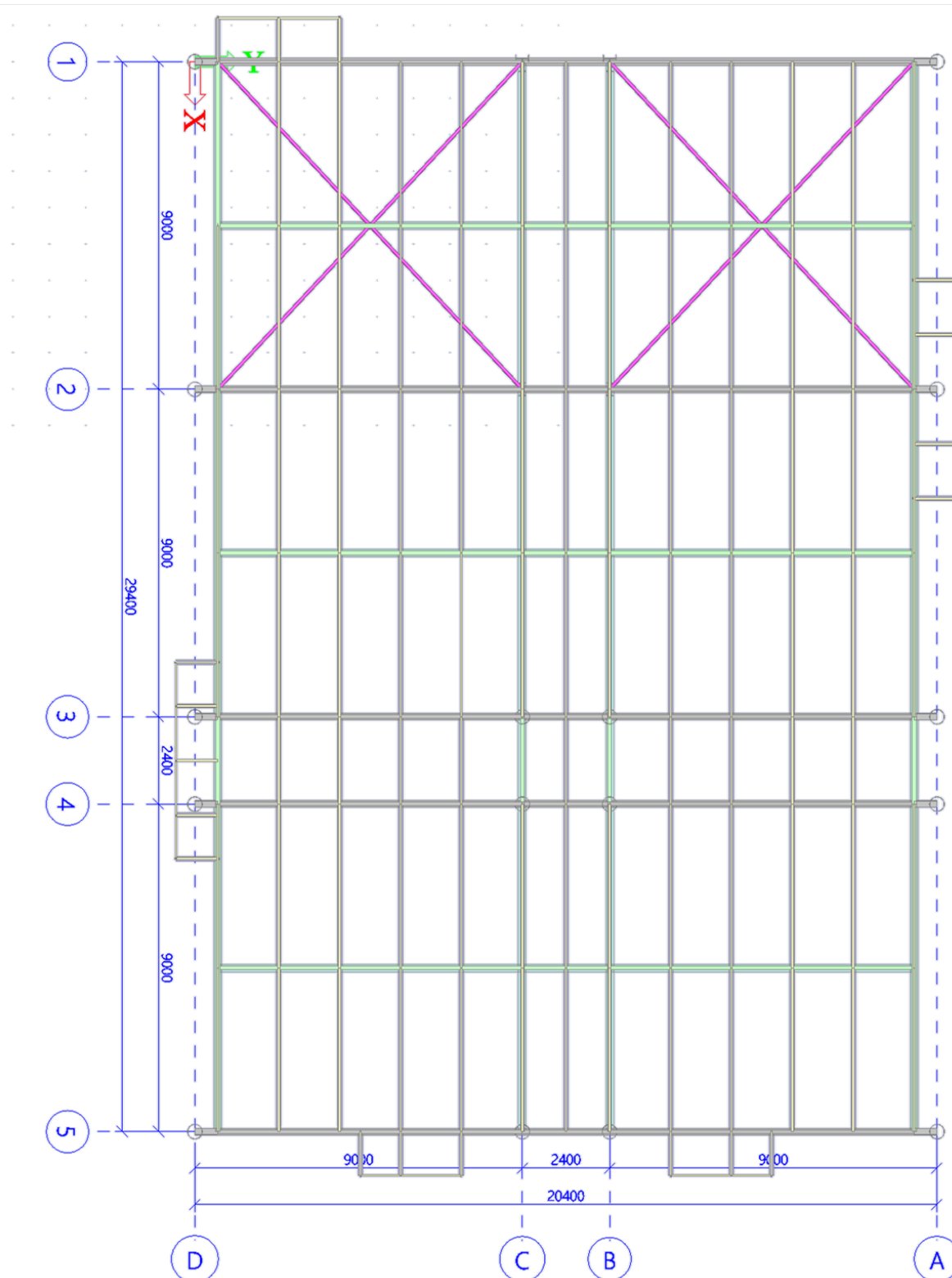


**Figure 6 :** Repérage des zones relevées et non-relevées au RDC (à gauche) et au R+1 (à droite)

## 4. ANALYSE DE LA STRUCTURE

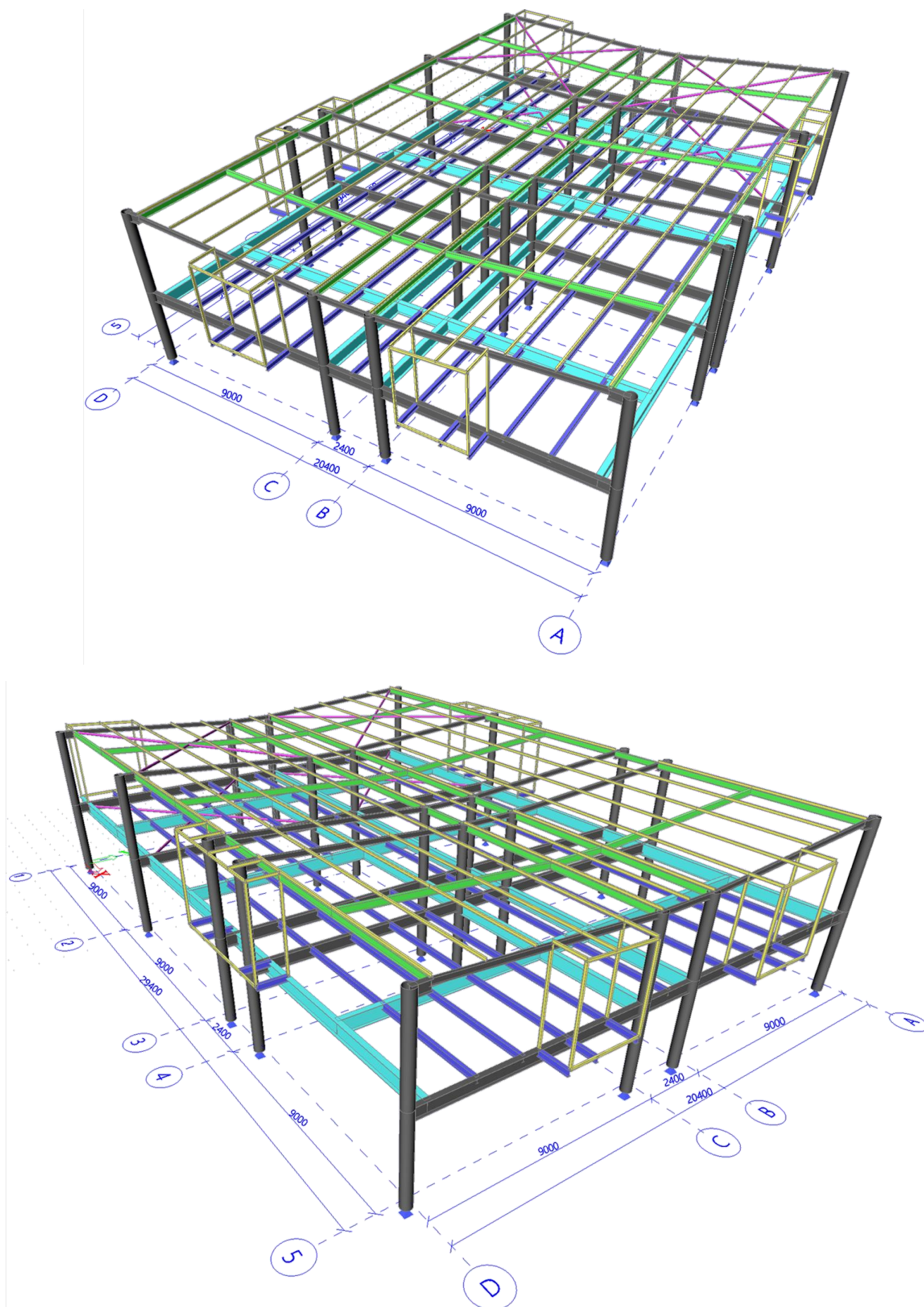
Les extrapolations des dimensions et positions des éléments observés sur les zones non observées, après croisement avec les informations recueillies sur les plans d'archives, ont permis de construire un modèle numérique sur le logiciel de calcul SCIA Engineer 25.0.0019.64.

