

Cabinet d'études et d'ingénierie pluridisciplinaire

**REGIMENT DU SERVICE
MILITAIRE ADAPTE DE LA
MARTINIQUE**

**INSTALLATION DE PANNEAUX
PHOTOVOLTAÏQUES -
ENSEMBLE ALIMENTATION
LOISIR**



**Diagnostic Structurel de
la Charpente**

26/11/24 - INDICE B

DIAGNOSTIC SISMIQUE ET STRUCTUREL

A - COMPREHENSION DE L'OBJET DE LA MISSION ET DES RESULTATS ATTENDUS.....	5
A.1 - LE CONTEXTE.....	6
A.2 – L'OBJECTIF	6
A.3 – LE DIAGNOSTIC SISMIQUE ET STRUCTUREL	7
A.4 – METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC.....	7
A.5 – ANALYSE AU RADAR GEOLOGIQUE.....	8
A.6 – ANALYSE AU SCLEROMETRE.....	8
B – PRESENTATION DU BATIMENT EAL	10
B.1 – LOCALISATION ET PHOTO AERIENNE	11
B.1.1 - PLAN DE LOCALISATION DE LA ZONE	11
B.1.2 - PHOTO AERIENNE DE LA ZONE.....	12
B.2 – CARTE D'IDENTITE.....	12
B.3 – PARCELLE CADASTRALE	13
B.4 – PLANS DE PRÉVENTION DES RISQUES (PPR).....	13
C – DIAGNOSTIC STRUCTUREL	14
C.1 – RELEVÉ DE LA STRUCTURE L'EXISTANTE.....	15
C.1.1. PRESENTATION	15
C.1.2. REPERAGE DES ELEMENTS PORTEURS.....	15
VUE EN PLAN	15
ELEVATIONS.....	16
C.2 – DIAGNOSTIC VISUEL	18
C.3 – INVESTIGATION SUR LES ELEMENTS EN BETON	24
C.3.1. ANALYSE AU RADAR GEOLOGIQUE.....	24
C.3.2. ANALYSE AU SCLEROMETRE	25
C.4 – MODELE DE CALCUL	26
C.4.1. HYPOTHESES DE CALCUL.....	26
LOGICIEL	26
ZONE DE SISMICITE	26
REGION DE VENT	26
SOL.....	26
HYPOTHESES MATERIAUX	26
HYPOTHESES DES CHARGES	27
Charges permanentes :	27
Charges d'exploitation :	27
C.4.2 MODELES DE CALCUL PAR ZONES D'ETUDES	28
C.4.2.1 MODELISATION DE LA CHARPENTE 1	29
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES.....	29
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES.....	30
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES	30
CONTRAINTES DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES	31
CONTRAINTES DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES	31
CONTRAINTES DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES	31
C.4.2.2 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 1	32
VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :	32
VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :	32
VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :	32
CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :	32
C.4.2.3 PROPOSITION DE RENFORCEMENT DE LA CHARPENTE 1	34
C.4.2.4 MODELISATION DE LA CHARPENTE 1 RENFORCEE	35
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES.....	35
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES.....	35
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES	36
CONTRAINTES DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES	36
CONTRAINTES DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES	37
CONTRAINTES DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES	37

C.4.2.5 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 1 RENFORCEE	38
VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS METALLIQUES :	38
VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS METALLIQUES :	38
VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS METALLIQUES :	38
CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :	38
C.4.3.1 MODELISATION DE LA CHARPENTE 2	39
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS	39
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS	40
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS	40
CONTRAINTES DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES	41
CONTRAINTES DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES	41
CONTRAINTES DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES	41
C.4.3.2 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 2	42
VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS METALLIQUES :	42
VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS METALLIQUES :	42
VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS METALLIQUES :	42
CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :	42
C.4.3.3 PROPOSITION DE RENFORCEMENT DE LA CHARPENTE 2	43
C.4.3.4 MODELISATION DE LA CHARPENTE 2 RENFORCEE	43
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS	43
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS	44
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS	44
CONTRAINTES DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES	45
CONTRAINTES DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES	45
CONTRAINTES DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES	45
C.4.3.5 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 2 RENFORCEE	46
VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS METALLIQUES :	46
VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS METALLIQUES :	46
VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS METALLIQUES :	46
CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :	46
C.4.4.1 MODELISATION DE LA CHARPENTE 3 ET 4	47
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS	48
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS	48
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS	49
CONTRAINTES DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES	49
CONTRAINTES DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES	50
CONTRAINTES DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES	50
C.4.4.2 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 3 ET 4	51
VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS METALLIQUES :	51
VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS METALLIQUES :	51
VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS METALLIQUES :	51
CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :	51
C.4.4.3 PROPOSITION DE RENFORCEMENT DE LA CHARPENTE 3 ET 4	53
C.4.4.4 MODELISATION DE LA CHARPENTE 3 ET 4 RENFORCEE	54
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS	54
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS	54
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS	55
CONTRAINTES DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES	55
CONTRAINTES DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES	56
CONTRAINTES DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES	56
C.4.4.5 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 3 ET 4 RENFORCEE	57
VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILS METALLIQUES :	57
VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILS METALLIQUES :	57
VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILS METALLIQUES :	57
CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :	57
C.5 – ETAT DES LIEUX DE LA COUVERTURE	58
C.5.1 – REPORTAGE PHOTO	58
C.6 – ANALYSE DES DONNEES	59
C.6.1 – STRUCTURE / CHARPENTE	59

C.6.1.1 - CONSTAT	59
C.6.1.2 – DESORDRES	59
C.6.1.3 – TRAVAUX A PREVOIR	59
C.6.2 – COUVERTURE	59
C.6.2.1 - CONSTAT	59
C.6.2.2 - DESORDRES	59
C.6.2.3 – TRAVAUX A PREVOIR A TRES COURT TERME	59
C.6.2.4 – TRAVAUX A PREVOIR A MOYEN ET LONG TERME.....	59
C.7 – ESTIMATION SOMMAIRE DU MONTANT DES TRAVAUX	60
<u>D – ANNEXES</u>	<u>61</u>
D.1 – 1.A PLAN DE LA CHARPENTE EXISTANTE.....	61
D.2 – 2.A REPERAGE DES FERROSCANS EFFECTUES	61
D.3 – 3.A PLAN DE CONFORTEMENT DE LA CHARPENTE	61



A - COMPREHENSION DE L'OBJET DE LA MISSION ET DES RESULTATS ATTENDUS

A.1 - LE CONTEXTE



Le REGIMENT DU SERVICE MILITAIRE ADAPTE DE LA MARTINIQUE souhaite procéder à l'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture du bâtiment de l'Ensemble Alimentation Loisir (EAL).

A.2 – L'OBJECTIF

L'objectif est de réaliser un diagnostic visuel des tôles et un diagnostic structurel de la toiture, afin de vérifier :

- si la toiture est apte à reprendre la surcharge dû à l'installation des panneaux photovoltaïques ;
- si les tôles peuvent être maintenues ou si elles doivent être simplement réparées ou remplacées.

A.3 – LE DIAGNOSTIC SISMIQUE ET STRUCTUREL

Le présent document constitue le DIAGNOSTIC SISMIQUE ET STRUCTUREL de la toiture du EAL, il a pour objet :

- De réaliser des relevés détaillés pour créer des plans de la structure porteuse existante du bâtiment.
- De réaliser un diagnostic structure avec calcul sismique et cyclonique ayant pour objet de renseigner le maître d'ouvrage sur la résistance du bâtiment et sur les confortements éventuels.
- De proposer des solutions de confortement.
- De réaliser un diagnostic visuel de la toiture et de statuer sur son maintien, sa réparation ou son remplacement.
- D'estimer le coût des travaux de confortement.

A.4 – METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC

Pour réaliser notre mission DIAGNOSTIC SISMIQUE ET STRUCTUREL, nous avons procédé selon la méthodologie suivante :

- Visite des lieux et inspection de l'ensemble du bâti accessible.
- Repérage visuel des éléments structuraux et porteurs visibles et vérification de l'adéquation avec les plans et le dossier d'ouvrage exécuté mis à disposition par le maître d'ouvrage.
- Repérage et diagnostic visuel de la toiture.
- Approfondissement des recherches de la structure par FerroScan et scléromètre afin de déterminer la présence d'armature et la classe de résistance du béton. Prise de données et des dimensions des éléments structuraux porteurs.
- Modélisation du bâtiment à l'aide d'un logiciel informatique adapté et calcul selon les normes actuelles. (Advance Design de GRAITEC)
- Lancement d'une simulation informatique et analyse du comportement du bâtiment soumis au séisme.
- Suggestion des pistes de confortement ou renforcement pour rendre le bâtiment conforme aux normes.

A.5 – ANALYSE AU RADAR GEOLOGIQUE

Le radar géologique, aussi appelé Ferroskan ou pachomètre, est un appareil pour détecter les armatures dans le béton. Il indique la profondeur de l'armature, son emplacement, son orientation et une indication quant au diamètre.

Le principe du Ferroskan se base sur la variation des ondes électromagnétiques lors du déplacement de l'appareil sur une surface en béton. En effet, une bobine excitatrice (émetteur) envoie un champ magnétique répétitif et régulier directement dans le béton. Alors, tout élément métallique présent dans le corps étudié engendre un champ magnétique qui est mesuré par plusieurs bobines de réception.

Limites de l'appareil :

- Les appareils de type Ferroskan présentent tous une limite de détection, qui varie d'un modèle à l'autre.
- Le passage du Ferroskan peut se compliquer si la surface à analyser présente un certain relief, ceci cause des imprécisions des mesures.
- Hilti précise que « le calcul du diamètre est une estimation et ne doit servir qu'à indiquer le diamètre probable. Si le diamètre d'armature exact doit être connu avec une précision de 100%, alors la structure doit être ouverte et le fer doit être directement mesuré ».

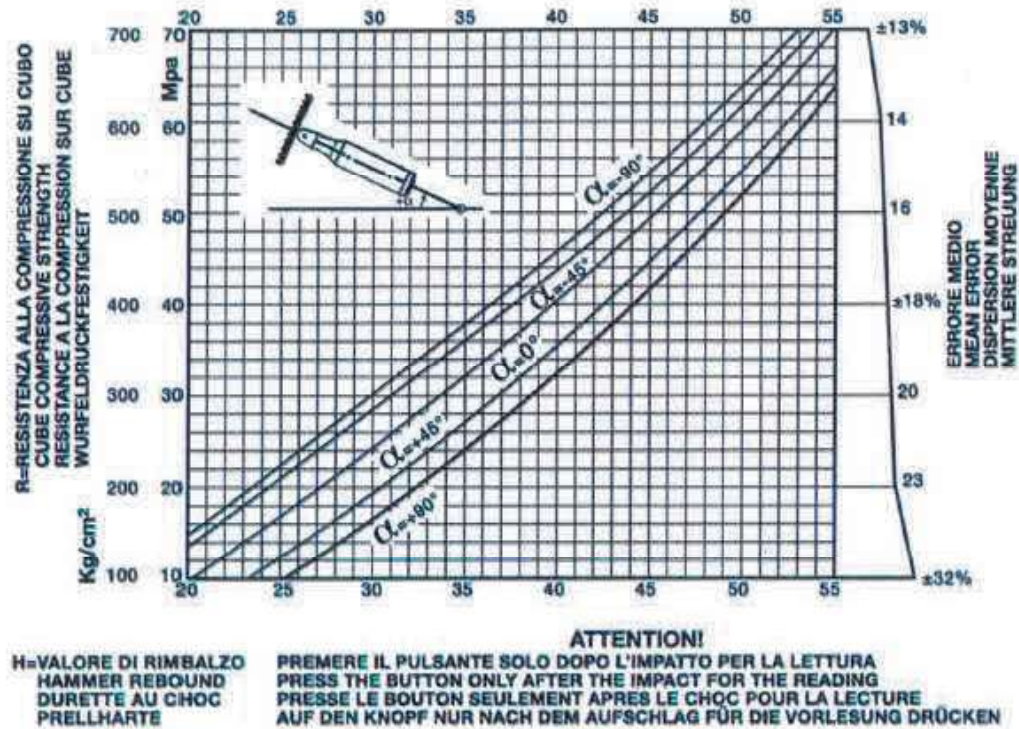
Nous considérons les résultats suffisamment précis pour la mission qui est le diagnostic sismique de la structure. En cas de variation importante, le résultat le plus défavorable est appliqué.

A.6 – ANALYSE AU SCLEROMETRE

Le scléromètre est un outil pour le contrôle non-destructif de la résistance à la compression d'un matériau. Il mesure l'indice de rebondissement à la surface du matériau. Cet indice est proportionnel à la résistance du matériau à la compression, et permet donc sa déduction.

La mesure de la dureté de surface d'un béton est basée sur l'étude du rebond d'une bille d'acier projetée sur sa surface à l'aide d'un ressort taré. La hauteur du rebond qui augmente avec la dureté de surface du béton sollicité, est caractérisée par un indice sclérométrique.

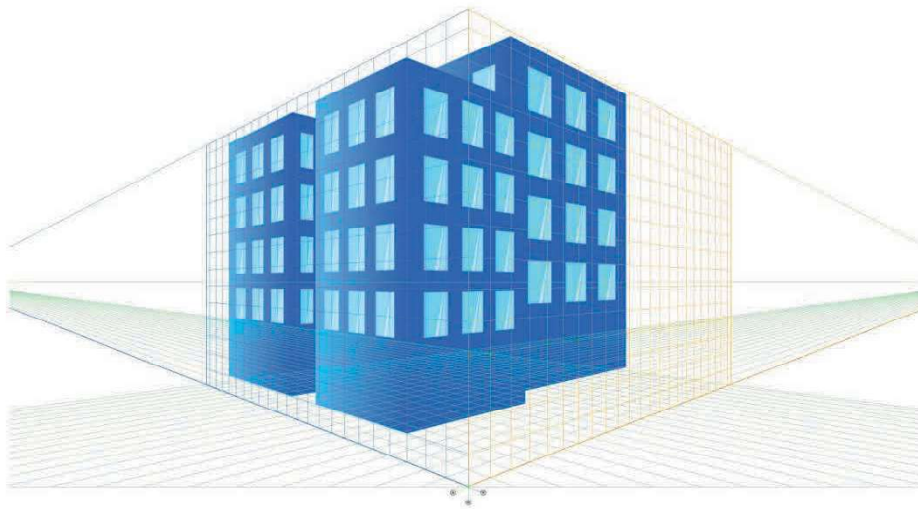
Tributaire de l'angle de la mesure, la valeur finale peut être conclue du diagramme suivant :



Limites de l'appareil :

- La méthode devient vite erronée si le scléromètre n'est pas taré régulièrement sur un bloc de néoprène armé. Selon la norme NF P 18-417, le tarage doit être effectué tous les milles rebondissements.
- Les conditions de surface sont primordiales et doivent être préparées si nécessaire.
- L'indice sclérométrique varie en fonction de la température et de l'humidité du béton.

Nous considérons les résultats suffisamment précis pour la mission qui est le diagnostic sismique de la structure. En cas de variation importante, le résultat le plus défavorable est appliqué.



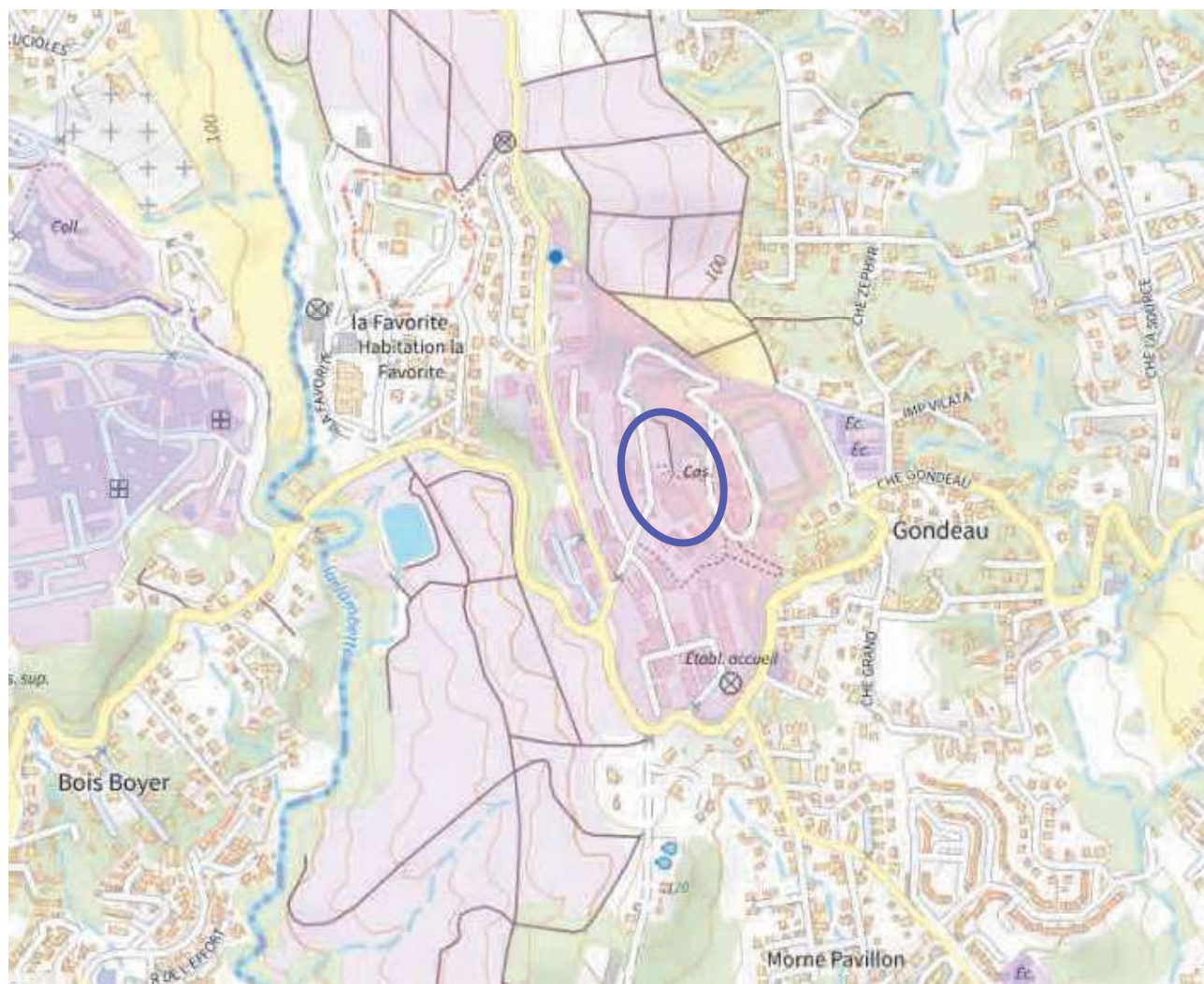
B – PRESENTATION DU BATIMENT EAL



B.1 – LOCALISATION ET PHOTO AERIENNE

B.1.1 - PLAN DE LOCALISATION DE LA ZONE

Le bâtiment EAL est situé à 12 Quartier Brière de l'Isle au Lamentin (97232).



B.1.2 - PHOTO AERIEENNE DE LA ZONE



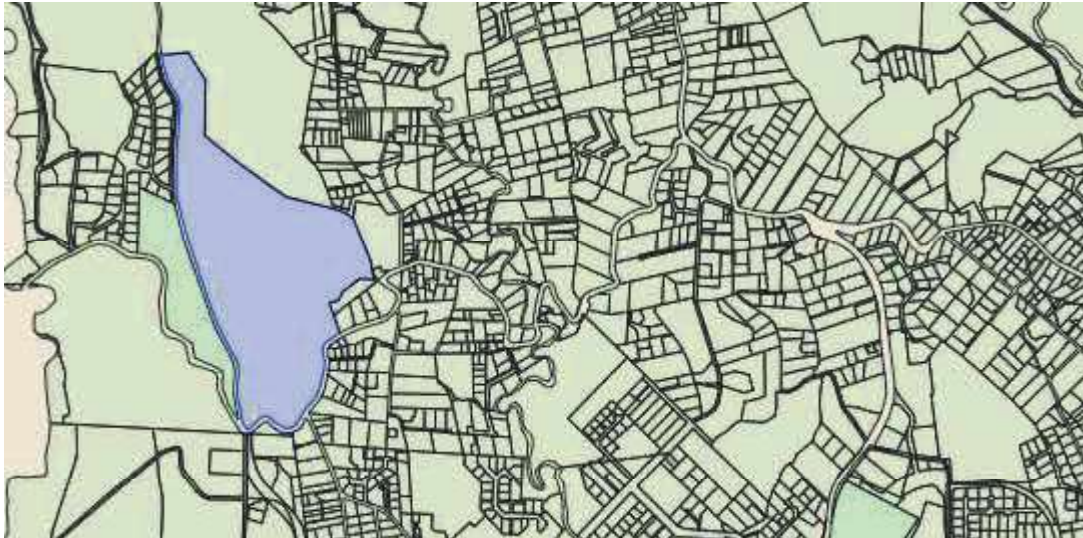
B.2 – CARTE D'IDENTITE

Le bâtiment EAL se compose de deux blocs à un étage séparés par un joint sismique. Il est en construction mixte avec des voiles et dalles en béton armé et une charpente métallique. La toiture est couverte avec bacs acier nervurés, sauf une partie qui est une toiture terrasse protégée par un revêtement d'étanchéité.

N°	OBJET	ETAT
B.2.1	Type	Immeuble d'un étage
B.2.2	Adresse	12 Quartier Brière de l'Isle, Lamentin (97232)
B.2.3	Propriétaire	RSMA
B.2.4	Destination	Ensemble Alimentation Loisirs
B.2.5	Plans fournis	Plan de la toiture et coupes D.C.E. et Dossier Ouvrage Exécuté
B.2.6	Matériaux utilisé	Béton armé, acier
B.2.7	Façades Avant et Arrière	Voiles en béton armé
B.2.8	Pignons Gauche et Droit	Voiles en béton armé
B.2.9	Nombre de niveaux hors sol	1
B.2.10	Poteaux	Béton armé, Acier
B.2.11	Poutres	Béton armé, Acier
B.2.12	Dalle	Béton armé
B.2.13	Charpente	Acier
B.2.14	Toiture	Couverture en bacs acier nervurés

B.3 – PARCELLE CADASTRALE

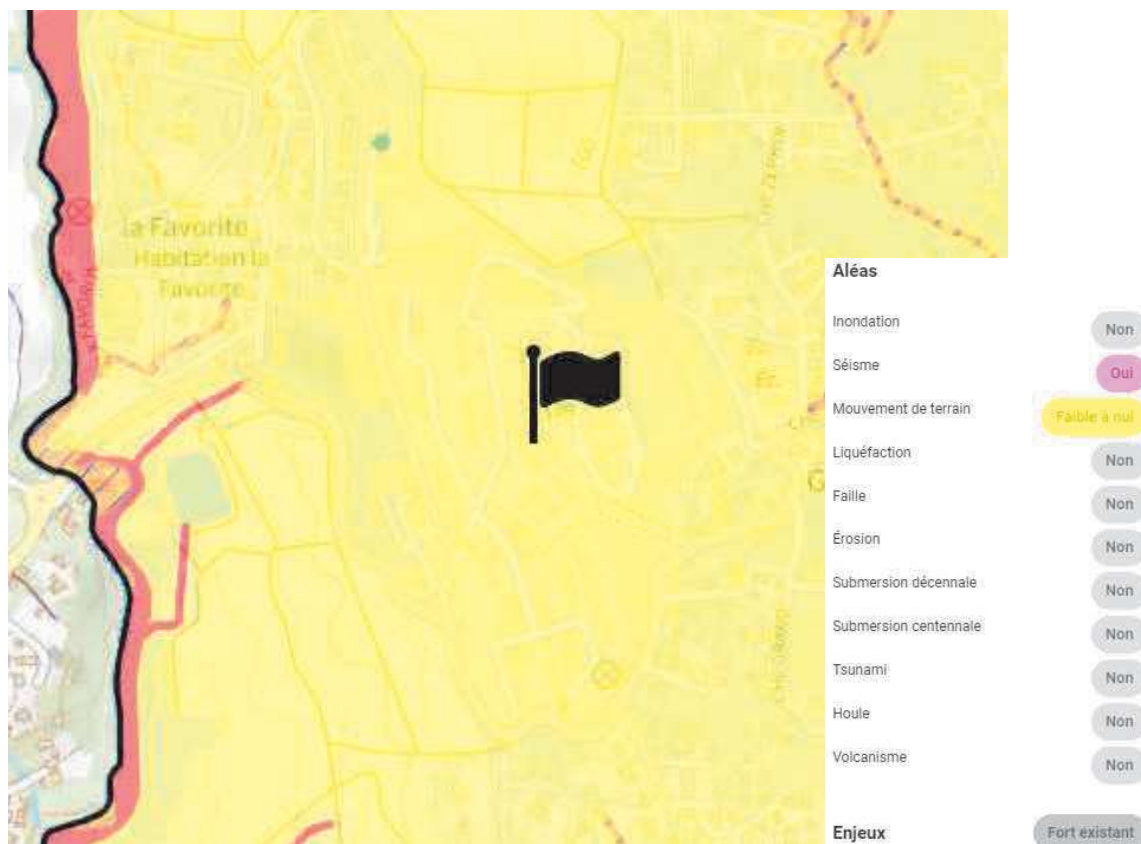
Le bâtiment EAL est placé sur la parcelle cadastrée L 14.



