

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



- جامعة سعد دحلب – البليدة 1
Université Saad Dahleb Blida 1

كلية التكنولوجيا
Faculté De Technologie
قسم الهندسة المدنية
Département de Génie Civil
مذكرة نهاية التخرج

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme master en Génie Civil

Option : Construction métallique et mixtes

THÈME

ETUDE D'UN BATIMENT EN CHARPENTE METALLIQUE
(R+12+SOUS-SOL) A USAGE MULTIPLE

Etudié et réaliser par

Kouider Mahmoud hanane
Tchantchane aymen

Devant le jury composé de :

Mme. Badis	U. Saad Dahleb-Blida	Présidente
Mr. RAHMANI.K	U. Saad Dahleb-Blida	Examineur
Mr. ZAHAF. A	U. Saad Dahleb-Blida	Promoteur

Blida, Juin 2025.

Résumé

L'ouvrage faisant l'objet de notre étude est un bâtiment multifonctionnel en charpente métallique situé dans la wilaya de Tipaza qui est classée comme zone de forte sismicité (zone VI) selon les (RPA2024), L'ouvrage en question a une forme irrégulière, il se compose de RDC et de 12 étage avec sous-sol ayant une hauteur totale de 39,26 m et une largeur de 33,44 m et longueur de 55,05 m.

la conception a été faite selon les règlements de construction en vigueur (RPA 2024 , CCM97 , EUROCODE), L'étude dynamique a été faite par le logiciel Robot Structural Analysis Professional 2026

Abstract

The structure that is the subject of our study is a multifunctional building with a metal frame located in Tipaza which is classified as a zone of strong seismicity (zone VI) according to (RPA 2024). The structure in question has an irregular shape, it consists of ground floor + 12 floors having a total height of 39,26 m and a transverse width of 33,44 m and longitudinal of 55,05 m.

The strength of the building is ensured by reinforced concrete central core.

The design was made according to the current building regulations (RPA 2024, CCM97 and EUROCODE), the dynamic study was done by the software Robot Structural Analysis Professional 2026

ملخص

الهيكل موضوع دراستنا عبارة عن مبنى ذو إطار معدني متعدد الوظائف يقع في ولاية تيبازة والمصنف كمنطقة زلزالية عالية (المنطقة السادسة) حسب (RPA2024).

تم التصميم طبقاً لأنظمة البناء المعمول بها (RPA 2024 ، CCM97 ، EUROCODE)، وتم إجراء الدراسة الديناميكية بواسطة برنامج Robot Structural Analysis Professional 2026

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu, Le Tout-Puissant, de nous avoir donné la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à toutes les personnes qui nous ont soutenues et accompagnées tout au long de la réalisation de ce mémoire.

*Nous adressons nos sincères remerciements à **Mr.A. Zahaf**, notre encadreur, pour sa disponibilité, ses conseils avisés, sa patience et son accompagnement constant. Son soutien inestimable a été essentiel à l'aboutissement de ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des **enseignants du département de génie civil** pour la qualité de leur enseignement, leur dévouement et leur contribution à notre formation tout au long de notre parcours universitaire.*

Enfin, nous remercions chaleureusement les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour l'attention qu'ils y ont portée.

Dédicace

Je me dédie ce travail à moi-même, Ce projet est le fruit de mon engagement, de ma patience et de ma volonté d'avancer malgré les difficultés.

À mon père Moulode

Merci pour ta patience, ton écoute, tes conseils et ton amour infini, toujours offert sans attendre en retour. Ce travail, je te le dédie avec tout mon amour et ma reconnaissance. Si je réalise ce rêve aujourd'hui, c'est en grande partie grâce à toi.

À ma mère Fatiha

Merci pour ton amour inconditionnel, ta douceur, tes prières silencieuses et ta force discrète. Ce travail, je te le dédie du fond du cœur, car sans ton soutien et ta foi en moi, je ne serais pas arrivée jusque-là.

À mon frère Ali

Pour sa présence constante et ses encouragements sincères. Merci d'être ce pilier solide sur lequel je peux toujours compter.

À mes adorables sœurs Dallel, Ilaf et Belkis

Pour leur affection, leur joie de vivre et leurs mots d'encouragement qui illuminent mes journées. Votre soutien a été précieux tout au long de ce parcours.

À mes petits frères Djouri et Mousaab

Ce projet, je vous le dédie aussi, avec l'espoir qu'un jour vous suivrez vos rêves avec la même passion et la même détermination, Vous êtes mon inspiration, mon espoir, et l'avenir que j'imagine avec fierté.

À mon binôme Aymen

Je te remercie pour ton sérieux, ta patience et ton engagement tout au long de ce projet. Ton esprit d'équipe et ton soutien constant ont rendu cette expérience plus enrichissante et plus humaine. Ce travail n'aurait pas été le même sans toi.

À la meilleure copine du monde

Ton soutien inébranlable et ta présence dans les moments les plus difficiles ont fait de toi bien plus qu'une amie. Tu es ce genre de personne rare qu'on garde précieusement dans sa vie : un repère, une source de tendresse, de fidélité et d'amour sincère. Je t'aime profondément, et je suis infiniment reconnaissante de t'avoir à mes côtés.

À mes amies, Fifi, Khadidja, Fatima Merci pour votre présence, os sourires et vos mots doux ont illuminé mon parcours.

Dédicace

À mon père Ali

Merci pour ta sagesse, ton soutien constant et ta patience. Tu as toujours été là pour moi, discrètement mais solidement. Ce travail, je te le dois en grande partie.

À ma mère Nadia

Ton amour, ta tendresse et tes prières m'ont accompagné à chaque étape de ce long chemin. Tu as su apaiser mes inquiétudes sans même parler, et me redonner confiance d'un simple regard. Merci pour ta force silencieuse, et ta présence rassurante dans les moments les plus durs.. Si j'ai avancé, c'est parce que je t'ai toujours sentie derrière moi.

À toute la famille Tchantchane

Merci pour votre présence, votre bienveillance et votre appui tout au long de mon parcours. Votre amour familial a été une véritable source d'énergie.

À ma binome Mirine

Ma binôme et partenaire de travail, merci pour ta collaboration sérieuse, ton implication et ton esprit d'équipe. Ce projet n'aurait pas été le même sans toi.

À Lhadj Kouider Mahmoud

Merci pour votre soutien précieux tout au long de ce parcours. Votre présence, vos encouragements et votre bienveillance ont accompagné Mirine et, à travers elle, a soutenu ce travail. Recevez toute ma gratitude et mon profond respect pour votre rôle dans cette réussite.

SOMMAIRE

Résumé.....	
Abstract	
ملخص	
Remerciement.....	
Dédicace	
Dédicace	
SOMMAIR.....	
Liste Des Figures.....	
Liste Des Tableaux.....	
Liste des notations	
Introduction générale	1

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

I.2. Présentation de l'ouvrage :	3
I.3. Caractéristiques géométriques du projet :	3
I.4. Dossier graphique :	7
I.5. Conception architecturale :	9
I.6. Conception structurelle :	9
I.6.1. Les planchers :	9
I.6.2 Les poteaux :	10
I.6.3 Les poutres :	11
I.6.4 Les contreventements :	11
I.6.5 Les fondations :	11
I.6.6. Les escaliers :	11
I.7. Caractéristiques mécaniques des matériaux :	12
I.7.1. Acier :	12
I.7.2. Béton :	13
I.8 Règlements utilisés	14
I.9 Concluions.....	14

CHAPITRE II

PRE-DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS principaux

• Pré dimensionnement des éléments De résistances	16
II.1 Introduction	16
II.2 Pré dimensionnement des planchers collaborant	16
II.2.1 Largeur de la dalle collaborant	17
II.2.2 Evaluation des charges et surcharges	18
II.3 Dimensionnement et vérification des solives	19

II.4 Plancher terrasse	20
II.5 Pré dimensionnement des poutres secondaires.....	30
II.5.1 Plancher terrasse	30
II.5.2 Pré dimensionnement des poutres principale	40
II.5.3 Pré- dimensionnement des poteaux	50
II.5.3.1 Principe de calcul	50
II.5.3.2 Étapes de pré dimensionnement	50
II.5.3.3 La Descente des charges	52
❖ Méthode de calcul.....	55
Conclusion	56

CHAPITRE III

PRE-DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS SECONDAIRE

III.1 L'acrotère	58
III.1.1 Introduction	58
III.1.2 Calcul des charges sollicitant l'acrotère	58
III.1.3 Principe de calcul	59
III.1.4 Evaluation des charges	59
III.1.5 Calcul de la force sismique.....	60
III.1.6 Calcul des efforts	61
III.1.7 Ferrailage de la section de l'acrotère	61
III.1.8 Calcul du moment fictif	62
III.1.9 Condition de non fragilité	62
III.1.10. Vérifications.....	63
III.2 Escalier métallique.....	66
III.2.1. Introduction.....	66
III.2.2. Définitions	66
III.2.3. Pré-dimensionnement des marches	66
III.2.4. Choix des dimensions.....	67
III.2.5. Caractéristique géométrique de la cage d'escalier :	67
III.2.6. Vérification de la formule de BLONDEL	67
III.2.7. Dimensionnement des éléments porteurs.....	67
III.2.8. Détermination de la section cornière.....	68
III.2.8.1. Evaluation des charges	68
III.2.8.2. Les charges permanentes	68
III.2.8.3. Charge d'exploitation	68
III.2.9. Pré dimensionnement des supports de marches	68
III.2.10. Les combinaisons de charges	69
III.2.11. Vérification à la flèche :.....	69
III.2.12. Vérification de l'effort tranchant :	69
III.2.13. Vérification du moment fléchissant :.....	70
III.2.14. Dimensionnement de limon	70
Conclusion	74

Chapitre IV : ETUDE CLIMATIQUE

➤	Effet de neige.....	74
IV.1.	Introduction	74
IV.1.2	Calcul des charges de neige	74
IV.1.3	Charge de neige sur le sol.....	74
IV.1.4	Coefficient de forme de la toiture	74
➤	Effet du vent	75
IV.2.	Introduction.....	75
IV.2.1.	Action du vent.....	75
IV.2.2.	Coefficients de calcul	76
IV.2.2.1.	Effet de la région.....	76
IV.2.2.2.	Catégorie de terrain :(cf. RNV2013 chapitre 2 § 2.4.3).	76
IV.2.2.3.	Coefficient de rugosité	77
IV.2.3.	Calcul de l'action du vent	77
IV.2.3.1.	Paramètre de calcul	77
IV.2.3.1.1.	Direction du vent V1	77
IV.2.3.2.	Direction du vent V2 :	85
IV.2.3.	La force de frottement.....	94
IV.	Conclusion.....	95

CHAPITRE V ETUDE DYNAMIQUE

V.1	Introduction.....	97
V.2	Objectif de l'étude sismique	97
V.3	Critère de classification par le RPA 2024	98
V.3.1	Choix de la méthode de calcul	98
V.3.1.1	La méthode statique équivalente	98
V.3.1.2	Méthodes dynamiques	98
V.3.1.3	Méthode d'analyse modale spectrale	99
V.3.2	Calcul de la force sismique totale	102
V.3.3.	Calcul de la force sismique totale	102
V.3.3.	Résultat de l'analyse dynamique	103
Conclusion		116

CHAPITRE VI EXPLOITATION DES RESULTATS

VI.	INTRODUCTION.....	118
VI.1-	Poteaux.....	118
VI.2-	Poutres principales	120
Conclusion	:	124

CHAPITRE VII

CHAPITRE VII

VERIFICATION DE LOSSATURE

VII.1 Introduction :	126
VII.2 Vérification des poteaux :	126
VII.2.1 Hypothèse de calculs	127
VII.3 Vérification des poutres principale	131
VII.4 Vérification des poutre secondaire	132
VII.5 Vérification des contreventements	133
Conclusion	134

CHAPITRE VIII

CALCUL ET VERIFICATION DES ASSEMBLAGES

VIII.1. Introduction	136
VIII.2. Les composants principaux d'assemblages	136
VIII.3. Les différents types des assemblages doivent étudier	137
VIII.4. Les assemblages poteau poutres	137
VIII.4.1 La disposition des différents types d'assemblage poteau-poutre selon la vue en élévation	137
VIII.4.1.1 Assemblage poteau – poutre (Type 2)	138
VIII.4.1.1.1 Diamètre des boulons :	139
VIII.4.1.1.2 Choix des boulons	139
VIII.4.1.1.3 Détermination des efforts dans le boulon	139
VIII.4.1.1.4 Effort de cisaillement sur les boulons	140
VIII.4.1.1.5 Vérification de l'interaction cisaillement et traction :	140
VIII.4.1.1.6 Vérification de résistance au poinçonnement	140
VIII.4.1.1.7 Vérification de résistance à la pression diamétrale	140
VIII.4.1.1.8 Calcul de la soudure poutre HEA 450	141
VIII.4.1.1.9 Vérification de la soudure	141
VIII.4.1.2 Assemblage poteau – poutre (Type 1) (IDEA STATICA)	143
VIII.4.1.3 Assemblage poteau – poutre (Type 3) (IDEA STATICA)	145
VIII.4.2 La disposition des différents types d'assemblage poteau-poutre selon la vue en plan	147
VIII.4.2.1 Assemblage poteau central avec 4 poutres (IDEA STATICA)	147
VIII.4.2.2 Assemblage poteau de rive avec 3 poutres (IDEA STATICA)	149
VIII.4.2.2 Assemblage poteau d'angle avec 2 poutres (IDEA STATICA)	150
VIII.5. Assemblages poutre - solive	152
VIII.5.1. Vérification la résistance des boulons (cornière-poutre)	153
VIII.5.2. Vérification de la pression diamétrale sur les boulons (cornière-poutre)	154
VIII.5.3. Vérification la résistance des boulons (cornière-Solive)	154
VIII.5.4. Vérification de la pression diamétrale sur les boulons (cornière-Solive)	154
VIII.6. Les assemblages de contreventement	155

VIII.6.1. Assemblage contreventement —poutre Type 1 (IDEA STATICA)	156
VIII.6.2. Assemblage contreventement —poutre Type 1 (IDEA STATICA)	158
VIII.7. Assemblage poteau – poteau	159
VIII.7.1 Assemblage des semelles par couvre joint	159
VIII.7.2 Assemblage de l'âme par couvre joint.....	161
VIII.7.3 Assemblage pied de poteau IDEA STATICA	163
Conclusion	165

Chapitre IX

Calcul des fondations

IX.1 Introduction	167
IX.2 Les types de fondation	167
IX.2.1 Les fondations superficielles.....	167
IX.2.2 Les fondations profondes.....	167
IX.3 Calcul des fondations	167
IX.3.1 Semelles isolées	170
IX.3.2 Semelles filantes.....	171
IX.3.2.1 Semelle filante dans un seul sens.....	171
IX.4 Semelles filantes croisées	173
IX.4.1. Les répartitions.....	174
IX.4.1.1 Les charges qui reviennent pour chaque fille	177
IX.4.2 Étude du radier général.....	178
IX.4.2.1 Pré dimensionnement du radier	178
IX.4.2.1.1Pré dimensionnement de l'épaisseur du radier	178
IX.4.2.2Caractéristiques géométriques du radier.....	180
IX.4.2.2.1 Vérification nécessaire	180
IX.4.2.2.2 Ferrailage de radier	183
IX.4.2.2.2.1 Ferrailage de la dalle du radier	183
IX.4.3 Calcul ferrailage du poteau	190
IX.4.3.1 Les données de calcul.....	190
Conclusion	191

CHAPITRE X

L'exploitation du rapport de sol

X.1 L'exploitation du rapport de sol.....	193
X.1.1 Résumé	193
X.1.2 Généralité sur le sol	193
X.1.3 Les coupes lithologiques	193
X.4 Résultat des essais	198
X.1.4.1 Les résultats de pénétromètre dynamique.....	198
X.1.4.2 Les résultats de sondage carotté	200

X.1.5 Conclusion	200
<i>Conclusion générale</i>	193
Conclusion générale.....	202
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	203

Liste Des Figures

Chapitre I Présentation de l'ouvrage	
Figure I.1 : La vue en 3d de la structure.	4
Figure I.2 : Plan architecture niveau RDC.	5
Figure I.3 : Plan architecture niveau 1 ^{er} étage.	6
Figure I.4 : Plan architecture niveau 4 ^{eme} étage.	7
Figure I.5 : Coupe A-A	8
Figure I.6 : Coupe B-B	9
Figure I.7 : Les composants de plancher mixte	10
Figure I.8 : Les types des contreventements.	11
Figure I.9 : Les escaliers.	12
Chapitre II	
Pré-dimensionnement des éléments De résistances	
Figure II.1 : la dalle collaborant.	17
CHAPITR III :	
Figure III.1: L'acrotère.	58
FigureIII.2 : Dimension de l'acrotère.	59
Figure III.3 : Sollicitations de l'acrotère.	60
Figure III.4 : Diagrammes des efforts à L'ELU.	61
Figure III.5 : Section de calcul de l'acrotère.	61
Figure III.6 : Ferrailage de l'acrotère.	65
Figure III.7: Schéma représentatif d'un escalier	66
Figure III.8 : Disposition des cornières.	67
Chapitre IV :	
Etude climatique	
Figure IV.1 : Coefficient de forme (toiture à un seul versant).	75
Figure IV.2 : Direction principale de vent.	76
Figure IV.3 : Hauteur de référence ze et profil correspondant de la pression dynamique.	78
Figure IV.4 : Légende pour la paroi verticale.	79
Figure IV.5 : Représentation des coefficients Cpe sur les différentes zones(V1)	79
Figure IV.6 : Coefficient de pression intérieur Cpi des bâtiments sans face dominants	80
Figure IV.7 : Légende pour les toitures plates.	82
Figure IV.8 : Légende pour la paroi verticale la toiture (V1).	83
Figure IV.9 : Légende pour les toitures plates.	84
FigureIV.10 : Hauteur de référence ze et profil correspondant de la pression dynamique.	85
Figure IV.11 : Légende relative aux murs verticaux.	86
FigureIV.12 : Zone de pression pour les parois verticales.	87

Figure IV.13 : Coefficient de pression intérieur Cpi des bâtiments sans face dominants.	88
Figure IV.14 : Légende pour la paroi verticale la toiture (V2).	91
Figure IV.15 : Légende pour les toitures plates.	91
CHAPITRE V DYNAMIQUE MIRINE	
Figure V.1: Spectres de réponse élastique de type 1 et de type 2	99
Figure V. 2: Vue en 3d du modèle initial.	103
Figure V.3: Vue en plan du modèle initial.	104
Figure V. 4: La déformée pour les modes du modèle initial.	105
Figure V. 5 : Disposition des contreventements pour le modèle intermédiaire	106
Figure V. 6: La déformée pour les modes du modèle intermédiaire.	108
Figure V. 7: vue 3D pour le modèle final.	110
Figure V. 8: La déformée pour les modes du modèle finale.	111
CHAPITRE VII VERIFICATION DE LOSSATURE	
Figure VII.1 : Phénomène du flambement	126
Figure VII.2: la rigidité des poteaux	127
Figure VII.3 : Schémas de la poutre principale.	131
Figure VII.4: Schémas de la poutre secondaire.	132
CHAPITRE VIII CALCUL ET VERIFICATION DES ASSEMBLAGES	
Figure VIII. 1 : Disposition des différents types Assemblage poteau – poutre (Vue en élévation)	137
Figure VIII. 2: Assemblage poteau – poutre Type 2	138
Figure VIII. 3: Assemblage soudé poutres –platine	141
Figure VIII. 4 : Contrainte équivalente, G+Q+E	142
Figure VIII.6: Assemblage poteau – poutre Type 1	143
Figure VIII. 5: Vérification de déformation, G+Q+E	143
Figure VIII.7 : Contrainte équivalente, G+Q+E	144
Figure VIII. 8: Vérification de déformation, G+Q+E	144
Figure VIII.9: Assemblage poteau – poutre Type 3	145
Figure VIII. 10: Contrainte équivalente, G+Q+E	146
Figure VIII. 11: Vérification de déformation, G+Q+E	146
Figure VIII.12 : Disposition des différents types Assemblage poteau – poutre (Vue en plan)	147
Figure VIII.13: Assemblage poteau – 4 poutres	147
Figure VIII. 14: Vérification de déformation, G+Q+E	148
Figure VIII. 15: Contrainte équivalente, G+Q+E	148
Figure VIII.17: Assemblage poteau de rive – 3 poutres	149
Figure VIII. 18: Vérification de déformation, G+Q+E	149

Figure VIII.19: Contrainte équivalente, G+Q+E	150
Figure VIII.20: Assemblage poteau d'angle– 2 poutres	150
Figure VIII.21: Vérification de déformation, G+Q+E	151
Figure VIII.22: Contrainte équivalente, G+Q+E	151
Figure VIII.23 : Assemblage Solive – poutre.	152
Figure VIII.24 : Disposition des différents types d'assemblage Contreventement	155
Figure VIII.25: Assemblage CV – poutres TYPE 1	156
Figure VIII.26: Vérification de déformation, G+Q+	157
Figure VIII.27: Contrainte équivalente, G+Q+E	157
Figure VIII.28: Assemblage CV – poteau TYPE 1	158
Figure VIII.29: Vérification de déformation, G+Q+E	158
Figure VIII.30: Contrainte équivalente, G+Q+E	159
Figure VIII.31: Les Vues d'assemblage poteau – poteau	159
Figure VIII.32: Les Vues d'assemblage pied de poteau	163
Figure VIII.33: Contrainte équivalente, G+Q+E	164
Figure VIII.34: Vérification de déformation, G+Q+E	165
Chapitre IX : Calcul des fondations	
Figure IX.1 : Les réactions des appuis à ELS	168
Figure IX.2 : Semelle isolée sous poteau	170
Figure IX.3 : Schéma des Semelles filantes.	171
Figure IX. 4 : répartition des charges pour les poteaux centraux.	173
Figure IX. 5 : répartition des charges pour les poteaux de rives.	173
Figure IX. 6: répartition des charges pour les poteaux d'angles.	174
Figure IX.7: Schéma d'un radier.	178
Figure IX. 8 : Schéma de la nervure	180
Figure IX. 9 : Schéma du radier	185
Figure IX 10 : Schéma de ferrailage du radier	186
Figure IX.11 : Schéma de ferrailage des nervures	188
Figure IX .12: Schéma de ferrailage du poteau	191
CHAPITRE X L'exploitation du rapport de sol	
Figure XI.1 : Coupe lithologique SC01	194
Figure XI.2 : Coupe lithologique SC02	195
Figure XI.3 : Coupe lithologique SC03	196
Figure XI.4 : Coupe lithologique SC04	197
Figure XI.5 : Essais pénétromètre dynamique PDL02	198
Figure XI.6 : Essais pénétromètre dynamique PDL04	199

Liste Des Tableaux

Chapitre I Présentation de l'ouvrage	
Tableau I.1 : Caractéristiques des armatures	12
Tableau I.2 : La nuance d'acier	12
Chapitre II	
Pré-dimensionnement des éléments De résistances	
Tableau II.1 : Charge permanent de plancher terrasse	18
Tableau II.2 : charge permanent de plancher courants	19
Tableau II.3: Tableau récapitulatif de la solive de (5/11) étage (phase de construction)	28
Tableau II.4 : Tableau récapitulatif de la solive de (5/11) étage (phase final)	30
Tableau II.5 : Tableau récapitulatif de la solive de (3/4) étage (phase de construction)	30
Tableau II.6 : Tableau récapitulatif de la solive de (3/4) étage (phase final)	30
Tableau II.7 : Tableau récapitulatif de la solive d'étage RDC (phase de construction)	31
Tableau II.8: Tableau récapitulatif de la solive d'étage RDC (phase final)	31
Tableau II.9: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (5/11) étage (phase de construction)	38
Tableau II.10: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (5/11) étage (phase final)	38
Tableau II.11: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de(3/4) étage (phase de construction)	39
Tableau II.12: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (3/4) étage (phase final)	39
Tableau II.13: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire d'étage RDC (phase de construction)	39
Tableau II.14 : Tableau récapitulatif de la poutre secondaire d'étage RDC (phase final)	40
Tableau II.15: Tableau récapitulatif de poutre de (4/11) étage (phase de construction)	48
Tableau II.16: Tableau récapitulatif de la poutre de (4/11) étage (phase final)	48
Tableau II.17: Tableau récapitulatif de la poutre de (2/3) étage (phase de construction)	49
Tableau II.18 : Tableau récapitulatif de la poutre de (2/3) étage (phase final)	49
Tableau II.19: Tableau récapitulatif de la poutre d'étage RDC (phase de construction)	49
Tableau II.20: Tableau récapitulatif de la poutre d'étage RDC (phase final)	50
Chapitre IV : Etude climatique	
Tableau IV.1 : Coefficient en fonction de la catégorie de terrain	76

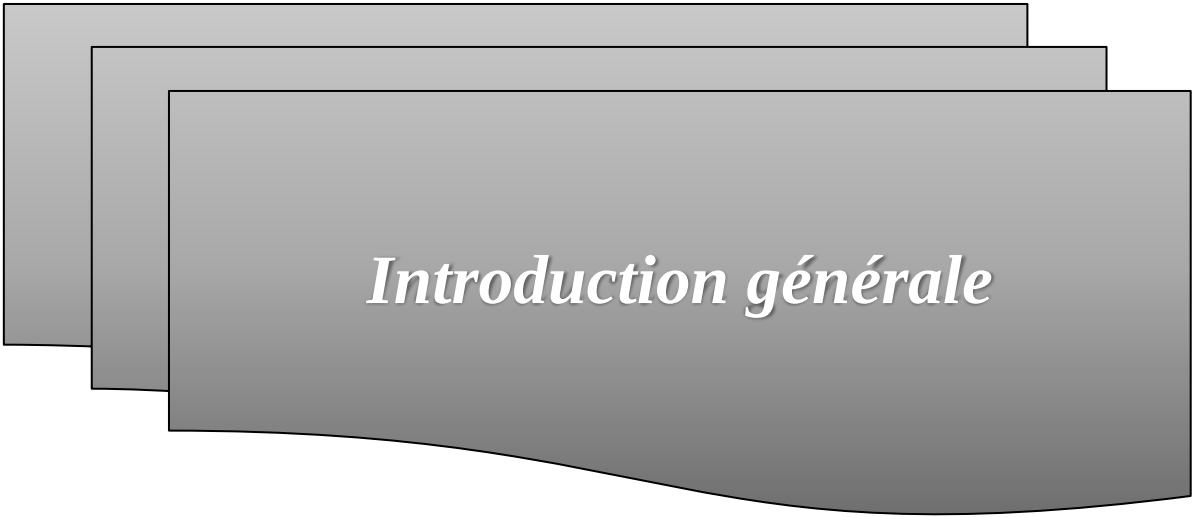
Tableau IV.2 : Caractéristique des zones.	79
Tableau IV.3: coefficient de pression intérieur cpi (direction v1)	80
Tableau IV.4: la pression aérodynamique pour Cpi1= +0,8 (direction V1)	81
Tableau IV.5: la pression aérodynamique pour Cpi1= -0,5 (direction V1)	82
Tableau IV.6: la pression aérodynamique pour Cpi1=0,8 (direction V1)	84
Tableau IV.7: la pression aérodynamique pour Cpi1= -0,5 (direction V1)	85
Tableau IV.8: Caractéristique des zones.	87
Tableau IV.9: la pression aérodynamique pour Cpi1=0,8 (direction V2)	89
Tableau IV.10: la pression aérodynamique pour Cpi1= -0,5 (direction V2)	89
Tableau IV.11: la pression aérodynamique pour Cpi1=0,8 (direction V2)	90
Tableau IV.12: la pression aérodynamique pour Cpi1= -0,5 (direction V2)	91
Tableau IV.13: la pression aérodynamique pour Cpi1=0,8 (direction V2)	92
Tableau IV.14: la pression aérodynamique pour Cpi1= -0,5 (direction V2)	92
Tableau IV.15: la pression aérodynamique pour Cpi1=0,8 (direction V2)	93
Tableau IV.16: la pression aérodynamique pour Cpi1= -0,5 (direction V2)	93
CHAPITRE V	
DYNAMIQUE MIRINE	
Tableau V.1: Valeurs des paramètres décrivant les spectres de réponse élastique de type1 C (Zones IV, V et VI)	99
Tableau V. 2: Valeurs de ξ (%)	100
Tableau IV. 3: Valeurs du coefficient de comportement, R	101
Tableau V. 4: Valeurs des Pondérations Pq	104
Tableau V.5 : Pourcentage de participation massique pour le modèle intermédiaire	107
Tableau V. 6: Pourcentage de participation massique pour le modèle finale.	110
Tableau V.7 : Déplacement résultant suivant X	113
Tableau V.8 : Déplacement résultant suivant Y	114
Tableau V.9: Vérification de l'effet P-delta selon x	115
Tableau V.10 : vérification de l'effet P-delta selon y	115
CHAPITRE VI	
Exploitation_des_resultats	
Tableau VI. 1 : Effort normal maximal Nmax, moment My corr et Mz corr	118
Tableau VI.2 : Effort normal Ncorr, moment My maximal et Mz corr	119
Tableau VI.3 : Effort normal Ncorr, moment My corr et Mz maximal	119
Tableau VI.4 : Poutres principales	120
Tableau VI.5 : Poutres secondaires	121
Tableau VI.6 : Contreventements	121
CHAPITRE VII	
VERIFICATION DE LOSSATURE	
Tableau VII.1 : Vérification au flambement par flexion pour $N^{\max}$.	130
Tableau VII.2: Vérification au flambement par flexion pour $M_y^{\max}$.	130
Tableau VII.3: Vérification au flambement par flexion pour $M_z^{\max}$.	130

CHAPITRE VIII	
CALCUL ET VERIFICATION DES ASSEMBLAGES	
Tableau VIII. 1: Caractéristiques des boulons.	136
Tableau VIII. 2: Diamètres des trous.	136
Tableau VIII. 3: Les types d'assemblage poteau-poutre	138
Tableau VIII. 4: Les caractéristiques du profilé (HEB400, HEA500)	141
Tableau VIII.5: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – POUTRE Type3	144
Tableau VIII.6: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – POUTRE Type3	145
Tableau VIII.7: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – 4 POUTREs	148
Tableau VIII.8 : Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – 3 poutres	149
Tableau VIII.9: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – 2 poutres	151
Tableau VIII.10: Caractéristiques géométriques des profilés	152
Tableau VIII.11: Les types d'assemblage contreventement	156
Tableau VIII.12 : Résultat de vérifications d'assemblage CV – poutres TYPE 1	157
Tableau VIII.13: Résultat de vérifications d'assemblage CV – poteau TYPE 1	158
Tableau VIII.14: Résultat de vérifications d'assemblage pied poteaux	164
Chapitre IX :	
Calcul des fondations	
Tableau IX.1 des réactions à la base ELU ELS	169
Tableau IX. 2: la répartition pour les poteaux d'angles.	174
Tableau IX. 3 : la répartition pour les poteaux rives.	175
Tableau IX. 4: la répartition pour les poteaux centraux.	176
Tableau IX. 5: Sections des semelles filantes sens YY.	177
Tableau IX. 6 : Contrainte sous le radier à l'ELU	182
Tableau IX.7 : Contrainte sous le radier à l'ELS	183
Tableau IX. 8 : Calcul des moments à l'ELU	184
Tableau IX. 9 : Calcul des moments à l'ELS	184
Tableau IX. 10: Ferrailage des panneaux du radier	185
Tableau IX. 11: Vérification des contraintes à l'ELS.	188

Liste des notations

A : Section brute d'une pièce.
 A_{net} : Section nette d'une pièce.
 $A_{réf}$: Surface élémentaire.
 A_w : Section de l'âme.
 A_v : Aire de cisaillement.
 b_f : La largeur de la solive.
 b_e : La largeur associée aux solives.
 C_f : Coefficient de force.
 C_t : Coefficient de topographie.
 C_r : Coefficient de rugosité.
 $C_{p,net}$: Coefficient de pression nette.
 C_e : Coefficient d'exposition.
 C_d : Coefficient dynamique.
 E : Module d'élasticité longitudinale de l'acier.
 G : Charge permanente.
 I : Moment d'inertie.
 $I_v(z)$: Intensité de la turbulence.
 K : Coefficient d'encastrement ou de rigidité Poutre – Poteau.
 K_0 : Coefficient de flambement.
 K_t : Facteur de terrain.
 M_{sd} : Moment sollicitant en générale.
 M : Moment fléchissant.
 M_{Rd} : Moment résistant.
 M_{Pl} : Moment plastique.
 $M_{b,Rd}$: Valeur de calcul de la résistance au déversement.
 $N_{Pl,Rd}$: Valeur de calcul de la résistance plastique de la section transversale brute.
 $N_{b,Rd}$: Valeur de calcul d'un élément comprimé au flambement.
 N_{sd} : Effort normal sollicitant.
 $N_{t,sd}$: Effort normal de traction.
 N_{pl} : Effort normal plastique.
 $N_{c,Rd}$: La résistance de calcul à la compression de la section transversale.
 n : le coefficient d'équivalence acier/ béton.
 P_K : Poids total de la structure.
 Q : Charge d'exploitation.
 $q_{p(z_e)}$: Pression dynamique de pointe.
 R : Coefficient de comportement de la structure
 S : Charge de la neige.
 S_k : Charge de la neige sur le sol.
 V_{sd} : Valeur de calcul de l'effort tranchant sollicitant.
 $V_{pl,Rd}$: Valeur de calcul de la résistance plastique au cisaillement.
 $V_{réf}$: Vitesse de référence du vent.
 W : Pression aérodynamique.
 $W_{(z_j)}$: Pression dynamique.
 W_e : Pression extérieure exercée sur la surface élémentaire de la hauteur z_e .
 W_i : Pression intérieure exercée sur la surface élémentaire de la hauteur z_e .
 W_{pl} : Module de résistance plastique.
 W_{el} : Module de résistance élastique.
 d : Diamètre d'une section circulaire.

f : Flèche.
 f_y : Limite d'élasticité.
 f_u : Résistance à la traction.
 f_{cj} : Résistance à la compression à 28 jours.
 f_{bu} : Contrainte admissible de compression à l'état limite ultime.
 H : Hauteur d'une pièce.
 L : Longueur d'une pièce.
 L_f : Longueur de flambement.
 r : Rayon d'une section circulaire.
 t : Épaisseur d'une pièce.
 t_f : Épaisseur de la semelle (poutre, solive, poteau).
 t_w : Épaisseur de l'âme (poutre, solive, poteau).
 Z : Hauteur au-dessus du sol.
 Z_0 : Paramètre de rugosité.
 Z_{eq} : Hauteur équivalente.
 Z_{min} : Hauteur minimale.
 α : Coefficient du système statique et de la travée étudiée.
 χ : Coefficient de réduction pour le mode de flambement ou déversement approprié.
 β_w : Facteur de corrélation.
 β_M : Facteur de moment uniforme équivalent.
 γ_M : Coefficient partiel de sécurité.
 γ_{M0} : Coefficient partiel de sécurité pour les sections de classe (1, 2, 3).
 γ_{M2} : Coefficient partiel de sécurité pour les sections nettes au droit des trous.
 γ_b : Coefficient de sécurité.
 λ : Élancement.
 λ_{lt} : Élancement de déversement.
 ε : Coefficient de réduction élastique de l'acier.
 σ_a : Contrainte de l'acier.
 σ_b : Contrainte du béton.
 $\overline{\sigma}_{bc}$: Contrainte de compression à l'état limite de service.
 σ_{st} : La contrainte admissible de l'acier à l'ELU.
 $\overline{\tau}$: Contrainte limite de cisaillement.
 ξ : Pourcentage d'amortissement critique.
 η : Facteur de correction d'amortissement.
 δ_{ek} : Déplacement du aux forces sismique F_i .
 Δ_k : Déplacement relatif du niveau « K » par rapport au niveau « K-1 ».
 μ : Coefficient de forme de la charge de neige.



Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Le développement et l'évolution de l'urbanisation ont entraîné une demande croissante de bâtiments polyvalents et fonctionnels. Dans ce contexte, l'utilisation de la charpente métallique a gagné en popularité en raison de ses nombreuses qualités structurelles et de sa flexibilité de conception. Ce mémoire de fin d'études vise à explorer et à étudier en profondeur les aspects techniques et les avantages de l'utilisation d'une charpente métallique dans la construction d'un bâtiment.

L'objectif principal de ce mémoire est de fournir une analyse complète de la charpente métallique en tant que solution de construction pour les bâtiments. Nous allons examiner les caractéristiques de la charpente métallique, sa durabilité, sa résistance aux charges, ainsi que sa facilité de mise en œuvre et d'adaptation aux différents besoins fonctionnels d'un bâtiment.

En outre, nous étudierons les différentes étapes de conception et de construction d'un bâtiment à étages en charpente métallique. Cela comprendra l'analyse structurale, le choix des matériaux, en suivant les étapes suivantes :

- Chapitre 1 : Généralités et présentation de l'ouvrage.
- Chapitre 2 : Pré dimensionnement des éléments principaux.
- Chapitre 3 : Pré dimensionnement des éléments secondaire.
- Chapitre 4 : Etude climatique
- Chapitre 5 : Etude dynamique et sismique de la structure.
- Chapitre 6 : Exploitation des résultats.
- Chapitre 7 : Vérification des éléments de la structure.
- Chapitre 8 : Calcul des assemblages.
- Chapitre 9 : Calcul des fondations.
- Chapitre 10 : Exploitation du rapport de sol.

À la fin de ce mémoire, une synthèse des points clés abordés sera proposée dans une conclusion générale.

CHAPITRE I :
Présentation de l'ouvrage

I.1. Introduction :

L'étude des structures représente une phase essentielle et incontournable dans tous les projets de construction. Elle permet d'appliquer en pratique les connaissances acquises durant la formation en ingénierie. Le projet étudié concerne un bâtiment de R+12 avec un sous-sol, dont la conception doit satisfaire des exigences fonctionnelles, structurelles et esthétiques. Cette complexité oblige l'ingénieur à considérer plusieurs paramètres essentiels, tels que :

- L'usage de l'ouvrage
- La résistance et la stabilité de la structure
- L'exigence architecturale et fonctionnelle
- Les contraintes économiques

Ainsi, il est indispensable d'examiner les différentes solutions possibles en étudiant leurs caractéristiques spécifiques, leurs limites et leurs coûts afin de choisir l'option la plus adaptée et efficace.

I.2. Présentation de l'ouvrage :

Notre projet est un bâtiment R+12 avec sous-sol en charpente métallique destiné à usage multiple, Il est implanté dans la commune de Tipaza « willaya de **Tipaza** », qui est classée comme zone forte sismicité (**zone VI**) selon le (**RPA 2024**), la zone du vent (**zone I**) selon le (**RNV 2013**), et par (**RNV 2013**) la zone de neige est (**zone B**), altitude par rapport le niveau de la mère est **15 m**

I.3. Caractéristiques géométriques du projet :

Les dimensions de la structure selon la vue en élévation :

- Hauteur total du bâtiment 39.26 m
- Hauteur de sous-sol 4.50 m
- Hauteur de rez-de-chaussée 2.80 m
- Hauteur de 1^{er} étage (mezzanine) 2.80 m
- Hauteur des étages courant 3.06 m

Les dimensions de la structure selon la vue en plan :

- Longueur total 55.53 m
- Largeur total 34.15 m

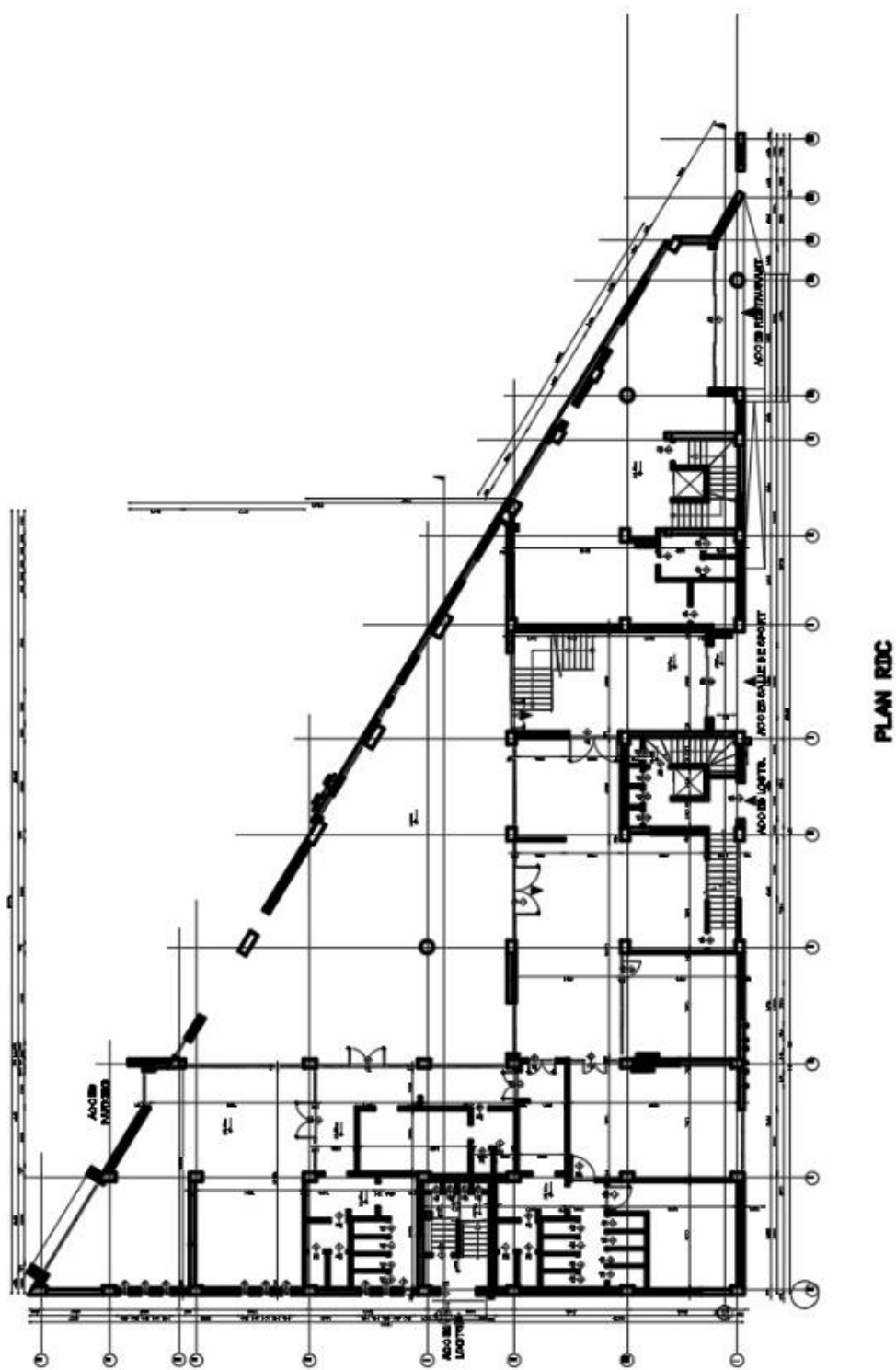


Figure I.1 : Plan architecture niveau RDC.

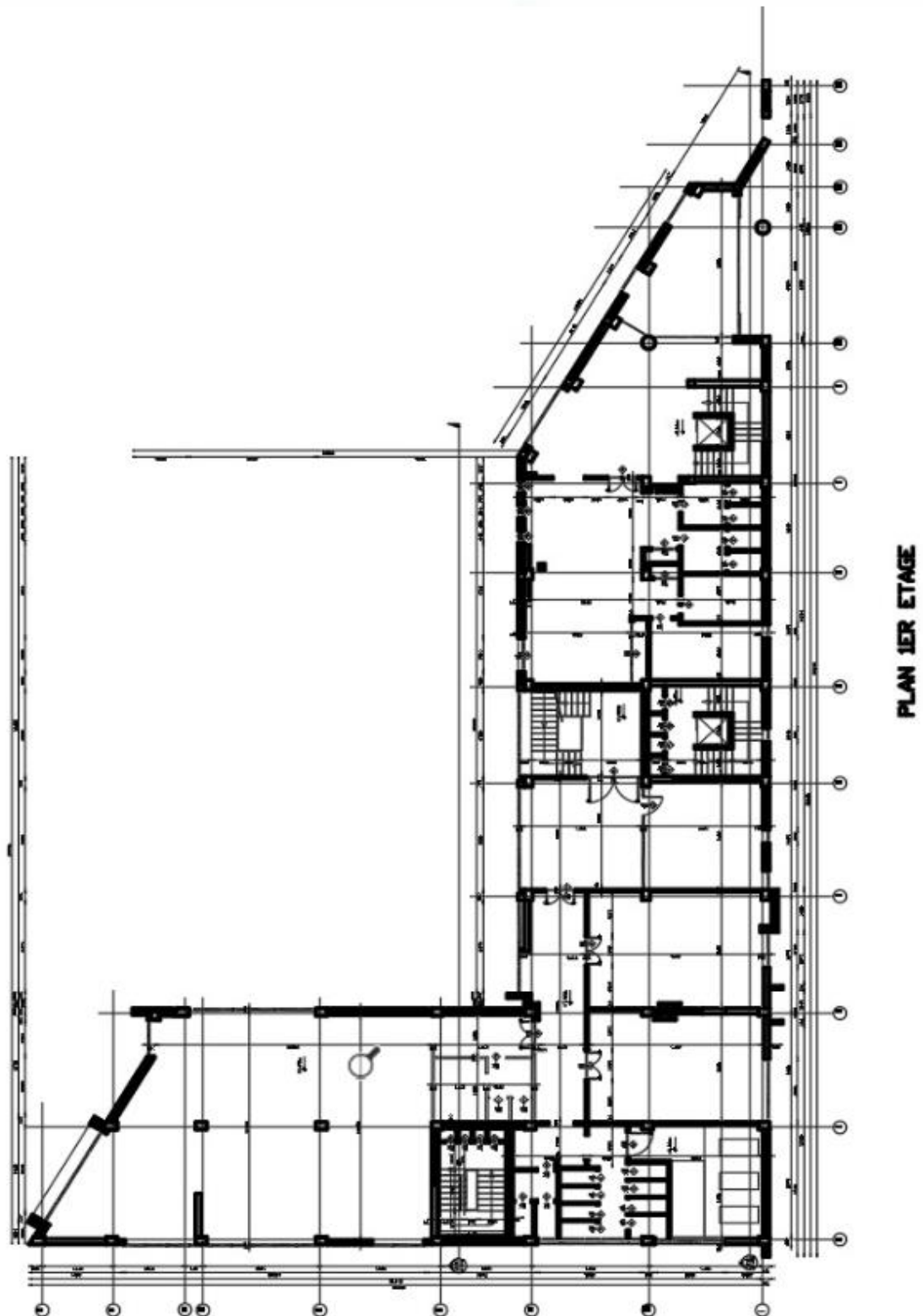


Figure I.2 : Plan architecture niveau 1^{er} étage.

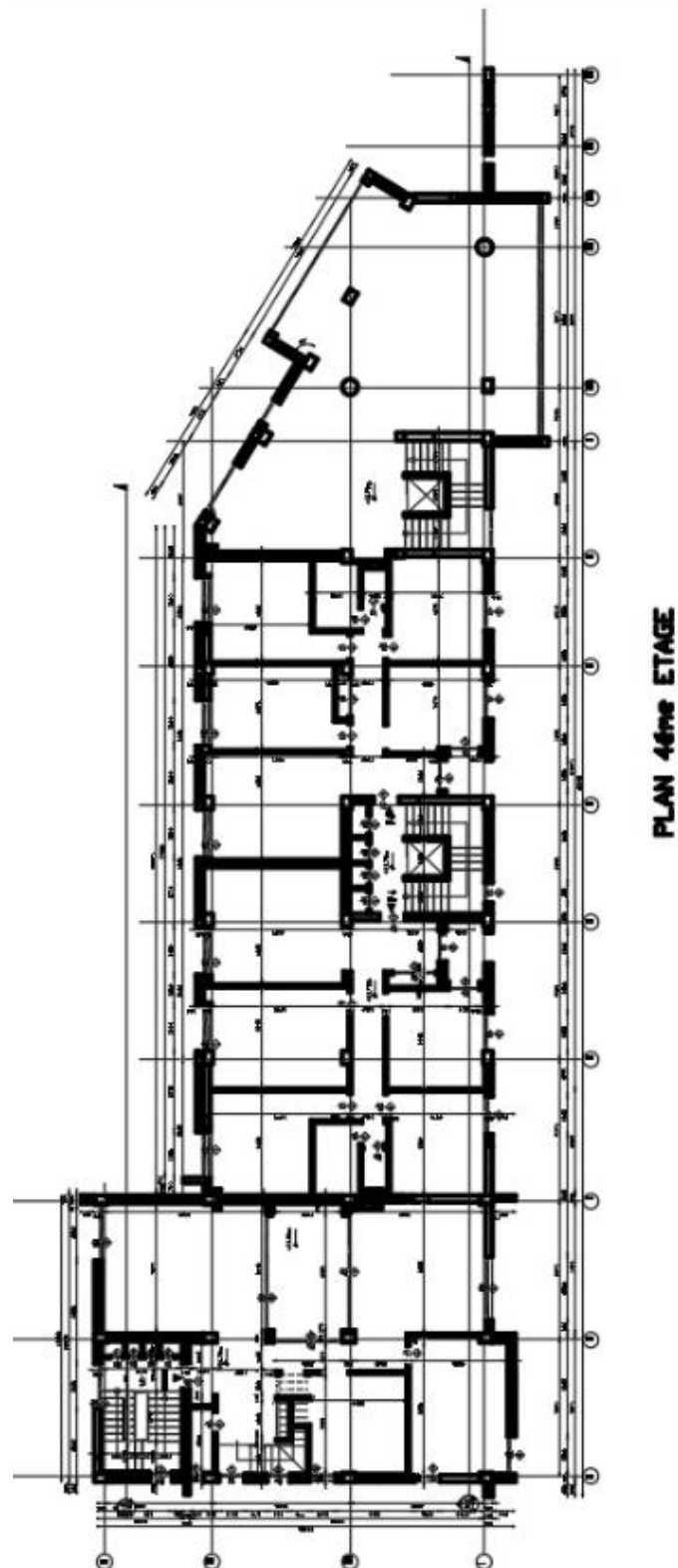


Figure I.3 : Plan architecture niveau 4^{ème} étage.

I.4. Dossier graphique :

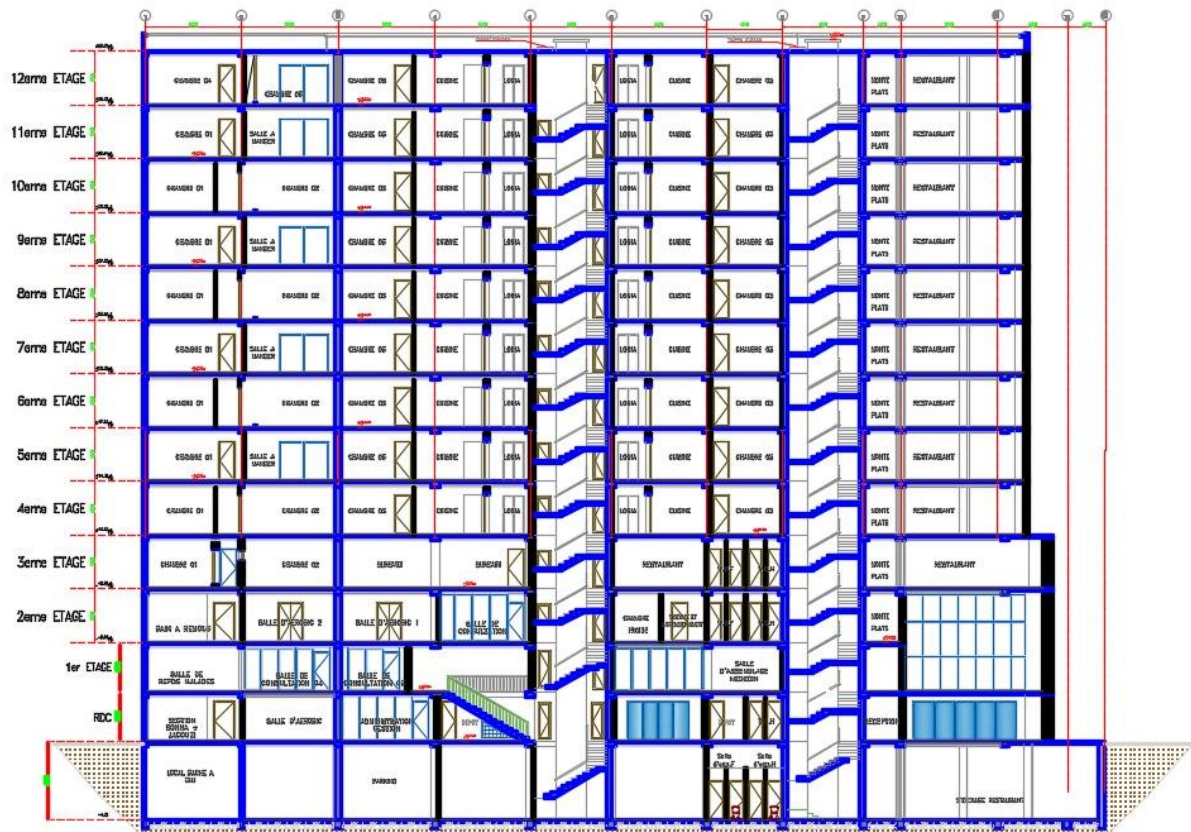


Figure I.4 : Coupe A-A



Figure I.5 : Coupe B-B

I.5. Conception architecturale :

La structure est de forme triangle à la base composée d'un RDC et 12 étages avec une terrasse inaccessible.

- Sous-sol : Parking.
- RDC jusqu'à 12ème étage : usage multiple

I.6. Conception structurelle :

Notre structure est composée de poteaux, poutre, contreventement, planché collaborant
La structure horizontale désigne les planchers courants, et terrasses.

I.6.1. Les planchers :

Dans cette étude les planchers utilisés sont des planchers mixtes (dalle collaborant) pour les planchers courants et le plancher terrasse.

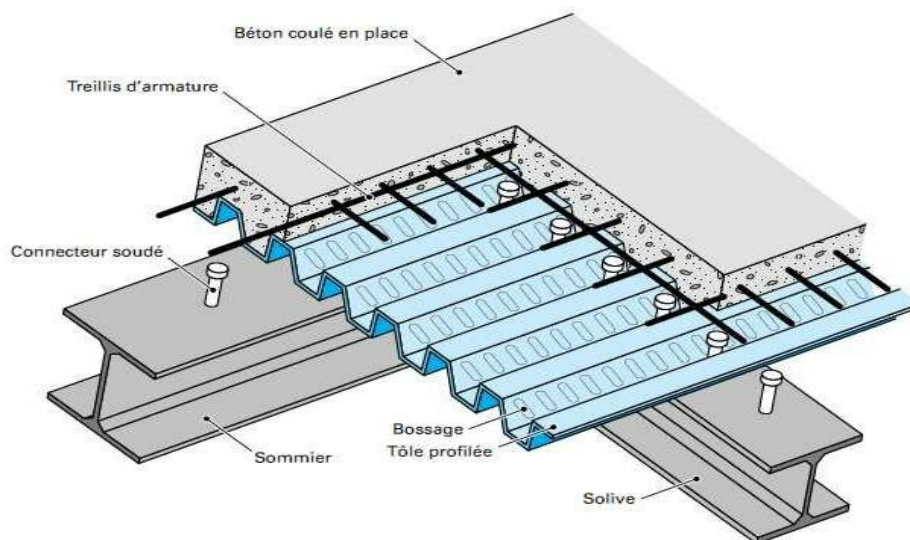


Figure I.6: Les composants de plancher mixte

Le rôle essentiel des plancher collaborant, supposé infiniment rigide dans le plan horizontal, est de transmettre les efforts aux éléments porteurs les poutres et poteaux. On utilisera dans notre projet des planches collaborant. Les planchers collaborant sont des éléments structuraux, défini comme mixte car ils associent deux matériaux de natures et propriété différentes.

La composition de plancher collaborant est :

- **Le bac d'acier :**

Le bac d'acier utilisé c'est la Hi-bond 55, cet élément forme un coffrage pour la dalle en béton, il permet :

- D'assurer un coffrage efficace et étanche en supprimant les opérations de décoffrage.
- De constituer une plate-forme de travail avant la mise en œuvre du béton.
- D'éviter souvent la mise en place des étais et gagner du temps.

- **Les connecteurs :**

La liaison acier-béton est réalisée par des connecteurs, ils permettent de développer le comportement mixte entre la poutre en acier et le béton. La connexion est essentiellement prévue pour résister au cisaillement horizontal.

Dans notre cas, on utilise des goujons de hauteur $h=95\text{mm}$ et de diamètre $d=19\text{mm}$, qui sont assemblés par soudage.

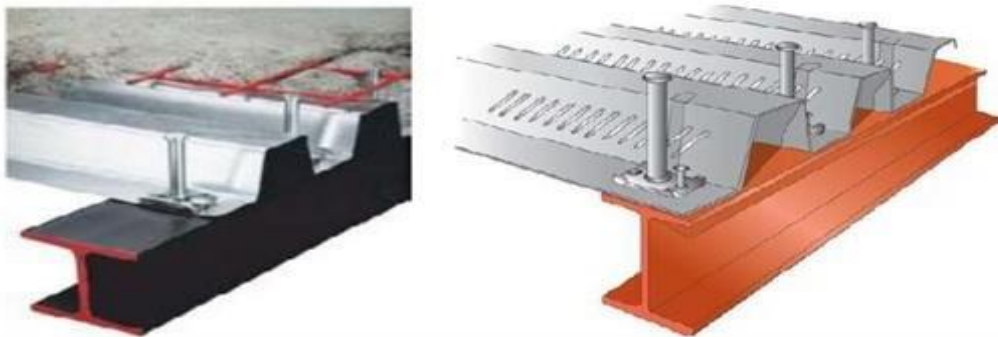


Figure I. 7 : Connecteur de type Nelson (goujon à tête).

- **Les solives :**

Les solives sont des poutrelles IPE ou bien IPN travaillent à la flexion simple, leur espacement est compris entre 1m et 4m.

- **La dalle en béton**

L'épaisseur de la dalle béton armé compris entre 12 et 15 cm.

I.6.2 Les poteaux :

Le poteau en charpente métallique est un élément structural vertical en acier utilisé pour supporter des charges dans des constructions métalliques. Il joue un rôle clé dans la

transmission des charges des planchers, des poutres et des toitures vers les fondations. Cet élément généralement des profilés HEA, HEB.

I.6.3 Les poutres :

Les poutres sont des éléments horizontaux en acier qui servent à supporter et transmettre les charges vers les poteaux ou les murs porteurs. Elles sont essentielles dans les structures métalliques pour assurer la stabilité et la répartition des charges.

I.6.4 Les contreventements :

Ce sont des dispositifs conçus pour reprendre les efforts du vent et du séisme dans la structure et les transmettre au sol. Ils sont disposés en façades (palées de stabilité). On utilise pour cela des palés triangulés en X et V, ils peuvent être réalisés en double UPN, double cornière ou même, des sections tubulaires, ces dernières ont une meilleure performance en vue de leur grande inertie.

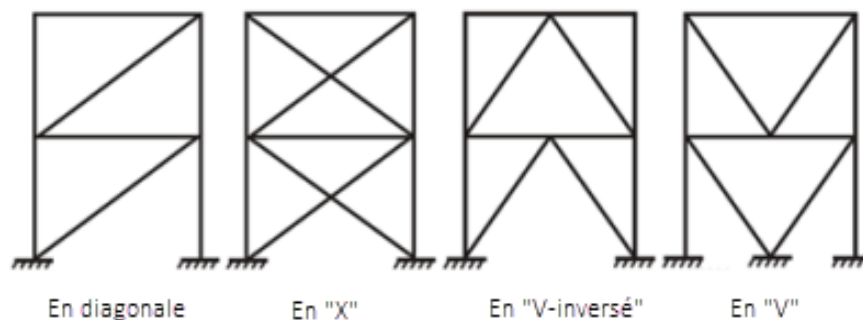


Figure I.8 : Les types des contreventements.

I.6.5 Les fondations :

Les fondations en sont essentielles pour assurer la stabilité et la durabilité d'une structure métallique. Elles permettent de transmettre les charges de la superstructure au sol en évitant les tassements différentiels et en assurant une bonne assise.

I.6.6. Les escaliers :

Les escaliers sont des structures conçues en acier pour assurer la circulation verticale dans un bâtiment. Ils sont très utilisés en industrie, en tertiaire et même en résidentiel grâce à leur robustesse, leur légèreté et leur esthétique moderne.

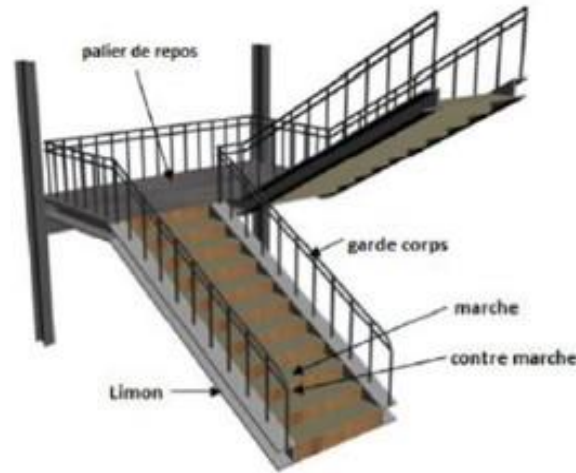


Figure I.9 : Les escaliers

Tableau I.1 : Caractéristiques des armatures

	Nuance	Fy [MPa]
Ronds lisses	Fe 220	215
	Fe 240	235
Barres HA	Fe 400	400
	Fe 500	500

I.7. Caractéristiques mécaniques des matériaux :

Les caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction de l'ouvrage doivent être conformes aux règles techniques de construction et de calcul des ouvrages en charpente métallique (**EUROCODE 3**) et tous les règlements applicables en Algérie (**RPA 2024**)

I.7.1. Acier :

Les caractéristiques mécaniques de l'acier

- Module d'élasticité longitudinale $E = 210\,000\text{ MPa}$
- Le coefficient de poisson $\nu = 0,3$
- Coefficient de dilatation $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ par $^{\circ}\text{C}$
- Masse volumique $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$
- Limite élastique $f_y = 275\text{ MPa}$
- Module de cisaillement $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$

Tableau I.2 : La nuance d'acier

Nuance Nominale de l'acier	Epaisseur t [mm]			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 100$	
	f_y [MPa]	f_u [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]
Fe 360	235	360	215	340
Fe 430	275	430	255	410
Fe 510	355	510	355	490

I.7.2. Béton :

- Les caractéristiques du béton**

Le béton utilisé est défini, du point de vue mécanique par :

- La résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25$ MPa
- La résistance à la traction à 28 jours est déduite de celle de compression par la relation

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj} \text{ (MPa)}$$

La résistance caractéristique à la traction du béton à « j » jours, notée f_{tj} , est conventionnellement définie par la relation :

Pour notre ouvrage, on utilise le même dosage de béton avec une résistance caractéristique à la compression $f_{c28} = 25$ MPa et à la traction $f_{t28} = 2.1$ MPa

- Module de déformation longitudinale du béton**

Ce module est connu sous le nom de module de Young ou de module d'élasticité Longitudinal ; il est défini sous l'action des contraintes normale à courte et à longue durée.

- Module de déformation instantané**

Pour un chargement d'une durée d'application inférieure à 24 heures, le module de déformation instantané E_{ij} du béton âgé de « j » jours est égale à :

$$E_{ij} = 11\,000 (f_{cj})^{1/3} \text{ (MPa)}$$

Pour : $f_{c28} = 25$ MPa on trouve : $E_{i28} = 32164.20$ MPa.

- **Module de déformation différé**

Il est réservé spécialement pour des charges de durée d'application supérieure à 24 heures ; ce module est défini par :

$$E_{vj} = 3700. (f_{cj})^{1/3} \text{ (MPa)}$$

Pour : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ on trouve : $E_{v28} = 10818.87 \text{ MPa}$.

- **Coefficient de poisson**

Il représente la variation relative de dimension transversale d'une pièce soumise à une variation relative de dimension longitudinale.

- $\nu = 0$ pour le calcul des sollicitations et dans le cas des états – limites ultimes (béton fissuré).
- $\nu = 0,2$ pour le calcul des déformations et pour les justifications aux états-limites de service (béton non fissuré).

$$G = \frac{\text{raccourcissement relatif longitudinal}}{\text{allongement relatif du coté de la section}}$$

I.8 Règlements utilisés

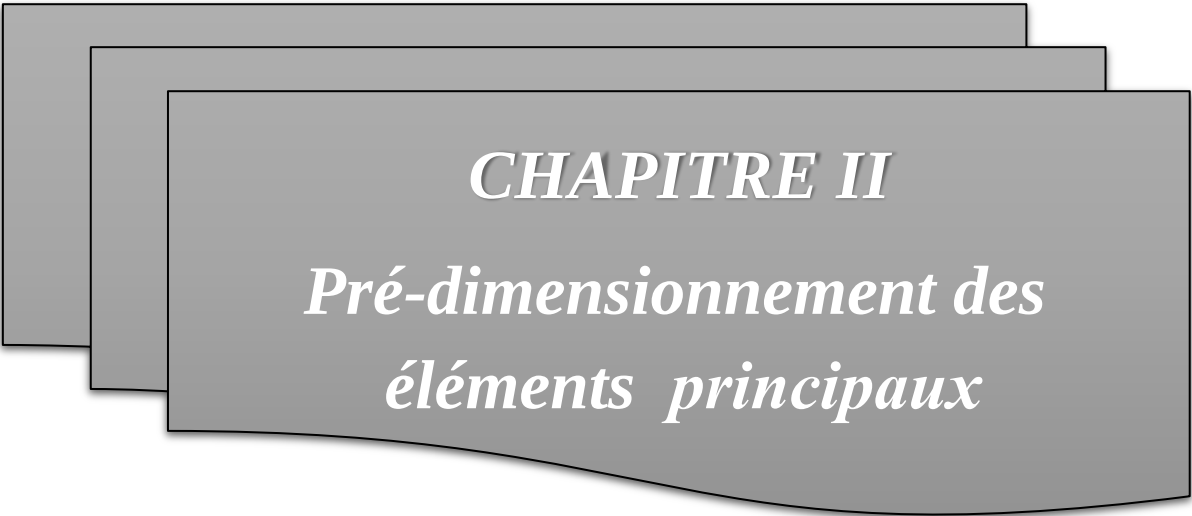
Pour assurer la sécurité et la résistance de la structure, on se base sur les règlements suivants :

- Règles de conception et de calcul des structures en acier « CCM97 »
- Règles parasismiques Algériennes 99 version 2003 « RPA99 V2003 »
- Document technique réglementaire (charges permanentes et charge d'exploitation) « DTR BC2-2 »
- Eurocode 3 (calcul des structures en acier) « EC3 »
- Eurocode 4 (conception et dimensionnement des structures mixtes acier) « EC4 »
- Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé « BAEL91 »

I.9 Concluions

Ce chapitre a exposé les aspects généraux du projet, en présentant l'ouvrage, les matériaux employés et les normes applicables. Ces éléments forment la base nécessaire à l'analyse et au dimensionnement de la structure.

Le chapitre suivant sera consacré au pré-dimensionnement des éléments porteurs principaux tels que les poteaux, poutres et solives.



CHAPITRE II

Pré-dimensionnement des éléments principaux

- **Pré dimensionnement des éléments principaux**

II.1 Introduction

Le pré dimensionnement des éléments résistants est une étape régie par des lois empiriques issues de l'expérience. Cette étape représente le point de départ et la base de la justification à la résistance, la stabilité et la durabilité de l'ouvrage. En se basant sur le principe de la descente de charges verticales transmises par les planchers aux éléments porteurs et qui les transmettent à leur tour aux fondations, le pré- dimensionnement des éléments se fait selon les règles de calcul de DTR2.2, EC3, EC4 Pour ce faire, nous commençons le pré dimensionnement du sommet vers la base

- ✓ Les planchers.
- ✓ Les poutres.
- ✓ Les poteaux.

II.2 Pré dimensionnement des planchers collaborant

Le plancher collaborant appelé aussi plancher mixte est un plancher qui est généralement utilisé dans les constructions métalliques. Il est obtenu par l'association de tôle d'acier en profilé à froid placée au-dessus de la solive et du béton, ainsi les deux collaborent par l'intermédiaire des connecteurs.

Ce dernier type de plancher est le plus répandue dans les constructions de plancher les bâtiments à structure métallique dont les dimensions et les portées sont relativement importantes.

Il s'adapte parfaitement à différentes typologies de bâtiments

- Bâtiments industriels.
- Bâtiments administratifs et bureaux.
- Bâtiments publics de grande superficie.
- Grandes surfaces et entrepôts.
- Centres commerciaux et centres de loisirs.
- Complexes sportifs....

Le calcul du plancher se fait en deux phases

Phase de construction

- Poids propre de profilé.
- Poids propre de béton frais.
- Surcharge de construction (ouvrier).

Phase finale

Le béton ayant durci, donc la section mixte (le profilé et la dalle) travaillent ensemble. On doit tenir compte des charges suivantes

- Le poids propre de profilé.
- Le poids propre de béton.
- La surcharge d'exploitation.
- Finition.

II.2.1 Largeur de la dalle collaborant

Dans les calculs des poutres mixtes, on prendra en compte de chaque côté de l'axe de la poutre, une largeur de la dalle égale à la plus faible des valeurs suivantes

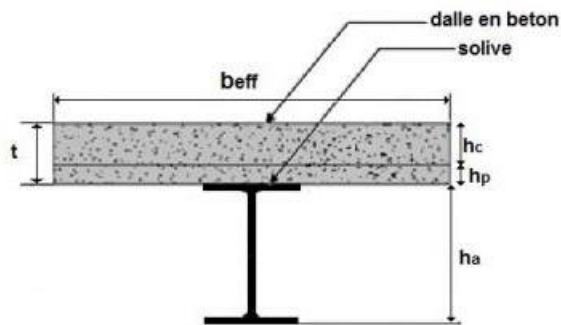


Figure II.1 : la dalle collaborant.

$$beff = \begin{cases} 2l_o/8 \\ b \end{cases}$$

l_o : Largeur libre d'une poutre simple appuis

b : l'entre axe entre les poutres

II.2.2 Evaluation des charges et surcharges

Cette étape consiste à déterminer les charges et surcharges.