### 4.1. VUES DU MODELE DE CALCUL

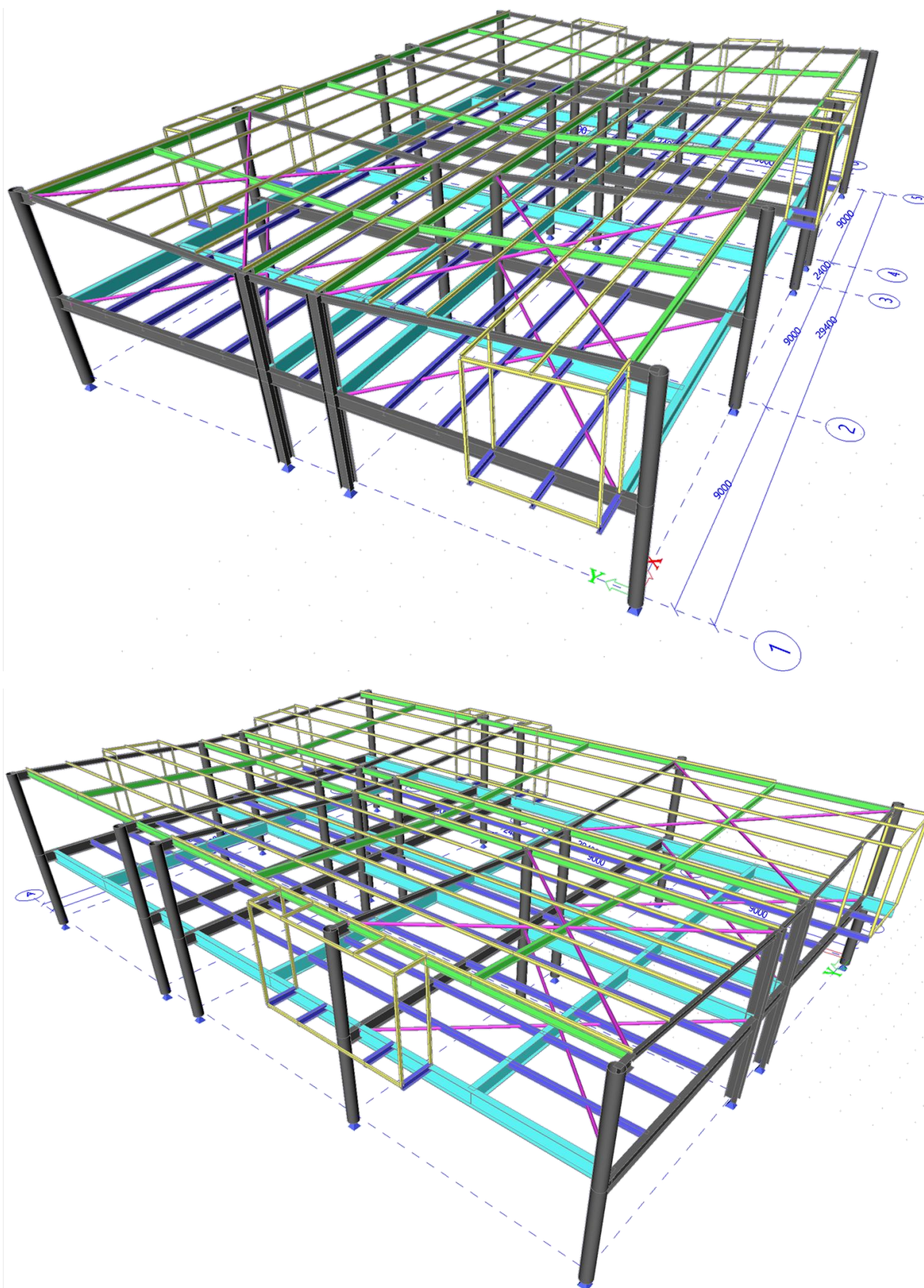


**Figure 7** : Vue en plan du modèle de calcul








**Figure 8 :** Vues 3D du modèle de calcul – Côté sud

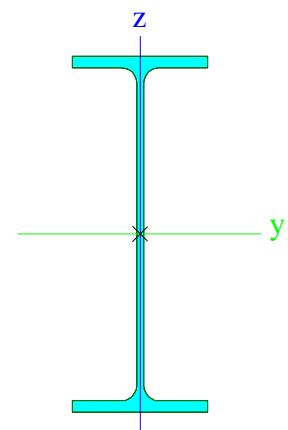
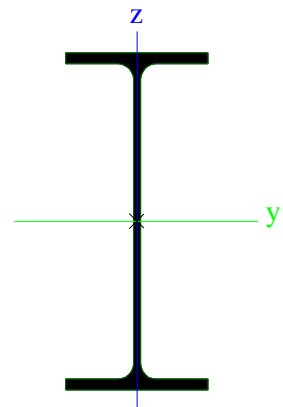
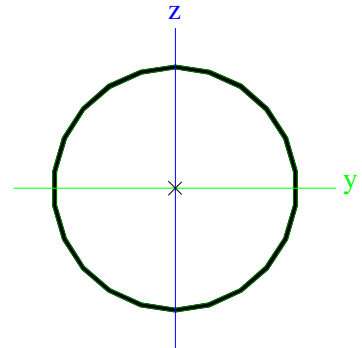





**Figure 9** : Vues 3D du modèle de calcul – Côté nord

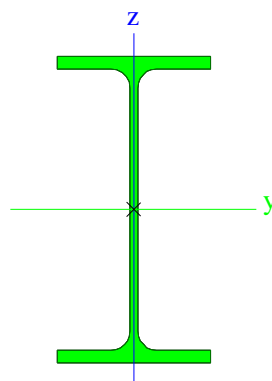
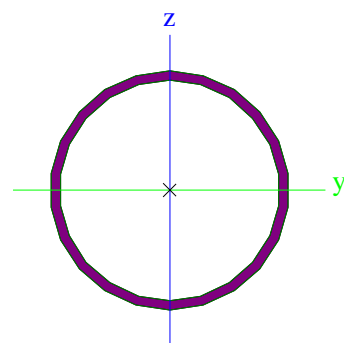
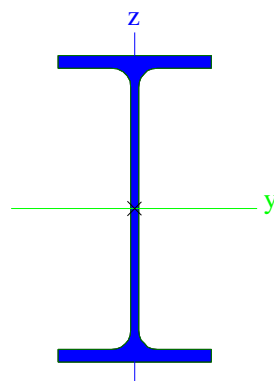





## 4.2. CARACTERISTIQUES DES SECTIONS

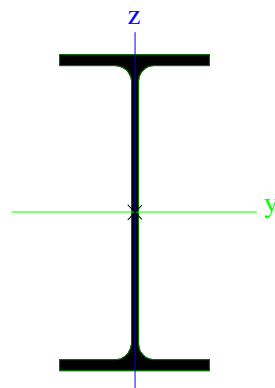
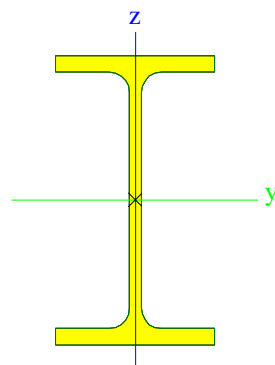
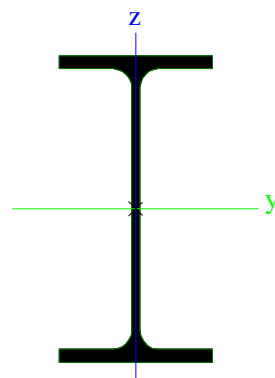
CS1		
Type	RO406.4X6.3	
Code de forme	3 - Section creuse circulaire	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	a
A [mm <sup>2</sup> ]	7,9200e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	5,0413e+03	5,0413e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,2800e+00	2,5138e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	203,20	203,20
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1,5850e+08	1,5850e+08
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	141,47	141,47
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	7,8000e+05	7,8000e+05
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1,0085e+06	1,0085e+06
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	236945849,33	236945849,33
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	236945849,33	236945849,33
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	3,1700e+08	2,0222e-20
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
CS2		
Type	IPE450	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	9,8800e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	5,5856e+03	4,3051e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,6050e+00	1,6050e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	95,00	225,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	3,3740e+08	1,6750e+07
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	184,80	41,17
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1,4990e+06	1,7640e+05
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1,7010e+06	2,7630e+05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	400256018,02	400256018,02
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	64969768,68	64969768,68
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	6,6740e+05	7,9100e+11
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
CS3 - CS4		
Type	IPE550	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	1,3440e+04	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	7,4561e+03	6,1822e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,8764e+00	1,8764e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	105,00	275,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	6,7110e+08	2,6670e+07
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	223,46	44,55
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	2,4400e+06	2,5400e+05
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	2,7870e+06	4,0050e+05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	655483216,97	655483216,97
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	94156886,24	94156886,24
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	1,2280e+06	1,8840e+12
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00