B.4 – PLANS DE PRÉVENTION DES RISQUES (PPR)

Selon le Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) :

- Le terrain où sont situés les bâtiments est dans un secteur à enjeux fort
- Il est concerné par les aléas suivants :
 - Séisme
 - Mouvements de terrain (faible à nul)





C – DIAGNOSTIC STRUCTUREL

C.1 – RELEVÉ DE LA STRUCTURE L'EXISTANTE

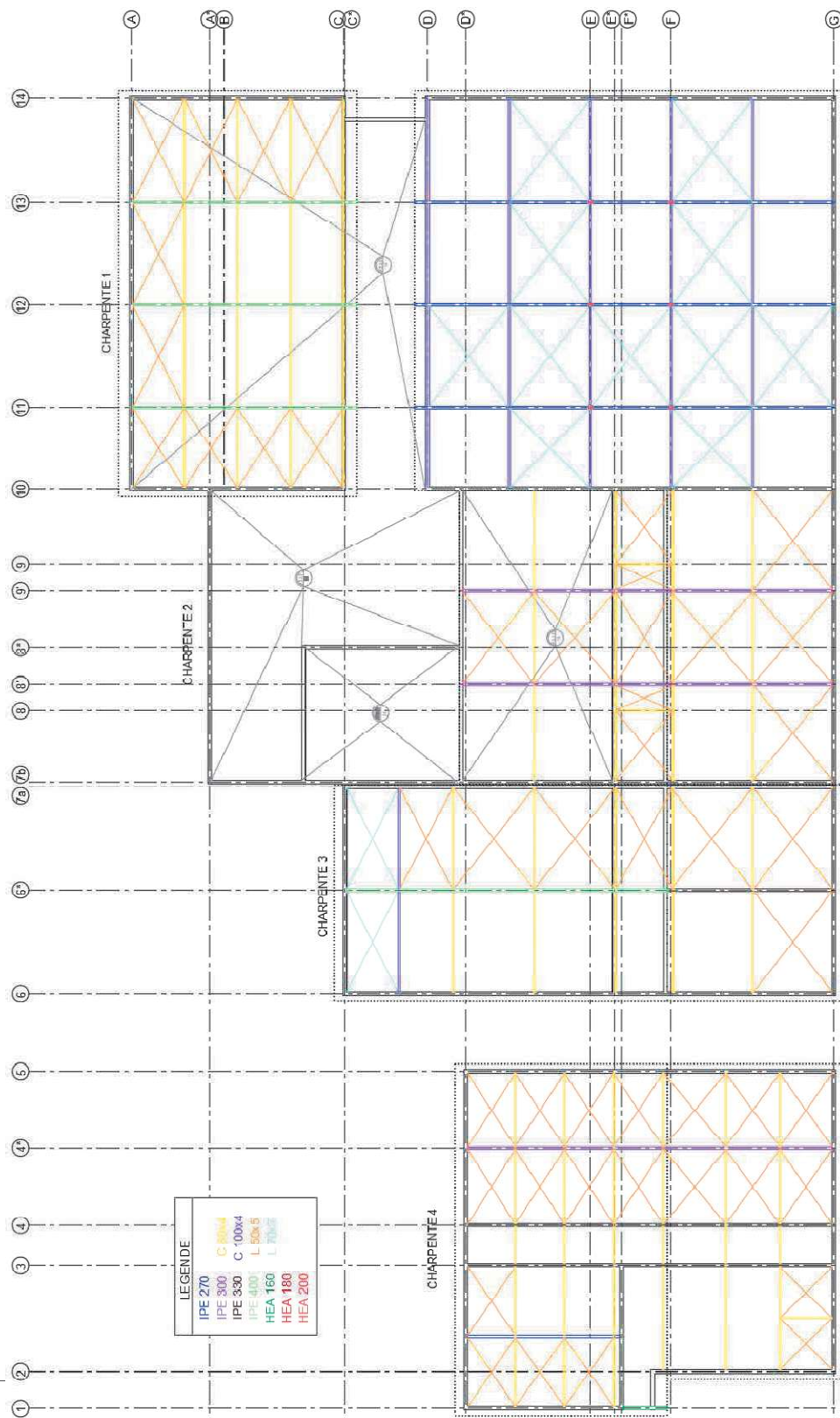
C.1.1. PRESENTATION

Le bâtiment EAL se compose de deux blocs à un étage séparés par un joint sismique. Il est en construction mixte avec des voiles et dalles en béton armé et une charpente métallique. La toiture est couverte avec des bacs acier nervurés, sauf une partie qui est une toiture terrasse protégée par un revêtement d'étanchéité.

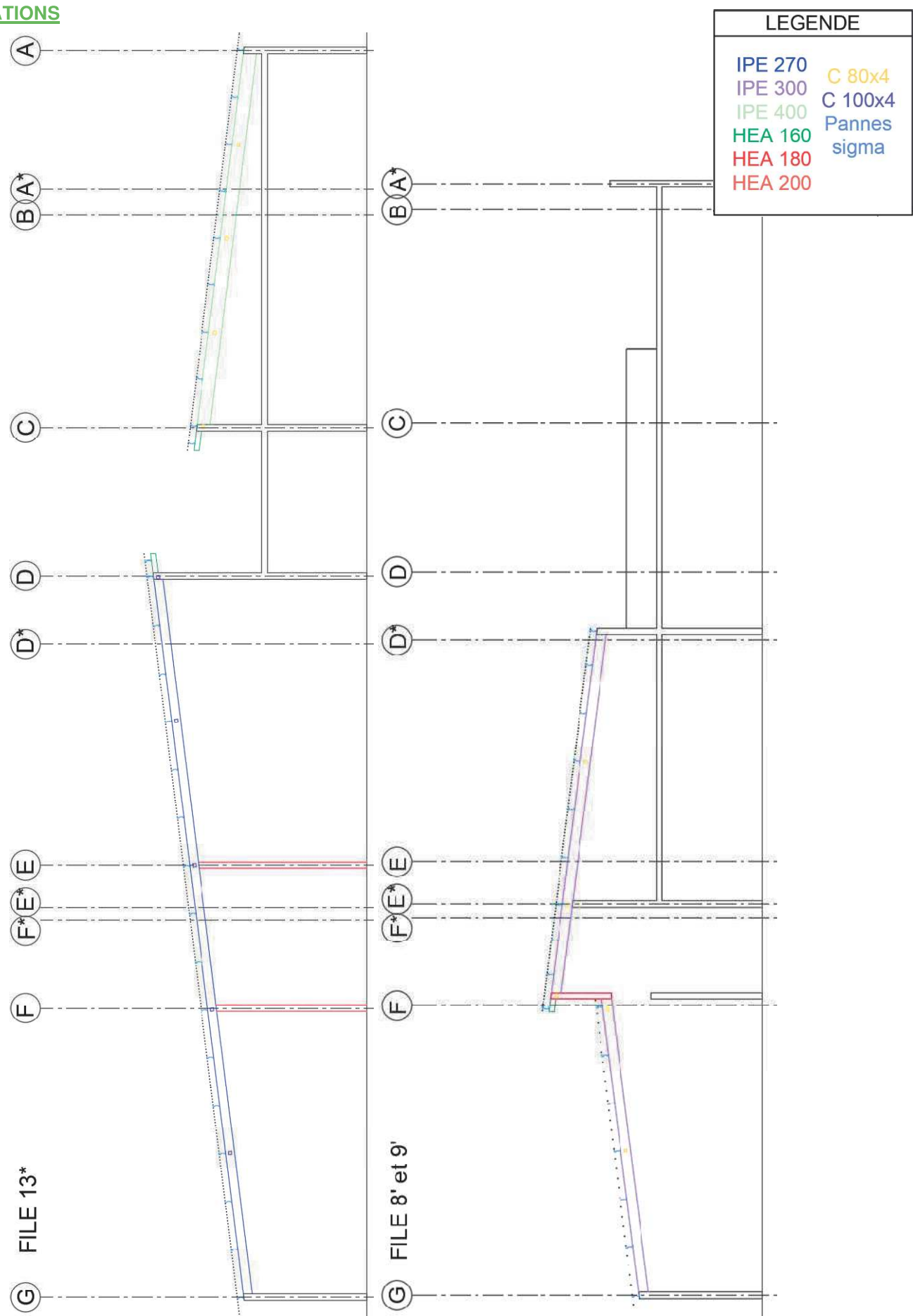
Pour créer les modèles de calculs, nous avons différencié 4 charpentes différentes.

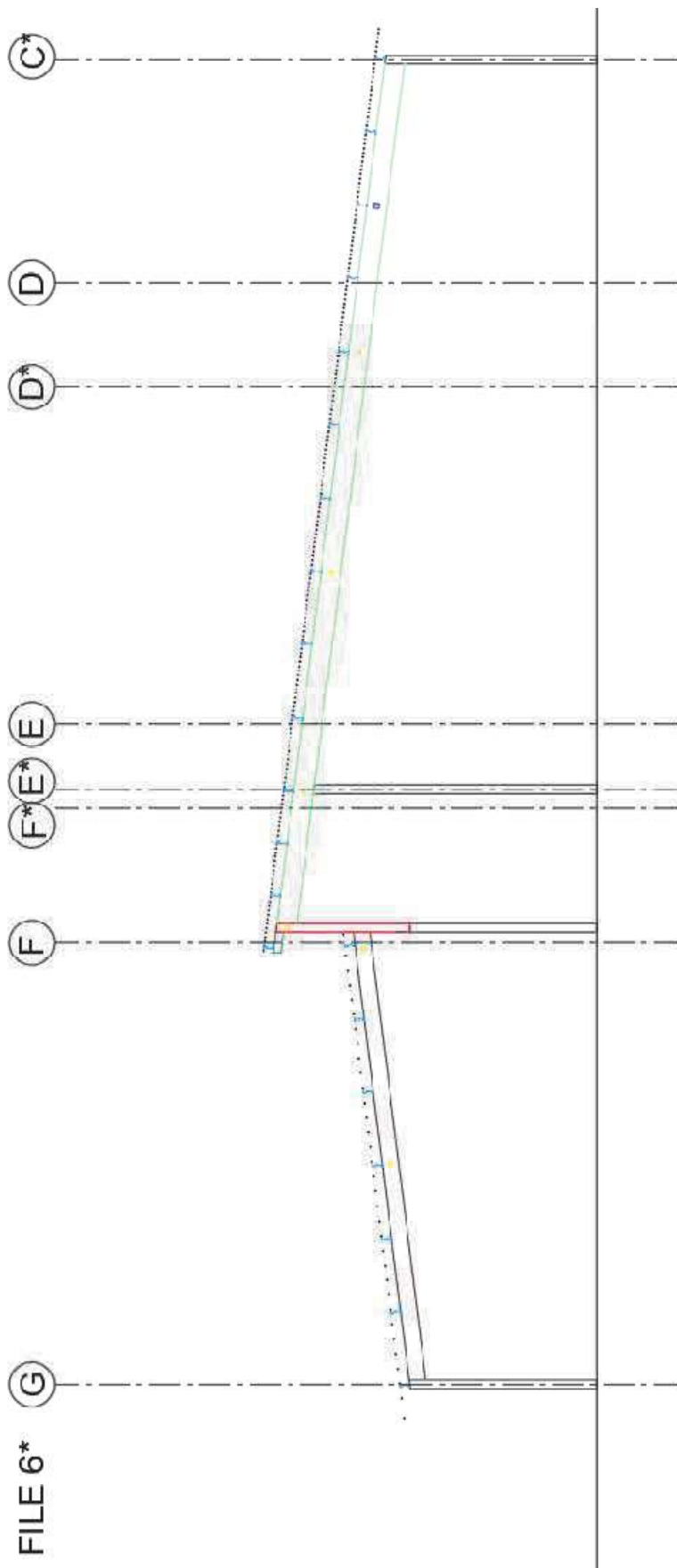
C.1.2. REPERAGE DES ELEMENTS PORTEURS

VUE EN PLAN

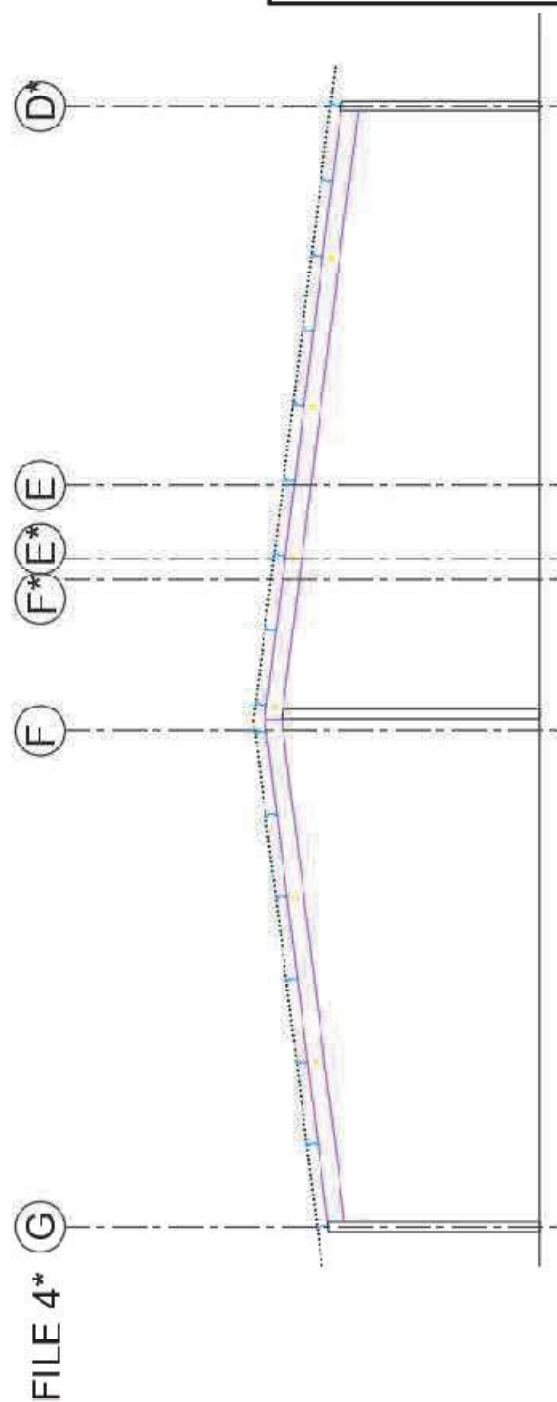


ELEVATIONS





LEGENDE	
IPE 300	C 80x4
IPE 330	C 100x4
IPE 400	Pannes
HEA 160	sigma
HEA 180	



C.2 – DIAGNOSTIC VISUEL

DIAGNOSTIC SISMIQUE / DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

INFORMATIONS GENERALES			
N°	OBJET	ETAT	OBSERVATIONS
A1	Objet	RSMA Bâtiment EAL	
A2	Adresse	12 Que Brière de l'Isle, Le Lamentin (97261)	
A3	N° parcelle cadastrale	L 14	
A4	Propriétaire	RSMA	
A5	Nombre d'occupants	N/C	
A6	Destination	Ensemble Alimentation Loisir	
A7	Catégorie d'importance	II	
A8	Année de construction	2012	
A9	Règlement applicable / Construction	Eurocodes	
A10	Règlement applicable / Diagnostic	Eurocodes	
A12	Plans fournis	Plans D.C.E et dossier ouvrage exécuté	
A13	Matériaux utilisés	Béton, Acier	
A14	Façades	Béton	
A15	Pignons	Béton	
A16	Nombre de niveaux hors sol	1 niveau	
A17	Nombre de sous-sol	0	
A18	Présence de demi-sous-sol	0	
A19	Hauteur hors sol	6.85 m	
A20	Poteaux	Béton, Acier	
A21	Contreventement	Voiles, Croix de Saint-André	
A22	Dalle basse RDC	Béton	
A23	Dalles hautes RDC	Béton armé, sur une partie seulement	
A24	Charpente	Charpente métallique	

INFORMATIONS ISSUES DES PPR			
N°	OBJET	ETAT	OBSERVATIONS
B1	Aléa Inondation	Non	
B2	Aléa Mouvement de terrain	Aléa faible à nul	
B3	Aléa Littoral	Non	
B4	Aléa Sismique	Aléa fort / Séisme	
B5	Aléa volcanisme	Non	
B6	Présence de faille	Non	
B7	Longueur de la faille	Sans objet	
B8	Enjeux	Enjeux Forts	
IMPLANTATION DANS L'ENVIRONNEMENT			
C1	Présence de glissement de terrain généralisé	Non	
C2	Pente de la parcelle	<10%	
C3	Risque de glissement de terrain en amont	Non	
C4	Risque de glissement de terrain en aval	Non	
C5	Présence d'éboulement	Non	
C6	Signe de faille	Non	
C7	Faille	Sans objet	
C8	Rupture de pente	Non	
C9	Effet de site	Non	
CONDITION DE SOL			
D1	Caractérisation du sol	N/C	
D2	Type de sol	N/C	
D3	Études de sol	Non	
INTERACTION ENTRE LES CONSTRUCTIONS			
E1	Risque d'entrechoquement avec les bâtiments voisins	Non	
E2	Risque d'entrechoquement au niveau des joints de dilatation internes au bâtiment	Non	
E3	Risque d'entrechoquement au niveau des joints de dilatation interne au bâtiment du fait de joint en baïonnette fait de joint en baïonnette	Non	

E4	Bâtiment voisin pouvant s'effondrer sur notre bâtiment	Non	
E5	Classe du bâtiment voisin pouvant s'effondrer	-	
FORME EN PLAN ET EN ELEVATION			
F1	Régularité en plan	Non	
F2	Symétrie selon 2 axes :	Non	
F3	Symétrie selon 1 axe	Non	
F4	Retrait ou élargissement en élévation	Oui	
F5	Élancement en plan $L_y/L_x > 4$	Non	
F6	Coup de fouet en élévation	Non	
F7	Coup de fouet en plan	Non	
F8	Partie saillante $a > L/4$	Non	
F9	Partie rentrante $a > L/5$	Oui	
MATERIAUX			
G1	Nature de la structure	Béton, Acier	
G2	Qualité de l'Acier	Bonne qualité	
G3	Qualité du béton	Qualité moyenne	
G4	Dégâts liés à la mauvaise qualité du béton	Non	
G5	Aciers apparents	Non	
G6	Armatures rouillés	Non	
G7	Qualité du bois	Sans objet	
G8	Bois attaqué par les termites	Sans objet	
EXAMEN DE LA STRUCTURE			
Fondations			
H1	Fondations	N/C	
H2	Nature semelles filantes	N/C	
H3	Fissures provenant de tassement au niveau des fondations	N/C	
H4	Poteaux courts en fondation	N/C	
H5	Poteaux élancés en fondation	N/C	
H6	Longrines reprenant les efforts horizontaux	N/C	

H7	Fondations en adéquation avec la nature du sol	N/C	
H8	Correction des fondations	N/C	
H9	Poteaux courts en soubassement	N/C	
H10	Poteaux élancés en soubassement	N/C	
H11	Liaison des fondations par des longrines	N/C	
H12	Longrines à moins de 1,20 m des fondations	N/C	
Éléments porteurs			
H13	Nature des éléments porteurs	Voiles, dalles en béton armé, Charpente métallique	
H14	Présence de poteaux courts	Non	
H15	Présence de poteaux élancés	Non	
H16	Présence de poteaux descendant les efforts en baïonnette	Non	
H17	Poutre forte sur poteau faible	Non	
H18	Dalle forte sur poteau faible	Non	
H19	Encastrement poteau poutre	Non	
H20	Poteaux soumis aux effets de bielles dans les maçonneries	Non	
H21	Poteaux d'angles dont les menuiseries adjacentes sont trop proches du bord	Non	
H22	Voile béton	Oui	
H23	Présence de chaînage	Oui	
H24	Présence de voile béton en extrémité de voile de soutènement	Non	
H25	Épaisseur des voiles	18 cm	
H26	Porte à faux	Non	
H27	Présence de porte à faux trop important	Non	
H28	Présence de structure arrivant sur des porte-à-faux	Non	
H29	Présence de porte à faux lourdement chargés	Non	

Dalle			
H30	Nature du plancher bas	Dalle béton	
H31	Nature du plancher haut	Dalle béton, sur une partie seulement	
H32	Le plancher assure la fonction diaphragme	Oui	
H33	Présence de trémies préjudiciable au transfert des efforts	Non	
H34	Zone d'accumulation de charge située dans la dalle	Non	
Contreventements			
H35	Contreventement longitudinal	Voiles, croix de Saint-André	
H36	Quantité	Suffisant	
H37	Nature	Voiles, croix de Saint-André	
H38	Nombre	Suffisant	
H39	Contreventement transversal	Voiles, croix de Saint-André	
H40	Quantité	Suffisant	
H41	Nature	Voiles, croix de Saint-André	
H42	Nombre	Suffisant	
H43	Torsion	Non	
Dégâts apparents			
H44	Fissures horizontales liaison élément béton/métallique maçonnerie	Non	
H45	Fissures verticales liaison élément béton/métallique maçonnerie	Non	
H46	Fissures horizontales dans les poteaux	Non	
H47	Fissures verticales dans les poteaux	Non	
H48	Fissures à 45° dans les maçonneries	Non	
H49	Fissures à 45° dans les structures béton	Non	
H50	Fissures en croix dans poteaux	Non	
H51	Fissures en croix dans voiles	Non	
H52	Fissures en croix dans maçonneries	Non	
H53	Déplacements irréversibles	Non	

FACADES			
J1	Présence de façades susceptibles de s'effondrer sous séisme	Non	
FAUX-PLAFONDS			
K1	Présence de faux plafonds susceptibles de s'effondrer sous séisme	Non	
CANALISATIONS			
L1	Présence de canalisations susceptibles de s'effondrer sous séisme	Non	
CLOISONS			
M1	Présence de cloisons susceptibles de s'effondrer sous séisme	Non	
ARMOIRES			
N1	Présence d'armoires et de rangements susceptibles de s'effondrer sous séisme	Oui	
LUMINAIRES			
O1	Présence de luminaires susceptibles de s'effondrer sous séisme	Non	
CHARPENTE			
P1	Etat de la charpente	Bon état	
P2	Tenue au cyclone	Insuffisant	
P3	Fixation des pannes	Suffisant	
P4	Fixation des fermes	Suffisant	
P5	Diaphragme	Oui	
P6	Contreventement	Suffisant	
COUVERTURE			
Q1	Toiture	Bac acier nervuré	
MENUISERIES			
R1	État des menuiseries	Bon état	
R2	Fixation des menuiseries	Suffisant	

C.3 – INVESTIGATION SUR LES ELEMENTS EN BETON

C.3.1. ANALYSE AU RADAR GEOLOGIQUE

Pour vérifier la présence d'armatures dans les voiles en béton, nous avons effectué des FerroScans sur un échantillon d'éléments (voir scans effectués en annexe D.1).

Les scans montrent que les voiles sont effectivement ferrailés. Les armatures sont de 8 mm de diamètre. Les barres verticales (voir figure 1) sont espacées de 10 cm et les barres horizontales (voir figure 2) sont espacées de 20 cm. Ceci correspond à un treillis TR 14.

Au total, la présence d'armatures a été vérifiée sur six voiles distincts. Étant donné que les mêmes résultats ont été observés lors de chaque vérification, nous avons estimé que l'échantillon de six voiles était suffisant pour cette étude.