➤ Charge permanente

Ce terme désigne le poids propre de tous les éléments permanents constituant l'ouvrage terminé. Il s'agit donc non seulement du poids de l'ossature mais aussi de tous les éléments du bâtiment (planchers, plafonds, cloisons, revêtements de sol, installations fixes).

Plancher terrasse inaccessible

Tableau II.1 : Charge permanent de plancher terrasse

MATIERE	Epaisseur (cm)	Le poids (KN/m3)	G (kn/m ²)
Gravier	5	17	0,85
Etanchéité multicouche	5	2,4	0,12
Forme de pont	10	25	2,5
Isolation thermique	4	4	0,16
Dalle en béton arme	12	25	2,49
Bac d'acier hi-bond 55	1	0,15	0,15
Climatisation	/	0,40	0,40
Faux plafond	/	0,30	0,30
TOTAL			7,48

➤ Plancher étages courants

Tableau II.2 : charge permanent de plancher courants

MATIERE	Epaisseur	Le poids	G (kn/m ²)
Cloisonnement	/	1	1
Grès cérame	1,2	23 ,33	0,28
Mortier de pose	2	20	0,4
Dalle en béton arme	12	25	2,49
Bac d'acier hi-bond 55	1	0,15	0,15
Climatisation	/	0,40	0,40
Faux plafond	/	0,30	0,30
TOTAL			5,53

➤ La charge d'exploitation Q

Les charges d'exploitation notées « Q », correspondent aux mobiliers et aux personnes qui habitent ou fréquentent l'immeuble.

Action permanente	Charge d'exploitation (KN/m ²)
Planchers terrasse inaccessible	1
Plancher étages courants(5eme-11eme)	1.5
3eme /4eme	2.5
RDC/1 ^{er} étage/2 ^{eme}	4
Sous- sol	2,5

II.3 Dimensionnement et vérification des solives

Les solives sont des poutrelles en IPE qui travaillent a la flexion simple, leur écartement (la distance entre une solive et l'autre) est pratiquement déterminé par la règle empirique de pré dimensionnement ,On pré dimensionnera la solive la plus sollicitée pour chaque plancher.

II.4 Plancher terrasse

$$L_{(\text{solive})} = 5.58 \text{ m}$$

$$\frac{L}{25} \leq h \leq \frac{L}{15}$$

Avec

H : la hauteur de profile

L : la longueur de la solive

$$\frac{5580}{25} \leq h \leq \frac{5580}{15}$$

$$223,2 \leq h \leq 362$$

On prend IPE 240 dont les caractéristiques sont les suivants

Profilé	G (kg/m)	A (cm ²)	h (mm)	b (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y (cm ⁴)	I _z (cm ⁴)	W _{ply} (cm ³)	i _y (cm)	i _z (cm)
IPE240	30,7	39,12	240	120	9,8	6,2	3892	283,6	366,6	9,97	2,69

— Phase de construction

Poids de profilé $gp = 0,307 \text{ kN/ml}$

Poids de Bac d'acier Hi-BONDE 55..... $Gb = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Poids propre de béton frais $G = 2,49 \text{ kN/m}^2$

Surcharge des ouvriers $Qc = 0,75 \text{ kN/m}^2$

- **Combinaison de charge**

L'entraxe entre les solives est de **1.8 m**.

ELU

$$q_u = 1,35G + 1,5Q$$

$$q_u = 1,35[G_P + (G_{\text{béton}} + G_{\text{bac}}) \times e] + 1,5(Qc \times e)$$

$$q_u = 1,35[0,307 + (0,15 + 3) \times 1,8] + 1,5(0,75 \times 1,8)$$

$$q_u = 10.093 \text{ KN/ml}$$

ELS

$$q_s = G + Q$$

$$q_s = G_p + e(G_{\text{béton}} + G_{\text{bac}}) + (Qc \times e)$$

$$q_s = 0,307 + 1.8(0,15 + 3) + (0,75 \times 1.8)$$

$$q_s = 7,327 \text{ KN/ml}$$

–Vérification à la flexion

$$M_{sd} \leq M_{pl,rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,rd} &= \frac{366,6 \times 275 \times 10^{-3}}{1} \\ &= 100,81 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{sd} &= \frac{q_u L^2}{8} \\ &= 39,282 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$M_{sd} \leq M_{pl,rd} \text{ Condition vérifiée}$$

–Vérification de l'effort tranchant

On doit vérifier que

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_{m0} \sqrt{3}}$$

$$V_{sd} = \frac{q_u L}{2} = 28,159 \text{ KN}$$

A_v : aire de cisaillement

$$A_v = A - 2b \times tf + (tw + 2r)tf = 1914 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,rd} = \frac{1914 \times 275 \times 10^{-3}}{1\sqrt{3}} = 303,88 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} \text{ Condition vérifiée}$$

$V_{sd} \leq 0,5 \times V_{pl,rd} = 151,94 \text{ KN}$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant

–Vérification du déversement

Les règlements préconisent la vérification du déversement lors de la phase de construction on doit vérifier que

$$M_{sd} \leq M_{b,rd} = \frac{\chi_{Lt} W_{pl} f_y}{\gamma_{m0} \beta_w}$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\phi_{Lt} + \sqrt{\phi_{Lt}^2 - \lambda_{LT}^2}}$$

$$\phi_{Lt} = [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2]$$

$$\text{Avec : } M_{sd} = 39,282 \text{ KN.m}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} \quad , \quad \text{avec: } \beta_A = 1 \text{ (section de classe 1 et 2)}$$

$$\lambda_{Lt} = \frac{K_L / i_z}{\sqrt{C_1 \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 + 1/20 \left[\frac{\frac{K_L}{i_z}}{h/t_f} \right]^2 \right]^{0,25}}}$$

$$\lambda_{Lt} = \frac{5580/26.9}{\sqrt{1.132 \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 + 1/20 \left[\frac{\frac{5580}{26.9}}{240/9.8} \right]^2 \right]^{0,25}}}$$

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} \text{ Condition vérifiée}$$

$V_{sd} \leq 0,5 \times V_{pl,rd} = 151,94 \text{ KN}$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant

–Vérification du déversement

$$M_{sd} \leq M_{b,rd} = \frac{\chi_{Lt} W_{pl} f_y}{\gamma_{m0} \beta_w}$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\phi_{Lt} + \sqrt{\phi_{Lt}^2 - \lambda_{LT}^2}}$$

$$\phi_{Lt} = [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2]$$

Avec : $M_{sd} = 39,282 \text{ KN.m}$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} \quad , \quad \text{avec: } \beta_A = 1 \text{ (section de classe 1 et 2)}$$

$$\lambda_{Lt} = \frac{K_L / i_z}{\sqrt{C_1 \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 + 1/20 \left[\frac{\frac{K_L}{i_z}}{h/t_f} \right]^2 \right]^{0,25}}}$$

$$\lambda_{Lt} = \frac{5580/26.9}{\sqrt{1.132 \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 + 1/20 \left[\frac{\frac{5580}{26.9}}{240/9.8} \right]^2 \right]^{0,25}}}$$

$\alpha_{Lt} = 0,21$ Profilés laminés

$$C_1 = 1,132 \quad \text{et } K_L (\text{Longueur de déversement}) = 5,580 \text{ m}$$

$$\lambda_{Lt} = 186,131$$

$$\lambda_1 = 86,71$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = 2,14$$

$$\phi_{Lt} = 5,987$$

$$\chi_{Lt} = 0,81$$

$$M_{b,rd} = 0,81 \times 1 \times 366,6 \times 10^3 \times \frac{275}{1,1} = 74,236 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 39,282 \text{ KN.m} \leq M_{b,rd} = 74,236 \text{ KN.m} \quad \text{Condition vérifiée}$$

–Vérification de la rigidité

Il faut vérifier que

$$f_{max} = \frac{5 q_s L^4}{384 E I_y} \leq f_{adm}$$

$$q_s = 7,327 \text{ KN} \quad , L = 5,58 \text{ m} \quad E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa} \quad I_y = 3892 \text{ cm}^4$$

Donc

$$f_{max} = \frac{5 \times 5580^4 \times 7,327}{384 \times 2,1 \times 10^5 \times 3892 \times 10^4} = 11,316 \text{ mm}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{5580}{250} = 22,32 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 11,316 \text{ mm} < f_{adm} = 22,32 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

– Phase finale

Le béton ayant durci, la section mixte travaille ensemble, les charges de la phase finale sont

Poids de profilé..... $G_p = 0,307 \text{ KN/ml}$

Charge permanente..... $G = 7,48 \text{ KN/m}^2$

Surcharge d'exploitation $Q = 1 \text{ KN/m}^2$

–Largeur effective de la dalle de béton b_{eff}

$b_{eff} = \inf \{ 2 \times \frac{l_o}{8} = 1,395 \text{ m} ; esp = 1.8 \text{ m} \}$:longueur libre de la poutre

esp : Entraxe des poutres

Donc : $b_{eff} = 1,395 \text{ m}$

–Combinaison des charges

ELU

$$q_u = 1,35[g_p + (G_t + g_{bac}) \times e] + 1,5 \times e(Q_c)$$

$$q_u = 1,35[0,307 + (7,48 + 0,15) \times 1.8] + 1,5 \times 1.8(1)$$

$$q_u = 21.655 \text{ KN/ml}$$

ELS

$$q_s = G + Q$$

$$q_s = g_p + e(G_t + g_{bac}) + (Q_c \times e)$$

$$q_s = 0,307 + 1.8(7,48 + 0,15) + 1.8(1)$$

$$q_s = 15.841 \text{ kN/ml}$$

–Position de l'axe neutre plastique

$$R_{\text{béton}} = 0,57 \times f_{ck} \times b_{eff} \times hc \quad \text{avec } f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$R_{\text{béton}} = 0,57 \times 25 \times 1395 \times 65 \times 10^{-3}$$

$$R_{\text{béton}} = 1292,118 \text{ kN}$$

$$R_{\text{acier}} = 0,95 \times f_y \times A_a$$

$$R_{\text{acier}} = 0,95 \times 275 \times 3912 = 1022,01 \text{ kN}$$

Donc $R_{\text{béton}} > R_{\text{acier}}$

L'axe neutre dans la dalle de béton, le moment plastique développé par la section mixte est

$$M_{pl,rd} = R_a \times \left[\left(\frac{h_a}{2} \right) + hc + h_p - \left(\frac{R_a}{R_b} \times \frac{h_p}{2} \right) \right]$$

$$M_{pl,rd} = 1022,01 \times \left[\left(\frac{240}{2} \right) + 65 + 55 - \left(\frac{1022,01}{1292,118} \times \frac{240}{2} \right) \right] = 148.278 \text{ kN.m}$$

– Vérification à la flexion

$$M_{sd} = \frac{q_u L^2}{8} = 84,282 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = 84,282 \text{ kN.m} \leq M_{pl,rd} = 148.278 \text{ kN.m}$$

condition vérifiée

– Vérification à l'effort tranchant

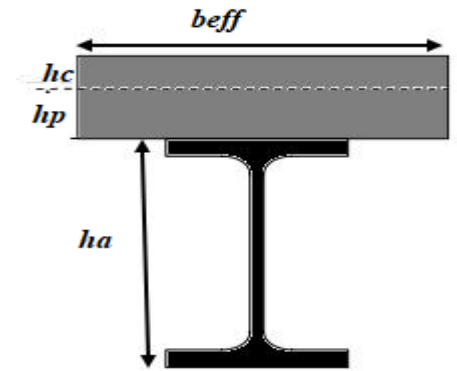
On doit vérifier que

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_{m0} \sqrt{3}}$$

$$V_{sd} = \frac{q_u L}{2} = 60,417 \text{ kN}$$

A_v : Aire de cisaillement

$$A_v = A - 2b \times tf + (tw + 2r)tf = 1914 \text{ mm}^2$$



$$V_{pl,rd} = \frac{1914 \times 275 \times 10^{-3}}{1\sqrt{3}} = 303,88 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$V_{sd} \leq 0,5 \times V_{pl,rd} = 151,94 \text{ kN}$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant

– **Vérification de rigidité**

Il faut vérifier que

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{q_s L^4}{EI_c} \leq f_{adm}$$

Avec

$$Z_a = \frac{h}{2} = \frac{240}{2} = 120 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = 15$$

$$Z_b = 240 + 32.5 + 55 = 327.5 \text{ mm}$$

$$A_b = h_c \cdot b_{eff} = 65 \cdot 1360$$

$$A_b = 88400 \text{ mm}$$

$$Z_{el} = \frac{120 \cdot 3912 + 327.5 \cdot 88400 / 15}{3912 + 88400 / 15}$$

$$Z_{el} = 244.714 \text{ mm}$$

$$I_c = I_a + \frac{h_c^3 \cdot b_{eff}}{12n} + A_a \left(\frac{h_a}{2} - z_{el} \right)^2 + \frac{h_c \cdot b_{eff}}{n} \cdot \left(\left(h_a + \frac{h_c + 2h_p}{2} \right) - z_{el} \right)^2$$

$$I_c = 158,02 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Donc

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{15.841 \times 5580^4}{2,1 \times 10^5 \times 158,02 \times 10^6} = 5.403 \text{ mm}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{5580}{250} = 22.32 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 5.403 \text{ mm} \leq \bar{f} = 22.32 \text{ mm}$$

Condition vérifiée

– Calcul des connecteurs

Détermination de l'effort P_{rd}

$$P_{rd} = \text{Inf} \left\{ \begin{array}{ll} 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \frac{\sqrt{F_{CK} E_C}}{\gamma_v} & \text{..Résistance dans le béton} \\ & \text{qui entoure le goujon} \\ 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \gamma_v} & \text{..La force dans le goujon} \end{array} \right.$$

f_{ck} : Résistance caractéristique de béton.....25 N/mm²

E_c : Module de Young de béton.....30,5 KN/mm

f_u : Résistance caractéristique des connecteurs...450 N/mm²

$\gamma_v = 1,25$.

$$\alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{h}{d} + 1 \right) \leq 1 \Rightarrow \alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{120}{19} + 1 \right) = 1,46 \Rightarrow \alpha = 1$$

Alors

$$P_{rd} = \text{Inf} (73,133 ; 81,656)$$

$$\text{Donc : } P_{rd} = 73,133 \text{ KN}$$

□ Influence du sens du bac d'acier

$$K_t = \frac{0,7}{\sqrt{N_r}} \times \frac{b_o}{h_p} \times \frac{h - h_p}{h_p}$$

$$N_r = 1$$

$$h_p = 55 \text{ mm (Hauteur de nervure)}$$

$$h = 95\text{mm} \quad b_o = 88,5\text{ mm}$$

$$K_t = \frac{0,7}{\sqrt{N_r}} \times \frac{88,5}{55} \times \frac{(95 - 55)}{55} = 0,82 < 1$$

–Effort tranchant repris par les goujons

$$R_L = \text{Inf} (R_{\text{Béton}} ; R_{\text{Acier}}) = \text{Inf} (1259,7\text{kN} ; 1022,01\text{ kN})$$

$$R_L = 1022,01\text{ kN}$$

–Nombre des connecteurs par demi-portée

$$N^{bre} \frac{R_L}{Kt * P_{rd}} = \frac{1022,01}{73,133 * 0,82} = 17,04 \quad \begin{array}{l} \text{Espacement} = 5580/34 \\ \text{Espacement} = 16\text{ cm} \end{array}$$

Soit N=17 goujons sur la demi longueur de la solive c'est-à-dire 34 connecteurs sur toute la longueur totale de la solive.

L'espacement minimal des connecteurs doit être supérieur à 5fois le diamètre.

$$e_{\min} \geq 5*d = 5 \times 19 = 95\text{ mm}$$

$$e_{\max} \geq 6*h_{sc} = 6 \times 95 = 570\text{ mm}$$

D'après la fiche technique de HBON55 On opte pour un espacement de 15 cm entre les goujons.

–Niveau 5/11 étage

Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la solive de (5/11) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.3: Tableau récapitulatif de la solive de (5/11) étage (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 39,282 KN.m	Vsd =28,15 KN	f _{max} =11,316 mm
Mplrd=100,81 KN.m	Vplrd=303,88KN	F _{adm} =22,32mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la solive de (5/11) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.4 : Tableau récapitulatif de la solive de (5/11) étage (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 71,092 KN.m	Vsd =50,962 KN	$f_{\max} = 5,033 \text{ mm}$
Mplrd=100,81 KN.m	Vplrd=303,88KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

–Niveau (3eme/4eme) étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la solive de (3/4) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.5 : Tableau récapitulatif de la solive de (3/4) étage (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 39,282 KN.m	Vsd =28,15 KN	$f_{\max} = 11,316 \text{ mm}$
Mplrd=100,81 KN.m	Vplrd=303,88KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la solive de (3/4) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.6 : Tableau récapitulatif de la solive de (3/4) étage (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 81,600 KN.m	Vsd =58,495KN	$f_{\max} = 5,707 \text{ mm}$
Mplrd=100,81 KN.m	Vplrd=303,88KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

– Niveau (RDC/1^{er}/2^{eme}) étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la solive d'étage RDC est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.7 : Tableau récapitulatif de la solive d'étage RDC (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 39,282 KN.m	Vsd =28,15 KN	f _{max} =11,316 mm
Mplrd=100,81 KN.m	Vplrd=303,88KN	F _{adm} =22,32mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la solive d'étage RDC est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.8: Tableau récapitulatif de la solive d'étage RDC (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 97,363KN.m	Vsd =69,794 KN	f _{max} = 6,744 mm
Mplrd=100,81 KN.m	Vplrd=303,88KN	F _{adm} =22,32mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

II.5 Pré dimensionnement des poutres secondaires

II.5.1 Plancher terrasse

$$L_{(solive)} = 5.58 \text{ m}$$

$$\frac{L}{25} \leq h \leq \frac{L}{15}$$

Avec

H : la hauteur de profile

L : la longueur de la solive

$$\frac{5580}{25} \leq h \leq \frac{5580}{15}$$

$$223,2 \leq h \leq 362$$

On prend IPE 240 dont les caractéristiques sont les suivants

Profilé	G (kg/m)	A (cm ²)	h (mm)	b (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y (cm ⁴)	I _z (cm ⁴)	W _{ply} (cm ³)	i _y (cm)	i _z (cm)
HEA240	60,3	76,8	230	240	12	7,5	7763	2769	744,6	10,05	6,00

➤ Phase de construction

Poids de profilé $gp = 0,603 \text{ kN/ml}$

Poids de Bac d'acier Hi-BONDE 55..... $Gb = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Poids propre de béton frais $G = 3,00 \text{ kN/m}^2$

Surcharge des ouvriers $Qc = 0,75 \text{ kN/m}^2$

• Combinaison de charge

L'entraxe entre les solives est de **1.8 m**.

ELU

$$q_u = 1,35G + 1,5Q$$

$$q_u = 1,35[G_P + (G_{\text{béton}} + G_{\text{bac}}) \times e] + 1,5(Qc \times e)$$

$$q_u = 1,35[0,603 + (0,15 + 3) \times 1,8] + 1,5(0,75 \times 1,8)$$

$$q_u = 10,49 \text{ KN/ml}$$

ELS

$$q_s = G + Q$$

$$q_s = G_p + e(G_{\text{béton}} + G_{\text{bac}}) + (Qc \times e)$$

$$q_s = 0,603 + 1,8(0,15 + 3) + (0,75 \times 1,8)$$

$$q_s = 7,623 \text{ KN/ml}$$

– Vérification à la flexion

$$M_{sd} \leq M_{pl,rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$M_{pl,rd} = \frac{744,6 \times 275 \times 10^{-3}}{1}$$

$$= 204,765 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = \frac{q_u L^2}{8}$$

$$= 40,827 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} \leq M_{pl,rd} \text{ Condition vérifiée}$$

– Vérification de l'effort tranchant

On doit vérifier que

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_{m0} \sqrt{3}}$$

$$V_{sd} = \frac{q_u L}{2} = 28,159 \text{ KN}$$

A_v : aire de cisaillement

$$A_v = A - 2b \times tf + (tw + 2r)tf = 2518 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,rd} = \frac{2518 \times 275 \times 10^{-3}}{1\sqrt{3}} = 399,786 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} \text{ Condition vérifiée}$$

$V_{sd} \leq 0,5 \times V_{pl,rd} = 199 \text{ KN}$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant

– **Vérification du déversement**

Les règlements préconisent la vérification du déversement lors de la phase de construction on doit vérifier que :

$$M_{sd} \leq M_{b,rd} = \frac{\chi_{Lt} w_{pl} f_y}{\gamma_{m0} \beta_w}$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\phi_{Lt} + \sqrt{\phi_{Lt}^2 - \lambda_{LT}^2}}$$

$$\phi_{Lt} = [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2]$$

Avec : $M_{sd} = 40,82 \text{ KN.m}$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} \quad , \quad \text{avec: } \beta_A = 1 \text{ (section de classe 1 et 2)}$$

$$\lambda_{Lt} = \frac{K_L / i_z}{\sqrt{C_1 \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 + 1/20 \left[\frac{\frac{K_L}{i_z}}{h/t_f} \right]^2 \right]^{0,25}}}$$

$$\lambda_{Lt} = \frac{5580/60}{\sqrt{1.132 \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 + 1/20 \left[\frac{\frac{5580}{60}}{230/12} \right]^2 \right]^{0,25}}}$$

$\alpha_{Lt} = 0,21$ Profilés laminés

$$C_1 = 1,132 \quad \text{et } K_L (\text{Longueur de déversement}) = 5.580 \text{ m}$$

$$\lambda_{Lt} = 79,210$$

$$\lambda_1 = 86.71$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = 0,91$$

$$\phi_{Lt} = 1,488$$

$$\chi_{Lt} = 0,375$$

$$M_{b,rd} = 0,375 \times 1 \times 744,6 \times 10^3 \times \frac{275}{1} = 76,786 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 40,82 \text{ KN.m} \leq M_{b,rd} = 76,786 \text{ KN.m} \quad \text{Condition vérifiée}$$

– Vérification de la rigidité

Il faut vérifier que

$$f_{max} = \frac{5 q_s L^4}{384 E I_y} \leq f_{adm}$$

$$q_s = 7,327 \text{ KN} , L = 5.58 \text{ m} \quad E = 2,1.10^5 \text{ MPa} \quad I_y = 3892 \text{ cm}^4$$

Donc

$$f_{max} = \frac{5 \times 5580^4 \times 7,623}{384 \times 2,1 \times 10^5 \times 7763 \times 10^4} = 5,902 \text{ mm}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{5580}{250} = 22,32 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 5,902 \text{ mm} < f_{adm} = 22,32 \text{ mm} \quad \text{Condition vérifiée}$$

➤ Phase finale

Le béton ayant durci, la section mixte travaille ensemble, les charges de la phase finale sont

$$\text{Poids de profilé} \dots\dots\dots G_p = 0,603 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Charge permanente} \dots\dots\dots G = 7,48 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Surcharge d'exploitation} \dots\dots\dots Q = 1 \text{ KN/m}^2$$

– Largeur effective de la dalle de béton b_{eff}

$$b_{eff} = \inf \left\{ 2 \times \frac{l_o}{8} = 1,395 \text{ m} ; esp = 1,8 \text{ m} \right\} l_o : \text{longueur libre de la poutre}$$

esp : Entraxe des poutres

$$\text{Donc : } b_{eff} = 1,395 \text{ m}$$

– Combinaison des charges

ELU

$$q_u = 1,35 [g_p + (G_t + g_{bac}) \times e] + 1,5 \times e(Q_c)$$

$$q_u = 1,35 [0,603 + (7,48 + 0,15) \times 1,8] + 1,5 \times 1,8(1)$$

$$q_u = 22,054 \text{ kN/ml}$$

ELS

$$q_s = G + Q$$

$$q_s = g_p + e(G_t + g_{bac}) + (Q_c \times e)$$

$$q_s = 0,603 + 1,8(7,48 + 0,15) + 1,8(1)$$

$$q_s = 16,137 \text{ kN/ml}$$

Position de l'axe neutre plastique

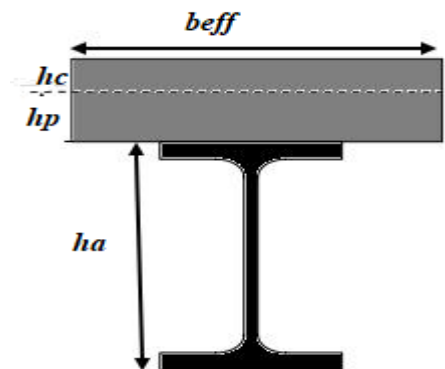
$$R_{\text{béton}} = 0,57 \times f_{ck} \times b_{eff} \times hc \quad \text{avec } f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$R_{\text{béton}} = 0,57 \times 25 \times 1395 \times 65 \times 10^{-3}$$

$$R_{\text{béton}} = 1292,118 \text{ kN}$$

$$R_{\text{acier}} = 0,95 \times f_y \times A_a$$

$$R_{\text{acier}} = 0,95 \times 275 \times 7680 = 2006,4 \text{ kN}$$



Donc : $R_{\text{béton}} > R_{\text{acier}}$

L'axe neutre dans la dalle de béton, le moment plastique développé par la section mixte est

$$M_{pl,rd} = R_a \times \left[\left(\frac{h_a}{2} \right) + hc + h_p - \left(\frac{R_a}{R_b} \times \frac{h_p}{2} \right) \right]$$

$$M_{pl,rd} = 2006,4 \times \left[\left(\frac{230}{2} \right) + 65 + 55 - \left(\frac{2006,4}{1292,118} \times \frac{230}{2} \right) \right] = 230,677 \text{ kN.m}$$

– **Vérification à la flexion**

$$M_{sd} = \frac{q_u L^2}{8} = 85,835 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = 85,835 \text{ kN.m} \leq M_{pl,rd} = 230,677 \text{ kN.m} \quad \text{condition vérifiée}$$

– **Vérification à l'effort tranchant**

On doit vérifier que

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_{m0} \sqrt{3}}$$

$$V_{sd} = \frac{q_u L}{2} = 61,530 \text{ kN}$$

A_v : Aire de cisaillement

$$A_v = A - 2b \times tf + (tw + 2r)tf = 2518 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,rd} = \frac{2518 \times 275 \times 10^{-3}}{1\sqrt{3}} = 399,786 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{pl,rd} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$V_{sd} \leq 0,5 \times V_{pl,rd} = 199,893 \text{ kN}$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

– Vérification de rigidité

Il faut vérifier que

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{q_s L^4}{EI_c} \leq f_{adm}$$

Avec

$$Z_a = \frac{h}{2} = \frac{240}{2} = 120 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = 15$$

$$Z_b = 240 + 32.5 + 55 = 327.5 \text{ mm}$$

$$A_b = h_c \cdot b_{eff} = 65 \cdot 1360$$

$$A_b = 88400 \text{ mm}$$

$$Z_{el} = \frac{120 \cdot 3912 + 327.5 \cdot 88400 / 15}{3912 + 88400 / 15}$$

$$Z_{el} = 244.714 \text{ mm}$$

$$I_c = I_a + \frac{h_c^3 \cdot b_{eff}}{12n} + A_a \left(\frac{h_a}{2} - z_{el} \right)^2 + \frac{h_c \cdot b_{eff}}{n} \cdot \left(\left(h_a + \frac{h_c + 2h_p}{2} \right) - z_{el} \right)^2$$

$$I_c = 158,02 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Donc

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{15.841 \times 5580^4}{2,1 \times 10^5 \times 158,02 \times 10^6} = 6,138 \text{ mm}$$

$$f_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{5580}{250} = 22.32 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 6,138 \text{ mm} \leq \bar{f} = 22.32 \text{ mm}$$

Condition vérifiée

– Niveau 5/11 étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la poutre secondaire de (5/11) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.9: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (5/11) étage (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 40,827 KN.m	Vsd =28,159KN	$f_{\max} = 5,902 \text{ mm}$
Mplrd=230,67 KN.m	Vplrd=399,786KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la poutre secondaire de (5/11) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.10: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (5/11) étage (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 72,649 KN.m	Vsd =52,078 KN	$f_{\max} = 5,145 \text{ mm}$
Mplrd=230,67 KN.m	Vplrd=399,786KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

– Niveau (3eme/4eme) étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la poutre secondaire de (3/4) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.11: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (3/4) étage (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 40,827 KN.m	Vsd =28,159KN	$f_{\max} = 5,902 \text{ mm}$
Mplrd=230,67 KN.m	Vplrd=399,786KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la poutre secondaire de (3/4) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.12: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire de (3/4) étage (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 83,157KN.m	Vsd =59,611 KN	$f_{\max} = 5,830 \text{ mm}$
Mplrd=230,67 KN.m	Vplrd=399,786KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

– Niveau (RDC/1^{er}/2^{eme}) étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la poutre secondaire d'étage RDC est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.13: Tableau récapitulatif de la poutre secondaire d'étage RDC (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 40,827 KN.m	Vsd =28,159KN	$f_{\max} = 5,902 \text{ mm}$
Mplrd=230,67 KN.m	Vplrd=399,786KN	$F_{\text{adm}} = 22,32\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la poutre secondaire d'étage RDC est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.14 : Tableau récapitulatif de la poutre secondaire d'étage RDC (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 98,920KN.m	Vsd =70,910 KN	f _{max} = 6,857 mm
Mplrd=230,67 KN.m	Vplrd=399,786KN	F _{adm} =22,32mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

II.5.2 Pré dimensionnement des poutres principale

➤ Plancher Terrasse

$$\frac{L}{25} \leq h \leq \frac{L}{15}$$

$$\frac{5430}{25} \leq h \leq \frac{5430}{15}$$

$$217,2 \text{ mm} \leq h \leq 362 \text{ mm}$$

On choisit un **HEA 300** qui a les caractéristiques suivantes

Profilé	G (kg/m)	A (cm ²)	h (mm)	B (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y (cm ⁴)	I _z (cm ⁴)	W _{ply} (cm ³)	i _y (cm)	i _z (cm)
HEA300	88,3	112,2	290	300	14	8,5	18260	6310	1383	12,74	7,49

➤ Phase de construction

Le profilé d'acier travail seul, donc les charges de la phase de construction, en plus des réactions des solives sont

Poids de profilé gp = 0.883 KN/ml

Poids de Bac d'acier Hi-BONDE 55..... $G_b = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Poids propre de béton frais $G = 2,49 \text{ kN/m}^2$

Surcharge des ouvriers $Q_c = 0,75 \text{ kN/m}^2$

- **Calcul des réactions des solives**

$$R = \frac{q_{u(solive)} \times L(solive)}{2}$$

Les réactions des solives

R1 = R2

ELU

$q_u = 10.093 \text{ KN/ml}$

$R_u = 28.15 \text{ KN}$

ELS

$q_s = 7.327 \text{ KN/ml}$

$R_s = 20.44 \text{ KN}$

- **Combinaison de charge**

ELU

$$q_u = 1,35G + 1,5Q$$

$$q_u = 1,35[0,307 + (0,15 + 3) \times 0,3] + 1,5(1 \times 0,3)$$

$q_u = 2,1402$

ELS

$$q_s = G + Q$$

$$q_s = g_p + 0,3(G_{\text{béton}+g_{\text{bac}}}) + (Q_c \times 0,3)$$

$$q_s = 0.883 + 0,3(0,15 + 3) + (0,75 \times 0,3)$$

$$q_s = 4,078 \text{ kN/ml}$$

– **Vérification à la flexion**

$$M_{sd} \leq M_{pl,rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$M_{pl,rd} = \frac{1383 \times 275 \times 10^{-3}}{1} = 380,325 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = \frac{q_u L^2}{8} + \left(\frac{RL}{3} \times 2\right) = 26,654 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} \leq M_{pl,rd} \text{ Condition vérifiée}$$

– **Vérification de l'effort tranchant**

on doit vérifier que : $V_{sd} \leq V_{pl,rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_{m0} \sqrt{3}}$

$$A_v = A - 2b \times t_f + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 3728 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,rd} = \frac{3728 \times 275 \times 10^{-3}}{1\sqrt{3}} = 591.899 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = \frac{q_u L}{2} + (2P) = 62,110 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 62,110 \text{ kN} \leq V_{pl,rd} = 591.899 \text{ kN} \text{ Condition vérifiée}$$

$$V_{sd} = 62,110 \text{ kN} \leq 0,5V_{pl,rd} = 295,949 \text{ kN}$$

– **Vérification du déversement**

La poutre étant maintenue latéralement par les solives de part et d'autre, on considérera que la poutre ne risque pas de se déverser.

– Vérification de la rigidité

Il faut vérifier que

$$f_{max} = \frac{5 q_s \times L^4}{384 E I_y} + \frac{23 P L^2}{348 E I_y} \leq f_{adm}$$

Donc

- $f_{max} = \frac{5 \times 5430^4 \times 4,078}{384 \times 18260 \times 10^4 \times 2,1 \times 10^5} + \left(\frac{19 \times 20,44 \times 5430^3}{384 \times 18260 \times 10^4 \times 2,1 \times 10^5} \times 2 \right) = 1,203 \text{ mm}$
- $f_{adm} = \frac{l}{250} = \frac{5430}{250} = 21,72 \text{ mm}$

$f_{max} < f_{adm}$ **Condition vérifiée**

➤ Phase finale

Poids de profilé..... $g_p = 0,883 \text{ KN/ml}$

Charge permanente..... $G = 7,48 \text{ KN/m}^2$

Surcharge d'exploitation $Q = 1 \text{ KN/m}^2$

Calcul des réactions des solives

$$R = \frac{q_u(\text{solive}) \times L(\text{solive})}{2}$$

ELU

$q_u = 21,655 \text{ KN/ml}$

$R_u = 60,309 \text{ KN}$

ELS

$q_s = 15,841 \text{ KN/ml}$

$R_s = 44,117 \text{ KN}$

• **Combinaison des charges**

ELU

$$q_u = 1,35[g_p + (G_t \times 0,3)] + 1,5(Q_t \times 0,3))$$

$$q_u = 1,35[0,883 + (7,48 \times 0,3))] + 1,5(1 \times 0,3))$$

$$q_u = 4,671 \text{ KN/ml}$$

ELS

$$q_s = G + Q$$

$$q_s = gp + (0,3 \times Gt) + (Qt \times 0,3)$$

$$q_s = 0,883 + (0,3 \times 7,48) + (1 \times 0,3)$$

$$q_s = 3,427 \text{ KN/ml}$$

- **Largeur effective de la dalle de béton**

$$b_{eff} = \inf \left\{ 2 \times \frac{l_o}{8} = 1,350m ; esp = 1,8m \right\} \begin{cases} l_o : \text{longueur libre de la poutre} \\ esp : \text{entraxe des poutres} \end{cases} \text{ Donc : } b_{eff} = 1,390m$$

- **Position de l'axe neutre plastique**

$$R_{Béton} = 0,57 \times b_{eff} \times hc \times fck \quad \text{avec} \quad fck = 25 \text{ MPa}$$

$$R_{Béton} = (0,57 \times 1350 \times 65 \times 25) \times 10^{-3} \Rightarrow R_{Béton} = 1250,43 \text{ kN}$$

$$R_{acier} = 0,95 \times Aa \times fy$$

$$R_{acier} = (0,95 \times 112,2 \times 10^2 \times 275) \times 10^{-3} = 2931,225 \text{ kN}$$

$$R_{Béton} < R_{acier}$$

$$R_w = 0,9 \times fy \times d \times tw = 0,95 \times 275 \times 208 \times 8,5 \times 10^{-3} = 461,89 \text{ kN}$$

$$R_{Béton} > R_w$$

Axe neutre se trouve dans la semelle supérieure du profilé

$$M_{pl,rd} = Ra \times \left(\frac{ha}{2}\right) + Rb \times \left(\frac{hc}{2} + hp\right)$$

$$M_{pl,rd} = 2931,2257 \times \left(\frac{300}{2}\right) + 1250,43 \times \left(\frac{65}{2} + 55\right) \times 10^{-3} = 439,79 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = \frac{q_u L^2}{8} + \left(\frac{RL}{3} \times 2\right) = 119,118 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} < M_{pl,rd} \quad \text{Condition Vérifiée.}$$

- Effort tranchant

On doit vérifier que : $V_{sd} \leq V_{pl,rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M_0} \sqrt{3}}$

$$V_{sd} = \frac{q_u L}{2} + (P \times 2) = 165,53 \text{ kN}$$

$$A_v = A - 2b \times t_f + (tw + 2r)t_f$$

$$A_v = 3728 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,rd} = \frac{3728 \times 275 \times 10^{-3}}{1\sqrt{3}} = 591.899 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 165,53 \text{ kN} \leq V_{pl,rd} = 591.899 \text{ kN} \quad \text{Condition vérifiée}$$

$$V_{sd} = 165,53 \text{ kN} \leq 0,5V_{pl,rd} = 295,949 \text{ kN}$$

- Vérification de rigidité

Il faut vérifier que

$$f_{max} = \frac{5 q_s \times L^4}{384 E I_c} + \left(2 \times \frac{19 P L^2}{348 E I_c}\right) \leq f_{adm}$$

$$z_{el} = \frac{Z_a A_a + Z_b \frac{A_b}{n}}{A_a + \frac{A_b}{n}} \quad \text{avec : } n=15$$

Avec

$$Z_a = \frac{h_a}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

$$Z_b = h_a + h_p + \frac{h_c}{2} = 300 + 55 + \frac{65}{2} = 387,5 \text{ mm}$$

$$A_b = h_c \times b_{eff} = 65 \times 1390 = 90350 \text{ mm}^2$$

$$z_{el} = \frac{150 \times 112,2 \times 10^2 + 387,5 \times \frac{90350}{15}}{112,2 \times 10^2 + \frac{90350}{15}} = 232,96 \text{ mm}$$

$$I_c = I_a + \frac{h_c^3 \times b_{eff}}{12n} + A_a \left(\frac{h_a}{2} - z_{el} \right)^2 + \frac{h_c \times b_{eff}}{n} \times \left(\left(h_a + \frac{h_c + 2h_p}{2} \right) - z_{el} \right)^2$$

$$I_c = 18260 \times 10^4 + \frac{65^3 \cdot 1390}{12 \times 15} + 112,2 \times 10^2 \left(\frac{300}{2} - 232,96 \right)^2 + \frac{65 \cdot 1390}{15} \left(\left(300 + \frac{65+2 \times 55}{2} \right) - 232,96 \right)^2$$

$$I_c = 405,79 \times 10^6$$

$$f_{max} = \frac{5 \times 5430^4 \times 3,427}{384 \times 405,79 \times 10^6 \times 2,1 \times 10^5} + \left(\frac{19 \times 20,44 \times 5430^3}{348 \times 405,79 \times 10^6 \times 2,1 \times 10^5} \times 2 \right)$$

$$f_{max} = 0,459 \text{ mm}$$

$$f_{adm} = \frac{l}{250} = \frac{5430}{250} = 21,72 \text{ mm}$$

$f_{max} < f_{adm}$ **Condition vérifiée**

- **Calcul des connecteurs (connexion totale)**

Détermination de la résistance du goujon

$$P_{rd} = \inf \left\{ \begin{array}{l} 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \frac{\sqrt{f_{c28} \cdot E_c}}{\gamma_v} \\ 0.8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \gamma_v} \end{array} \right.$$

Alors

$$P_{rd} = \inf \left\{ \begin{array}{l} 0.29 \cdot 1 \cdot 19^2 \cdot \frac{\sqrt{25.30500}}{1,25} = 73,133 \text{ KN} \\ 0.8 \cdot 450 \cdot \frac{\pi \cdot 19^2}{4 \cdot 1,25} = 81,656 \text{ KN} \end{array} \right.$$

$$P_{rd} = \inf \left\{ \begin{array}{l} 73,133 \text{ KN} \\ 81,656 \text{ KN} \end{array} \right.$$

$$P_{rd} = 73,133 \text{ KN}$$

- **Influence du sens du bac d'acier**

K_t Coefficient de réduction en fonction du sens des nervures de bac pour un bac d'acier dont les nervures sont parallèles à la poutre. Le coefficient de réduction pour la résistance au cisaillement est calculé par

$$Kt = \left\{ 0.6 \times \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1 \right.$$

Avec

- N_r : le nombre de goujon par nervure, on le prend égal à 1
- h_c : hauteur de la dalle en béton
- h_p : hauteur du bac d'acier
- b_0 : largeur de la nervure (d'après la fiche technique du HIBOND55)

$$Kt = \left\{ 0.6 \times \frac{88,5}{55} \left(\frac{95}{55} - 1 \right) \right.$$

$$Kt = 0,702$$

- **Effort tranchant repris par les goujons**

$$R_L = \text{Inf} (R_{\text{Béton}} ; R_{\text{Acier}}) = \text{Inf} (1250,43 \text{ kN} ; 2581,672 \text{ kN})$$

$$R_L = 1250,43 \text{ kN}$$

- **Nombre des connecteurs par demi-portée**

$$N^{bre} \frac{R_L}{Kt * P_{rd}} = \frac{1250,43}{73,133 * 0,702} = 24,3$$

Soit $N=24$ goujons sur la demi longueur de la poutre c'est-à-dire 48 connecteurs sur toute la longueur totale de la poutre.

L'espace minimal des connecteurs doit être supérieur à 5 fois le diamètre.

$$e_{\min} \geq 5 * d = 5 * 19 = 95 \text{ mm}$$

$$e_{\max} \geq 6 * h_{sc} = 6 * 95 = 570 \text{ mm}$$

$$esp = \frac{L}{N_{bre} - 1} = \frac{5430}{48 - 1} = 115,53 \text{ cm}$$

$$e_{\min} \leq 115,53 \leq e_{\max}$$

On opte pour un espacement de 11 cm entre les goujons.

– Niveau 4/11 étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la poutre de (4/11) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.15: Tableau récapitulatif de poutre de (4/11) étage (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 119,11 KN.m	Vsd =165,53 KN	$f_{\max} = 0,459 \text{ mm}$
Mplrd=439,79 KN.m	Vplrd=591,899KN	$F_{\text{adm}} = 21,72 \text{ mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la poutre de (4/11) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.16: Tableau récapitulatif de la poutre de (4/11) étage (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 200,478 KN.m	Vsd =113,708 KN	$f_{\max} = 0,397 \text{ mm}$
Mplrd=439,79 KN.m	Vplrd=591,899KN	$F_{\text{adm}} = 21,72 \text{ mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

– Niveau (2eme/3eme) étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la poutre de (2/3) étage courant est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.17: Tableau récapitulatif de la poutre de (2/3) étage (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 119,11 KN.m	Vsd =165,53 KN	$f_{\max} = 0,459$ mm
Mplrd=439,79 KN.m	Vplrd=591,899KN	$F_{\text{adm}} = 21,72$ mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la solive de (2/3) étage est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.18 : Tableau récapitulatif de la poutre de (2/3) étage (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 240,083 KN.m	Vsd =130,973KN	$f_{\max} = 0,512$ mm
Mplrd=439,79 KN.m	Vplrd=591,899KN	$F_{\text{adm}} = 21,72$ mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

– Niveau (RDC/1^{er}/2^{eme}) étage

➤ Phase de construction

Le résultat obtenu pour la phase de construction de la poutre d'étage RDC est représenté dans le tableau suivant

Tableau II.19: Tableau récapitulatif de la poutre d'étage RDC (phase de construction)

Vérification du profile en phase de construction		
Moment fléchissant	Effort tranchant	La flèche
Msd= 119,11 KN.m	Vsd =165,53 KN	$f_{\max} = 0,459$ mm
Mplrd=439,79 KN.m	Vplrd=591,899KN	$F_{\text{adm}} = 21,72$ mm
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

➤ Phase finale

Le résultat obtenu pour la phase finale de la poutre d'étage RDC représenté dans le tableau suivant

Tableau II.20: Tableau récapitulatif de la poutre d'étage RDC (phase final)

Vérification du profile en phase de final		
Moment fléchissent	Effort tranchant	La flèche
Msd= 286,277KN.m	Vsd =156,145KN	$f_{\max} = 0,598\text{mm}$
Mplrd=439,79KN.m	Vplrd=591,899KN	$F_{\text{adm}} = 21,72\text{mm}$
Condition vérifié	Condition vérifié	Condition vérifié

II.5.3 Pré- dimensionnement des poteaux

Les poteaux sont des éléments verticaux qui doivent reprendre les efforts (compression, flexion) et les transmette aux fondations.

II.5.3.1 Principe de calcul

Les poteaux sont pré-dimensionnés en compression simple en choisissant le poteau le plus sollicité de la structure. C'est-à-dire, un poteau central.

Le poteau est affecté de la surface du plancher chargé lui revenant, on utilisera un calcul basé sur la descente de charge

II.5.3.2 Étapes de pré dimensionnement

- ✓ Calcul de la surface reprise par chaque poteau.
- ✓ Évaluation de l'effort normal ultime de la compression à chaque niveau d'après la descente des charges.
- ✓ La section du poteau est alors calculée aux états limite ultime (ELU) vis-à-vis de la compression simple du poteau.

$$N_u = 1,35G + 1,5Q$$

- G : Poids propre des éléments qui sollicite le poteau étudié non compris son poids propre.
- Q : Surcharge d'exploitation dans le cas où la charge d'exploitation est la même pour tous les étages, la loi de dégression est équivalente à la règle usuelle dans

laquelle les charges d'exploitation de chaque étage sont réduites.

- **Loi de dégression des surcharges [1]**

Soit Q_0 la charge d'exploitation sur le toit ou la terrasse couvrant le bâtiment, $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ les charges d'exploitation respectives des planchers des étages 1, 2, 3..., n numérotés à partir du sommet du bâtiment. [1]

On adoptera pour le calcul Loi de dégression conformément à ; l'article stipule que, pour les bâtiments a usage multiple, et dont les niveaux dépassent 5 étages, on applique une réduction de 10% sur les charges d'exploitations, comme la proposition ci-dessous

Q_0	(0)	Q_0
Q_1	(1)	
Q_2	(2)	$Q_0 + Q_1$
Q_3	(3)	
Q_4	(4)	$Q_0 + Q_1 + 0.9Q_2$
Q_5	(5)	
Q_6	(6)	$Q_0 + Q_1 + 0.9Q_2 + 0.8Q_3$
Q_7	(7)	
Q_8	(8)	$Q_0 + Q_1 + 0.9Q_2 + 0.8Q_3 + 0.7Q_4$
Q_9	(9)	
Q_{10}		$Q_0 + Q_1 + 0.9Q_2 + 0.8Q_3 + 0.7Q_4 + 0.6Q_5$

Le pré dimensionnement des poteaux est basé sur la formule suivante :

$$N_{sd} \leq N_{c,rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

Donc :

$$A \geq \frac{N_{sd} \times \gamma_{m0}}{f_y}; \text{ avec: } \begin{cases} f_y = 275 \text{ MPa} \\ \gamma_{m1} = 1,1 \end{cases}$$

Plancher terrasse

Charge permanente : $G = 7,48 \text{ kN/m}^2$.

Surcharge d'exploitation : $Q = 1 \text{ kN/m}^2$.

Plancher courant 5^{eme} / 11^{eme}

Charge permanente..... $G = 5,53 \text{ kN/m}^2$

Surcharge d'exploitation..... $Q = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Plancher 3^{eme}/4^{eme}Charge permanente..... $G = 5,53 \text{ KN/m}^2$ Surcharge d'exploitation..... $Q = 2,5 \text{ KN/m}^2$ **RDC /1^{er} / 2^{eme}**Charge permanente..... $G = 5,53 \text{ KN/m}^2$ Surcharge d'exploitation..... $Q = 4 \text{ KN/m}^2$ **II.5.3.3 La Descente des charges**

La surface qui revient au poteau est

$$S_c (\text{Courant}) = 29,42 \text{ m}^2$$

$$S_t (\text{Terrasse}) = 29,42 \text{ m}^2$$

$$G_T = (G_T * S) + (G_{pp} * L_{pp}) + (G_{ps} * L_{ps}) + n(G_{solive} * L_{solive})$$

$$G_C = (G_C * S) + (G_{pp} * L_{pp}) + (G_{ps} * L_{ps}) + n(G_{solive} * L_{solive})$$

Le pré dimensionnement des poteaux est basé sur la formule suivante

$$N_{sd} \leq N_{c,rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

Donc :

$$A \geq \frac{N_{sd} \times \gamma_{m0}}{f_y}; \text{ avec: } \begin{cases} f_y = 275 \text{ MPa} \\ \gamma_{m1} = 1,1 \end{cases}$$

Plancher terrasse

$$G_T = (G_T * S) + \left(G_{HEA300} * \frac{L_{pp}}{2} \right) * 2 + (G_{ps} * L_{ps}) + n(G_{solive} * L_{solive})$$

$$G_T = (7,48 * 29,24) + \left(0,883 * \frac{5,43}{2} \right) * 2 + (0,307 * 5,58) + 2(0,307 * 5,43)$$

$$G_T = 288,556 \text{ KN}$$

Plancher courant 5^{eme} /11^{eme}

$$G_C = (G_C * S) + \left(G_{HEA300} * \frac{L_{pp}}{2} \right) * 2 + (G_{ps} * L_{ps}) + n(G_{solive} * L_{solive})$$

$$G_C = (5,53 * 29,24) + 0,883 * \frac{5,43}{2} * 2 + (0,603 * 5,58) + 2(0,307 * 5,58)$$

$$G_C = 171,538 \text{ KN}$$

Plancher 3^{eme} / 4^{eme}

$$G_C = (G_C * S) + \left(G_{HEA300} * \frac{L_{pp}}{2} \right) * 2 + (G_{ps} * L_{ps}) + n(G_{solive} * L_{solive})$$

$$G_C = (5,53 * 29,24) + \left(0,883 * \frac{5,84}{2} \right) * 2 + (0,603 * 5,58) + 2(0,307 * 5,58)$$

$$G_C = 180,68 \text{ KN}$$

RDC/1^{er}/2^{eme}

$$G_C = (G_C * S) + \left(G_{HEA300} * \frac{L_{pp}}{2} \right) * 2 + (G_{ps} * L_{ps}) + n(G_{solive} * L_{solive})$$

$$G_C = (5,53 * 29,24) + \left(0,883 * \frac{5,84}{2} \right) * 2 + (0,603 * 5,58) + 2(0,307 * 5,58)$$

$$G_C = 180,68 \text{ KN}$$

✓ **Les charges d'exploitation :**

- Plancher terrasse : $Q_t * S = 1,0 \times 29,24 = 29,24 \text{ kN}$
- Plancher 5^{eme}/11^{eme} : $Q_c * S = 1.5 \times 29,24 = 43,86 \text{ KN}$
- 4^{eme}/3^{eme} : $Q_c * S = 2.5 \times 29,24 = 73,10 \text{ KN}$
- RDC /1^{er} /2^{eme} : $Q_c * S = 4 \times 29,24 = 116,96 \text{ KN}$

Niveau	Surface (m2)	Loi de dégression	Q _{cumulée} (KN/m ²)	Surcharges (KN)
12	29,24	$\Sigma 0 = Q_0$	1	29,24
11	29,24	$\Sigma 1 = Q_0 + Q_1$	3,5	102,34
10	29,24	$\Sigma 2 = Q_0 + 0,95(Q_1 + Q_2)$	3,85	112,574
9	29,24	$\Sigma 3 = Q_0 + 0,90(Q_1 + Q_2 + Q_3)$	5,05	147,662
8	29,24	$\Sigma 4 = Q_0 + 0,85(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$	6,1	178,364
7	29,24	$\Sigma 5 = Q_0 + 0,8(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$	7	204,68
6	29,24	$\Sigma 6 = Q_0 + 0,75(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$	7,75	226,61
5	29,24	$\Sigma 7 = Q_0 + 0,71(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7)$	8,455	247,2242
4	29,24	$\Sigma 8 = Q_0 + 0,69(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8)$	9,28	271,3472
3	29,24	$\Sigma 9 = Q_0 + 0,66(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9)$	11,005	321,7862
2	29,24	$\Sigma 10 = Q_0 + 0,65(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10})$	12,73	372,2252
1 ^{er}	29,24	$\Sigma 11 = Q_0 + 0,63(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11})$	15,49	452,9276
RDC	29,24	$\Sigma 12 = Q_0 + 0,62(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12})$	18,25	533,63
SOUS_SOL	29,24	$\Sigma 13 = Q_0 + 0,61(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{13})$	21,01	614,3324

➤ Loi de dégression

ETAGE	G (KN)	Q (KN)	G cumule (KN)	Q cumule (KN)	Nu (KN)	A (calculé) mm ²	Profilé	A mm ²
12	171,538	43,86	171,576	43,86	385,1376	1540,55	HEA160	3880
11	171,538	43,86	343,152	87,72	632,1162	2528,465	HEA160	3880
10	171,538	43,86	514,728	131,58	916,3758	3665,503	HEA160	3880
9	171,538	43,86	686,304	175,44	1194,056	4776,226	HEA240	7680

8	171,538	43,86	857,88	204,68	1465,158	5860,632	HEA240	7680
7	171,538	43,86	1029,456	226,61	1729,681	6918,722	HEA240	7680
6	171,538	43,86	1201,032	247,2242	1992,229	7968,917	HEA320	12440
5	171,538	43,86	1372,608	271,3472	2260,041	9040,165	HEA320	12440
4	180,68	43,86	1544,184	321,7862	2519,288	10077,15	HEA320	14280
3	180,68	73,10	1715,991	372,2252	2816,592	11266,37	HEA360	14280
2	180,68	73,10	1887,798	452,9276	3103,575	12414,3	HEA360	14280
1 ^{er}	180,68	116,96	2059,605	533,63	3436,174	13744,7	HEA500	19750
RDC	180,68	116,96	2231,412	102,34	3765,262	15061,05	HEA500	19750

– Vérification du flambement

Les poteaux sont des éléments qui travaillent principalement à la compression et la flexion, et comme les moments sont faibles devant l'effort normal on possède à la vérification de la résistance au flambement.

Il faut vérifier que

$$N_{sd} \leq N_{b,rd} = x_{min} * \beta_a \frac{A_{sec} * F_y}{\gamma_{m1}}$$

➤ Remarque : tous les poteaux sont bi-articulés sauf le poteau du RDC

❖ Méthode de calcul

$$x_{min} = \min(x_y; x_z)$$

$$x = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

$$\varphi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} * \sqrt{\beta_a}$$

$$\text{Avec : } \lambda = \frac{L_f}{i}; \lambda_1 = 93.91\varepsilon; \beta_a = 1$$

➤ Exemple de calcul

• Poteaux de RDC HEA500

	Sens (y-y)	Sens (z-z)
β_a	1	1
λ_1	86.81	86.81
Lf	0.7*5000=3500	0.7*5000=3500
i	25,166	7,07
λ	139,076	49,504
$\bar{\lambda}$	0,89	2,61
α	0.34	0.49
φ	1,01	4,49
x	0.67	0,122
x_{min}	0,122	
Nbrd	8235	
Nsd	4090,844	
Condition Vérifié		

Conclusion

Étude des éléments solives, poutres principale et poutres secondaire contribuant à la stabilité de la structure. Leur dimensionnement a été effectué conformément aux normes en vigueur afin d'assurer la sécurité et les performances requises.

CHAPITR III :
Pré-dimensionnement des
éléments secondaire

III.1 L'acrotère

III.1.1 Introduction

L'acrotère est un élément secondaire de la structure de sécurité au niveau de la terrasse, il forme une paroi contre toute chute. Il a pour objectif étanchéité et notamment la protection des personnes accédant à la terrasse et de protéger le gravier de la poussée du vent. Il est considéré comme une console encastrée à sa base, soumise à son poids propre G et à une surcharge horizontale Q due à une main courante.



Figure III.1: L'acrotère.

III.1.2 Calcul des charges sollicitant l'acrotère

Le calcul se fera en flexion composée au niveau de la section d'encastrement pour une bande de 1 m linéaire. L'acrotère est exposé aux intempéries, donc la fissuration est préjudiciable.

Dans ce cas, le calcul se fera à l'ELU et à l'ELS. Le calcul se fait pour une bande de 1 m de largeur dont les dimensions sont les suivantes :

- Largeur $b = 100 \text{ cm}$
- Hauteur $H = 60 \text{ cm}$
- Epaisseur : $e = 10 \text{ cm}$

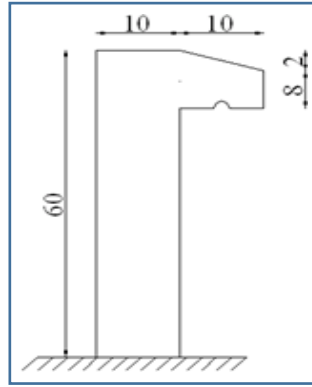


Figure III.2 : Dimension de l'acrotère.

III.1.3 Principe de calcul

L'acrotère est assimilé à une console verticale encastrée à sa base dans le plancher terrasse, elle est soumise à :

- Son poids propre (Wp)
- Un moment dû à la force horizontale F , avec : $F = \max (Q = 1 \text{ kN/ml} ; Fp = 4 \times A \times Cp \times Wp)$

Le calcul du ferrailage se fait en flexion composée pour une bande de 1m de largeur, la fissuration est considérée comme préjudiciable car l'élément est exposé aux intempéries.

III.1.4 Evaluation des charges

- **Charge d'exploitation** : $Q = 1 \text{ kN/ml}$
- **Charges permanentes** : le poids propre de l'acrotère pour 1m de largeur est égal à :

$$G = p \times S$$

S : la surface transversale totale de l'acrotère.

$$\text{Surface de l'acrotère : } s = \left[(0,1 \times 0,6) + (0,1 \times 0,08) + \frac{(0,1 \times 0,02)}{2} \right] = 0,069 \text{ m}^2$$

Le poids volumique tel que : $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$

- Poids propre de l'acrotère : $G_{pp} = \rho b \times S = 25 \times 0,069 = 1,725 \text{ kN/ml}$
- Revêtement en ciment :

$$\rho = 14 \text{ kN/m}^3 \text{ et } e = 2 \text{ cm}$$

$$GR.C = \rho \times e \times P_{cme} = 14 \times 0,2 \times (0,6 + 0,1 + 0,102 + 0,08 + 0,5) = 0,39 \text{ kN/ml}$$

$$G = G_{pp} + GR.C = 2,11 \text{ kN/ml.}$$

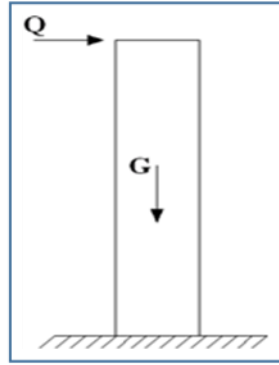


Figure III.3 : Sollicitations de l'acrotère.

III.1.5 Calcul de la force sismique

L'acrotère doit être vérifié sous l'action d'un effort sismique F_p appliqué sur sa partie supérieure.

Si $F_p > 1,5Q > 1$, on va utiliser cette force pour déterminer les efforts qui seront utilisés pour le calcul des armatures.

L'action des forces horizontales est donnée par : $F_p = 4 \times A \times C_p \times W_p$

Avec :

F_p : Force horizontale agissant sur les éléments non structuraux.

A : Coefficient d'accélération pour la zone VI, groupe $\longrightarrow A = 0,30$

C_p : Facteur de force horizontale donné par le $\longrightarrow$ tableau (6-1) $C_p = 0,8 W_p$

W_p : Poids de l'acrotère = 2,11 Kn/ml

$$F_p = 4 \times 0,30 \times 0,8 \times 2,11 = 2,02 \text{ kN}$$

$$F_p = 2,02 \text{ kN}$$

$$Q_u = \max (1,5Q ; F_p) \quad Q_u = Q_h = 2,02 \text{ kN}$$

Alors pour 1m de largeur on a :

$$Q = 2,02 \text{ kN/ml}$$

III.1.6 Calcul des efforts

❖ Etat limite ultime :

- $N_u = 1,35 G = 2,848 \text{ kN}$
- $M_u = 1,5Q \times h = 1,521 \text{ kN.m}$
- $T_u = 1,5Q = 2,535 \text{ kN}$

Etat limite ultime :

- $N_{ser} = G = 2,11 \text{ kN}$
- $N_{ser} = Q \times h = 1,014 \text{ kN.m}$
- $N_{ser} = Q = 2,02 \text{ kN.m}$

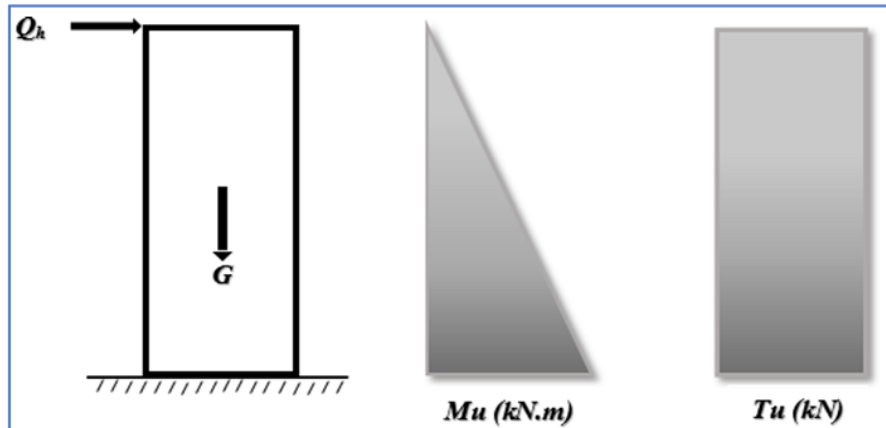


Figure III.4 : Diagrammes des efforts à l'ELU.

III.1.7 Ferrailage de la section de l'acrotère

L'acrotère est sollicité en flexion composée et le calcul se fera à l'ELU :

Données :

$h = 10 \text{ cm}$; $b = 100 \text{ cm}$; $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$; $\sigma_{bc} = 14,17 \text{ MPa}$; $c = c' = 2 \text{ cm}$; $f_e = 400 \text{ MPa}$

$M_u = 1,521 \text{ kN.m}$; $N_u = 2,848 \text{ kN}$

; $N_u = 2,848 \text{ kN}$

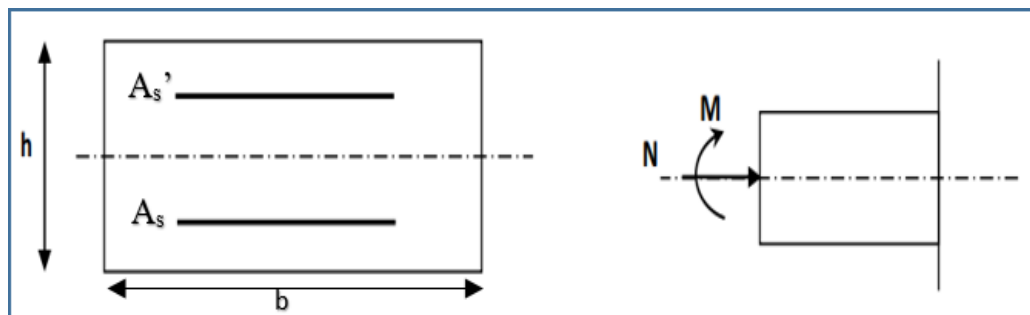


Figure III.5 : Section de calcul de l'acrotère.

h : Epaisseur de la section ($h=10\text{cm}$).

c et c' : La distance entre le centre de gravité des aciers et la fibre extrême du béton «enrobage» ($c= c'=2\text{cm}$).

$d = h - c$: Hauteur utile ($d=8\text{cm}$).

Calcul de l'excentricité

$$e_0 = \frac{M_u}{N_u} = 53.43$$

III.1.8 Calcul du moment fictif

$$M_f = M_u + N_u \left(\frac{h}{2} - c \right) = 1,521 + 2,848 \left(\frac{0,1}{2} - 0,2 \right) = \mathbf{1,094 \text{ KN.m}}$$

$$\mu = \left(\frac{M_f}{bd^2 \times \sigma_{bc}} \right) = \left(\frac{1,094 \times 10^6}{1000 \times 80^2 \times 14,17} \right) = \mathbf{0,012}$$

$\mu = 0,012 < \mu_r = 0,392 \Rightarrow A_s' = 0$ (les aciers comprimés ne sont pas nécessaires)

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,012}) = 0,021$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha) = 0,09(1 - 0,4 \times 0,021) = 0,089 \text{ m}$$

$$\mu < 0,186 \Rightarrow \varepsilon_s = 10\% \text{ d'où } \sigma_s = \frac{F_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow A_{sf} = \frac{M_f}{Z\sigma_s} = \frac{2,84 \times 10^3}{348} = 0,39 \text{ m}^2$$

- $A_{s1} = A'_s = 0$
- $A_{s2} = A_{sf} - \frac{N_u}{\sigma_s} = 39 - \frac{2,86}{0,348} = 0,35 \text{ Cm}^2$

On obtient : $A_{s1}=0$ et $A_{s2}=0,35 \text{ Cm}^2$

III.1.9 Condition de non fragilité

Il faut vérifier A_s avec la section minimale imposée par la règle millièème et par la condition de non fragilité :

Avec :

$$f_{t28} = 2,1 \text{ MPa} ; F_e = 400 \text{ MPa} ; b = 100 \text{ cm} ; d = 8 \text{ cm} ; h = 10 \text{ cm}.$$

$$A_S^{\min} \geq \text{Max} \left\{ \frac{bh}{1000}; 0,23bd \left(\frac{f_{t28}}{f_e} \right) \right\}$$

$$A_S^{\min} \geq \text{Max} \{1\text{cm}^2; 0,96 \text{ cm}^2\} = 1,09\text{cm}^2$$

Donc la section choisie est 6T10, $A_s = 4,71 \text{ cm}^2$ avec un espacement :

$$S_t = \frac{100}{6} = 16,77 \text{ cm}$$

✓ Armature de répartition :

$$\frac{A_s}{4} \leq A_r \rightarrow 0,425 \leq A_r$$

La section choisie est $A_r = 8T8 = 2,01\text{cm}^2$ avec un espacement :

$$S_t = \frac{60-4}{3} = 18,33\text{cm} \cong 18\text{cm}$$

III.1.10. Vérifications

a) Vérification a L'ELS

La fissuration est considérée comme préjudiciable (selon l'organigramme de la flexion composée à l'ELS).

$$e_0 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{1,014}{2,12} = 48,06\text{m}; \text{ On prend } e_0 = 57,5 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{2} - c = 2,5 \text{ cm}$$

On a : $e_0 = 57,5 \text{ cm} > \frac{h}{2} - c = 2,5\text{cm} \Rightarrow$ section partiellement comprimée (SPC) on doit vérifier le béton et l'acier.

- Position de l'axe neutre :

Y_c : distance de l'axe neutre au centre de pression.

C : distance entre le centre de pression et la fibre la plus comprimée.

$$N_{ser} > 0 \Rightarrow C < 0$$

$$C = \frac{h}{2} - e_0 = \frac{10}{2} - 57,5 = -52,5\text{cm}$$

on doit résoudre l'équation suivante [6] :

$$Y_c^3 + pY_c^2 + q = 0$$

Avec :

$$P = -3c^2 - \left[\frac{90A'_s}{b} \times (c - c') \right] + \left[\frac{90A_s}{b} \times (d - c) \right]$$

$$q = -2c^3 - \left[\frac{90A'_s}{b} \times (c - c')^2 \right] - \left[\frac{90A_s}{b} \times (d - c)^2 \right]$$

Avec : $A'_s = 0$

$$\Rightarrow p = -8453,31 \text{ cm}^2; q = 297427,50 \text{ cm}^3$$

D'où l'équation (1) devient :

$$Y_c^3 - 8453,31 Y_c^2 + 297427,50 = 0$$

La solution de l'équation est donnée par le BAEL91 (modifier 99) :

$$\Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27} = -1027,32 \times 10^6 < 0$$

$$\text{D'où : } \cos \varphi = \frac{3q}{2p} \sqrt{-\frac{3}{p}} = -0,96$$

$$\cos \varphi = -0,99 \rightarrow \varphi = 163,74^\circ$$

Après l'itération on trouve :

$$Y_1 = a \cos (\varphi/3) = 85,51 \text{ cm}$$

$$Y_2 = a \cos (\varphi/3 + 240^\circ) = 35,69 \text{ cm}$$

$$Y_3 = a \cos (\varphi/3 + 120^\circ) = -85,51 \text{ cm}$$

$$\text{Avec : } a = 2 \sqrt{-\frac{p}{3}} = 106,17$$

La solution qui convient est : $Y_c = 57,36 \text{ cm}$

$$\text{Car : } 0 < Y_{\text{ser}} = Y_c + C < d$$

$$0 < Y_{\text{ser}} = 4,86 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

$$\text{Donc : } \begin{cases} y_{\text{ser}} = 4,86 \text{ cm} \\ y_c = 57,36 \text{ cm} \end{cases}$$

- Calcul le moment d'inertie de la section homogène réduite :

$$I = \frac{b}{3} y_{\text{ser}}^3 + n[A_s(d - y_{\text{ser}})^2 + A'_s(y_{\text{ser}} - c')^2]$$

$$I = \frac{100}{3} 4,86 + 15[4,71(0,9 - 4,86)^2]$$

$$I = 4934,2873 \text{ cm}^4$$

b) Vérification des contraintes

✓ Contrainte du béton :

$$\sigma_{bc} = \left(\frac{N_{ser}}{I} \times y_c \right) y_{ser} \leq \overline{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{(2,12 \times 10^3 \times 57,36 \times 10)}{4934,28 \times 10^4} \times 4,86 \times 10 = 1,13 \leq \overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$$

 $\Rightarrow$ Condition vérifiée.