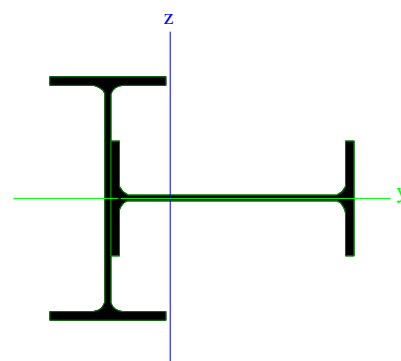
CS5		
Type	IPE240	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	3,9100e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	2,4315e+03	1,5295e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	9,2173e-01	9,2173e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	60,00	120,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	3,8910e+07	2,8360e+06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	99,76	26,93
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,2430e+05	4,7270e+04
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,6660e+05	7,3920e+04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	86249850,21	86249850,21
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	17379326,72	17379326,72
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	1,2950e+05	3,7390e+10
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
CS6		
Type	RO101.6X4	
Code de forme	3 - Section creuse circulaire	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	a
A [mm <sup>2</sup> ]	1,2300e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	7,8080e+02	7,8080e+02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,1900e-01	6,1321e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	50,80	50,80
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1,4600e+06	1,4600e+06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	34,45	34,45
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	2,8800e+04	2,8800e+04
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,8103e+04	3,8103e+04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	8956498,87	8956498,87
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	8956498,87	8956498,87
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	2,9200e+06	5,2243e-24
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
CS7		
Type	IPE240	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	3,9100e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	2,4315e+03	1,5295e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	9,2173e-01	9,2173e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	60,00	120,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	3,8910e+07	2,8360e+06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	99,76	26,93
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,2430e+05	4,7270e+04
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,6660e+05	7,3920e+04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	86249850,21	86249850,21
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	17379326,72	17379326,72
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	1,2950e+05	3,7390e+10
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00



CS8		
Type	IPE200	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	2,8500e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1,7729e+03	1,1448e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	7,6810e-01	7,6810e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	50,00	100,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1,9430e+07	1,4230e+06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	82,57	22,34
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1,9430e+05	2,8470e+04
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	2,2060e+05	4,4610e+04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	51897038,90	51897038,90
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	10487720,20	10487720,20
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	6,9150e+04	1,2980e+10
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
CS9		
Type	IPE100	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	1,0300e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	6,7354e+02	4,1977e+02
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,9973e-01	3,9973e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	27,50	50,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1,7100e+06	1,5910e+05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	40,75	12,43
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,4200e+04	5,7880e+03
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3,9400e+04	9,1450e+03
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	9268263,16	9268263,16
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	2150055,83	2150055,83
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	1,1570e+04	3,5100e+08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
CS10		
Type	IPE360	
Code de forme	1 - Section en I	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	laminé	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	a	b
A [mm <sup>2</sup> ]	7,2700e+03	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	4,3051e+03	2,9457e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,3530e+00	1,3530e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	85,00	180,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1,6260e+08	1,0430e+07
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	149,55	37,88
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	9,0360e+05	1,2270e+05
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1,0190e+06	1,9100e+05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	239694445,29	239694445,29
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	44921137,54	44921137,54
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	3,7440e+05	3,1350e+11
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	0,00



CS11		
Type	Section graphique	
Type de forme	Parois minces	
Matériau de l'élément	S 235	
Fabrication	général	
Couleur		
Flambement flexionnel y-y, Flambement flexionnel z-z	d	d
A [mm <sup>2</sup> ]	1,4556e+04	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	4,0398e+03	5,9985e+03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,3659e+00	2,3659e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	92,00	0,00
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1,7323e+08	2,9643e+08
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	109,09	142,70
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	9,6236e+05	1,0898e+06
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1,2111e+06	1,4842e+06
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	284615582,83	284615582,83
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	348784232,52	348784232,52
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	-74,67	0,00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	9,4038e+05	9,3508e+11
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0,00	243,90
Image		



### 4.3. CARACTERISTIQUES DE L'ACIER

Nuance	Masse volumique [kg/m <sup>3</sup> ]	E [MPa] G [MPa]	Coeff. de Poisson nu Dil. thermique [m/mK]	Limit inf. [mm]	Limite sup. [mm]	Fy [MPa]	Fu [MPa]
S 235	7850	210000 80769	0.3 10 <sup>-6</sup>	0 40	40 80	235 215	360 360

### 4.4. CAS DE CHARGES

Nom	Description	Type d'action
LC1	Poids propre	Permanent
LC2	Plancher et toiture	Permanent
LC3	Façades	Permanent
LC4	Exploitation	Variable
LC5	Maintenance toiture	Variable
LC6	Neige	Variable

Le poids propre de la structure métallique est calculé automatiquement par le logiciel de calcul.