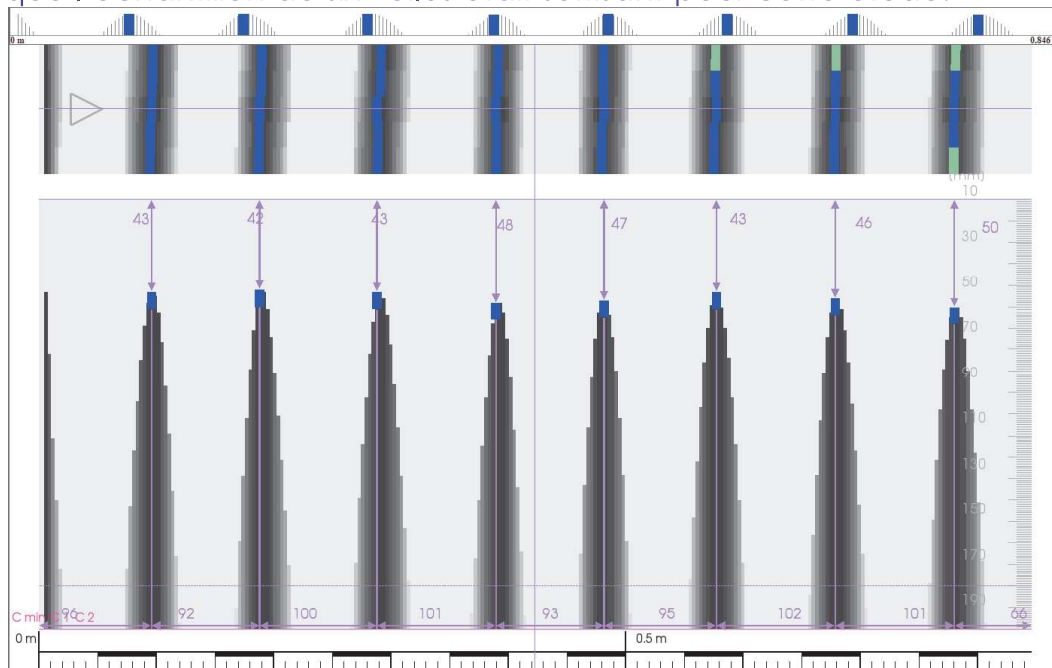


Figure 1 - Scan des barres verticales d'un voile

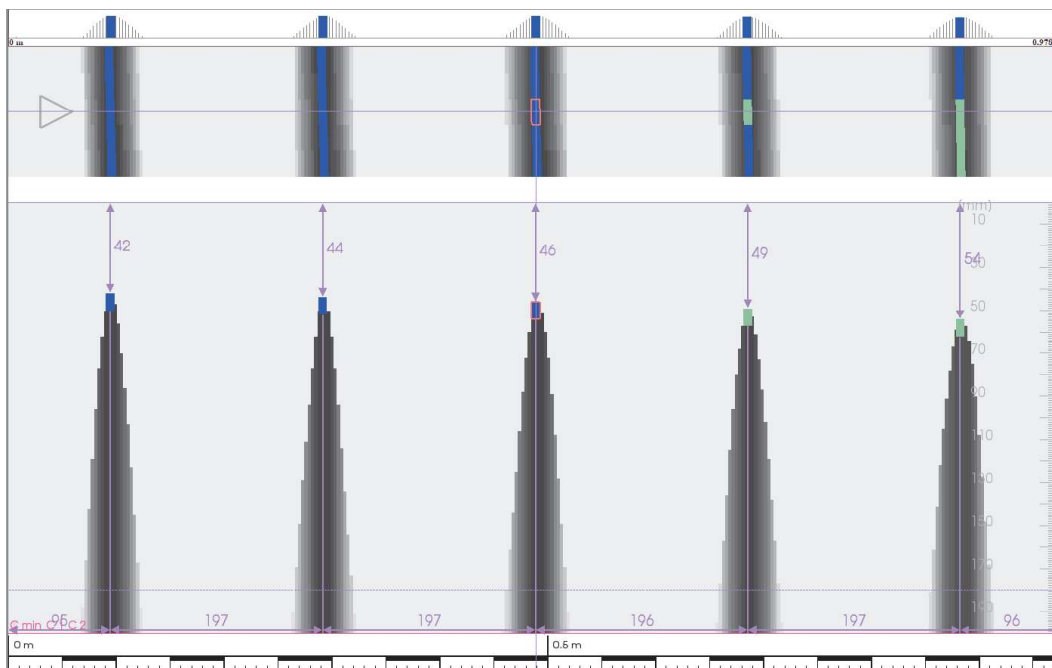


Figure 2 - Scan des barres horizontales d'un voile

Nous avons aussi vérifié la présence de 2 lits d'armatures par voile en réalisant des scans des deux côtés d'un même voile. Les voiles ayant une épaisseur de 18 cm présentent un lit d'armature avec un enrobage de 42 mm en moyenne (voir figure 3) et un autre lit avec un enrobage de 55 mm en moyenne (voir figure 4). Nous pouvons donc conclure sur la présence de deux lits d'armature. Cette vérification a aussi été effectuée sur des voiles intérieurs et nous trouvons les mêmes résultats.

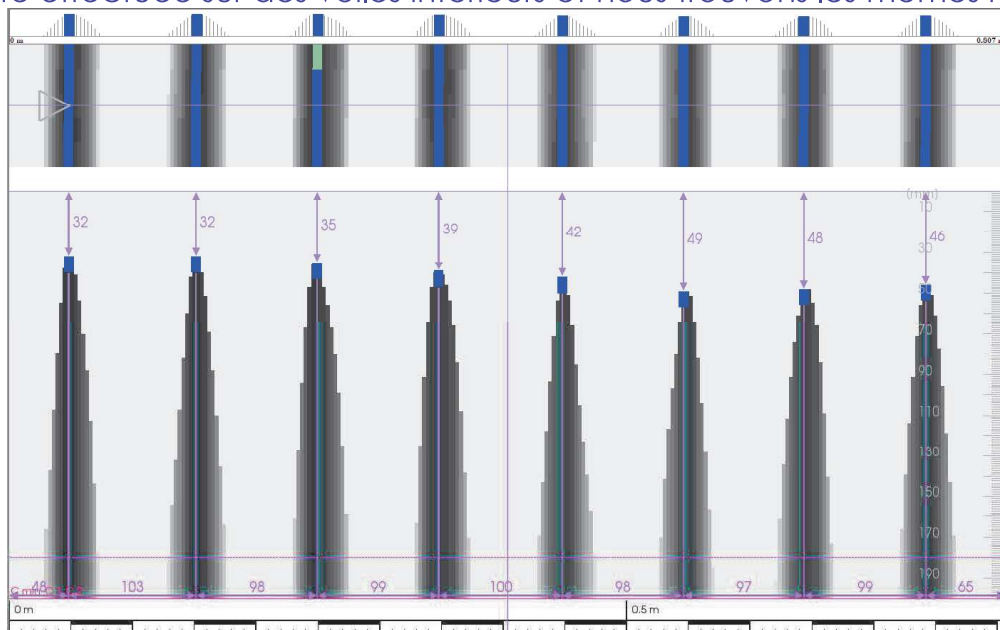


Figure 3 - Scan des barres verticales du voile dans l'axe 6 à l'intérieur du bâtiment

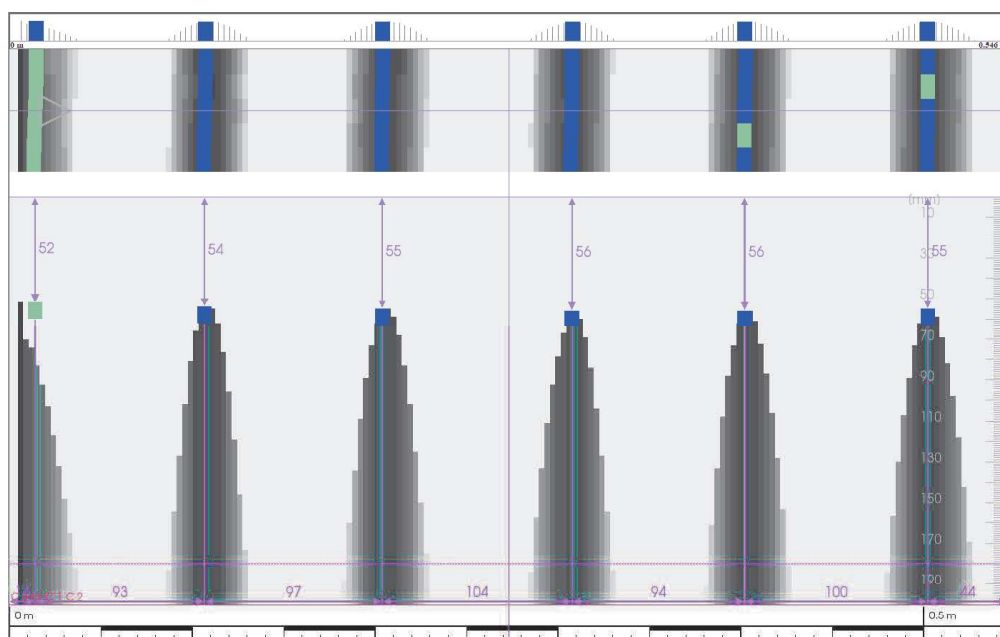


Figure 4 - Scan des barres verticales du voile dans l'axe 6 à l'extérieur du bâtiment

C.3.2. ANALYSE AU SCLEROMETRE

Pour estimer la résistance à la compression du béton, nous avons réalisé une étude au scléromètre sur un échantillon d'éléments.

Les mesures sur les **dalles** ont une valeur moyenne de 35 MPa, mais la valeur minimale mesurée étant de 24 MPa, nous estimons la classe de résistance du béton à la classe **C25/30**.

Les mesures sur les **voiles** ont une valeur moyenne de 37 MPa, mais la valeur minimale mesurée étant de 31 MPa, nous estimons la classe de résistance du béton à la classe **C30/37**.

C.4 – MODELE DE CALCUL

C.4.1. HYPOTHESES DE CALCUL

LOGICIEL

Il s'agit de démontrer la tenue au séisme d'un bâtiment en construction mixte béton armé et acier. A cette fin, on a utilisé le logiciel ADVANCE DESIGN de GRAITEC.

ZONE DE SISMICITE

- Zone sismique : 5 (fort)
- Classe du bâtiment : II

Catégories d'importance	Description	Exemples
I 	• Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée	Hangars, bâtiments agricoles
II 	• Habitations individuelles • Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5 • Habitations collectives de hauteur inférieure à 28m • Bureaux ou bâtiments à usage commercial non ERP, h ≤ 28m, max. 300 personnes • Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 pers. • Parcs de stationnement ouverts au public	Maisons individuelles, petits bâtiments
III 	• ERP de catégories 1, 2 et 3 • Habitations collectives et bureaux, h > 28m • Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes • Établissements sanitaires et sociaux • Centres de production collective d'énergie • Établissements scolaires	Grands établissements, centres commerciaux, écoles
IV 	• Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public • Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage de l'eau potable, la distribution publique de l'énergie • Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne • Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise • Centres météorologiques	Protection primordiale : hôpitaux, casernes...

- Classe de ductilité : DCM
- Coefficient de comportement : 2.76 (irrégulier en plan et en élévation)

REGION DE VENT

- Ouvrage en Zone Martinique.
- Vitesse de référence : $V_b = C_{dir} \times C_{season} \times V_{b,0} = 32,00 \text{ m/s}$
- Coefficient de direction : $C_{dir} = 1,0$
- Coefficient de saison : $C_{season} = 1,0$
- Valeur de base de la vitesse de référence : $V_{b,0} = 32 \text{ m/s}$

SOL

En absence d'étude géotechnique, les hypothèses suivantes ont été prises :

- Classe du sol : C
- Agr : 3.0 m.s⁻²
- Contrainte admissible : 0.30 MPa

HYPOTHESES MATERIAUX

- Béton C 25/30
- Armature Fe E 500-3
- Fissuration peu préjudiciable
- Enrobage 3 cm
- Acier S235

HYPOTHESES DES CHARGES

Charges permanentes :

- Tôle : 0.06 kN/m²
- Panneaux photovoltaïques : 0.11 kN/m²

Le poids propre des éléments porteurs est pris en compte automatiquement par le logiciel.

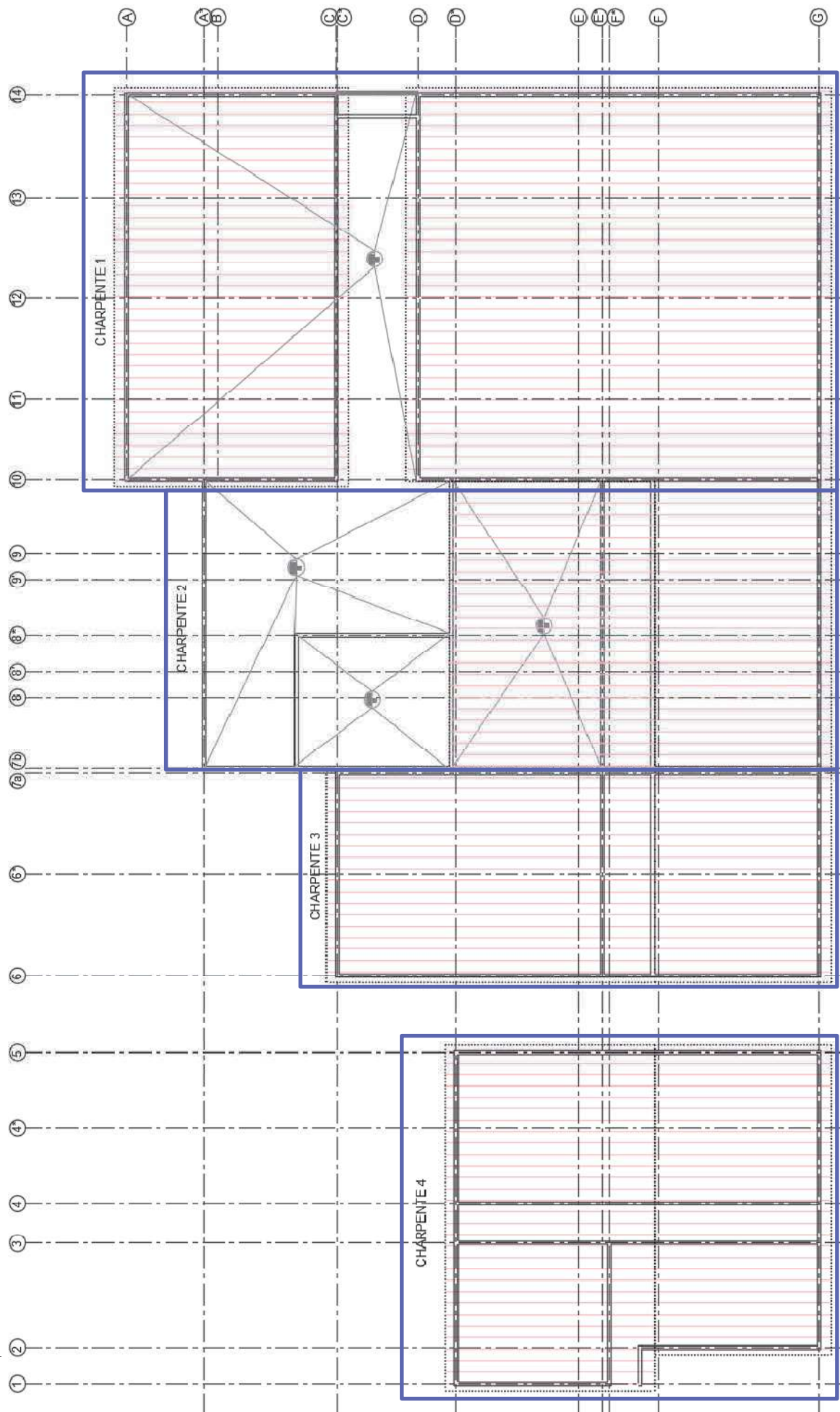
Charges d'exploitation :

- Toiture : 1.0 kN/m²

Les charges de vent et sismiques sont calculées automatiquement par le logiciel.

C.4.2 MODELES DE CALCUL PAR ZONES D'ETUDES

Pour créer les modèles de calcul, nous avons différencié 4 charpentes différentes :

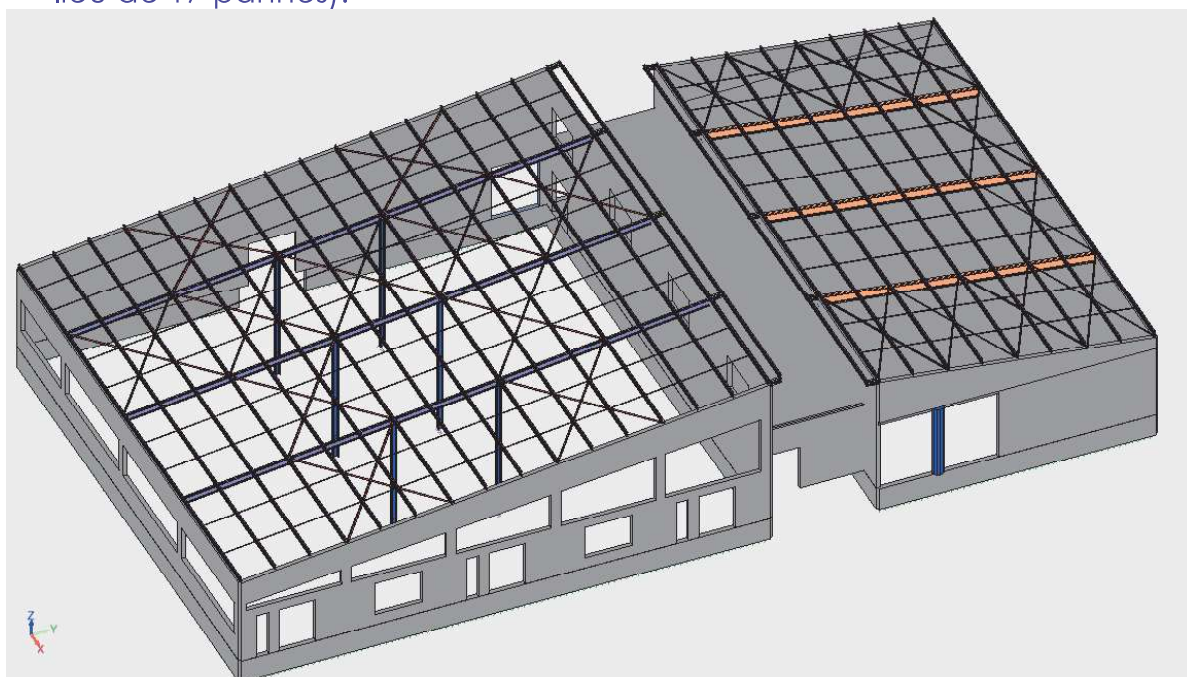


C.4.2.1 MODELISATION DE LA CHARPENTE 1

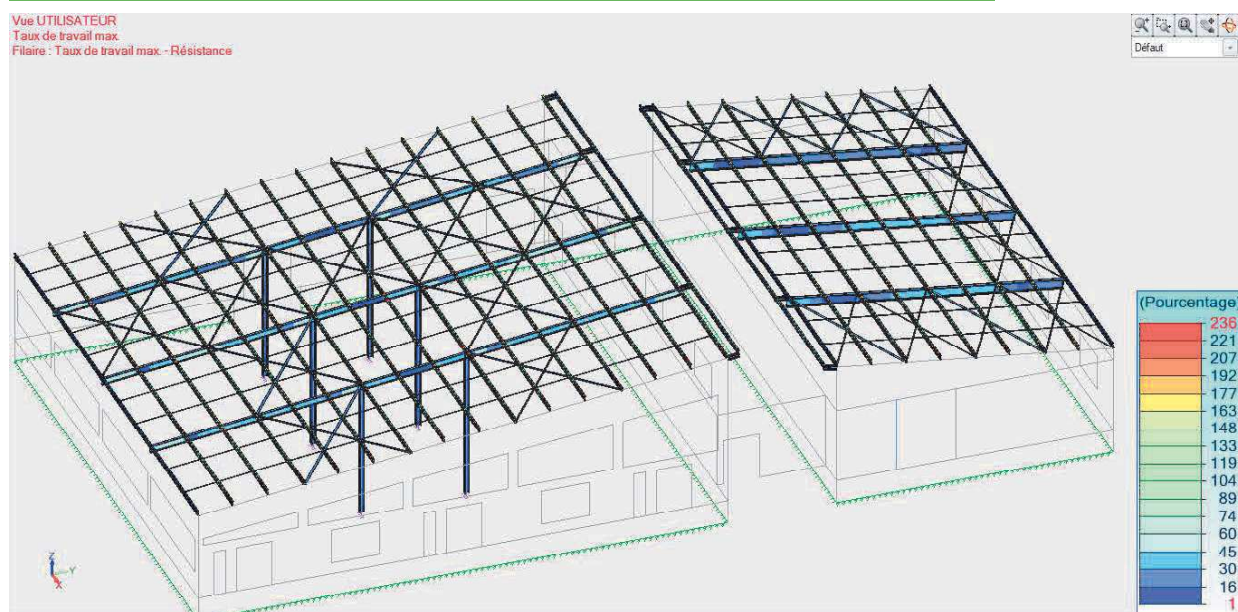
Nous avons constaté des différences entre les plans D.C.E. et les documents techniques du « dossier ouvrage exécuté ». Lors de nos relevés, nous avons pu confirmer l'exécution correspondante au DOE.

Nous retenons quelques aspects qui impactent la structure :

- Dans les plans D.C.E. un appui intermédiaire est prévu au milieu du IPE 400 (voir poutres orange ci-dessous) ;
- Dans les plans D.C.E. il y a une deuxième poutre avec une pente de 7.5 % « rampant de charpente » qui renforce les IPE 270 (voir poutres violettes ci-dessous).
- Dans les plans D.C.E. des jarrets sont prévus aux extrémités des IPE 270 (voir poutres violettes ci-dessous) et aux extrémités des IPE 400 (voir poutres orange ci-dessous).
- Dans les plans D.C.E. il y a deux pannes en plus sur le versant gauche, ce qui donne un espacement des pannes de 1.31 m et non 1.49 m (19 pannes au lieu de 17 pannes).