✓ Contrainte de l'acier :

$$\sigma_s = n \left(\frac{N_{ser}}{I} \times y_c \right) (d - y_{ser}) \leq \overline{\sigma}_s \Rightarrow \text{Acier tendu}$$

$$\overline{\sigma}_s = \min\left(\frac{2}{3}f_e; 110\sqrt{\eta f_{tj}}\right) = 201,63 \text{ MPa} \quad \eta=1,6 \text{ (Acier HA)}$$

$$\sigma_s = 15,30 \text{ MPa} < \overline{\sigma}_s = 201,63 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{Condition vérifiée.}$$

c) Vérification de L'effort tranchant

Il faut vérifier que : $\tau_u \leq \overline{\tau}_u$

La contrainte de cisaillement est donnée par la formule suivante :

$$\tau_u = \frac{T_u}{b d} \leq \overline{\tau}_u = \min\left\{0,15 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}; 4 \text{ MPa}\right\}.$$

$$\tau_u = \frac{3,04 \times 10^3}{1000 \times 90} = 0,033 \text{ MPa} \leq \overline{\tau}_u = 2,5 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{Condition vérifiée.}$$

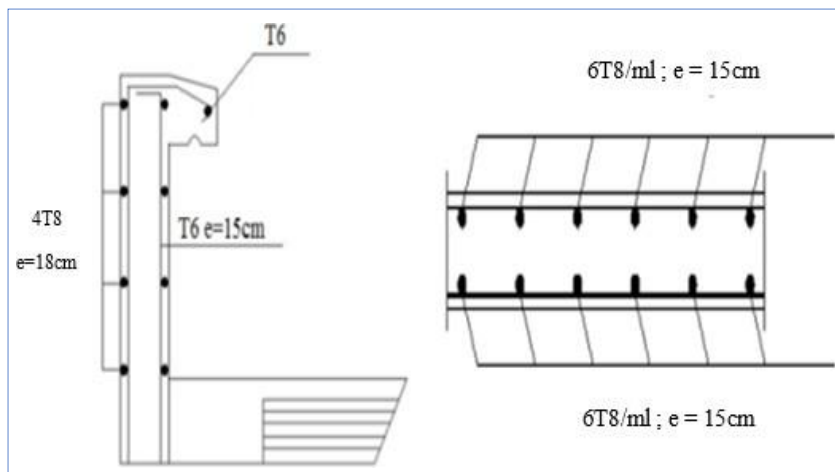


Figure III.6 : Ferrailage de l'acrotère.

III.2 Escalier métallique

III.2.1. Introduction

Un escalier est formé d'une succession de plans horizontaux permettant de passer d'un niveau à un autre, la longueur des marches s'appelle l'embranchement (L), la largeur s'appelle giron (g) et la hauteur c'est le contre marche (h).

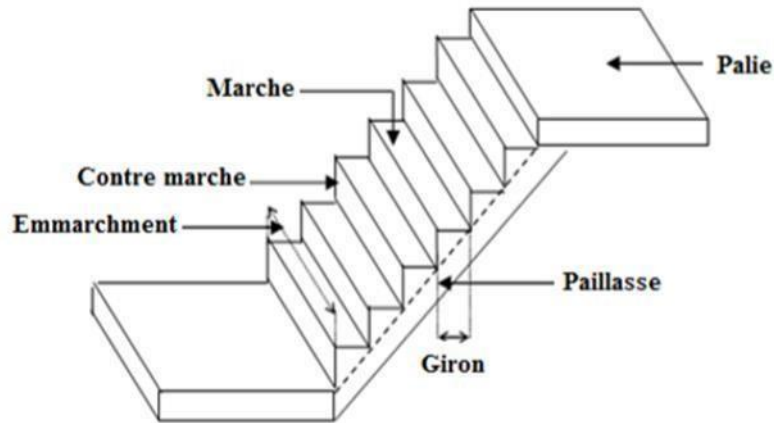


Figure III.7: Schéma représentatif d'un escalier

III.2.2. Définitions

Un palier : ça fonction est de permettre aux usagers de se reposer pendant la montée, c'est une aire plane située à chaque étage au départ et à l'arrivée d'une volée d'escalier.

Une volée : c'est une partie droite ou courbé de l'escalier compris entre deux paliers successifs.

Giron : c'est la largeur d'une marche mesurée entre l'aplomb de deux contre marches successifs.

Limon : c'est la partie dont laquelle s'assemble les marches et les contremarches

III.2.3. Pré-dimensionnement des marches

Pour le dimensionnement des marches, on utilise la formule de BLONDEL pour calculer, le giron(g) et la contre marche (h).

III.2.4. Choix des dimensions

D'après utilise la formule de **BLONDEL**

$$\begin{cases} 59 \leq 2H + G \leq 66 \text{ cm} \\ 27 \leq G \leq 30 \text{ cm} \\ 16.5 \leq H \leq 18.5 \text{ cm} \end{cases}$$

Avec :

G : largeur de la marche (giron).

H : la hauteur du contre marche.

III.2.5. Caractéristique géométrique de la cage d'escalier :

La hauteur d'étage : $h = 3,06 \text{ m}$

On admet une hauteur de marche $H = 17 \text{ cm}$ Nombre totale des marche (n) est :

$$n = \frac{h}{H} = \frac{306}{17} = 18$$

$n = 18$ marches

Nombre de marche : $m = n - 1 = 18 - 1 = 17$ marche

Les dimensions en plan de la cage d'escalier : $(3.8 \times 4) \text{ m}^2$ La largeur de la volée est : $l = 1.00 \text{ m}$

On répartit ce nombre de marche en 02 volées avec 8 marches dans chaque volée

La largeur d'une marche est : $g = 30 \text{ cm}$

III.2.6. Vérification de la formule de BLONDEL

$2H + G = 2 \times 17 + 30 = 64 \text{ cm} \rightarrow$ formule de BLONDEL est vérifier

III.2.7. Dimensionnement des éléments porteurs

Dimensionnement de la cornière (support de marche) :



Figure III.8 : Disposition des cornières.

La longueur de la marche (emmarchement) $L = 1.00 \text{ m}$

La largeur de la marche (giron) $G = 0.30 \text{ m}$

Les cornières sont en acier S275

la limite d'élasticité de l'acier $F_y = 275 \text{ Kn/mm}^2$

le module d'élasticité longitudinale de l'acier $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

III.2.8. Détermination de la section cornière

III.2.8.1. Evaluation des charges

III.2.8.2. Les charges permanentes

Tôle striée (5mm) $G_1 = 0.785 \text{ KN/m}^2$

Mortier de ciment (2cm) $G_2 = 0.40 \text{ KN/m}^2$

Revêtement (2cm) $G_3 = 0.40 \text{ KN/m}^2$

$$G = (G_1 + G_2 + G_3) \cdot d = (0.785 + 0.4 + 0.4) \cdot 0.15 = 0.238 \text{ KN/m}$$

III.2.8.3. Charge d'exploitation

$$Q = 2.5 \cdot 0.15 = 0.375 \text{ KN/m}$$

Les combinaisons de charges : (ELS)

$$q = G + Q = 0.238 + 0.375 = 0.613 \text{ KN/m}$$

III.2.9. Pré dimensionnement des supports de marches

Condition de la flèche : $f_{max} < f_{adm}$

Dans notre cas, on a une cornière posée sur 2 appuis simples et une charge uniformément répartie donc :

La flèche maximale :

$$f_{max} = \frac{5 \cdot q_{ser} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$$

La flèche admissible :

$$f_{adm} = \frac{L}{300}$$

On aura :

$$I_y = \frac{5 \cdot 0.613 \cdot 1000^3 \cdot 300}{384 \cdot 2.1 \cdot 10^5} = 1.14 \text{ cm}^4$$

Donc on adopte : une cornière L35x35x4

Designation	Poids	Section	Caractéristiques						
	G Kg/m	A mm ²	h=b mm	T mm	r mm	r ₂ mm	I _y = I _z Cm ⁴	W _{pL} y=W _{pL} z Cm ³	I _y =I _z cm
L35x35x4	2.09	267	35	4	5	2,5	2,95	1.18	1.05

Donc la charge permanente G devient (on inclue le poids de la cornière) :

$$\rightarrow G = (G_1 + G_2 + G_3) * d + P = (0,785 + 0,4 + 0,4) * 0,15 + 0,0209 = 0.208 \text{ KN/m}$$

III.2.10. Les combinaisons de charges

$$\text{ELU : } q = 1.35G + 1.5Q = 1.35 * 0.208 + 1.5 * 0.375 = 0.843 \text{ KN/m}$$

$$\text{ELS : } q = G + Q = 0.208 + 0.375 = 0.583 \text{ KN/m}$$

III.2.11. Vérification à la flèche :

On vérifie la condition suivante : $f < f_{adm}$

Cornière sur deux appuis :

$$f = \frac{5 * q * l^4}{384 * E * I_y} = \frac{5 * 0.583 * 1000^4}{384 * 2.1 * 10^5 * 4.47 * 10^4} = 0,808 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$f_{adm} = \frac{l}{300} = \frac{1000}{300} = 3,33 \text{ mm}$$

$f < f_{adm} \rightarrow$ **Condition vérifié.**

III.2.12. Vérification de l'effort tranchant :

$$V_{sd} = \frac{ql}{2} = \frac{0.843 * 1.0}{2} = 0.421 \text{ Kn}$$

$$V_{plrd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{m0} \sqrt{3}} = \frac{267 * 275}{1.1 \sqrt{3}} * 10^{-3} = 38.53 \text{ Kn}$$

$V_{sd} < V_{plrd} \rightarrow$ **Condition vérifié.**

III.2.13. Vérification du moment fléchissant :

$$M_{sd} = \frac{ql^2}{8} = \frac{0.843 * 1.0^2}{8} = 0.105 \text{ Kn.m}$$

$$M_{plrd} = \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1.18 * 10^3 * 275}{1.1} * 10^{-6} = 0.295 \text{ Kn.m}$$

$M_{sd} < M_{pl,rd} \rightarrow$ **Condition vérifié.**

$\rightarrow$ Conclusion : les cornières L 35x35x4 convient comme cornière d'attache.

III.2.14. Dimensionnement de limon❖ **Evaluation des charges**• **Volée :**

– **Les charges permanentes :** (sauf poids de profilé)

Poids des cornières (35 x 35 x 4).....	2.09 Kg/m
Tôle (e=5mm).....	G1 = 0.785 KN/m ²
Mortier de pose (2cm)	G2 = 0.40 KN/m ²
Revêtement carrelages.....	G3 = 0.40 KN/m ²
Garde-corps (cloison).....	1KN/m ²

➤ **Charge totale**

$$\rightarrow G_T = (G1 + G2 + G3) * d + P_c + P_G = (0.785 + 0.4 + 0.4) * 1 + 0.0209 + 1)$$

$$\rightarrow G_T = 2,605 \text{ KN/m}$$

➤ **Charge totale pour un limon**

$$\rightarrow G = \frac{G_T}{2} = 1.302 \text{ KN/m}$$

– **Les charges d'exploitations :**

Pour 1 limon :

$$\rightarrow Q = 2.5 \frac{1}{2} = 1.25 \text{ KN/m}$$

• **Palier :**

– **Les charges permanentes :** (sauf poids de solive)

Tôle (TN40).....	G1 = 0.15 KN/m ²
Dalle en béton (12cm)	G2 = 3.00 KN/m ²
Mortier de pose	G3 = 0.40 KN/m ²

Revêtement (2cm)..... $G_4 = 0.40 \text{ KN/m}^2$

➤ **Charge totale**

➔ $G_T = (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) * d = (0.15 + 3.00 + 0.4 + 0.4) * 1 = 3,95 \text{ KN/m}$

➤ **Charge totale pour un limon**

➔ $G = \frac{G_T}{2} = 1,97 \text{ KN/m}$

– **Calcul de la charge équivalente**

On peut exprimer les différentes charges par une charge équivalente.

Charges permanentes :

$$G_{eq} = \frac{1,97 * (1.5) + 1.302 * (3.15)}{3,88} = 1.818 \text{ Kn/m}$$

Charge d'exploitation :

$$Q_{eq} = 2.5 \frac{1}{2} = 1.25 \text{ KN/m}$$

❖ **Prédimensionnement des limons :**

– **Combinaison de charge**

▪ **ELU :**

$$q = 1.35G + 1.5Q = 1.35 * 1.818 + 1.5 * 1.25 = 4,329 \text{ KN/m}$$

▪ **ELS :**

$$q = G + Q = 1.818 + 1.25 = 3,068 \text{ KN/m}$$

– **Condition de flèche**

La flèche doit satisfaire la condition suivante $f_{max} \leq f_{adm}$, pour une poutre bi-articulée :

$$f_{max} = \frac{5 * q * l^4}{384 E * I_y} \quad \text{et} \quad f_{adm} = \frac{L}{300}$$

$$I_y \geq \frac{5 * 3,068 * 3880^3 * 300}{384 * 2.1 * 10^5} \geq 333,34 \text{ cm}^4$$

➔ On opte à un UPN 120

h(mm)	b(mm)	tw (mm)	tf (mm)	d (mm)	A(cm ²)	G (KN/m)
120	55	6,5	9,5	88	13,8	0.108
Iy(cm ⁴)	Wely(cm ³)	iy(cm)	Wply(cm ³)	Iz(cm ⁴)	Welz(cm ³)	iz(cm)
334	55,7	4,92	65,3	49,2	17,9	1,89

– La classe de la section

• Semelle comprimée :

$$C = \frac{b-tw}{t_f} = 5.10 \text{ mm} < 9\varepsilon = 8.32 \quad \rightarrow \text{Donc la semelle est de classe 1}$$

• Ame fléchi :

$$C = \frac{d}{t_w} = 13.53 \text{ mm} < 72\varepsilon = 66.55 \quad \rightarrow \text{Donc la semelle est de classe 1}$$

La section globale étant de classe 1 le calcul peut amener à la plasticité.

– Vérification du moment fléchissant

$$M_{sd} = \frac{ql^2}{8} = \frac{4,329 * 3,88^2}{8} = 8,146 \text{ Kn.m}$$

$$M_{pl,rd} = \frac{f_y * W_{pl,y}}{\gamma_{m0}} = \frac{275 * 10^3 * 65,3}{1.1} * 10^{-6} = 16.325 \text{ Kn.m}$$

$$M_{sd} < M_{pl,rd} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

– Vérification de l'effort tranchant

$$V_{sd} = \frac{ql}{2} = \frac{4,329 * 3,88}{2} = 8,398 \text{ Kn}$$

$$V_{pl,rd} = \frac{138 * 275}{1.1\sqrt{3}} * 10^{-3} = 19,91 \text{ Kn}$$

$$V_{sd} < V_{pl,rd} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

– Vérification au déversement

La vérification au déversement est effectuée avec la formule suivante :

$$M_{sd} < M_{b,rd} = \frac{x_{LT} * \beta_w * W_{ply} * f_y}{\gamma_{m0}}$$

Calcul du moment critique au déversement :

$$M_{cr} = C^1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{L^2} * \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z}}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{2.1 * 10^5}{2(1+0.3)} = 80769.23 \text{ N/mm}^2$$

I_t : Moment d'inertie de torsion

I_w : Moment d'inertie de gauchissement

I_z : Moment d'inertie de flexion suivant l'axe de faible inertie

$$M_{cr} = 1.13 * \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^5 * 49,2 * 10^4}{3880^2} * \sqrt{\frac{3.26 * 10^4}{49,2 * 10^4} + \frac{3880^2 * 80769.23 * 7.39 * 10^4}{\pi^2 * 2.1 * 10^5 * 49,2 * 10^4}}$$

$$M_{cr} = 12797570 \text{ N.mm}$$

- Calcul de l'élancement géométrique λ_{LT}

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{\pi^2 * E * W_{pl,y}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 * 2.1 * 10^5 * 65,3 * 10^3}{12797570}} = 58,019$$

- Calcul de l'élancement réduit

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\gamma_1} * \sqrt{\beta_w}$$

Avec : $\beta_w = 1$ pour les sections de classes 1 et 2

$$\lambda_1 = 93.9\varepsilon \quad \text{Avec} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.92$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{58,019}{86.388} = 0,67$$

- Détermination de χ_{LT}

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + [\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2]^{0.5}} \leq 1$$

Et :

$$\phi_{LT} = 0.5 + [\alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$\alpha_{LT} = 0.21$ Pour les profils laminés.

$\alpha_{LT} = 0.49$ Pour les sections soudées.

AN :

$$\phi_{LT} = 0.5 + [0.21(0.67 - 0.2) + 0.67^2] = 1.047$$

D'où :

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1.047 + [1.047 - 0.67^2]^{0.5}} = 0.54 \leq 1$$

D'où

$$M_{b,rd} = \frac{\chi_{LT} * \beta_w * W_{ply} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{0.54 * 1 * 65.3 * 275}{1.1} = 8.815 \text{ Kn.m}$$

$M_{sd} < M_{b,rd} \rightarrow \text{Condition vérifié.}$

Conclusion

Étude des éléments secondaires (escaliers, acrotère), essentiels à l'usage et au confort, sans impact direct sur la stabilité structurelle.

Chapitre IV :
Etude climatique

➤ Effet de neige

IV.1. Introduction

Le but de cette étude c'est de définir les valeurs représentatives de la charge statique de la neige sur toute surface située au-dessus du sol et soumise à l'accumulation de neige et notamment sur la toiture.

IV.1.2 Calcul des charges de neige

La charge caractéristique de neige S par unité de surface en projection horizontale de toiture s'obtient par la formule suivante :

$$S = \mu \times S_k \text{ KN/m}^2$$

Avec :

S_k : charge de neige sur le sol, elle est en fonction de l'altitude de la zone de neige

μ : coefficient d'ajustement des charges, il est en fonction de la forme de la toiture

IV.1.3 Charge de neige sur le sol

Notre projet est implanté à TIPAZA qui est classé en zone B avec une altitude d'environ 15 m. Donc S_k est donnée par la formule :

$$S_k = \frac{0.04H + 10}{100}$$

$$\rightarrow S_k = \frac{0.04 \times 15 + 10}{100} = 0.106 \text{ N/m}^2$$

IV.1.4 Coefficient de forme de la toiture

Les coefficients de forme pour les toitures à deux versants sans obstacle de retenu sont illustrées dans la figure :

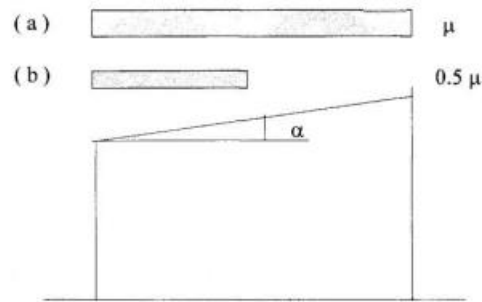


Figure IV.1 : Coefficient de forme (toiture à un seul versant).

Le coefficient d'ajustement des charges a considéré est donnée comme suit :

$$\alpha=0^\circ \text{ Donc } \mu=0.8$$

Calcul de la charge de la neige :

$$\square S = \mu \times Sk = 0.8 \times 0.106 = 0.084 \text{ KN/m}^2$$

➤ Effet du vent

IV.2. Introduction

L'effet du vent sur une construction est assez prépondérant et a une grande influence sur la stabilité de l'ouvrage. Pour cela, une étude approfondie doit être élaborée pour la détermination des différentes actions dues au vent et ceci dans toutes les directions possibles. Le calcul sera mené conformément au Règlement Neige et Vent 2013. Ce document technique réglementaire (DTR) fournit les procédures et les principes généraux pour la détermination des actions du vent sur l'ensemble d'une construction et sur ses différentes parties et s'applique aux constructions dont la hauteur est inférieure à 200m.

IV.2.1. Action du vent

Il s'agit de déterminer les actions du vent s'exerçant sur les parois et la toiture pour un vent perpendiculaire :

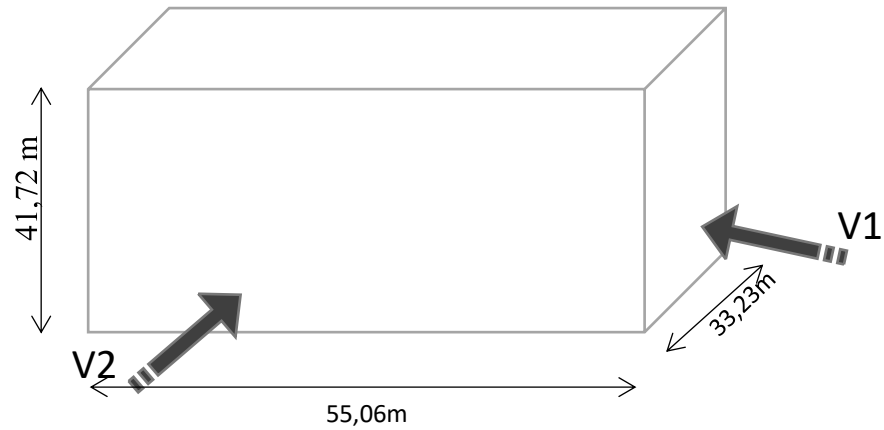


Figure IV.2 : Direction principale de vent.

IV.2.2. Coefficients de calcul

IV.2.2.1. Effet de la région

Notre structure est située à wilaya de TIPAZA dans la zone I dont la pression de référence est :

$$q_{ser} = 375 \text{ N/m}^2$$

IV.2.2.2. Catégorie de terrain :(cf. RNV2013 chapitre 2 § 2.4.3).

Tableau IV.1 : Coefficient en fonction de la catégorie de terrain

Catégorie du terrain	Facteur du terrain K_t	Le paramètre de rugosité Z_0 (m)	La hauteur nominale Z_{min} (m)	Coefficient ϵ
0	0.156	0,003	1	0.67

- Principe de calcul :

Le calcul doit être effectué séparément pour chacune des directions perpendiculaires Aux différentes parois de la construction.

- Au pignon (sens V2 du vent).
- Au long-pan (sens V1 du vent).

IV.2.2.3. Coefficient de rugosité

Il est défini par la loi logarithmique suivante :

- $C_r = K_t * \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$ pour $Z_{min} < z < 200 \text{ m}$
- $C_r = K_t * \ln \left(\frac{Z_{min}}{Z_0} \right)$ pour $z < Z_{min}$

IV.2.3. Calcul de l'action du vent

Détermination de la pression dynamique de pointe

a. Intensité de turbulence :

$$I_w(Z_e) = \frac{1}{C_r(Z) \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)} \quad \text{..... Pour } z > Z_{min}$$

$$I_w(Z_e) = \frac{1}{C_r(Z) \times \ln\left(\frac{Z_{min}}{Z_0}\right)} \quad \text{..... Pour } z < Z_{min}$$

b. Coefficient de rugosité :

$$C_r(Z_e) = K_T \times \ln\left(\frac{Z_e}{Z_0}\right) \quad \text{pour } Z_{min} \leq Z \leq Z = 200m$$

$$C_r(Z) = K_T \times \ln\left(\frac{Z_{min}}{Z_0}\right) \quad \text{pour } Z < Z_{min}$$

c. Coefficient d'exposition :

$$C_e(Z) = C_r(Z)^2 \times C_r(Z) [1 + I_w(Z)]$$

d. Valeur de la pression de pointe :

$$q_p(Z_e) = q_{ref} \times C_e(Z_e)$$

❖ Calcul de la pression :

La pression dynamique de pointe $q_p(z_e)$ à la hauteur de référence z_e est donnée par :

$$\triangleright q_{ref} = 375 \text{ N/m}^2$$

IV.2.3.1. Paramètre de calcul

IV.2.3.1.1. Direction du vent V1

La hauteur de référence z_e

Pour les murs au vent

On a : $b = 55,06 \text{ m}$, $h = 41,72 \text{ m}$, $d = 33,23 \text{ m}$ → $41,72 \text{ m} \leq 55,06 \text{ m}$ donc $h \leq b$

Pour les murs perpendiculaires au vent $z_e = 64,80 \text{ m}$

z_e	C_t	C_r	I_v	C_e	$q_p(\text{N/m}^2)$
41,72	1	0,873	0,268	2,191	821,625

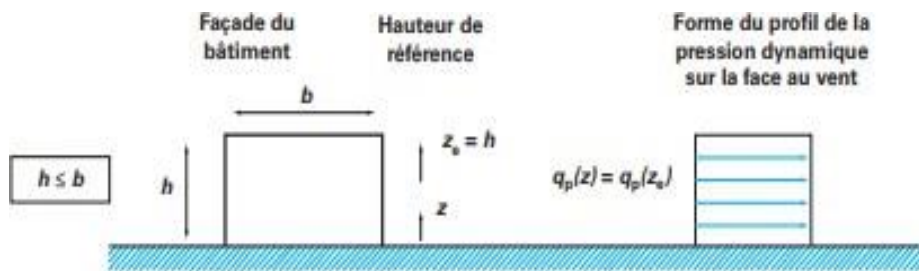


Figure IV.3 : Hauteur de référence z_e et profil correspondant de la pression dynamique.

- **Détermination de coefficient de pression extérieure C_{pe} :**

Les coefficients de pression extérieure C_{pe} applicables aux bâtiments et aux parties de Bâtiments dépendent de la dimension de la surface chargée à qui est la surface de la construction produisant l'action du vent dans la section à calculer. Les coefficients de pression extérieure sont donnés pour des surfaces chargées A de 1 m^2 et 10 m^2 dans les tableaux relatifs Aux configurations de bâtiment appropriées, ils sont notés C_{pe1} pour les coefficients locaux, et C_{pe10} pour les coefficients globaux, respectivement

- $C_{pe} = C_{pe1}$ pour $S < 1 \text{ m}^2$
- $C_{pe} = C_{pe1} + (C_{pe10} - C_{pe1}) \log_{10}(s)$ pour $1 \text{ m}^2 < S < 10 \text{ m}^2$
- $C_{pe} = C_{pe10}$ Pour $S \geq 10 \text{ m}^2$

- **Parois verticales :**

S : est la surface chargée de la paroi considérée en m^2

Pour cette direction du vent on a : $b = 55,06 \text{ m}$, $h = 41,72 \text{ m}$, $d = 33,23 \text{ m}$

et $e = \min[b, 2h] = \min[55,06 ; 83,44] \rightarrow e = 55,06 \text{ m}$.

Et on a : $d = 33,23 \text{ m} \leq e = 55,06 \text{ m}$

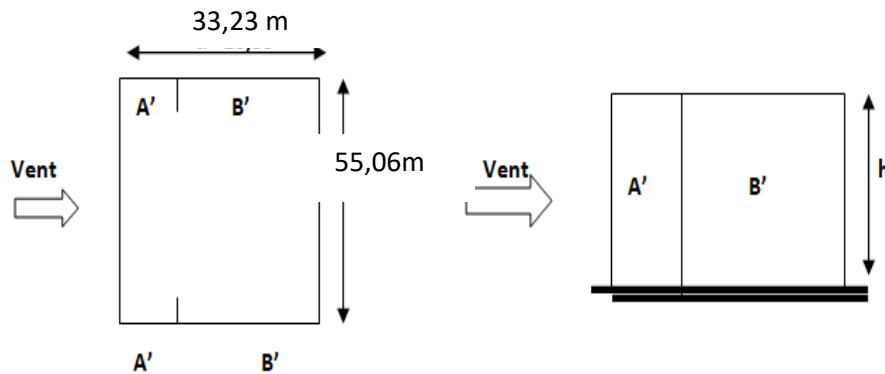


Figure IV.4 : Légende pour la paroi verticale.

Tableau IV.2 : Caractéristique des zones.

Zone	A'	B'	D	E
Surface (m ²)	459,42	926,934	2297,10	2297,10
Cpe	Cpe10	Cpe10	Cpe10	Cpe10
Valeur Cpe	-1	-0.8	+0.8	-0.3

Les zones de pression et les valeurs respectives des coefficients correspondant à ces zones portées sur le tableau suivant sont :

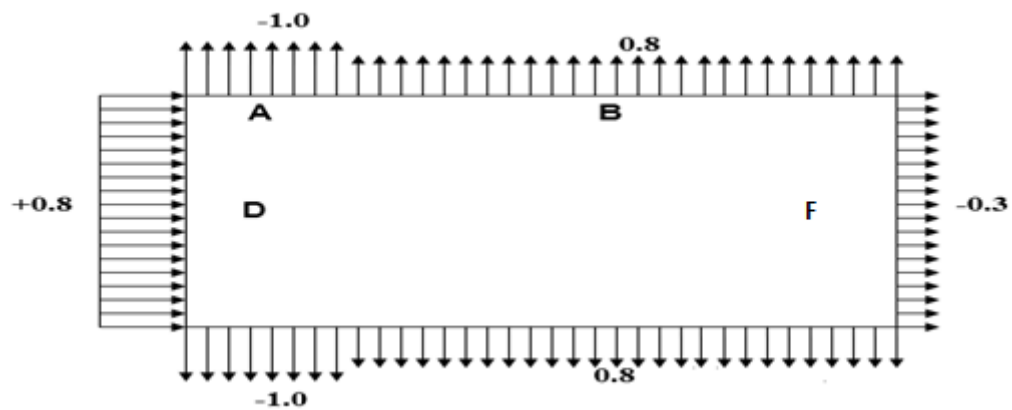


Figure IV.5 : Représentation des coefficients Cpe sur les différentes zones (V1)

- **Détermination de coefficient de pression intérieure C_{pi} :**

La combinaison la plus défavorable de la pression extérieure et intérieure considérées comme agissant simultanément doit être envisagée simultanément pour chaque combinaison potentielle d'ouvertures et autres sources de fuite d'air

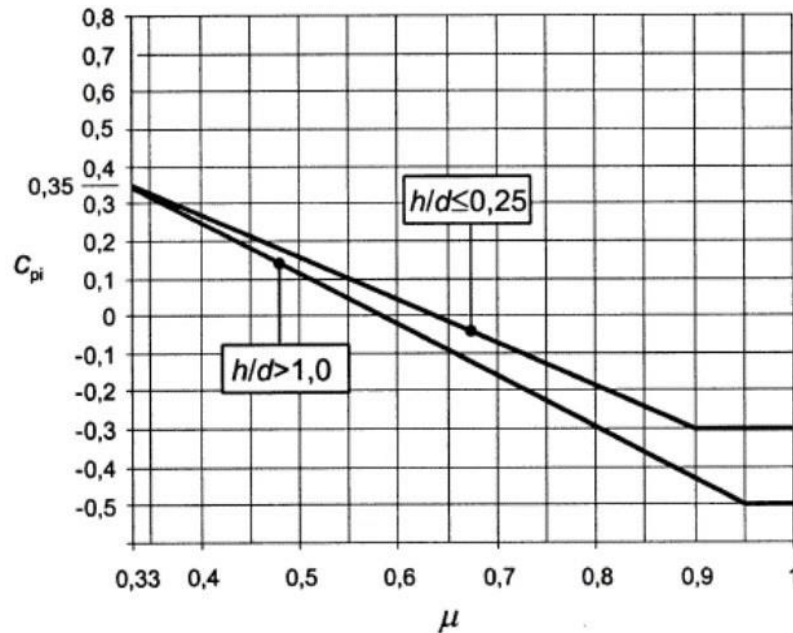


Figure IV.6 : Coefficient de pression intérieur C_{pi} des bâtiments sans face dominants

Pour les bâtiments sans face dominante, le coefficient de pression intérieure C_{pi} avec (h) est la hauteur du bâtiment, (d) sa profondeur et (μ_p) l'indice de perméabilité donné par :

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures ou } C_{pe} \leq 0}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

Pour les valeurs comprises entre h/d = 0,25 et h/d = 1 une interpolation linéaire peut être utilisée.

Tableau IV.3: coefficient de pression intérieur c_{pi} (direction v1)

Zone	A'	B'	D	E
Surface (m ²)	459,42	926,934	2297,10	2297,10
C _{pe}	-1	-0,8	+0,8	-0,3
C _{pi 1}	0,8	0,8	0,8	0,8
C _{pi 2}	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5

- **Détermination de la pression aérodynamique :**

La pression aérodynamique $W(z_j)$ agissant sur une paroi est obtenue à l'aide des formules suivantes :

Si une face de la paroi est intérieure à la construction, l'autre extérieur :

$$W(z_j) = qp(ze) \times [Cpe - Cpi] \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Avec :

Ze	qp(N/m ²)
41,72	821,625

Tableau IV.4: la pression aérodynamique pour $Cpi1 = +0,8$ (direction V1)

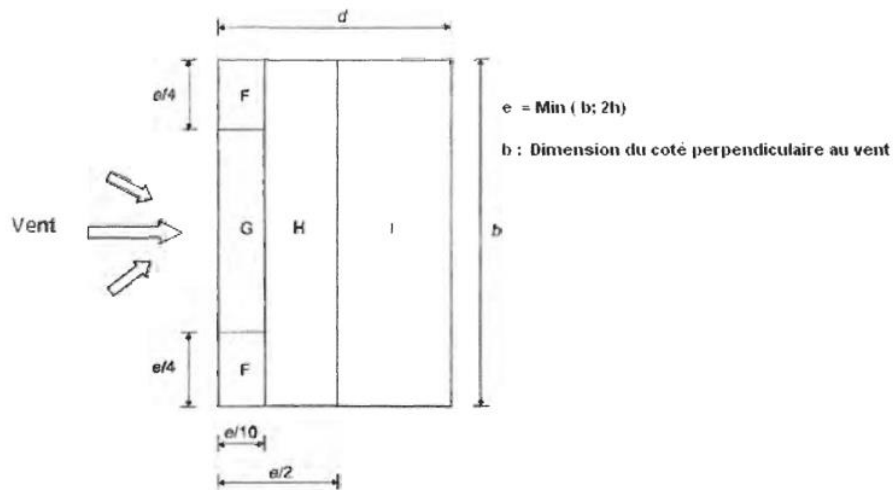
Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m ²]
A'	41,72	821,625	-1	0,8	-1478,92
B'	41,72	821,625	-0.8	0,8	-1314,60
D	41,72	821,625	+0.8	0,8	0
E	41,72	821,625	-0.3	0,8	-903,787

Tableau IV.5: la pression aérodynamique pour $C_{pi} = -0,5$ (direction V1)

Zone	Z(m)	qp(ze)	C _{pe}	C _{pi}	W (zj) [N/m ²]
A'	41,72	821,625	-1	-0,5	-410,81
B'	41,72	821,625	-0.8	-0,5	-246,487
D	41,72	821,625	+0.8	-0,5	1068,112
E	41,72	821,625	-0.3	-0,5	164,325

Toiture:

Les toitures plates sont celles dont l'angle de la pente inférieur ou égal à 5° il convient de diviser la toiture comme l'indique la figure suivante :

**Figure IV.7 :** Légende pour les toitures plates.

Pour cette direction du vent on a : $b = 55,06 \text{ m}$, $h = 41,72 \text{ m}$, $d = 33,23 \text{ m}$

et $e = [b, 2h] = [55,06 ; 83,44] \rightarrow e = 55,06 \text{ m}$.

Et on a : $d = 33,23 \text{ m} \leq e = 55,06 \text{ m}$

La hauteur de l'acrotère $h_p=0.6\text{m}$ nous avant une toiture plate Selon (§5.1.3RNV Version 2013)

Pour les toitures avec acrotères ou rives arrondies, une interpolation linéaire peut être faite

Pour les valeurs intermédiaires de h_p/h et r/h

Les valeurs de C_{pe10} dépendent par le rapport h_p/h

Avec :

H_p : la longueur de l'acrotère

H : la longueur de Ze $h_p/(h) = 0.6/41,72 = 0.014$

Donc $0.014 < 0.025 \rightarrow C_{pe}(0.025)$

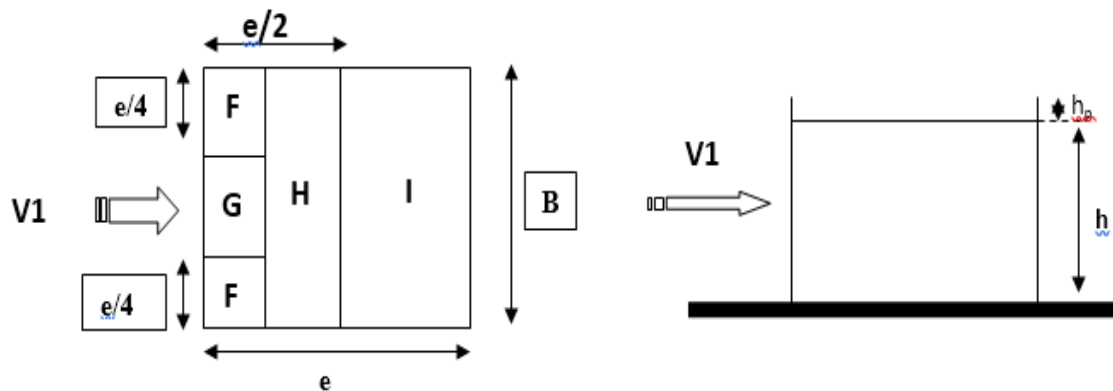


Figure IV.8 : Légende pour la paroi verticale la toiture (V1).

a- Coefficients de pressions extérieures C_{pe} :

Zone	$S > 10\text{m}^2$	C_{pe10}
F	75,79	-1,6
G	151,58	-1,1
H	1212,64	-0,7
I	313,842	-0,2

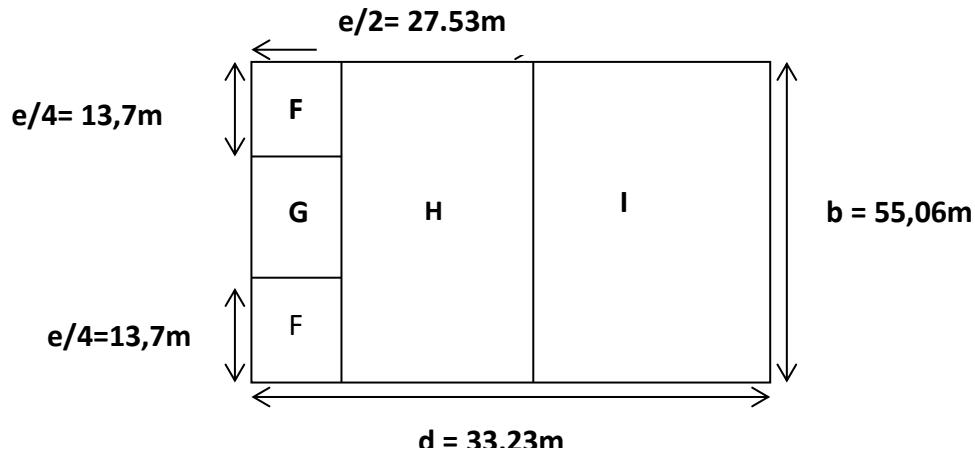


Figure IV.9 : Légende pour les toitures plates.

b- Coefficient de pression intérieure C_{pi} :

Le coefficient de la pression intérieure C_{pi} des bâtiments sans cloisons intérieurs est donné en fonction de l'indice de perméabilité μ_p .

La pression aérodynamique :

$$w(z_j) = q_p(z_e) \chi [C_{pe} - C_{pi}] \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Tableau IV.6: la pression aérodynamique pour $C_{pi1}=0,8$ (direction V1)

Zone	Z(m)	$q_p(z_e)$	C_{pe}	C_{pi}	W (zj) [N/m ²]
F	41,72	821,625	-1,6	0,8	-1971,9
G	41,72	821,625	-1,1	0,8	-1561,088
H	41,72	821,625	-0,7	0,8	-1232,43
I	41,72	821,625	-0,2	0,8	-821,625

Tableau IV.7: la pression aérodynamique pour $C_{pi1} = -0,5$ (direction V1)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
F	41,72	821,625	-1,6	-0,5	-903,7875
G	41,72	821,625	-1,1	-0,5	-492,975
H	41,72	821,625	-0,7	-0,5	-164,325
I	41,72	821,625	-0,2	-0,5	246,4875

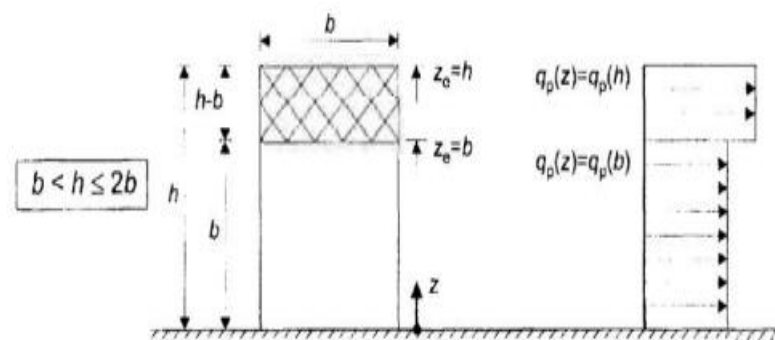
IV.2.2.3. Direction du vent V2 :

La hauteur de référence z_e

Pour les murs au vent

On a : $b = 33,23 \text{ m}$, $h = 41,72 \text{ m}$, $d = 55,06 \text{ m}$ $\rightarrow 33,23 \leq 41,72 \leq 66,46$ donc $b \leq h \leq 2b$

Pour les murs perpendiculaires au vent $z_e = 41,72 \text{ m}$ et $z_e = 33,23 \text{ m}$

**Figure IV.10 :** Hauteur de référence z_e et profil correspondant de la pression dynamique.❖ **Calcul de la pression :**• **Détermination de la pression dynamique de pointe qp(ze):**

La pression dynamique de pointe $q_p(ze)$ à la hauteur de référence z_e est donnée par :

$$q_p(ze) = q_{ref} \times (ze) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Tel que : $q_{ref} = 375 \text{ N/m}^2$

Ze	C_t	C_r	I_v	C_e	$q_p(\text{N/m}^2)$
41,72	1	0,873	0,268	2,191	821,625
33,23	1	0,819	0,285	2,008	753

- **Détermination de coefficient de pression extérieure C_{pe} :**

Les coefficients de pression extérieure C_{pe} applicables aux bâtiments et aux parties de Bâtiments dépendent de la dimension de la surface chargée à qui est la surface de la construction produisant l'action du vent dans la section à calculer. Les coefficients de pression extérieure sont donnés pour des surfaces chargées A de 1 m^2 et 10 m^2 dans les tableaux relatifs Aux configurations de bâtiment appropriées, ils sont notés C_{pe1} pour les coefficients locaux, et C_{pe10} pour les coefficients globaux, respectivement

- $C_{pe} = C_{pe1}$ pour $S < 1 \text{ m}^2$
- $C_{pe} = C_{pe1} + (C_{pe10} - C_{pe1}) \log_{10}(s)$ pour $1 \text{ m}^2 < S < 10 \text{ m}^2$
- $C_{pe} = C_{pe10}$ Pour $S \geq 10 \text{ m}^2$

- **Parois verticales :**

S : est la surface chargée de la paroi considérée en m^2

Pour cette direction du vent on a : $b = 33,23 \text{ m}$, $h = 41,72 \text{ m}$, $d = 55,06 \text{ m}$

et $e = [b, 2h] = [33,23 ; 83,44] \rightarrow e = 33,23 \text{ m}$.

Et on a : $d = 55,06 \text{ m} > e = 33,23 \text{ m}$

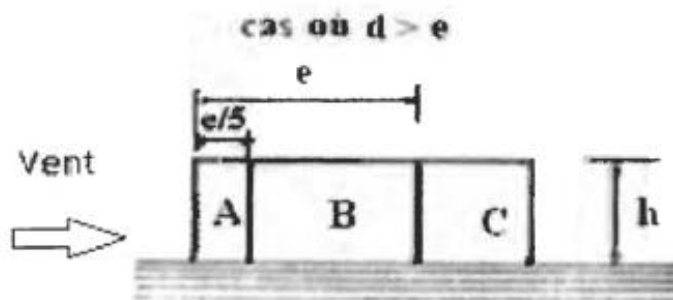
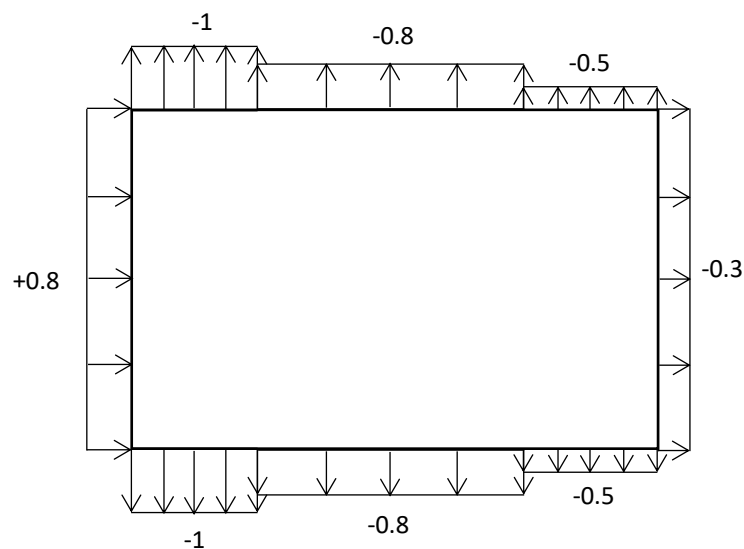


Figure IV.11 : Légende relative aux murs verticaux.

Tableau IV.8: Caractéristique des zones.

Zone	A	B	C	D	E
Surface (m ²)	277,27	1109,08	910,74	1386,35	1386,35
Cpe	Cpe10	Cpe10	Cpe10	Cpe10	Cpe10
Valeur Cpe	-1	-0.8	-0.5	+0.8	-0.3

Les zones de pression et les valeurs respectives des coefficients correspondant à ces zones portées sur le tableau suivant sont :

**Figure IV.12 :** Zone de pression pour les parois verticales.

- **Détermination de coefficient de pression intérieure Cpi :**

La combinaison la plus défavorable de la pression extérieure et intérieure considérées comme agissant simultanément doit être envisagée simultanément pour chaque combinaison potentielle d'ouvertures et autres sources de fuite d'air

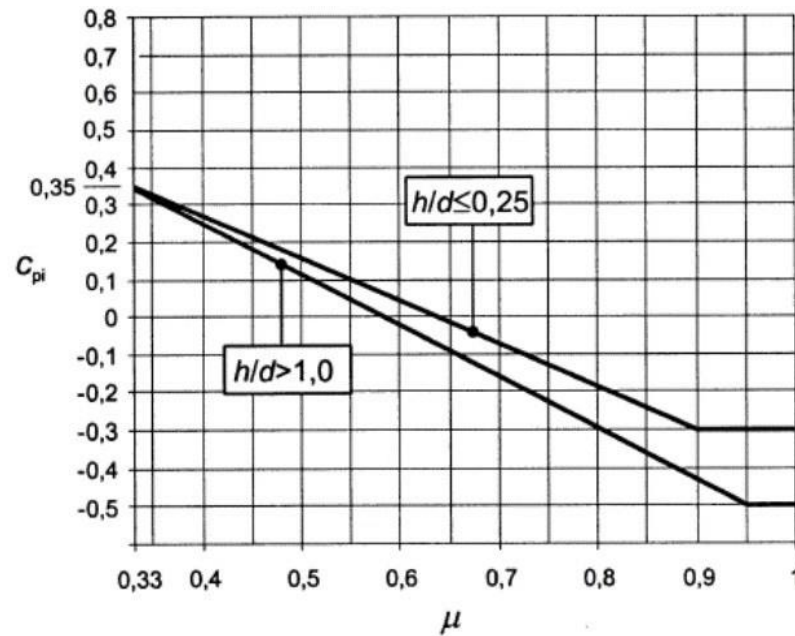


Figure IV.13 : Coefficient de pression intérieure C_{pi} des bâtiments sans face dominants.

Pour les bâtiments sans face dominante, le coefficient de pression intérieure C_{pi} avec (h) est la hauteur du bâtiment, (d) sa profondeur et (μ_p) l'indice de perméabilité donné par :

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures ou } C_{pe} \leq 0}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

Pour les valeurs comprises entre $h/d = 0,25$ et $h/d = 1$ une interpolation linéaire peut être utilisée.

• Détermination de la pression aérodynamique

La pression aérodynamique $W(z_j)$ agissant sur une paroi est obtenue à l'aide des formules suivantes :

Si une face de la paroi est intérieure à la construction, l'autre extérieure :

$$W(z_j) = q_p(z_e) \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Avec :

z_e	$q_p \text{ (N/m}^2\text{)}$
41,72	821,625
33,23	753

Tableau IV.9: la pression aérodynamique pour $C_{pi}=0,8$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
A	41,72	821,625	-1	0,8	-1478,92
B	41,72	821,625	-0.8	0,8	-1314,60
C	41,72	821,625	-0.5	0,8	-1068,11
D	41,72	821,625	+0.8	0,8	0
E	41,72	821,625	-0.3	0,8	-903,787

Tableau IV.10: la pression aérodynamique pour $C_{pi}= -0,5$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
A	41,72	821,625	-1	-0,5	-410,81
B	41,72	821,625	-0.8	-0,5	-246,487
C	41,72	821,625	-0.5	-0,5	0
D	41,72	821,625	+0.8	-0,5	1068,112
E	41,72	821,625	-0.3	-0,5	164,325

Tableau IV.11: la pression aérodynamique pour $C_{pi}=0,8$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
A	33,23	753	-1	0,8	-1355,40
B	33,23	753	-0.8	0,8	-1204,80
C	33,23	753	-0.5	0,8	-978,9
D	33,23	753	+0.8	0,8	0
E	33,23	753	-0.3	0,8	-828,30

Tableau IV.12: la pression aérodynamique pour $C_{pi}= -0,5$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
A	33,23	753	-1	-0,5	-376,50
B	33,23	753	-0.8	-0,5	-246,487
C	33,23	753	-0.5	-0,5	0
D	33,23	753	+0.8	-0,5	1068,112
E	33,23	753	-0.3	-0,5	164,325

- Toiture :

La hauteur de l'acrotère $h_p=0.6\text{m}$ nous avant une toiture plate Selon (§5.1.3RNV Version 2013)

$$e = \min(b, 2h) = 33,23 \text{ m}$$

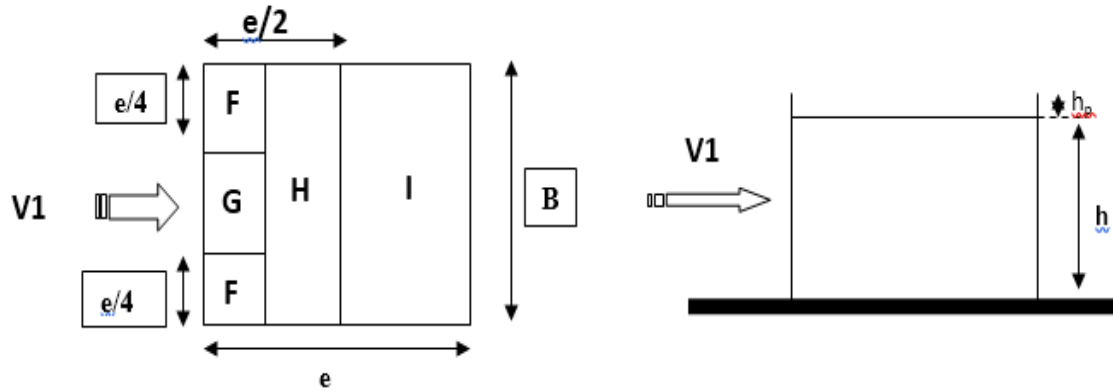


Figure IV.14 : Légende pour la paroi verticale la toiture (V2).

D'après le tableau 5.2 RNV 2013 on a : $h_p / h = 0,025$

a- Coefficients de pressions extérieures C_{pe} :

Zone	$S > 10\text{m}^2$	C_{pe10}
F	27,60	-1,6
G	55,21	-1,1
H	441,69	-0,7
I	1277,52	-0,2

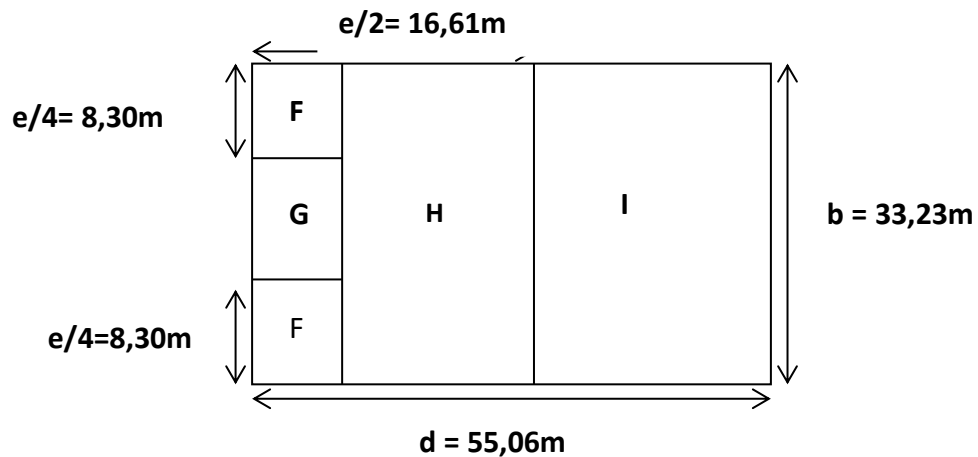


Figure IV.15 : Légende pour les toitures plates.

b- Coefficient de pression intérieure C_{pi} :

Le coefficient de la pression intérieure C_{pi} des bâtiments sans cloisons intérieurs est donné en fonction de l'indice de perméabilité μ_p .

La pression aérodynamique :

$$w(z_j) = q_p(z_e) \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Tableau IV.13: la pression aérodynamique pour $C_{pi1}=0,8$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
F	41,72	821,625	-1,6	0,8	-1971,9
G	41,72	821,625	-1,1	0,8	-1561,088
H	41,72	821,625	-0,7	0,8	-1232,43
I	41,72	821,625	-0,2	0,8	-821,625

Tableau IV.14: la pression aérodynamique pour $C_{pi1}= -0,5$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
F	41,72	821,625	-1,6	-0,5	-903,7875
G	41,72	821,625	-1,1	-0,5	-492,975
H	41,72	821,625	-0,7	-0,5	-164,325
I	41,72	821,625	-0,2	-0,5	246,4875

Tableau IV.15: la pression aérodynamique pour $C_{pi}=0,8$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
F	33,23	753	-1,6	0,8	-1807,2
G	33,23	753	-1,1	0,8	-1430,7
H	33,23	753	-0,7	0,8	-75,3
I	33,23	753	-0,2	0,8	-753

Tableau IV.16: la pression aérodynamique pour $C_{pi}= -0,5$ (direction V2)

Zone	Z(m)	qp(ze)	Cpe	Cpi	W (zj) [N/m2]
F	33,23	753	-1,6	-0,5	-828,3
G	33,23	753	-1,1	-0,5	-1430,7
H	33,23	753	-0,7	-0,5	-150,60
I	33,23	753	-0,2	-0,5	-753

IV.2.3. La force de frottement

Dans le cas de structures allongées ou élancées on tient compte d'une force complémentaire due aux frottements qui s'exerce sur les parois parallèles à la direction du vent au-delà d'une distance des bords au vent égales à la plus petite des valeurs (2b) et (4h)

Avec :

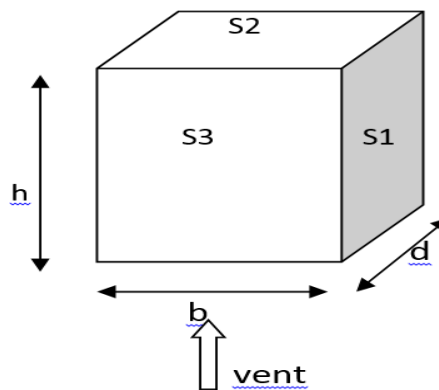
D : dimension en m de la construction parallèle au vent

B : dimension en m de la construction perpendiculaire au vent

H : hauteur en m de la construction

Remarque :

La force de frottement est négligeable si : $2s_1 + s_2 \leq 4s_3$



$$S_1 = d \times h = 33,23 \times 41,72 = 1386,355 \, m^2$$

$$S_2 = b \times d = 55,06 \times 33,23 = 1829,64 \, m^2$$

$$S_3 = b \times h = 55,06 \times 41,72 = 2297,103 \, m^2$$

$$4S_3 = 9188,41 \, m^2$$

$$2S_1 = 277,71 \, m^2$$

$$\text{Donc } 2S_1 + S_2 \leq 4S_3$$

$$4602,35 \, m^2 \leq 9188,41 \, m^2 \text{ OK vérifier}$$

☐ La force de frottement est négligeable

IV.Conclusion

Ce chapitre a permis d'analyser les actions climatiques, notamment la neige et le vent, dans un contexte. Ces données sont essentielles pour une modélisation réaliste et un dimensionnement conforme aux exigences de sécurité.

CHAPITRE V :
ETUDE DYNAMIQUE

V.1 Introduction

Les séismes sont des phénomènes naturels soudains qui peuvent causer de graves dégâts, surtout dans les zones où il y a beaucoup de constructions. Comme on ne peut pas prédire exactement quand un tremblement de terre va se produire, il est très important de construire des bâtiments capables de résister aux secousses. Dans ce contexte, l'ingénierie parasismique joue un rôle essentiel. Elle permet de concevoir des structures sûres, tout en respectant les aspects économiques. Les structures métalliques, grâce à leur légèreté et leur souplesse, sont souvent utilisées pour mieux résister aux effets des séismes.

Le but de ce chapitre est de définir un modèle de structure qui vérifie les conditions et critères de sécurité imposés par les règles parasismiques Algériennes **RPA99/version 2024**

La modélisation de notre structure a été effectuée à l'aide du logiciel **Autodesk Robot Structural Analysis Professional Version 2026** qui est un logiciel de calcul automatique des spectres.

V.2 Objectif de l'étude sismique

L'objectif principal de cette étude est d'analyser le comportement dynamique des structures métalliques soumises à des sollicitations sismiques. Cela implique la détermination des caractéristiques dynamiques propres de la structure, telles que les fréquences naturelles et les modes de vibration, afin de concevoir des bâtiments capables de résister efficacement aux effets des tremblements de terre

D'après le "RPA2024" la détermination de la réponse d'une structure et son dimensionnement peuvent se faire par trois méthodes de calcul:

- Méthode statique équivalente.
- Méthode d'analyse spectrale.
- Méthode d'analyse dynamique par accélérographe.

V.3 Critère de classification par le RPA 2024

Pour notre cas, et d'après la classification de la RPA la wilaya TIPAZA est classée comme zone de forte sismicité **ZONE VI (§3.1RPA 2024)**.

Notre ouvrage est considéré comme ouvrage courant ou d'importance moyenne **Groupe 2** (bâtiment d'habitation collective ou à usage de bureaux dont la hauteur ne dépasse pas 48 m) (**§RPA 2024**).

Selon le rapport géotechnique relatif à cet ouvrage, on est en présence d'un sol de catégorie **S3** (site meuble) (**§3.2 RPA 20024**).

V.3.1 Choix de la méthode de calcul

Le choix de la méthode de calcul dépend des conditions d'application de chacune d'elle.

Dans notre cas, d'après **le RPA / version 2024**, notre structure est implantée et classée dans la zone sismique **VI** avec zones de sismicité **Elevée**.

V.3.1.1 La méthode statique équivalente

A. Principe

Les forces réelles dynamiques, qui se développent dans la construction, sont remplacées par un système de forces statiques fictives dont les effets sont considérés équivalents à ceux de l'action sismique.

V.3.1.2 Méthodes dynamiques

- a) La méthode d'analyse modale spectrale peut être utilisée dans tous les cas et, en particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas permise.
- b) La méthode d'analyse dynamique par accéléré grammes peut être utilisée, au cas par cas, par un personnel qualifié, ayant justifié auparavant les choix des séismes de calcul et des lois de comportement utilisées ainsi que la méthode d'interprétation des résultats et les critères de sécurité à satisfaire.

V.3.1.3 Méthode d'analyse modale spectrale

- Principe Par cette méthode, il est recherché, pour chaque mode de vibration, le maximum des effets engendrés, dans la structure, par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul. Ces effets sont, par la suite, combinés pour obtenir la réponse de la structure.

Spectre de réponse élastique horizontal

Le spectre de réponse élastique normalisé par rapport à la valeur de l'accélération de la pesanteur (g) $S_ae g(T)$, pour les composantes horizontales de l'action sismique, est défini **par RPA 2024**.

Tableau V.5: Valeurs des paramètres décrivant les spectres de réponse élastique de type1 C (Zones IV, V et VI)

Spectre type 1 (Zones IV, V et VI)	S	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₃ (s)
Site: S ₁	1.00	0.10	0.40	2.0
Site: S ₂	1.20	0.10	0.50	2.0
Site: S ₃	1.30	0.15	0.60	2.0
Site: S ₄	1.35	0.15	0.70	2.0

Pour notre cas **site 3** on prend **T₁=0,15** **T₂=0,60** **T₃=2.0**.

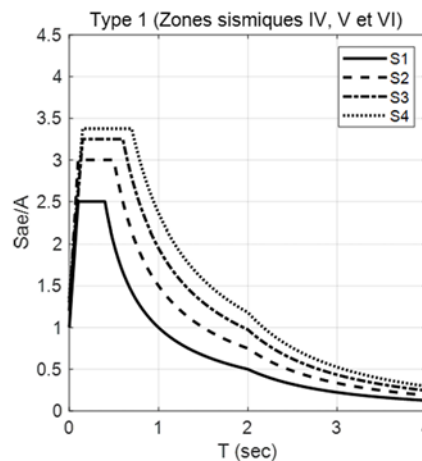


Figure V.2: Spectres de réponse élastique de type 1 et de type 2

Pour les sols de classes S1 à S4 (5 % d'amortissement) pour un ouvrage d'importance moyenne ($I=1$)

Tableau V. 6: Valeurs de ξ (%)

	Portiques (*)		Voiles (**)
Remplissage	Béton armé	Acier	Béton armé/maçonnerie
Léger	6	4	10
Dense	7	5	10
(*) : Sans présence des voiles ou de noyaux en béton armé			
(**) : Valeurs valables même si les voiles sont associés a des portiques			

Pour notre cas : portiques en acier avec remplissage dense on prend $\xi = 5$

L'action sismique horizontale est représentée par le spectre de calcul suivant :

$$\frac{S_{ad}}{g}(T) = \begin{cases} A.I.S. \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_1} \cdot \left(2.5 \frac{Q_F}{R} - \frac{2}{3} \right) \right] & \text{si: } 0 \leq T < T_1 \\ A.I.S. \left[2.5 \frac{Q_F}{R} \right] & \text{si: } T_1 \leq T < T_2 \\ A.I.S. \left[2.5 \frac{Q_F}{R} \right] \cdot \left[\frac{T_2}{T} \right] & \text{si: } T_2 \leq T < T_3 \\ A.I.S. \left[2.5 \frac{Q_F}{R} \right] \cdot \left[\frac{T_2 \cdot T_3}{T^2} \right] & \text{si: } T_3 \leq T < 4_s \end{cases}$$

Où :

- $S_{ad}/g(T)$: spectre de calcul normalisé par rapport à la valeur de l'accélération de la pesanteur,
- R : coefficient de comportement de la structure **RPA 2024** (cf.§3.6,Tableau(3.17)& Annexe I).
- Q_F : facteur de qualité **RPA 2024** (cf.§3.8).

Tableau IV. 7: Valeurs du coefficient de comportement, R

B) Structures en acier		
10	Ossatures en portiques sans remplissage ou avec remplissage isolé	6.5 ^(a)
11	Ossature en portiques avec remplissages maçonnerie rigide	3 ^(a)
12a	Ossature avec palées de contreventement à barres centrées en X	4 ^(b)
12b	Ossature avec palées de contreventement à barres centrées en V	2.5 ^(b)
13a	Ossature en portiques avec palées de contreventement à barres centrées en X	4.5 ^(b)
13b	Ossature en portiques avec palées de contreventement à barres centrées en V	3.5 ^(b)
14	Système en pendule inversé	2 ^(b)

- Donc le catégorie **13b** on prend **R=3,5**.

Facteur de qualité

Le facteur de qualité, QF, tient compte de :

- la redondance et de la géométrie des éléments qui constituent la structure est donnée au cas par cas dans le Tableau (3.18).
- i est le nombre total de pondérations dépendant de la catégorie concernée

Les critères de qualité "q" à vérifier sont

Tableau V. 8: Valeurs des Pondérations P_q

Catégorie	Critère, q	Observé	P_q N/observé
(a)	1. Régularité en plan	0	0.5
	2. Régularité en élévation	0	0.20
	3. Conditions minimales sur le nombre étage	0	0.20
	4. Condition minimale sur les travées	0	0.10
(b)	1. Régularité en plan	0	0.05
	2. Régularité en élévation	0	0.20
	3. Redondance en plan	0	0.05

Les critères	Observé N/observé	Suivant x	Observé N/observé	Suivant y
Régularité en plan	Non	0,05	Non	0,05
Régularité en élévation	NON	0,20	NON	0,20

$$Q_F = 1 + \sum_{q=1}^{q=i} P_q$$

- $Q=1+0,05 \Rightarrow 1,25$

V.3.2 Calcul de la force sismique totale

La force sismique totale, V , appliquée à la base de la structure, doit être calculée successivement dans deux directions horizontales orthogonales.

Selon les équations suivantes :

$$V = \lambda \cdot \frac{S_{ad}}{g}(T_0) \cdot W$$

Avec :

- $\frac{S_{ad}}{g}(T_0)$: Ordonnée du spectre de calcul pour la période T_0
- Période fondamentale de vibration du bâtiment, pour le mouvement de translation dans la direction considérée (cf. § 4.2.4).
- λ : Coefficient de correction

$$\lambda = \begin{cases} 0.85: & \text{si } T_0 \leq (2 \cdot T_2) \text{ et si le bâtiment a plus de 2 niveaux} \\ 1, & \text{autrement} \end{cases}$$

W : Poids sismique total du bâtiment. Il est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau « i » :

$$W = 1 + \sum_{i=1}^n W_i \quad n \text{ étant le nombre de niveaux}$$

$w_i = W_{Gi} + \psi W_{Qi}$. Pour tout niveau i de la structure.

- W_{Gi} Poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure.
- W_{Qi} Charges d'exploitation
- ψ : Coefficient d'accompagnement, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation et donné par le Tableau $\psi = 0,3$.

V.3.3. Calcul de la force sismique totale

La force sismique totale, V , appliquée à la base de la structure, doit être calculée successivement dans deux directions horizontales orthogonales.

$$V = \lambda \cdot \frac{S_{ad}}{g}(T_0) \cdot W$$

V.3.3. Résultat de l'analyse dynamique

— Modèle initial

Pour ce modèle on a gardé les sections des poteaux et poutre calculées dans le pré dimensionnement et on a proposé une disposition initiale des contreventements pour voir les réponses ou alors V.L.N.A (vibration libre no amortie) initial.

Les poteaux :

▪ RDC+1 ^{er} +2 ^{eme}	⇒ HEA 500
▪ 3eme+4eme	⇒ HEA 400
▪ 5eme+6eme +7eme	⇒ HEA 360
▪ 8eme+9eme+10 ^{eme}	⇒ HEA 260
▪ 11eme+12eme	⇒ HEA 200

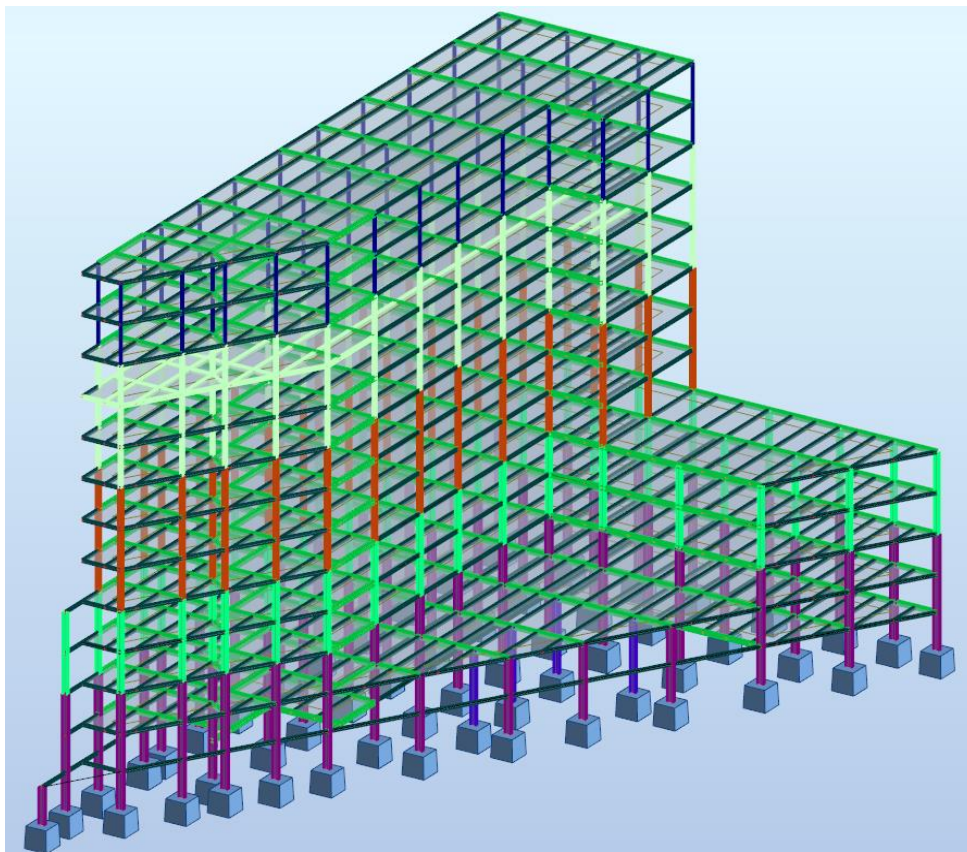


Figure V. 2: Vue en 3d du modèle initial.