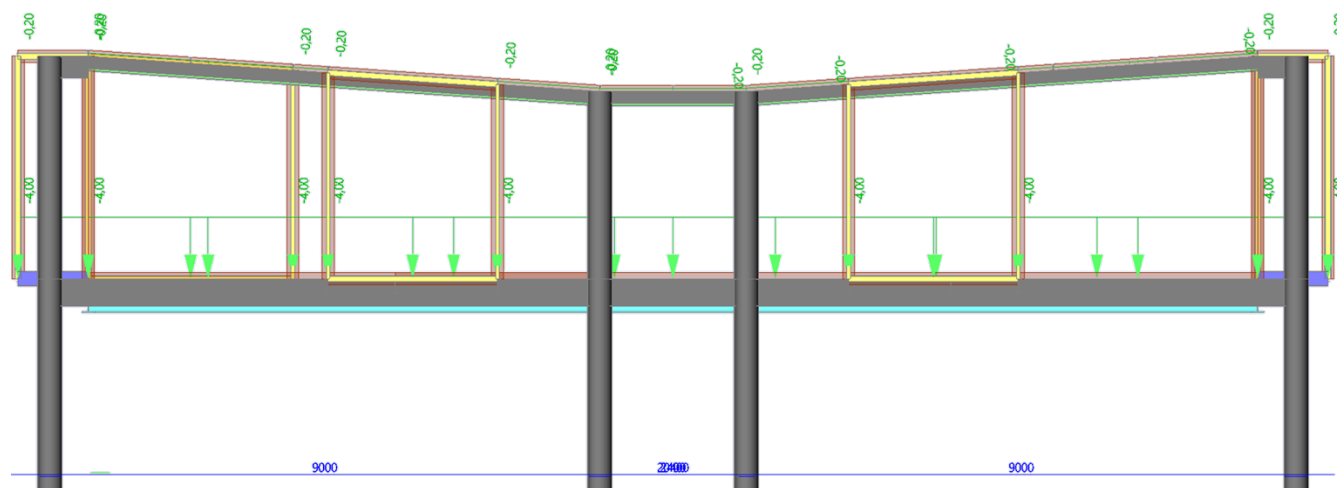
Le poids du plancher du R+1 en béton armé de 16 cm d'épaisseur, est estimé à 4 kN/m<sup>2</sup> (cloisons incluses).

Le poids du complexe de toiture (bac acier + étanchéité), est estimé à 0,2 kN/m<sup>2</sup>.

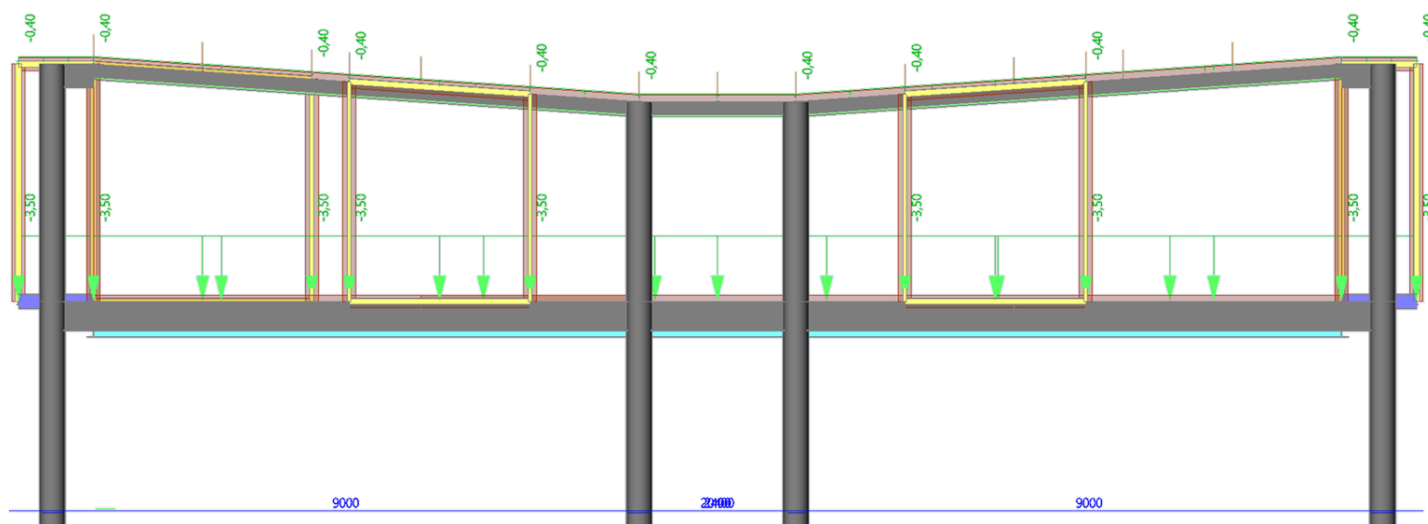
La charge d'exploitation sur le plancher du R+1 est estimée à 3,5 kN/m<sup>2</sup>. Celle en toiture est de 0,4 kN/m<sup>2</sup>.