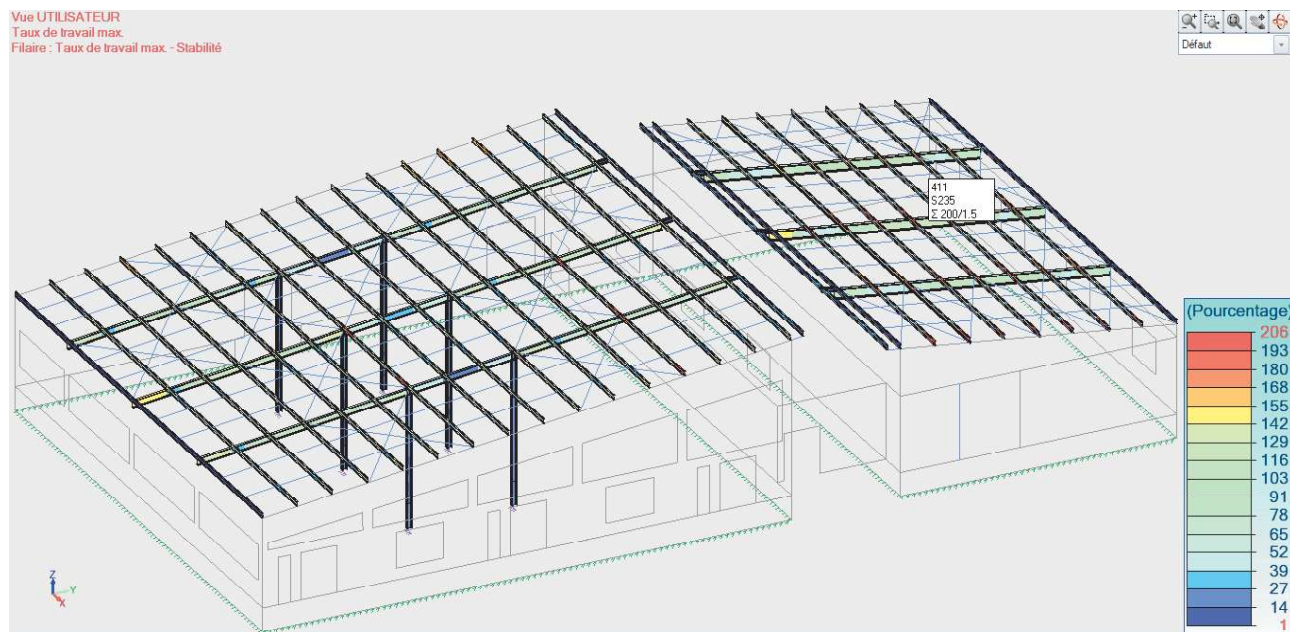


TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES



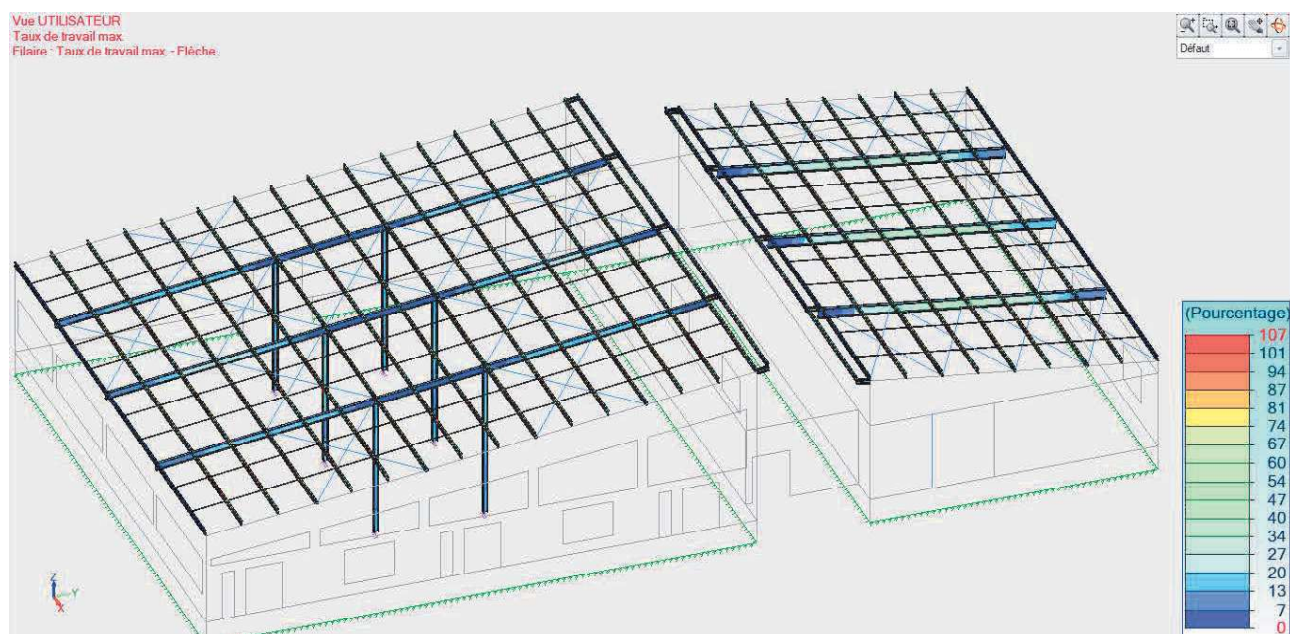
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES

Vue UTILISATEUR
Taux de travail max
Filaire : Taux de travail max - Stabilité



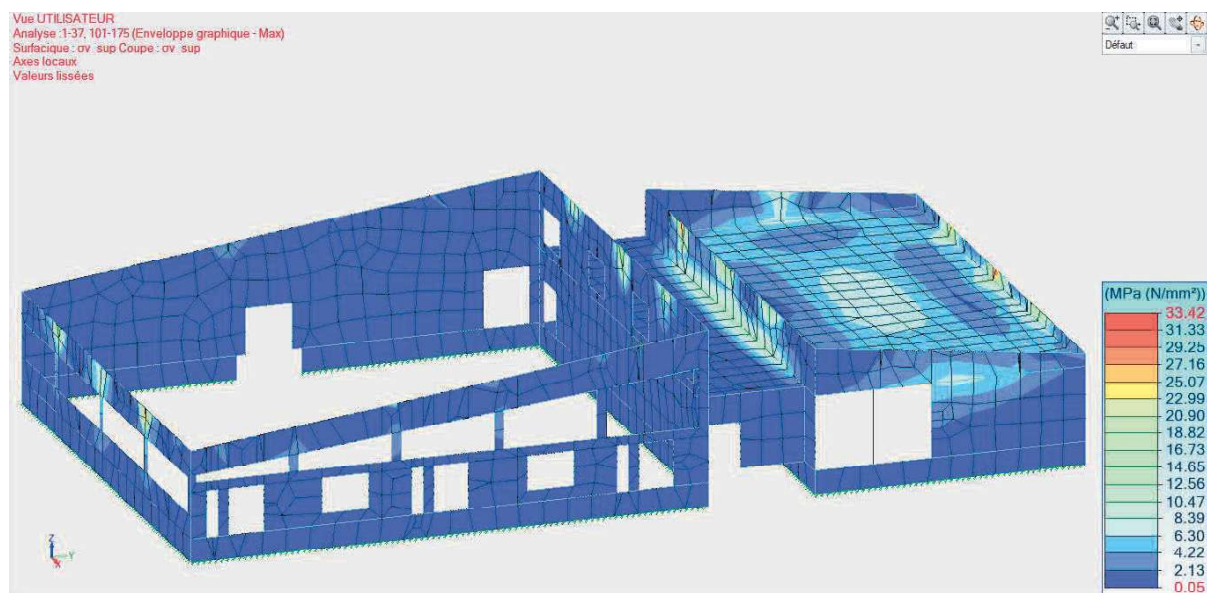
TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES

Vue UTILISATEUR
Taux de travail max
Filaire : Taux de travail max - Flèche



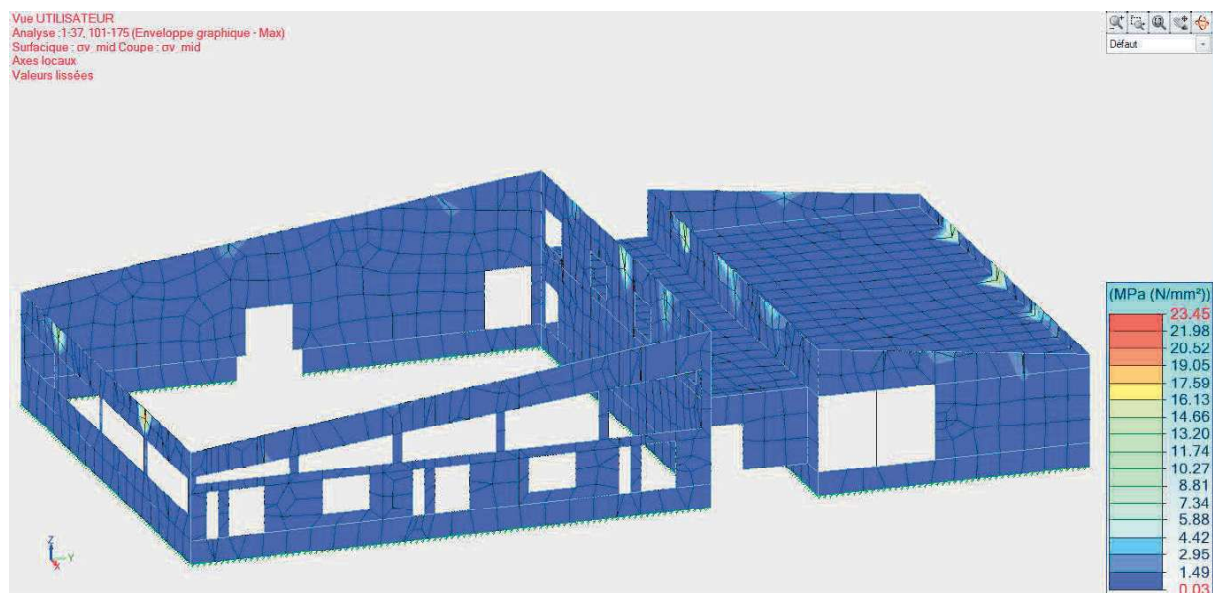
CONTRAINTE DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES

Vue UTILISATEUR
Analyse :1-37, 101-175 (Enveloppe graphique - Max)
Surfacique : cv_sup Coupe : cv_sup
Axes locaux
Valeurs lissées



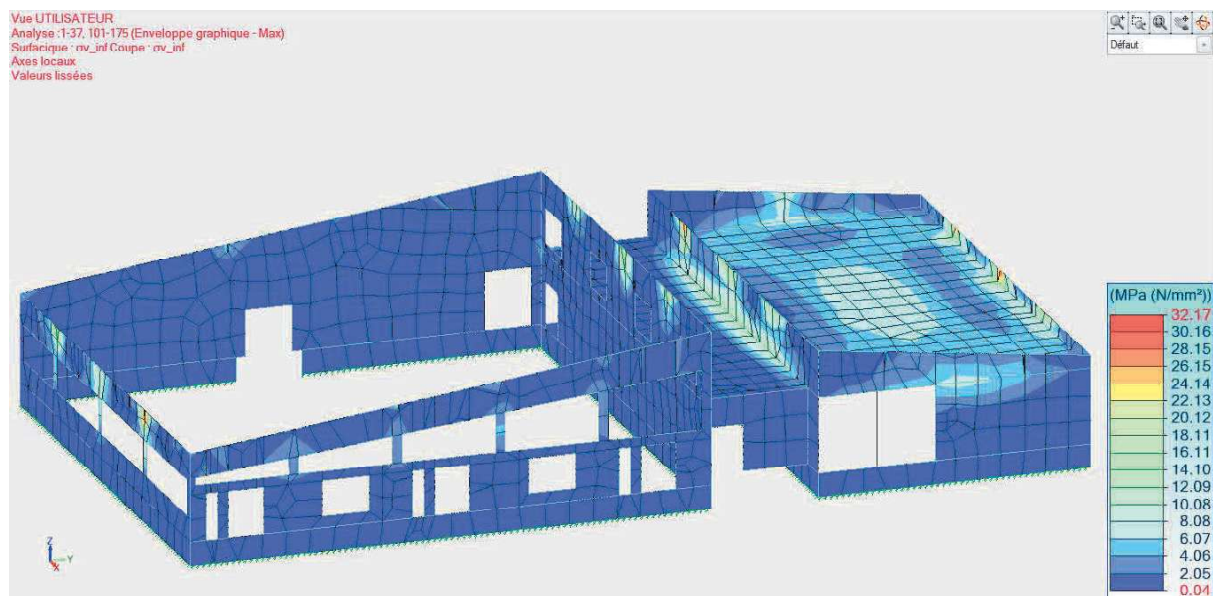
CONTRAINTE DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES

Vue UTILISATEUR
Analyse :1-37, 101-175 (Enveloppe graphique - Max)
Surfacique : cv_mid Coupe : cv_mid
Axes locaux
Valeurs lissées



CONTRAINTE DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES

Vue UTILISATEUR
Analyse :1-37, 101-175 (Enveloppe graphique - Max)
Surfacique : cv_inf Coupe : cv_inf
Axes locaux
Valeurs lissées



C.4.2.2 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 1

Pour vérifier la charpente, un calcul de structure métallique a été réalisé. Nous évaluons la résistance des sections, la stabilité des éléments ainsi que les déformations.

VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en résistance indique le pourcentage maximal d'exploitation des éléments métalliques pour les vérifications en traction, compression, flexion et cisaillement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- **Pannes sigma : 236 %**
- Poutres IPE 270 : 66 %
- Poutres IPE 400 : 44 %
- Poteaux HEA 200 : 22 %

VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en stabilité évalue l'exploitation maximale des éléments pour les vérifications au flambement et au déversement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- **Pannes sigma : 206 %**
- **Poutres IPE 270 : 148 %**
- **Poutres IPE 400 : 147 %**
- Poteaux HEA 200 : 28 %

VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail des déformations reflète le degré d'utilisation des éléments par rapport à la flèche admissible.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- **Pannes sigma : 107 %**
- Poutres IPE 270 : 21 %
- Poutres IPE 400 : 40 %
- Poteaux HEA 200 : 25 %

CONTRAINTE DANS LA STRUCTURE :

Vus les diagrammes couleurs de contrainte absolue, selon les contraintes de Von Mises qui s'exprime selon la formule suivante :

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} \left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2) \right)}$$

On observe que la contrainte maximale dans les **surfaciques en béton** (33.42 MPa) est ponctuellement supérieure à la limite de compression du béton pris en hypothèse de 30 MPa.

Nous constatons des dépassements des vérifications, ces dépassements ne sont pas seulement liés à la surcharge causée par les panneaux photovoltaïques mais aussi aux charges de vent. La charpente n'est donc pas conforme aux normes et doit être renforcée.

Comme décrit dans le chapitre C.4.2.1, nous constatons des différences entre les plans D.C.E. et le DOE qui impactent la structure :

- Dans les plans D.C.E. un appui intermédiaire est prévu au milieu du IPE 400 ;
- Dans les plans D.C.E. il y a une deuxième poutre avec une pente de 7.5 % « rampant de charpente » qui renforce les IPE 270 ;
- Dans les plans D.C.E. des jarrets sont prévus aux extrémités des IPE 270 et aux extrémités des IPE 400.
- Dans les plans D.C.E. il y a deux pannes en plus sur les poutres IPE 270, ce qui donne un espacement des pannes de 1.31 m et non 1.49 m (19 pannes au lieu de 17 pannes).

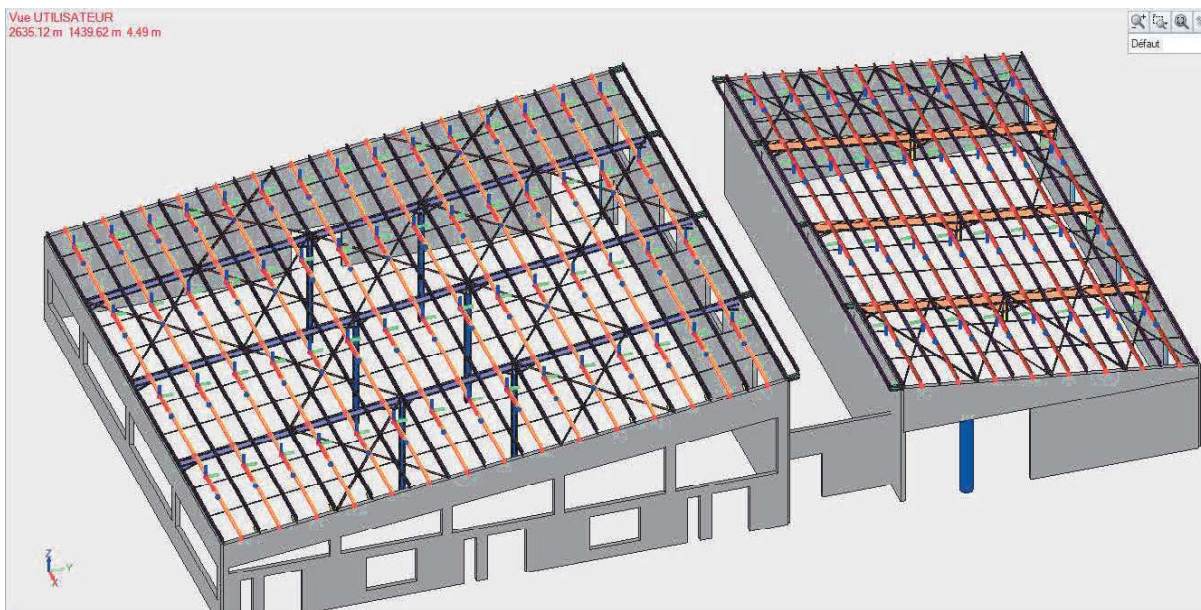
Ces changements influencent la stabilité des éléments et expliquent les dépassements importants des vérifications.

Un renforcement de la charpente est nécessaire.

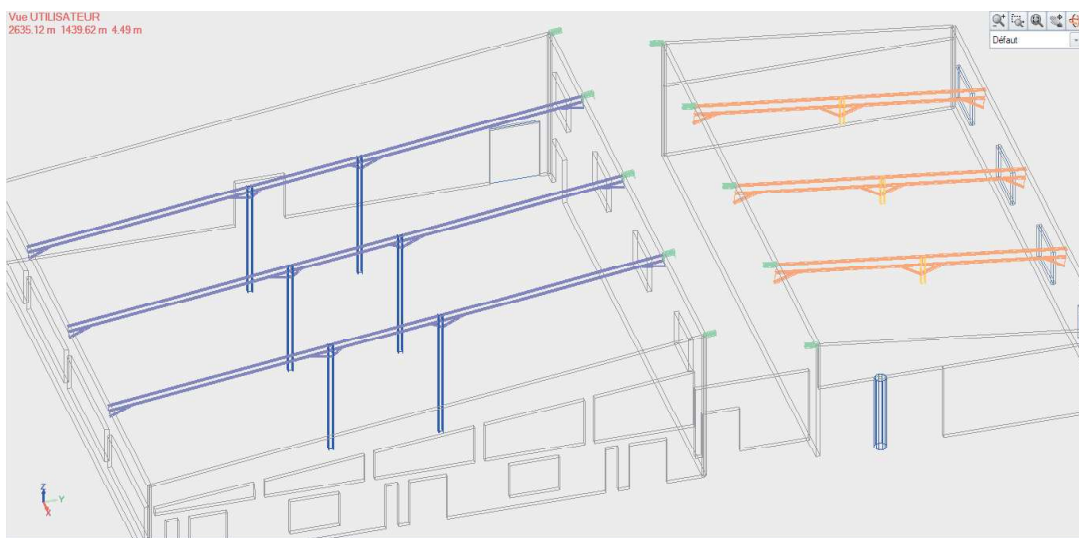
C.4.2.3 PROPOSITION DE RENFORCEMENT DE LA CHARPENTE 1

Pour rendre la charpente conforme aux normes actuelles, notamment en vue des efforts cycloniques, nous proposons les renforcements suivants :

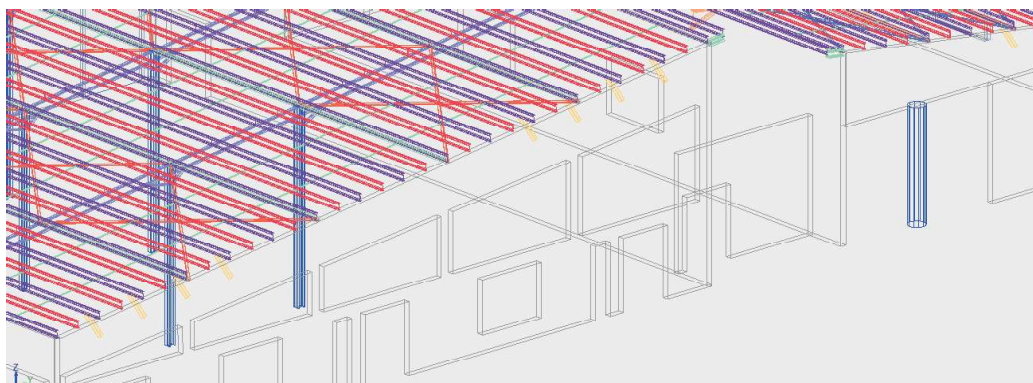
1. Doubler les pannes pour diminuer leur espacement :



2. Renforcer les poutres en ajoutant des jarrets de la même section et des poteaux intermédiaires en HEA 180 ou équivalent au milieu des poutres en IPE 400 :



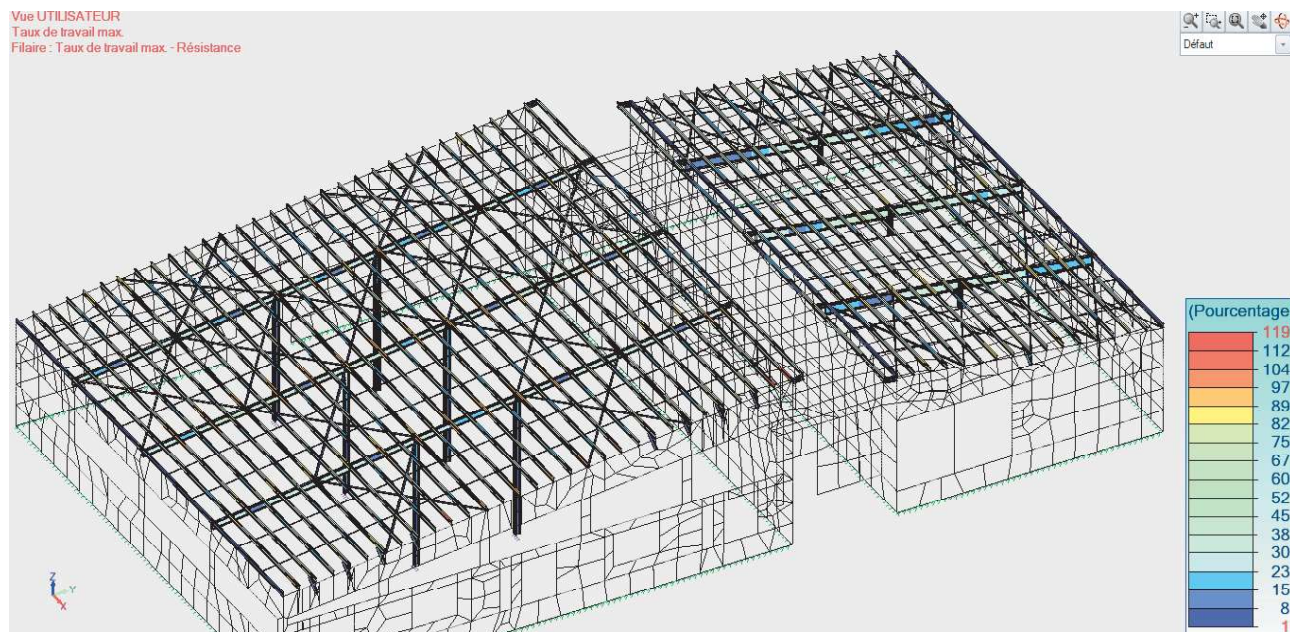
3. Ajout de jambe de force en L100x8 ou équivalent (en jaune) pour renforcer quelques pannes :



C.4.2.4 MODELISATION DE LA CHARPENTE 1 RENFORCEE

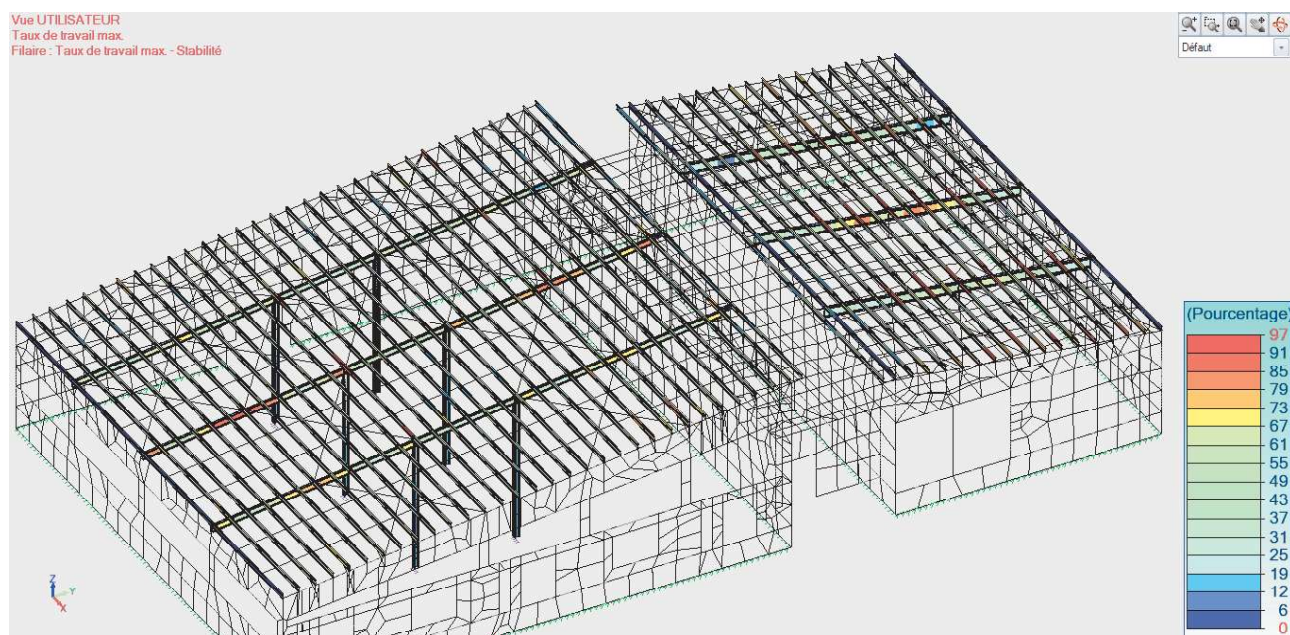
Avec ces renforcements, nous obtenons les résultats suivants :

TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES

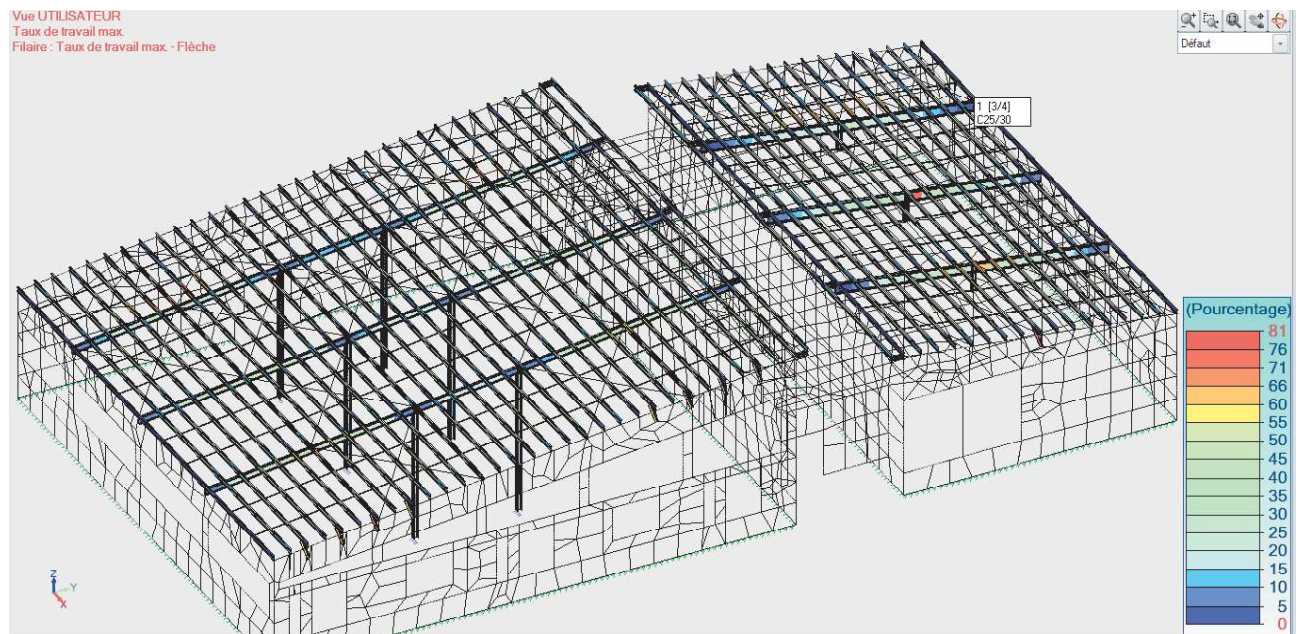


Dépassement très ponctuel de 19% sur 3 pannes peut être négligé.