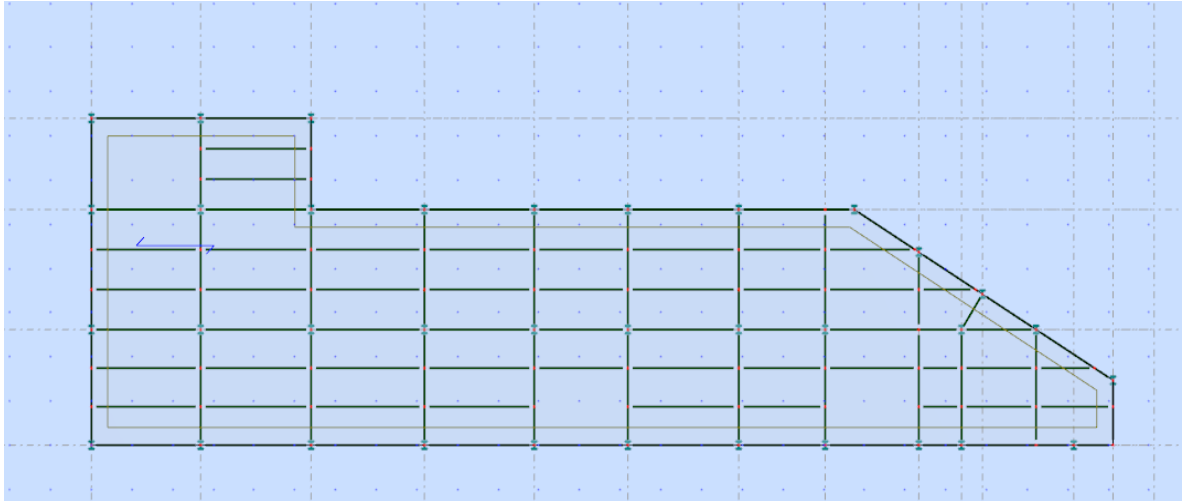
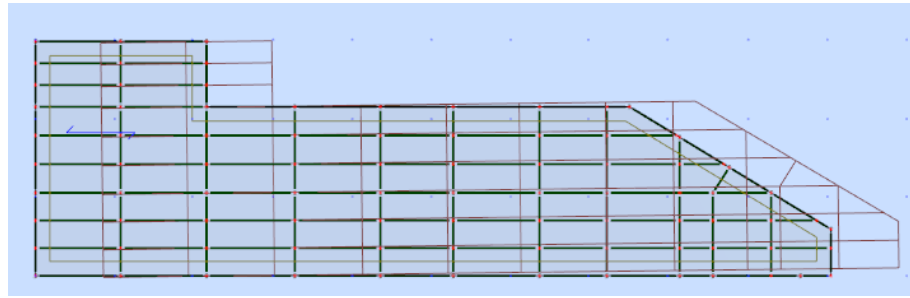
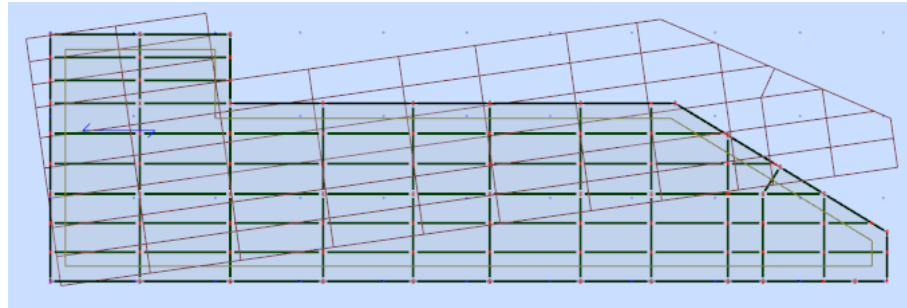
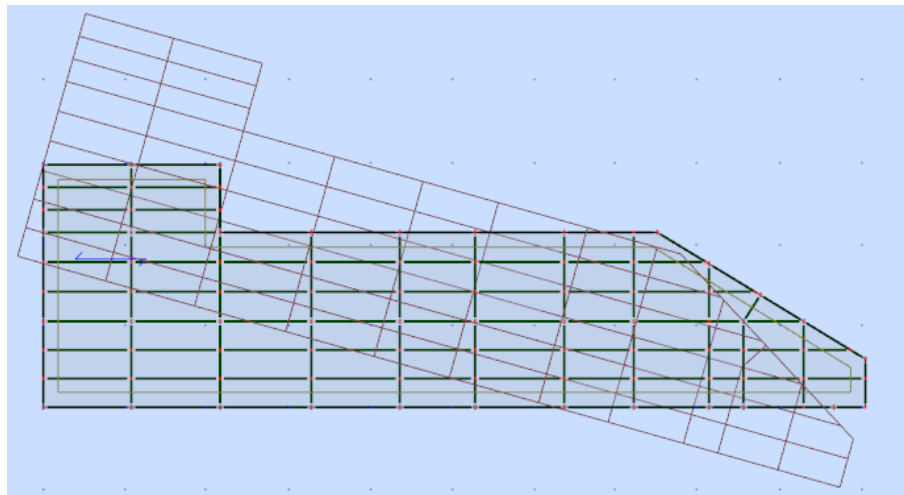


Figure V.3: Vue en plan du modèle initial.

— Période et participation du model

Tableau IV. 4: Pourcentage de participation massique pour model initial

Modes	Périodes [Sec]	Facteur de participation massique (%)			
		U _x (%)	U _y (%)	ΣU _x (%)	ΣU _y (%)
1	3.98	65,24	0,07	65,24	0,07
2	2.64	0,30	37,59	65,53	40,66
3	2.16	0,05	20,86	65,59	58,53
4	1.69	15,01	0,00	80,60	59,53
5	1.07	4,73	1,79	85,33	63,32
6	1.03	2,31	7,14	87,64	69,45
7	0.94	0,14	7,49	87,78	77,94
8	0.70	3,59	0,00	91,37	81,94
9	0.62	0,07	5,47	91,44	89,41
10	0.61	0,12	3,47	91,56	90 ,05

**Mode 1****Mode 2****Mode 3****Figure V.4:** La déformée pour les modes du modèle initial.**Constatations :**

L'analyse modale de la structure a conduit à :

- Une période du 1^{er} mode $T_1 = 3,98$ sec.
- La participation de la masse dépasse le seuil de 90% à partir du 10^{eme} mode
- Premier mode on a un mode couplé
- 2eme mode on a translation selon xx
- 3eme mode on a un mode couplé

Conclusion

Dans ce modèle, nous avons constaté qu'un mode couplée apparaît dès le premier mode propre, ce qui indique un comportement dynamique non souhaité. Pour corriger cela, un modèle intermédiaire sera proposé afin d'obtenir une répartition plus réaliste des modes et un comportement structurel plus conforme aux attentes.

Modèle intermédiaire

Pour ce modèle on a proposé une disposition des contreventements pour améliorer la stabilité de la structure ,ces contreventements avec section de **Double-UPN 280**

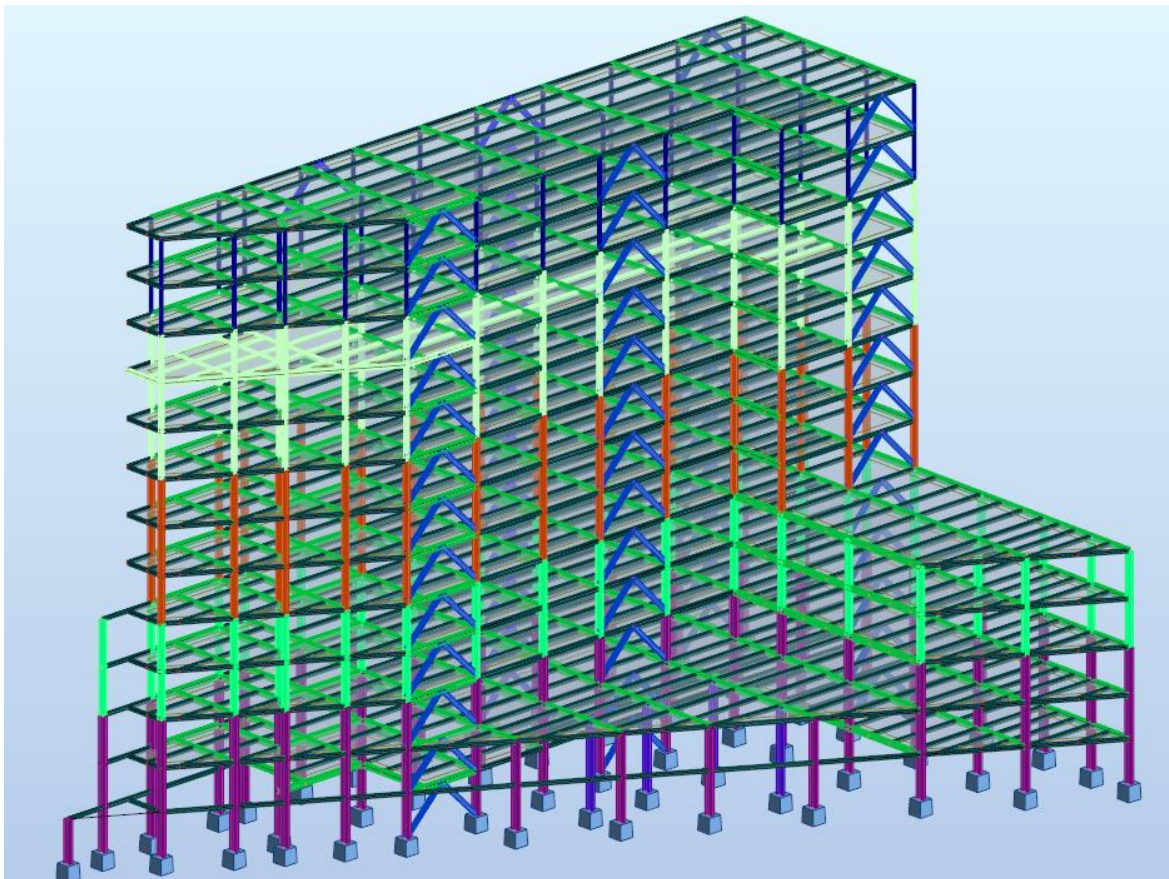
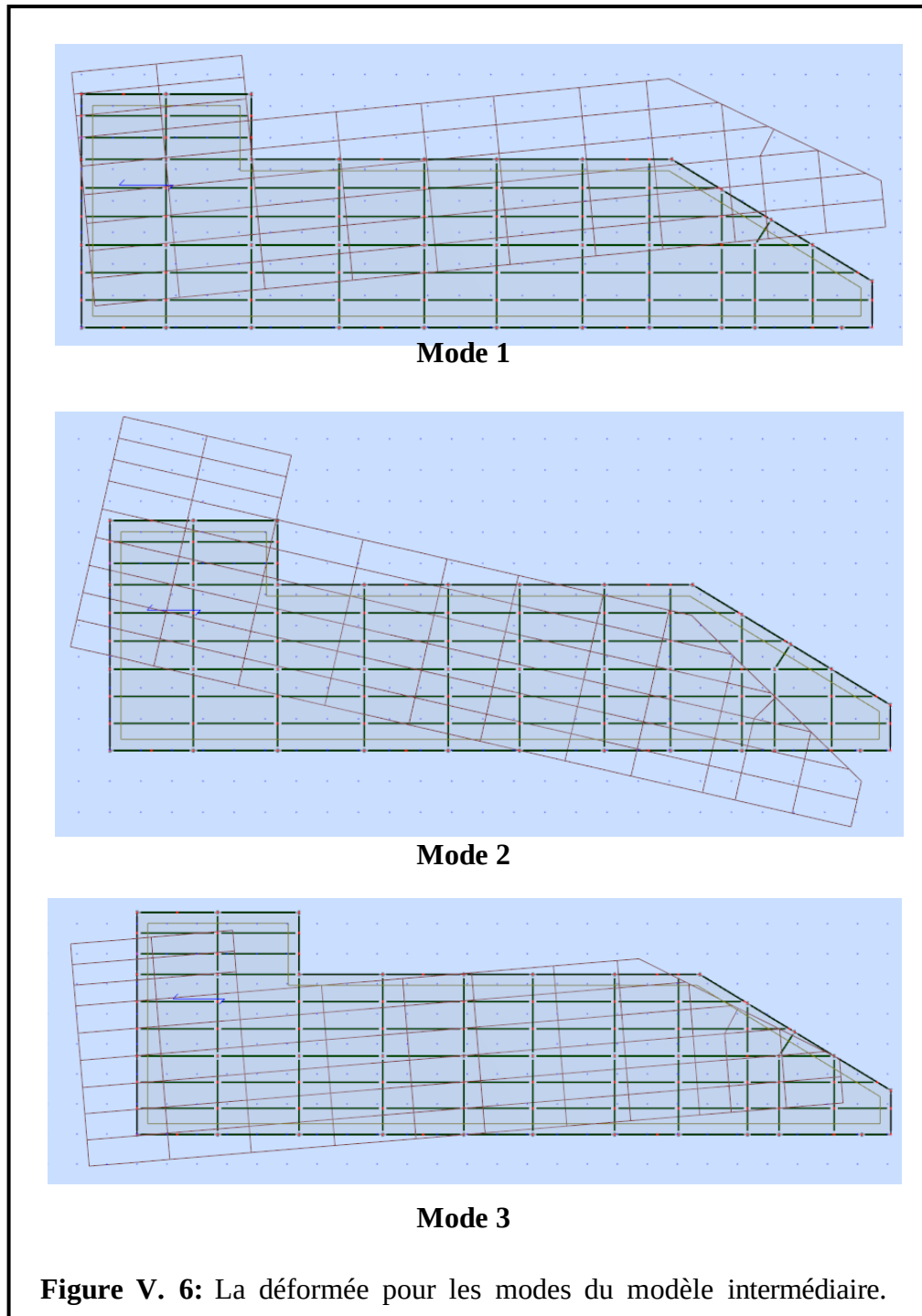


Figure V.5 : Disposition des contreventements pour le modèle intermédiaire

— Période et participation du modèle

Tableau V.5 : Pourcentage de participation massique pour le modèle intermédiaire

Modes	Périodes [Sec]	Facteur de participation massique (%)			
		U _x (%)	U _y (%)	ΣU _x (%)	ΣU _y (%)
1	2,55	0,22	49,22	0,22	49,22
2	2,01	4,75	9,22	4,97	58,44
3	1,71	53,80	0,20	58,77	58,64
4	1,02	0,00	15,26	58,77	73,89
5	0,78	0,07	1,25	58,84	75,14
6	0,62	0,00	8,74	58,84	83,88
7	0,52	23,93	0,00	82,77	83,88
8	0,44	0,91	0,12	83,68	84,00
9	0,43	0,00	0,06	83,69	84,06
10	0,41	0,00	3,69	83,69	87,76
11	0,34	0,00	1,60	83,69	89,35
12	0,28	1,18	0,03	84,87	89,38
13	0,26	6,88	0,20	91,75	89,58
14	0,26	0,50	2,59	92,25	92,17



Constatations

L'analyse modale de la structure a conduit à :

- Une période $T_1 = 2.55$ sec.
- La participation de la masse dépasse le seuil de 90% à partir du 14 eme mode.
- Premier mode on a translation selon yy

- 2eme mode on a rotation selon xx
- On a rotation dans 3eme mode

Conclusion

On propose un nouveau modèle pour améliorer l'équilibre structurelle

_ Modèle final

Pour ce modèle on a proposé une nouvelle section des profilés et on a changé la disposition des contreventements

Les poteaux :

RDC+1^{er}+2^{eme}+3eme +4eme $\Rightarrow$ HEB500

5eme+6eme +7eme +8eme $\Rightarrow$ HEB400

9eme+10^{eme} +11eme+12eme $\Rightarrow$ HEB360

Les poutres :

Principal $\Rightarrow$ HEA500 ; secondaire $\Rightarrow$ HEA 400

Les contreventements :

RDC+1^{er}+2^{eme}+3eme +4eme $\Rightarrow$ 2 UPN 400

5eme+6eme +7eme +8eme $\Rightarrow$ 2 UPN 300

9eme+10^{eme} +11eme+12eme $\Rightarrow$ 2 UPN 280

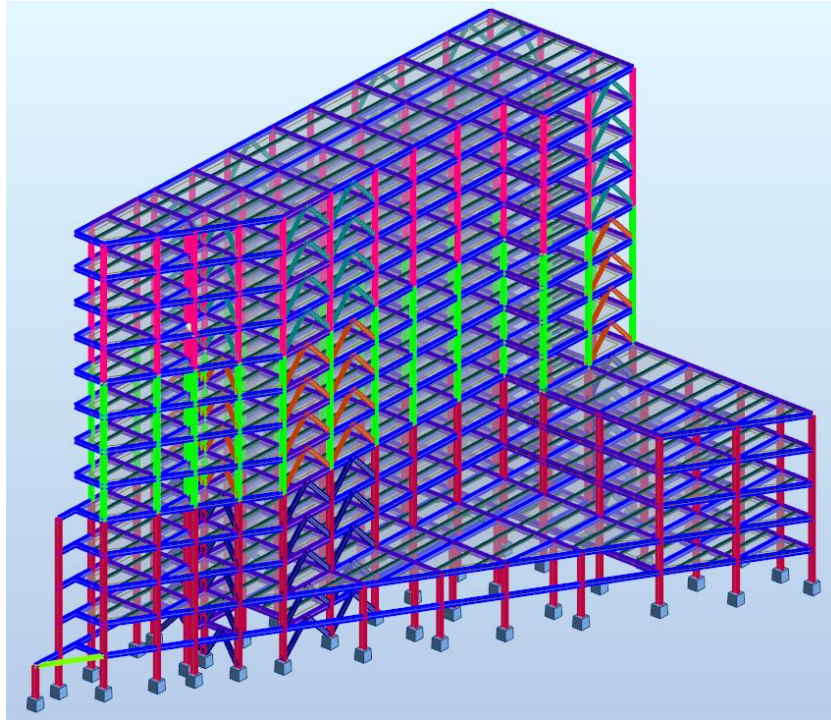
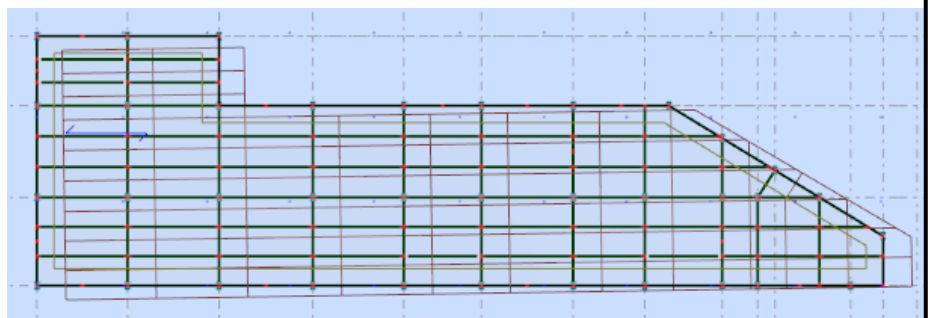
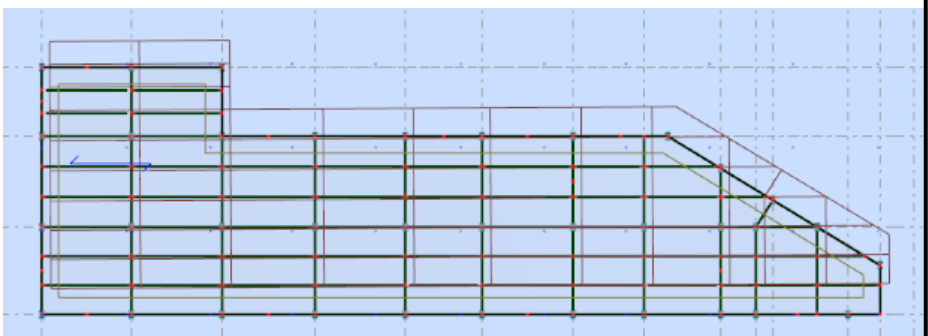
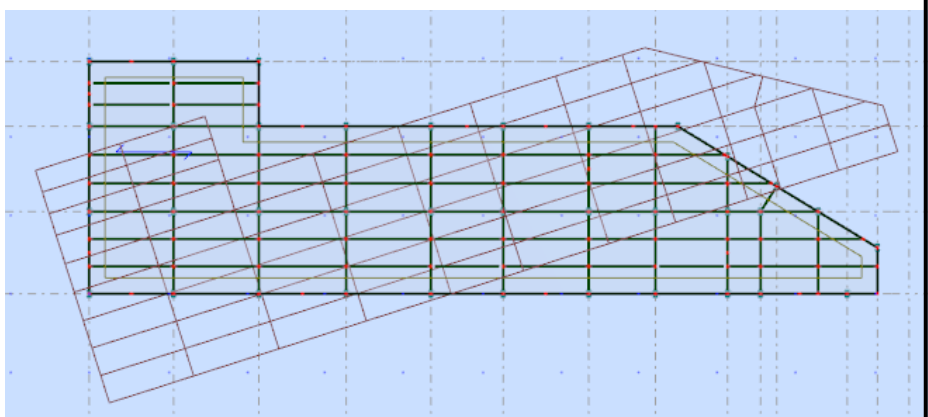


Figure V. 7: vue 3D pour le modèle final.

— Période et participation du modèle

Tableau V. 6: Pourcentage de participation massique pour le modèle finale.

Modes	Périodes [Sec]	Facteur de participation massique (%)			
		U _x (%)	U _y (%)	ΣU _x (%)	ΣU _y (%)
1	1,07	8,35	51,86	8,35	51,86
2	0,95	53,07	9,02	61,42	60,88
3	0,82	1,41	0,39	62,83	61,27
4	0,35	1,98	19,74	64,80	81,00
5	0,30	19,99	2,12	84,80	83,13
6	0,27	0,39	0,35	85,18	83,48
7	0,19	0,22	6,67	85,40	90,15
8	0,17	0,00	0,01	85,40	90,16
9	0,16	6,42	0,28	91,82	90,44

**Mode 1****Mode 2****Mode 3****Figure V.8** : La déformée pour les modes du modèle finale.

Constatations :

L'analyse modale de la structure a conduit à :

- Une période $T_1 = 1,07$ sec.
- La participation de la masse dépasse le seuil de 90% à partir du 9eme mode
- Premier mode on a translation selon xx
- 2eme mode on a translation selon yy
- On a rotation dans 3eme mode

$$T_{\text{empirique}} = Ct(hn)^{3/4} = 0.05 * (39.26)^{3/4} = 0.784 \text{ sec}$$

$$-1.3T_{\text{empirique}} = 1.3 \times 0.784 = 1.01 \text{ sec}$$

$$T_{\text{analytique}} = 1,12 \text{ sec} > 1.3T_{\text{empirique}} = 1.01 \text{ sec}$$

Alors la période adoptée est $T = 1,3T_{\text{empirique}} = 1.01$ Sec.

Vérification de l'effort tranchant à la base

D'après logiciel robot on obtient les valeurs suivantes :

Sens	A	I	S	Q _f	R	T ₀	$\frac{S_{ad}}{g}$	λ	W(KN)	V _t (KN)
Selon x	0,3	1	1,3	1,25	3,5	1,01	0,207	0,85	61887,15	1643,66
Selon y	0,3	1	1,3	1,25	3,5	1,01	0,207	0,85	61848,16	1546,16

La résultante des forces sismique à la base V_t obtenue par la combinaison des valeurs modales ne doit pas être inférieure à 80% de la résultante des forces sismiques déterminée par la méthode statique équivalente V .

Si : $V_t < 0.8 V$, il faudra augmenter tous les paramètres de la réponse (forces, déplacements, moments, ...) dans le rapport $0.8V/V_t$.

Selon X :

$$V_t = 1643,66 \text{ KN} < 0.8 V = 0,8 \times 61887,15 = 49509,72 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{condition vérifier}$$

Selon Y :

$V_t = 1546,16 \text{ KN} < 0,8 V = 0,8 \times 61887,15 = 49509,72 \text{ KN}$ condition vérifier

— Vérification du déplacement inter étage

Tableau V.7 : Déplacement résultant suivant X

Etage	UX	R	QF	δ_k (mm)	Dk	0.002 h (mm)	Obs
12ème	69	3,5	1,25	193,2	14	61,2	verifier
11ème	64	3,5	1,25	179,2	14	61,2	verifier
10ème	59	3,5	1,25	165,2	16,8	61,2	verifier
9ème	53	3,5	1,25	148,4	19,6	61,2	verifier
8ème	46	3,5	1,25	128,8	16,8	61,2	verifier
7ème	40	3,5	1,25	112	19,6	61,2	verifier
6ème	33	3,5	1,25	92,4	19,6	61,2	verifier
5ème	26	3,5	1,25	72,8	16,8	61,2	verifier
4ème	20	3,5	1,25	56	16,8	61,2	verifier
3ème	14	3,5	1,25	39,2	14	61,2	verifier
2ème	9	3,5	1,25	25,2	11,2	61,2	verifier
1 ^{er}	5	3,5	1,25	14	8,4	56	verifier
RDC	2	3,5	1,25	5,6	5,6	56	verifier

Tableau V.8 : Déplacement résultant suivant Y

Etage	UY	R		δ_k (mm)	Dk	0.002 h (mm)	Obs
12ème	88	3,5	1,25	246,4	19,6	61,2	verifier
11ème	81	3,5	1,25	226,8	19,6	61,2	verifier
10ème	74	3,5	1,25	207,2	22,4	61,2	verifier
9ème	66	3,5	1,25	184,8	22,4	61,2	verifier
8ème	58	3,5	1,25	162,4	25,2	61,2	verifier
7ème	59	3,5	1,25	137,2	22,4	61,2	verifier
6ème	41	3,5	1,25	114,8	22,4	61,2	verifier
5ème	33	3,5	1,25	92,4	25,2	61,2	verifier
4ème	24	3,5	1,25	67,2	16,8	61,2	verifier
3ème	18	3,5	1,25	50,4	16,8	61,2	verifier
2ème	12	3,5	1,25	33,6	16,8	61,2	verifier
1er	6	3,5	1,25	16,8	11,2	56	verifier
RDC	2	3,5	1,25	5,6	5,6	56	verifier

- Tous les déplacements inter étage sont vérifier.

Effet du deuxième ordre

L'effet $P\Delta$ est lié à :

- La charge axiale (P)
- La rigidité ou la souplesse de la structure dans son ensemble
- La souplesse des différents éléments de la structure Les effets de second ordre (ou effet $P-\Delta$) peuvent être négligés si la condition suivante est satisfaite :

$$\theta_k = \frac{P_k \times \Delta_k}{V_k \times h_k} \leq 0,1$$

V_k : Effort tranchant d'étage au niveau « k » : $V_k = \sum_{i=k}^n F_i$

- Δ_k : Déplacements relatif du niveau « k » par rapport au niveau « k-1 »
- h_k : hauteur du niveau « k ».

Selon la valeur de e_k , il convient de considérer que :

- Si $(0.10 \leq \theta_k \leq 0.20)$, les effets $P-\Delta$ peuvent être pris en compte, de manière approchée, en amplifiant les effets de l'action sismique calculés au moyen d'une analyse élastique du 1^{er} ordre par le facteur $(\frac{1}{1-\theta_k})$.
- Si $(\theta_k \geq 0.20)$, la structure est potentiellement instable et doit être redimensionnée.

Tableau V.9: Vérification de l'effet P-delta selon x

Etage	P_k	Δ_k	V_k	h_k	θ_k	Obs< 10%
12	4791,52	5	1868,42	3060	0,00419032	Vérifiée
11	8675,89	6	3097,89	3060	0,00549133	Vérifiée
10	12560,27	6	4040,5	3060	0,00609528	Vérifiée
9	16440,53	6	4763,63	3060	0,00676718	Vérifiée
8	20342,55	6	5362,04	3060	0,00743884	Vérifiée
7	24247,2	7	5898,83	3060	0,00940313	Vérifiée
6	28151,86	7	6391,97	3060	0,01007509	Vérifiée
5	32056,51	6	6838,89	3060	0,00919095	Vérifiée
4	37709,89	5	7452,56	3060	0,00826796	Vérifiée
3	43168,65	5	8046,98	3060	0,00876565	Vérifiée
2	48627,36	4	8575,87	3060	0,0074121	Vérifiée
1	56505,09	3	9155,28	2800	0,00661271	Vérifiée
RDC	61848,16	2	9342,01	280		

Tableau V.10 : vérification de l'effet P-delta selon y

Etage	P_k	Δ_k	V_k	h_k	θ_k	Obs< 10%
12	4791,52	6	1794,2	3060	0,00523639	Vérifiée
11	8675,89	7	2962,09	3060	0,00670027	Vérifiée
10	12560,27	7	3832,51	3060	0,00523639	Vérifiée
9	16440,53	8	4478,61	3060	0,00670027	Vérifiée
8	20342,55	8	5004,69	3060	0,00749708	Vérifiée
7	4791,52	8	5482,37	3060	0,00959712	Vérifiée
6	8675,89	8	5927,04	3060	0,01062666	Vérifiée
5	12560,27	8	6337,13	3060	0,01156277	Vérifiée
4	16440,53	6	6933,4	3060	0,0124176	Vérifiée
3	20342,55	5	7546,86	3060	0,01322489	Vérifiée
2	24247,2	5	8088,35	3060	0,01066446	Vérifiée
1	28151,86	3	8627,5	2800	0,00934654	Vérifiée
RDC	32056,51	2	8787,4	2800	0,00472888	Vérifiée

Conclusion

L'analyse dynamique menée dans ce chapitre a permis d'évaluer le comportement de la structure en zone sismique élevée. Les différentes vérifications, notamment celles liées aux déplacements, aux efforts internes et aux périodes propres, ont été satisfaites, confirmant la conformité de la structure aux exigences du RPA en vigueur.



CHAPITRE VI

Exploitation_des_resultats

VI. INTRODUCTION

Après la modélisation de la structure sur le logiciel Robot Structural Analysais, nous avons extrait les efforts agissant sur les différents éléments porteurs : poteaux, poutres principales, poutres secondaires et contreventements. Ces efforts serviront de base pour les vérifications aux états limites ultimes (ELU) et de service (ELS) et la combinaison de séisme.

VI.1-Poteaux

La structure étudiée comporte trois types de poteaux, répartis selon les niveaux. Nous avons extrait les efforts normaux ainsi que les moments fléchissant à différentes combinaisons de sollicitation, dans le but d'analyser le comportement des poteaux en flexion composée. Dans ce cadre, nous procéderons également à la vérification du flambement des poteaux selon les trois cas étudiés.

Cas 1 : Effort normal maximal N_{max} , moment M_y corr et M_z corr

Ce cas correspond à la sollicitation maximale en compression, accompagnée des moments correspondants dans les directions Y et Z.

Tableau VI. 1 : Effort normal maximal N_{max} , moment M_y corr et M_z corr

Etage	Profilé	N max	M_y corr	M_z corr	Combinaison
9 ^{ème} Nv à 12 ^{ème} Nv	HEB360	1083,40	21,64	1,84	ELU
		-287,93			
5 ^{ème} Nv à 8 ^{ème} Nv	HEB400	2510,80	109.26	24.28	G+0.4Q+0.3E X+EY
		-963,08			
RDC à 4 ^{ème}	HEB500	5937.12	177.99	24.84	G+0.4Q-EX- 0.3EY
		-3774.74			

Remarque : les résultats suivant dans le logiciel Robo 2026

Cas 2 : Effort normal Ncorr, moment My maximal et Mz corr

Ce cas met l'accent sur la flexion prédominante dans la direction Y. Il permet de s'assurer que les poteaux sont dimensionnés correctement face aux sollicitations excentrées.

Tableau VI.2 : Effort normal Ncorr, moment My maximal et Mz corr

Etage	Profilé	N corr	M _y max	M _z corr	Combinaison
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	HEB360	175,71	316,35	8,38	G+0.4Q+0.3E X+EY
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	HEB400	1050 ,17	379,62	2,32	G+0.4Q+0.3E X+EY
RDC à 4 ^{eme}	HEB500	273,22	453,80	45,65	G+0.4Q+0.3E X+EY

Cas 3 : Effort normal Ncorr, moment My corr et Mz maximal

Dans ce cas l'analyse est focalisée sur la flexion dominante selon Z. Ce cas est nécessaire pour compléter la vérification en flexion composée bi axiale.

Tableau VI.3 : Effort normal Ncorr, moment My corr et Mz maximal

Etage	Profilé	N corr	M _y corr	M _z max	Combinaison
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	HEB360	321,04	29,10	139,27	G+0.4Q+EX+ 0.3EY
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	HEB400	380,46	32,04	147,85	G+0.4Q-EX- 0.3EY
RDC à 4 ^{eme}	HEB500	1538,89	30,93	131,31	G+0.4Q-EX- 0.3EY

VI.2-Poutres principales

Les poutres principales de la structure sont réparties en trois types selon leurs longueurs et les efforts qu'elles reprennent. Les efforts extraits sont les moments aux appuis, les efforts tranchants, ainsi que les moments en travée.

Tableau VI.4 : Poutres principales

Niveau	L (m)	Section	M _{appui} (KN.m)	Combinaison	V _{sd} (KN)	M _{travée} (KN.m)	Combinaison
Type1	5,84	HEA500	444,74	G+0.4Q+0.3E x+Ey	198,50	148,63	ELU
Type2	4.13	HEA500	420,95	G+0.4Q+0.3E x-Ey	191,26	118,17	ELU
Type3	3.28	HEA500	322,97	G+0.4Q+0.3E x-Ey	21,07	11,48	ELU

- On observe que les poutres de type 1, ayant une portée de 5,84 m, subissent les efforts les plus importants avec un moment aux appuis atteignant 444,74 kN·m et un effort tranchant de 198,50 kN.
- Les types 2 et 3 montrent une décroissance proportionnelle des efforts, ce qui est logique compte tenu de la réduction des portées. Ces résultats serviront de base pour les vérifications.

Poutres secondaires

Les poutres secondaires, assurant la liaison entre les éléments principaux et supportant le plancher collaborant, sont également divisées en trois types. Les efforts étudiés sont similaires à ceux des poutres principales.

Tableau VI.5 : Poutres secondaires

Niveau	L (m)	Section	M _{appui} (KN.m)	Combinaison	V _{sd} (KN)	M _{travée} (KN.m)	Combinaison
Type1	5,57	HEA400	157,33	G+0.4Q+Ex+ 0.3Ey	93,27	49,59	ELU
Type2	4.60	HEA400	268,66	G+0.4Q+Ex+ 0.3Ey	84,45	61,84	ELU
Type3	2.81	HEA400	47,71	G+0.4Q+Ex+ 0.3Ey	5,61	2,22	ELU

- La poutre secondaire de type 2, d'une portée de 4,60 m, est la plus sollicitée avec un moment aux appuis de 268,66 kN·m.
- Les poutres de type 3 présentent des sollicitations beaucoup plus faibles, en cohérence avec leur portée réduite (2,81 m). Ces résultats permettront de vérifier leur résistance en flexion et au cisaillement.

Contreventements

Les contreventements assurent la stabilité latérale de la structure face aux actions horizontales (sismiques ou dues au vent). Ils sont disposés tous les 4 étages, avec des sections variables selon les niveaux. Les efforts étudiés sont les efforts normaux de traction et compression dans les barres de contreventement.

Tableau VI.6 : Contreventements

etage	section	α	L	Nsd traction	Nsd Compression	R
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	2 UPN280	49.5	6.05	-594,78	658,34	0.67
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	2 UPN300	49.5	6.05	-838,18	981,70	0.82
2 ^{eme} Nv à 4 ^{eme} Nv	2 UPN400	49.5	6.05	-1126,45	1282,60	0.65
RDC à 1 ^{er} Nv	2 UPN400	47°	5.93	-1362,13	1565,57	0.71

etage	section	α	L	Nsd traction	Nsd Compression	R
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	2-UPN280	48.7°	6,18	-377,90	396,04	0.48
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	2-UPN300	48.7°	6,18	-620,02	663,41	0.50
2 ^{eme} Nv à 4 ^{eme} Nv	2-UPN400	48.7°	6,18	-874,96	988,68	0.46
RDC à 1 ^{er} Nv	2-UPN400	46.2°	6.05	-1001,58	1172,18	0.53

etage	section	α	L	Nsd traction	Nsd Compression	R
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	2-UPN280	47.7°	6.35	-422,27	489,77	0.45
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	2-UPN300	47.7°	6.35	-644,89	734,50	0.57
2 ^{eme} Nv à 4 ^{eme} Nv	2-UPN400	47.7°	6.35	-852,45	951,03	0.46
RDC à 1 ^{er} Nv	2-UPN400	45.2°	6.23	-995,02	1113,01	0.51

etage	section	α	L	Nsd traction	Nsd Compression	R
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	2-UPN280	48.3°	6.25	-624,35	630,65	0.53
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	2-UPN300	48.3°	6.25	-926,49	974,46	0.69
2 ^{eme} Nv à 4 ^{eme} Nv	2-UPN400	48.3°	6.25	-1207,88	1280,89	0.60
RDC à 1 ^{er} Nv	2-UPN400	45.8°	6.12	-1144,93	1265,81	0.50

etage	section	α	L	Nsd traction	Nsd Compression	R
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	2-UPN280	47.1°	5.45	-573,24	760,17	0.73
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	2-UPN300	47.1°	5.45	-877,64	1131,27	0.91
2 ^{eme} Nv à 4 ^{eme} Nv	2-UPN400	47.1°	5.45	-1216,15	1484,27	0.73
RDC à 1 ^{er} Nv	2-UPN400	44.6°	6.33	-1213,27	1401,32	0.65

etage	section	α	L	Nsd traction	Nsd Compression	R
9 ^{eme} Nv à 12 ^{eme} Nv	2-UPN280	61°	4.65	-431,65	566,22	0.52
5 ^{eme} Nv à 8 ^{eme} Nv	2-UPN300	61°	4.65	-707,13	975,57	0.72
2 ^{eme} Nv à 4 ^{eme} Nv	2-UPN400	61°	4.65	-1113,16	1463,56	0.64
RDC à 1 ^{er} Nv	2-UPN400	58.8°	4.49	-1249,36	1577,97	0.61

- On remarque une augmentation progressive des efforts normaux (en traction et compression) en descendant dans les niveaux, Cela confirme que les contreventements inférieurs sont les plus sollicités. La vérification portera donc une attention particulière à ces niveaux pour s'assurer de leur efficacité et de leur stabilité.

Conclusion :

L'analyse des résultats a permis d'identifier les efforts maximaux appliqués à chaque élément de la structure, lesquels serviront de référence pour les vérifications de element dans le chapitre suivant.

CHAPITRE VII
VERIFICATION DE
LOSSATURE

VII.1 Introduction :

Les structures métalliques sont la plupart constituées d'éléments fléchis, comprimés ou simultanément comprimés et fléchis. Ces éléments constituent l'ossature de notre bâtiment. Le calcul de cette dernière exige que sous toutes les combinaisons d'action possibles, définies réglementairement, la stabilité statique soit assurée, globalement au niveau de la structure et individuellement au niveau de chaque élément.

_ Le flambement :

La notion de flambement s'applique généralement à des éléments élancés, lorsqu'elles sont soumises à un effort normal de compression (flambement simple), ou comprimées et fléchies (flambement flexion), et se déformer dans une direction perpendiculaire à l'axe de compression, en raison d'un phénomène d'instabilité élastique.

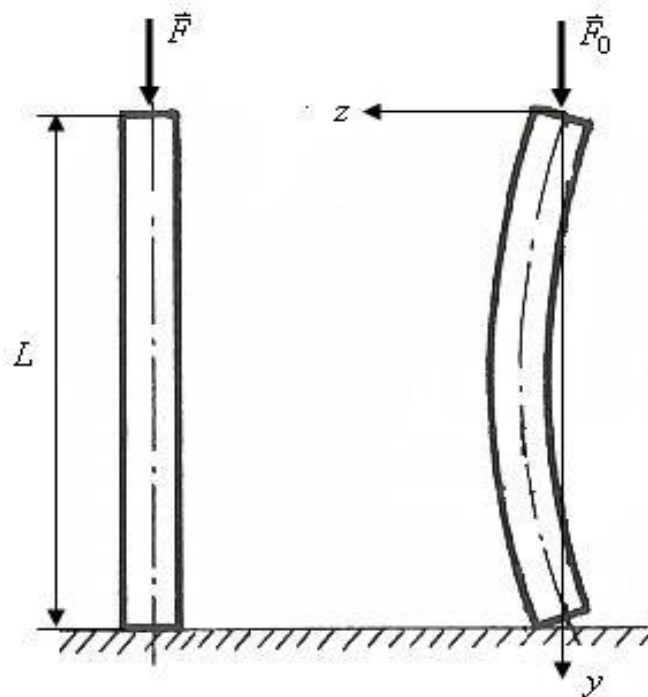


Figure VII.1 : Phénomène du flambement

VII.2 Vérification des poteaux (poteau axe C / axe 2)

En général, les éléments porteurs verticaux sont sollicités à la compression simple, le pré dimensionnement des poteaux a été établi vis-à-vis du flambement, mais après l'étude dynamique on a remarqué que les poteaux sont sollicités en flexion et compression. Donc les poteaux seront dimensionnés à la flexion composée dans ce chapitre.

VII.2.1 Hypothèse de calculs

Les poteaux sont soumis à la flexion composée où chaque poteau est soumis à un effort normal « N » et deux moments fléchissant M_y et M_z . La vérification se fait pour toutes les combinaisons inscrites aux règlements sous les sollicitations les plus défavorables suivant les deux sens.

Les différentes sollicitations doivent être combinées dans les cas les plus défavorables, qui sont :

- _ Cas 1 : Une compression maximale N_{sd} et un moment $M_{y, sd}$ et $M_{z, sd}$ correspondant.
- _ Cas 2 : Un moment $M_{y, sd}$ maximal et une compression N_{sd} et $M_{z, sd}$ correspondant.
- _ Cas 3 : Un moment $M_{z, sd}$ maximal et une compression N_{sd} et $M_{y, sd}$ correspondant.

_ Exemple de calcul (HEB500)

$$N_{sd}^{\max} = -37747,40 \text{ kN}$$

$$M_{sdy}^{\text{corr}} = 177,99 \text{ kN.m}$$

$$M_{sdz}^{\text{corr}} = 24,84 \text{ kN.m}$$

❖ Sens-Y-Y :

$$K_{b11}^{\text{HEA500}} = \frac{86970 \cdot 10^4}{5430} = 160,165 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{b12}^{\text{HEA500}} = \frac{86970 \cdot 10^4}{5570} = 156,14 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{c1}^{\text{HEB500}} = \frac{107200 \cdot 10^4}{2800} = 382,85 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{c2} = 0$$

$$K_c^{\text{HEB500}} = \frac{107200 \cdot 10^4}{2800} = 382,85 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{b21}^{\text{HEA500}} = \frac{86970 \cdot 10^4}{5430} = 160,165 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{b22}^{\text{HEA500}} = \frac{86970 \cdot 10^4}{5570} = 156,14 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_{c1}}{K_c + K_{c1} + K_{b11} + K_{b12}} = 0,70$$

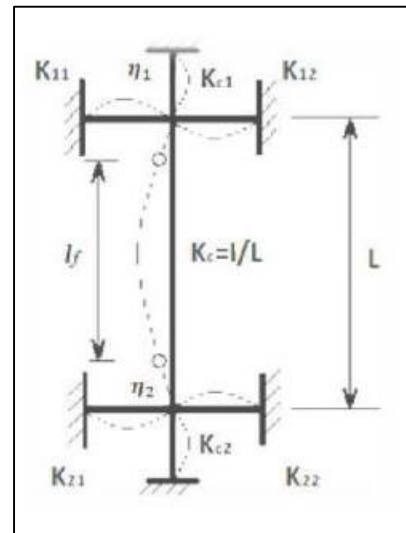


Figure VII.2: la rigidité des poteaux

$$\eta_2 = \frac{Kc + Kc2}{Kc + Kc2 + Kb21 + Kb22} = 0 \text{ (Encastrement)}$$

- La longueur de flambement pour une structure a nœud fixe

$$L_{fy} = H (0.5 + 0.14(\eta_1 + \eta_2) - 0.055(\eta_1 + \eta_2)^2)$$

$$L_{fy} = 2,8 (0.5 + 0.14(0,70 + 0) - 0.055(0,70 + 0)^2) \quad \square \quad L_{fy} = 1,600 \text{ m}$$

❖ Sens Z-Z :

$$K_{b11}^{HEA450} = \frac{10370 \cdot 10^4}{5430} = 19,091 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{b12}^{HEA450} = \frac{10370 \cdot 10^4}{5570} = 18,61 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{c1}^{HEB500} = \frac{12620 \cdot 10^4}{2800} = 45,071 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{c2} = 0$$

$$K_c^{HEB500} = \frac{12620 \cdot 10^4}{2800} = 19,091 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{b21}^{HEA450} = \frac{10370 \cdot 10^4}{5430} = 16,781 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$K_{b22}^{HEA450} = \frac{10370 \cdot 10^4}{5570} = 18,61 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\eta_1 = \frac{Kc + Kc1}{Kc + Kc1 + Kb11 + Kb12} = 0.70$$

$$\eta_2 = \frac{Kc + Kc2}{Kc + Kc2 + Kb21 + Kb22} = 0 \text{ (Encastrement)}$$

- La longueur de flambement pour une structure a nœud fixe

$$L_{fz} = H (0.5 + 0.14(\eta_1 + \eta_2) - 0.055(\eta_1 + \eta_2)^2)$$

$$L_{fz} = 4,20 (0.5 + 0.14(0,7 + 0) - 0.055(0,7 + 0)^2) \quad \square \quad L_{fz} = 1,600 \text{ m}$$

❖ Calcul de l'élancement réduit :

$$\lambda_y = \frac{L_{fy}}{i_y} = \frac{1600}{211,9} = 7,55 \quad \square \quad \bar{\lambda}_y = \frac{7,55}{86,81} = 0,08 < 0,2 \text{ Alors il n'y a pas risque de flambement.}$$

$$\chi_y = 1$$

$$\lambda_z = \frac{L_{fz}}{i_z} = \frac{1600}{72,7} = 22,00 \quad \square \quad \bar{\lambda}_z = \frac{22,00}{86,81} = 0,25 > 0,2 \text{ Alors il y a un risque de flambement.}$$

$$\varphi_z = 0.5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2) = 0.54$$

$$\chi_z = \frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0.54 + \sqrt{0.54^2 - 0.25^2}} = 0.97$$

$$\square x_{min} = \text{Min}(x_y; x_z) = \text{Min}(1; 0.97) = 0.97$$

$$\beta_{my} = 1.8 - 0.7\psi \quad \square \quad \beta_{my} = 1.60 \quad \text{Avec } \psi = 0,27$$

$$\beta_{mz} = 1.8 - 0.7\psi \quad \square \quad \beta_{mz} = 1,74 \quad \text{Avec } \psi = 0,08$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y(2\beta_{My} - 4) + \left(\frac{W_{ply} - W_{ely}}{W_{ely}} \right)$$

$$\mu_y = 0,154(2 * 1.60 - 4) + \left(\frac{4815 - 4287}{4287} \right) = 0,058 \leq 0,90$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z(2\beta_{Mz} - 4) + \left(\frac{W_{plz} - W_{elz}}{W_{elz}} \right)$$

$$\mu_z = 0,448(2 * 1,74 - 4) + \left(\frac{1292 - 841,6}{841,6} \right) = 0,75 \leq 0,90$$

$$K_y = 1 - \frac{N_{sd} * \mu_y}{x_y * A * F_y} = 0.95 \leq 1.5$$

$$K_z = 1 - \frac{N_{sd} * \mu_z}{x_z * A * F_y} = 0.83 \leq 1.5$$

$$\left[\frac{37747,40}{0,97 * \frac{65615}{1,1}} \right] + \left[\frac{0,95 * 177,99}{\frac{13241250}{1,1}} \right] + \left[\frac{0,83 * 24,84}{\frac{355300}{1,1}} \right] = 0,85 \leq 1 \quad \square \quad \text{Condition vérifiée}$$

– Vérification des autres poteaux

❖ Cas : $N^{\max}$, $M_{sd,y}^{\text{cor}}$, $M_{sd,z}^{\text{cor}}$

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats calculés manuellement et les vérifications faites :

Tableau VII.1 : Vérification au flambement par flexion pour $N^{\max}$.

Flambement par flexion						
Etag	Profilé	Les efforts			Valeur finale δ	Condition $\delta \leq 1$
		N max	M_y corr	M_z corr		
9 ^{eme} a 12 ^{eme} niveau	HEB360	287,93	21,64	1,84	0,28	Vérifiée
5 ^{eme} a 8 ^{eme} niveau	HEB400	963,08	109,26	24,28	0,32	Vérifiée
Rdc a 4 ^{eme} niveau	HEB500	37747,4	177,99	24,84	0,85	Vérifiée

❖ Cas : N^{cor} , $M_{sd,y}^{\max}$, $M_{sd,z}^{\text{cor}}$

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats calculés manuellement et les vérifications faites :

Tableau VII.2: Vérification au flambement par flexion pour $M_y^{\max}$.

Flambement par flexion						
Etag	Profilé	Les efforts			Valeur finale δ	Condition $\delta \leq 1$
		N Corr	M_y max	M_z Corr		
9 ^{eme} a 12 ^{eme} niveau	HEB360	175,71	316,35	8,39	0,31	Vérifiée
5 ^{eme} a 8 ^{eme} niveau	HEB400	1050,17	379,62	2,32	0,48	Vérifiée
Rdc a 4 ^{eme} niveau	HEB500	273,22	453,8	45,65	0,56	Vérifiée

❖ Cas : N^{cor} , $M_{sd,y}^{\text{cor}}$, $M_{sd,z}^{\max}$

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats calculés manuellement et les vérifications faites :

Tableau VII.3: Vérification au flambement par flexion pour $M_z^{\max}$.

Flambement par flexion						
Etag	Profilé	Les efforts			Valeur finale δ	Condition $\delta \leq 1$
		N corr	M_y corr	M_z max		
9 ^{eme} a 12 ^{eme} niveau	HEB360	321,04	29,10	139,27	0,50	Vérifiée
5 ^{eme} a 8 ^{eme} niveau	HEB400	380,46	32,04	147,85	0,54	Vérifiée
Rdc a 4 ^{eme} niveau	HEB500	1538,89	30,93	131,31	0,66	Vérifiée

VII.3 Vérification de la poutre principale (p.p axe A niveau 13 L=5,34 m)

$$M_{sd}^{max} = 444,74 \text{ KN.m}$$

$$V_{sd}^{max} = 198,50 \text{ KN}$$

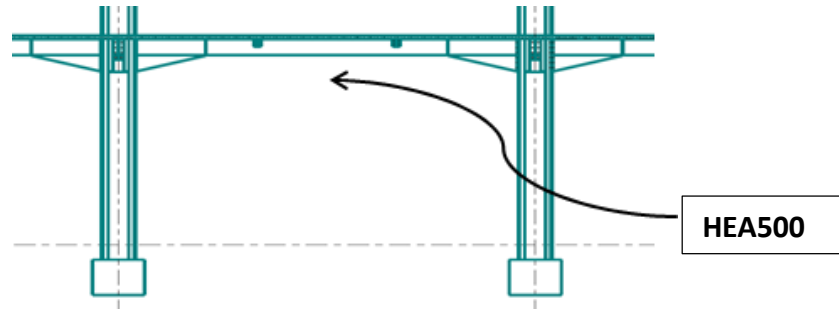


Figure VII.3 : Schémas de la poutre principale.

— Vérifications de la résistance

❖ Moment fléchissant

Position de l'axe plastique :

$$R_{\text{béton}} = 0,57 \times b_{\text{eff}} \times h_c \times f_{ck} = 0,57 \times 1410 \times 65 \times 25 \times 10^{-3} = 1718,43 \text{ KN}$$

$$R_{\text{acier}} = 0,95 \times A_a \times f_y = 0,95 \times 197,5 \times 275 \times 10^{-3} = 5159,68 \text{ KN}$$

$$R_{\text{béton}} < R_{\text{acier}}$$

$$R_{\text{ame}} = 0,9 \times f_y \times d \times t_w = 0,9 \times 275 \times 390 \times 12 = 1158,3 \text{ KN.m}$$

$$R_{\text{béton}} > R_{\text{ame}}$$

L'axe neutre se trouve dans la semelle supérieure de profilé, donc le moment résistant plastique développé par la section mixte est

$$M_{plRd} = R_a \times \frac{h_a}{2} + R_b \left(h_p + \frac{h_c}{2} \right)$$

$$M_{plRd} = \left(5159,68 \times \frac{490}{2} + 1718,43 \left(55 + \frac{65}{2} \right) \right) \times 10^{-3} = 1414,48 \text{ kN.m}$$

$$\square M_{sd}^{max} = 444,74 \text{ kN.m} < M_{plRd} = 1414,48 \text{ kN.m} \dots \text{CV}$$

❖ Effort tranchant

On doit vérifier que : $V_{sd}^{max} \leq V_{plrd} = A_v * \frac{F_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}}$

$$V_{plrd} = A_v * \frac{F_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{7472 * 275}{1.1 * \sqrt{3}} 10^{-3} = 1078,49 \text{ KN}$$

$$\square V_{sd}^{max} = 198,50 < V_{plrd} = 1078,49 \text{ KN} \dots \text{CV}$$

$$V_{sd} = 198,50 \text{ kN} < 0.5 V_{plrd} = 539,24 \text{ KN} \quad \square \text{CV}$$

Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

_ Vérification du déversement :

Il n'est pas nécessaire de vérifier le déversement car la poutre est maintenue à la partie supérieure donc elle ne risque pas de se déverser.

VII.4 Vérification de la poutre secondaire (p.s axe F niveau 7 L=3,49 m)

$$M_{sd \max} = 157,33 \text{ KN.m}$$

$$V_{sd \max} = 93,27 \text{ KN}$$

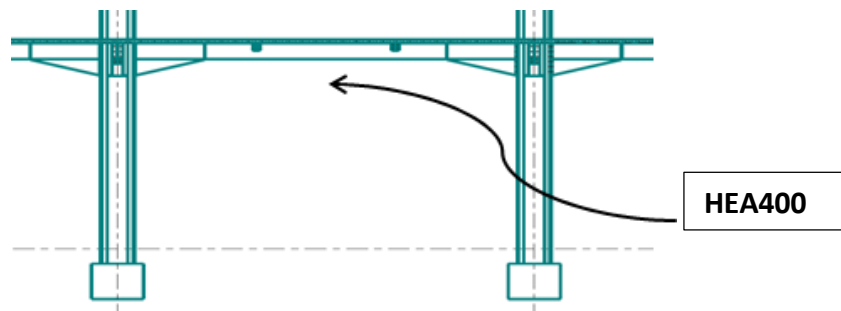


Figure VII.4: Schémas de la poutre secondaire.

_ Vérifications de la résistance

❖ Moment fléchissant

Position de l'axe plastique :

$$R_{\text{béton}} = 0.57 \times b_{\text{eff}} \times h_c \times f_{ck} = 0.57 \times 1395 \times 65 \times 25 \times 10^{-3} = 1292,11 \text{ KN}$$

$$R_{\text{acier}} = 0.95 \times A_a \times F_y = 0.95 \times 159 \times 275 \times 10^{-3} = 4153,875 \text{ KN}$$

$$R_{\text{béton}} < R_{\text{acier}}$$

$$R_{\text{ame}} = 0,9 \times f_y \times d \times t_w = 0,9 \times 275 \times 298 \times 11 = 811,305 \text{ KN.m}$$

$$R_{\text{béton}} > R_{\text{ame}}$$

L'axe neutre se trouve dans la semelle supérieure de profilé, donc le moment résistant plastique développé par la section mixte est

$$M_{plRd} = R_a * \left(\frac{h_a}{2} + h_c + h_p - \frac{R_a}{R_b} * \frac{h_c}{2} \right)$$

$$M_{plRd} = 4153,875 * \left(\frac{390}{2} + 65 + 55 - \frac{4153,875}{1292,11} * \frac{65}{2} \right) * 10^{-3} = 810,125 \text{ kN.m}$$

$$\square M_{sd}^{\max} = 157,33 \text{ kN.m} < M_{prd} = 810,125 \text{ kN.m} \dots \text{CV}$$

❖ Effort tranchant

On doit vérifier que : $V_{sd}^{\max} \leq V_{plrd} = A_v * \frac{F_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}}$

$$V_{plrd} = A_v * \frac{F_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{5733 * 275}{1,1 * \sqrt{3}} 10^{-3} = 827,487 \text{ KN}$$

$$\square V_{sd}^{\max} = 93,27 < V_{plrd} = 827,487 \text{ KN} \dots \text{CV}$$

$$V_{sd} = 93,27 \text{ kN} < 0,5 V_{plrd} = 413,74 \text{ KN} \quad \square \text{CV}$$

Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

❖ Vérification du déversement :

Il n'est pas nécessaire de vérifier le déversement car la poutre est maintenue à la partie supérieure donc elle ne risque pas de se déverser.

VII.5 Vérification du contreventement :

Les contreventements sont 2-UPN400

● Vérification à la traction

$$N_{sd}^{\max} = 1565,57 \text{ KN (traction)}$$

$$N_{sd}^{\max} \leq N_{trd} \text{ Avec : } N_{trd} = A * \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 91,5 * \frac{275}{1,1}$$

$$N_{trd} = 2287,5 \text{ KN}$$

$$\text{Alors : } N_{sd}^{\max} = 1565,57 \text{ KN} \leq N_{trd} = 2287,5 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{Condition vérifiée}$$

● Vérification à compression :

$$\text{Il faut vérifier que : } N_{sd}^{\max} \leq N_{brd} = \chi * \beta_A * A * \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} \text{ Avec : } \varphi = 0.5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^{-2})$$

❖ Calcul de l'élancement réduit :

$$\lambda = \frac{Lf}{i_y} = \frac{5930}{14,9} = 39,77 \quad \bar{\lambda}_y = \frac{39,77}{86,81} = 0,45 \geq 0,2 \text{ Alors il ya un risque de flambement.}$$

Donc :

$$\begin{aligned} \varphi &= 0.5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}^{-2}) \\ \varphi &= 0.5(1 + 0,34(0,45 - 0.2) + 0,45^2) \\ \varphi &= 0,65 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{0,65 + \sqrt{0,65^2 - 0,45^2}} = 0,89$$

$$N_{brd} = 0,89 * 1 * 91,5 * \frac{275}{1,1} = 2035,857 \text{ KN}$$

– $N_{sd}^{max} = 1362,13 \leq N_{brd} = 2035,857 \text{ KN}$ Condition vérifiée

– **Vérification des autres étages :**

section	N _{sd} traction	N _{trd}	N _{sd} compression	N _{brd}	vérification
D-UPN300	881,70	1470	838,18	1323	vérifiée
D-UPN280	658,34	1332,5	594,78	1066	vérifiée

Conclusion

L'ensemble des éléments de l'ossature (poteaux, poutres principales, poutres secondaires et système de contreventement)a été vérifié conformément aux exigences réglementaires. Les résultats obtenus confirment la capacité de la structure à résister aux sollicitations prévues tout en assurant sécurité et stabilité.

CHAPITRE VIII
CALCUL ET VERIFICATION
DES ASSEMBLAGES

VIII.1. Introduction

Les assemblages sont des éléments de transfère des efforts d'un élément à un autre cette opération est garantir par des techniques telle que la soudure, le boulonnage et par fois le rivetage.

La résistance d'un assemblage est déterminée sur la base de la résistance individuelle de ses composants. Dans le cas où les fixations possédant des rigidités différentes pour reprendre un effort de cisaillement, on dimensionne généralement la fixation possédant la plus grande rigidité.

Les différents types d'assemblage :

- Assemblage articulés : transmettent les efforts normaux et tranchants
- Assemblages encastrés : transmettent en plus les moments

VIII.2. Les composants principaux d'assemblages

- **Les boulons** : On distingue deux types de boulons, qui se différencient par leurs caractéristiques mécaniques plus ou moins élevées :

Les boulons ordinaires

Les boulons à haute résistance

Tableau VIII. 1: Caractéristiques des boulons.

classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	360	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	600	800	1000

Tableau VIII. 2: Diamètres des trous.

Les boulons	M12.M14	M16.M24	M27
d_0	$d+1$	$d+2$	$d+3$

- **La soudure** : qui permet d'assembler des pièces par liaison intime de la matière, obtenue par fusion ou plastification

Dans cette étude on à utiliser les deux méthodes.

VIII.3. Les différents types des assemblages doivent étudier

Dans ce chapitre, seront traités types d'assemblage :

- Assemblage poteau - poutre
- Assemblage poutre - solive
- Assemblage contreventement
- Assemblage poteau – poteau
- Assemblage pied poteau

VIII.4. Les assemblages poteau poutres

Les assemblages poteau-poutre jouent un rôle crucial dans la transmission des efforts entre les éléments de la structure. Ils doivent être conçus pour répondre aux exigences de résistance, rigidité, ductilité et sécurité.

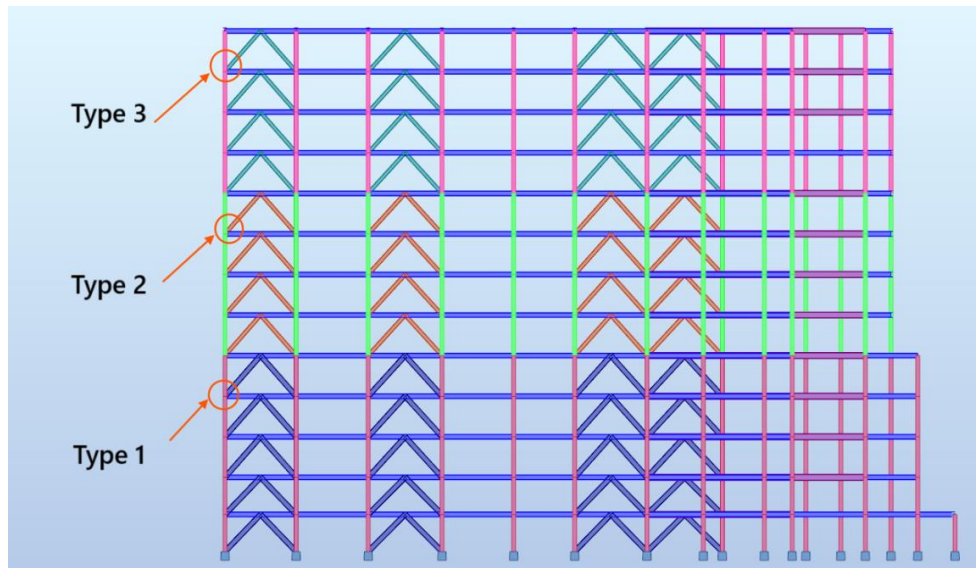
VIII.4.1 La disposition des différents types d'assemblage poteau–poutre selon la vue en élévation

**Figure VIII. 1 : Disposition des différents types Assemblage poteau – poutre
(Vue en élévation)**

Poutre principale de profilé HEA500

RDC à 4ème => HEB 500

5ème à 8ème => HEB 400

9ème à 12ème => HEB 360

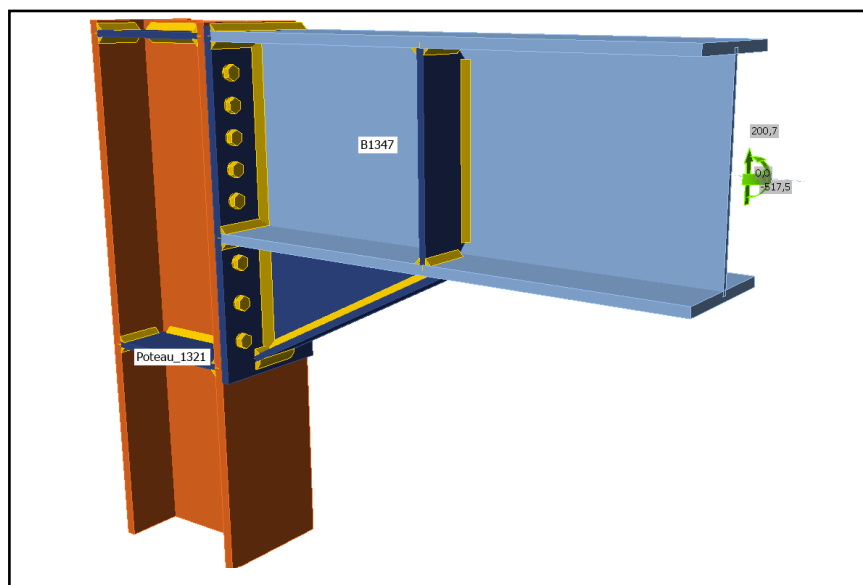
Tableau VIII. 3: Les types d'assemblage poteau-poutre

Type	Poteau	Longueur P.P (m)	Fz (KN)	My (KN.m)
Type 1	HEB 500	5,84	192,03	-409,70
		4,13	76,16	-377,73
		3,28	166,83	-322,97
Type 2	HEB 400	5,43	200,70	-517,49
		4,13	96,57	-420,95
Type 3	HEB 360	5,43	180,45	-466,33
		4,13	35,87	-356,96

- En va étudier et vérifier l'assemblage le plus défavorable dans les 3 types par la méthode de calcul manuel
- ⇒ Assemblage (Poteau HEB400 – Poutre principal HEA500) Type 2 : avec longueur poutre de 5,43 m et $M_y = -517,49 \text{ KN.m}$ / $F_z = 200,70 \text{ KN}$
- En va vérifier l'assemblage le plus défavorable dans le type 1 et 3 par le logiciel **IDEA STATICA**

- ⇒ Assemblage (Poteau HEB500 – Poutre principal HEA500) Type 1 : avec longueur poutre de 5,84 m et $M_y = -409,70 \text{ KN.m}$ / $F_z = 192,03 \text{ KN}$
- ⇒ Assemblage (Poteau HEB360 – Poutre principal HEA500) Type 3 : avec longueur poutre de 5,43 m et $M_y = -466,33 \text{ KN.m}$ / $F_z = 180,45 \text{ KN}$

VIII.4.1.1 Assemblage poteau – poutre (Type 2)

**Figure VIII. 2:** Assemblage poteau – poutre Type 2

VIII.4.1.1.1 Diamètre des boulons :

On choisit une platine de dimension 850 x 300 avec épaisseur de $t = 25 \text{ mm}$

$$t \leq 10 \text{ mm} \Rightarrow d = (12 ; 14) \text{ mm}$$

$$10 \leq t \leq 25 \text{ mm} \Rightarrow d = (16 ; 20 ; 24) \text{ mm}$$

$$t \geq 25 \text{ mm} \Rightarrow d = (24 ; 27 ; 30) \text{ mm}$$

On à l'épaisseur de la platine $t = 25 \text{ mm}$ alors on prend $\varnothing = 22 \text{ mm}$.