La date de construction du bâtiment remonte au début des années 1980, il est donc soumis aux règles NV65 pour la définition des charges climatiques. Selon les évolutions projetées sur le bâtiment en termes d'ossatures support des isolants, sa requalification aux Eurocodes pourrait être nécessaire. Les vérifications détaillées dans la présente note seront donc menées aux Eurocodes. Les charges climatiques de neige et de vent ne sont pas concomitantes avec les charges de maintenance en toiture inaccessible, selon l'annexe A.2 de l'EN 1991-1-1. La charge caractéristique de neige est de 0,55 kN/m<sup>2</sup>.

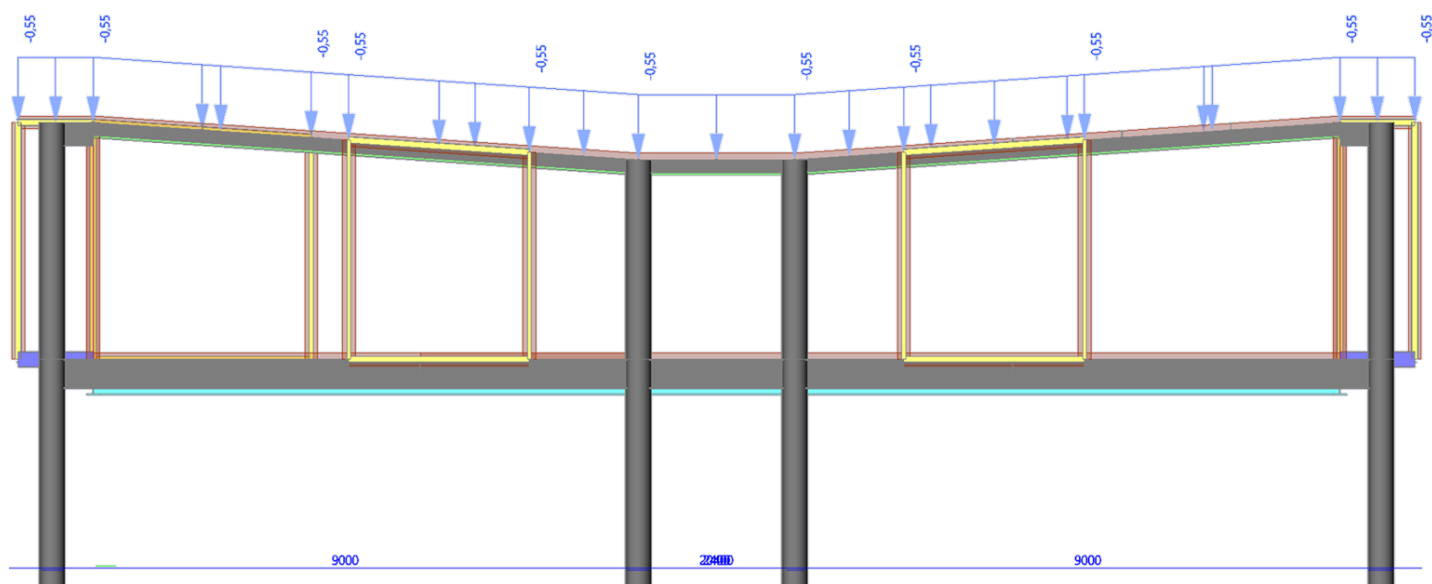
Sur la base de ces charges permanentes et variables, nous avons mené plusieurs itérations de calcul afin de déterminer les charges permanentes de façades, admissibles par les profilés de rives du R+1. Les profilés de rives en toiture sont à leur capacité portante maximale. Seules les amorces de poutres en IPE360 affichent une capacité résiduelle suffisante pour l'assemblage d'une éventuelle ossature secondaire.