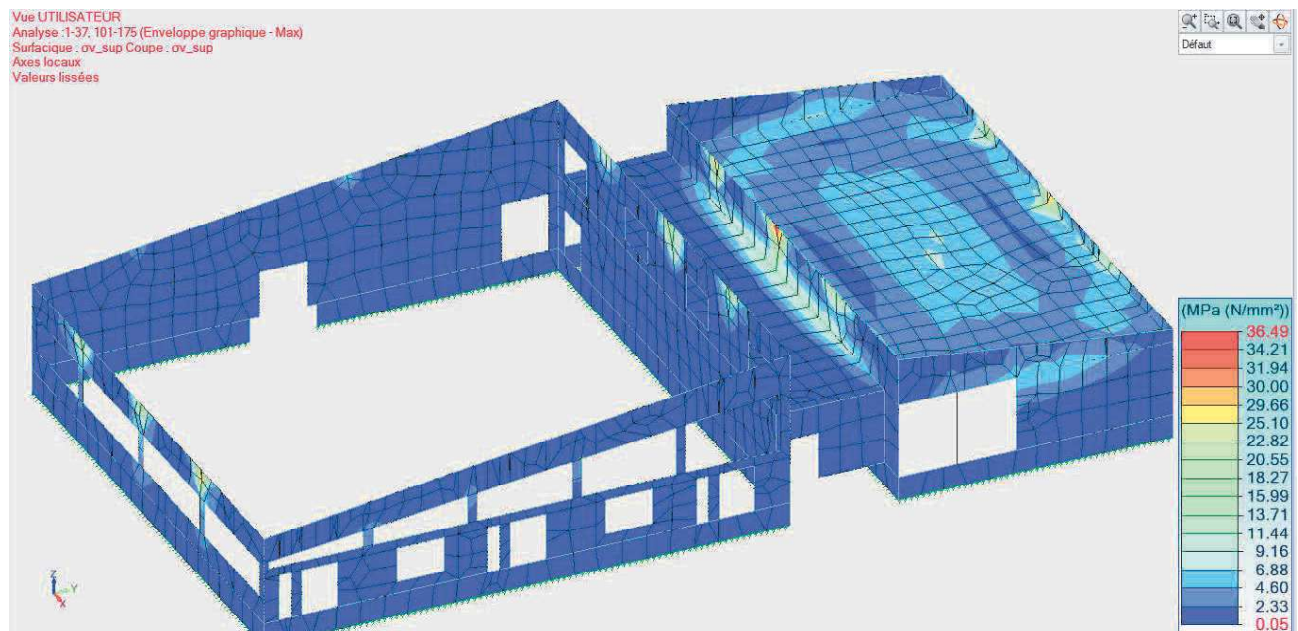
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES



Taux de travail de la vérification de la flèche limite des profils

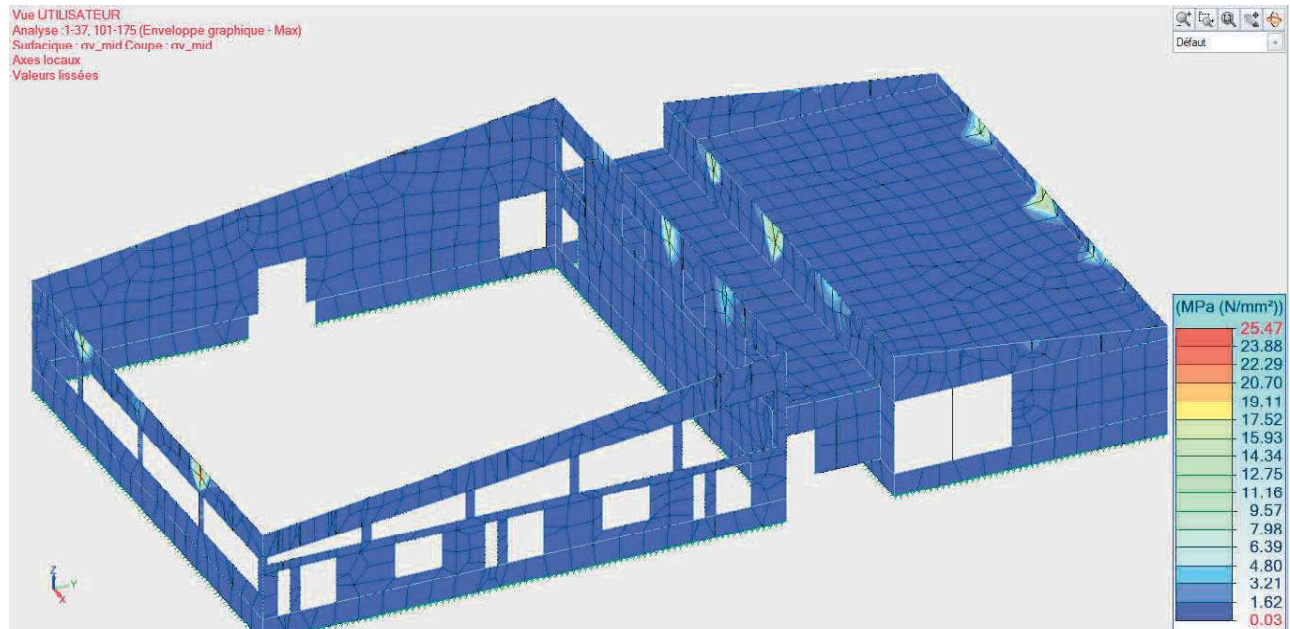


CONTRAINTE DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES

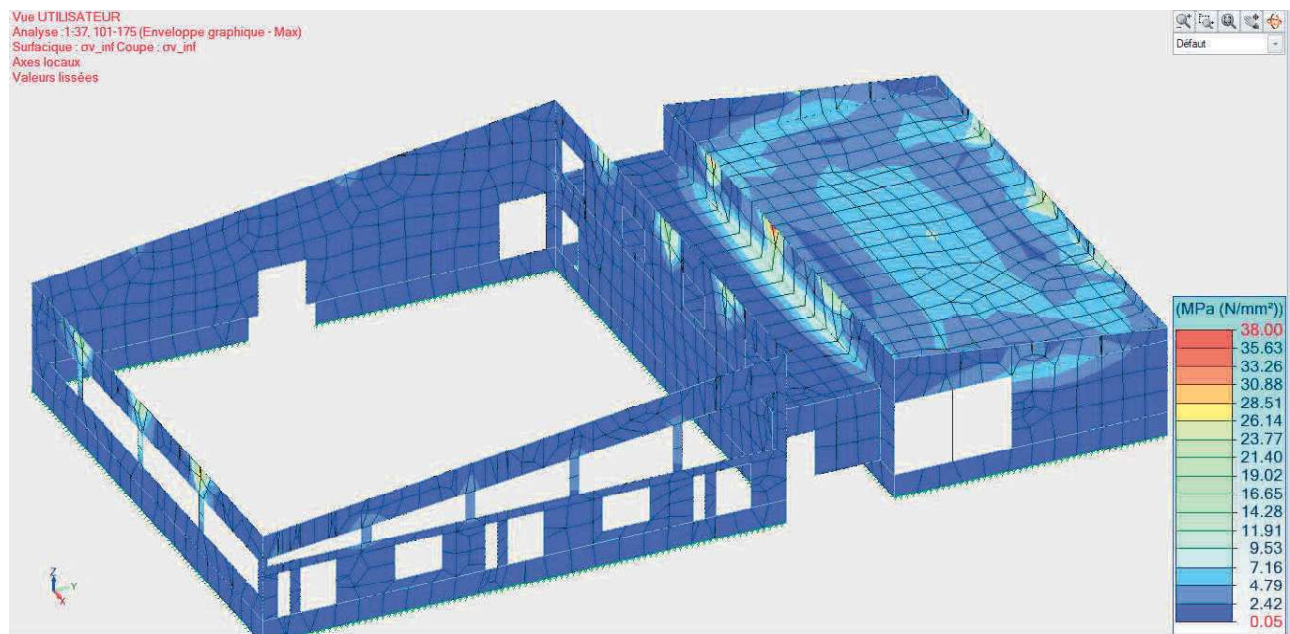


Contrainte très ponctuellement supérieure à 30 MPa peut être négligée.

CONTRAINTE DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE INFÉRIEURE DES SURFACIQUES



Contrainte très ponctuellement supérieure à 30 MPa peut être négligée.

C.4.2.5 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 1 RENFORCEE

VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en résistance indique le pourcentage maximal d'exploitation des éléments métalliques pour les vérifications en traction, compression, flexion et cisaillement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 98 % (dépassement très ponctuel de 19% sur 3 pannes peut être négligé)
- Poutres IPE 270 : 45 %
- Poutres IPE 400 : 47 %
- Poteaux HEA 200 : 24 %

VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en stabilité évalue l'exploitation maximale des éléments pour les vérifications au flambement et au déversement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 97 %
- Poutres IPE 270 : 93 %
- Poutres IPE 400 : 88 %
- Poteaux HEA 200 : 30 %

VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail des déformations reflète le degré d'utilisation des éléments par rapport à la flèche admissible.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 70 %
- Poutres IPE 270 : 19 %
- Poutres IPE 400 : 40 %
- Poteaux HEA 200 : 27 %

CONTRAINTE DANS LA STRUCTURE :

Vus les diagrammes couleurs de contrainte absolue, selon les contraintes de Von Mises qui s'exprime selon la formule suivante :

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{2} \left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2) \right)}$$

On observe que la contrainte maximale dans les **surfaciques en béton** (38.0 MPa) est très ponctuellement supérieure à la limite de compression du béton pris en hypothèse de 30 MPa. Ce dépassement est considéré comme singularité et peut être négligé.

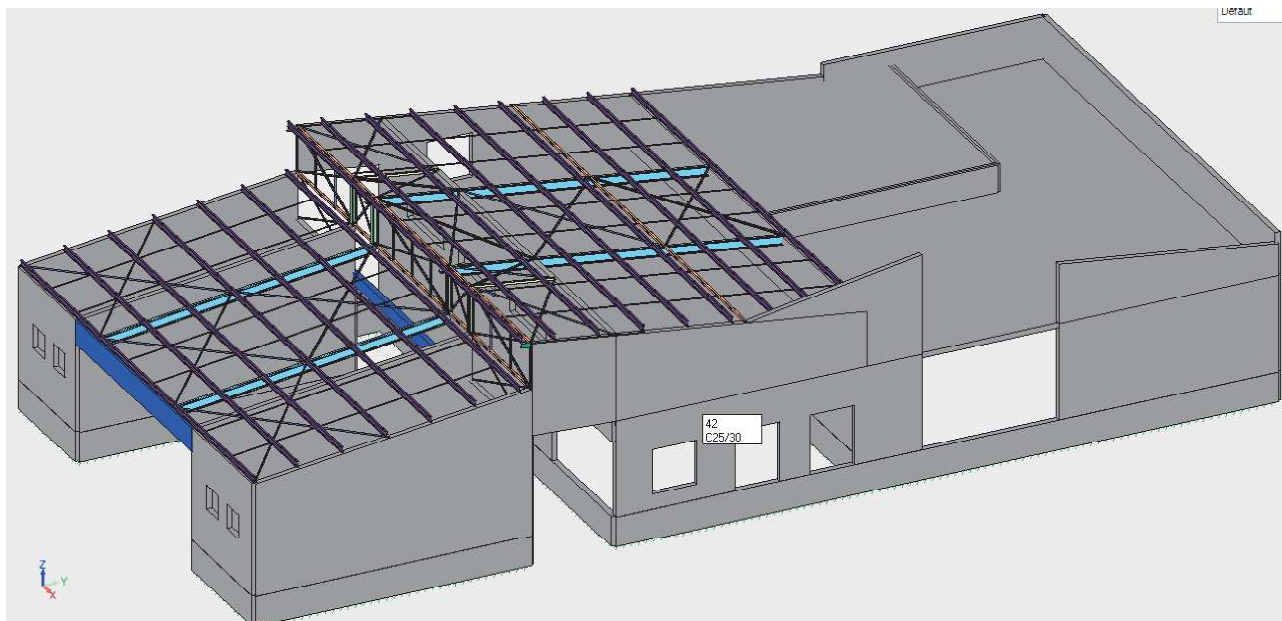
Toutes les vérifications sont maintenant satisfaisantes et la contrainte limite du béton est respectée. Le confortement proposé est donc suffisant.

C.4.3.1 MODELISATION DE LA CHARPENTE 2

Nous avons constaté des différences entre les plans D.C.E. et les documents techniques du « dossier ouvrage exécuté ». Lors de nos relevés, nous avons pu confirmer l'exécution correspondante au DOE.

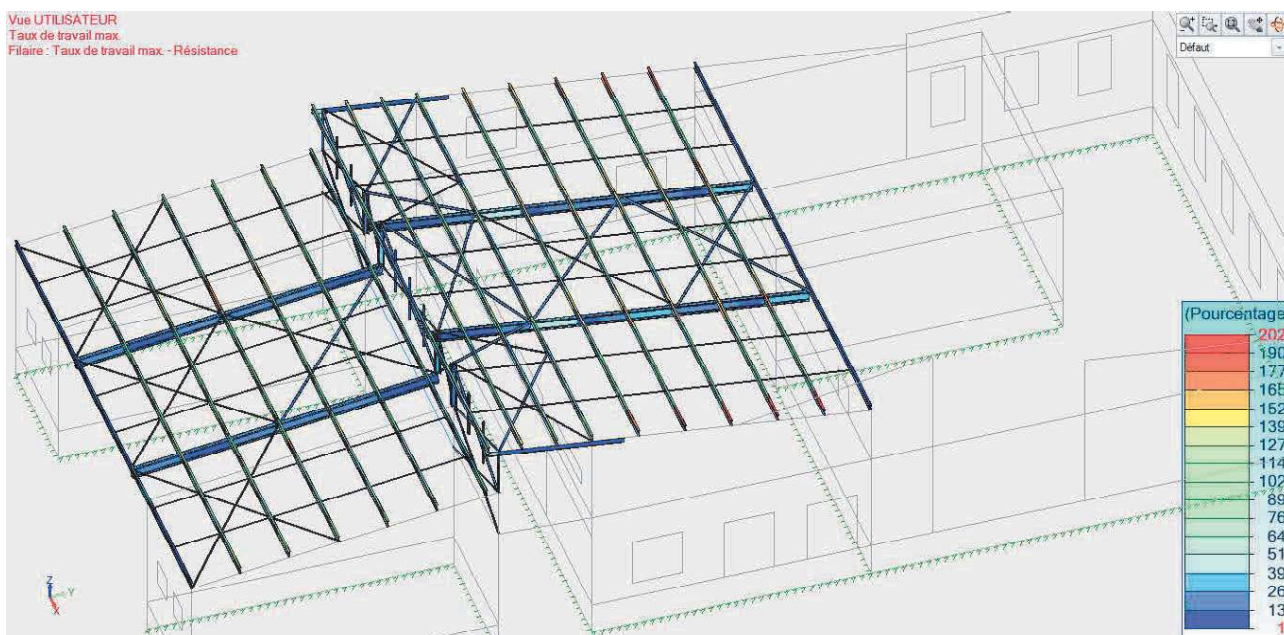
Nous retenons quelques aspects qui impactent la structure :

- Dans les plans D.C.E. les appuis intermédiaires (voir poteaux verts ci-dessous) sont descendu jusqu'à la poutre en béton armé.
- Dans les plans D.C.E. des jarrets sont prévus aux extrémités des IPE 300 (voir poutres bleu clair ci-dessous).
- Dans les plans D.C.E. il y a une panne de plus sur le versant gauche, ce qui donne un espacement des pannes de 1.31 m et non de 1.49 m (8 pannes au lieu de 7).



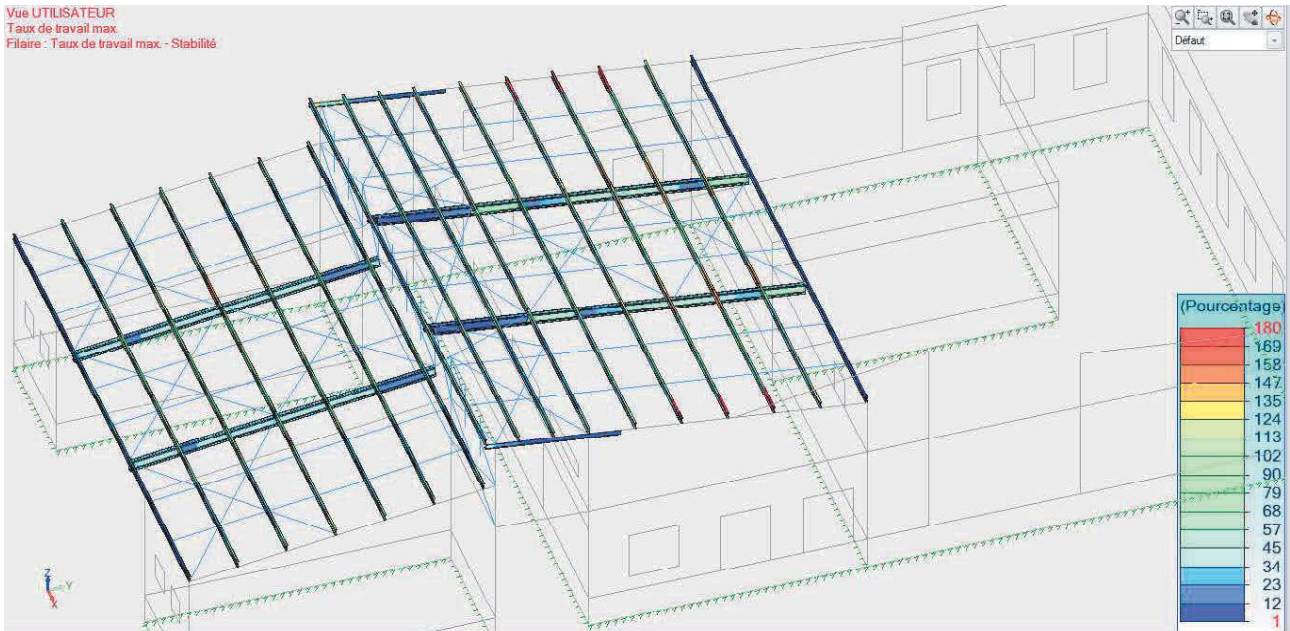
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES

Vue UTILISATEUR
Taux de travail max.
Filaire : Taux de travail max. - Résistance



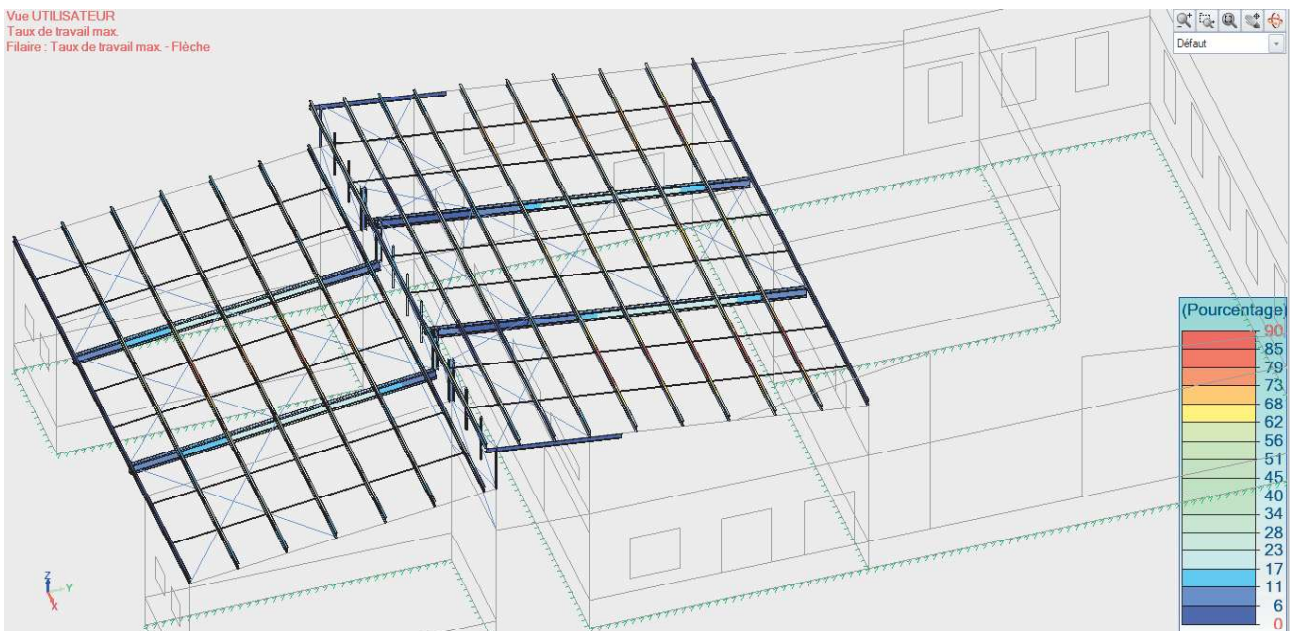
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES

Vue UTILISATEUR
Taux de travail max
Filaire : Taux de travail max - Stabilité

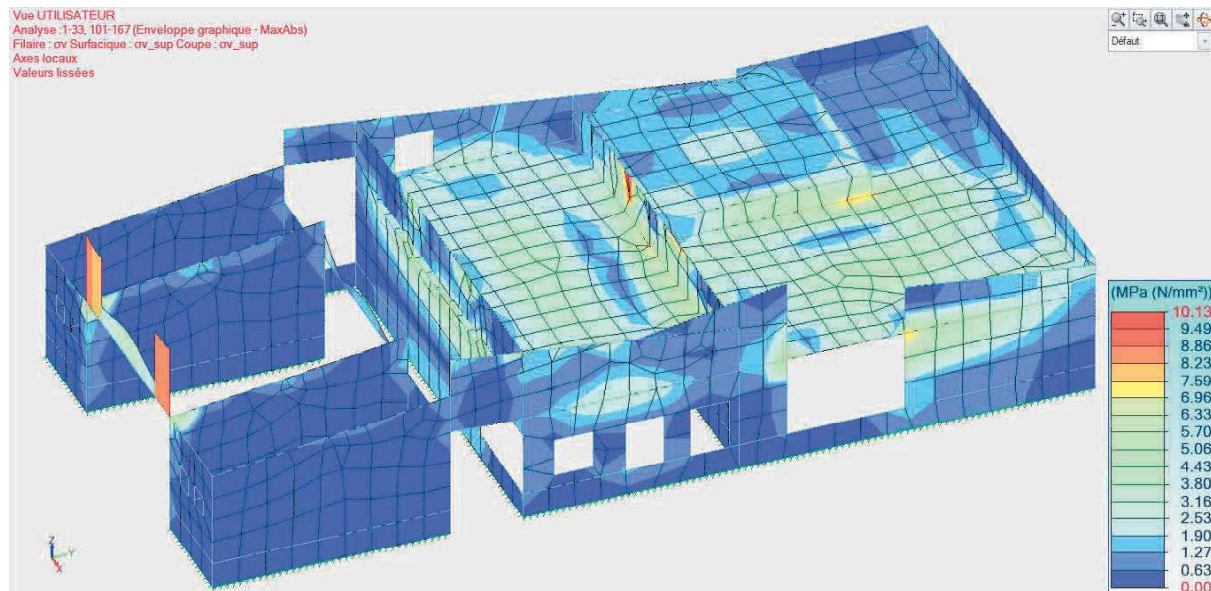


TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES

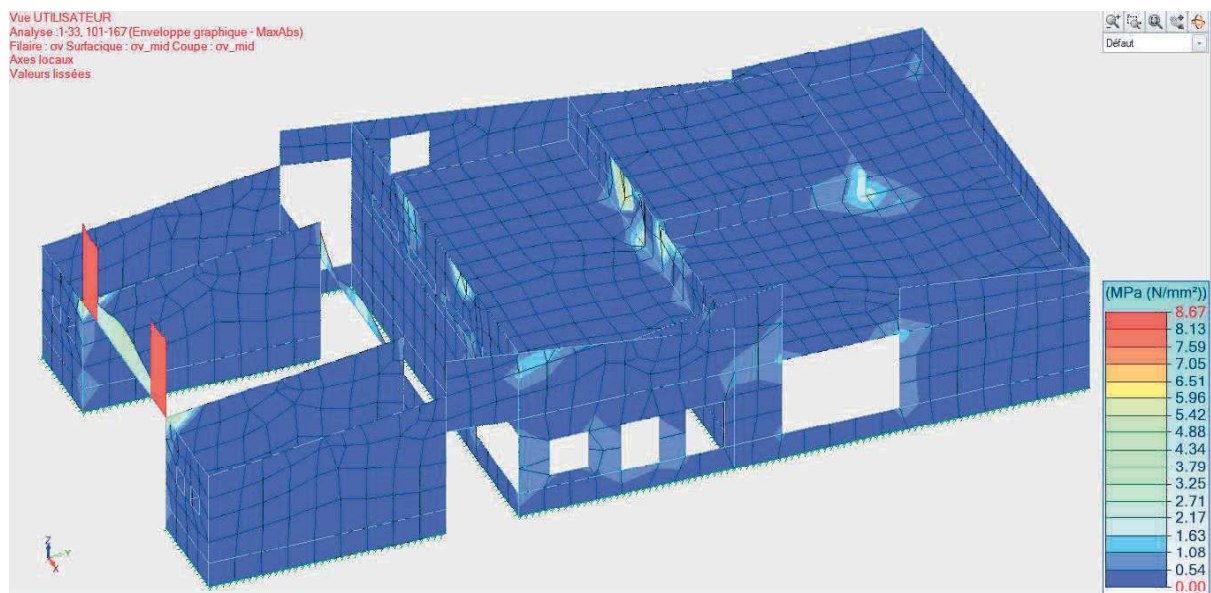
Vue UTILISATEUR
Taux de travail max
Filaire : Taux de travail max - Flèche



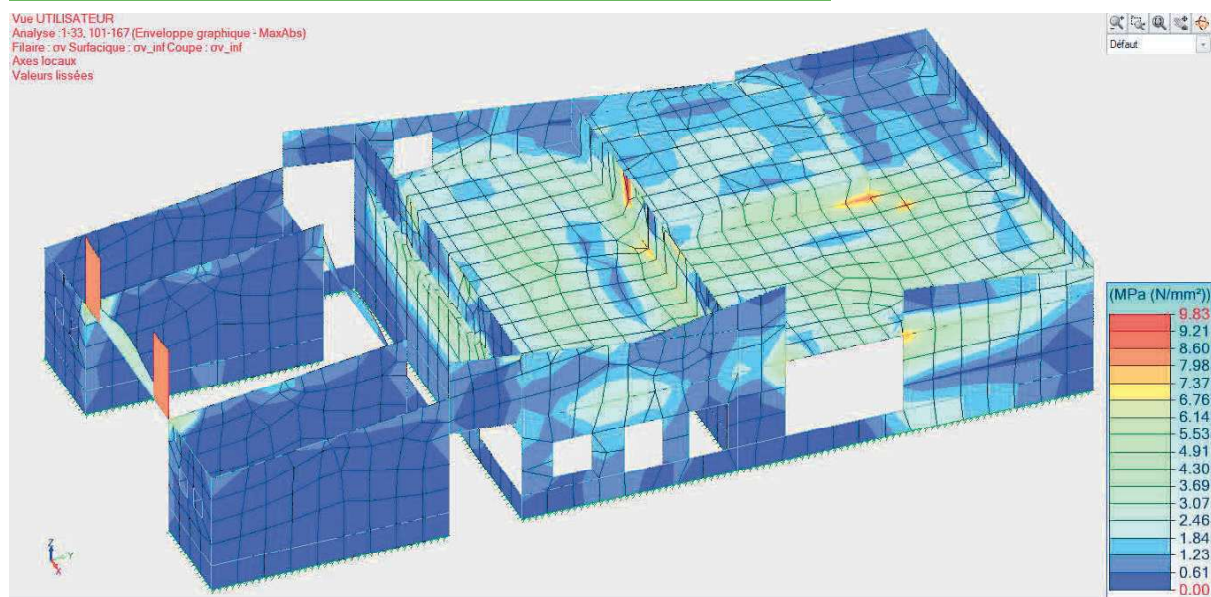
CONTRAINTE DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES



C.4.3.2 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 2

Pour vérifier la charpente, un calcul de structure métallique a été réalisé. Nous évaluons la résistance des sections, la stabilité des éléments ainsi que les déformations.

VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en résistance indique le pourcentage maximal d'exploitation des éléments métalliques pour les vérifications en traction, compression, flexion et cisaillement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 202 %
- Poutres IPE 300 : 44 %

VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en stabilité évalue l'exploitation maximale des éléments pour les vérifications au flambement et au déversement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 180 %
- Poutres IPE 300 : 73 %

VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail des déformations reflète le degré d'utilisation des éléments par rapport à la flèche admissible.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 90 %
- Poutres IPE 300 : 23 %

CONTRAINTE DANS LA STRUCTURE :

Vus les diagrammes couleurs de contrainte absolue, selon les contraintes de Von Mises qui s'exprime selon la formule suivante :

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} \left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2) \right)}$$

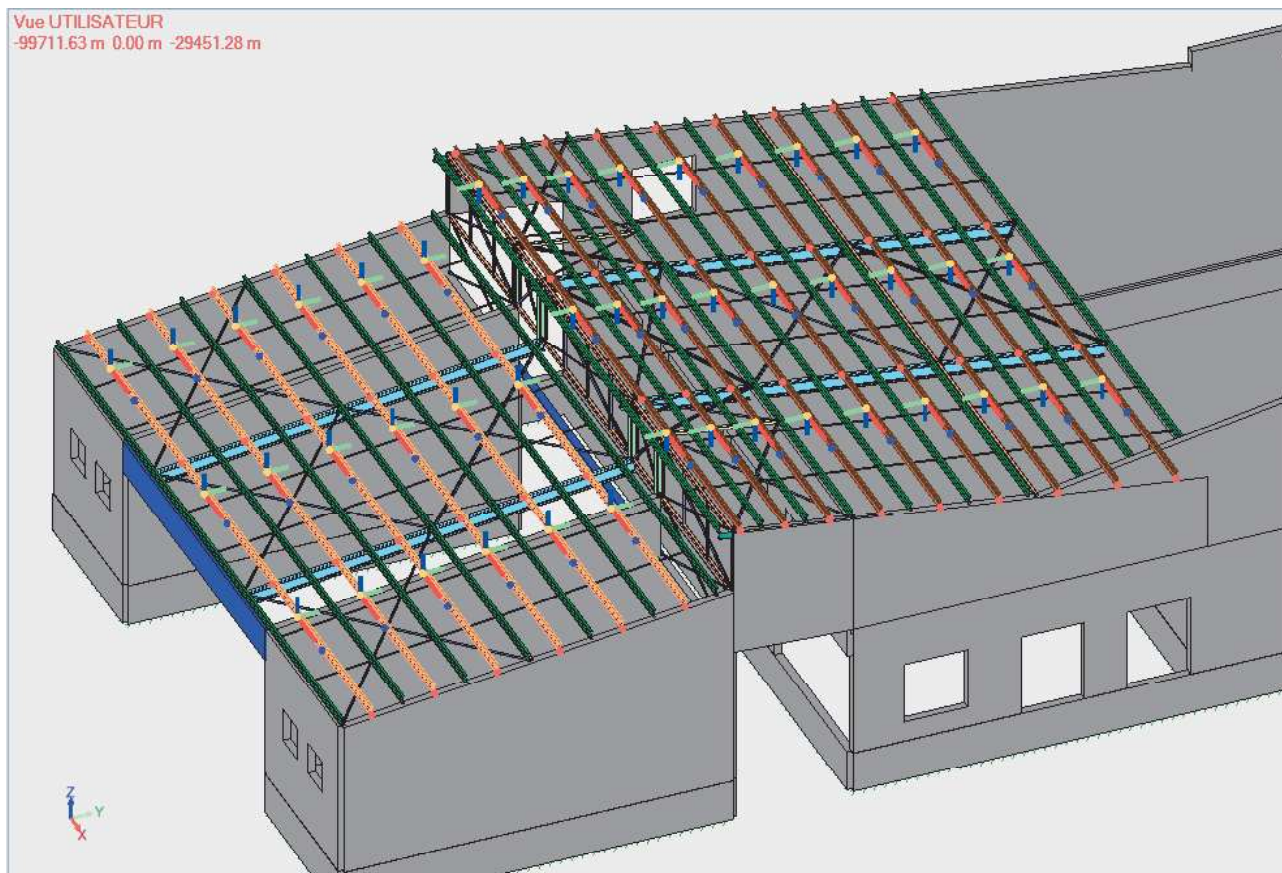
On observe que la contrainte maximale dans les **surfaciques en béton** (10.13 MPa) est inférieure à la limite de compression du béton pris en hypothèse de 25 MPa (dalles) ou de 30 MPa (voiles).

Nous constatons des dépassements des vérifications des pannes, ces dépassements ne sont pas seulement liés à la surcharge causée par les panneaux photovoltaïques mais aussi aux charges de vent. La charpente n'est donc pas conforme aux normes et doit être renforcée.

C.4.3.3 PROPOSITION DE RENFORCEMENT DE LA CHARPENTE 2

Pour rendre la charpente conforme aux normes actuelles, notamment en vue des efforts cycloniques, nous proposons le renforcement suivant :

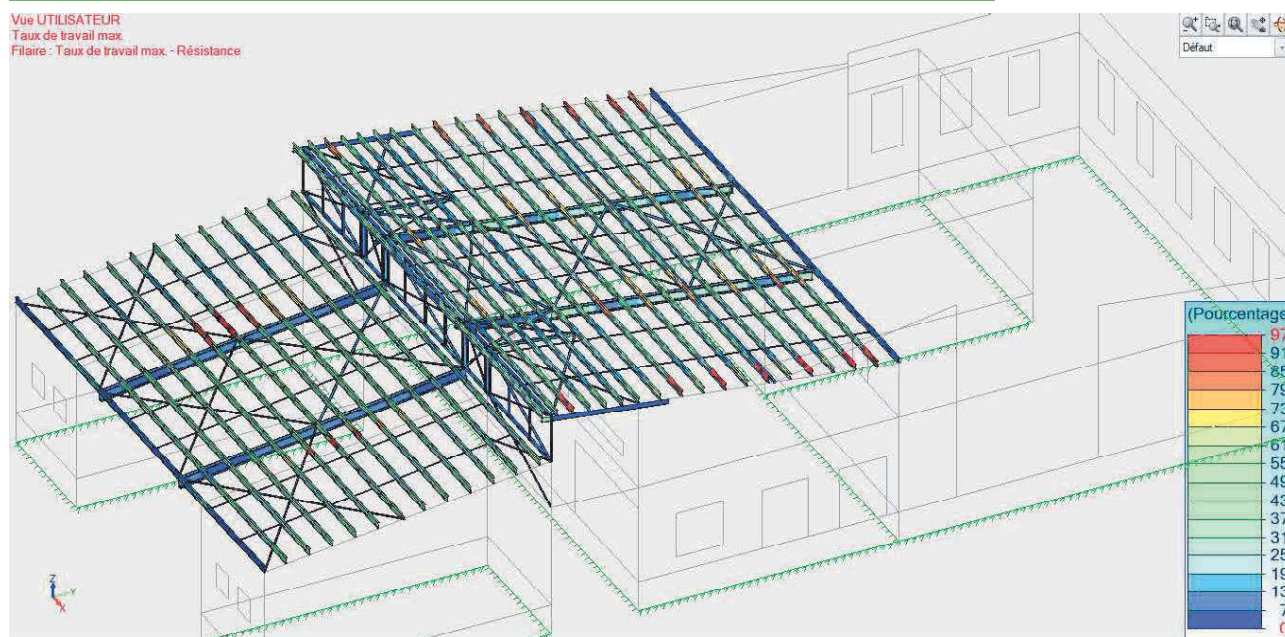
1. Doubler les pannes en ajoutant des pannes type sigma avec une épaisseur de 2.5 mm pour diminuer l'espacement des pannes :



C.4.3.4 MODELISATION DE LA CHARPENTE 2 RENFORCEE

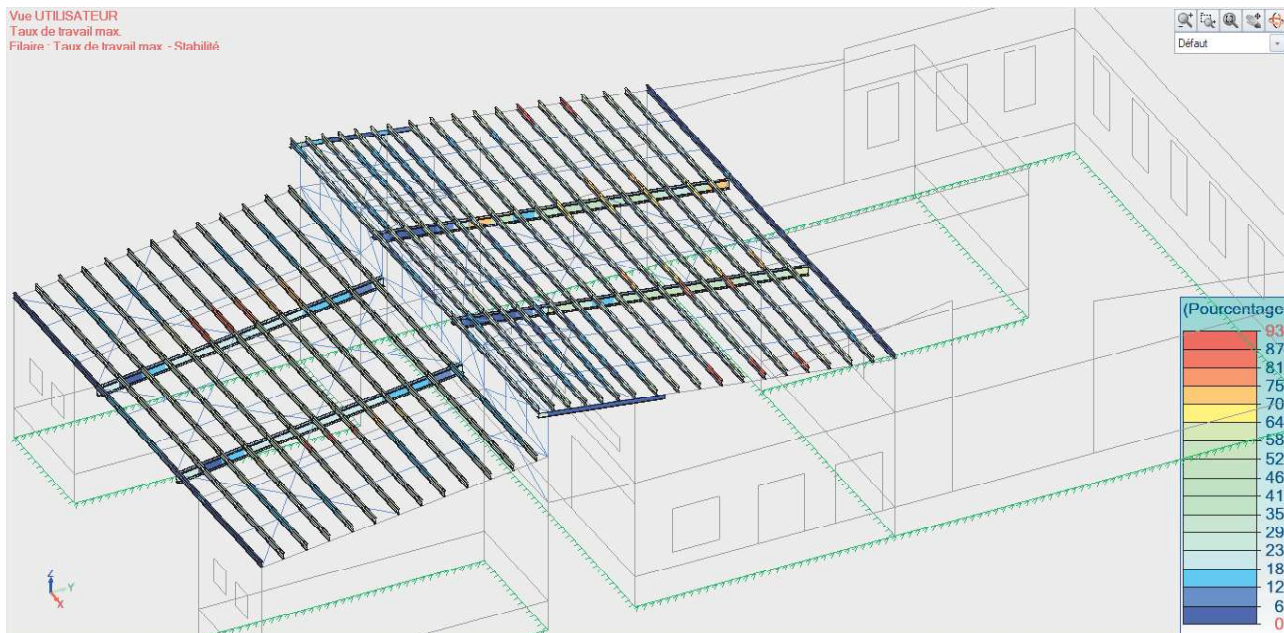
Avec ce renforcement, nous obtenons les résultats suivants :

TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES



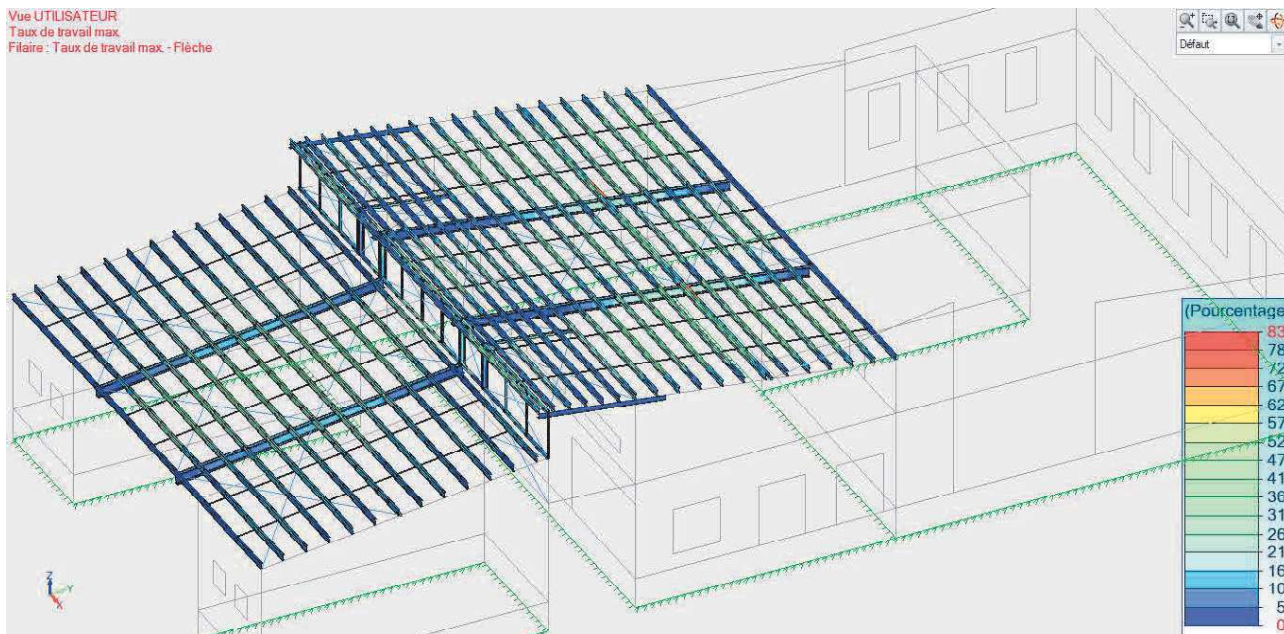
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES

Vue UTILISATEUR
Taux de travail max
Filaire : Taux de travail max - Stabilité

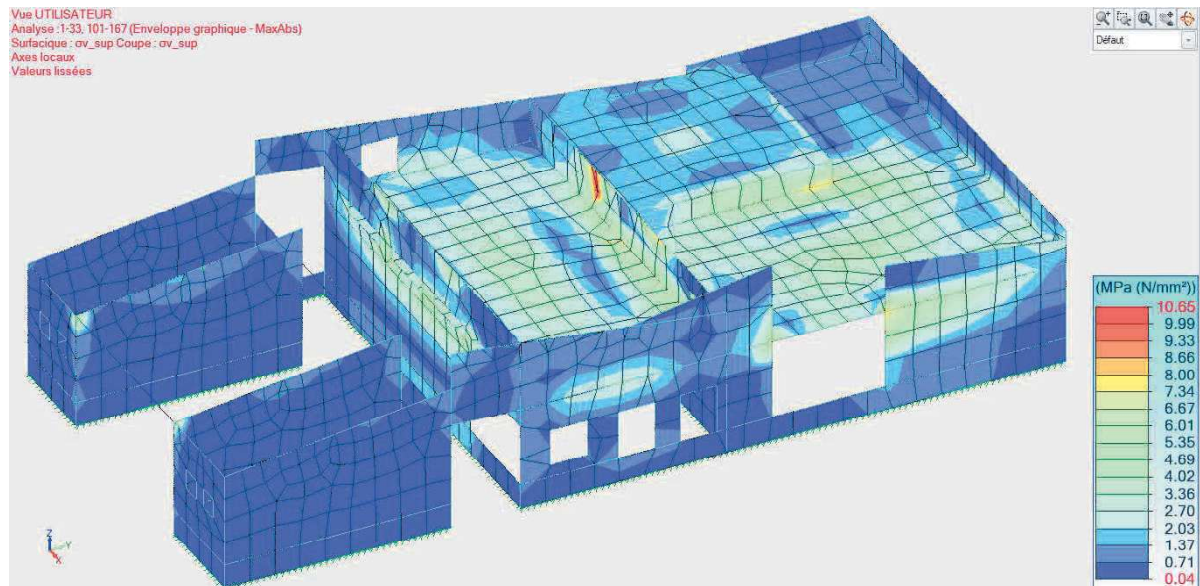


TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES

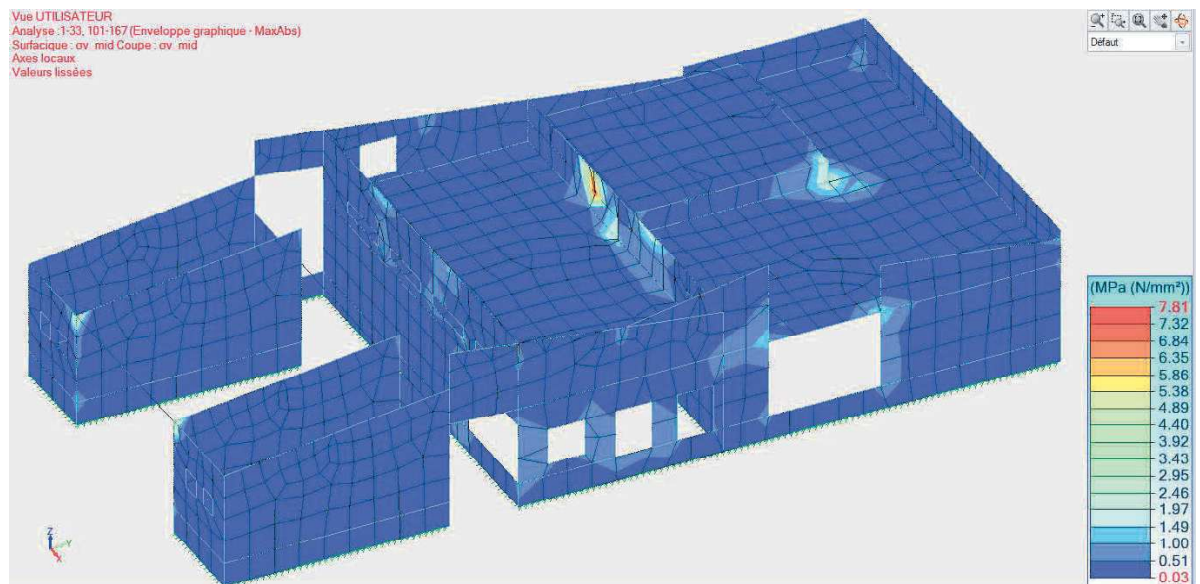
Vue UTILISATEUR
Taux de travail max
Filaire : Taux de travail max - Flèche



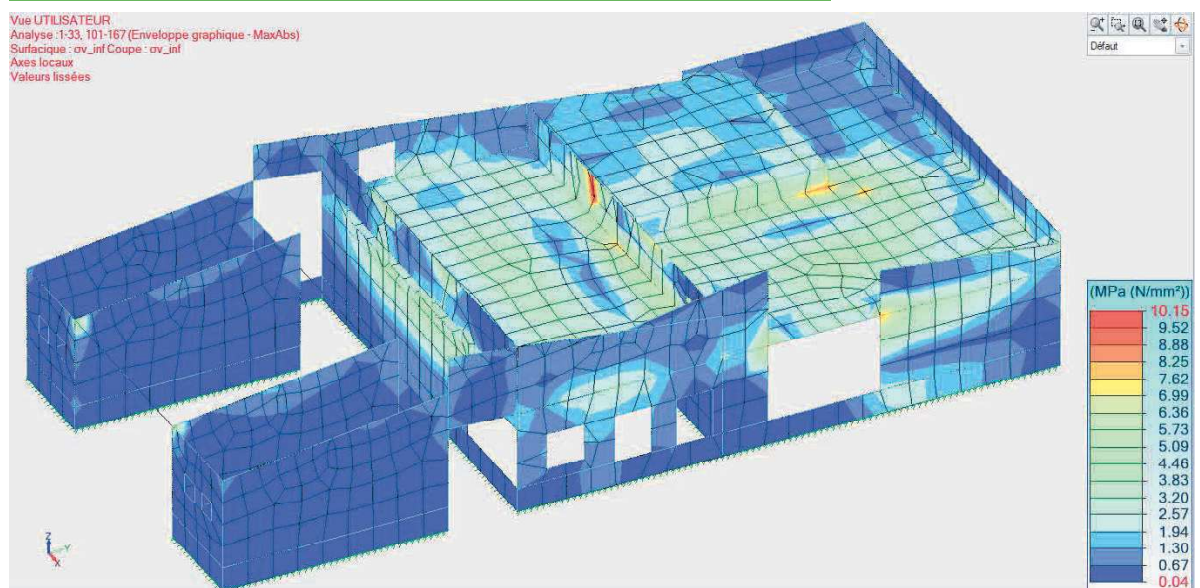
CONTRAINTE DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE INFERIEURE DES SURFACIQUES



C.4.3.5 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 2 RENFORCEE

VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en résistance indique le pourcentage maximal d'exploitation des éléments métalliques pour les vérifications en traction, compression, flexion et cisaillement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 97 %
- Poutres IPE 300 : 44 %

VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en stabilité évalue l'exploitation maximale des éléments pour les vérifications au flambement et au déversement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 93 %
- Poutres IPE 300 : 75 %

VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail des déformations reflète le degré d'utilisation des éléments par rapport à la flèche admissible.