VIII.4.1.1.2 Choix des boulons

On prend 16 boulons HR

$$1,2d_0 \leq e_1 \leq \max(12t \text{ ou } 150 \text{ mm}) \quad \square \quad 28,8 \text{ mm} \leq e_1 \leq 180 \text{ mm} \quad \square \quad e_1 = 95 \text{ mm.}$$

$$1,2d_0 \leq e_2 \leq \max(12t \text{ ou } 150 \text{ mm}) \quad \square \quad 28,8 \text{ mm} \leq e_2 \leq 180 \text{ mm} \quad \square \quad e_2 = 50 \text{ mm.}$$

$$2,2d_0 \leq P_1 \leq \min(14t \text{ ou } 200 \text{ mm}) \quad \square \quad 52,8 \text{ mm} \leq P_1 \leq 210 \text{ mm} \quad \square \quad P_1 = 200 \text{ mm.}$$

$$3d_0 \leq P_2 \leq \min(14t \text{ ou } 200 \text{ mm}) \quad \square \quad 52,8 \text{ mm} \leq P_2 \leq 210 \text{ mm} \quad \square \quad P_2 = 100 \text{ mm.}$$

VIII.4.1.1.3 Détermination des efforts dans le boulon

— Effort de traction sur les boulons

$$F_{tsd} = \frac{M_{sd}.d_i}{n_f \cdot \sum d_i^2} \quad \text{avec : } M_{sd} = -517,49 \text{ kN.m}$$

d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8
100mm	195mm	295mm	445mm	520mm	595mm	670mm	745mm

$$\sum d_i^2 = 12.709 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

$$F_{tsd} = \frac{M_{sd}.d_i}{n_f \cdot \sum d_i^2} = 124,16 \text{ KN}$$

— Vérification des boulons : $F_{vsd} \leq F_{srd}$

VIII.4.1.1.4 Effort de cisaillement sur les boulons

$$F_{vsd} = \frac{V_{sd}}{Nb} = \frac{200,70}{16} = 12,54 \text{ KN}$$

$$F_{pcd} = 0,7 \cdot F_{ub} \cdot A_s = 0,7 \cdot 1000 \cdot 303 \cdot 10^{-3} = 221,1 \text{ kN}$$

VIII.4.1.1.5 Vérification de l'interaction cisaillement et traction :

$$F_{vsd} \leq F_{srd}$$

$$F_{srd} = \frac{K_s \cdot n \cdot \mu (F_p - 0,8 F_{vsd})}{\gamma_{ms}} = \frac{1,2 \cdot 0,3 (221,1 - 0,8 \cdot 12,54)}{1,25} = 60,78 \text{ KN}$$

$$F_{vsd} = 12,54 \text{ KN} \leq F_{srd} = 60,78 \text{ KN} \text{ Condition vérifier}$$

VIII.4.1.1.6 Vérification de résistance au poinçonnement

$$F_{tsd} \leq B_{prd}$$

$$B_{prd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot a_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$B_{prd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 34,5 \cdot 25 \cdot 340}{1,25} = 442,58 \text{ KN}$$

$$F_{tsd} = 124,16 \text{ KN} \leq B_{prd} = 442,58 \text{ KN} \text{ Condition vérifier}$$

VIII.4.1.1.7 Vérification de résistance à la pression diamétrale

$$F_{tsd} \leq F_{brd}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0} = 1,31 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 2,325 ; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25 = 2,52 ; 1 \right\}$$

$$\alpha = 1$$

$$F_u = 430 \text{ Mpa}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 22 \cdot 25 \cdot 340}{1,25} = 374 \text{ KN}$$

$$F_{tsd} = 124,16 \text{ KN} \leq F_{brd} = 374 \text{ KN} \text{ Condition vérifier}$$

— **Résistance des boulons :**

$$\frac{F_{vsd}}{F_{vrd}} + \frac{F_{tsd}}{1,4 F_{trd}} \leq 1$$

$$F_{vrd} = \frac{0,6 A_s f_y}{1,25} = 59 \text{ KN}$$

$$F_{trd} = \frac{0,9 A_s f_y}{1,25} = 89 \text{ KN}$$

$$\frac{12,54}{59} + \frac{124,16}{1,4 \times 89} = 0,12 \leq 1 \text{ Condition vérifier}$$

Tableau VIII. 4: Les caractéristiques du profilé (HEB400, HEA500)

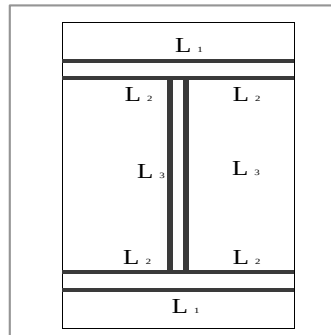
Profilé	$h(mm)$	$b(mm)$	$t_f(mm)$	$t_w(mm)$
HEB400	400	300	24	13.5
HEA500	490	300	23	12

VIII.4.1.1.8 Calcule de la soudure poutre HEA 500

$$L1 = 300 \text{ mm}$$

$$L2 = 144 \text{ mm}$$

$$L3 = 444 \text{ mm}$$

**Figure VIII. 3: Assemblage soudé poutres –platine**

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad - \text{ facteur de corrélation}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Facteur de sécurité}$$

Calcule de l'épaisseur du cordon sur Semelle

$$a_f \geq t_{fb} \times \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \times \frac{\beta_w \times \gamma_{m2}}{f_{us} \times \sqrt{2}}$$

$$a_f \geq 23 \times \frac{275}{1} \times \frac{0,85 \times 1,25}{430 \times \sqrt{2}}$$

$$a_f \geq 13,26 \text{ mm}$$

Calcule de l'épaisseur du cordon sur L'ame

$$a_f \geq t_{fb} \times \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \times \frac{\beta_w \times \gamma_{m2}}{f_{us} \times \sqrt{2}}$$

$$a_f \geq 12 \times \frac{275}{1} \times \frac{0,85 \times 1,25}{430 \times \sqrt{2}}$$

$$a_f \geq 6,91 \text{ mm}$$

$$a_s = 14 \text{ mm}$$

VIII.4.1.1.9 Vérification de la soudure

$$A_s = \sum l_i \times a_i = (2 \times L_1 \times a) + (4L_2 \times a) + (2L_3 \times a)$$

$$A_s = (2 \times 300 \times 14) + (4 \times 144 \times 14) + (2 \times 444 \times 14)$$

$$A_s = 28896 \text{ mm}^2$$

Vérification de résistance de la soudure (Msd)

$$\frac{M_{sd} \times h}{I_{ys} \times 2} \leq \frac{f_{us}}{\beta_w \times \gamma_{m2}}$$

$$I_{ys} = (2 \times L_1 \times d_1^2) + (4 \times L_2 \times d_2^2)$$

$$I_{ys} = (2 \times 300 \times 252,5^2) + (4 \times 144 \times 208^2) = 884,43 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$d_1 = \frac{h}{2} + \frac{a}{2} = \frac{490}{2} + \frac{14}{2} = 252,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{h}{2} - t_f - \frac{a}{2} = \frac{490}{2} - 23 - 14 = 208 \text{ mm}$$

$$\frac{517,49 \times 10^6 \times 490}{884,43 \times 10^6 \times 2} = 143,35 \text{ MPa} \leq \frac{430}{0,85 \times 1,25} = 404,7 \text{ MPa} \text{ Condition vérifier}$$

Vérification de résistance de la soudure (Vsd)

$$3 \left(\frac{V_{sd}}{2 L_3 a} \right)^2 \leq \frac{f_{us}}{\beta_w \times \gamma_{m2}}$$

$$3 \left(\frac{200,70}{2 \times 444 \times 14} \right)^2 = 48,43 \text{ MPa} \leq 404,7 \text{ MPa} \text{ Condition vérifier}$$

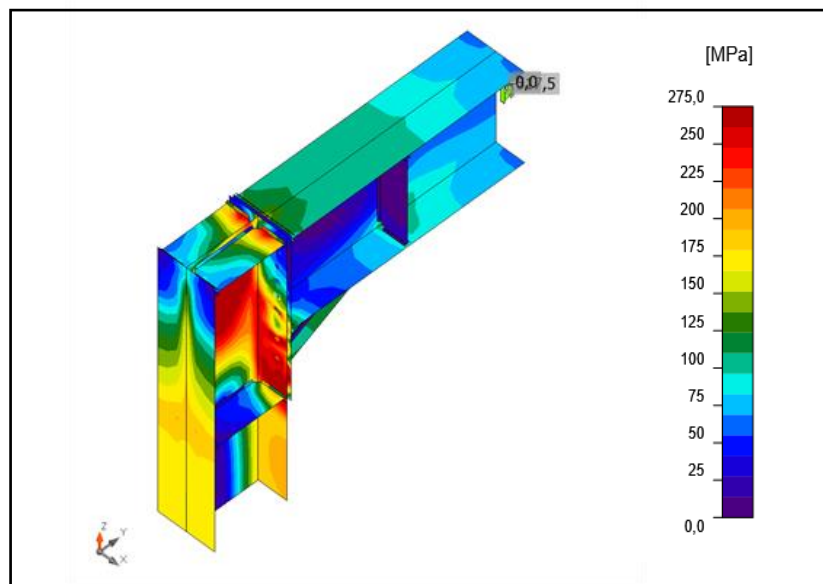


Figure VIII. 4 : Contrainte équivalente, G+Q+E

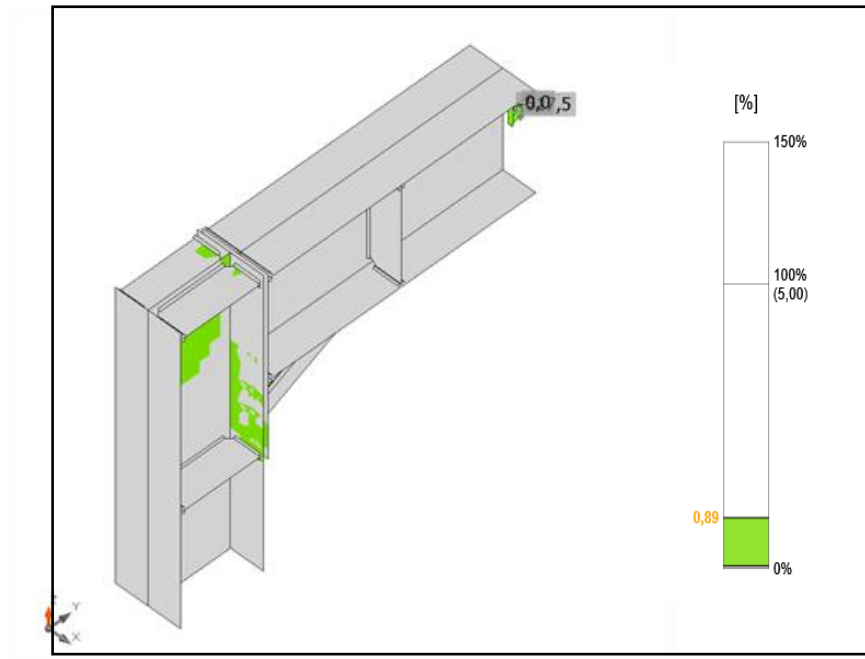


Figure VIII. 5: Vérification de déformation, G+Q+E

VIII.4.1.2 Assemblage poteau – poutre (Type 1) (IDEA STATICA) Annexe-01

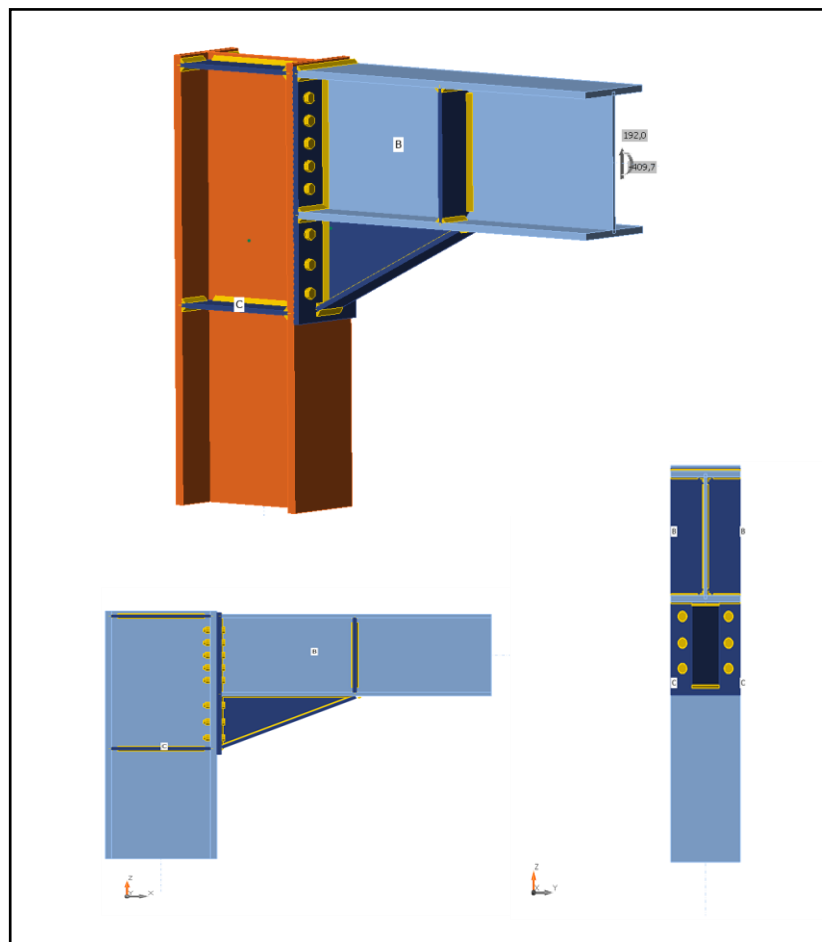
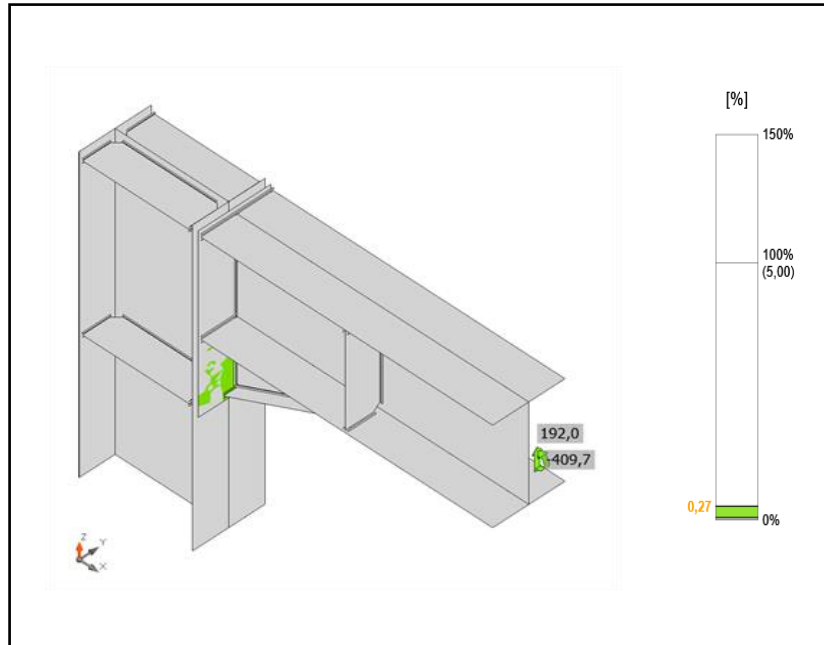
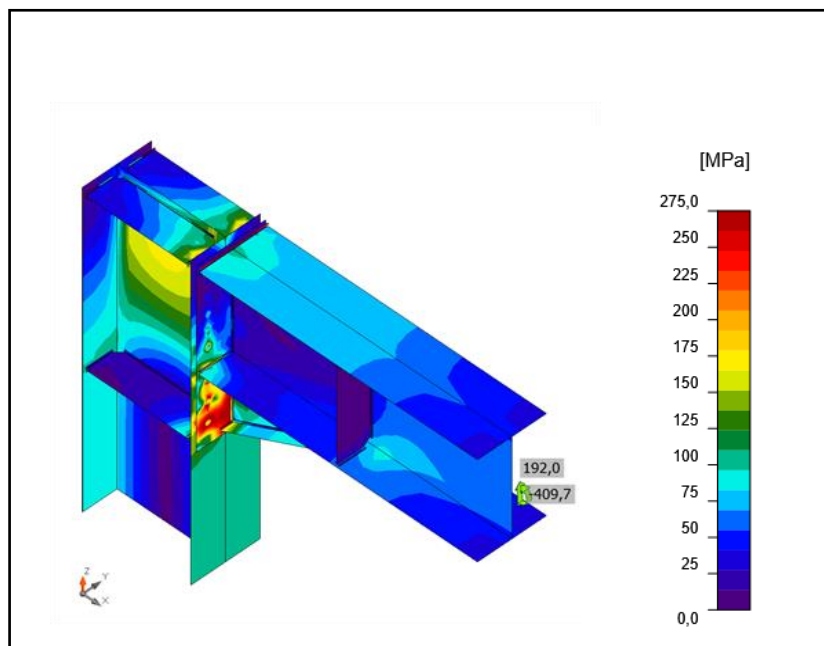


Figure VIII.6: Assemblage poteau – poutre Type 1

Tableau VIII.5: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – POUTRE Type3

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	$0,3 < 5,0\%$	OK
Boulons	$77,0 < 100\%$	OK
Soudures	$98,2 < 100\%$	OK

**Figure VIII.7 :** Contrainte équivalente, G+Q+E**Figure VIII. 8:** Vérification de déformation, G+Q+E

VIII.4.1.3 Assemblage poteau – poutre (Type 3) (IDEA STATICA) Annexe-02

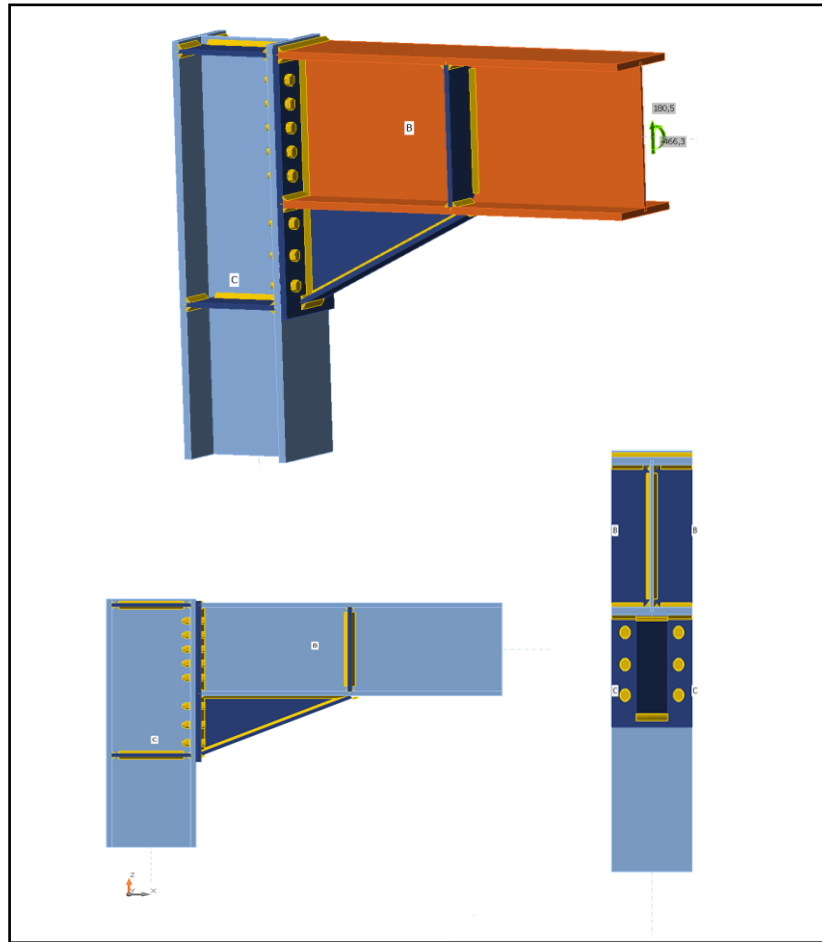


Figure VIII.9: Assemblage poteau – poutre Type 3

Tableau VIII.6: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – POUTRE Type3

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	$1,1 < 5,0\%$	OK
Boulons	$92,7 < 100\%$	OK
Soudures	$98,2 < 100\%$	OK

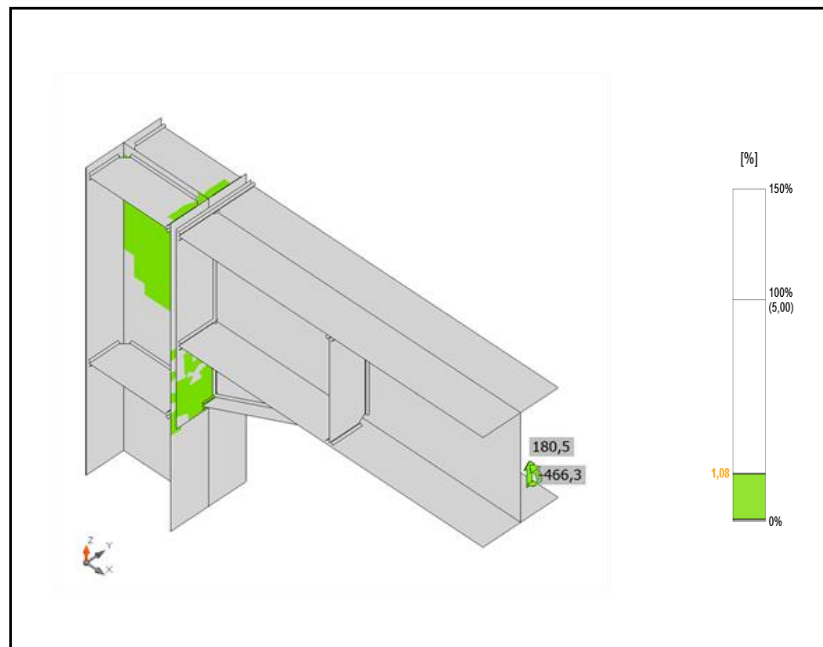


Figure VIII. 10: Contrainte équivalente, G+Q+E

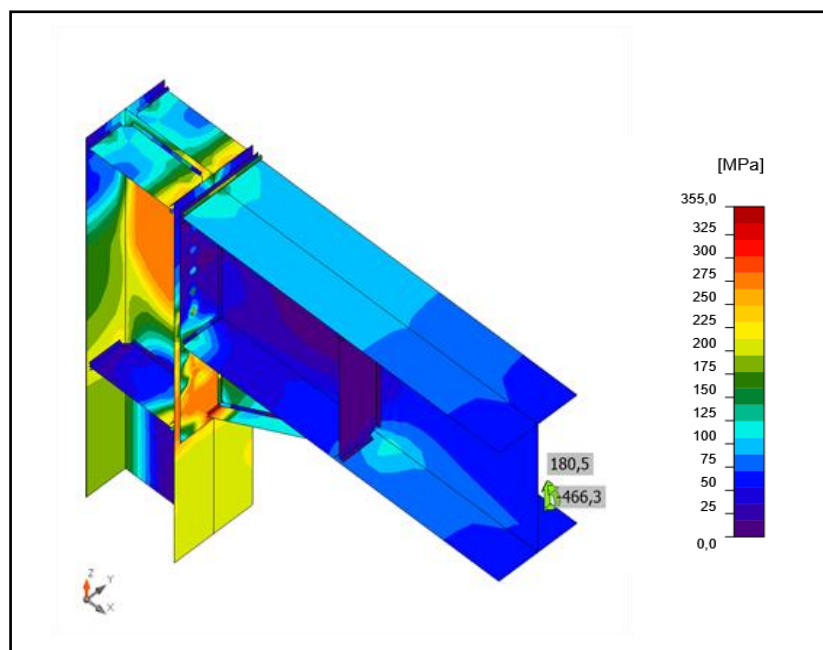


Figure VIII. 11: Vérification de déformation, G+Q+E

VIII.4.2 La disposition des différents types d'assemblage poteau-poutre selon la vue en plan



Figure VIII.12 : Disposition des différents types Assemblage poteau – poutre (Vue en plan)

- _ Dans ce cas nous allons faire la vérification de ces assemblages juste dans
Le niveau RDC pour prendre une idée sur les assemblages composé
- _ Les vérifications et les calculs avec le logiciel **IDEA STATICA**

VIII.4.2.1 Assemblage poteau central avec 4 poutres (IDEA STATICA) Annexe-03

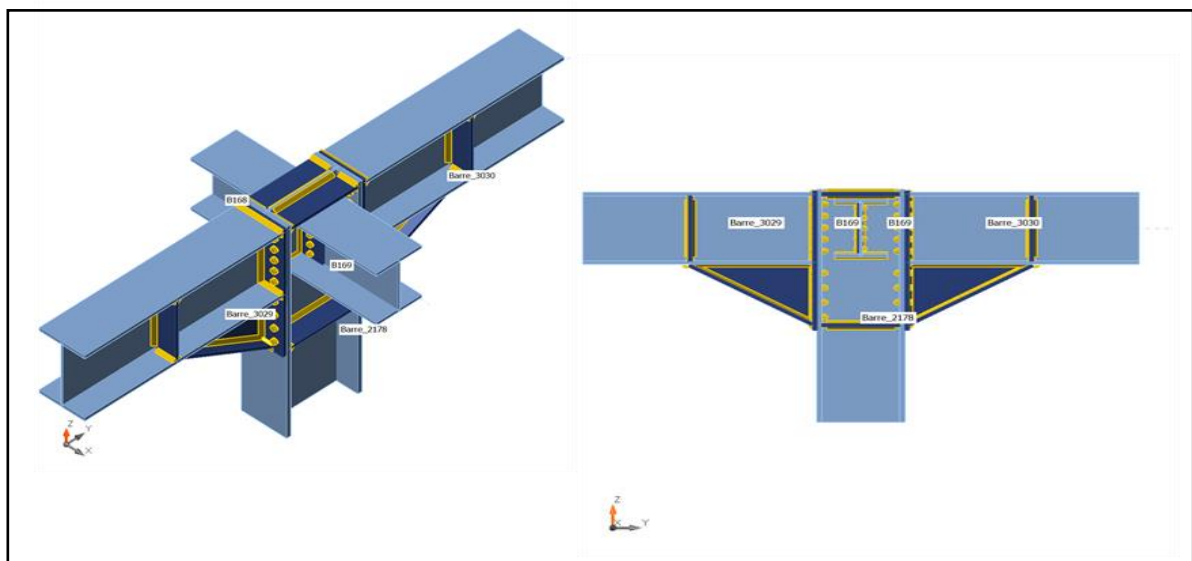
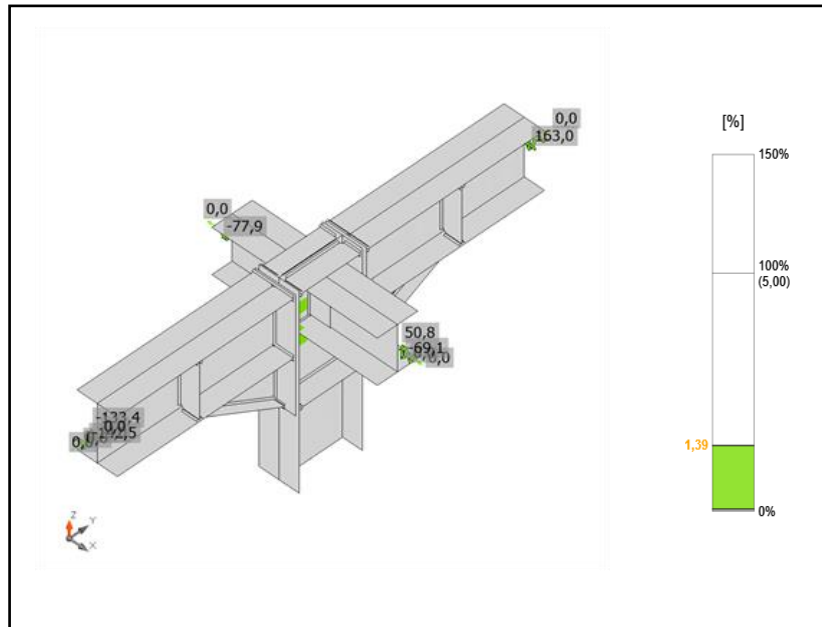
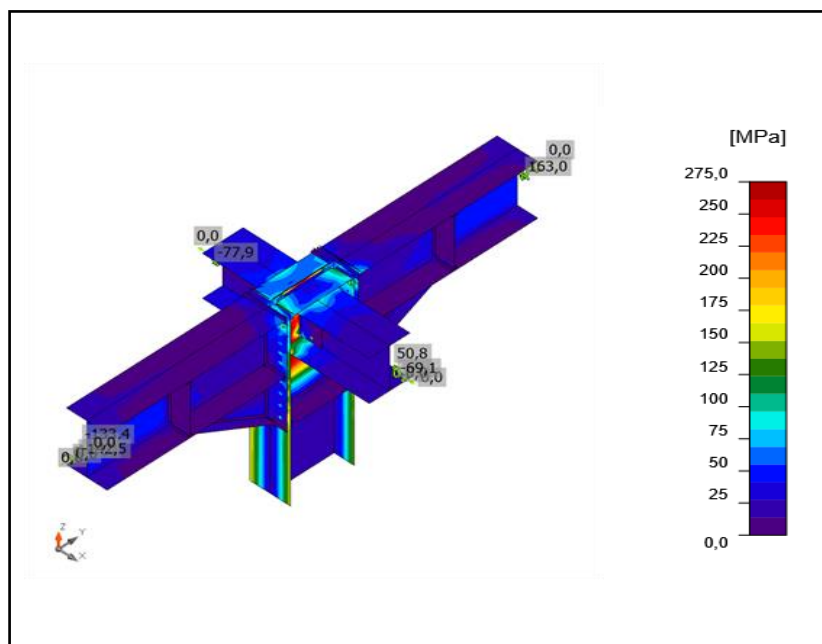


Figure VIII.13: Assemblage poteau – 4 poutres

Tableau VIII.7: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – 4 POUTRES

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	$1,4 < 5,0\%$	OK
Boulons	$41,5 < 100\%$	OK
Soudures	$98,4 < 100\%$	OK

**Figure VIII. 14:** Vérification de déformation, G+Q+E**Figure VIII. 15:** Contrainte équivalente, G+Q+E

VIII.4.2.2 Assemblage poteau de rive avec 3 poutres (IDEA STATICA)

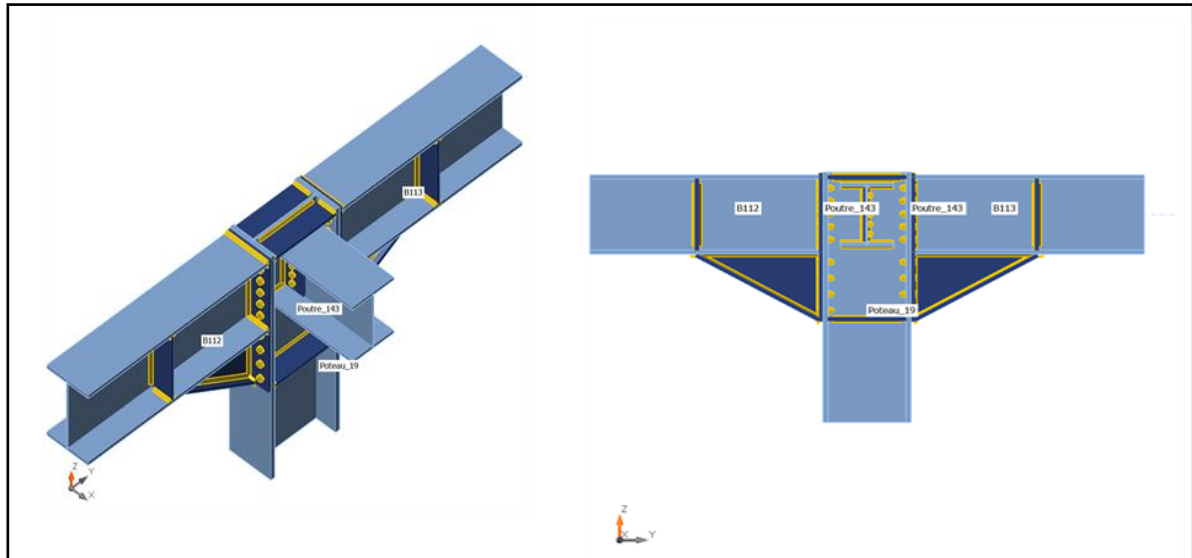


Figure VIII.17: Assemblage poteau de rive – 3 poutres

Tableau VIII.8 : Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – 3 poutres

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	0,2 < 5,0%	OK
Boulons	74,1 < 100%	OK
Soudures	70,2 < 100%	OK

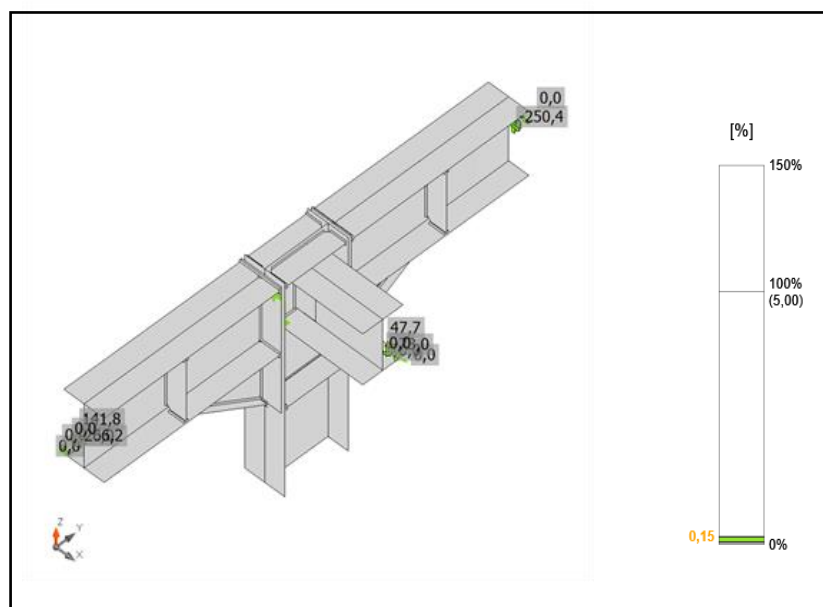


Figure VIII. 18: Vérification de déformation, G+Q+E

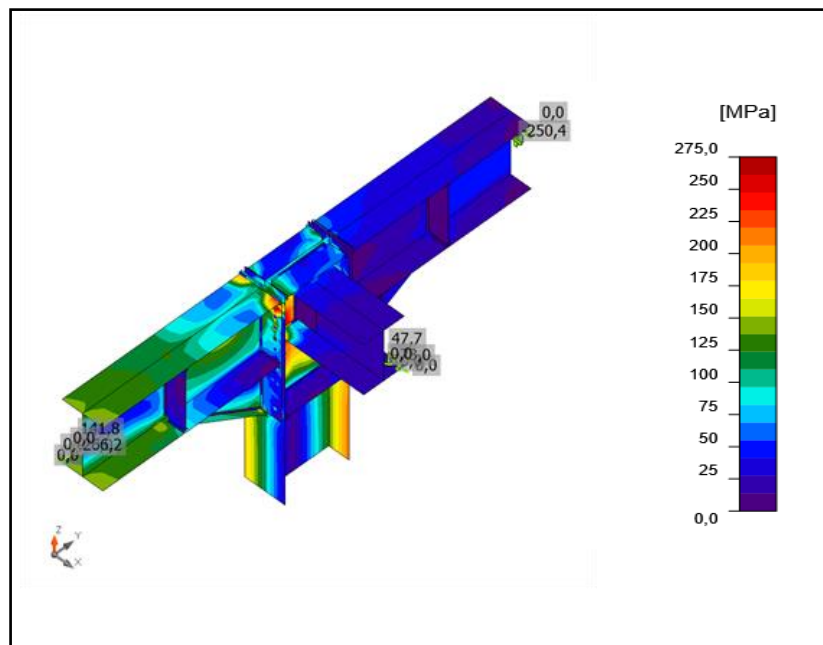


Figure VIII.19: Contrainte équivalente, G+Q+E

VIII.4.2.2 Assemblage poteau d'angle avec 2 poutres (IDEA STATICA) Annexe-04

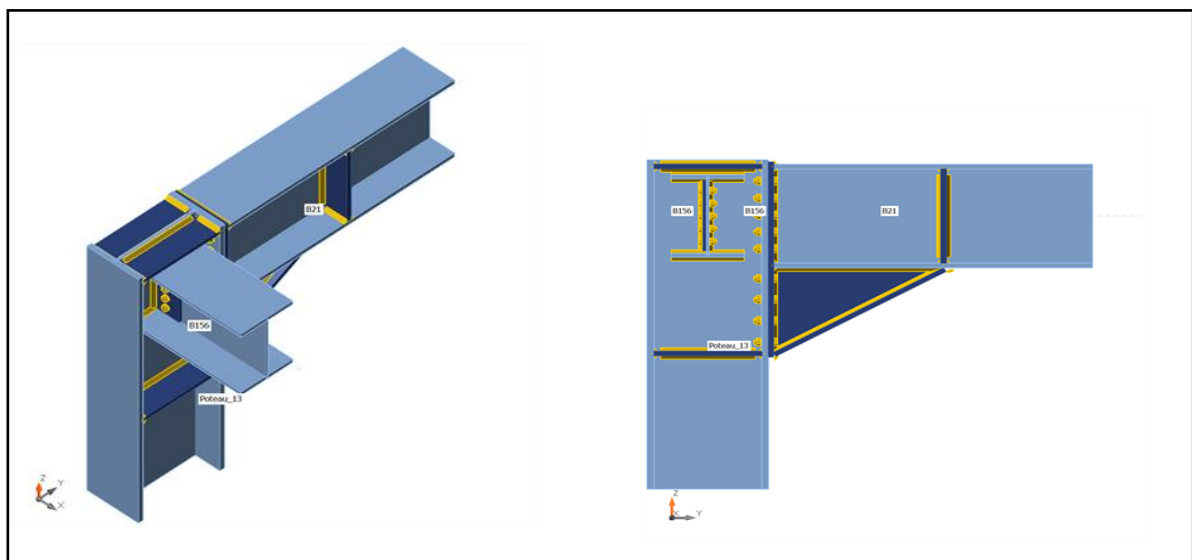
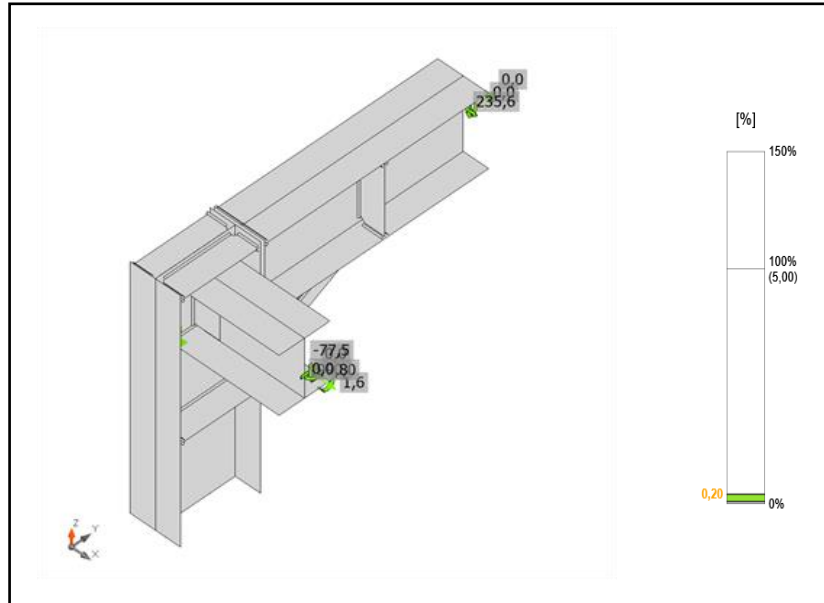
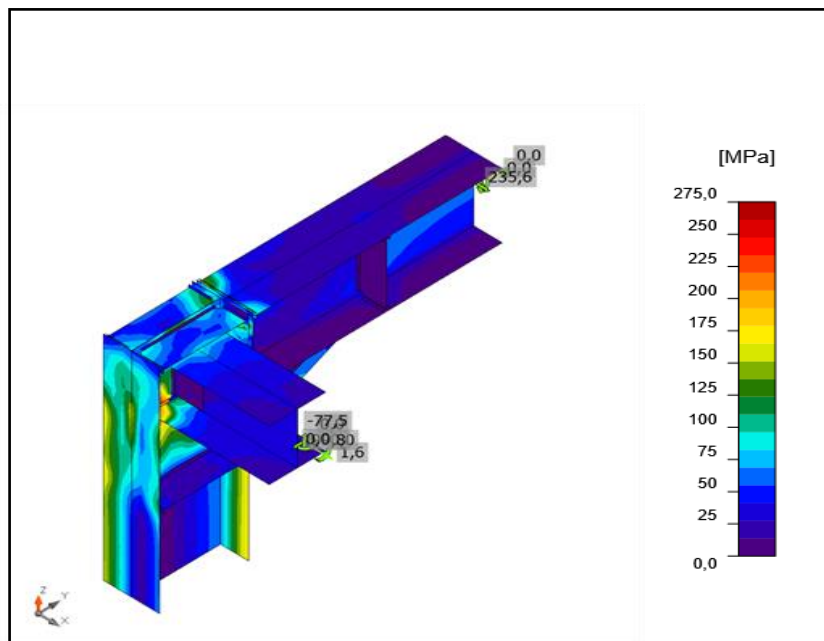


Figure VIII.20: Assemblage poteau d'angle– 2 poutres

Tableau VIII.9: Résultat de vérifications d'assemblage Poteau – 2 poutres

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	$0,2 < 5,0\%$	OK
Boulons	$51,0 < 100\%$	OK
Soudures	$90,1 < 100\%$	OK

**Figure VIII.21:** Vérification de déformation, G+Q+E**Figure VIII.22:** Contrainte équivalente, G+Q+E

VIII.5. Assemblages poutre - solive

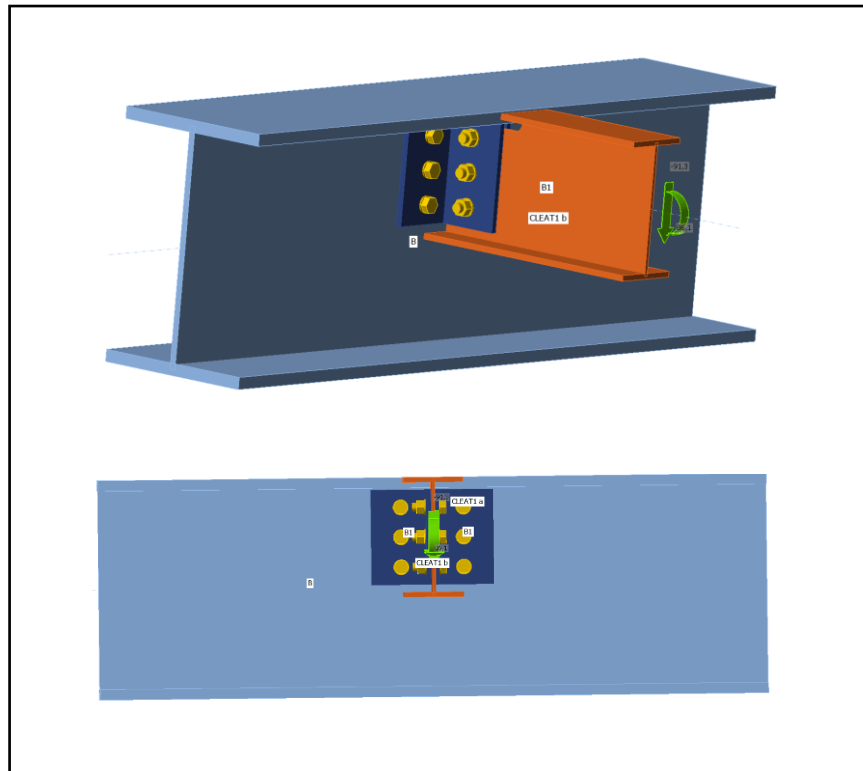


Figure VIII.23 : Assemblage Solive – poutre.

L'assemblage poutre-solive est un assemblage articulé à doubles cornières boulonnées (les âmes sont reliées, les ailes sont libres), qui permet de relier la solive à la poutre avec un jeu entre les deux éléments. Pour assurer la continuité de la solive, on réalise un grugeage pour permettre le passage de l'aile de la poutre.

Tableau VIII.10: Caractéristiques géométriques des profilés

Profilé	$h(mm)$	$b(mm)$	$t_f(mm)$	$t_w(mm)$
HEA500	490	300	23	12
IPE240	240	120	9,8	6,2

- **Choix de cornière :**

La hauteur $h_p \geq 0,6h_{b1} = 0,6 \times 300 = 180$ mm alors on prend $h_p = 180$ mm

L'épaisseur $t_p = [10 \text{ à } 12 \text{ mm}]$ alors on prend $t_p = 10$ mm

Alors on choisit un cornier à aile égale de dimension : 180 x 180 x 10 mm

- **Choix des boulons :**

L'épaisseur de cornière $t = 10 \text{ mm}$

$t \leq 10 \text{ mm} \Rightarrow d = (12 ; 14) \text{ mm}$

$10 \leq t \leq 25 \text{ mm} \Rightarrow d = (16 ; 20 ; 24) \text{ mm}$

$t \geq 25 \text{ mm} \Rightarrow d = (24 ; 27 ; 30) \text{ mm}$

On prend le diamètre de Boulons est 14 mm (M14) de classe 6.8

$d_0 = d + 2 = 16 \text{ mm}$

- **Disposition constructive des boulons :**

$$1.2d_0 \leq e_1 \leq ma(12t, 150\text{mm}) \quad 19,2 \text{ mm} \leq e_1 \leq 150\text{mm}$$

$$2.2d_0 \leq p_1 \leq mi(14t, 200\text{mm}) \quad 35,2 \text{ mm} \leq p_1 \leq 140\text{mm}$$

$$1.5d_0 \leq e_2 \leq ma(12t, 150\text{mm}) \quad 24 \text{ mm} \leq e_2 \leq 150\text{mm}$$

$$3d_0 \leq p_2 \leq mi(14t, 200\text{mm}) \quad 48 \text{ mm} \leq p_2 \leq 140\text{mm}$$

$$e_1 = 60 \text{ mm} \quad p_1 = 60 \text{ mm} \quad e_2 = 60 \text{ mm} \quad p_2 = 60 \text{ mm}$$

VIII.5.1. Vérification la résistance des boulons (cornière-poutre)

La vérification aux effort combiné (traction cisaillement) $V_{sd} = 91,3 \text{ KN}$

Est moment M_0 (existe à cause de l'excentricité e_2), c'est ce qui rend l'effort F_{tsd} présente

Donc il faut vérifier :

$$\frac{F_{vsd}}{F_{vrd}} + \frac{F_{tsd}}{1,4 F_{trd}} \leq 1$$

$$F_{vsd} = \frac{V_{sd}}{3} = \frac{91,3}{3} = 30,43 \text{ KN}$$

$$F_{vrd} = \frac{0,6 A_s f_y}{1,25} = \frac{0,6 * 154 * 600}{1,25} = 44,35 \text{ KN}$$

$$F_{trd} = \frac{0,9 A_s f_y}{1,25} = \frac{0,9 * 154 * 600}{1,25} = 66,52 \text{ KN}$$

$$F_{tsd} = \frac{M_0 * p_1}{p_1^4}$$

P_1 : c'est l'excentricité $e_2 = 60 \text{ mm}$

$$M_0 = 0,5 \times V_{sd} \times e = 0,5 \times 91,3 \times 0,060 = 2,739 \text{ KN.m}$$

$$F_{tsd} = \frac{2,739 * 0,06}{0,06^4} = 38,95 \text{ KN}$$

$$\frac{30,43}{44,35} + \frac{38,95}{1,4 * 66,52} = 0,89 \leq 1 \text{ Condition vérifier}$$

VIII.5.2. Vérification de la pression diamétrale sur les boulons (cornière-poutre)

On doit vérifier la résistance minimale entre la cornière et l'âme de la poutre, donc on a choisi l'épaisseur minimale.

$$t = \min(t_w, t_p) = \min(10,2, 10) = 10\text{mm} \quad \text{Il faut vérifier que :}$$

$$F_{v, sd} \leq F_{b, rd}$$

Avec :

$$F_{brd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t_p * f_u}{\gamma_{mb}}$$

$$F_{v, sd} = \frac{V_{sd}}{3} = \frac{91,3}{3} = 30,43 \text{ KN}$$

- $F_{b, rd}$: résistance de calcul à la pression diamétrale par boulon.
- $F_{v, sd}$: Effort de cisaillement de calcul par boulon.
- f_u : La résistance à la traction des cornières.

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0} = 1,25 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 1 ; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25 = 1,39 ; 1 \right\}$$

$$\alpha = 1$$

$$F_u = 430 \text{ Mpa}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 * 1 * 14 * 10 * 430}{1,25} = 120,40 \text{ KN}$$

$$- \quad F_{tsd} = 30,43 \text{ KN} \leq F_{brd} = 120,40 \text{ KN} \text{ Condition vérifier}$$

VIII.5.3. Vérification la résistance des boulons (cornière-Solive)

La vérification à l'effort de traction $V_{sd} = 91,3 \text{ KN}$

$$V_{sd} < F_{v, rd}$$

$$F_{v, rd} = \frac{0,6 A_s f_y}{1,25} = \frac{0,6 * 154 * 600}{1,25} * 2 = 93,70 \text{ KN}$$

$$- \quad V_{sd} = 91,3 \text{ KN} < F_{v, rd} = 93,70 \text{ KN} \text{ condition vérifier}$$

VIII.5.4. Vérification de la pression diamétrale sur les boulons (cornière-Solive)

On doit vérifier la résistance minimale entre la cornière et l'âme de la solive, donc on a choisi l'épaisseur minimale.

$$t = \min (t_w, t_p) = \min (6.2 ; 10) = 6.2 \text{ mm}$$

$$F_{v,sd} \leq F_{b,rd}$$

Avec :

$$F_{brd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t_p * f_u}{\gamma_{mb}}$$

$$F_{v,sd} = \frac{V_{sd}}{3} = \frac{91,3}{3} = 30,43 \text{ KN}$$

$$\alpha = 1$$

$$F_u = 430 \text{ Mpa}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 * 1 * 14 * 6,2 * 430}{1,25} = 74,64 \text{ KN}$$

$$- \quad F_{tsd} = 30,43 \text{ KN} \leq F_{brd} = 74,64 \text{ KN} \text{ Condition vérifier}$$

VIII.6. Les assemblages de contreventement

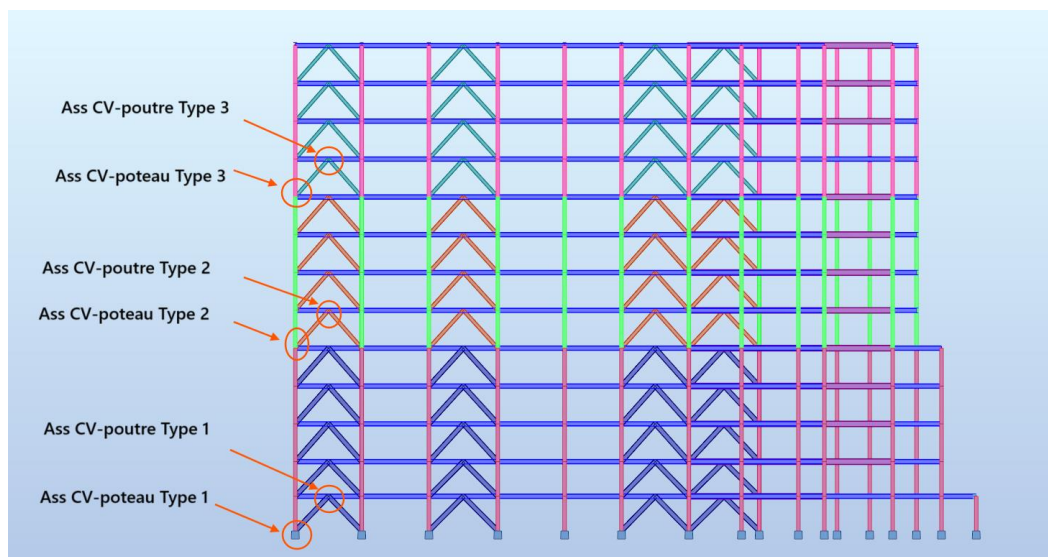


Figure VIII.24 : Disposition des différents types d'assemblage Contreventement

Dans ce cas on a 3 profilé de contreventement différent sur chaque 4 niveau

RDC → 4^{ème} étage : 2 UPN 400

5^{ème} étage → 8^{ème} étage : 2 UPN 300

9^{ème} étage → 12^{ème} étage : 2 UPN 280

Tableau VIII.11: Les types d'assemblage contreventement

Assemblage	Type	Les éléments d'assemblage	Effort (KN)
Contreventement - poutre	Type1	2UPN400 HEA400	1148,54
			-1097,10
	Type2	2UPN300 HEA400	784,76
			-749,67
	Type3	2UPN280 HEA400	461,97
			-479,51
Contreventement - poteau	Type1	2UPN 400 HEB500	-1097,10
	Type2	2UPN300 HEB400	-749,67
	Type3	2UPN280 HEB360	-479,51

- Dans ce cas on à vérifier l'assemblage plus sollicité dans les assemblages CV-poutre et le plus sollicité dans CV-poteau

VIII.6.1. Assemblage contreventement —poutre Type 1 (IDEA STATICA) Annexe-05

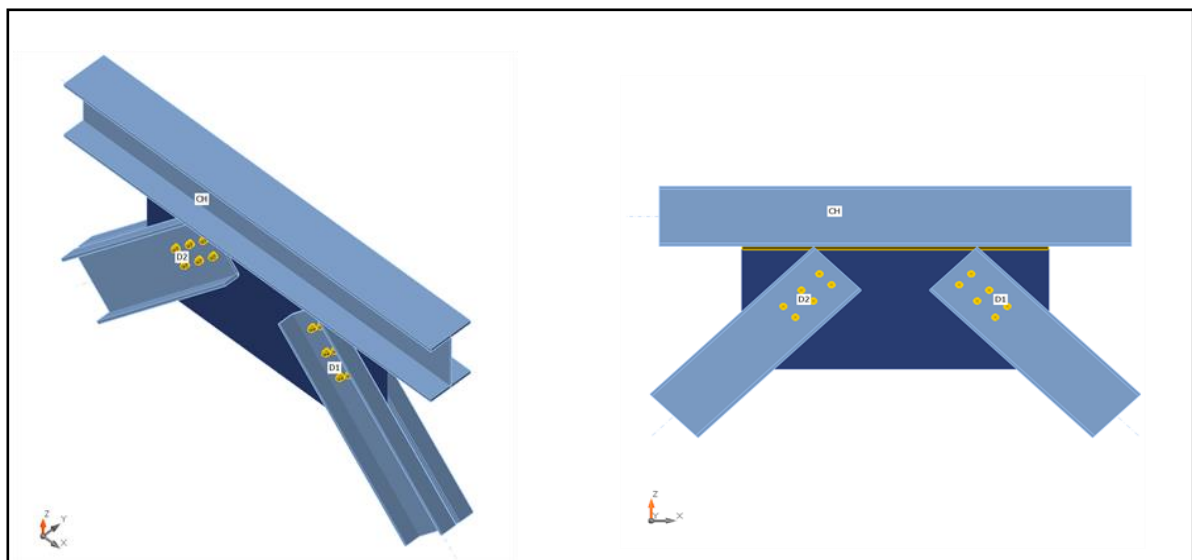
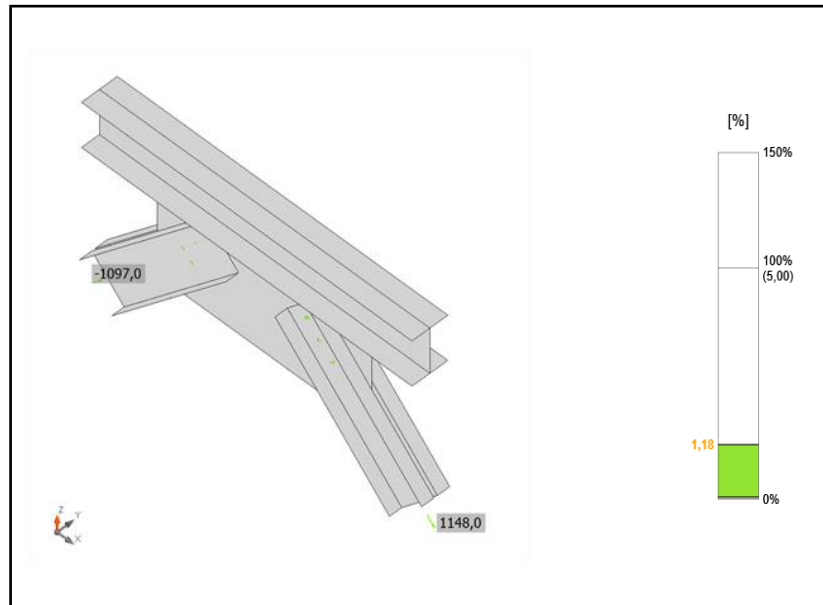
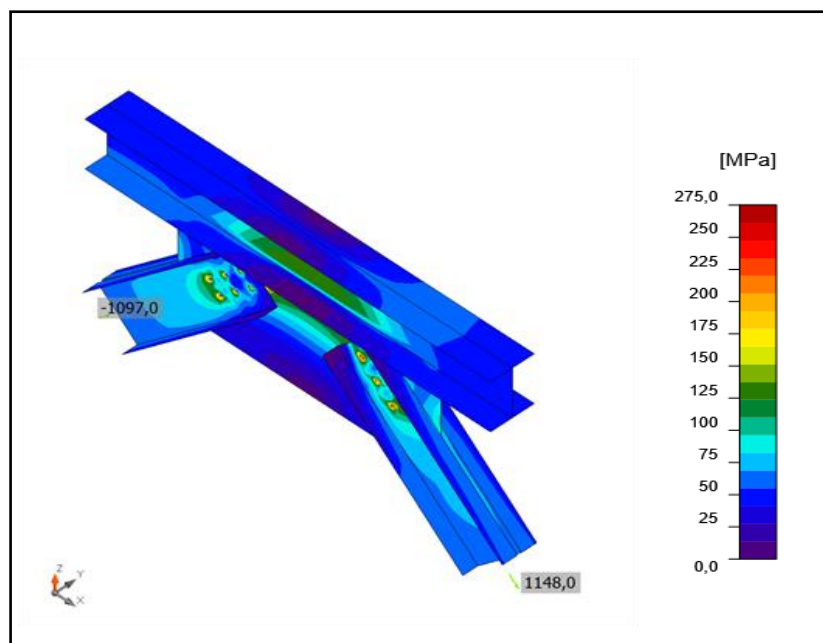
**Figure VIII.25:** Assemblage CV – poutres TYPE 1

Tableau VIII.12 : Résultat de vérifications d'assemblage CV – poutres TYPE 1

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	$1,2 < 5,0\%$	OK
Boulons	$62,7 < 100\%$	OK
Soudures	$17,8 < 100\%$	OK

**Figure VIII.26:** Vérification de déformation, G+Q+E**Figure VIII.27:** Contrainte équivalente, G+Q+E

VIII.6.2. Assemblage contreventement — poutre Type 1 (IDEA STATICA) Annex-06

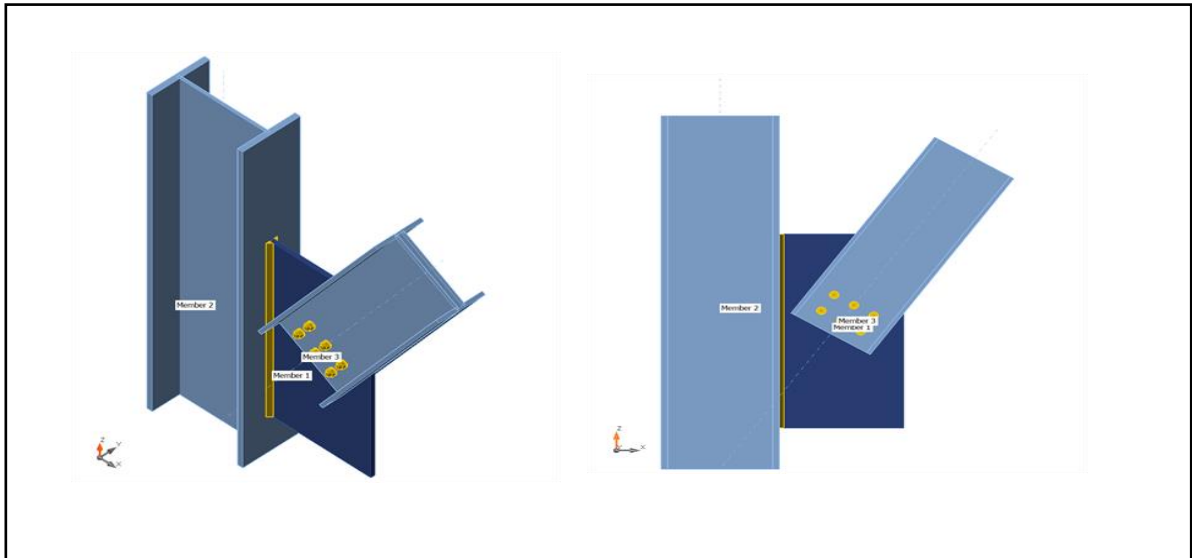


Figure VIII.28: Assemblage CV – poteau TYPE 1

Tableau VIII.13: Résultat de vérifications d'assemblage CV – poteau TYPE 1

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100.0%	OK
Platines	$0.3 < 5.0\%$	OK
Boulons	$88.9 < 100\%$	OK
Soudures	$82.1 < 100\%$	OK

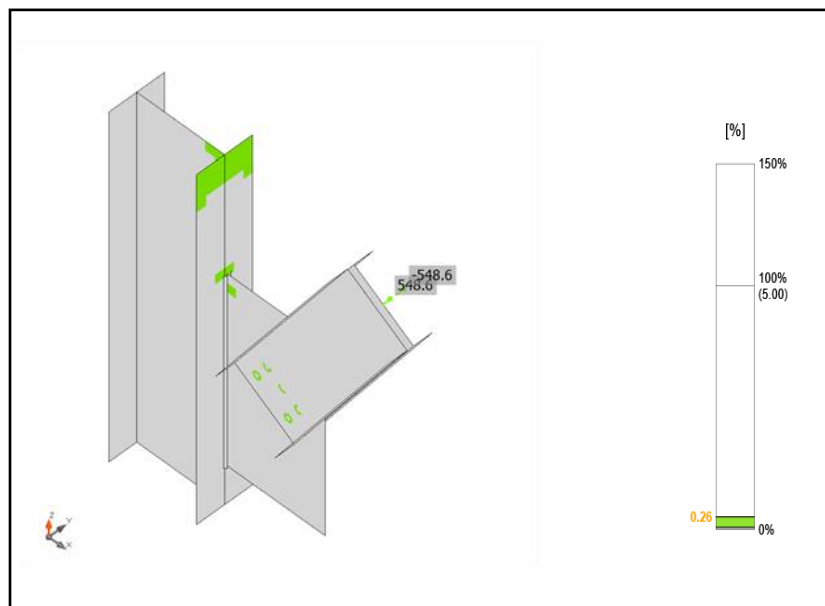


Figure VIII.29: Vérification de déformation, G+Q+E

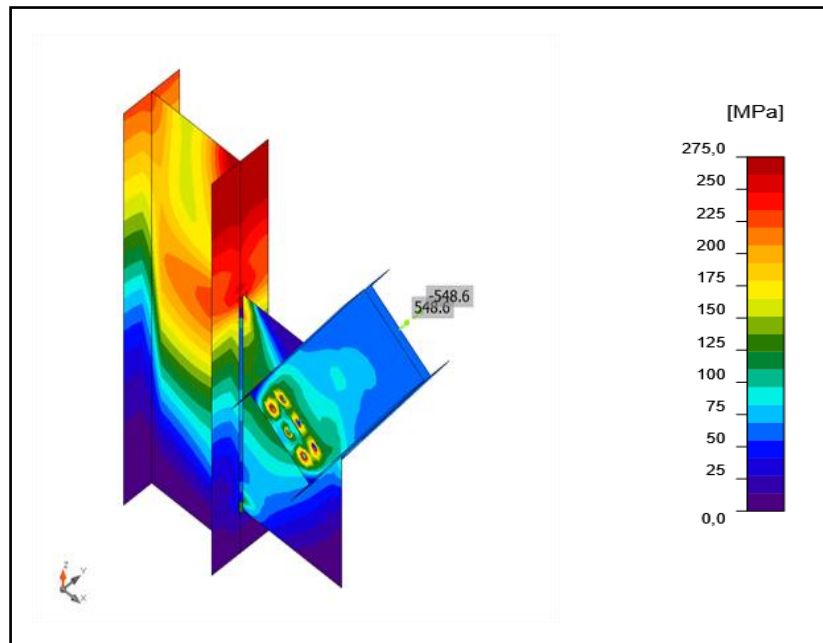


Figure VIII.30: Contrainte équivalente, G+Q+E

VIII.7. Assemblage poteau – poteau Annexe-07

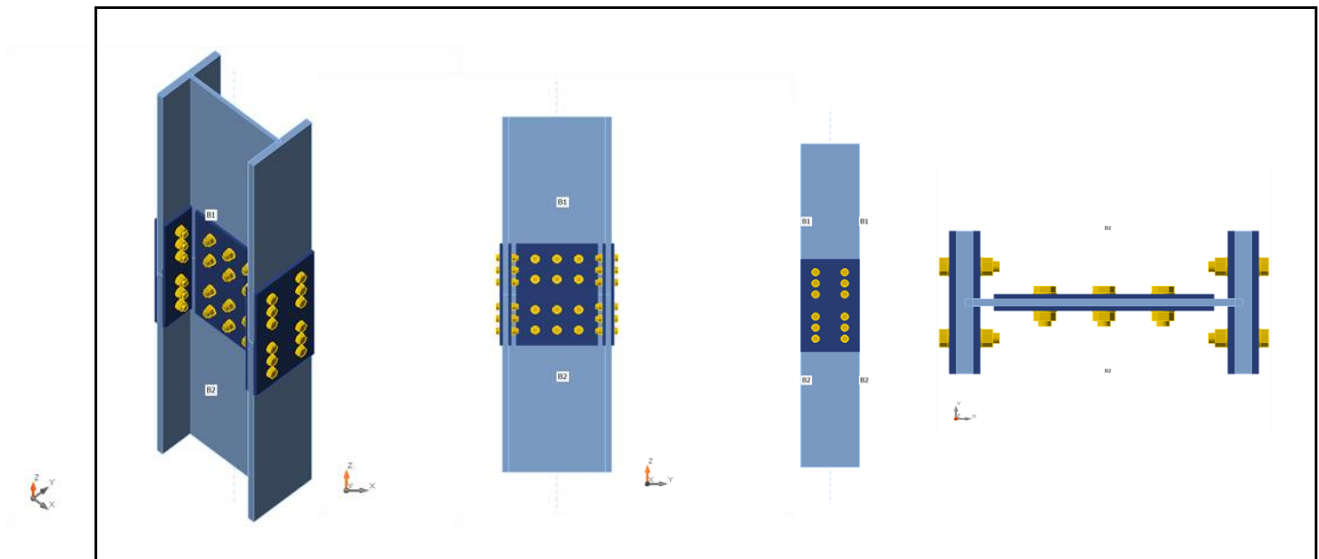


Figure VIII.31: Les Vues d'assemblage poteau – poteau

VIII.7.1 Assemblage des semelles par couvre joint

Les données :

Boulons HR10-9 $\rightarrow f_{ub} \rightarrow 1000 \text{ Mpa}$.

Coefficient de frottement $\mu = 0.3$.

$K_s = 1$ (trous nominaux). γ_{ms}

$= 1.25$

$$N_{sd} = -1405,61 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = -168,51 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 262,69 \text{ KN.m}$$

- **Le choix des boulons**

On choisit 12 boulons, 22 mm de diamètre (M22) de classe, HR .10.9 M 22 $\square$ d $\square$ 22 mm et d0 $\square$ 24mm

- **Disposition constructive des boulons**

$$1,2d_0 \leq e_1 \leq \max(12t \text{ ou } 150 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 28,8 \text{ mm} \leq e_1 \leq 180 \text{ mm}$$

$$1,2d_0 \leq e_2 \leq \max(12t \text{ ou } 150 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 28,8 \text{ mm} \leq e_2 \leq 180 \text{ mm}$$

$$2,2d_0 \leq P_1 \leq \min(14t \text{ ou } 200 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 52,8 \text{ mm} \leq P_1 \leq 210 \text{ mm}$$

$$3d_0 \leq P_2 \leq \min(14t \text{ ou } 200 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 52,8 \text{ mm} \leq P_2 \leq 210 \text{ mm}$$

➤ On choisit une platine de (500 x 500 x 12) mm

- **L'effort normal dans la semelle supérieure**

$$N_s = \frac{M_{sd}}{h - t_f} = \frac{262,69}{500 - 28} = 556,54 \text{ KN}$$

- **L'effort normal dans la semelle inférieure**

$$N_i = N_{sd} \frac{b_{tf}}{A} = 1405,61 \frac{300 \times 28}{23900} = 500,03 \text{ KN}$$

- **L'effort normal total**

$$N = N_s + N_i = 556,54 + 500,03 = 1056,57 \text{ KN}$$

- **Vérification de la résistance au glissement**

$$F_{v,sd} \frac{N}{n_p \times n_b} \leq F_{s,r,d} = \frac{K_s \cdot n \cdot \mu (F_p - 0,8 F_{v,sd})}{\gamma_{ms}}$$

np : Nombre de plan de cisaillement = 2

$$F_{v,sd} \frac{1056,57}{2 \times 12} = 44,02 \text{ KN} \leq F_{s,r,d} = \frac{1,2 \cdot 0,3 (221,1 - 0,8 \cdot 44,02)}{1,25} = 89,22 \text{ KN} \quad \text{condition vérifiée}$$

- Vérification de résistance à la pression diamétrale

$$F_{vsd} \leq F_{brd}$$

$d=22 \text{ mm}$; $d_0 = 24 \text{ mm}$; $t = 12 \text{ mm}$; $\alpha_{Mb} = 1,25$; $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$; $P_1=75\text{mm}$; $e_1=60\text{mm}$

$$F_{brd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t_p * f_u}{\gamma_{mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0} = 1,31 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 2,325 ; \frac{P_1}{3d_0} - 0,25 = 0,79 ; 1 \right\}$$

$$\alpha = 0,79$$

$$F_u = 430 \text{ Mpa}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 * 0,79 * 22 * 12 * 430}{1,25} = 194,30 \text{ KN}$$

$$F_{vsd} = 44,02 \text{ KN} \leq F_{brd} = 194,30 \text{ KN} \text{ Condition vérifier}$$

VIII.7.2 Assemblage de l'âme par couvre joint

Les données :

Boulons HR10-9 $\rightarrow f_{ub} \rightarrow 1000 \text{ Mpa}$.

Coefficient de frottement $\mu = 0.3$.