**Figure 10** : Charges permanentes de plancher et de toiture



**Figure 11** : Charges variables au R+1 et en toiture

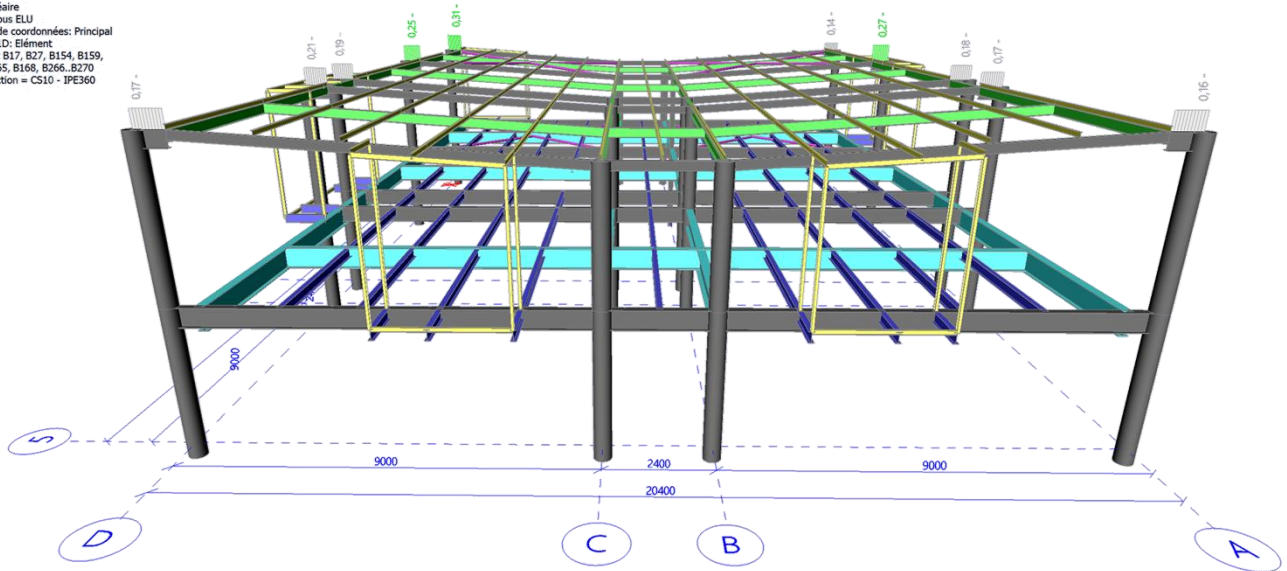


**Figure 12** : Charges de neige en toiture

## 4.5. TAUX DE TRAVAIL DES PROFILES

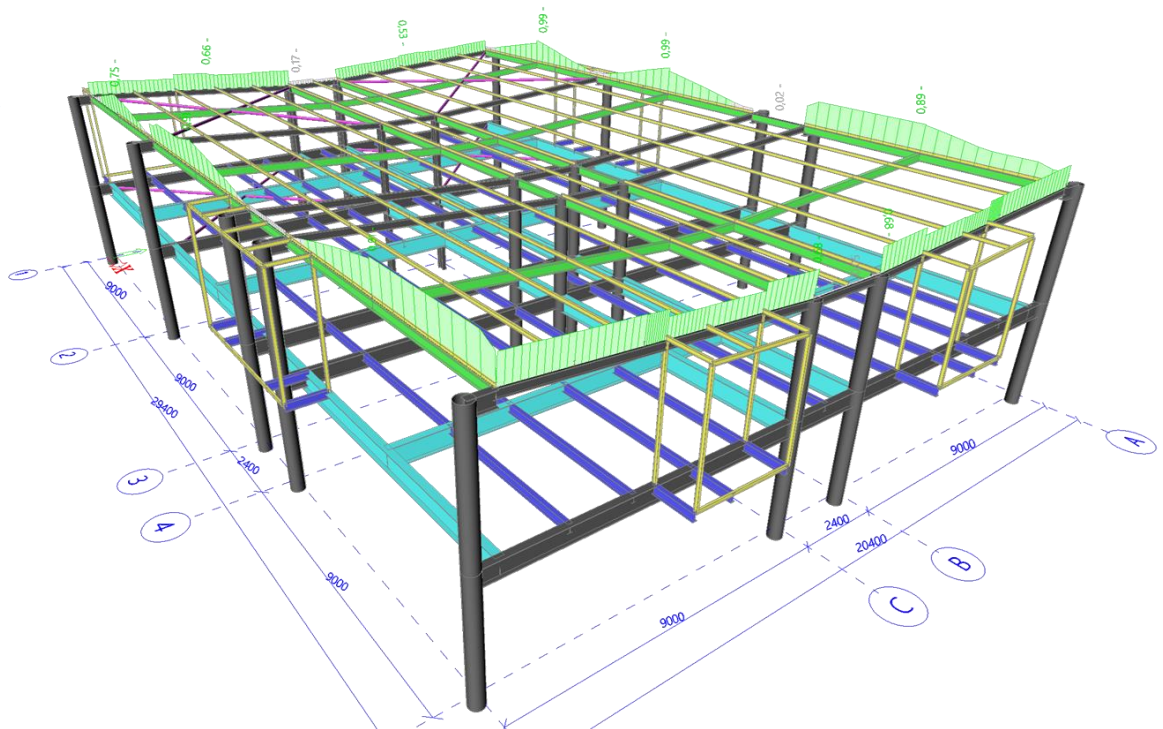
Les extraits ci-après illustrent les taux de travail enveloppes des profilés de rives en toiture à l'état limite ultime, sans application de charges permanentes de façades. Le taux de travail traduit le rapport des différentes sollicitations aux efforts résistants des profilés, en termes de résistance et de stabilité de forme.

Contrôle ELU EC-EN 1993  
Valeur: UC<sub>comb</sub>  
Calcul: linéaire  
Classe: Tous ELU  
Système de coordonnées: Principal  
Extrême 1D: Élément  
Sélection: B17, B27, B154, B159, B162, B165, B168, B266, B270  
Filtre: Section = CS10 - IPE360



**Figure 13:** Taux de travail des amorces de poutres de toiture IPE360 (Max. = 31%)

Contrôle ELU EC-EN 1993  
Valeur: UC<sub>comb</sub>  
Calcul: linéaire  
Classe: Tous ELU  
Système de coordonnées: Principal  
Extrême 1D: Élément  
Sélection: B155, B156, B166, B167, B170, B172, B181, B184, B264, B301, B331