Nous constatons les taux de travail suivants :

- Pannes sigma : 83 %
- Poutres IPE 300 : 23 %

CONTRAINTE DANS LA STRUCTURE :

Vus les diagrammes couleurs de contrainte absolue, selon les contraintes de Von Mises qui s'exprime selon la formule suivante :

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{2} \left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2) \right)}$$

On observe que la contrainte maximale dans les **surfaciques en béton** (10.65 MPa) est toujours inférieure à la limite de compression du béton pris en hypothèse de 25 MPa (dalles) ou de 30 MPa (voiles).

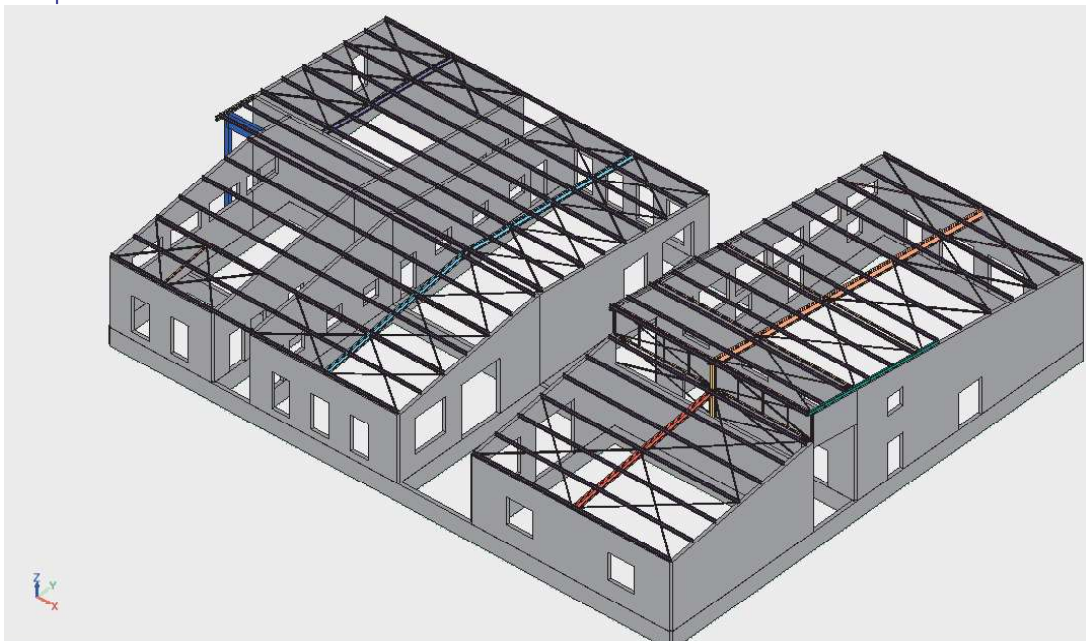
Toutes les vérifications sont maintenant satisfaisantes et la contrainte limite du béton est toujours respectée. Le confortement proposé est donc suffisant.

C.4.4.1 MODELISATION DE LA CHARPENTE 3 ET 4

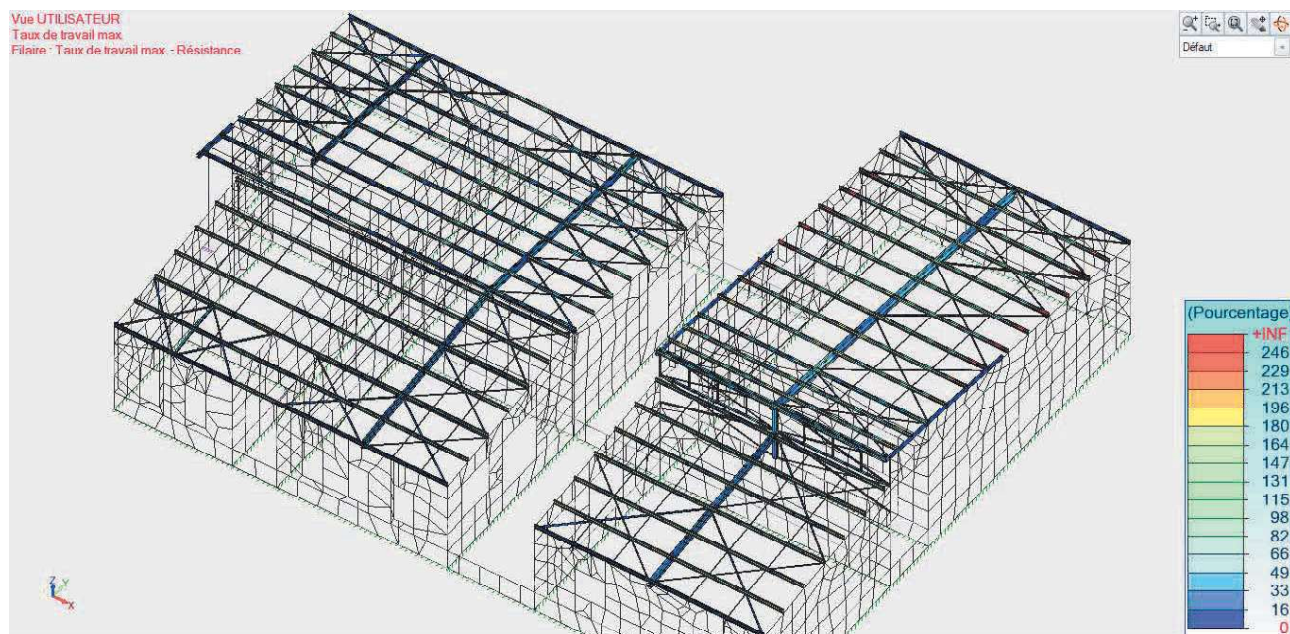
Nous avons constaté des différences entre les plans D.C.E. et les documents techniques du « dossier ouvrage exécuté ». Lors de nos relevés, nous avons pu confirmer l'exécution correspondante au DOE.

Nous retenons quelques aspects qui impactent la structure :

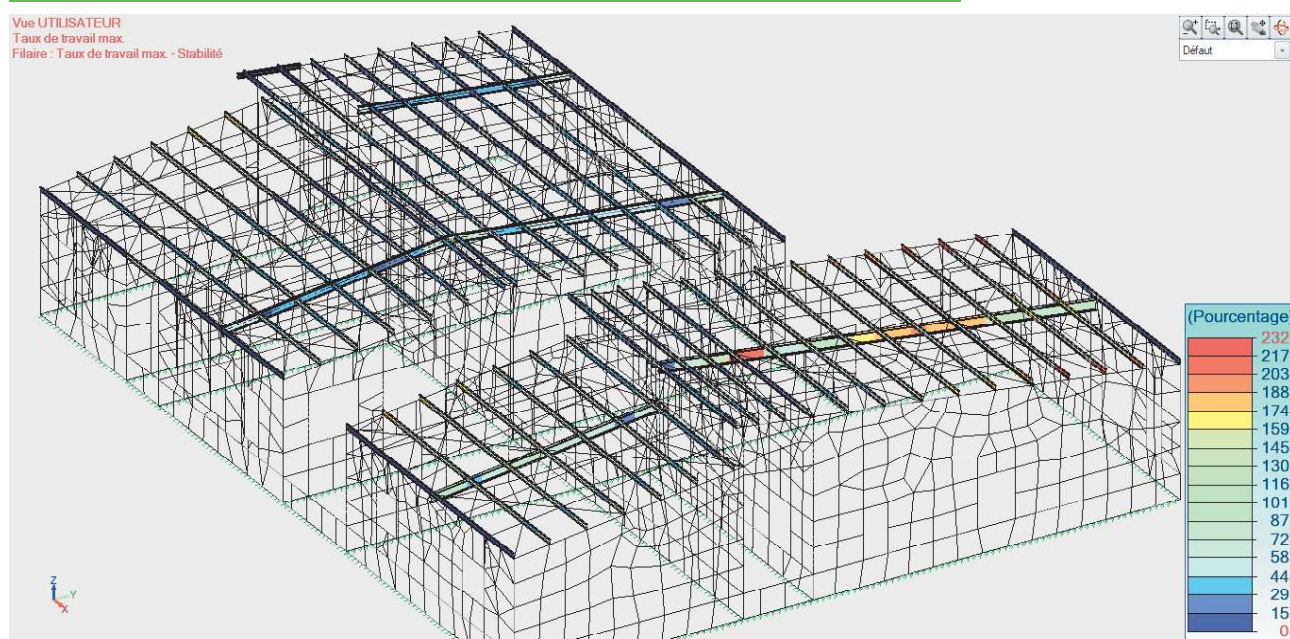
- Dans les plans D.C.E. il y a une deuxième poutre avec une pente de 7.5 % « rampant de charpente » qui renforce l'IPE 400 (voir poutre orange ci-dessous) ;
- Dans les plans D.C.E. des jarrets sont prévus aux extrémités des IPE 300 (voir poutres bleu clair ci-dessous) et aux extrémités du IPE 400 (voir poutre orange ci-dessous) et du IPE 330 (voir poutre rouge ci-dessous).
- Dans les plans D.C.E. il y a une panne en plus sur le versant droit (15 pannes au lieu de 14) et sur le versant gauche (8 pannes au lieu de 7) de la charpente 3. Avec une panne en plus, l'espacement serait de 1.31 m et non de 1.49.
- Dans les plans D.C.E. il y a une panne en plus sur le versant gauche (8 pannes au lieu de 7) de la charpente 4. Avec une panne en plus, l'espacement serait de 1.31 m et non de 1.49.



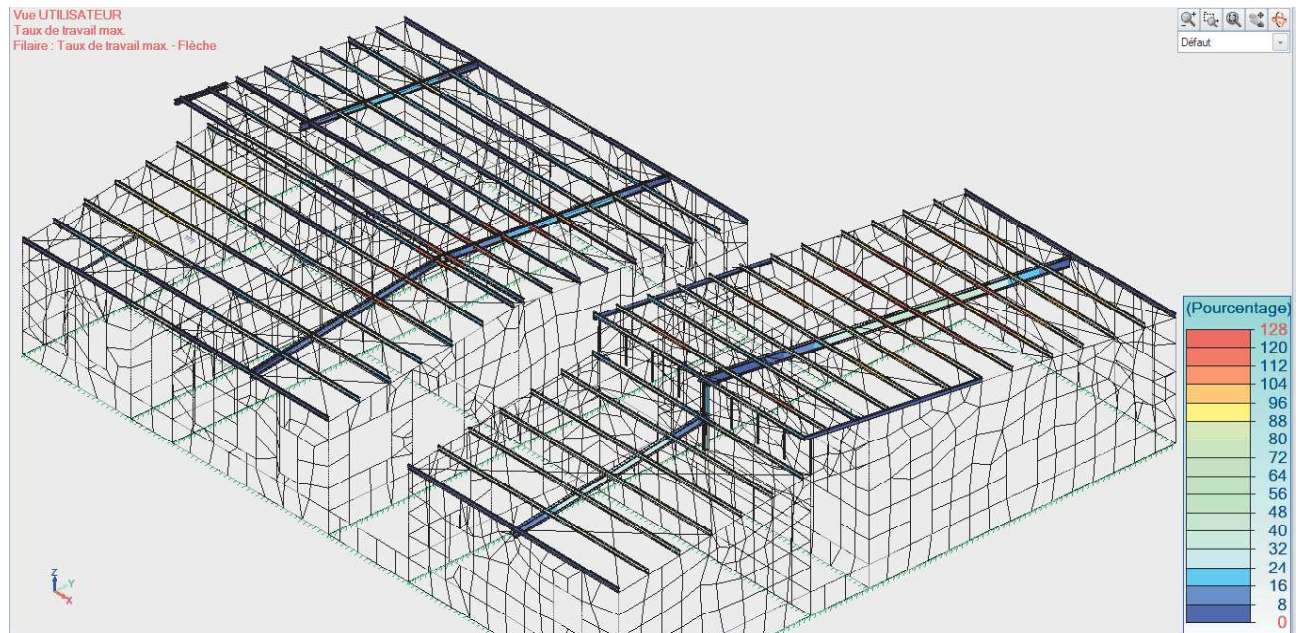
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES



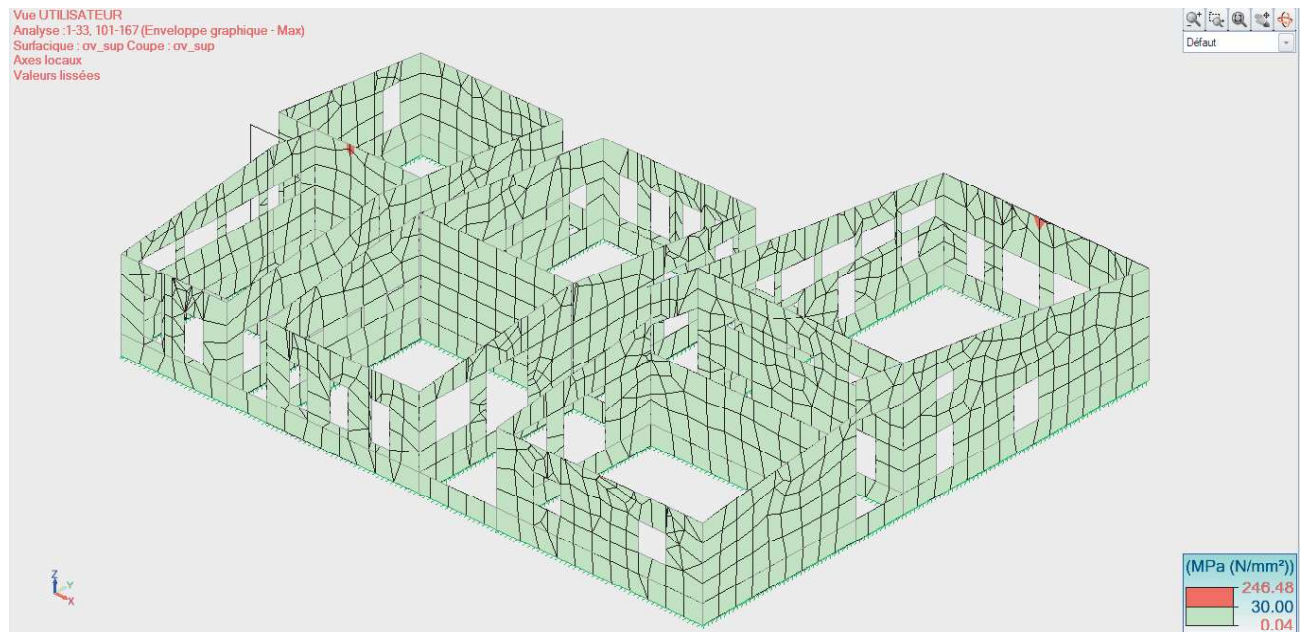
TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES



Taux de travail de la vérification de la flèche limite des profils

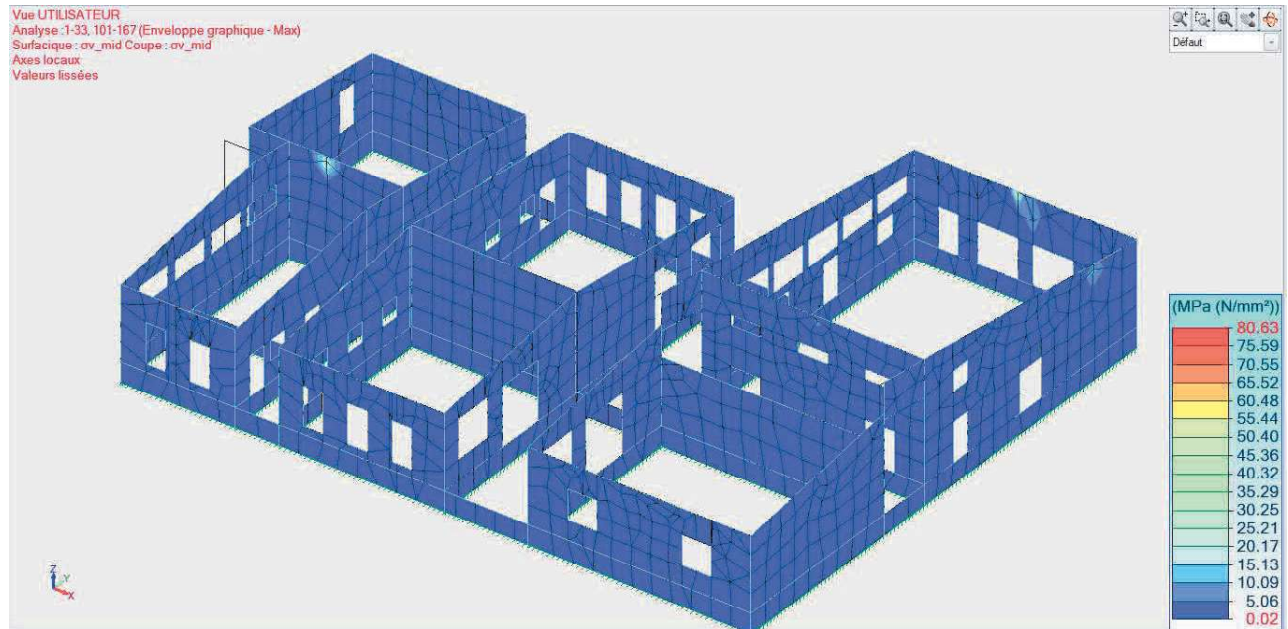


CONTRAINTE DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES

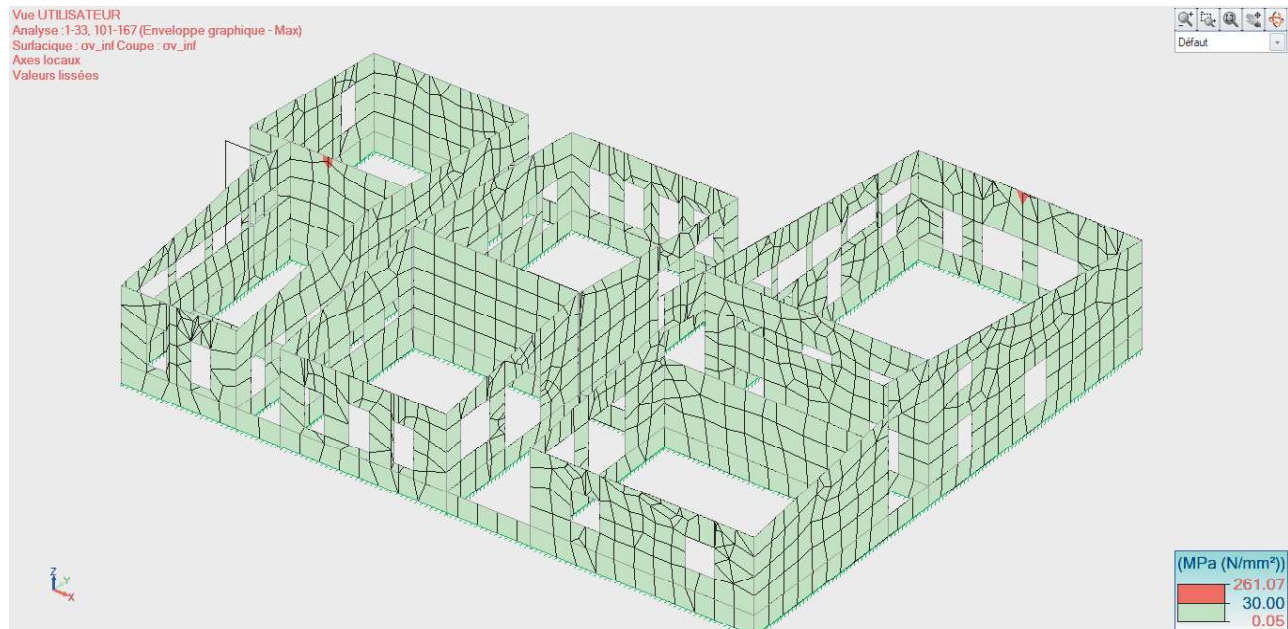


Contrainte très ponctuellement supérieure à 30 MPa peut être négligée.

CONTRAINTE DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE INFÉRIEURE DES SURFACIQUES



Contrainte très ponctuellement supérieure à 30 MPa peut être négligée.

C.4.4.2 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 3 ET 4

Pour vérifier la charpente, un calcul de structure métallique a été réalisé. Nous évaluons la résistance des sections, la stabilité des éléments ainsi que les déformations.

VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en résistance indique le pourcentage maximal d'exploitation des éléments métalliques pour les vérifications en traction, compression, flexion et cisaillement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

Charpente 3	Charpente 4
• Pannes sigma : 286 % • Poutre IPE 400 : 62 % • Poutre IPE 330 : 32 %	• Pannes sigma : 167 % • Poutres IPE 300 : 48 % • Poutre IPE 270 : 32 %

VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en stabilité évalue l'exploitation maximale des éléments pour les vérifications au flambement et au déversement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

Charpente 3	Charpente 4
• Pannes sigma : 232 % • Poutre IPE 400 : 165 % • Poutre IPE 330 : 89 %	• Pannes sigma : 168 % • Poutres IPE 300 : 104 % • Poutre IPE 270 : 66 %

VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail des déformations reflète le degré d'utilisation des éléments par rapport à la flèche admissible.

Nous constatons les taux de travail suivants :

Charpente 3	Charpente 4
• Pannes sigma : 128 % • Poutre IPE 400 : 41 % • Poutre IPE 330 : 31 %	• Pannes sigma : 81 % • Poutres IPE 300 : 28 % • Poutre IPE 270 : 22 %

CONTRAINTES DANS LA STRUCTURE :

Vus les diagrammes couleurs de contrainte absolue, selon les contraintes de Von Mises qui s'exprime selon la formule suivante :

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{2} \left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2) \right)}$$

On observe que la contrainte maximale dans les **surfaciques en béton** (261.07 MPa) est très ponctuellement supérieure à la limite de compression du béton pris en hypothèse de 30 MPa. Ces dépassements peuvent être considérés comme singularités et être négligés.

Nous constatons des dépassements des vérifications, ces dépassements ne sont pas seulement liés à la surcharge causée par les panneaux photovoltaïques mais aussi aux charges de vent. La charpente n'est donc pas conforme aux normes et doit être renforcée.