$K_s = 1$ (trous nominaux).

$$\gamma_{ms} = 1.25$$

$$N_{sd} = -1405,61 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = -168,51 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 262,69 \text{ KN.m}$$

- Le choix des boulons

On choisit 12 boulons, 22 mm de diamètre (M22) de classe, HR .10.9 M 22 $\square d \square 22 \text{ mm}$ et $d_0 \square 24 \text{ mm}$

- Disposition constructive des boulons

$$1,2d_0 \leq e_1 \leq \max (12t \text{ ou } 150 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 28,8 \text{ mm} \leq e_1 \leq 180 \text{ mm}$$

$$1,2d_0 \leq e_2 \leq \max (12t \text{ ou } 150 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 28,8 \text{ mm} \leq e_2 \leq 180 \text{ mm}$$

$$2,2d_0 \leq P_1 \leq \min (14t \text{ ou } 200 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 52,8 \text{ mm} \leq P_1 \leq 210 \text{ mm}$$

$$3d_0 \leq P_2 \leq \min (14t \text{ ou } 200 \text{ mm}) \quad \rightarrow \quad 52,8 \text{ mm} \leq P_2 \leq 210 \text{ mm}$$

➤ On choisit une platine de (400 x 500 x 10) mm

- Sollicitations ramenées au centre de rotation O du demi couvre joint

$$V_0 = V_{sd} = 234,05 \text{ KN}$$

$$N_0 = N_{sd} \frac{h_{tw}}{A} = 426,38 \text{ KN}$$

$$M_0 = v \times e = 46,81 \text{ KN.m}$$

- L'effort de chaque boulon

$$F_i' = \frac{V_0}{nb/2} = \frac{234,05}{12/2} = 39,00 \text{ KN (suivant z) "composante verticale"}$$

$$F_i'' = \frac{N_0}{nb} = \frac{426,38}{12} = 35,53 \text{ KN (suivant x) "composante horizontale"}$$

$$F_i''' = 25,12 \text{ KN}$$

La somme vectorielle permet d'obtenir la résultante des efforts tranchants exercés sur le boulon le plus sollicité, on trouve

Composante horizontale de $\vec{V}$

$$V_{\rightarrow x} = F_i' + F_i'' \times \frac{y^3}{\sqrt{x^3 + y^3}} = 45,93 \text{ KN}$$

Composante verticale de $\vec{V}$

$$V_{\rightarrow y} = F_i' + F_i''' \times \frac{y^3}{\sqrt{x^3 + y^3}} = 40,43 \text{ KN}$$

La résultante :

$$V_{\rightarrow R} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 61,18 \text{ KN}$$

- Vérification des diamètres des boulons :

$$A_s \geq F_{srd} = \frac{V_{1,25} n F_p}{0,7 \mu_{ks} n} = 24,22 \text{ KN}$$

$$F_p = 0,7 \times f_{ub} \times A_s = 0,7 \times 1000 \times 95,04 = 66,52 \text{ KN}$$

$$\text{Boulon M 22 } A_s = 95,04 \text{ mm}^2 \geq F_{srd} = 24,22 \text{ KN} \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

- Vérification de résistance à la pression diamétrale

$$F_{vsd} \leq F_{brd}$$

$$d=22 \text{ mm ; } d_0 = 24 \text{ mm ; } t = 10 \text{ mm ; } \square M_b = 1,25 ; f_u = 430 \text{ N/mm}^2 ; P_1=80 \text{ mm ; } e_1=50 \text{ mm}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t_p * f_u}{\gamma_{mb}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0} = 1,31 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 2,325 ; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25 = 0,86 ; 1 \right\}$$

$$\alpha = 0,86$$

$$F_u = 430 \text{ Mpa}$$

$$F_{brd} = \frac{2,5 * 0,86 * 22 * 10 * 430}{1,25} = 162,71 \text{ KN}$$

$$F_{vsd} = 44,02 \text{ KN} \leq F_{brd} = 162,71 \text{ KN} \quad \text{Condition vérifier}$$

VIII.7.3 Assemblage pied de poteau IDEA STATICA : Annexe-08

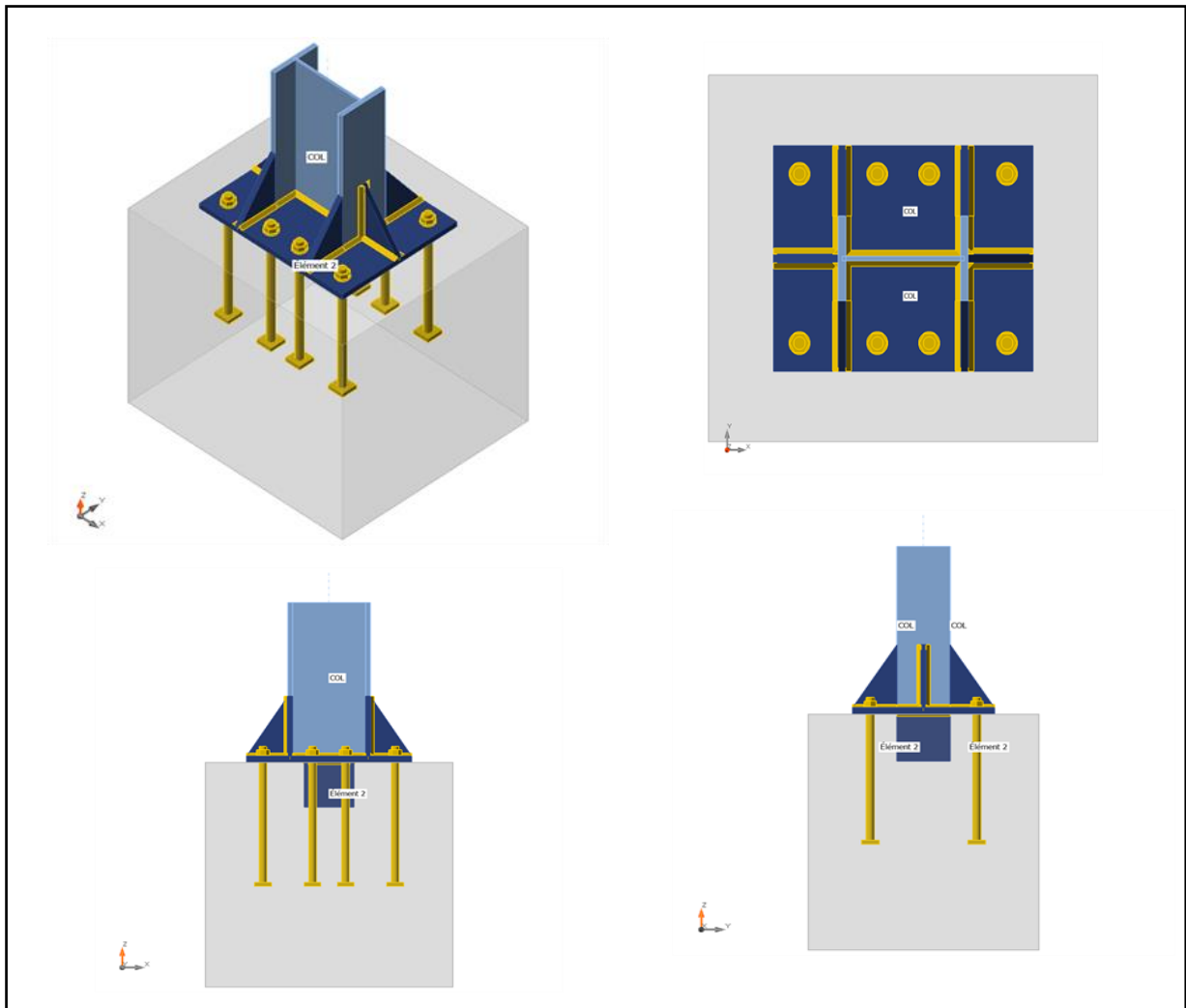
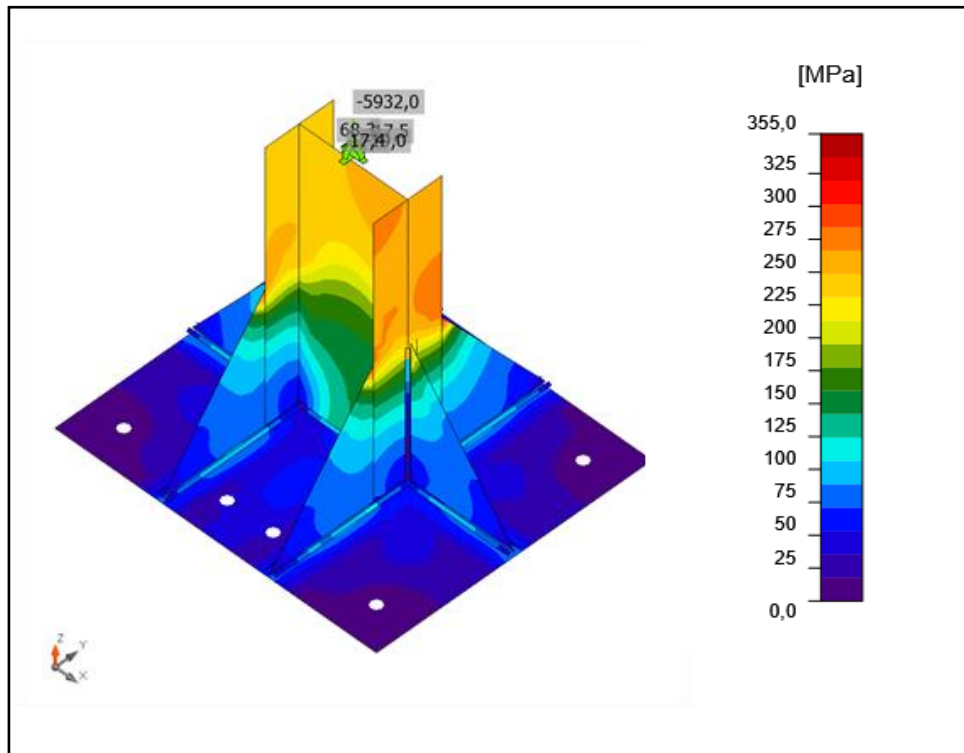


Figure VIII.32: Les Vues d'assemblage pied de poteau

Tableau VIII.14: Résultat de vérifications d'assemblage pied poteaux

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	$0,0 < 5,0\%$	OK
Tiges	$34,7 < 100\%$	OK
Soudures	$38,5 < 100\%$	OK
Bloc de béton	$11,3 < 100\%$	OK
Cisaillement	$23,7 < 100\%$	OK

**Figure VIII.33:** Contrainte équivalente, G+Q+E

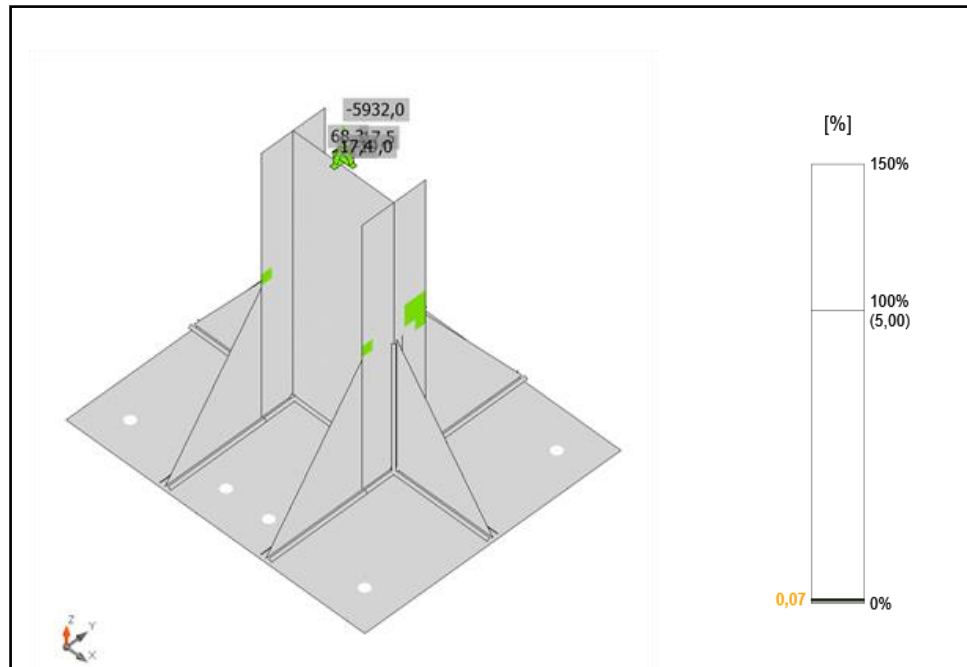


Figure VIII.34: Vérification de déformation, G+Q+E

Conclusion

Ce chapitre a porté sur l'étude des assemblages des éléments de la structure, en combinant une approche manuelle et une modélisation à l'aide du logiciel IDEA StatiCa. Cette double approche a permis de vérifier la résistance et la conformité des connexions, en assurant la cohérence entre le calcul théorique et la simulation numérique. Les assemblages proposés répondent ainsi aux exigences de sécurité et de mise en œuvre.

Chapitre IX :
Calcul des fondations

IX.1 Introduction

Les fondations est l'ensemble des éléments situés à la base d'une construction, servant à répartir et transmettre les charges au sol de manière à éviter tout affaissement, tassement excessif ou instabilité.

Le choix du type de fondation dépend de :

- Type d'ouvrage à construire.
- La nature et l'homogénéité du sol.
- Facilité d'exécution et l'aspect économique.

IX.2 Les types de fondation

IX.2.1 Les fondations superficielles

Se forment comme suit : le niveau du fond de fouille est le sol d'assise de la fondation, c'est-à-dire le sol capable de reprendre les charges du bâtiment en entraînant un tassement minimum.

On distingue deux types de fondations superficielles :

- **Semelle isolée** : qui sont les fondations de poteaux
- **Semelles filantes** : qui sont les fondations des murs, surtout les murs en parpaings et les voiles. Les semelles filantes servent à répartir les charges sur une plus grande surface afin que l'ouvrage ne s'enfonce pas dans le sol.

IX.2.2 Les fondations profondes

- **Radier général**

Un radier se présente comme un plancher renversé avec ou sans poutre, recevant du sol des charges réparties ascendantes et prenant appuis sur les poteaux et murs qui exercent sur lui des charges descendantes. Le radier général est un système de fondation composé d'une dalle en béton armé et occupant toute la surface d'emprise de la structure.

Avant d'entreprendre un projet de fondation, il est nécessaire de connaître la valeur de la contrainte du sol $\bar{\sigma}$ à introduire dans les calculs.

IX.3 Calcul des fondations

Afin de satisfaire la sécurité et l'économie, tout en respectant les caractéristiques de l'ouvrage ; la charge que comporte l'ouvrage – la portance du sol – l'ancrage et les différentes données du rapport du sol. On commence le choix de fondation par les semelles isolées – filantes et radier, chaque étape fera l'objet de vérification.

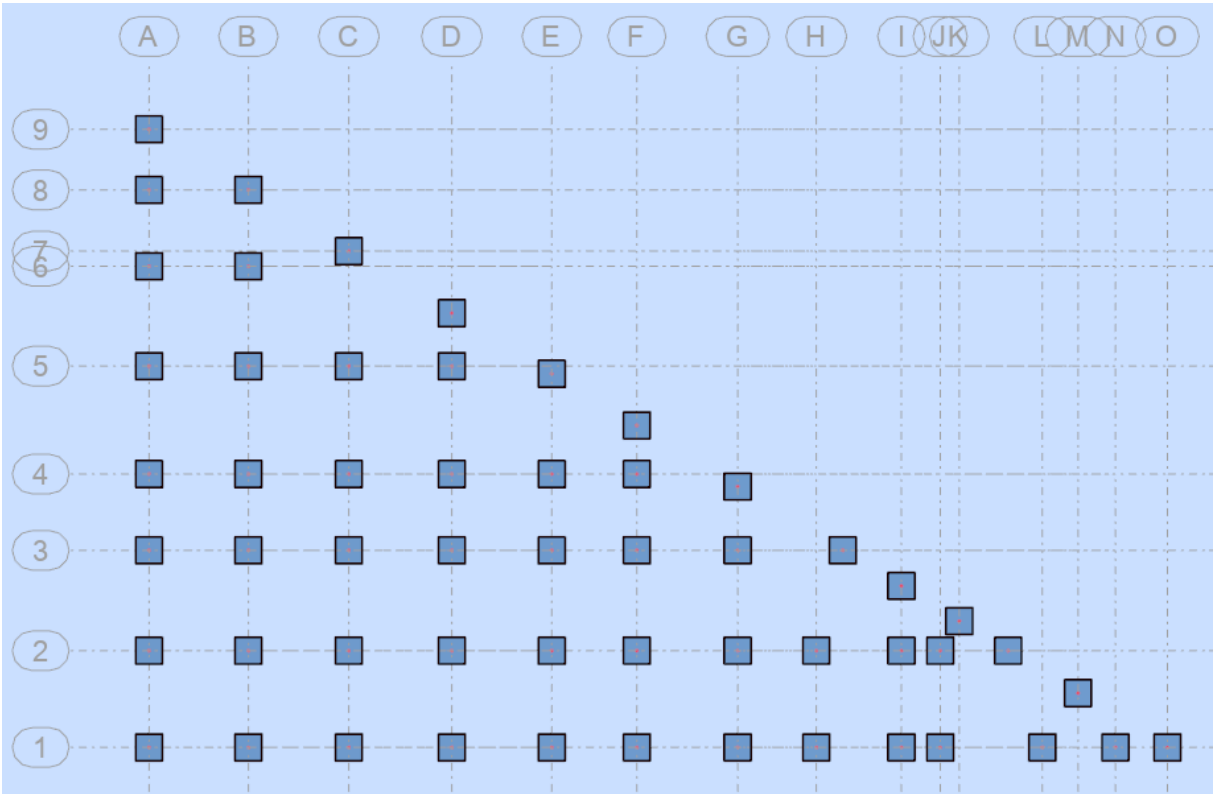


Figure IX.1 : Les réactions des appuis à ELS

• Tableau IX.1 des réactions à la base ELU ELS

nœud	ELU	ELS
1/ 3 (C)	9,52	7,08
3/ 3 (C)	136,12	99,54
5/ 3 (C)	1204,42	872,82
7/ 3 (C)	1516,56	1098,66
9/ 3 (C)	1857,51	1344,13
11/ 3 (C)	2116,66	1530,01
13/ 3 (C)	2381,78	1722,88
15/ 3 (C)	2332,61	1687,61
17/ 3 (C)	2459,32	1777,24
19/ 3 (C)	2755,71	1991,42
21/ 3 (C)	2704,08	1954,45
23/ 3 (C)	2334,18	1687,68
25/ 3 (C)	2235,91	1618,95
27/ 3 (C)	2110,90	1526,02
29/ 3 (C)	2068,06	1494,39
31/ 3 (C)	2264,81	1635,67
33/ 3 (C)	1032,80	742,60
35/ 3 (C)	793,87	570,61
37/ 3 (C)	569,12	409,60
39/ 3 (C)	286,36	206,78
41/ 3 (C)	978,09	703,30
43/ 3 (C)	789,78	567,48
45/ 3 (C)	146,50	105,56
47/ 3 (C)	249,80	179,21
49/ 3 (C)	97,08	69,95
51/ 3 (C)	246,80	177,84
53/ 3 (C)	2185,36	1581,21
55/ 3 (C)	1756,03	1272,52
57/ 3 (C)	1347,94	975,81
59/ 3 (C)	858,82	623,36
61/ 3 (C)	3080,56	2222,37
63/ 3 (C)	3372,24	2432,99
65/ 3 (C)	3413,07	2462,09
67/ 3 (C)	3525,30	2541,89
69/ 3 (C)	3885,53	2801,05
71/ 3 (C)	3900,19	2812,06
73/ 3 (C)	3895,46	2808,09
75/ 3 (C)	2507,73	1812,07
77/ 3 (C)	2451,26	1771,07
79/ 3 (C)	2566,34	1852,69
81/ 3 (C)	2806,27	2025,16
83/ 3 (C)	3065,07	2210,79
85/ 3 (C)	3433,69	2475,53
87/ 3 (C)	488,16	349,62
89/ 3 (C)	571,80	409,63
91/ 3 (C)	2194,78	1582,96

93/ 3 (C)	2699,09	1945,26
95/ 3 (C)	439,17	314,21
97/ 3 (C)	1372,32	984,77
99/ 3 (C)	2255,57	1618,72
101/ 3 (C)	1828,24	1311,95
103/ 3 (C)	1304,70	945,45
105/ 3 (C)	1103,10	800,56
1947/ 3 (C)	356,28	255,69
2103/ 3 (C)	2018,89	1461,11
95/ 3 (C)	439,17	314,21
Σ	72442,16	100361,31

IX.3.1 Semelles isolées

On doit vérifier la condition suivante :

$$\frac{N}{S} \leq \sigma_{sol} \Rightarrow S \geq \frac{N}{\sigma_{sol}}$$

σ_{sol} : contrainte du sol.

N : effort normal appliqué sur la fondation.

S : surface de la fondation.

Supposant que la semelle est carrée : $S = A \times B$ où $A = B$

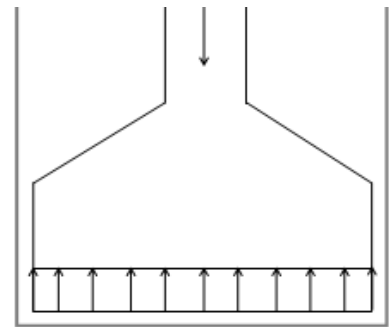


Figure IX.2 : Semelle isolée sous poteau

$$N_s = 3238,84 \text{ kN}$$

$$\sigma_{sol} = 2 \text{ bars}$$

$$\frac{N_s}{S} \leq \sigma_{sol}$$

$$S \geq \frac{N}{\sigma_{sol}} = \frac{3238,84}{200} = 16,19 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{S} = 4,02 \text{ m}$$

Alors on opte une semelle de **(4,10 × 4,10)**

Il faut vérifier que : $L_{min} \geq 1,5B$

- L_{min} : l'entraxe minimum entre deux poteaux

$$L_{min} = 2,10 \geq 1,5 \times 4,10 = 6,15 \text{ m} \text{ Condition non vérifiée}$$

- **Conclusion**

D'après ces résultats, on remarque qu'il y a chevauchement des semelles, on passe alors à l'étude des semelles filantes

IX.3.2 Semelles filantes

IX.3.2.1 Semelle filante dans un seul sens

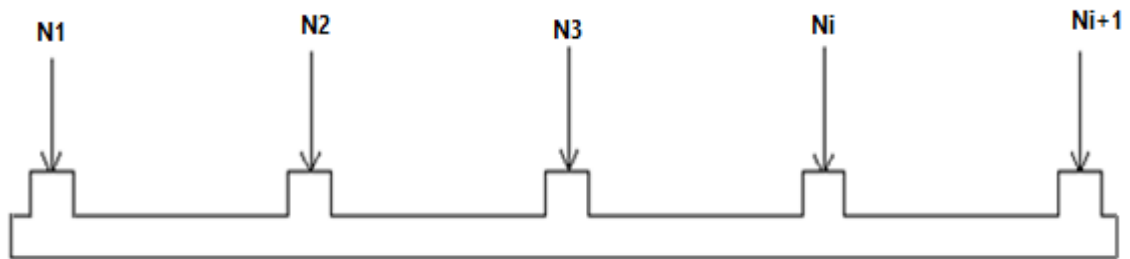


Figure IX.3 : Schéma des Semelles filantes.

L'effort normal supporté par la semelle filante est la somme des efforts normaux de tous les poteaux qui se trouvent dans la même ligne.

On doit vérifier que : $\sigma_{sol} \geq \frac{N}{S}$

Avec :

$N = \sum N_i$: De chaque file de poteau

$B(m)$: Largeur de la semelle.

$L(m)$ Longueur de la file considérée.

$$B \geq \frac{N}{L \times \sigma_{sol}} \quad \text{et} \quad S = B \times L$$

Il faut vérifier que : $L_{min} \geq 5B$

L_{min} : l'entraxe minimum entre deux poteaux

- **Semelles filantes transversales sens YY**

<i>File</i>	<i>N_{ser} (kN)</i>	<i>S(m²)</i>	<i>L(m)</i>	<i>B(m)</i>	<i>B_{choise}(m)</i>	<i>1,5 B</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{min} > 1,5B</i>
A	11618,86	58,09	33,44	1,73	1,80	2,7	2,10	Non-Vérifiée
B	15537,99	77,68	30,16	2,57	2,70	4,05	2,10	Non-Vérifiée
C	12673,19	63,36	26,85	2,35	2,40	3,6	2,10	Non-Vérifiée
D	10207,71	51,03	23,50	2,17	2,25	3,37	2,10	Non-Vérifiée
E	8834,55	44,17	20,22	2,18	2,25	3,37	2,10	Non-Vérifiée
F	8380,31	41,90	17,42	2,40	2,45	3,67	2,10	Non-Vérifiée
G	7852,90	39,26	14,11	2,78	2,85	4,27	2,10	Non-Vérifiée
H	6611,59	33,05	10,66	3,10	3,15	4,72	2,10	Non-Vérifiée
I	5358,10	26,79	8,74	3,06	3,10	4,65	2,10	Non-Vérifiée
J	4125,01	20,62	6,83	3,02	3,10	4,65	2,10	Non-Vérifiée
K	2702,19	13,51	5,23	2,58	2,65	3,97	2,10	Non-Vérifiée
L	1576,46	7,88	2,93	2,69	2,75	4,12	2,10	Non-Vérifiée
M	433,86	2,16	1,90	1,14	1,20	1,8	2,10	Vérifiée
		$\sum S = 479,60$						
		$S_{bati} = 920,43$						
		Ratio = 52%						

- **Semelles filantes transversales sens XX**

<i>File</i>	<i>N_{ser} (kN)</i>	<i>S(m²)</i>	<i>L(m)</i>	<i>B(m)</i>	<i>B_{choise}(m)</i>	<i>1,5 B</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{min} > 1,5B</i>
1	22940,61	114,70	55,05	2,08	2,15	3,22	3,28	Vérifiée
2	27683,42	138,41	46,44	2,98	3,10	4,65	3,28	Non-Vérifiée
3	18637,15	93,18	37,50	2,48	2,55	3,82	3,28	Non-Vérifiée
4	9344,13	46,72	21,77	2,14	2,20	3,30	3,28	Non-Vérifiée
5	5973,41	29,86	20,22	1,47	1,55	2,32	3,28	Vérifiée
6	4262,72	21,31	16,37	1,30	1,35	2,02	3,28	Vérifiée
7	1966,46	9,83	5,37	1,83	1,90	2,85	3,28	Vérifiée
		$\sum S = 454,01$						
		$S_{bati} = 920,43$						
		Ratio = 49%						

- **Conclusion**

D'après ces résultats, on remarque qu'il y a chevauchement des semelles, et un ratio qui dépasse les 50% de la section du bâtiment, alors on passe à l'étude des semelles filantes croisées.

IX.4 Semelles filantes croisées

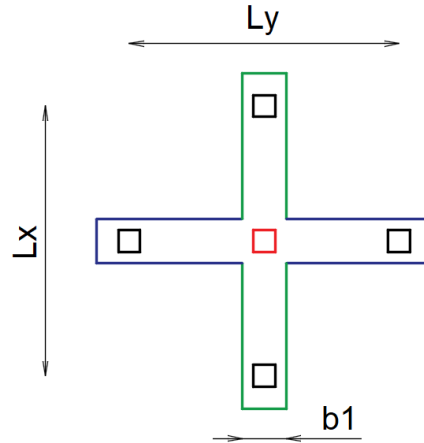


Figure IX. 4 :répartition des charges pour les poteaux centraux.

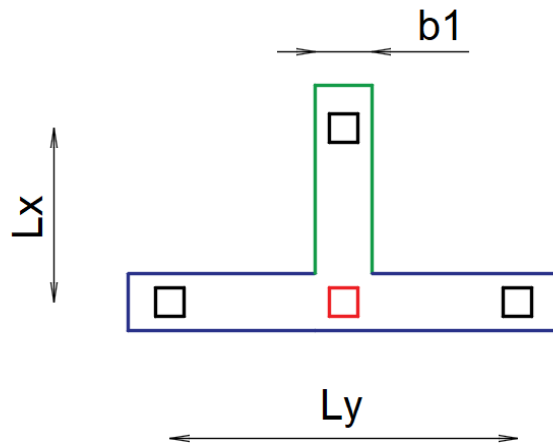


Figure IX. 5 : répartition des charges pour les poteaux de rives.

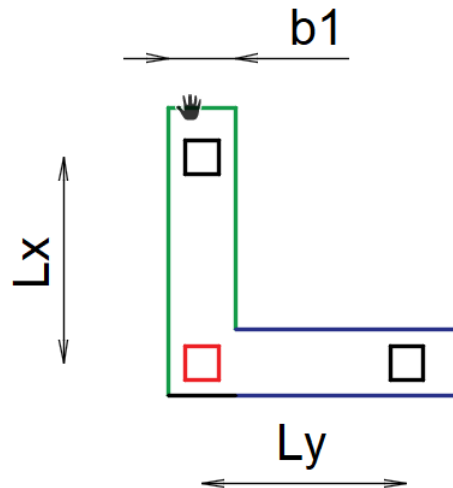


Figure IX. 6: répartition des charges pour les poteaux d'angles.

IX.4.1. Les répartitions

- Poteau d'angle :

Tableau IX. 2: la répartition pour les poteaux d'angles.

	Angle			
	Sens x-x %	Sens y-y %	Nx	Ny
N_{1-A}	0,49	0,51	793,28	825,66

- Les poteaux des rives

Tableau IX. 3 : la répartition pour les poteaux rives.

	Rive			
	Sens x-x %	Sens y-y %	Nx	Ny
N _{1-B}	0,67	0,33	1130,74	556,93
N _{1-C}	0,67	0,33	1309,48	644,96
N _{1-D}	0,67	0,33	1334,25	657,16
N _{1-E}	0,65	0,35	1155,20	622,03
N _{1-F}	0,65	0,35	1096,94	590,66
N _{1-G}	0,64	0,36	1102,64	620,23
N _{1-H}	0,62	0,38	948,60	581,40
N _{1-I}	0,56	0,44	752,71	591,41
N _{1-J}	0,59	0,41	648,20	450,45
N _{2-A}	0,65	0,35	991,91	534,10
N _{3-A}	0,64	0,36	556,40	537,98
N _{4-A}	0,64	0,36	1046,82	588,84
N _{5-A}	0,67	0,33	497,54	245,05
N _{6-A}	0,63	0,37	359,48	211,12
N _{7-A}	0,57	0,43	233,47	176,12

- Les poteaux centraux

Tableau IX. 4: la répartition pour les poteaux centraux.

	Centrale			
	Sens x-x %	Sens y-y %	Nx	Ny
N _{2-B}	0,49	0,51	1375,96	1432,12
N _{3-B}	0,50	0,50	1406,03	1406,03
N _{4-B}	0,50	0,50	1400,52	1400,52
N _{5-B}	0,48	0,62	1220,10	1575,97
N _{6-B}	0,48	0,62	1181,80	1526,49
N _{7-B}	0,47	0,63	1143,50	1532,78
N _{8-B}	0,43	0,67	628,27	978,94
N _{7-C}	0,55	0,45	996,63	815,43
N _{6-C}	0,51	0,49	903,24	867,82
N _{5-C}	0,51	0,49	944,87	907,81
N _{4-C}	0,48	0,52	972,16	1053,08
N _{3-C}	0,52	0,48	1149,61	1061,17
N _{2-C}	0,51	0,49	1262,52	1213,00
N _{5-D}	0,52	0,48	181,80	167,81
N _{4-D}	0,48	0,52	196,62	213,00
N _{3-D}	0,62	0,38	981,43	601,52
N _{2-D}	0,52	0,48	1011,53	933,72
N _{4-E}	0,52	0,48	163,38	150,82
N _{3-E}	0,50	0,50	492,38	492,38
N _{2-E}	0,47	0,53	760,79	857,92
N _{3-F}	0,51	0,49	669,09	642,85

IX.4.1.1 Les charges qui reviennent pour chaque fille

Tableau IX. 5: Sections des semelles filantes sens YY.

<i>File</i>	<i>N_{ser} (kN)</i>	<i>S(m²)</i>	<i>L(m)</i>	<i>B(m)</i>	<i>B choisie (m)</i>	<i>1,5 B</i>	<i>L_{min}</i>	<i>L_{min} > 1,5B</i>
A	3118,87	15,59	33,44	0,46	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
B	10409,78	52,04	30,16	1,72	1,80	2,7	2.1	Non-Vérifiée
C	6563,27	32,81	26,85	1,22	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
D	2573,21	12,86	23,50	0,54	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
E	2123,15	10,61	20,22	0,52	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
F	1233,51	6,16	17,42	0,35	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
G	620,23	3,10	14,11	0,21	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
H	581,40	2,90	10,66	0,27	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
I	591,41	2,95	8,74	0,33	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
J	450,45	2,25	6,83	0,32	1,50	2,25	2.1	Non-Vérifiée
		ΣS= 141,27						

- **Conclusion**

D'après ces résultats, on remarque qu'il y a chevauchement des semelles, $L_{min} > 1,5B$

Non Vérifier dans tous les axes, alors on passe à l'étude du radier général.

IX.4.2 Étude du radier général

Un radier général est une fondation superficielle en béton armé, de grande surface, qui s'étend sous l'ensemble ou la majeure partie d'un bâtiment afin de répartir uniformément les charges sur un sol de portance relativement faible.

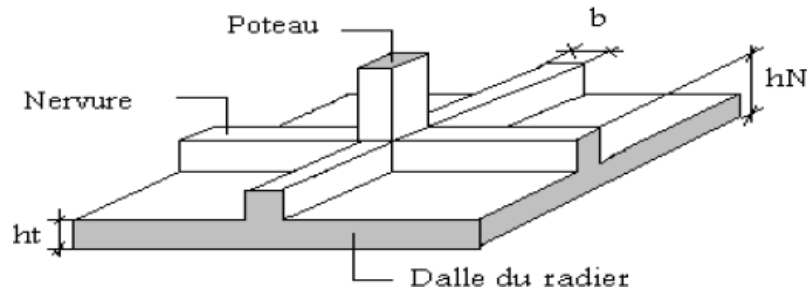


Figure IX.7: Schéma d'un radier.

IX.4.2.1 Pré dimensionnement du radier

IX.4.2.1.1 Pré dimensionnement de l'épaisseur du radier

Un radier est une dalle pleine réalisée sous toute la surface de la construction. Cette dalle peut être massive (de forte épaisseur) ou nervurée. Dans ce cas, la dalle est mince mais elle sera raidie par des nervures croisées.

Dans notre cas, on a opté pour un radier nervuré (plus économique que pratique). L'effort normal supporté par le radier est la somme des efforts normaux de tous les poteaux.

Donnés :

- Poids propre de la fondation $\approx 10\%$ de G
- $\bar{\sigma}_{sol} = 2,0 \text{ bars}$ (D'après le rapport du sol)
- $K_{sol} = 40 \text{ MPa}$
- $E_{béton} = 20\,000 \text{ MPa}$
- $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- $\gamma_{béton} = 25 \text{ kN/m}^3$
- $FeE400$

- **Surface nécessaire :**

Pour déterminer la surface du radier, il faut que :

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{sol}$$

$$\text{Tel que : } \sigma_{max} = \frac{N_T}{S_{nec}} \leq \sigma_{sol} \Rightarrow S_{nec} \geq \frac{N_T}{\sigma_{sol}}$$

Avec :

- $N_{ser} = 72442,16 \text{ kN}$ (Obtenu à partir de la modélisation).
- $\sigma_{sol} = 2,0 \text{ bars}$

$$\rightarrow S_{nec} = 398,43 \text{ m}^2$$

La section nécessaire est inférieure à celle du bâtiment ($920,43 \text{ m}^2$).

Soit un débord de $Ld = 50 \text{ cm}$ sur les quatre cotés.

La surface totale du radier devient $S_{rad} = 942,51 \text{ m}^2$

- **Epaisseur de la dalle**

L'épaisseur de la dalle du radier doit satisfaire aux conditions suivantes :

- a. **Condition forfaitaire**

$$\frac{L_{max}}{25} \leq h_1 \leq \frac{L_{max}}{20}$$

Avec :

- L_{max} : La longueur maximale entre les axes des poteaux.
- $L_{max} = 5,64 \text{ m}$

$$23 \text{ cm} \leq h_1 \leq 29 \text{ cm}$$

On prend $h_1 = 40 \text{ cm}$

- **Les nervures**

- a. **Condition de coffrage**

$$b \geq \frac{L_{max}}{10} \Rightarrow b = 60 \text{ cm}$$

- b. **Condition de la flèche**

$$\frac{L_{max}}{15} \leq b \leq \frac{L_{max}}{10} \Rightarrow 38 \text{ cm} \leq b \leq 58 \text{ cm}$$

- c. **Condition de la raideur**

Pour étudier la raideur de la dalle du radier, on utilise la notion de la largeur définie par l'expression suivante :

$$L_{max} \leq \frac{\pi}{2} L_e \quad \text{et} \quad L_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{bk}}$$

Avec :

E: Module de Young ($E=20000 \text{ MPa}$)

K_{sol}: Coefficient de raideur du sol ($0,5 \text{ kg/cm}^3 \leq K \leq 12 \text{ kg/cm}^3$)

Pour notre cas $K=4 \text{ kg/cm}^3$ (sol de densité moyenne)

b: Largeur de la semelle ($b=90 \text{ cm}$)

I : Inertie de la section transversale du radier $I = \frac{bh^3}{12}$

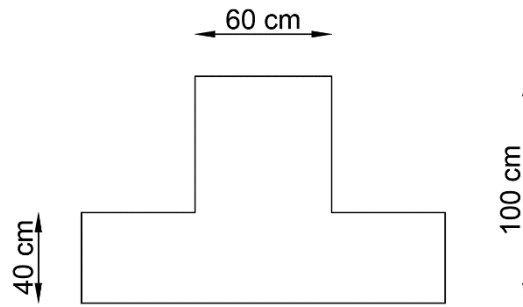


Figure IX. 8 : Schéma de la nervure

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{48L_{max} \times K}{E \times \pi^4}} = 92 \text{ cm} \Rightarrow h = 95 \text{ cm}$$

- **Résumé**

Epaisseur de la dalle $h=35\text{cm}$

Les dimensions de la nervure $h=185\text{cm}$; $b=60\text{cm}$

IX.4.2.2 Caractéristiques géométriques du radier

- Position du centre de gravité :

$$\begin{cases} X_G = 18,35 \text{ m} \\ Y_G = 11,14 \text{ m} \end{cases}$$

- Moments d'inerties :

$$\begin{cases} I_X = 4,29 * 10^{16} \text{ mm}^4 \\ I_Y = 1,90 * 10^{17} \text{ mm}^4 \end{cases}$$

IX.4.2.2.1 Vérification nécessaire

- **Vérification de la stabilité du radier**

Selon [3] (Art.10.1.5) on doit vérifier que

$$e = \frac{M_r}{N} \leq \frac{B}{4}$$

Avec :

- N : Charge verticale permanente : $N = N_1 + N_2$
- N_1 : Poids propre de la structure.
- N_2 : Poids propre du radier : $N_2 = \rho_b \times S_{rad} \times h$
- M_R : Moment de renversement dû aux forces sismique : $M_R = \sum M_0 + V_0 h$
- M_0 : Moment à la base de la structure.
- V_0 : L'effort tranchant à la base de la structure.

- h : Profondeur de l'ancrage de la structure.

On a :

$$\begin{aligned} N_1 &= 55346,26 \text{ kN} \\ N_2 &= 8246,96 \text{ kN} \\ N &= 63593,22 \text{ kN} \end{aligned}$$

➤ Sens x-x

- $M_0 = 224411,14 \text{ kN.m}$
- $V_0 = 9341,65 \text{ kN}$
- $h = 4,5 \text{ m}$
- $B_y = 27,5 \text{ m}$

Donc :

$$\begin{aligned} M_R &= 266448,56 \text{ kN.m} \\ e_x &= \frac{M_r}{N} = 4,18 \text{ m} \leq \frac{B}{4} = 13,76 \text{ m} \dots \dots \dots \text{Vérifiée} \end{aligned}$$

➤ Sens y-y

- $M_0 = 88935,05 \text{ kN.m}$
- $V_0 = 3547,91 \text{ kN}$
- $h = 4,5 \text{ m}$
- $B_y = 16,72 \text{ m}$

Donc :

$$\begin{aligned} M_R &= 104900,64 \text{ kN.m} \\ e_y &= \frac{M_r}{N} = 1,64 \text{ m} \leq \frac{B}{4} = 8,36 \text{ m} \dots \dots \dots \text{Vérifiée} \end{aligned}$$

• **Vérification des contraintes sous le radier**

D'après les différents essais réalisés in-situ et en laboratoire, nous avons la contrainte de sol $\sigma_{sol} = 2,0 \text{ bars}$.

Les contraintes du sol sont données par :

a. Sollicitation du premier genre

A L'ELS :

$$\sigma_{ser} = \frac{N_{ser}}{S_{rad}} = \frac{72442,16}{942,51} = 76,86 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{ser} = 76,86 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{sol} = 200 \text{ kN/m}^2 \dots \dots \dots \text{Vérifiée}$$

b. Sollicitation du second genre

On doit vérifier les contraintes sous le radier ($\sigma_1 ; \sigma_2$)

Avec :

$$\sigma_1 = \frac{N}{S_{rad}} + \frac{M_{ren}}{I_y} X_G$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{S_{rad}} + \frac{M_{ren}}{I_x} Y_G$$

On vérifie que :

- σ_1 Ne doit pas dépasser $1,5 \sigma_{sol}$.
- σ_2 Reste toujours positive pour éviter des tractions sous le radier.
- $\sigma_m \left(\frac{L}{4} \right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4}$ reste toujours inférieur à $1,33 \sigma_{sol}$.

A L'ELU :

- $N_u = 1,35G + 1,5Q = 100361,31 \text{ kN}$
- M_{ren} : Moment de renversement.

Tableau IX. 6 : Contrainte sous le radier à l'ELU

	σ_1 (kN/m^2)	σ_2 (kN/m^2)	$\sigma_m \left(\frac{L}{4} \right)$ (kN/m^2)
Sens x-x	132,21	175,67	143,07
Sens y-y	116,61	133,72	120,88
Vérification	$\sigma_1^{max} < 1,5 \sigma_{sol} = 300$	$\sigma_2^{min} > 0$	$\sigma \left(\frac{L}{4} \right) < 1,33 \sigma_{sol} = 266$

A L'ELS:

- $N_s = G + Q = 91813,36 \text{ kN}$
- M : Moment de renversement.

Tableau IX.7 : Contrainte sous le radier à l'ELS

	σ_1 (kN/m ²)	σ_2 (kN/m ²)	$\sigma\left(\frac{L}{4}\right)$ (kN/m ²)
Sens x-x	93,20	136,66	104,06
Sens y-y	77,60	94,71	81,87
Vérification	$\sigma_1^{max} < 1,5 \sigma_{sol} = 300$	$\sigma_2^{min} > 0$	$\sigma\left(\frac{L}{4}\right) < 1,33 \sigma_{sol} = 266$

- Conclusion**

Les contraintes sont vérifiées dans les deux sens, donc pas de risque de renversement.

IX.4.2.2.2 Ferrailage de radier

- ELU : $q_u = \sigma\left(\frac{L}{4}\right) = 143,07 \text{ kN/m}$
- ELS : $q_{ser} = \sigma\left(\frac{L}{4}\right) = 104,06 \text{ kN/m}$

IX.4.2.2.2.1 Ferrailage de la dalle du radier

- Méthode de calcul**

Si $0,4 < \frac{L_x}{L_y} < 1,0 \Rightarrow$ La dalle travaille dans les deux sens, et les moments au centre de

la dalle, pour une largeur unitaire, sont définis comme suit :

$$M_x = \mu_x q L_x^2 \dots \dots \dots \text{sens de la petite portée.}$$

$$M_y = \mu_y M_x \dots \dots \dots \text{sens de la grande portée.}$$

- Panneau de rive

- Moment en travée:

$$M_{tx} = 0,85 M_x$$

$$M_{ty} = 0,85 M_y$$

- Moment sur appuis:

$$Max = May = 0,3Mx \quad (\text{appui de rive})$$

$$Max = May = 0,5Mx \quad (\text{autre appui})$$

- Panneau intermédiaire

- Moment en travée:

$$Mtx = 0,75Mx$$

$$Mty = 0,75My$$

- Moment sur appuis:

$$Max = May = 0,5Mx$$

Si $\frac{L_x}{L_y} < 0,4 \Rightarrow$ La dalle travaille dans un seul sens.

- Moment en travée: $Mt = 0,85M_0$

- Moment sur appuis: $Ma = 0,5M_0$

$$\text{Avec : } M_0 = \frac{ql^2}{8}$$

Tableau IX. 8 : Calcul des moments à l'ELU

- **ELU :** $v = 0$

Lx (m)	Ly (m)	$\frac{Lx}{Ly}$	μx	μy	qu (kN/m)	Mx (kN.m)	Mtx (kN.m)	My (kN.m)	Mty (kN.m)	Ma (kN.m)
5,57	5,84	0,95	0,0410	0,8875	143,07	181,98	154,68	161,50	121,12	304,96

Tableau IX. 9 : Calcul des moments à l'ELS

- **ELS :** $v = 0.2$

Lx (m)	Ly (m)	$\frac{Lx}{Ly}$	μx	μy	qu (kN/m)	Mx (kN.m)	Mtx (kN.m)	My (kN.m)	Mty (kN.m)	Ma (kN.m)
5,57	5,84	0,95	0,0483	0,9236	104,06	155,93	132,54	144,016	108,00	221,81

- **Calcul du ferrailage**

Le ferrailage se calcule avec le moment maximum en travée et sur appuis, en suivant l'organigramme d'une section rectangulaire soumise à la flexion simple.

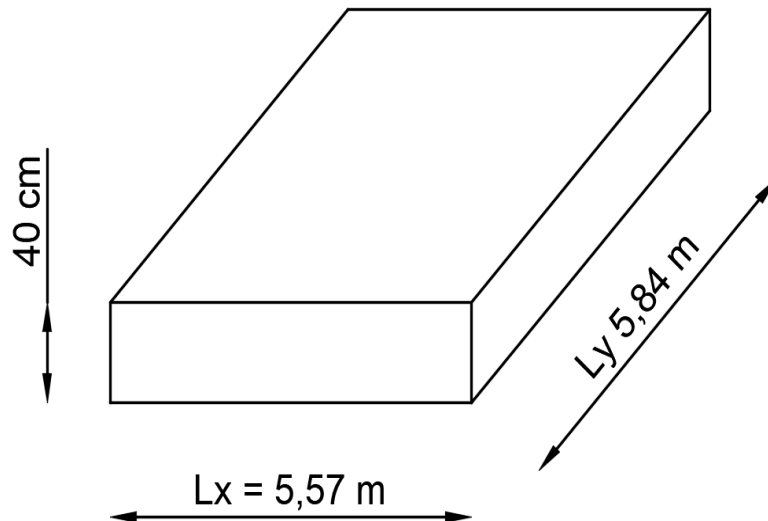


Figure IX. 9 : Schéma du radier

Les données :

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa} ; f_{t28} = 2,1 \text{ MPa} ; f_{bc} = 18,47 \text{ MPa} ; FeE500 ;$$

$$\sigma_s = 200 \text{ MPa} ; b = 100 \text{ cm} ; h = 40 \text{ cm} ; d = 0,9h = 36 \text{ cm}$$

Tableau IX. 10: Ferrailage des panneaux du radier Annexe-10

	Sens	M_u (kN/m^2)	μ	α	Z (cm)	A_s^{cal} (cm^2)	A_{smin} (cm^2)	Choix	A_s^{adp} (cm^2)
Travée	x-x	154,68	0,083	0,10	34,42	10,36	3,84	8HA14	12,31
	y-y	121,12	0,065	0,085	34,77	8,04	3,2	6HA14	9,24
Appuis	x-x	221,81	0,127	0,16	33,68	15,21	3,84	6HA20	18,85
	y-y								

- Sens y-y : $0,08\% bh = 3,2 \text{ cm}^2$
- Sens x-x : $A_{smin} = 1,2 (A_{smin} \text{ suivant } y - y) = 3,84 \text{ cm}^2$

- **Espacement**

- En Travée

Sens x-x : $esp = \frac{100}{8} = 12,5 \text{ cm} < \text{Min}\left(\frac{3h}{33\text{cm}}\right) = 33\text{cm} \dots \dots \dots \text{Vérifié}$

Sens y-y : $esp = \frac{100}{6} = 16,66\text{cm} < \text{Min}\left(\frac{4h}{45\text{cm}}\right) = 45\text{cm} \dots \dots \dots \text{Vérifié}$

On prend : $esp = 15\text{cm}$

- En Appuis

Sens x-x et y-y : $esp = \frac{100}{6} = 16,66 \text{ cm} < \text{Min}\left(\frac{3h}{33\text{cm}}\right) = 33\text{cm} \dots \dots \dots \text{Vérifié}$

On prend : $esp = 15\text{cm}$

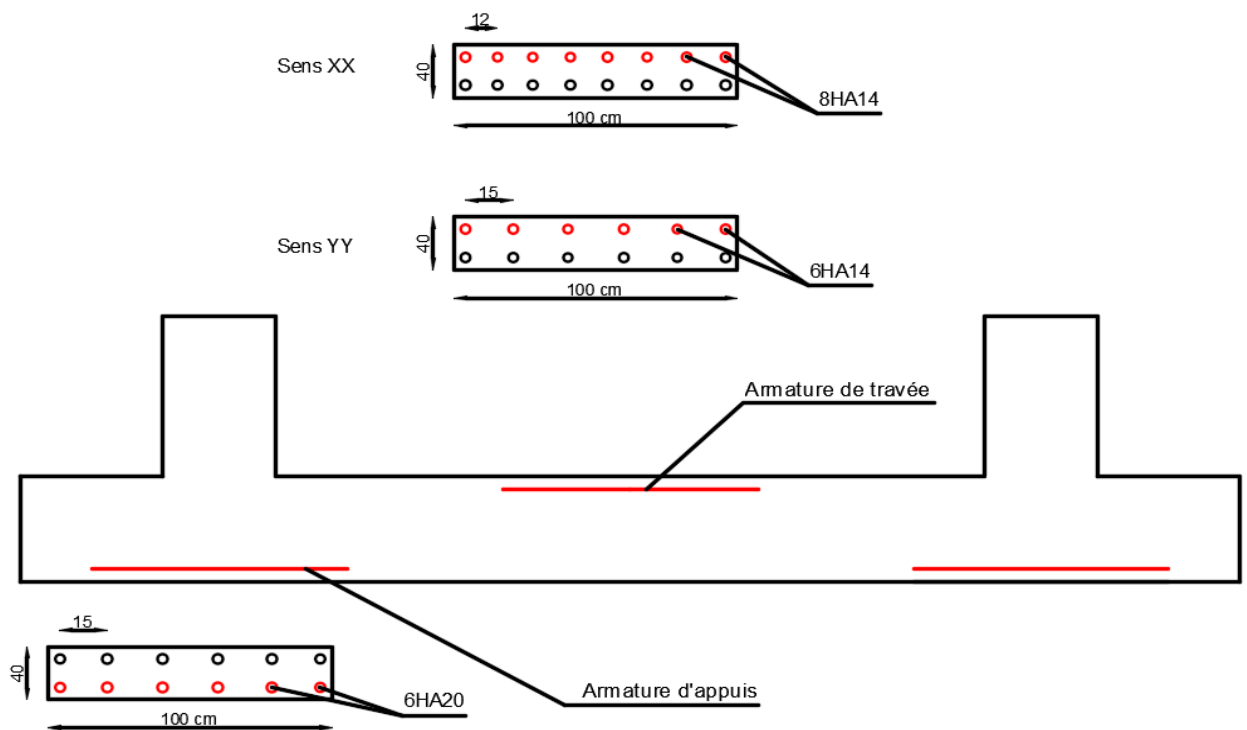


Figure IX 10 : Schéma de ferrailage du radier

- **Vérification nécessaire**

- **Condition de non fragilité**

$$h = 40 \text{ cm}; b = 100 \text{ cm}$$

$$A_{s \min} = 0,23 bd \frac{f_{t28}}{f_e} = 5,43 \text{ cm}^2 < 14,19 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots \text{Vérifiée}$$

- **Vérification des contraintes à l'ELS**

On doit vérifier que :

$$\begin{cases} \sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc} \\ \sigma_s \leq \bar{\sigma}_s \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I} y \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 15 MPa \\ \sigma_s = n \frac{M_{ser}}{I} (d - y) \leq \bar{\sigma}_s = \min \left(\frac{2}{3} f_e, \max \left(\frac{240}{110 \sqrt{\eta f_{tj}}} \right) \right) = 240 MPa \end{cases}$$

• **Position de l'axe neutre & Moment d'inertie**

On suppose que l'axe neutre se trouve dans la table de compression :

alors : $\frac{b}{2} y'^2 + n A'_s (y' - c') - n A_s (d - y') = 0$ (Cas d'une section rectangulaire)

y' : est la solution de l'équation de deuxième degré puis on calcule le moment d'inertie

$$\Delta = b^2 - 4ac \text{ avec } \begin{cases} a = \frac{b}{2} \\ b = n \cdot A'_s + n \cdot A_s \\ c = n(c' \cdot A'_s + d \cdot A_s) \end{cases}$$

$$\text{Les racines sont : } y'_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$I = \frac{b}{3} y'^3 + n A_s (y' - c')^2 + n A_s (d - y')^2$$

Avec :

$$n = \frac{E_s}{E_b} = 15$$

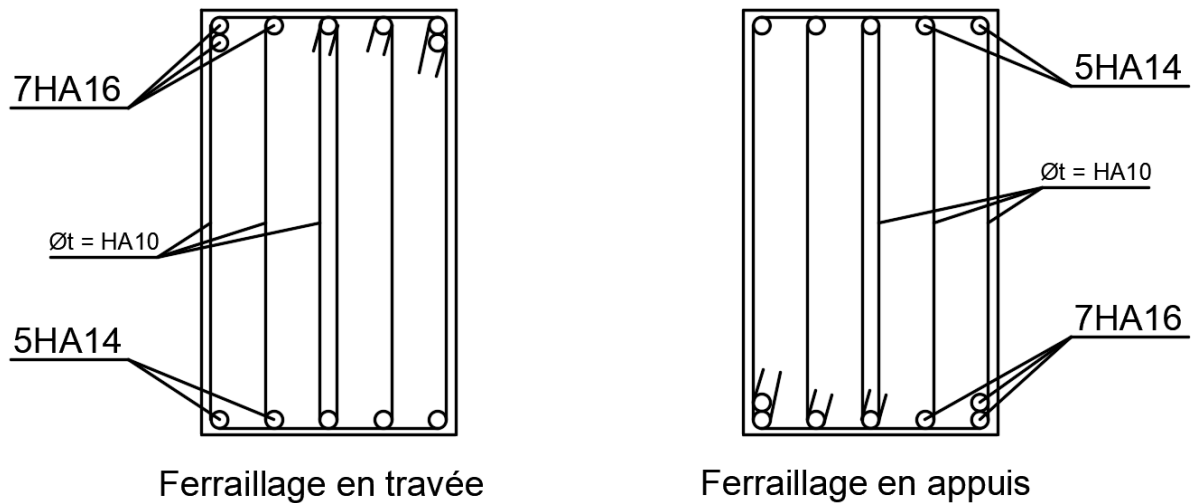


Figure IX.11 : Schéma de ferrailage des nervures Annexe-10

- **Vérification nécessaire**

- **Condition de non fragilité :**

$$h = 100 \text{ cm}; b = 60 \text{ cm}$$

$$A_{s \min} = 0,23 bd \frac{f_{t28}}{f_e} = 12,42 \text{ cm}^2 < 25,13 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots \text{Vérifiée}$$

- **Vérification des contraintes à l'ELS :**

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IX. 11: Vérification des contraintes à l'ELS. Annexe-09

	Sens	M_{ser} (kN.m)	A_s (cm ²)	Y (cm)	σ_{bc} (MPa)	$\bar{\sigma}_{bc}$ (MPa)	Obs	σ_s (MPa)	$\bar{\sigma}_s$ (MPa)	Obs
Travée	x-x	377,07	14,07	99,15	0,22	15	Ok	0,028	240	Ok
	y-y	343,01	14,07	99,15	0,20	15	Ok	0,025	240	Ok
Appuis	x-x	221,81	7,70	98,64	0,13	15	Ok	0,030	240	Ok
	y-y	201,75	7,70	98,46	0,11	15	Ok	0,027	240	Ok

- **Vérification de la contrainte tangentielle du béton :**

On doit vérifier que : $\tau_u < \bar{\tau}_u = \min(0,1f_{c28} ; 4 \text{ MPa}) = 2,5 \text{ MPa}$

Avec :

$$\tau_u = \frac{T_u}{bd}$$

$$T_u = \frac{P_u L}{2} = \frac{143,07 \times 5,84}{2} = 417,76 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{417,76 \times 10^3}{600 \times 900} = 0,77 < \bar{\tau}_u = 2,5 \text{ MPa} \dots \dots \dots \text{Vérifiée}$$

Armatures transversales

- BAEL 91 modifié 99 :

$$* \frac{A_t}{b_0 S_t} \geq \frac{\tau_u - 0,3 f_{tj} K}{0,8 f_e} \quad (K = 1 \text{ pas de reprise de bétonnage})$$

$$* S_t \leq \text{Min}(0,9d; 40\text{cm}) = 40\text{cm}$$

$$* \frac{A_t f_e}{b_0 S_t} \geq \text{Max}\left(\frac{\tau_u}{2}; 0,4\text{MPa}\right) = 0,38\text{MPa}$$

$$A_t = 1,82 \text{ cm}^2$$

- RPA2024 : (Art 7.7 page 114)

$$* \frac{A_t}{S_t} \geq 0,003b_0$$

$$* S_t \leq \text{Min}\left(\frac{h}{4}; 12\phi_l\right) = 24\text{cm} \dots \dots \dots \text{Zone nodale}$$

$$* S_t \leq \frac{h}{2} = 50\text{cm} \dots \dots \dots \text{Zone courante}$$

Les conditions limite : (bael A.4.6)

$$\phi_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10}; \phi_l\right) = 2 \text{ cm}^2$$

avec

$$f_e = 500\text{MPa} ; \tau_u = 0,77\text{MPa} ; f_{t28} = 2,4\text{MPa} ; b = 60\text{cm} ; d = 90\text{cm}$$

$$A_t \geq 5,50\text{cm}^2$$

On prend : 7T10 = 5,50 cm²

Chaque un mètre linéaire 7 cadre d'armature transversal

On rend l'espacement suivant :

St = 12 cm Zone nodale Selon (RPA 2024 Art 7.5.2 page 110)

St = 50 cm Zone courante

IX.4.3 Calcul ferrailage du poteau

Dans ce cas on prend le poteau plus sollicité pour faire le ferrailage

IX.4.3.1 Les données de calcul

- Hauteur de sous-sol : H = 4,5 m
- Résistance du béton : $f_{ck} = 25$ MPa
- Résistance de l'acier : $f_y = 500$ MPa (Fe500)
- Section du poteau : 120 cm × 120 cm
- Charge axiale ultime : $N_u = 5972,34$ kN

$$N_u = \sigma_s \times A_s + \sigma_c \times (A_c - A_s)$$

- $\sigma_c = f_{cd} = 16.67$ MPa
- $\sigma_s = f_{yd} = 500 / 1.15 = 434.78$ MPa
- $A_c = 1.44 \text{ m}^2 = 1\,440\,000 \text{ mm}^2$
- $N_u = 5\,972\,340 \text{ N}$

$$A_s = \frac{(5\,900\,000 - 16.67 \times 1\,440\,000)}{(434.78 - 16.67)}$$

$$A_s = -43,28 \text{ cm}^2$$

Résultat négatif : Béton travail seul alors on prend A_s min dans le choix de ferrailage

$$A_{s\min} = 1\% (a \times b) \quad \text{RPA2024 Page 109}$$

$$A_{s\min} = 1\% (120 \times 120)$$

$$A_{s\min} = 144 \text{ cm}^2$$

Choix de ferrailage 20HA25 + 20HA20

$$A_s = 161 \text{ cm}^2$$

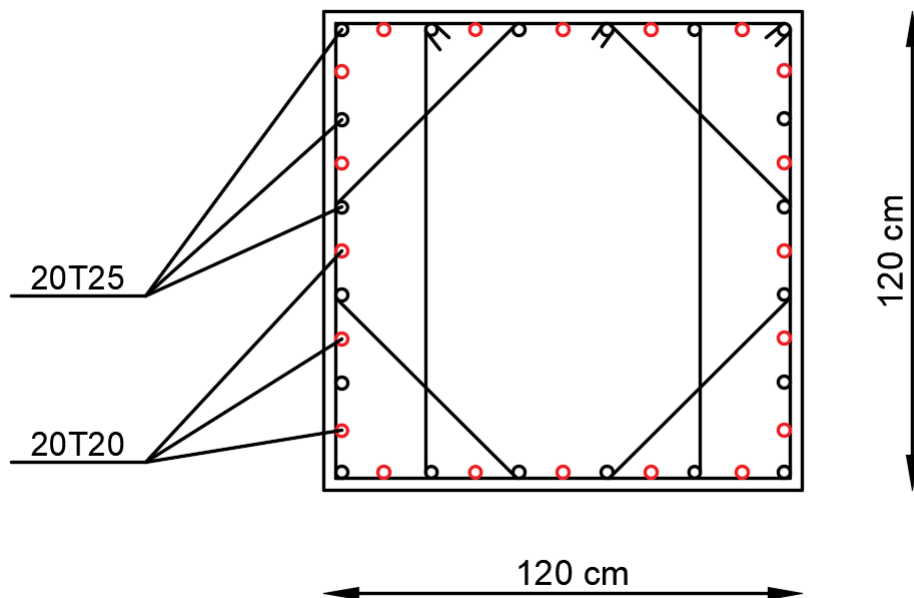


Figure IX .12: Schéma de ferrailage du poteau

Conclusion

Les semelles isolées et filantes n'ont pas été retenues, car elles ne satisfont pas les vérifications vis-à-vis des contraintes admissibles du sol. Pour assurer une bonne répartition des charges et garantir la stabilité de la structure, la solution de fondation par **radier général** a été adoptée.



CHAPITRE X

L'exploitation du rapport de sol

X.1 L'exploitation du rapport de sol

X.1.1 Résumé

L'étude de sol est de fournir des informations techniques précises sur les caractéristiques du terrain afin de concevoir et dimensionner correctement les fondations et autres éléments en contact avec le sol.

Cette opération qui passe par des essais sur le sol, dans notre rapport les essais utilisés est :

- L'essai de sondage carotté
- L'essai de pénétromètre dynamique
- Les essais de laboratoire (Granulométrie / Limite d'atterberg)

X.1.2 Généralité sur le sol

Dans notre projet le type de sol est **limono-sableuse** ce type de sol composé principalement de limon et de sable, avec des proportions variables entre ces deux éléments.

- **Limon** : particules très fines (entre les argiles et les sables), non plastiques, douces au toucher, pouvant retenir l'eau.
- **Sable** : particules plus grossières, granuleuses, peu cohésives, avec une bonne perméabilité.

X.1.3 Les coupes lithologiques

Les cinq sondages carottés ont été réalisés dans le but de décrire la nature du sol en place et de récupérer des échantillons pour des essais au laboratoire.

La description visuelle des carottes, révèle que le terrain est constitué par une couche superficielle de terre végétale (de 0.20 d'épaisseur) qui repose sur une couche limono-sableuse rougeâtre (0.80 à 2m d'épaisseur), le tout repose sur une formation calcaro-gréseuse jaunâtre (tuf) révélé sur toute la profondeur du sondage.

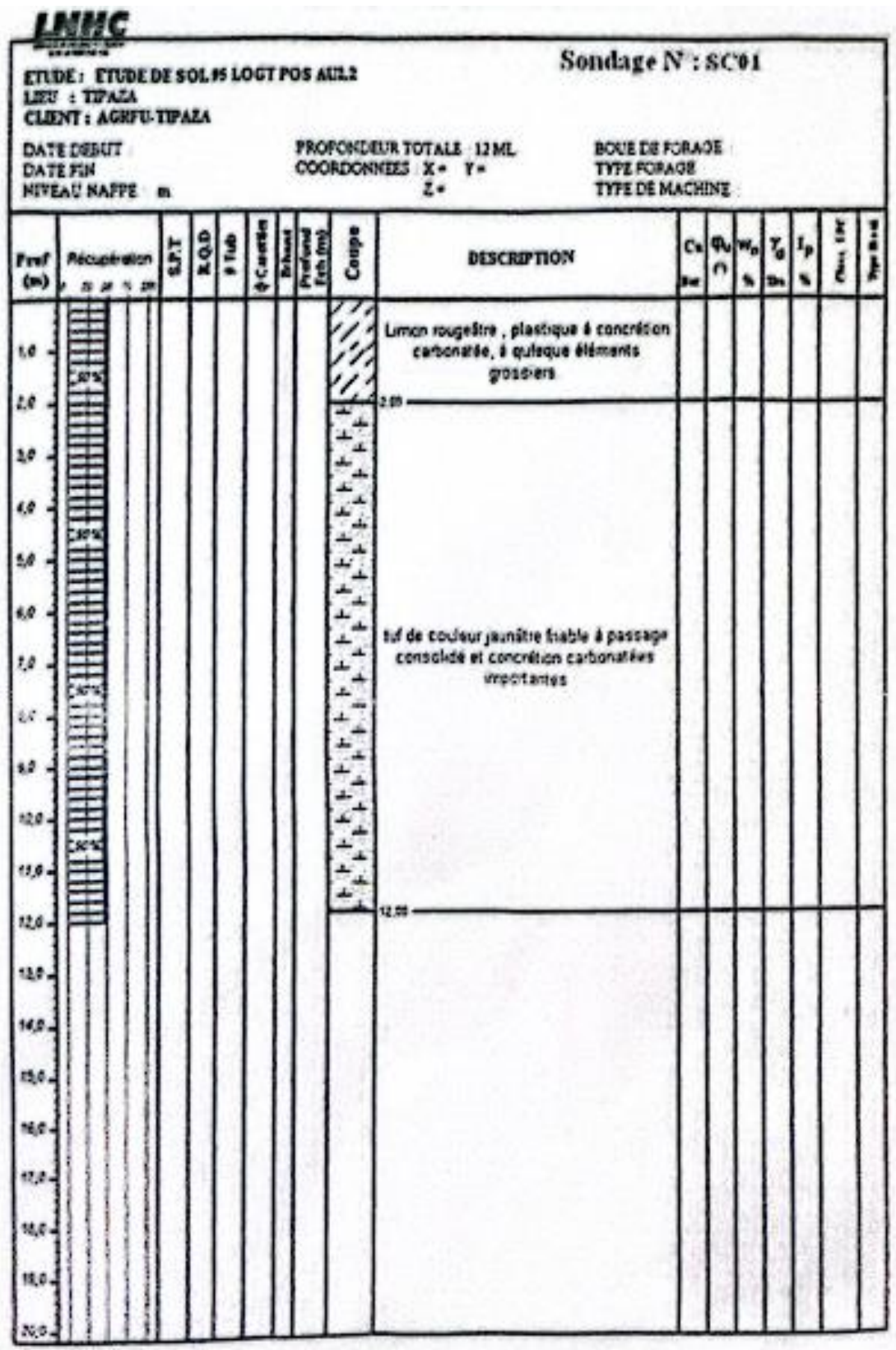


Figure XI.1 : Coupe lithologique SC01

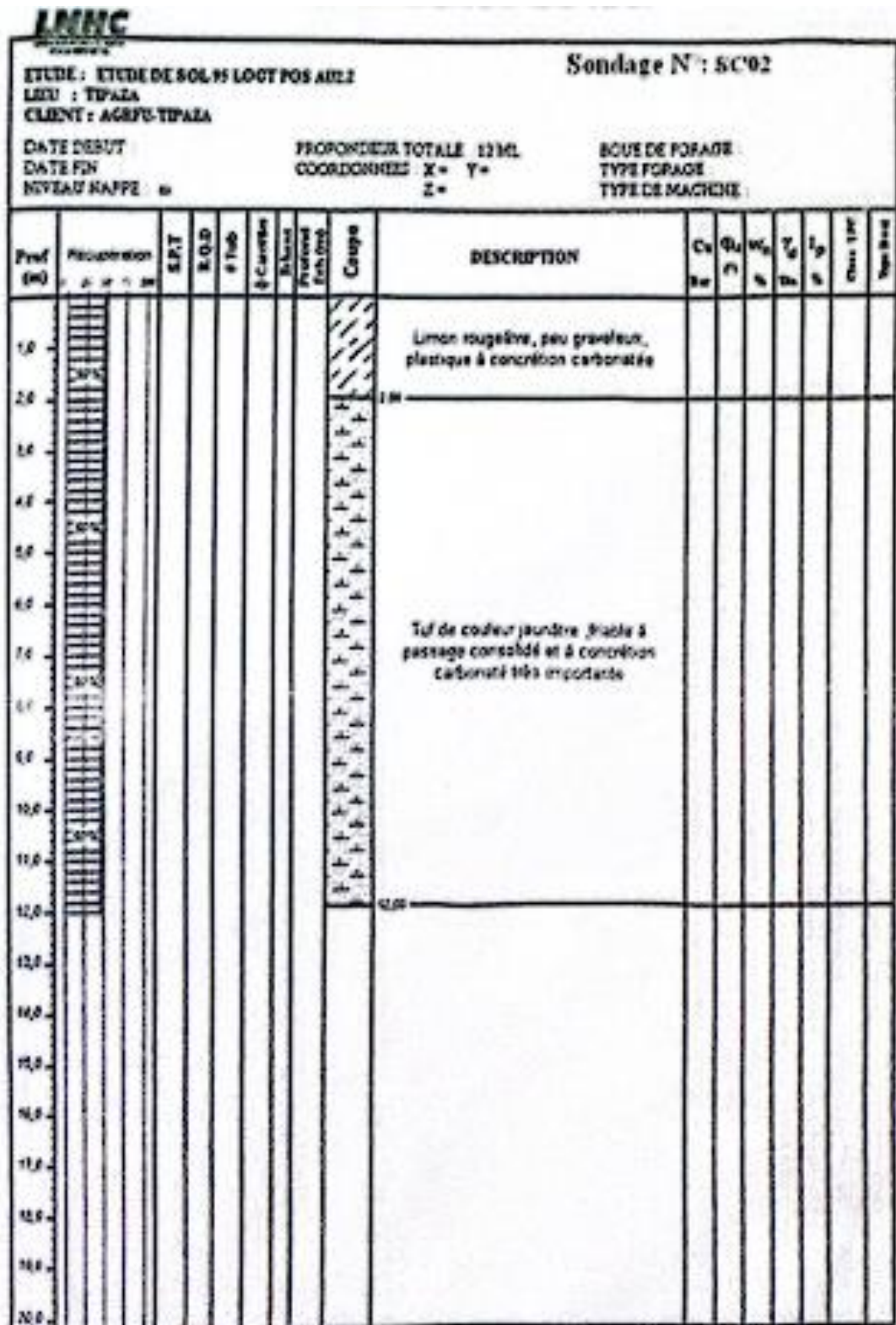


Figure XI.2 : Coupe lithologique SC02

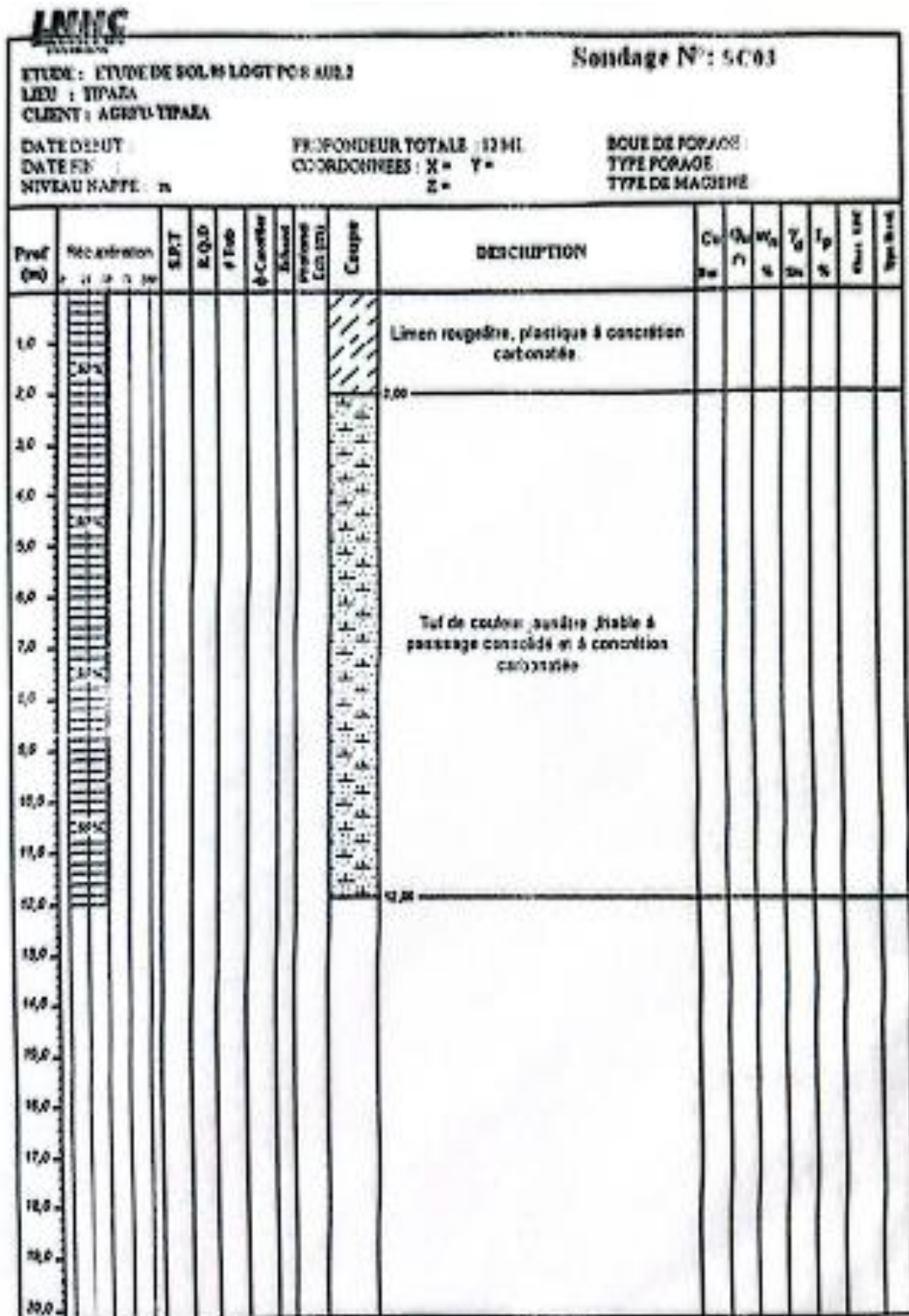


Figure XI.3 : Coupe lithologique SC03

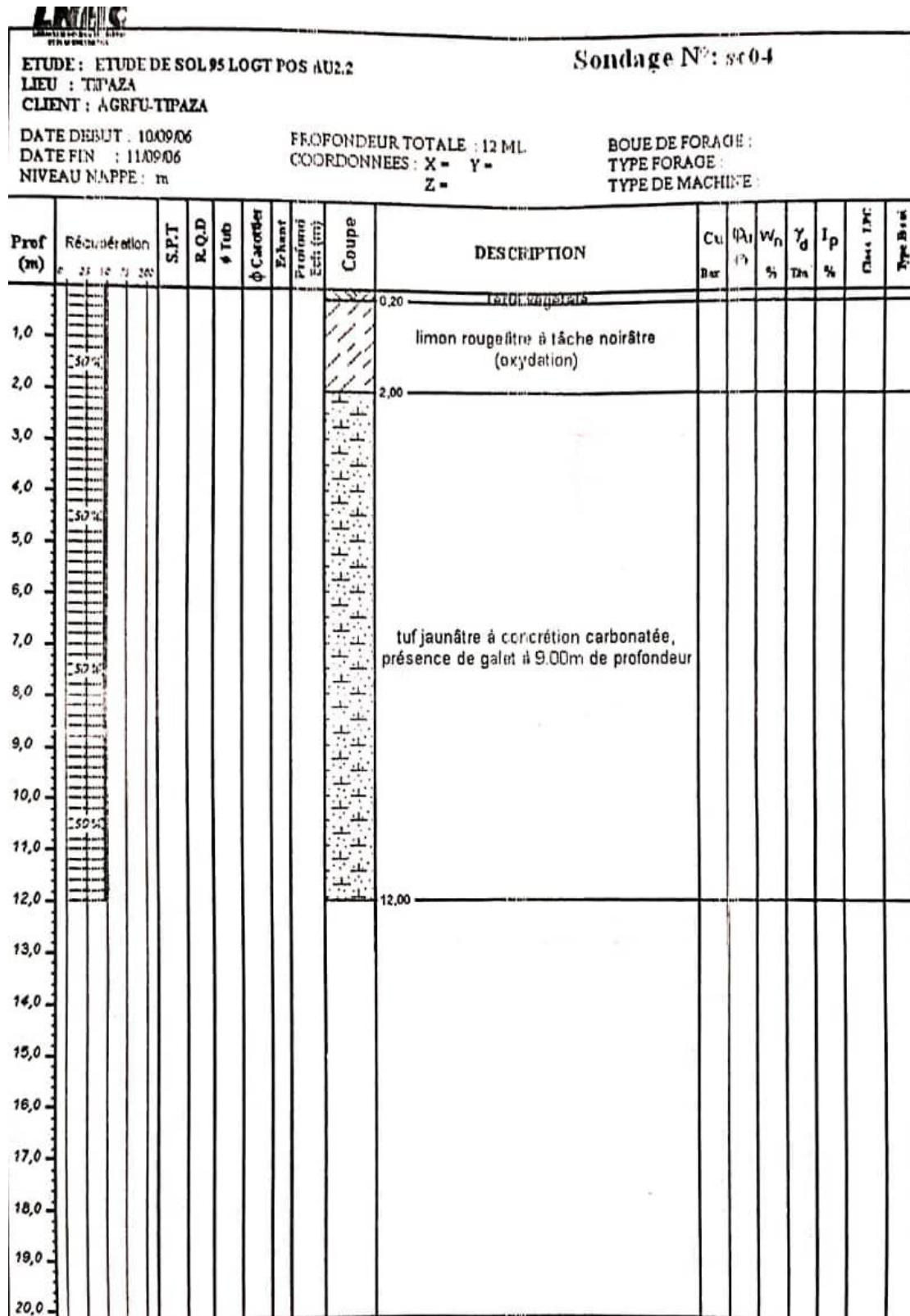


Figure XI.4 : Coupe lithologique SC04

X.4 Résultat des essais

X.1.4.1 Les résultats de pénétromètre dynamique

De l'allure des pénétrogrammes obtenus par les essais de pénétration dynamique lourd (PDL) réalisés ;

il ressort que les valeurs de la résistance en pointe (R_p) sont généralement supérieures à 50 bar dès le premier mètre de profondeur au contact de la formation limono-sableuse ce qui dénote un sol de bonne portance.