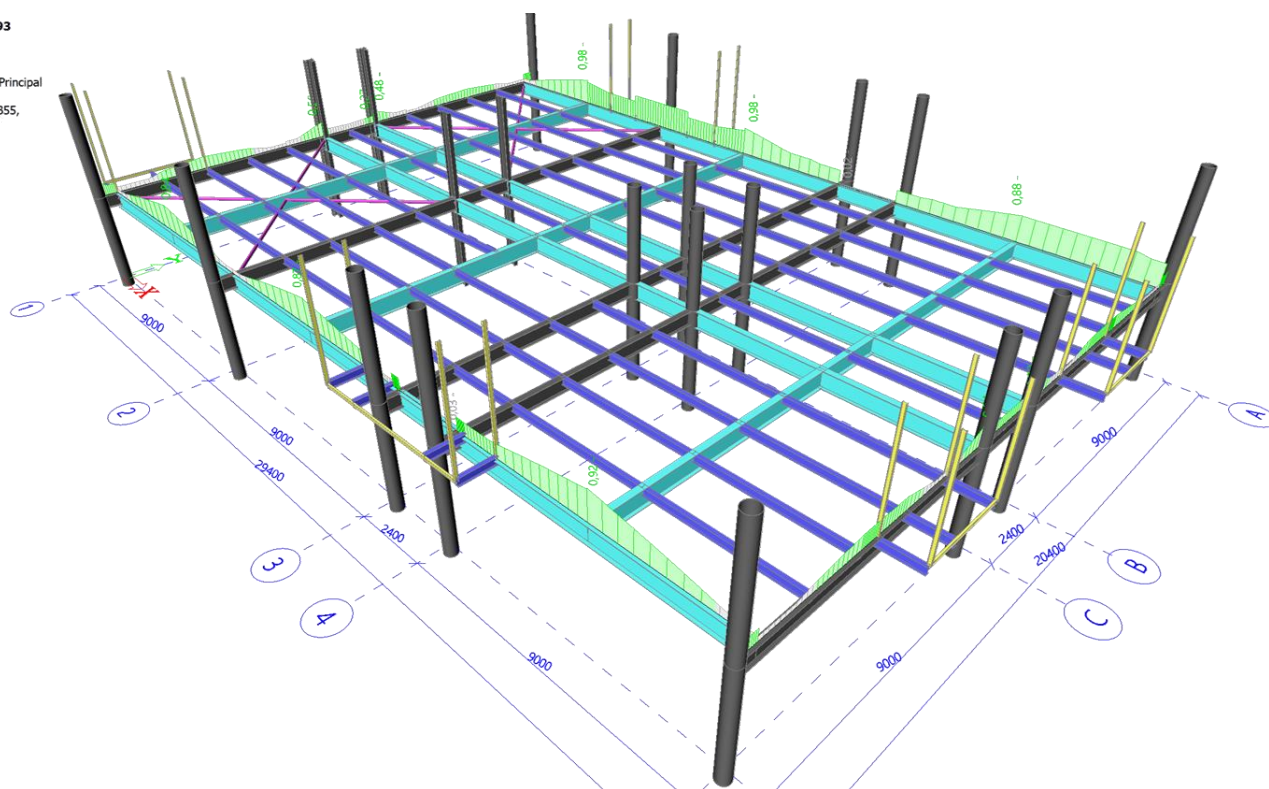
**Figure 14:** Taux de travail des poutres de rives en toiture IPE240 et IPE200 (Max. = 99%)

L'itération d'application des charges permanentes de façade a conduit à un chargement optimal des poutres de rives du R+1 de 2,5 kN/ml, soit une **charge surfacique maximale sur la hauteur du R+1 de 140 daN/m²**.



Cette charge devra être répartie entre les poutres de rives du plancher et de nouvelles poutres de rives en toiture supportées par les amorces de poutres en IPE360.

Contrôle ELU EC-EN 1993  
Valeur:  $U_{C_{concomble}}$   
Calcul linéaire  
Classe: Tous ELU  
Système de coordonnées: Principal  
Extrême 1D: Élément  
Sélection: B41..B43, B53..B55,  
B57..B59, B68..B71, B333



**Figure 15:** Taux de travail des poutres de rives du R+1 IPE450 et IPE550 (Max. = 98%)

## 5. CONCLUSIONS

Les données recueillies ont permis de modéliser l'ossature métallique du bâtiment et d'en estimer le poids propre, composant essentiel pour estimer la portance résiduelle des poutres de rives de la structure

Les profilés de rives en toiture affichent des taux de travail proches de 100%. Cependant, les amorces de poutres de toiture en IPE360 ont des taux de travail suffisamment bas pour pouvoir accueillir une ossature secondaire rapportée.

Les pannes de toiture et les poutres intermédiaires n'affichent pas non plus de capacité résiduelle. L'ossature support de l'isolation extérieure de la toiture devra prendre appui au droit des poteaux du bâtiment, sans solliciter d'avantage les travées.

Les poutres de rives du R+1 ont une capacité portante de 2,5 kN/ml, toutes charges permanentes de façades comprises ; éléments existants conservés, menuiseries, ossature support de l'ITE, ITE et bardage. En considérant que le poids des façades sera réparti entre les poutres de rives du R+1 et de toiture, cela traduit un poids surfacique du complexe de façade de 140 daN/m<sup>2</sup>. Cette valeur pourrait varier en fonction de la configuration de l'ossature support et de l'aspect architectural recherché. Une fois le projet architectural et thermique définit, une étude spécifique devra être menée, afin de vérifier les variations de sollicitation des profilés existants, ainsi que leurs assemblages.

Ces conclusions sur les capacités portantes des profilés métalliques sont basées sur des hypothèses conservatoires. Elles pourraient éventuellement être revues à la hausse en vérifiant la nuance de l'acier utilisé par des analyses en laboratoire, ainsi qu'en effectuant des sondages destructifs au niveau du plancher du R+1, afin d'identifier les couches qui le composent et d'en estimer le poids.