Comme décrit dans le chapitre C.4.4.1, nous constatons des différences entre les plans D.C.E. et le DOE qui impactent la structure :

- Dans les plans D.C.E. il y a une deuxième poutre avec une pente de 7.5 % « rampant de charpente » qui renforce l'IPE 400.
- Dans les plans D.C.E. des jarrets sont prévus aux extrémités des IPE 300 et aux extrémités du IPE 400 et du IPE 330.
- Dans les plans D.C.E. il y a une panne en plus sur le versant droit (15 pannes au lieu de 14) et sur le versant gauche (8 pannes au lieu de 7) de la charpente 3. Avec une panne en plus, l'espacement serait de 1.31 m et non de 1.49.
- Dans les plans D.C.E. il y a une panne en plus sur le versant gauche (8 pannes au lieu de 7) de la charpente 4. Avec une panne en plus, l'espacement serait de 1.31 m et non de 1.49.

Ces changements influencent la stabilité des éléments et expliquent les dépassements importants des vérifications.

Un renforcement des deux charpentes est nécessaire.

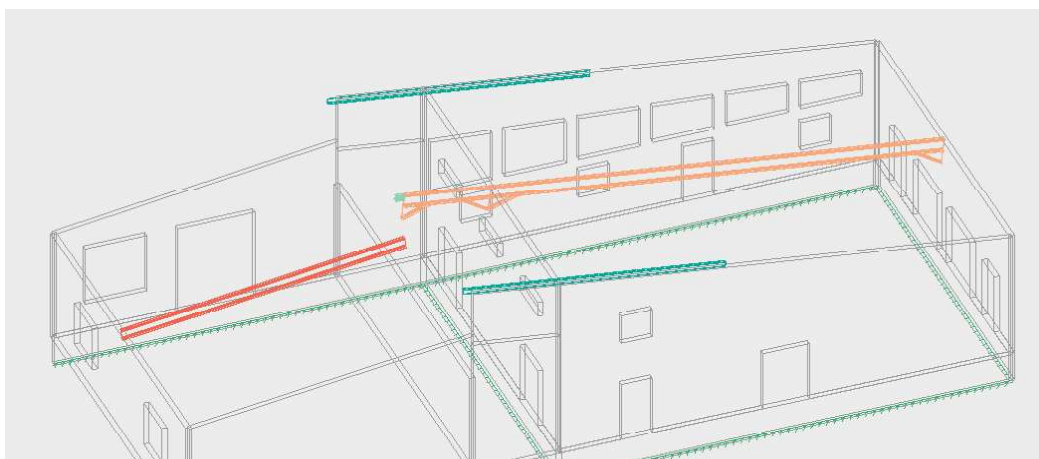
C.4.4.3 PROPOSITION DE RENFORCEMENT DE LA CHARPENTE 3 ET 4

Pour rendre la charpente conforme aux normes actuelles, notamment en vue des efforts cycloniques, nous proposons les renforcements suivants :

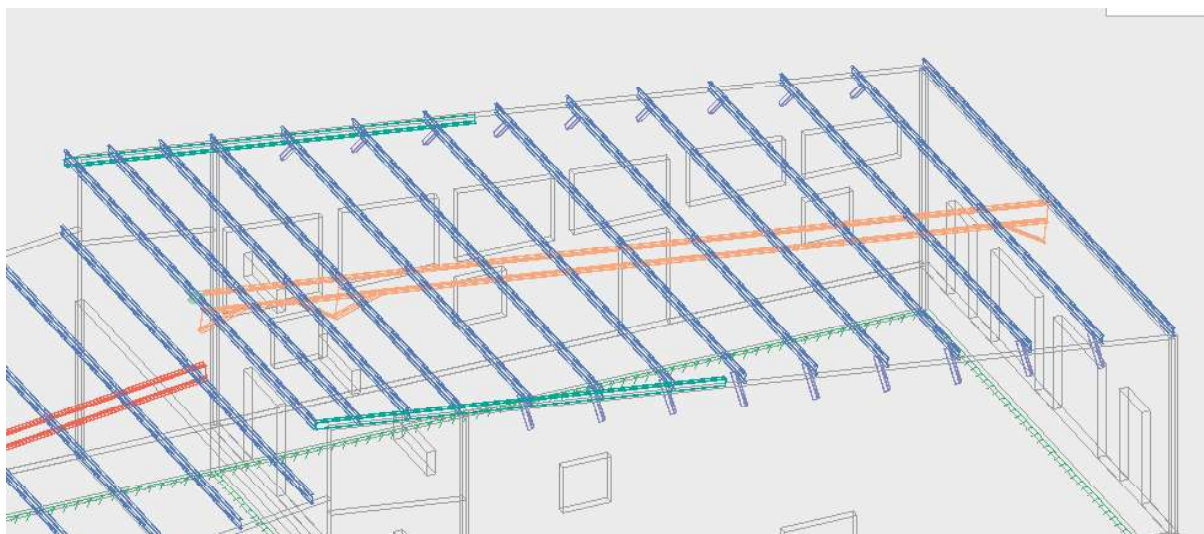
1. Doubler les pannes pour diminuer leur espacement :



2. Renforcer la poutre IPE 400 en ajoutant des jarrets (charpente 3) :



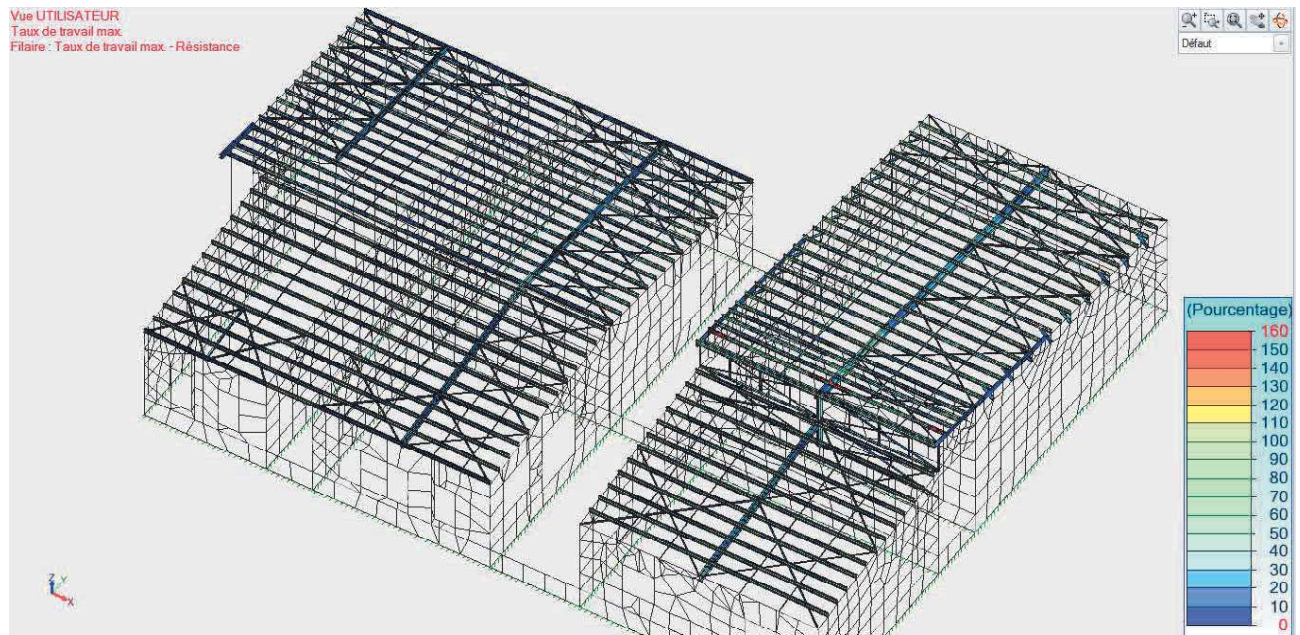
3. Ajout de jambe de force en L100x8 ou équivalent (**en violet**) pour renforcer quelques pannes (charpente 3) :



C.4.4.4 MODELISATION DE LA CHARPENTE 3 ET 4 RENFORCEE

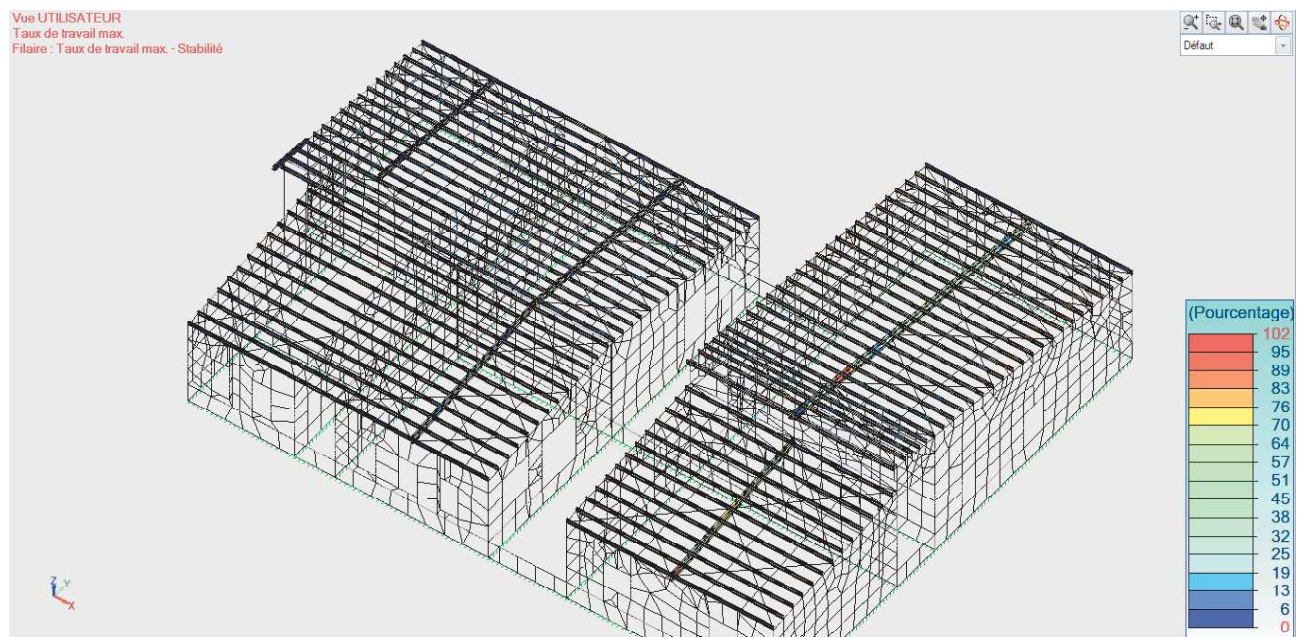
Avec ces renforcements, nous obtenons les résultats suivants :

TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES



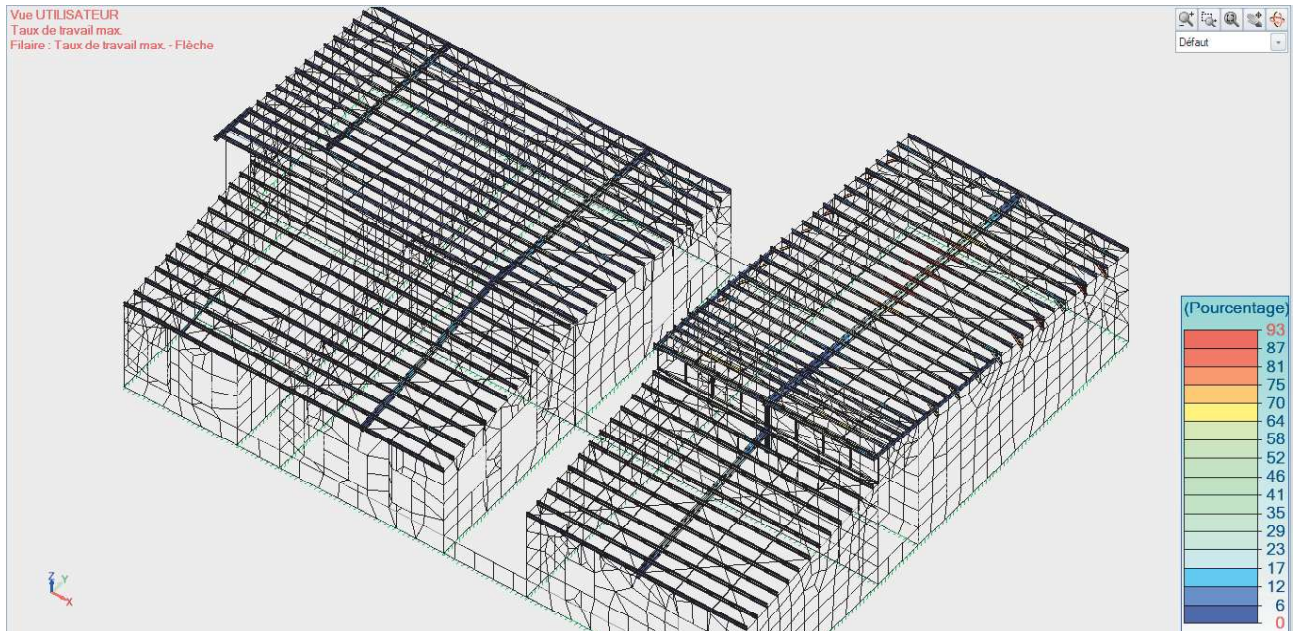
Dépassement très ponctuel de 60% sur 5 pannes peut être négligé.

TAUX DE TRAVAIL DES VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES



Dépassement très ponctuel de 2% sur 1 seule panne peut être négligé.

TAUX DE TRAVAIL DE LA VERIFICATION DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES

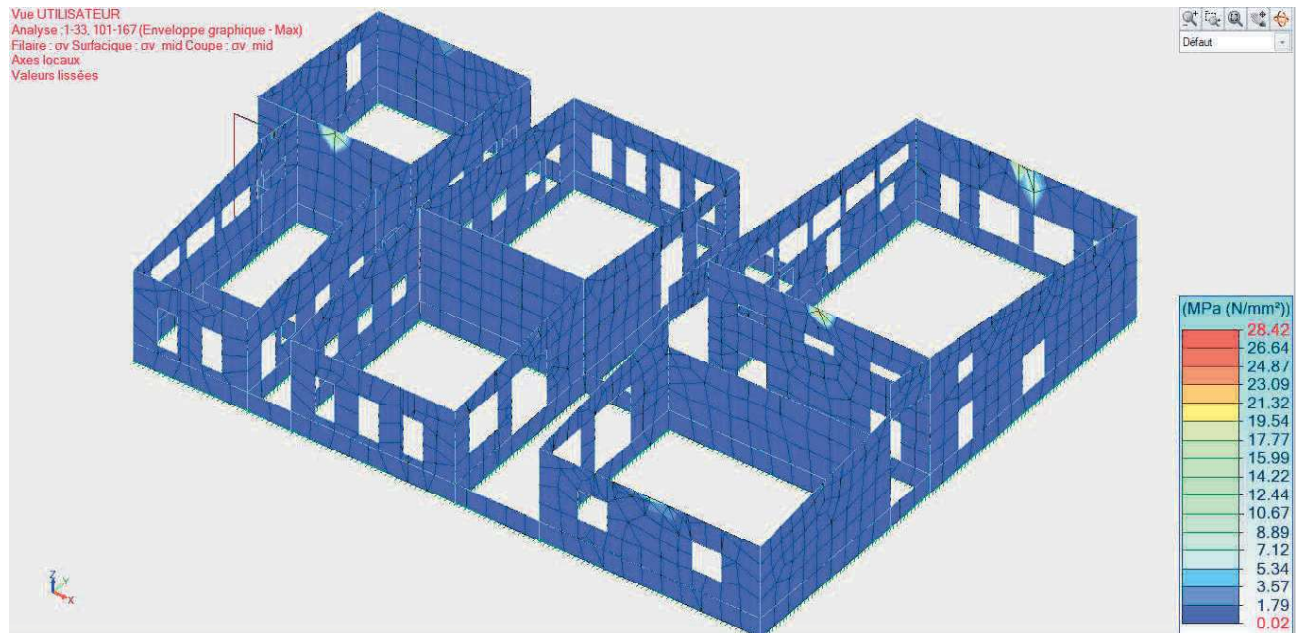


CONTRAINTE DANS LA FIBRE SUPERIEURE DES SURFACIQUES

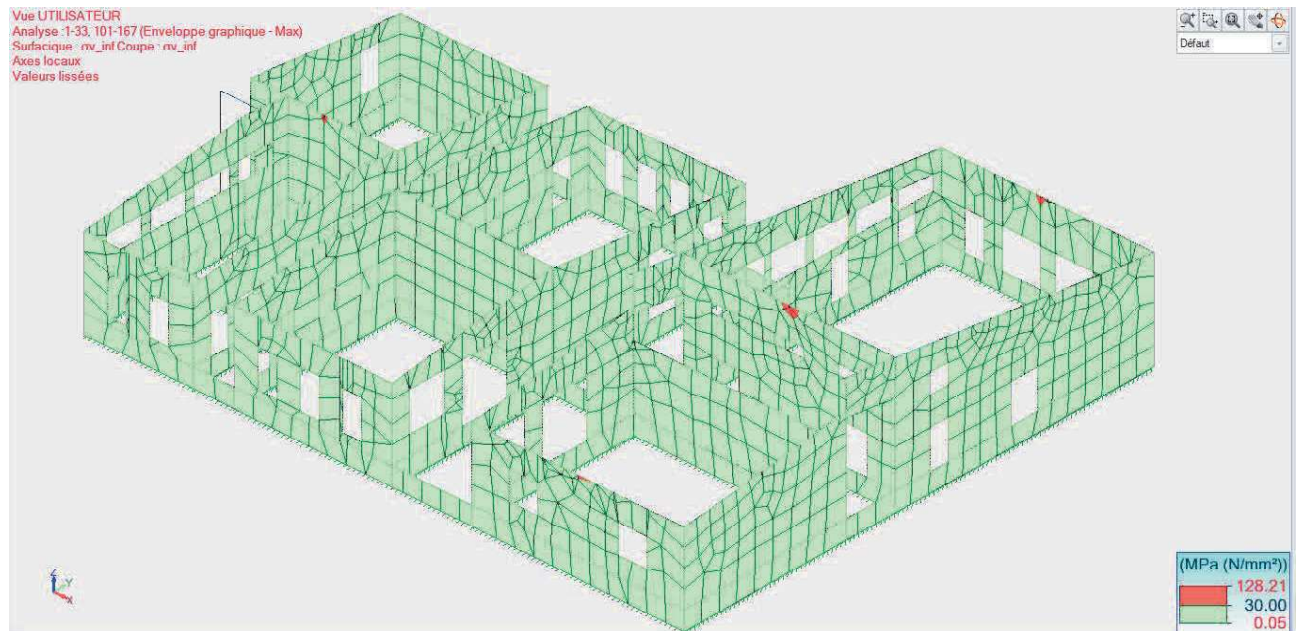


Contrainte très ponctuellement supérieure à 30 MPa peut être négligée.

CONTRAINTE DANS LA FIBRE NEUTRE DES SURFACIQUES



CONTRAINTE DANS LA FIBRE INFÉRIEURE DES SURFACIQUES



Contrainte très ponctuellement supérieure à 30 MPa peut être négligée.

C.4.4.5 RESULTATS DE CALCUL DE LA CHARPENTE 3 ET 4 RENFORCEE

VERIFICATIONS DE LA RESISTANCE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en résistance indique le pourcentage maximal d'exploitation des éléments métalliques pour les vérifications en traction, compression, flexion et cisaillement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

Charpente 3	Charpente 4
- Pannes sigma : 97 % (dépassement très ponctuel de 60% sur 5 pannes peut être négligé) - Poutre IPE 400 : 44 % - Poutre IPE 330 : 32 %	- Pannes sigma : 81 % - Poutres IPE 300 : 40 % - Poutre IPE 270 : 27 %

VERIFICATIONS DE LA STABILITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail en stabilité évalue l'exploitation maximale des éléments pour les vérifications au flambement et au déversement.

Nous constatons les taux de travail suivants :

Charpente 3	Charpente 4
- Pannes sigma : 99% (dépassement très ponctuel de 2% sur 1 panne peut être négligé) - Poutre IPE 400 : 92 % - Poutre IPE 330 : 84 %	- Pannes sigma : 82 % - Poutres IPE 300 : 94 % - Poutre IPE 270 : 65 %

VERIFICATIONS DE LA FLECHE LIMITE DES PROFILES METALLIQUES :

Le taux de travail des déformations reflète le degré d'utilisation des éléments par rapport à la flèche admissible.

Nous constatons les taux de travail suivants :

Charpente 3	Charpente 4
- Pannes sigma : 93 % - Poutre IPE 400 : 42 % - Poutre IPE 330 : 30 %	- Pannes sigma : 56 % - Poutres IPE 300 : 52 % - Poutre IPE 270 : 22 %

CONTRAINTE DANS LA STRUCTURE :

Vus les diagrammes couleurs de contrainte absolue, selon les contraintes de Von Mises qui s'exprime selon la formule suivante :

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{2} \left((s_{xx} - s_{yy})^2 + (s_{yy} - s_{zz})^2 + (s_{xx} - s_{zz})^2 + 6(s_{xy}^2 + s_{xz}^2 + s_{yz}^2) \right)}$$

On observe que la contrainte maximale dans les **surfaciques en béton** (128.21 MPa) est très ponctuellement supérieure à la limite de compression du béton pris en hypothèse de 30 MPa. Ces dépassements peuvent être considérés comme singularités et être négligés.

Toutes les vérifications sont maintenant satisfaisantes et la contrainte limite du béton est toujours respectée. Le confortement proposé est donc suffisant.

C.5 – ETAT DES LIEUX DE LA COUVERTURE

C.5.1 – REPORTAGE PHOTO



Couverture en bac acier nervuré en bon état.



Couverture en bac acier nervuré en bon état.



Couverture en bac acier nervuré en bon état.



Couverture avec quelques points de réparation. On voit que la couverture peut facilement être nettoyée au kärcher.



Points de rouille dans les gouttières. On voit que la rouille part facilement en grattant. Le nettoyage et un traitement sont conseillés.



Quelques points d'infiltration ont été observés, une vérification de l'étanchéité et des réparations ponctuelles de la tôle sont conseillées.

C.6 – ANALYSE DES DONNEES

C.6.1 – STRUCTURE / CHARPENTE

Les investigations réalisées par nos soins, nous permettent de statuer de la manière suivante.

C.6.1.1 - CONSTAT

- Une charpente métallique qui repose sur une construction en béton armé.
- Des voiles d'épaisseur de 18 cm avec deux lits d'armatures.

C.6.1.2 – DESORDRES

- La charpente métallique n'est pas conforme aux normes actuelles.
- Les vérifications des pannes et des poutres ne sont pas satisfaisantes.

C.6.1.3 – TRAVAUX A PREVOIR

- Confortement de la charpente pour la rendre conforme aux normes.

C.6.2 – COUVERTURE

Les investigations réalisées par nos soins, nous permettent de statuer de la manière suivante.

C.6.2.1 - CONSTAT

- Une couverte en bacs acier nervurés sur la majorité de la surface de la toiture.
- Une partie en toiture terrasse.
- La garantie décennale de la charpente, prévue pour 10 ans, est dépassée.

C.6.2.2 - DESORDRES

- Quelques points de rouille.
- Quelques points d'infiltration d'eau.

C.6.2.3 – TRAVAUX A PREVOIR A TRES COURT TERME

- Nettoyage au kärcher de toute la couverture en bac acier.
- Vérification de l'étanchéité de la couverture au niveau des infiltrations d'eau visibles à l'intérieur du bâtiment.
- Traitement de la couverture en bac acier et des gouttières contre la corrosion.
- Peinture de la couverture en bac acier.

C.6.2.4 – TRAVAUX A PREVOIR A MOYEN ET LONG TERME

- La toiture en tôle disposait d'une garantie décennale de 10 ans qui est maintenant dépassée.
- La pose de panneaux photovoltaïques ne permettra que très difficilement de faire des interventions sur la toiture en tôles.
- Pour éviter des interventions importantes en entretien susceptibles d'être nécessaires à moyen terme et pour permettre d'harmoniser la garantie décennale de la toiture et celle des panneaux photovoltaïques, il est recommandé de procéder au changement de la couverture en tôle.

D – ANNEXES

D.1 – 1.A PLAN DE LA CHARPENTE EXISTANTE

D.2 – 2.A REPERAGE DES FERROSCANS EFFECTUES

**D.3 – 3.A PLAN DE CONFORTEMENT DE LA
CHARPENTE**