D'une manière générale les refus ont été enregistrés dans la tranche de profondeur allant de 1.00 à 2.80m.

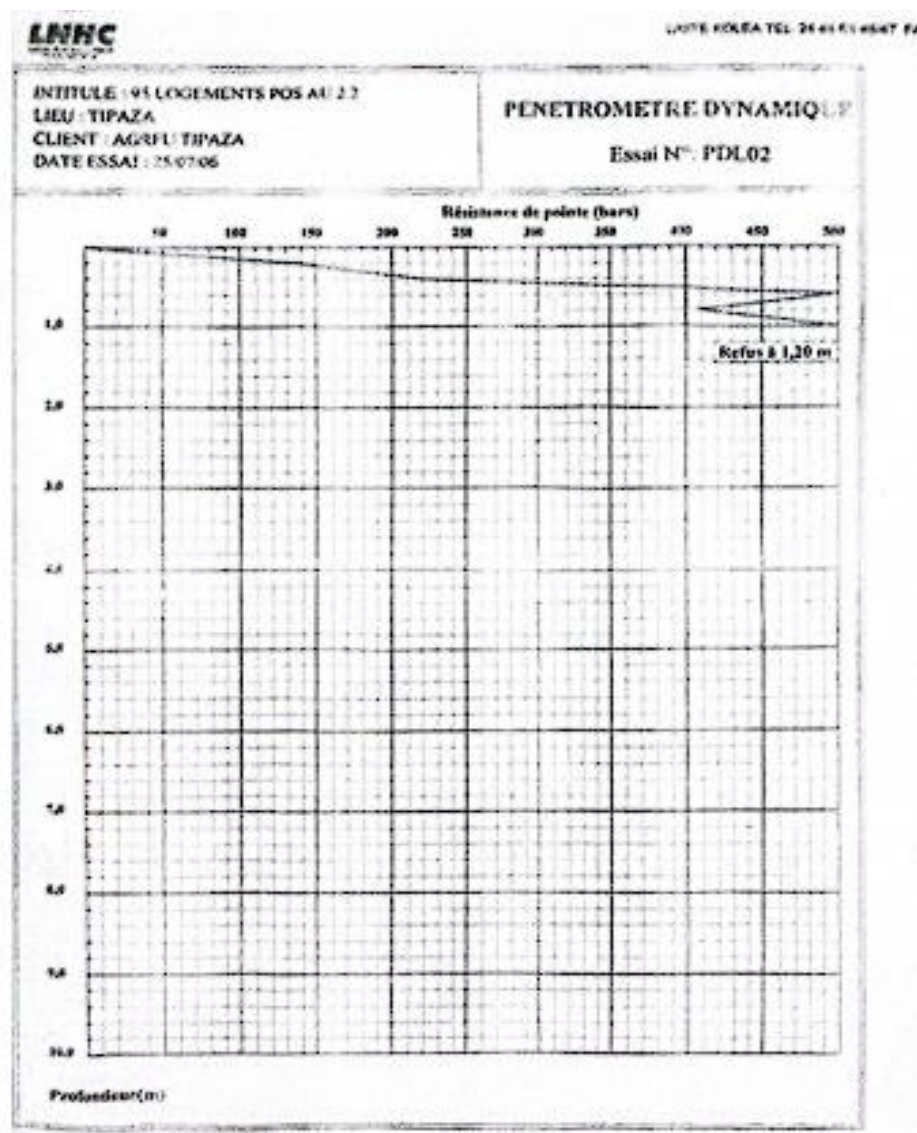


Figure XI.5 : Essais pénétromètre dynamique PDL02

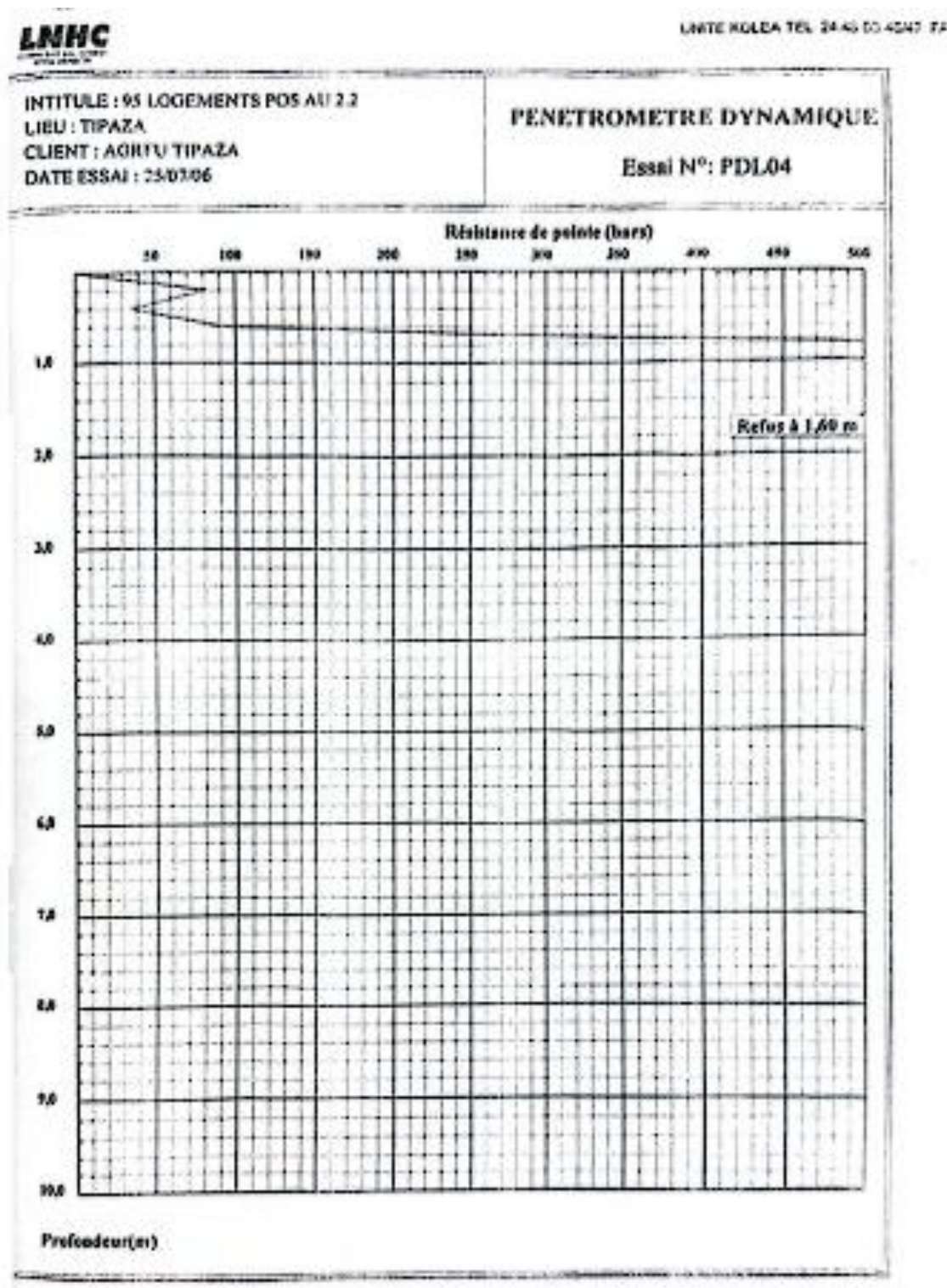


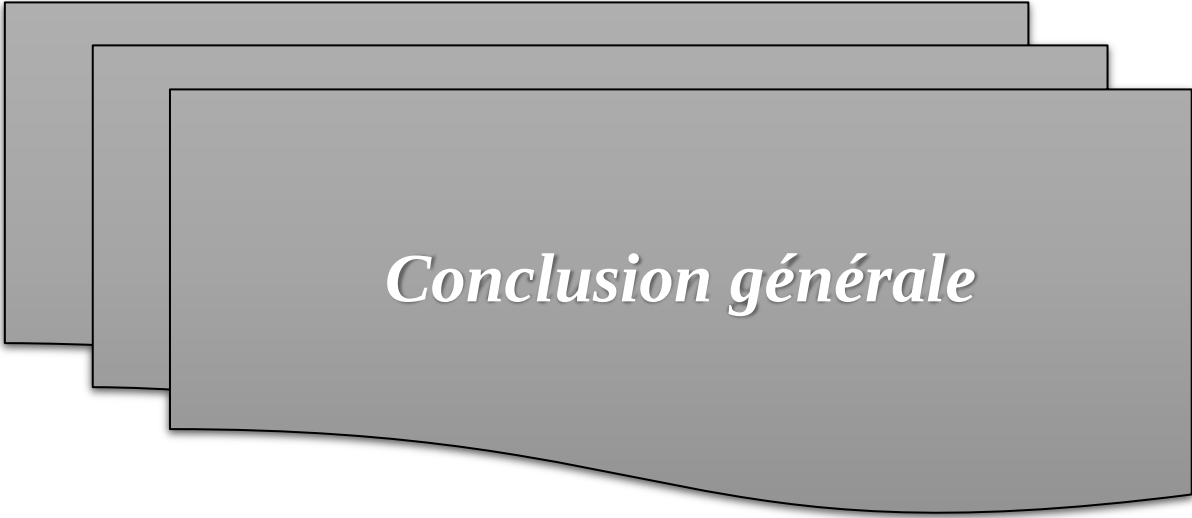
Figure XI.6 : Essais pénétromètre dynamique PDL04

X.1.4.2 Les résultats de sondage carotté

Le terrain est constitué par une couche superficielle de terre végétale (de 0.20 d'épaisseur) qui repose sur une couche limono-sableuse rougeâtre (0.80 à 2m d'épaisseur), le tout repose sur une formation calcaro-gréseuse jaunâtre (tuf) révélé sur toute la profondeur du sondage.

X.1.5 Conclusion

Compte tenu de la nature de sol, ainsi que des résultats des essais in-situ, la contrainte admissible retenue est de 2 bar pour des fondations superficielles ancrées à $D = 1.5\text{m}$ de profondeur à partir de terrain naturel dans la fondation limono-sableuse



Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude de ce bâtiment à usage multiple en charpente métallique (R+12 avec sous-sol) nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de notre formation. Nous avons ainsi abordé de manière concrète les différentes étapes d'une étude complète de structure : de l'analyse des besoins jusqu'au dimensionnement des éléments porteurs, en passant par la prise en compte des sollicitations climatiques et sismiques.

Travailler sur un projet réel nous a offert une meilleure compréhension des particularités de la charpente métallique, notamment en matière de modélisation, de choix des profils, de vérification des assemblages et de stabilité globale de l'ouvrage. Ce projet nous a également permis de mieux appréhender les exigences techniques, économiques et réglementaires auxquelles un ingénieur en génie civil doit répondre dans un cadre professionnel.

L'utilisation combinée des approches manuelles et des logiciels professionnels (tels que ROBOT et IDEA StatiCa) nous a permis de valider nos conceptions en respectant les normes en vigueur, notamment l'EUROCODE 3 et 4, le RPA 99 version 2024, le CCM 97 et les documents techniques de référence (DTR).

Enfin, cette expérience nous a appris que la réussite d'un projet de structure ne dépend pas uniquement de calculs rigoureux, mais repose également sur la maîtrise des contraintes de terrain, la compréhension des réalités de la mise en œuvre et la capacité à proposer des solutions optimales alliant sécurité, faisabilité et rentabilité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

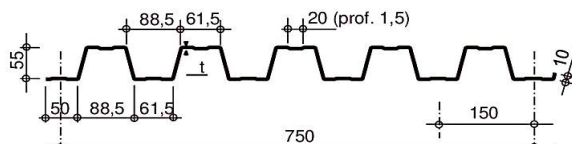
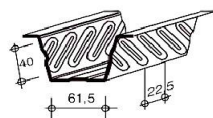
Pour l'élaboration de ce travail nous avons utilisé :

- ✦ Document Technique Réglementaire « D.T.R-BC-22 » : Charge permanente et charge D'exploitation.
- ✦ Document Technique Réglementaire DTR RNV (version2013) « DTR. C- 2-4.7 » ; Règlement neige et vent
- ✦ EUROCODE 3 : Calcul des éléments de constructions métalliques.
- ✦ EUROCODE 4 : Partie 1 : Conception et dimensionnement des structures mixtes Acier-béton.
- ✦ Document Technique Réglementaire « D.T.R.B.C.2.48 » « RPA99version 2003 » : Règles Parasismique Algériennes.
- ✦ BAEL91 : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et des constructions en béton armé aux états limitent 91 modifié99.
- ✦ Document Technique Réglementaire « D.T.R-BC-2-44 » « CCM97 » : Règles de Conception et de Calcul des Structures en Acier Centre de Recherche Appliquée en Génie Parasismique, Alger.
- ✦ Cours charpente métallique (Master 1) : « Mr. B. MENADI »
- ✦ Recherche Internet : Images, cours des autres universités.
- ✦ C.B.A.93, règles de conception et de calcul des structures en béton armé.
- ✦ Université Saad Dahleb de Blida, guide de rédaction d'un projet de fin d'études.

Annexes

HI-BOND 55.750

Certificat CSTBat



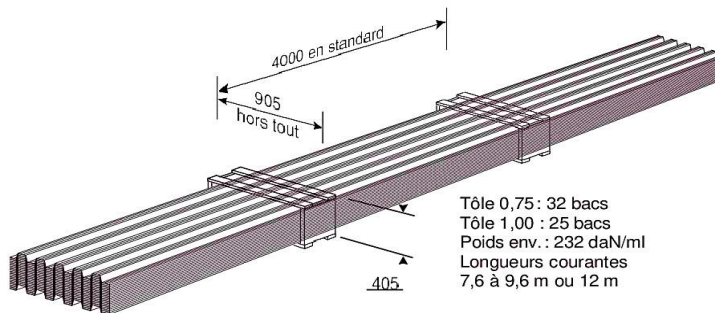
Nota : Commander des profils sans raidisseurs en fonds des nervures dans le cas de solives avec connecteurs sous le nom HI-BOND 55.750 C.

Identification

Epaisseur t en mm	Masse en kg/m ²
0,75	9,56
0,88	11,23
1,00	12,83
1,20	15,30

Manutention - Emballage

Epaisseur t en mm	Masse en kg/m ²
0,75	6,97
0,88	8,18
1,00	9,30
1,20	11,16



Tôle 0,75 : 32 bacs
Tôle 1,00 : 25 bacs
Poids env. : 232 daN/ml
Longueurs courantes
7,6 à 9,6 m ou 12 m

Valeurs de calcul

Epaisseur t en mm	Epaisseur acier en mm	Aire d'acier en cm ² /m	Position fibre neutre v ₁ en cm	v ₂ en cm	Mt d'inertie i en cm ⁴	Modules de résistance i/v ₁	i/v ₂
0,75	0,71	11,18	2,75	2,75	57,54	20,92	20,92
0,88	0,84	13,23	2,75	2,75	68,08	24,76	24,76
1,00	0,96	15,12	2,75	2,75	77,80	28,29	28,29
1,20	1,16	18,27	2,75	2,75	94,01	34,19	34,19

PORTÉES ADMISSIBLES AU COULAGE EN MÈTRES

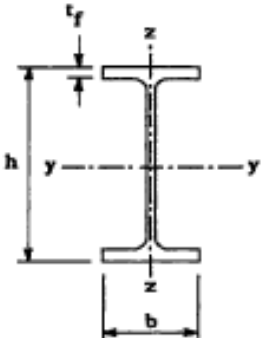
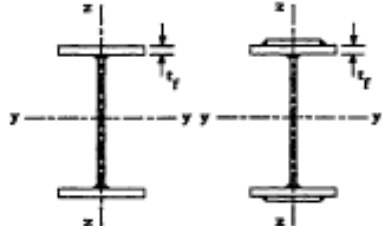
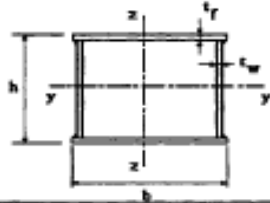
Distances maximales franchissables par la tôle HI-BOND, telles que mesurées selon la figure de la colonne de gauche, admissibles sans étalement, pour chaque épaisseur de plancher, en fonction de l'épaisseur nominale t de la tôle et du nombre de travées couvertes par la tôle, pour une déformation admissible du coffrage de 1/240 ème de la portée. Les colonnes de droite indiquent la distance maximale de part et d'autre d'une file d'étais éventuelle.

Portée de coulage	Epaisseur plancher h (cm)	t = 0,75 mm				t = 0,8 mm				t = 1,0 mm				t = 1,2 mm			
		sans étais		étais		sans étais		étais		sans étais		étais		sans étais		étais	
(acier) Portée = clair + 5 cm	10	2,70	3,60	3,33	3,35	2,85	3,80	3,52	3,63	2,96	3,95	3,66	3,97	3,14	4,18	3,88	4,23
	11	2,60	3,48	3,22	3,15	2,74	3,66	3,39	3,48	2,85	3,81	3,53	3,71	3,02	4,03	3,73	4,06
	12	2,51	3,36	3,11	2,95	2,65	3,54	3,28	3,35	2,76	3,69	3,41	3,57	2,93	3,91	3,62	3,91
	13	2,43	3,26	3,02	2,78	2,57	3,44	3,19	3,18	2,68	3,59	3,32	3,44	2,85	3,81	3,52	3,77
(béton) Portée = clair + 5 cm	14	2,37	3,17	2,94	2,64	2,50	3,34	3,09	3,01	2,61	3,49	3,23	3,33	2,76	3,70	3,42	3,64
	15	2,31	3,10	2,87	2,51	2,44	3,26	3,02	2,86	2,54	3,41	3,15	3,17	2,69	3,61	3,34	3,53
	16	2,25	3,02	2,80	2,39	2,38	3,19	2,95	2,72	2,48	3,33	3,08	3,02	2,63	3,53	3,26	3,43
	17	2,20	2,95	2,73	2,29	2,33	3,12	2,88	2,60	2,43	3,26	3,01	2,89	2,57	3,45	3,19	3,33
(bois) Portée = entraxe	18	2,15	2,89	2,67	2,19	2,28	3,05	2,82	2,49	2,37	3,19	2,95	2,77	2,52	3,38	3,13	3,21
	19	2,12	2,84	2,63	2,11	2,23	3,00	2,77	2,40	2,34	3,13	2,90	2,66	2,48	3,33	3,08	3,08
	20	2,08	2,79	2,58	2,03	2,19	2,94	2,82	2,31	2,29	3,07	2,84	2,56	2,44	3,27	3,02	2,96
	22	2,00	2,69	2,49	1,93	2,11	2,84	2,62	2,15	2,21	2,96	2,74	2,38	2,35	3,15	2,91	2,75
	24	1,94	2,60	2,41	1,85	2,05	2,76	2,55	2,01	2,14	2,88	2,66	2,23	2,27	3,05	2,82	2,58

pour les valeurs en italique, l'éclatement du plancher est supérieur à 36

Ces valeurs maximales conviennent lorsque les arrêts de coulage éventuels sont au droit des supports, aux extrémités des tôles et si toutes les précautions utiles sont prises au moment du coulage pour éviter une surépaisseur de béton même localisée, même temporaire, sur la tôle. En cas contraires, choisir des portées moindres. Fixer les tôles par deux fixations au moins par bac à chaque extrémité.

- Choix de courbe de flambement :

Tableau 5.5.3 Choix de la courbe de flambement correspondant à une section			
Type de Section	limites	axe de flambement	courbe de flambement
Sections en I laminées 	$h / b > 1,2 :$ $t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	a b
	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
	$h / b \leq 1,2 :$ $t_f \leq 100 \text{ mm}$ $t_f > 100 \text{ mm}$	y - y z - z y - y z - z	b c d d
Sections en I soudées 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y - y z - z	c d
Sections creuses 	laminées à chaud	quel qu'il soit	a
	formées à froid - en utilisant $f_{yb} *$	quel qu'il soit	b
	formées à froid - en utilisant $f_{ya} *$	quel qu'il soit	c
Caissons soudés 	d'une manière générale (sauf ci-dessous)	quel qu'il soit	b
	Soudures épaisses et $b / t_f < 30$ $h / t_w < 30$	y - y z - z	c c
Sections en U, L, T et sections pleines 		quel qu'il soit	c
*) Voir 5.5.1.4 (4) et figure 5.5.2			

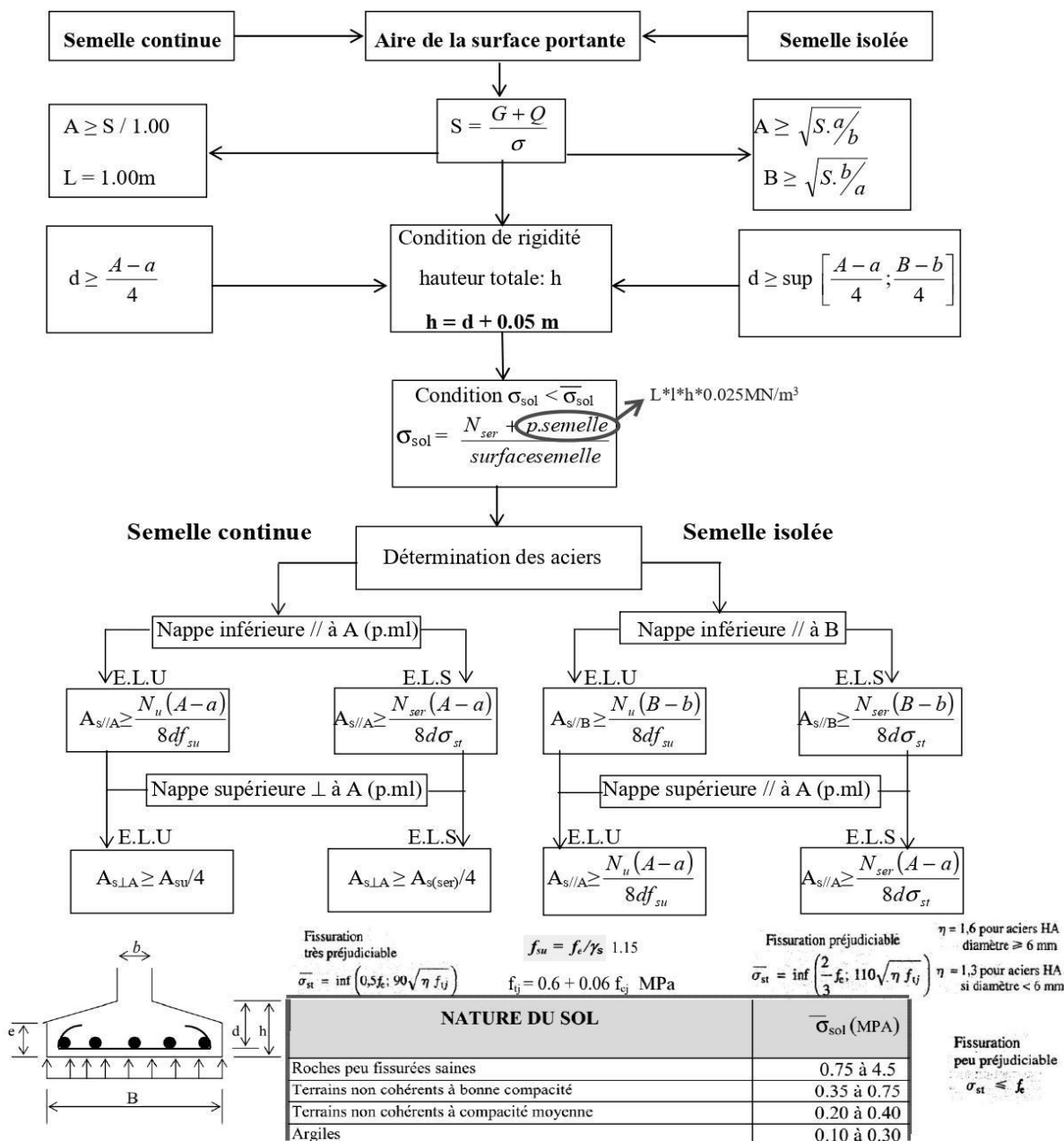
➤ Coefficient de reduction :

Tableau 5.5.2 Coefficients de réduction χ				
$\bar{\lambda}$	Courbe de flambement			
	a	b	c	d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100
0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

➤ Organigramme de semelles de fondation

EL MEHDI DRIOUICH
CALCULE BETON ARMEE
T.S.G.O et T.D.B
SEMELLES DE FONDATION

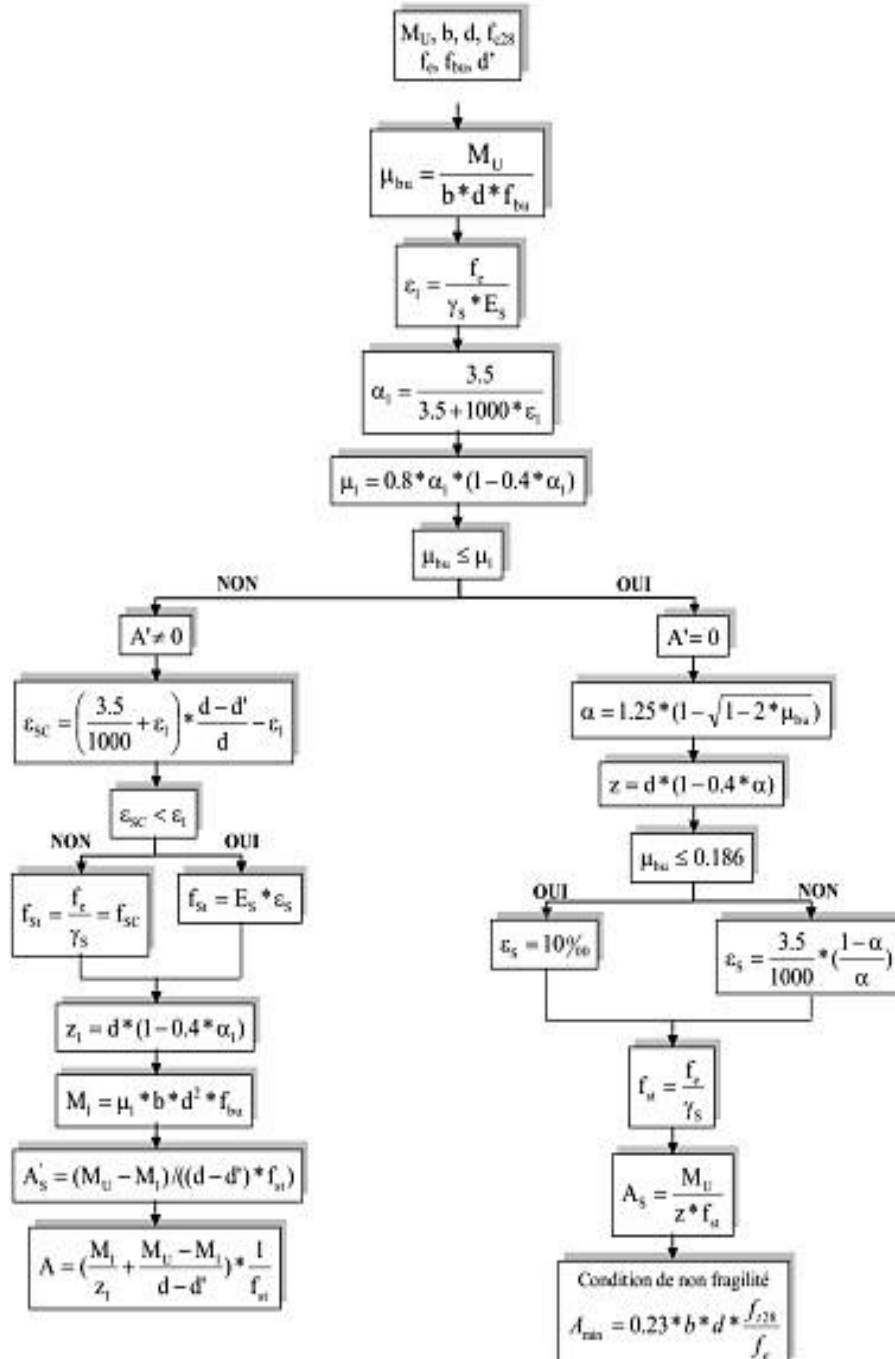
Données :	$N_u = 1.35G + 1.5Q$
Combinaison de base	: N_{ser} ; N_u $1N=10^{-3}KN=10^{-6}MN$
Section de la semelle	: A ; B
Section du poteau	: a ; b
Matériaux	: f_c ; $\bar{\sigma}_{sol}$; $\bar{\sigma}_{st}$ $1Bar=0.1MPa$



➤ Organigramme flexion simple

Flexion simple : Section rectangulaire

Calcul à l'ELU



➤ Tableau de section des armatures (en cm²)

Ø	5	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
1	0,20	0,28	0,50	0,79	1,13	1,54	2,01	3,14	4,91	8,04	12,57
2	0,39	0,57	1,01	1,57	2,26	3,08	4,02	6,28	9,82	16,08	25,13
3	0,59	0,85	1,51	2,36	3,39	4,62	6,03	9,42	14,73	24,13	37,70
4	0,79	1,13	2,01	3,14	4,52	6,16	8,04	12,57	19,64	32,17	50,27
5	0,98	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	15,71	24,54	40,21	62,83
6	1,18	1,70	3,02	4,71	6,79	9,24	12,06	18,85	29,45	48,25	75,40
7	1,37	1,98	3,52	5,50	7,92	10,78	14,07	21,99	34,36	56,30	87,96
8	1,57	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	25,13	39,27	64,34	100,5
9	1,77	2,54	4,52	7,07	10,18	13,85	18,10	28,27	44,18	72,38	113,1
10	1,96	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	31,42	49,09	80,42	125,7
11	2,16	3,11	5,53	8,64	12,44	16,93	22,12	34,56	54,00	88,47	138,2
12	2,36	3,39	6,03	9,42	13,57	18,47	24,13	37,70	58,91	96,51	150,8
13	2,55	3,68	6,53	10,21	14,70	20,01	26,14	40,84	63,81	104,6	163,4
14	2,75	3,96	7,04	11,00	15,83	21,55	28,15	43,98	68,72	112,6	175,9
15	2,95	4,24	7,54	11,78	16,96	23,09	30,16	47,12	73,63	120,6	188,5
16	3,14	4,52	8,04	12,57	18,10	24,63	32,17	50,27	78,54	128,7	201,1
17	3,34	4,81	8,55	13,35	19,23	26,17	34,18	53,41	83,45	136,7	213,6
18	3,53	5,09	9,05	14,14	20,36	27,71	36,19	56,55	88,36	144,8	226,2
19	3,73	5,37	9,55	14,92	21,49	29,25	38,20	59,69	92,27	152,8	238,8
20	3,93	5,65	10,05	15,71	22,62	30,79	40,21	62,83	98,17	160,8	251,3

Assemblage poteau poutre (type 1)

Données du projet

Nom de projet
Numéro du projet
Auteur
Description
Date 05/06/2025
Norme EN

Matériau

Acier S 355, S 275

Élément du projet CON1

Conception

Nom CON1
Description
Analyse Contrainte, déformation/ chargement simplifié

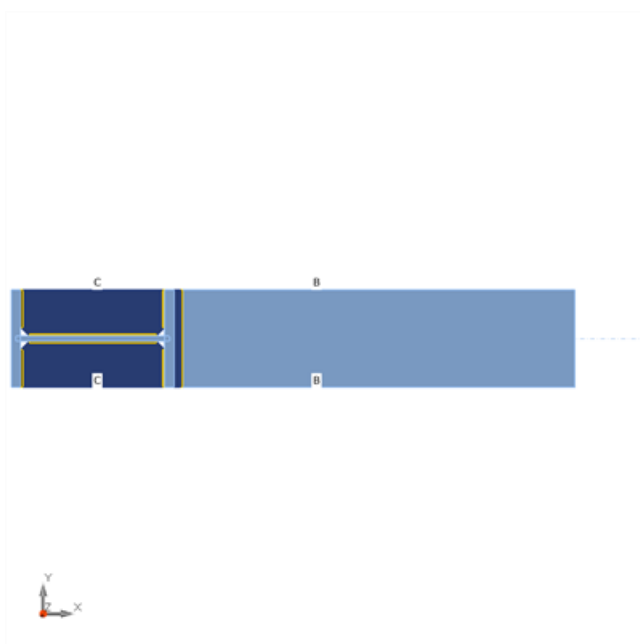
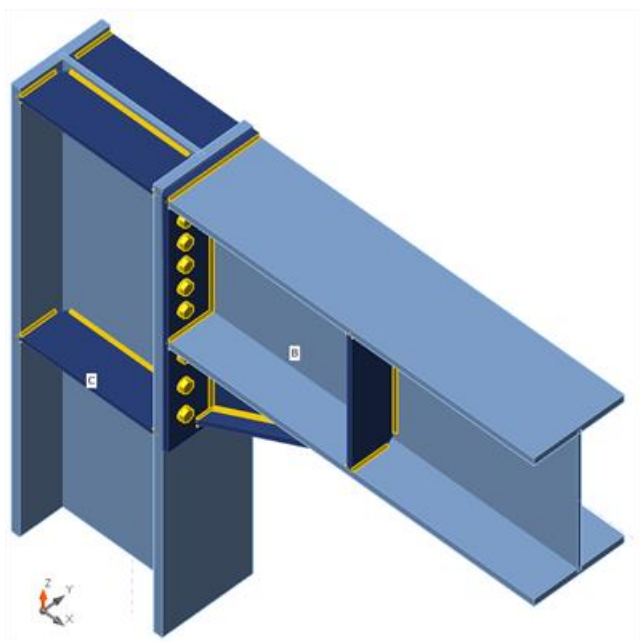
Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
C	4 - HEB500	0,0	90,0	0,0	0	0	0	Nœud
B	3 - HEA500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Nœud

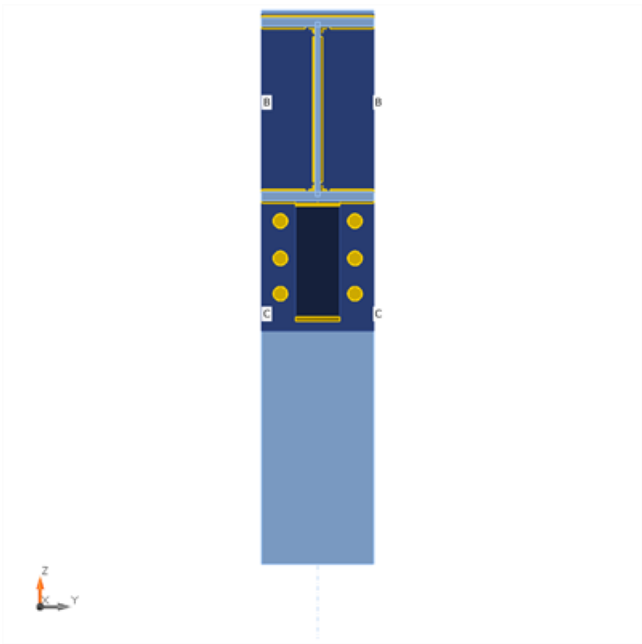
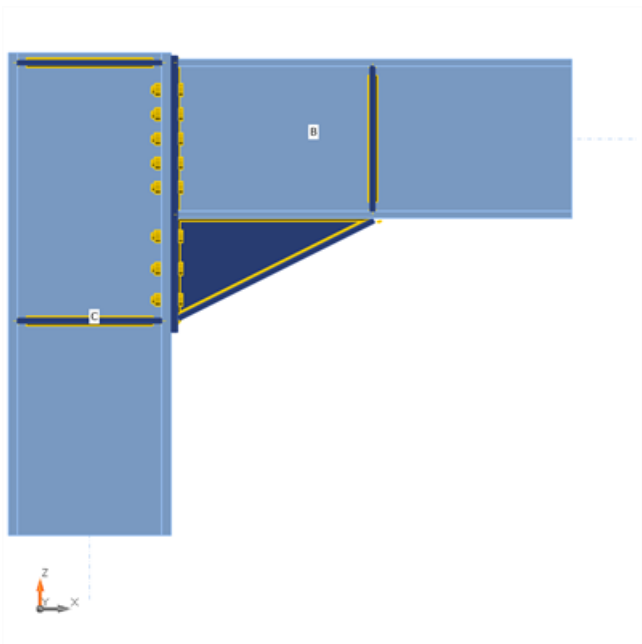
Projet :

Projet N° :

Auteur :



Projet :
Projet N° :
Auteur :



Sections transversales

Nom	Matériau
4 - HEB500	S 275
3 - HEA500	S 275

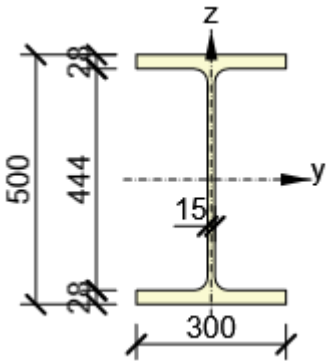
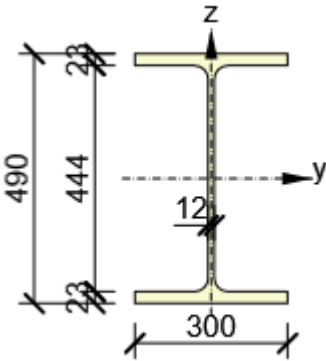
Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin

Projet :

Projet N° :

Auteur :

4 - HEB500	S 275	
3 - HEA500	S 275	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M22 10.9	M22 10.9	22	1000,0	380

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B	0,0	0,0	192,0	0,0	-409,7	0,0

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	0,3 < 5,0%	OK
Boulons	77,0 < 100%	OK
Soudures	98,2 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

Nom	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Résultat
C-bfl 1	28,0	LE1	105,6	0,0	0,0	OK

Projet :

Projet N° :

Auteur :

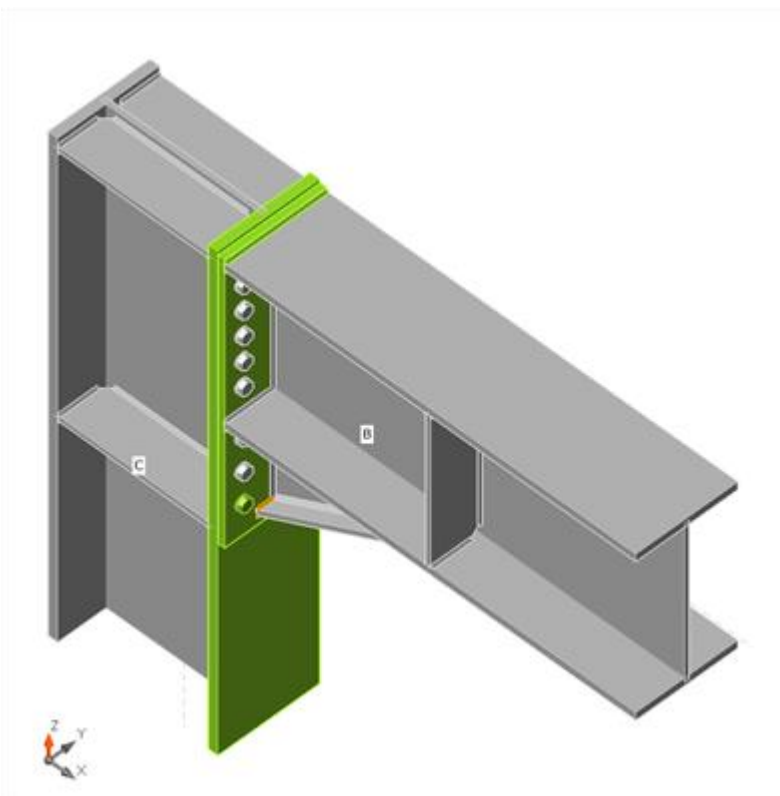
C-tfl 1	28,0	LE1	275,2	0,1	44,2	OK
C-w 1	14,5	LE1	171,7	0,0	0,0	OK
B-bfl 1	23,0	LE1	93,9	0,0	0,0	OK
B-tfl 1	23,0	LE1	103,5	0,0	0,0	OK
B-w 1	12,0	LE1	86,6	0,0	0,0	OK
STIFF1a	15,0	LE1	168,3	0,0	0,0	OK
STIFF1b	15,0	LE1	167,4	0,0	0,0	OK
EP1	20,0	LE1	275,6	0,3	61,7	OK
WID1a	15,0	LE1	124,8	0,0	0,0	OK
WID1b	15,0	LE1	172,5	0,0	0,0	OK
STIFF2a	15,0	LE1	105,3	0,0	0,0	OK
STIFF2b	15,0	LE1	105,5	0,0	0,0	OK
STIFF3a	15,0	LE1	19,1	0,0	0,0	OK
STIFF3b	15,0	LE1	19,0	0,0	0,0	OK

Données de conception

Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

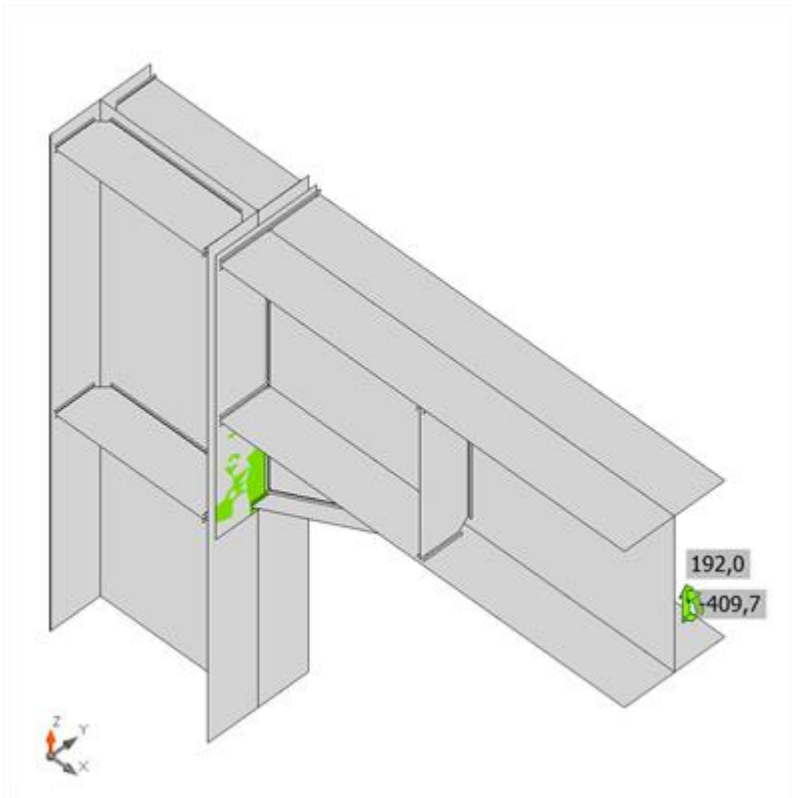
Explication des symboles

- ϵ_{Pl} Déformation
- σ_{Ed} Contrainte éq.
- σ_{cEd} Contrainte de contact
- f_y Limite d'élasticité
- ϵ_{lim} Déformation plastique limite

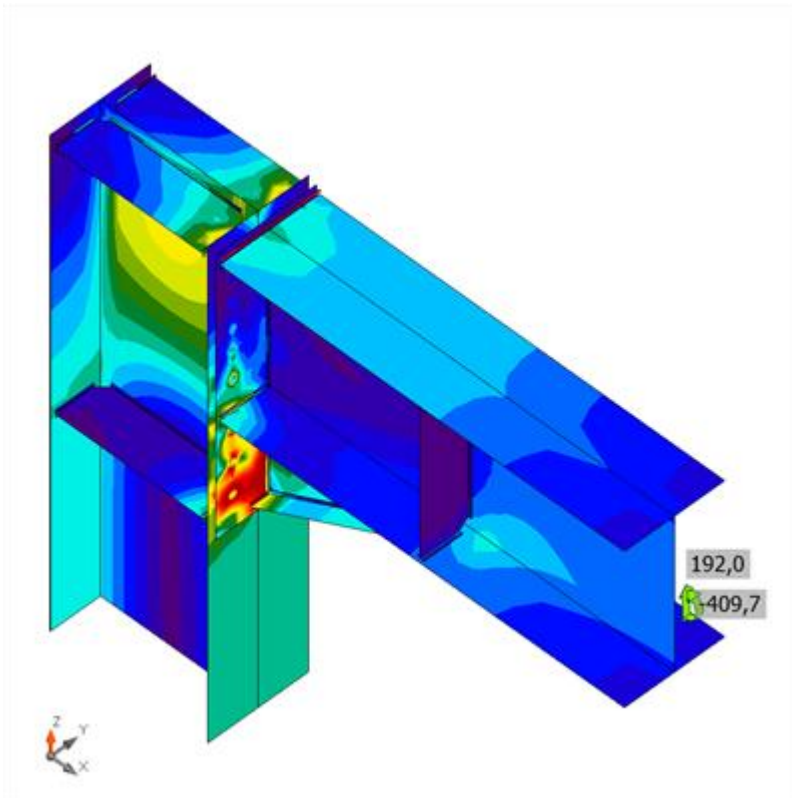


Vérification globale, LE1

Projet :
Projet N° :
Auteur :



Vérification de déformation, LE1



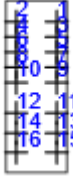
Contrainte équivalente, LE1

Projet :

Projet N° :

Auteur :

Boulons

	Nom	Charges	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _s [%]	U _{ts} [%]	Résultat
	B1	LE1	2,1	3,7	1,0	299,6	3,1	3,7	OK
	B2	LE1	1,9	3,7	0,9	299,6	3,1	3,7	OK
	B3	LE1	4,9	4,1	2,2	299,6	3,4	5,0	OK
	B4	LE1	4,9	4,1	2,3	299,6	3,4	5,0	OK
	B5	LE1	13,0	4,9	6,0	299,6	4,0	8,3	OK
	B6	LE1	13,3	4,9	6,1	299,6	4,1	8,4	OK
	B7	LE1	21,1	6,2	9,7	378,4	5,1	12,0	OK
	B8	LE1	20,8	6,3	9,6	378,4	5,2	12,0	OK
	B9	LE1	59,5	7,6	27,3	378,4	6,2	25,7	OK
	B10	LE1	59,3	7,8	27,2	378,4	6,4	25,8	OK
	B11	LE1	100,2	21,0	45,9	378,4	17,3	50,1	OK
	B12	LE1	100,3	20,9	46,0	378,4	17,3	50,1	OK
	B13	LE1	85,5	25,0	39,2	378,4	20,6	48,6	OK
	B14	LE1	85,6	24,9	39,2	378,4	20,5	48,5	OK
	B15	LE1	165,7	27,1	75,9	369,6	22,4	76,6	OK
	B16	LE1	167,3	26,9	76,7	370,2	22,2	77,0	OK

Données de conception

Nom	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M22 10.9 - 1	218,2	465,1	121,2

Explication des symboles

F _{t,Rd}	Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
F _{t,Ed}	Effort de traction
B _{p,Rd}	Résistance au cisaillement par poinçonnement
V	Résultante des efforts de cisaillement Vy, Vz dans le boulon
F _{v,Rd}	Résistance au cisaillement du boulon EN_1993-1-8 tableau 3.4
F _{b,Rd}	Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4
U _t	Usage en traction
U _s	Utilisation en cisaillement

Résultat détaillé pour B1

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 2,1 \text{ kN}$$

où :

$k_2 = 0,90$	– Facteur
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$A_s = 303 \text{ mm}^2$	– Zone d'effort de traction du boulon
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi e t f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 2,1 \text{ kN}$$

où :

Projet :

Projet N° :

Auteur :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 3,7 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,79$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 3,7 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 1,0 \%$$

Usage en cisaillement

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 3,1 \%$$

Résultat détaillé pour B2

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 1,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\sqrt{3} d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 1,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{-- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,79 && \text{-- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \\ e_2 &= 50 \text{ mm} && \text{-- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ p_2 &= 200 \text{ mm} && \text{-- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \end{aligned}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

– Diamètre du trou du boulon

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 3,7 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 0,9 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 3,1 \%$$

Résultat détaillé pour B3

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{0,6 \pi d_m t_p} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,1 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon

$A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 4,1 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,79$$

$e_2 = 50 \text{ mm}$

$p_2 = 200 \text{ mm}$

$d_0 = 24 \text{ mm}$

$e_1 = \infty \text{ mm}$

$p_1 = 75 \text{ mm}$

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$

$d = 22 \text{ mm}$

$t = 20 \text{ mm}$

$\gamma_{M2} = 1,25$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 5,0 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 2,2 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3,4 \%$$

Résultat détaillé pour B4

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$k_2 = 0,90$ – Facteur

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon

$A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_{p,Rd}}{0,6\pi d_m t_p f_u} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,1 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 4,1 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,79$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_{tt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 5,0 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 2,3 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B5

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 13,0 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{f_u A_t}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 13,0 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{-- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,79 && \text{-- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \end{aligned}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$e_2 = 51 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{l,Ed}}{1,4F_{l,Rd}} = 8,3 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 6,0 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ss} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 4,0 \%$$

Résultat détaillé pour B6

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 13,3 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 13,3 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,9 \text{ kN}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

où :

$$\begin{aligned}\beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité}\end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 4,9 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,79$$

$$e_2 = 51 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4 F_{s,Rd}} = 8,4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 6,1 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 4,1 \%$$

Résultat détaillé pour B7

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 21,1 \text{ kN}$$

où :

Projet :

Projet N° :

Auteur :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
 $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
 $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_{p,Rd}}{0,6\pi d_{m,t.f.}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 21,1 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
 $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
 $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 6,2 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
 $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
 $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
 $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 6,2 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
 $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
 $e_2 = 53 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
 $p_2 = 214 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
 $d_0 = 24 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
 $e_1 = \infty \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
 $p_1 = 465 \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
 $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
 $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
 $d = 22 \text{ mm}$ – Diamètre nominal de moyen d'assemblage

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 12,0 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 9,7 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 5,1 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B8

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 20,8 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 20,8 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 6,3 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 6,3 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 \quad \text{– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

$$e_2 = 53 \text{ mm}$$

$$p_2 = 214 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 465 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 12,0 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 9,6 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ss} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 5,2 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B9

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 59,5 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t f_c}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 59,5 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 7,6 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad - \text{ Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad - \text{ Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad - \text{ Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 7,6 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$$

$$e_2 = 58 \text{ mm}$$

$$p_2 = 250 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 274 \text{ mm}$$

$$p_1 = 320 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 25,7 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 27,3 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,2 \%$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

Résultat détaillé pour B10

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 59,3 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{0,6 \pi d_m t_p} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 59,3 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 7,8 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 7,8 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 58 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 250 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $d_0 = 24 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
- $e_1 = 273 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- $p_1 = 320 \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ttt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 25,8 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 27,2 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 6,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B11

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 100,2 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 100,2 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 21,0 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 21,0 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 295 \text{ mm}$$

$$p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4 F_{s,Rd}} = 50,1 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 45,9 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 17,3 \%$$

Résultat détaillé pour B12

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 100,3 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_{eff} t f_c}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 100,3 \text{ kN}$$

où :

Projet :

Projet N° :

Auteur :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 20,9 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 20,9 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 50 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = \infty \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $d_0 = 24 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
- $e_1 = 295 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- $p_1 = 100 \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $d = 22 \text{ mm}$ – Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- $t = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur de la platine
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ttt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 50,1 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 46,0 \%$$

Usage en cisaillement

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 17,3 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B13

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 85,5 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 85,5 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 25,0 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 25,0 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 50 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 200 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

– Diamètre du trou du boulon

$$e_1 = 195 \text{ mm}$$

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

$$p_1 = 95 \text{ mm}$$

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 48,6 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 39,2 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 20,6 \%$$

Résultat détaillé pour B14

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 85,6 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{0,6 \pi d_m t_p} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 85,6 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 24,9 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon

$A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 24,9 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$$

$e_2 = 50 \text{ mm}$

$p_2 = 200 \text{ mm}$

$d_0 = 24 \text{ mm}$

$e_1 = 195 \text{ mm}$

$p_1 = 95 \text{ mm}$

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$

$d = 22 \text{ mm}$

$t = 20 \text{ mm}$

$\gamma_{M2} = 1,25$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 48,5 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 39,2 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 20,5 \%$$

Résultat détaillé pour B15

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 165,7 \text{ kN}$$

où :

$k_2 = 0,90$ – Facteur

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon

$A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_{p,Rd}}{0,6\pi d_m t_p f_u} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 165,7 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 27,1 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 369,6 \text{ kN} \geq V = 27,1 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,98$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 70 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_{tt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 76,6 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 75,9 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 22,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B16

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \quad \text{kN} \geq F_t = 167,3 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{– Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{f_u A_t}{\gamma_{M2}} = 465,1 \quad \text{kN} \geq F_t = 167,3 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \quad \text{kN} \geq V = 26,9 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 370,2 \quad \text{kN} \geq V = 26,9 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,98 && \text{– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \end{aligned}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 70 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 77,0 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 76,7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 22,2 \%$$

Soudures (Redistribution plastique)

Éléme nt	Bord	Ép. gorg e [mm]	Longue ur [mm]	Charg es	$\sigma_{w,Ed}$ [MP a]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MP a]	$\tau_{\parallel}$ [MP a]	$\tau_{\perp}$ [MP a]	Ut [%]	Ut _c [%]	Résult at
C-bfl 1	STIFF 1a	▲5,0 ▲	116	LE1	83,4	0, 0	- 29,6	- 36,1	- 26,9	20, 6	14, 1	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	73,9	0, 0	7,7	42,2	-5,0	18, 3	10, 2	OK
C-w 1	STIFF 1a	▲5,0 ▲	390	LE1	112, 9	0, 0	-8,2	64,0	- 11,6	27, 9	20, 0	OK
		▲5,0 ▲	390	LE1	131, 0	0, 0	-5,1	- 75,6	1,8	32, 4	21, 1	OK
C-tfl 1	STIFF 1a	▲5,0 ▲	116	LE1	235, 3	0, 0	- 107, 3	- 14,1	- 120, 1	58, 1	52, 4	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	351, 1	0, 0	- 184, 6	14,6	171, 8	86, 8	71, 3	OK
C-bfl 1	STIFF 1b	▲5,0 ▲	116	LE1	73,4	0, 0	7,1	- 41,9	4,5	18, 1	10, 1	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	83,7	0, 0	- 30,0	35,8	27,4	20, 7	14, 0	OK
C-w 1	STIFF 1b	▲5,0 ▲	390	LE1	130, 6	0, 0	-3,5	75,4	-0,1	32, 3	20, 9	OK

Projet :

Projet N° :

Auteur :

		▲5,0 ▲	390	LE1	112,0	0,0	-7,3	-63,6	10,6	27,7	20,0	OK
C-tfl 1	STIFF 1b	▲5,0 ▲	116	LE1	343,4	0,0	-172,8	-20,3	-170,2	84,9	71,3	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	226,3	0,0	-110,8	10,7	113,4	55,9	51,5	OK
EP1	B-bfl 1	▲5,0 ▲	300	LE1	137,5	0,0	46,3	27,5	69,5	34,0	22,5	OK
		▲5,0 ▲	300	LE1	242,1	0,0	137,2	-34,0	-110,0	59,8	42,6	OK
EP1	B-tfl 1	▲5,0 ▲	300	LE1	279,3	0,0	-156,7	-3,2	-133,5	69,0	64,9	OK
		▲5,0 ▲	300	LE1	328,6	0,0	-150,0	-16,4	168,0	81,2	62,7	OK
EP1	B-w 1	▲5,0 ▲	467	LE1	170,5	0,0	-91,7	25,1	-79,1	42,1	13,4	OK
		▲5,0 ▲	467	LE1	188,5	0,0	-80,4	-32,0	93,1	46,6	13,9	OK
EP1	WID1a	▲6,0 ▲	300	LE1	222,7	0,0	91,6	-77,0	88,4	55,0	36,1	OK
		▲6,0 ▲	300	LE1	228,8	0,0	85,7	84,4	-88,8	56,5	35,2	OK
B-bfl 1	WID1a	▲6,0 ▲	600	LE1	86,4	0,0	15,5	46,6	15,5	21,4	15,2	OK
		▲6,0 ▲	600	LE1	86,4	0,0	16,2	-46,3	-16,2	21,4	15,2	OK
WID1b	WID1a	▲6,0 ▲	671	LE1	89,4	0,0	-33,2	-36,3	-31,3	22,1	7,2	OK
		▲6,0 ▲	671	LE1	85,6	0,0	-32,6	29,9	34,6	21,1	7,0	OK
EP1	WID1b	▲6,0 ▲	120	LE1	397,3	0,4	115,1	207,9	70,5	98,2	98,2	OK
		▲6,0 ▲	120	LE1	338,6	0,0	9,0	193,7	25,7	83,7	79,5	OK
B-bfl 1	WID1b	▲6,0 ▲	120	LE1	321,1	0,0	13,5	7,4	185,1	79,3	78,8	OK
		▲6,0 ▲	120	LE1	96,2	0,0	38,4	39,1	-32,7	23,8	23,5	OK
C-bfl 1	STIFF 2a	▲5,0 ▲	116	LE1	35,9	0,0	9,9	16,2	11,6	8,9	7,5	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	46,1	0,0	20,1	-15,4	-18,4	11,4	9,0	OK
C-w 1	STIFF 2a	▲5,0 ▲	390	LE1	55,7	0,0	19,4	-24,8	17,1	13,8	7,7	OK
		▲5,0 ▲	390	LE1	64,5	0,0	-23,2	32,7	11,7	15,9	7,2	OK
C-tfl 1	STIFF 2a	▲5,0 ▲	116	LE1	135,4	0,0	33,0	-25,5	71,4	33,5	22,2	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	162,8	0,0	107,1	-16,3	-68,9	40,2	36,7	OK
C-bfl 1	STIFF 2b	▲5,0 ▲	116	LE1	46,3	0,0	20,1	15,4	18,5	11,4	9,0	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	36,0	0,0	9,9	-16,3	-11,6	8,9	7,5	OK

Projet :

Projet N° :



Auteur :

C-w 1	STIFF 2b	▲5,0 ▲	390	LE1	64,7	0,0	-23,1	-33,0	-11,4	16,0	7,3	OK
		▲5,0 ▲	390	LE1	55,8	0,0	19,4	24,9	-17,1	13,8	7,7	OK
C-tfl 1	STIFF 2b	▲5,0 ▲	116	LE1	162,1	0,0	106,2	15,4	69,0	40,0	36,7	OK
		▲5,0 ▲	116	LE1	135,2	0,0	33,7	25,4	-71,2	33,4	22,3	OK
B-bfl 1	STIFF 3a	▲5,0 ▲	117	LE1	31,7	0,0	18,6	5,6	13,7	7,8	6,8	OK
		▲5,0 ▲	117	LE1	40,6	0,0	16,5	1,3	-21,3	10,0	6,5	OK
B-w 1	STIFF 3a	▲5,0 ▲	390	LE1	23,5	0,0	4,9	10,7	8,0	5,8	2,3	OK
		▲5,0 ▲	390	LE1	30,9	0,0	14,2	-11,2	-11,2	7,6	2,8	OK
B-tfl 1	STIFF 3a	▲5,0 ▲	117	LE1	27,7	0,0	12,7	-9,2	10,8	6,9	6,2	OK
		▲5,0 ▲	117	LE1	20,3	0,0	-1,0	-11,7	0,6	5,0	4,7	OK
B-bfl 1	STIFF 3b	▲5,0 ▲	117	LE1	40,5	0,0	16,5	-1,3	21,3	10,0	6,5	OK
		▲5,0 ▲	117	LE1	31,4	0,0	18,4	-5,7	-13,5	7,8	6,8	OK
B-w 1	STIFF 3b	▲5,0 ▲	390	LE1	30,9	0,0	14,2	11,2	11,2	7,6	2,8	OK
		▲5,0 ▲	390	LE1	23,6	0,0	4,9	-10,7	-7,9	5,8	2,3	OK
B-tfl 1	STIFF 3b	▲5,0 ▲	117	LE1	20,4	0,0	-1,1	11,7	-0,6	5,0	4,7	OK
		▲5,0 ▲	117	LE1	27,8	0,0	12,7	9,2	-10,9	6,9	6,2	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	0,85	404,7	309,6

Explication des symboles

ϵ_{PI}	Déformation
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{\parallel}$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
0.9σ	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilisation
U_{tc}	Utilisation de capacité de la soudure

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 83,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 29,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{83,4}{309,6} = 20,6 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 73,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 7,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{73,9}{309,6} = 18,3 \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 112,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{112,9}{309,6} = 27,9 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 131,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 5,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{107,3}{329,6} = 32,4 \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{235}{3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 107,3 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{107,3}{329,6} = 58,1 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{351}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 184,6 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{184,6}{329,6} = 86,8 \%$$

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{73}{4} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 7,1 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{18,1}{100} \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{83}{7} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 30,0 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{20,7}{100} \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{130}{6} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 3,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{32,3}{100} \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{112}{0} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 7,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{27,7}{100} \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{343,4}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 172,8 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{343,4}{404,7} = 84,9 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{226,3}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 110,8 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{226,3}{404,7} = 55,9 \%$$

Résultat détaillé pour EP1 B-bfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{137,5}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 46,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{137,5}{404,7} = 34,0 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{242,1}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 137,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{156,7}{258,8} = 59,8 \quad \%$$

Résultat détaillé pour EP1 B-tfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{279,}{3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 156,7 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{156,7}{222,8} = 69,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{328,}{6} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 150,0 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{156,7}{192,8} = 81,2 \quad \%$$

Résultat détaillé pour EP1 B-w 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{170,}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 91,7 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{101,1}{242,2} = 42,1 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{188,}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 80,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{101,1}{242,2} = 46,6 \quad \%$$

Résultat détaillé pour EP1 WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{222,}{7} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 91,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{153,1}{276,6} = 55,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{228,}{8} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 85,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{158,1}{276,6} = 56,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 86,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 15,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{86,4}{309,6} = 21,4 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 89,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 16,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{89,4}{309,6} = 21,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour WID1b WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 85,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 32,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{85,6}{309,6} = 22,1 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 85,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 32,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{107,1}{510} = 21,1 \quad \%$$

Résultat détaillé pour EP1 WID1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 397,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 115,1 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{98,2}{100} = 98,2 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 338,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 9,0 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{83,7}{100} = 83,7 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 WID1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 321,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 13,5 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 79,3 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 96,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 38,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 23,8 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF2a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 35,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 9,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 8,9 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 46,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 20,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 11,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF2a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{55,}{7} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 19,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{19,4}{309,6} = 13,8 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{64,}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 23,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{23,2}{309,6} = 15,9 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF2a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{135,}{4} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 33,0 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{33,0}{309,6} = 33,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{162,}{8} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 107,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 40,2 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF2b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{46,}{3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 20,1 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 11,4 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{36,}{0} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 9,9 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 8,9 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF2b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{64,}{7} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 23,1 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{19,4}{115} = 16,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 55,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 19,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{19,4}{141,5} = 13,8 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF2b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 162,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 106,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{106,2}{264,5} = 40,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 135,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 33,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{33,7}{100,5} = 33,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 STIFF3a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{31,7}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 18,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{31,7}{404,7} = 7,8 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{40,6}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 16,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{40,6}{404,7} = 10,0 \%$$

Résultat détaillé pour B-w 1 STIFF3a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{23,5}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{23,5}{404,7} = 5,8 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{30,9}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 7,6 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-tfl 1 STIFF3a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{27,}{7} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 12,7 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 6,9 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{20,}{3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 1,0 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 5,0 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 STIFF3b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{40,}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 16,5 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,0}{100} = 10,0 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 31,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 18,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{7,8}{100} = 7,8 \%$$

Résultat détaillé pour B-w 1 STIFF3b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 30,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{7,6}{100} = 7,6 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 23,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{5,8}{100} = 5,8 \%$$

Résultat détaillé pour B-tfl 1 STIFF3b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} = \frac{20,4}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = \frac{1,1}{1} \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{20,4}{309,6} = 5,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} = \frac{27,8}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = \frac{12,7}{1} \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{27,8}{309,6} = 6,9 \quad \%$$

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		

Projet :

Projet N° :



Auteur :

Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-02

Assemblage poteau poutre (type 3)

Données du projet

Nom de projet
Numéro du projet
Auteur
Description
Date 05/06/2025
Norme EN

Matériau

Acier S 355, S 275

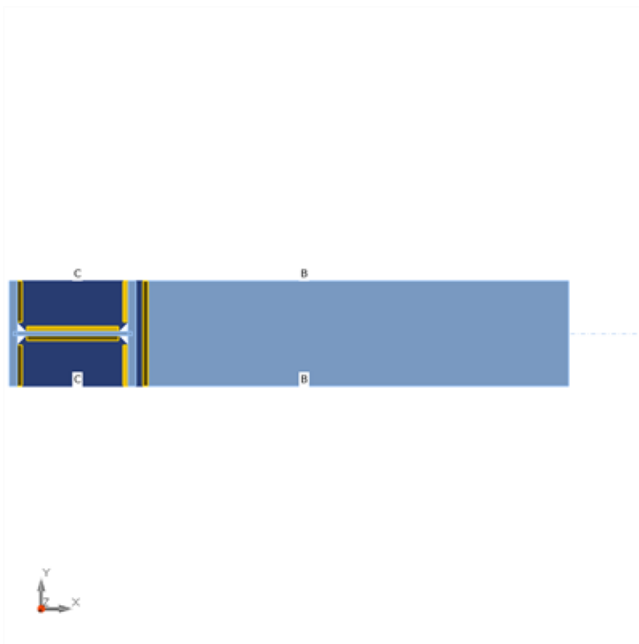
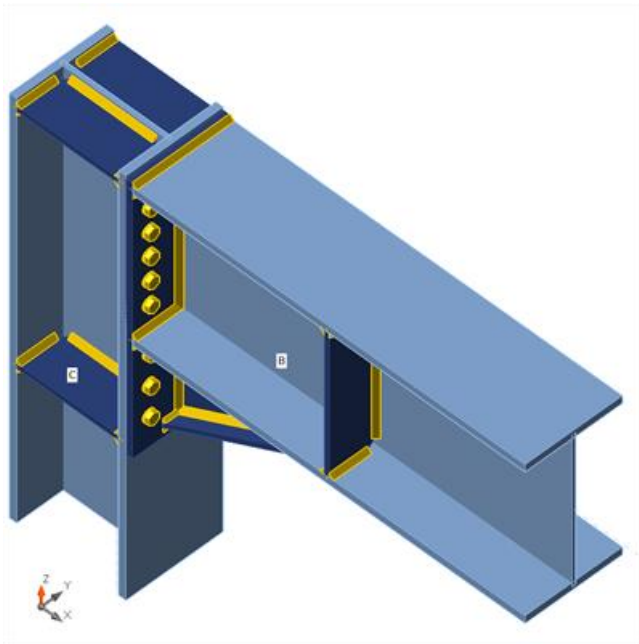
Élément du projet CON1

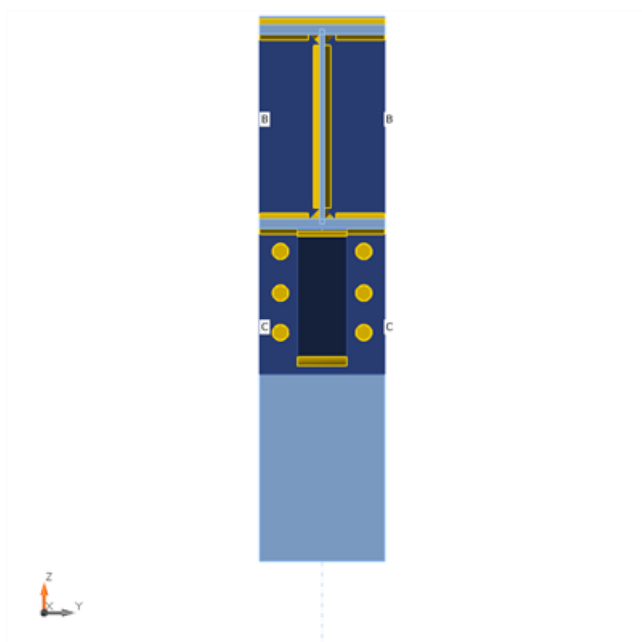
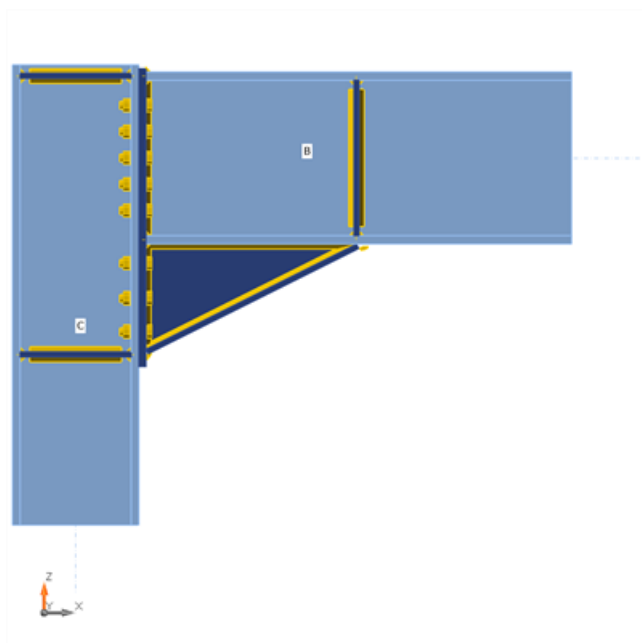
Conception

Nom CON1
Description
Analyse Contrainte, déformation/ chargement simplifié

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
C	3 - HEB360	0,0	90,0	0,0	0	0	0	Nœud
B	4 - HEA500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Nœud





Sections transversales

Nom	Matériau
3 - HEB360	S 275
4 - HEA500	S 275

Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin

3 - HEB360	S 275	
4 - HEA500	S 275	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M22 10.9	M22 10.9	22	1000,0	380

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B	0,0	0,0	180,5	0,0	-466,3	0,0

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	1,1 < 5,0%	OK
Boulons	92,7 < 100%	OK
Soudures	98,2 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

Nom	Matériau	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat

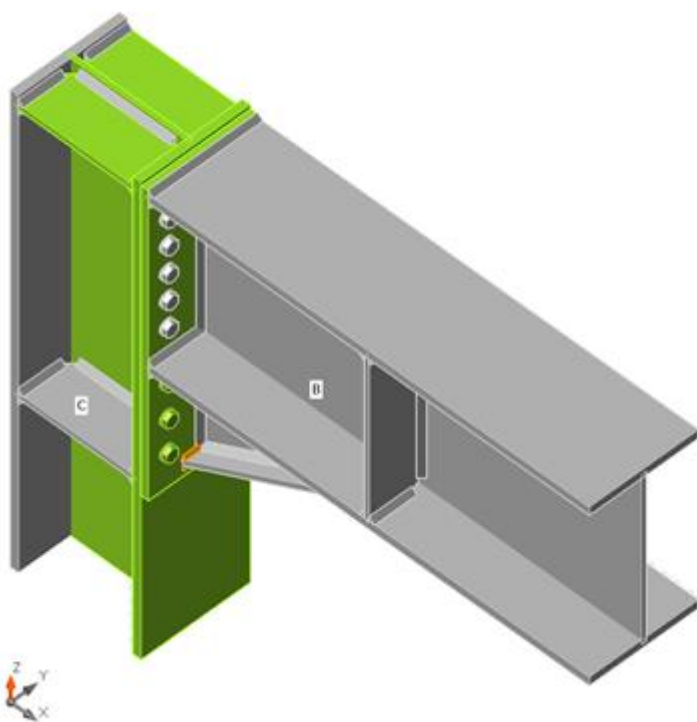
C-bfl 1	S 275	22,5	LE1	229,8	0,0	0,0	OK
C-tfl 1	S 275	22,5	LE1	277,3	1,1	56,8	OK
C-w 1	S 275	12,5	LE1	275,7	0,4	0,0	OK
B-bfl 1	S 275	23,0	LE1	124,4	0,0	0,0	OK
B-tfl 1	S 275	23,0	LE1	134,1	0,0	0,0	OK
B-w 1	S 275	12,0	LE1	101,1	0,0	0,0	OK
STIFF1a	S 275	15,0	LE1	251,1	0,0	0,0	OK
STIFF1b	S 275	15,0	LE1	249,5	0,0	0,0	OK
EP1	S 275	20,0	LE1	277,3	1,1	84,2	OK
WID1a	S 355	15,0	LE1	187,5	0,0	0,0	OK
WID1b	S 355	15,0	LE1	312,8	0,0	0,0	OK
STIFF2a	S 355	15,0	LE1	256,1	0,0	0,0	OK
STIFF2b	S 355	15,0	LE1	258,4	0,0	0,0	OK
STIFF3a	S 355	15,0	LE1	26,4	0,0	0,0	OK
STIFF3b	S 355	15,0	LE1	26,1	0,0	0,0	OK

Données de conception

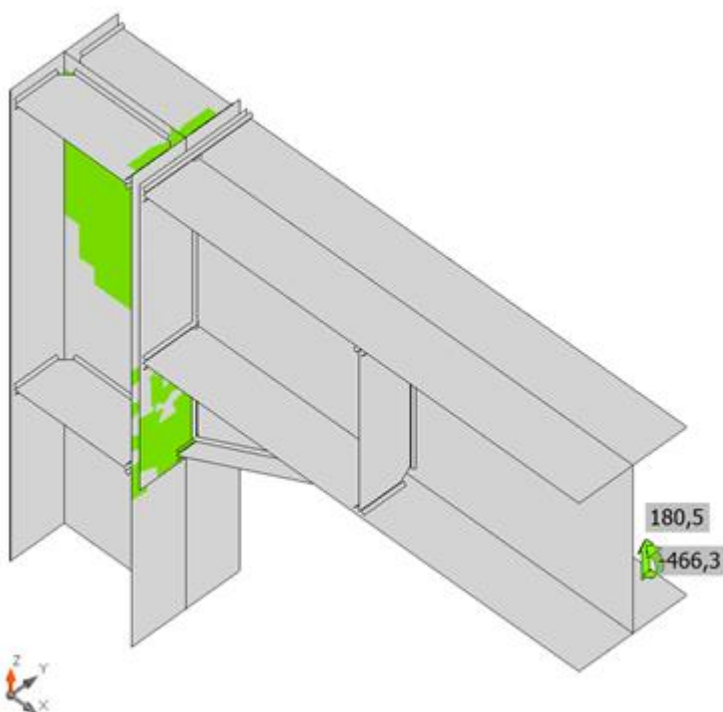
Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0
S 355	355,0	5,0

Explication des symboles

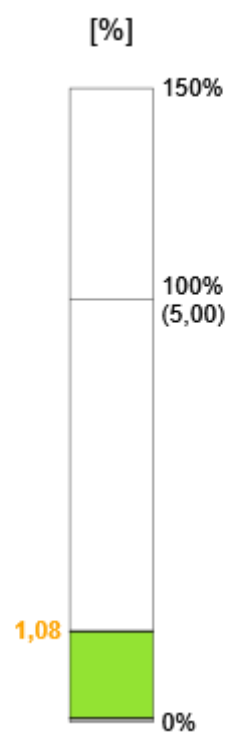
ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
σ_{cEd}	Contrainte de contact
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite

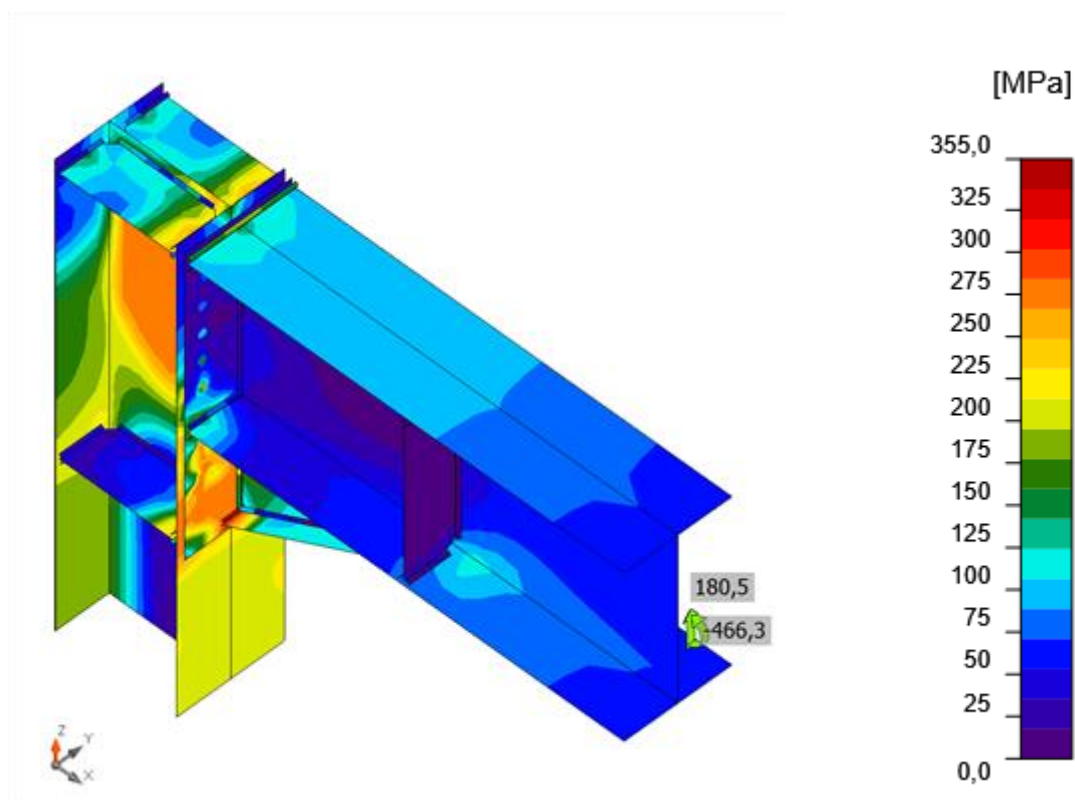


Vérification globale, LE1



Vérification de déformation, LE1





Contrainte équivalente, LE1

Boulons

	Nom	Charges	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Résultat
	B1	LE1	4,5	4,4	2,1	337,0	3,6	5,1	OK
	B2	LE1	4,8	4,3	2,2	337,0	3,6	5,2	OK
	B3	LE1	3,7	4,5	1,7	299,6	3,7	4,9	OK
	B4	LE1	3,7	4,4	1,7	299,6	3,6	4,9	OK
	B5	LE1	5,5	3,2	2,5	324,6	2,6	4,4	OK
	B6	LE1	5,6	3,1	2,6	324,9	2,5	4,4	OK
	B7	LE1	10,2	3,9	4,7	295,6	3,2	6,5	OK
	B8	LE1	10,0	3,8	4,6	295,6	3,2	6,4	OK
	B9	LE1	50,4	8,3	23,1	296,3	6,8	23,3	OK
	B10	LE1	50,2	8,4	23,0	296,5	6,9	23,3	OK
	B11	LE1	123,8	28,4	56,8	378,4	23,4	64,0	OK
	B12	LE1	123,6	28,1	56,7	378,4	23,2	63,6	OK
	B13	LE1	137,3	38,9	62,9	378,4	32,1	77,0	OK
	B14	LE1	137,0	38,3	62,8	378,4	31,6	76,4	OK
	B15	LE1	201,9	32,2	92,6	378,4	26,5	92,7	OK
	B16	LE1	202,1	31,5	92,6	378,4	26,0	92,1	OK

Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M22 10.9 - 1	218,2	465,1	121,2

Explication des symboles

$F_{t,Rd}$	Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Effort de traction
$B_{p,Rd}$	Résistance au cisaillement par poinçonnement
V	Résultante des efforts de cisaillement V_y, V_z dans le boulon
$F_{v,Rd}$	Résistance au cisaillement du boulon EN 1993-1-8 tableau 3.4
$F_{b,Rd}$	Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Usage en traction
U_s	Utilisation en cisaillement

Résultat détaillé pour B1

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 4,5 \text{ kN}$$

où :

$k_2 = 0,90$	– Facteur
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$A_s = 303 \text{ mm}^2$	– Zone d'effort de traction du boulon
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{f_u A_n}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 4,5 \text{ kN}$$

où :

$d_m = 36 \text{ mm}$	– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
$t_p = 20 \text{ mm}$	– Épaisseur
$f_u = 430,0 \text{ MPa}$	– Résistance ultime
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,4 \text{ kN}$$

où :

$\beta_p = 1,00$	– Facteur de réduction
$\alpha_v = 0,50$	– Facteur de réduction
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$A = 303 \text{ mm}^2$	– Zone d'effort de traction du boulon
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 337,0 \text{ kN} \geq V = 4,4 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,79$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 23 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 5,1 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 2,1 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ss} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3,6 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B2

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 4,8 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 4,8 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,3 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad - \text{Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad - \text{Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad - \text{Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 337,0 \text{ kN} \geq V = 4,3 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,79$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 23 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 5,2 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 2,2 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3,6 \%$$

Résultat détaillé pour B3

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_t}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_t &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,5 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 4,5 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{-- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,79 && \text{-- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \\ e_2 &= 50 \text{ mm} && \text{-- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ p_2 &= \infty \text{ mm} && \text{-- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ d_0 &= 24 \text{ mm} && \text{-- Diamètre du trou du boulon} \\ e_1 &= 180 \text{ mm} && \text{-- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement} \end{aligned}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 4,9 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 1,7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ss} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 3,7 \%$$

Résultat détaillé pour B4

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 3,7 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 4,4 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 299,6 \text{ kN} \geq V = 4,4 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,79$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 180 \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 4,9 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 1,7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3,6 \%$$

Résultat détaillé pour B5

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_u A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 5,5 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad - \text{Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad - \text{Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 5,5 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 3,2 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 324,6 \text{ kN} \geq V = 3,2 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,76$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 50 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 250 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $d_0 = 24 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
- $e_1 = 55 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- $p_1 = \infty \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $d = 22 \text{ mm}$ – Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- $t = 23 \text{ mm}$ – Épaisseur de la platine
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 4,4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Rd}}{F_t} = 2,5 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 2,6 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B6

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 5,6 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 5,6 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 3,1 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 324,9 \text{ kN} \geq V = 3,1 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{-- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,76 && \text{-- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \end{aligned}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 250 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 55 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 23 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 4,4 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 2,6 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 2,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B7

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 10,2 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 10,2 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 295,6 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50 && \begin{aligned} &\text{– Facteur de distance au bord et} \\ &\text{d'espacement des boulons} \\ &\text{perpendiculairement à la direction du} \\ &\text{transfert de charge} \end{aligned} \\ \alpha_b &= \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,69 && \begin{aligned} &\text{– Facteur de pince et d'espacement} \\ &\text{des boulons dans la direction du} \\ &\text{transfert de charge} \end{aligned} \\ e_2 &= 340 \text{ mm} && \begin{aligned} &\text{– Distance au bord de la platine} \\ &\text{perpendiculairement à l'effort de} \\ &\text{cisaillement} \end{aligned} \\ p_2 &= 75 \text{ mm} && \begin{aligned} &\text{– Entraxe perpendiculairement à} \\ &\text{l'effort de cisaillement} \end{aligned} \\ d_0 &= 24 \text{ mm} && \text{– Diamètre du trou du boulon} \\ e_1 &= 50 \text{ mm} && \begin{aligned} &\text{– Distance au bord de la platine dans} \\ &\text{la direction de l'effort de cisaillement} \end{aligned} \\ p_1 &= \infty \text{ mm} && \begin{aligned} &\text{– Entraxe dans la direction de l'effort} \\ &\text{de cisaillement} \end{aligned} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du} \\ &&& \text{boulon} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ d &= 22 \text{ mm} && \text{– Diamètre nominal de moyen} \\ &&& \text{d'assemblage} \\ t &= 23 \text{ mm} && \text{– Épaisseur de la platine} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 6,5 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 4,7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3,2 \%$$

Résultat détaillé pour B8

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 10,0 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{– Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 10,0 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 3,8 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 295,6 \text{ kN} \geq V = 3,8 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \begin{aligned} &\text{– Facteur de distance au bord et} \\ &\text{d'espacement des boulons} \\ &\text{perpendiculairement à la direction du} \\ &\text{transfert de charge} \end{aligned} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0,69 && \begin{aligned} &\text{– Facteur de pince et d'espacement} \\ &\text{des boulons dans la direction du} \\ &\text{transfert de charge} \end{aligned} \\ e_2 &= 340 \text{ mm} && \text{– Distance au bord de la platine} \\ &&& \text{perpendiculairement à l'effort de} \\ &&& \text{cisaillement} \\ p_2 &= 75 \text{ mm} && \text{– Entraxe perpendiculairement à} \\ &&& \text{l'effort de cisaillement} \\ d_0 &= 24 \text{ mm} && \text{– Diamètre du trou du boulon} \\ e_1 &= 50 \text{ mm} && \text{– Distance au bord de la platine dans} \\ &&& \text{la direction de l'effort de cisaillement} \\ p_1 &= \infty \text{ mm} && \text{– Entraxe dans la direction de l'effort} \\ &&& \text{de cisaillement} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du} \\ &&& \text{boulon} \end{aligned}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 23 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{l,Ed}}{1,4F_{l,Rd}} = 6,4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 4,6 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{tt} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 3,2 \%$$

Résultat détaillé pour B9

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_t}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 50,4 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_t = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 50,4 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 8,3 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} = 296,3 \text{ kN} \geq V = 8,3 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,70$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 361 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 23 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 23,3 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 23,1 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,8 \%$$

Résultat détaillé pour B10

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 50,2 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90$$

– Facteur

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$A_s = 303 \text{ mm}^2$$

– Zone d'effort de traction du boulon

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_{eff} t f_{cd}}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 50,2 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 8,4 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 296,5 \text{ kN} \geq V = 8,4 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,70$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 50 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 361 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $d_0 = 24 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
- $e_1 = 50 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- $p_1 = \infty \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $d = 22 \text{ mm}$ – Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- $t = 23 \text{ mm}$ – Épaisseur de la platine
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 23,3 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 23,0 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,9 \%$$

Résultat détaillé pour B11

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 123,8 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{f_u A_t}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 123,8 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 28,4 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 28,4 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{-- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00 && \text{-- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \\ e_2 &= 51 \text{ mm} && \text{-- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \end{aligned}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 295 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 64,0 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 56,8 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 23,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B12

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 123,6 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_p R_d}{0,6 \pi d_m t_p f_u} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 123,6 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 28,1 \text{ kN}$$

où :

$\beta_p = 1,00$	– Facteur de réduction
$\alpha_v = 0,50$	– Facteur de réduction
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$A = 303 \text{ mm}^2$	– Zone d'effort de traction du boulon
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_v f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 28,1 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$$

$$e_2 = 51 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 295 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 63,6 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 56,7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 23,2 \%$$

Résultat détaillé pour B13

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 137,3 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned}
 k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\
 f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\
 A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\
 \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité}
 \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_n t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 137,3 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned}
 d_m &= 36 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\
 t_p &= 20 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\
 f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\
 \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité}
 \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 38,9 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned}
 \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\
 \alpha_v &= 0,50 && \text{-- Facteur de réduction} \\
 f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\
 A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\
 \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité}
 \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 38,9 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 195 \text{ mm}$$

$$p_1 = 95 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4F_{v,Rd}} = 77,0 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 62,9 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 32,1 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B14

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 137,0 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{B_p}{0,6\pi d_{m,t,f}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 137,0 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 38,3 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_v f_{ub} d_t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 38,3 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 200 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 195 \text{ mm}$$

$$p_1 = 95 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 76.4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 62.8 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ss} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 31.6 \%$$

Résultat détaillé pour B15

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 201.9 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t f_c}{\gamma_{M2}} = 465.1 \text{ kN} \geq F_t = 201.9 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$t_p = 20 \text{ mm}$ – Épaisseur

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 32,2 \text{ kN}$$

où :

$\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction

$\alpha_v = 0,50$ – Facteur de réduction

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon

$A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 32,2 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

$e_2 = 50 \text{ mm}$

$p_2 = \infty \text{ mm}$

$d_0 = 24 \text{ mm}$

$e_1 = 73 \text{ mm}$

$p_1 = \infty \text{ mm}$

$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$

$d = 22 \text{ mm}$

$t = 20 \text{ mm}$

$\gamma_{M2} = 1,25$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 92,7 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 92,6 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 26,5 \%$$

Résultat détaillé pour B16

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218,2 \text{ kN} \geq F_t = 202,1 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{– Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\alpha_f f_u A_t}{\gamma_{M2}} = 465,1 \text{ kN} \geq F_t = 202,1 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 36 \text{ mm} && \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 20 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121,2 \text{ kN} \geq V = 31,5 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,50 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 303 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 378,4 \text{ kN} \geq V = 31,5 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

$$e_1 = 74 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 92,1 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 92,6 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 26,0 \%$$

Soudures (Redistribution plastique)

Élément	Bord	Matériau	Ép. gorg [mm]	Longueur [mm]	Charges	σ_{w,E_d} [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Résultat
C-bfl 1	STIF F1a	S 355	10,0	117	LE1	111,7	0,0	48,7	33,9	47,1	27,6	15,0	OK
		S 355	10,0	117	LE1	79,1	0,0	10,2	44,4	-8,7	19,5	11,7	OK
C-w 1	STIF F1a	S 355	10,0	261	LE1	99,0	0,0	6,1	49,5	28,3	24,5	14,8	OK
		S 355	10,0	261	LE1	141,1	0,0	38,5	78,3	4,1	34,9	23,4	OK
C-tfl 1	STIF F1a	S 355	10,0	117	LE1	132,3	0,0	57,2	26,3	63,6	32,7	25,8	OK
		S 355	10,0	117	LE1	276,8	0,0	140,1	33,3	133,7	68,4	48,5	OK
C-bfl 1	STIF F1b	S 355	10,0	117	LE1	79,9	0,0	10,4	44,8	9,0	19,7	11,8	OK
		S 355	10,0	117	LE1	112,1	0,0	48,7	34,0	47,3	27,7	15,1	OK
C-w 1	STIF F1b	S 355	10,0	261	LE1	141,2	0,0	38,3	78,4	-4,0	34,9	23,2	OK

		S 355	▲10, 0▲	261	LE1	99, 4	0, 0	6,4	- 50, 0	27, 9	24, 5	14, 9	OK
C-tfl 1	STIF F1b	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	264, 4	0, 0	- 128, 2	- 34, 2	- 129, 1	65, 3	48, 5	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	116, 9	0, 0	- 56, 4	20, 4	55, 5	28, 9	25, 2	OK
EP1	B-bfl 1	S 355	▲10, 0▲	300	LE1	82, 2	0, 0	4,6	- 33, 2	33, 8	20, 3	15, 2	OK
		S 355	▲10, 0▲	300	LE1	143, 4	0, 0	72, 7	53, 3	- 47, 5	35, 4	25, 5	OK
EP1	B-tfl 1	S 355	▲10, 0▲	300	LE1	190, 4	0, 0	- 106, 5	-4,2	- 91, 0	47, 0	40, 9	OK
		S 355	▲10, 0▲	300	LE1	185, 9	0, 0	- 81, 0	2,9	96, 5	45, 9	36, 4	OK
EP1	B-w 1	S 355	▲10, 0▲	467	LE1	58, 7	0, 0	- 33, 3	17, 0	- 22, 2	14, 5	6, 7	OK
		S 355	▲10, 0▲	467	LE1	80, 3	0, 0	- 25, 0	- 25, 3	36, 1	19, 8	7, 4	OK
EP1	WID1 a	S 355	▲10, 0▲	300	LE1	199, 2	0, 0	77, 9	- 80, 2	69, 2	49, 2	31, 5	OK
		S 355	▲10, 0▲	300	LE1	192, 2	0, 0	64, 2	75, 0	- 72, 9	47, 5	29, 0	OK
B-bfl 1	WID1 a	S 355	▲10, 0▲	600	LE1	66, 7	0, 0	12, 3	35, 8	12, 4	16, 5	12, 3	OK
		S 355	▲10, 0▲	600	LE1	66, 8	0, 0	13, 0	- 35, 5	- 12, 9	16, 5	12, 3	OK
WID1 b	WID1 a	S 355	▲10, 0▲	671	LE1	99, 0	0, 0	- 38, 5	- 41, 0	- 33, 0	22, 7	5, 8	OK
		S 355	▲10, 0▲	671	LE1	101, 8	0, 0	- 38, 2	32, 6	43, 7	23, 4	5, 8	OK
EP1	WID1 b	S 355	▲10, 0▲	120	LE1	397, 4	0, 5	105, 6	214, 5	53, 9	98, 2	98, 2	OK
		S 355	▲10, 0▲	120	LE1	318, 6	0, 0	- 13, 1	180, 9	32, 1	78, 7	75, 5	OK
B-bfl 1	WID1 b	S 355	▲10, 0▲	120	LE1	232, 6	0, 0	6,8	2,7	134, 2	57, 5	57, 0	OK
		S 355	▲10, 0▲	120	LE1	71, 7	0, 0	28, 6	27, 9	- 25, 7	17, 7	17, 5	OK
C-bfl 1	STIF F2a	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	55, 0	0, 0	14, 2	25, 5	17, 0	13, 6	7, 9	OK

		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	58, 2	0, 0	22, 4	- 24, 1	- 19, 6	14, 4	8, 5	OK
C-w 1	STIF F2a	S 355	▲10, 0▲	261	LE1	64, 8	0, 0	24, 8	- 26, 1	22, 7	16, 0	8, 5	OK
		S 355	▲10, 0▲	261	LE1	79, 3	0, 0	- 40, 4	32, 2	22, 7	19, 6	8, 3	OK
C-tfl 1	STIF F2a	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	142 ,4	0, 0	9,1	- 68, 0	45, 9	35 ,2	30 ,8	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	190 ,5	0, 0	- 11, 1	- 99, 6	- 46, 1	47 ,1	40 ,2	OK
C-bfl 1	STIF F2b	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	58, 6	0, 0	22, 5	24, 2	19, 8	14 ,5	8, 5	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	55, 2	0, 0	14, 1	- 25, 9	- 16, 8	13 ,6	7, 8	OK
C-w 1	STIF F2b	S 355	▲10, 0▲	261	LE1	79, 4	0, 0	- 40, 4	- 32, 4	- 22, 5	19 ,6	8, 5	OK
		S 355	▲10, 0▲	261	LE1	65, 0	0, 0	24, 7	26, 2	- 22, 7	16 ,1	8, 5	OK
C-tfl 1	STIF F2b	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	188 ,2	0, 0	-8,9	97, 6	47, 5	46 ,5	40 ,2	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	134 ,3	0, 0	8,6	63, 5	- 44, 2	33 ,2	30 ,2	OK
B-bfl 1	STIF F3a	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	22, 7	0, 0	13, 7	3,9	9,7	5, 6	4, 7	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	24, 4	0, 0	9,1	1,1	- 13, 1	6, 0	4, 0	OK
B-w 1	STIF F3a	S 355	▲10, 0▲	390	LE1	16, 8	0, 0	4,7	7,1	5,9	4, 1	1, 6	OK
		S 355	▲10, 0▲	390	LE1	18, 9	0, 0	7,8	-7,5	-6,5	4, 7	1, 7	OK
B-tfl 1	STIF F3a	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	15, 8	0, 0	6,3	-6,3	5,5	3, 9	3, 7	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	13, 7	0, 0	0,1	-7,9	-0,2	3, 4	3, 3	OK
B-bfl 1	STIF F3b	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	24, 2	0, 0	8,9	-1,1	12, 9	6, 0	4, 0	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	22, 2	0, 0	13, 4	-3,9	-9,4	5, 5	4, 6	OK
B-w 1	STIF F3b	S 355	▲10, 0▲	390	LE1	18, 9	0, 0	7,8	7,4	6,6	4, 7	1, 7	OK
		S 355	▲10, 0▲	390	LE1	16, 7	0, 0	4,7	-7,2	-5,9	4, 1	1, 6	OK
B-tfl 1	STIF F3b	S 355	▲10, 0▲	117	LE1	13, 6	0, 0	-0,1	7,9	0,1	3, 4	3, 3	OK
		S 355	▲10, 0▲	117	LE1	15, 8	0, 0	6,3	6,2	-5,7	3, 9	3, 8	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	0,85	404,7	309,6
S 355	0,90	435,6	352,8

Explication des symboles

ϵ_{Pl}	Déformation
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{\parallel}$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
0.9σ	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilisation
U_{tc}	Utilisation de capacité de la soudure

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{111,7}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 48,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{111,7}{404,7} = 27,6 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{79,1}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 10,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{79,1}{404,7} = 19,5 \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 99,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 6,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{99,0}{404,7} = 24,5 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 141,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 38,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{141,1}{404,7} = 34,9 \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 132,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 57,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{132,3}{404,7} = 32,7 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 276,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 140,1 \text{ MPa}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{450} = 68,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 79,9 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 10,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{16,1} = 19,7 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 112,1 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 48,7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{11,2} = 27,7 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 141,2 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 38,3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \end{aligned}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,1}{30,6} = 34,9 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 99,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 6,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{2,4}{9,8} = 24,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 264,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 128,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{65,3}{100} = 65,3 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 116,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 56,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{28,9}{100} = 28,9 \quad \%$$

Résultat détaillé pour EP1 B-bfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{82,}{2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{82,2}{309,6} = 20,3 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{143,}{4} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 72,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{143,4}{309,6} = 35,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour EP1 B-tfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{190,}{4} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 106,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{190,4}{309,6} = 47,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{185,}{9} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 81,0 \text{ MPa}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{404,7}{875} = 45,9 \%$$

Résultat détaillé pour EP1 B-w 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{58,7}{1,25} \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= \frac{309,6}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 33,3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{21,3} = 14,5 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{80,3}{1,25} \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= \frac{309,6}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 25,0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{15,7} = 19,8 \%$$

Résultat détaillé pour EP1 WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{199,2}{1,25} \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= \frac{309,6}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 77,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \end{aligned}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{192,2}{399,6} = 49,2 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 192,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 64,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{192,2}{399,6} = 47,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 66,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 12,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{66,7}{399,6} = 16,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 66,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 13,0 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{66,8}{399,6} = 16,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour WID1b WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{435, \text{ MPa}}{6} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{99,0 \text{ MPa}}{a}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 38,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,90 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{99,0}{435} = 22,7 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{435, \text{ MPa}}{6} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{101,8 \text{ MPa}}{a}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 38,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,90 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{101,8}{435} = 23,4 \%$$

Résultat détaillé pour EP1 WID1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404, \text{ MPa}}{7} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{397,4 \text{ MPa}}{a}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 105,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{397,4}{404} = 98,2 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404, \text{ MPa}}{7} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{318,6 \text{ MPa}}{a}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 13,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{232,6}{309,6} = 78,7 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 WID1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{232,6}{6} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 6,8 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{232,6}{309,6} = 57,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{71,7}{7} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 28,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{71,7}{309,6} = 17,7 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF2a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{55,0}{8} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,1}{75} = 13,6 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{58,}{2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 22,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,1}{75} = 14,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF2a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{64,}{8} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 24,8 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,1}{75} = 16,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{79,}{3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 40,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,1}{75} = 19,6 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF2a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{142,}{4} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 9,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{142,4}{404,} = 35,2 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{190,}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 11,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{190,5}{404,} = 47,1 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-bfl 1 STIFF2b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{58,}{6} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 22,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{58,6}{404,} = 14,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{55,}{2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{404,7}{309,6} = 13,6 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-w 1 STIFF2b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 79,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 40,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{404,7}{24,7} = 19,6 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 65,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 24,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{404,7}{24,7} = 16,1 \quad \%$$

Résultat détaillé pour C-tfl 1 STIFF2b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 188,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{134,3}{291,6} = 46,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 134,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{134,3}{291,6} = 46,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 STIFF3a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 22,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 13,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{22,7}{323,76} = 7,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 24,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 9,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{24,4}{323,76} = 7,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-w 1 STIFF3a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 16,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{16,8}{404,7} = 4,1 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 18,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 7,8 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{18,9}{404,7} = 4,7 \%$$

Résultat détaillé pour B-tfl 1 STIFF3a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 15,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 6,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{15,8}{404,7} = 3,9 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 13,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 0,1 \text{ MPa}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{8,9} = 3,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-bfl 1 STIFF3b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 24,2 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8,9 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{51,6} = 6,0 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 22,2 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 13,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Rd}}{\sigma_{w,Ed}} = \frac{309,6}{58,1} = 5,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-w 1 STIFF3b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 18,9 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 7,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \end{aligned}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{16,7}{309,6} = 4,7 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 16,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{16,7}{323,76} = 4,1 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B-tfl 1 STIFF3b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 13,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 0,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{13,6}{323,76} = 3,4 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 15,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 6,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{15,8}{323,76} = 3,9 \quad \%$$

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_c	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-03

Assemblage poteau Avec 4 poutres (type 1)

Données du projet

Nom de projet

Numéro du projet

Auteur

Description

Date29/05/2025

NormeEN

Matériau

Acier

S 275, S 275

Élément du projet CON-72

Conception

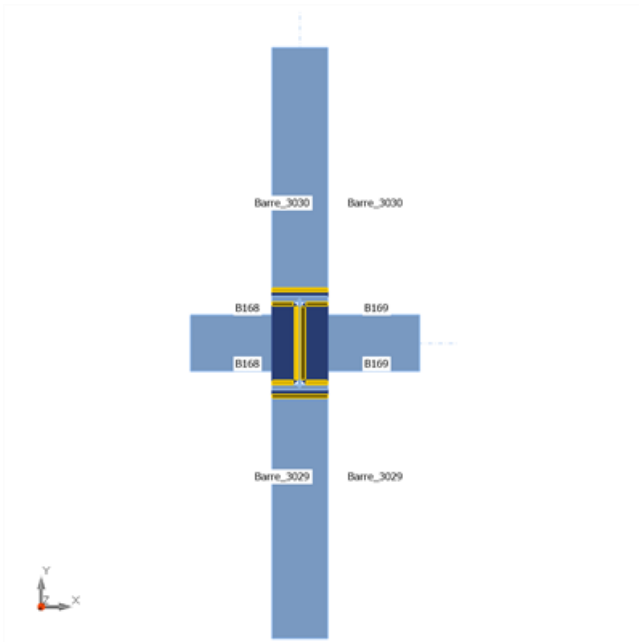
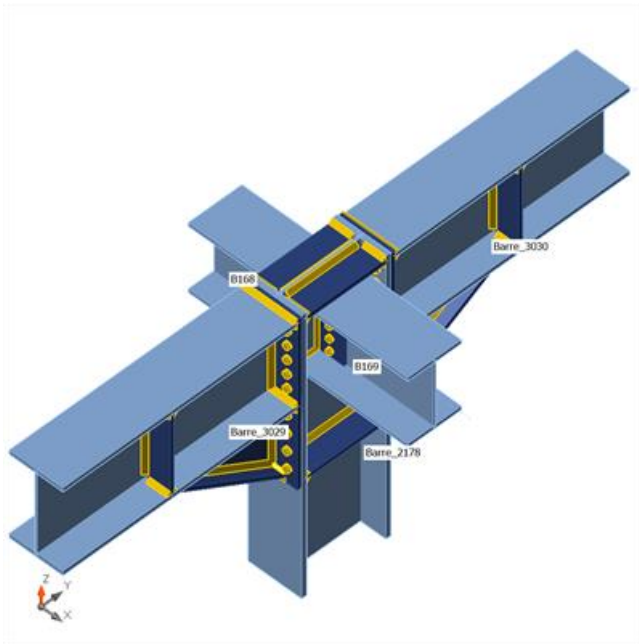
NomCON-72

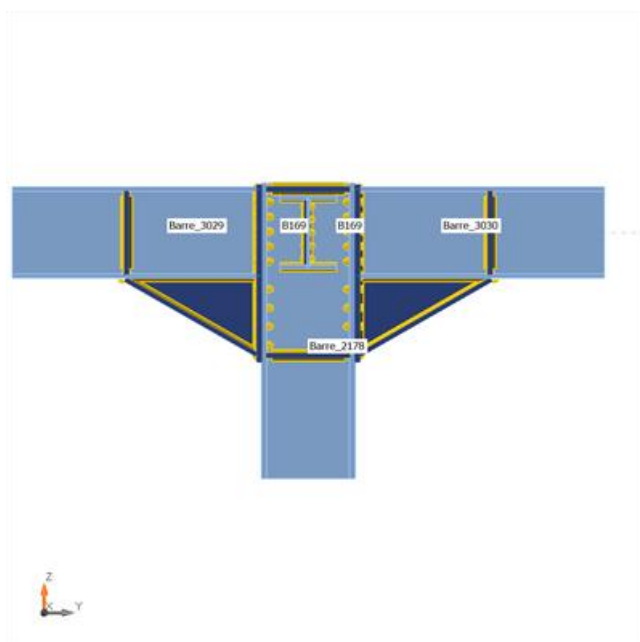
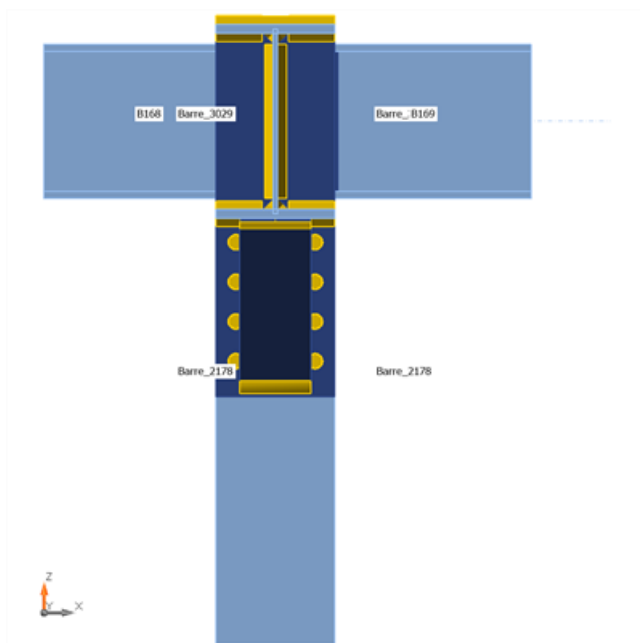
Description

AnalyseContrainte, déformation/ charges en équilibre

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
Barre_2178	11 - HEB500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position
Barre_3029	7 - HEA500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position
Barre_3030	7 - HEA500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position
B168	12 - HEA400	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position
B169	12 - HEA400	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position



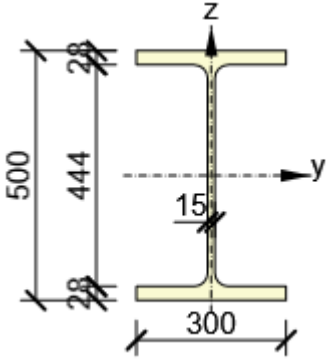
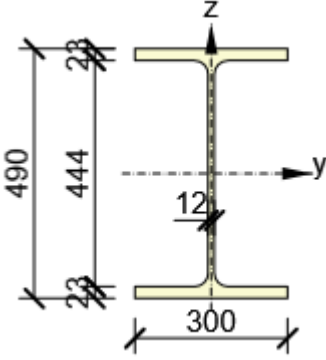
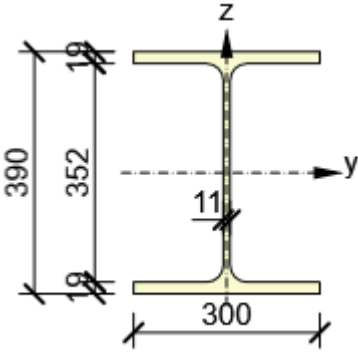


Sections transversales

Nom	Matériau
11 - HEB500	S 275
7 - HEA500	S 275
12 - HEA400	S 275

Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin

11 - HEB500	S 275	
7 - HEA500	S 275	
12 - HEA400	S 275	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M22 10.9	M22 10.9	22	1000,0	380
M20 10.9	M20 10.9	20	1000,0	314

Chargements (efforts en équilibre)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
ELU(1)	Barre_2178	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Barre_3029	0,0	0,0	-133,4	0,0	-142,5	0,0
	Barre_3030	0,0	0,0	-141,7	0,0	163,0	0,0
	B168	0,0	0,0	-22,3	0,0	-77,9	0,0
	B169	0,0	0,0	50,8	0,0	-69,1	0,0
W(2)	Barre_2178	2391,3	-0,2	-3,0	0,0	-4,4	0,4

	Barre_3029	0,0	0,0	-71,6	0,0	-75,2	0,0
	Barre_3030	0,0	0,0	-76,5	0,0	87,1	0,0
	B168	0,0	0,0	-38,1	0,0	-35,2	0,0
	B169	0,0	0,0	-38,7	0,0	35,7	0,0

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	1,4 < 5,0%	OK
Boulons	41,5 < 100%	OK
Soudures	98,4 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

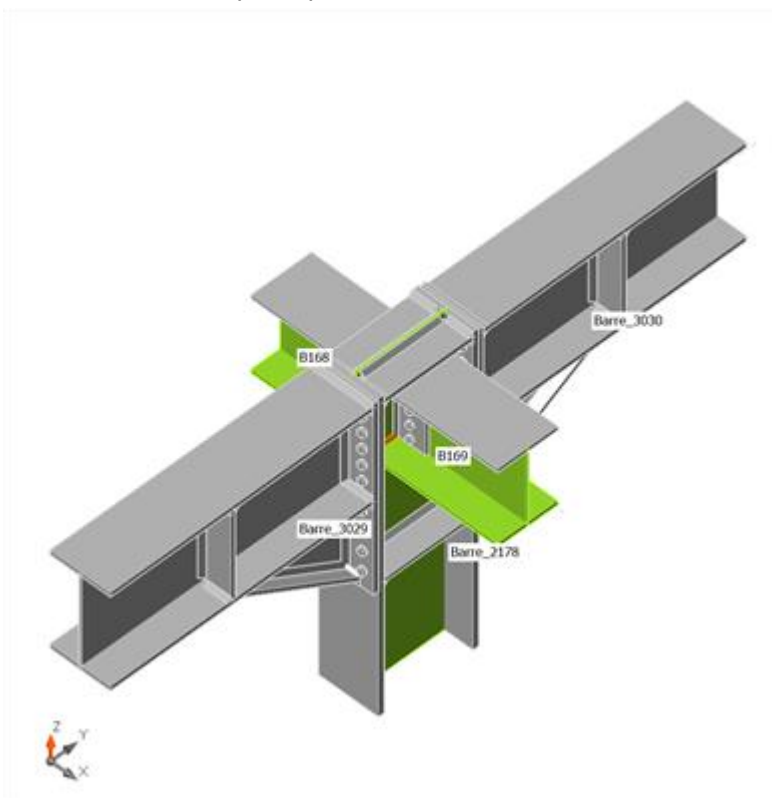
Nom	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat
Barre_2178-bfl 1	28,0	ELU(1)	195,8	0,0	15,5	OK
Barre_2178-tfl 1	28,0	ELU(1)	203,1	0,0	14,6	OK
Barre_2178-w 1	14,5	ELU(1)	277,9	1,4	0,0	OK
Barre_3029-bfl 1	23,0	ELU(1)	31,7	0,0	0,0	OK
Barre_3029-tfl 1	23,0	ELU(1)	66,8	0,0	0,0	OK
Barre_3029-w 1	12,0	ELU(1)	44,7	0,0	0,0	OK
Barre_3030-bfl 1	23,0	ELU(1)	31,5	0,0	0,0	OK
Barre_3030-tfl 1	23,0	ELU(1)	76,9	0,0	0,0	OK
Barre_3030-w 1	12,0	ELU(1)	47,5	0,0	0,0	OK
B168-bfl 1	19,0	ELU(1)	194,0	0,0	0,0	OK
B168-tfl 1	19,0	ELU(1)	245,6	0,0	0,0	OK
B168-w 1	11,0	ELU(1)	275,1	0,1	23,1	OK
B169-bfl 1	19,0	ELU(1)	190,8	0,0	0,0	OK
B169-tfl 1	19,0	ELU(1)	244,8	0,0	0,0	OK
B169-w 1	11,0	ELU(1)	275,2	0,1	2,9	OK
STIFF1a	25,0	ELU(1)	88,5	0,0	0,0	OK
STIFF1b	25,0	ELU(1)	126,0	0,0	0,0	OK
EP1	25,0	ELU(1)	166,7	0,0	17,1	OK
WID1a	20,0	ELU(1)	34,7	0,0	0,0	OK
WID1b	20,0	ELU(1)	70,7	0,0	0,0	OK
STIFF2a	20,0	ELU(1)	52,7	0,0	0,0	OK
STIFF2b	20,0	ELU(1)	18,4	0,0	0,0	OK
STIFF3a	20,0	ELU(1)	8,3	0,0	0,0	OK
STIFF3b	20,0	ELU(1)	14,6	0,0	0,0	OK
EP1	25,0	ELU(1)	184,3	0,0	18,0	OK
WID1a	20,0	ELU(1)	40,3	0,0	0,0	OK
WID1b	20,0	ELU(1)	77,9	0,0	0,0	OK
STIFF3a	20,0	ELU(1)	8,7	0,0	0,0	OK
STIFF3b	20,0	ELU(1)	15,0	0,0	0,0	OK
FP2	15,0	ELU(1)	104,5	0,0	3,0	OK
FP2	15,0	ELU(1)	89,6	0,0	68,4	OK

Données de conception

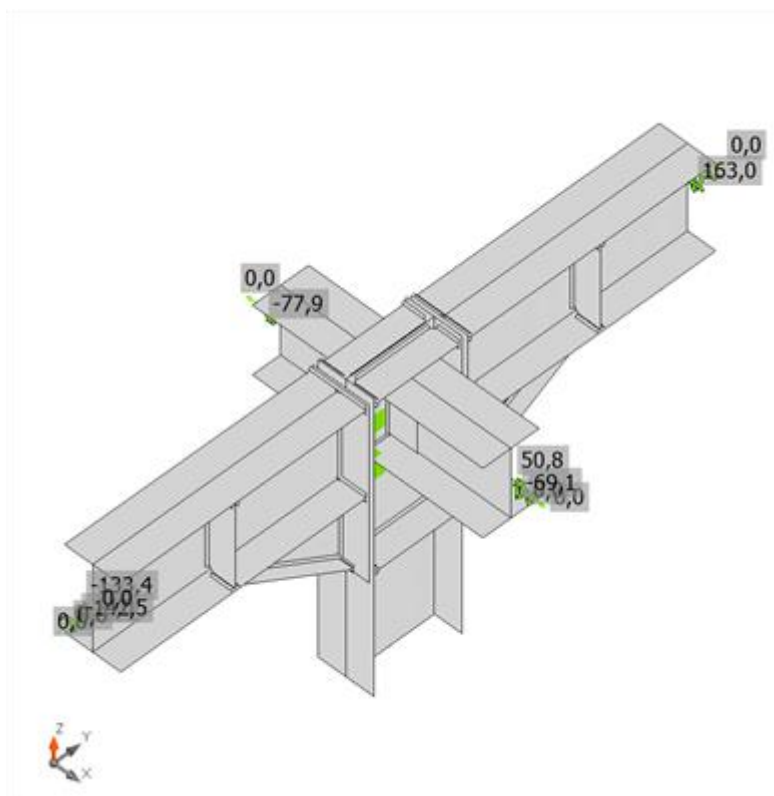
Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Explication des symboles

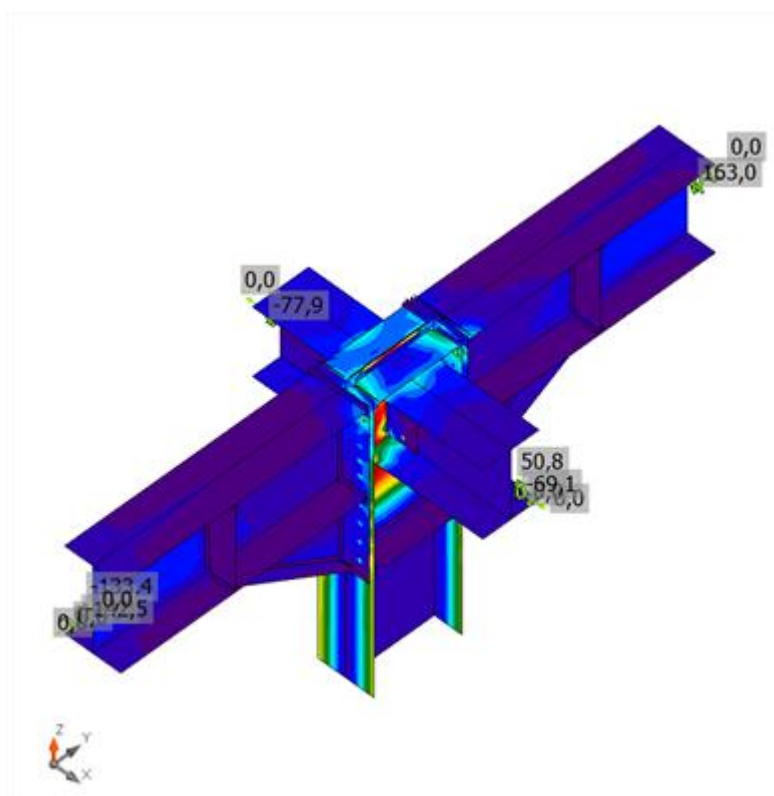
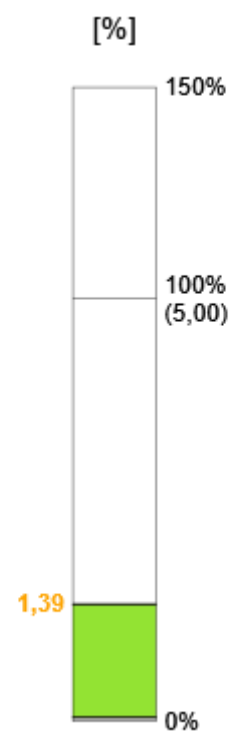
ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
σ_{cEd}	Contrainte de contact
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite



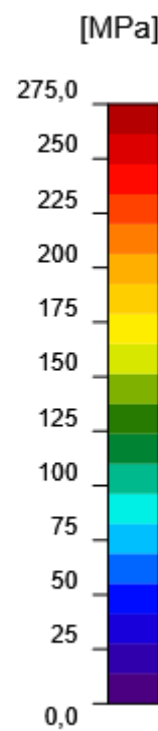
Vérification globale, ELU(1)



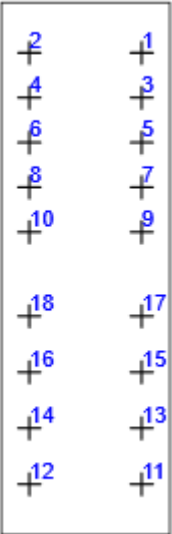
Vérification de déformation, ELU(1)



Contrainte équivalente, ELU(1)



Boulons

	Nom	Classe	Charges	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _{t,s} [%]	U _{t,ts} [%]	Résultat
	B1	M22 10.9 - 1	ELU(1)	68,1	20,1	31,2	396,1	16,6	38,9	OK
	B2	M22 10.9 - 1	ELU(1)	34,2	13,6	15,7	328,5	11,3	22,5	OK
	B3	M22 10.9 - 1	ELU(1)	11,3	16,3	5,2	473,0	13,4	17,1	OK
	B4	M22 10.9 - 1	ELU(1)	18,4	6,8	8,4	328,6	5,6	11,7	OK
	B5	M22 10.9 - 1	ELU(1)	10,9	13,4	5,0	407,3	11,1	14,7	OK
	B6	M22 10.9 - 1	ELU(1)	18,4	1,3	8,4	407,3	1,0	7,1	OK
	B7	M22 10.9 - 1	ELU(1)	5,5	11,7	2,5	388,3	9,7	11,5	OK
	B8	M22 10.9 - 1	ELU(1)	16,4	5,6	7,5	367,9	4,6	10,0	OK
	B9	M22 10.9 - 1	ELU(1)	1,1	11,8	0,5	330,1	9,8	10,1	OK
	B10	M22 10.9 - 1	ELU(1)	27,7	11,7	12,7	369,1	9,7	18,8	OK
	B11	M22 10.9 - 1	ELU(1)	2,7	17,4	1,2	369,0	14,4	15,3	OK
	B12	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,3	34,0	0,1	406,4	28,0	28,1	OK
	B13	M22 10.9 - 1	W(2)	0,2	5,3	0,1	473,0	4,3	4,4	OK
	B14	M22 10.9 - 1	ELU(1)	1,0	24,2	0,5	473,0	19,9	20,3	OK
	B15	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,0	6,9	0,0	328,5	5,7	5,7	OK
	B16	M22 10.9 - 1	ELU(1)	2,9	19,0	1,3	473,0	15,7	16,6	OK
	B17	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,0	11,1	0,0	328,5	9,2	9,2	OK
	B18	M22 10.9 - 1	ELU(1)	21,5	16,1	9,8	383,4	13,3	20,4	OK
	B19	M22 10.9 - 1	ELU(1)	42,2	13,7	19,3	328,5	11,3	25,1	OK
	B20	M22 10.9 - 1	ELU(1)	76,6	19,8	35,1	394,7	16,4	41,5	OK
	B21	M22 10.9 - 1	ELU(1)	20,4	6,9	9,4	328,9	5,7	12,4	OK
	B22	M22 10.9 - 1	ELU(1)	13,4	16,0	6,2	473,0	13,2	17,6	OK
	B23	M22 10.9 - 1	ELU(1)	20,1	1,4	9,2	407,3	1,1	7,7	OK
	B24	M22 10.9 - 1	ELU(1)	13,0	13,3	6,0	407,3	11,0	15,2	OK
	B25	M22 10.9 - 1	ELU(1)	17,7	5,5	8,1	367,9	4,6	10,4	OK
	B26	M22 10.9 - 1	ELU(1)	6,8	11,7	3,1	388,5	9,7	11,9	OK

	B27	M22 10.9 - 1	ELU(1)	28,8	11,7	13,2	369,4	9,7	19,1	OK
	B28	M22 10.9 - 1	ELU(1)	1,7	11,9	0,8	330,4	9,8	10,4	OK
	B29	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,3	35,9	0,2	412,6	29,6	29,7	OK
	B30	M22 10.9 - 1	ELU(1)	2,0	16,1	0,9	367,9	13,3	13,9	OK
	B31	M22 10.9 - 1	ELU(1)	1,0	25,6	0,4	473,0	21,1	21,4	OK
	B32	M22 10.9 - 1	W(2)	0,2	6,1	0,1	473,0	5,0	5,1	OK
	B33	M22 10.9 - 1	ELU(1)	3,3	19,8	1,5	473,0	16,3	17,4	OK
	B34	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,0	6,9	0,0	328,5	5,7	5,7	OK
	B35	M22 10.9 - 1	ELU(1)	22,5	16,4	10,3	386,0	13,5	20,9	OK
	B36	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,0	11,3	0,0	328,5	9,3	9,3	OK
	B37	M20 10.9 - 2	ELU(1)	3,8	1,7	2,1	153,4	1,7	3,2	OK
	B38	M20 10.9 - 2	ELU(1)	2,9	1,9	1,6	189,2	2,0	3,1	OK
	B39	M20 10.9 - 2	ELU(1)	1,9	4,3	1,1	114,3	4,4	5,2	OK
	B40	M20 10.9 - 2	ELU(1)	2,8	2,0	1,6	189,2	2,0	3,1	OK
	B41	M20 10.9 - 2	ELU(1)	1,5	3,0	0,9	143,8	3,1	3,7	OK
	B42	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,5	1,5	0,3	153,4	1,5	1,7	OK
	B43	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,9	1,5	0,5	153,4	1,6	2,0	OK
	B44	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,2	3,4	0,1	64,7	5,3	3,6	OK
	B45	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,5	1,6	0,3	152,9	1,6	1,9	OK
	B46	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,0	2,3	0,0	48,7	4,8	2,4	OK

Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M22 10.9 - 1	218,2	581,3	121,2
M20 10.9 - 2	176,4	226,6	98,0

Explication des symboles

- $F_{t,Rd}$ Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
- $F_{t,Ed}$ Effort de traction
- $B_{p,Rd}$ Résistance au cisaillement par poinçonnement
- V Résultante des efforts de cisaillement V_y , V_z dans le boulon
- $F_{v,Rd}$ Résistance au cisaillement du boulon EN 1993-1-8 tableau 3.4
- $F_{b,Rd}$ Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4

Ut_t Usage en traction
 Ut_s Utilisation en cisaillement

Soudures (Redistribution plastique)

Élément	Bord	Ép. gorg e [mm]	Longu eur [mm]	Charg es	$\sigma_{w,E}$ d [MP a]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MP a]	$\tau_{\parallel}$ [MP a]	$\tau_{\perp}$ [MP a]	Ut [%]	Ut _c [%]	Résul tat
Barre_21 78-bfl 1	STIFF1a	▲ 15, 0	116	ELU(1)	52,8	0, 0	-7,8	30,1	-0,4	13, 0	7,8	OK
		▲ 15, 0	116	ELU(1)	68,0	0, 0	8,0	-39,0	-0,6	16, 8	13, 0	OK
Barre_21 78-w 1	STIFF1a	▲ 15, 0	390	ELU(1)	58,0	0, 0	-3,7	33,4	-0,7	14, 3	7,6	OK
		▲ 15, 0	390	ELU(1)	79,0	0, 0	-9,5	-43,5	12,5	19, 5	14, 5	OK
Barre_21 78-tfl 1	STIFF1a	▲ 15, 0	116	ELU(1)	52,4	0, 0	-7,9	-29,9	0,5	13, 0	7,6	OK
		▲ 15, 0	116	ELU(1)	70,9	0, 0	7,5	40,7	0,9	17, 5	13, 2	OK
Barre_21 78-bfl 1	STIFF1b	▲ 15, 0	116	ELU(1)	110, 0	0, 0	11,5	-56,6	28,0	27, 2	21, 4	OK
		▲ 15, 0	116	ELU(1)	43,1	0, 0	6,4	22,4	10,1	10, 6	8,4	OK
Barre_21 78-w 1	STIFF1b	▲ 15, 0	390	ELU(1)	87,2	0, 0	1,0	48,0	15,2	21, 5	14, 2	OK
		▲ 15, 0	390	ELU(1)	60,2	0, 0	18,5	-32,8	-4,2	14, 9	9,1	OK
Barre_21 78-tfl 1	STIFF1b	▲ 15, 0	116	ELU(1)	106, 9	0, 0	10,8	55,4	26,5	26, 4	20, 6	OK
		▲ 15, 0	116	ELU(1)	43,2	0, 0	6,4	-22,9	9,3	10, 7	8,1	OK
EP1	Barre_30 29-bfl 1	▲ 15, 0	300	ELU(1)	28,5	0, 0	15,2	-8,2	11,2	7,0	3,6	OK
		▲ 15, 0	300	ELU(1)	20,7	0, 0	7,1	2,0	-11,1	5,1	3,2	OK
EP1	Barre_30 29-tfl 1	▲ 15, 0	300	ELU(1)	37,4	0, 0	-3,0	-20,6	6,4	9,2	5,5	OK
		▲ 15, 0	300	ELU(1)	42,8	0, 0	26,2	-14,1	-13,4	10, 6	6,4	OK
EP1	Barre_30 29-w 1	▲ 15, 0	467	ELU(1)	20,1	0, 0	5,9	-1,8	11,0	5,0	3,5	OK
		▲ 15, 0	467	ELU(1)	24,8	0, 0	9,2	-10,8	-7,8	6,1	3,7	OK
EP1	WID1a	▲ 15, 0	400	ELU(1)	25,7	0, 0	-10,9	10,9	-7,9	6,3	3,7	OK
		▲ 15, 0	400	ELU(1)	17,6	0, 0	-6,4	-0,9	9,4	4,4	1,8	OK
Barre_30 29-bfl 1	WID1a	▲ 15, 0	700	ELU(1)	13,7	0, 0	-2,9	-6,8	-3,7	3,4	2,4	OK
		▲ 15, 0	700	ELU(1)	18,3	0, 0	-6,5	8,1	5,7	4,5	2,7	OK
WID1b	WID1a	▲ 15, 0	806	ELU(1)	6,7	0, 0	-2,1	-3,7	-0,4	1,7	1,1	OK
		▲ 15, 0	806	ELU(1)	11,4	0, 0	0,0	6,4	1,6	2,8	1,3	OK

EP1	WID1b	▲15, 0▲	180	ELU(1)	111, 5	0, 0	- 24,5	13,8	- 61,3	27, 6	12, 6	OK
		▲15, 0▲	180	ELU(1)	79,7	0, 0	- 40,6	- 24,5	31,1	19, 7	8,7	OK
Barre_30 29-bfl 1	WID1b	▲15, 0▲	180	ELU(1)	53,3	0, 0	-1,1	7,2	- 29,9	13, 2	7,8	OK
		▲15, 0▲	180	ELU(1)	18,4	0, 0	-6,3	-7,2	6,9	4,5	2,7	OK
Barre_21 78-bfl 1	STIFF2a	▲15, 0▲	116	ELU(1)	51,6	0, 0	- 24,4	7,5	- 25,1	12, 7	9,4	OK
		▲15, 0▲	116	ELU(1)	41,3	0, 0	- 20,6	-5,2	20,0	10, 2	8,2	OK
Barre_21 78-w 1	STIFF2a	▲15, 0▲	390	ELU(1)	6,0	0, 0	2,5	-2,8	1,4	1,5	1,1	OK
		▲15, 0▲	390	ELU(1)	7,7	0, 0	-0,9	4,3	0,7	1,9	1,0	OK
Barre_21 78-tfl 1	STIFF2a	▲15, 0▲	116	ELU(1)	49,6	0, 0	- 23,6	-7,2	- 24,1	12, 3	9,1	OK
		▲15, 0▲	116	ELU(1)	37,7	0, 0	- 18,8	4,6	18,3	9,3	7,6	OK
Barre_21 78-bfl 1	STIFF2b	▲15, 0▲	116	ELU(1)	14,6	0, 0	-0,9	8,2	1,9	3,6	3,4	OK
		▲15, 0▲	116	ELU(1)	14,4	0, 0	-2,7	8,1	1,0	3,6	3,1	OK
Barre_21 78-w 1	STIFF2b	▲15, 0▲	390	ELU(1)	15,5	0, 0	-1,4	-8,9	0,2	3,8	1,5	OK
		▲15, 0▲	390	ELU(1)	11,2	0, 0	-0,2	6,2	1,8	2,8	1,4	OK
Barre_21 78-tfl 1	STIFF2b	▲15, 0▲	116	ELU(1)	14,9	0, 0	-0,7	-8,4	2,1	3,7	3,2	OK
		▲15, 0▲	116	ELU(1)	14,7	0, 0	-1,6	-8,4	-0,4	3,6	3,2	OK
Barre_30 29-bfl 1	STIFF3a	▲15, 0▲	117	W(2)	5,3	0, 0	-2,8	0,0	-2,6	1,3	0,8	OK
		▲15, 0▲	117	W(2)	2,7	0, 0	-1,0	0,6	1,3	0,7	0,4	OK
Barre_30 29-w 1	STIFF3a	▲15, 0▲	390	ELU(1)	5,1	0, 0	1,3	2,8	0,0	1,3	0,6	OK
		▲15, 0▲	390	ELU(1)	5,8	0, 0	-1,4	-3,2	0,1	1,4	0,4	OK
Barre_30 29-tfl 1	STIFF3a	▲15, 0▲	117	ELU(1)	1,8	0, 0	1,3	0,6	0,2	0,4	0,3	OK
		▲15, 0▲	117	ELU(1)	3,7	0, 0	-2,6	-0,5	1,5	0,9	0,6	OK
Barre_30 29-bfl 1	STIFF3b	▲15, 0▲	117	ELU(1)	9,4	0, 0	-4,2	-0,7	-4,8	2,3	1,3	OK
		▲15, 0▲	117	ELU(1)	14,7	0, 0	-7,8	-0,4	7,2	3,6	2,2	OK
Barre_30 29-w 1	STIFF3b	▲15, 0▲	390	ELU(1)	3,9	0, 0	1,1	-2,2	-0,2	1,0	0,7	OK
		▲15, 0▲	390	ELU(1)	4,1	0, 0	-2,0	2,0	0,7	1,0	0,6	OK
Barre_30 29-tfl 1	STIFF3b	▲15, 0▲	117	ELU(1)	4,6	0, 0	-2,6	1,5	-1,7	1,1	0,9	OK
		▲15, 0▲	117	ELU(1)	4,1	0, 0	1,7	-1,9	-0,8	1,0	0,6	OK
EP1	Barre_30 30-bfl 1	▲15, 0▲	300	ELU(1)	28,6	0, 0	15,1	8,2	11,4	7,1	3,6	OK

		▲ 15,0	300	ELU(1)	21,2	0,0	-8,2	-6,4	9,4	5,2	3,4	OK
EP1	Barre_30 30-tfl 1	▲ 15,0	300	ELU(1)	42,8	0,0	-3,5	23,4	7,8	10,6	6,5	OK
		▲ 15,0	300	ELU(1)	48,5	0,0	29,7	15,9	-15,4	12,0	7,6	OK
EP1	Barre_30 30-w 1	▲ 15,0	467	ELU(1)	23,1	0,0	8,8	1,1	12,3	5,7	3,7	OK
		▲ 15,0	467	ELU(1)	25,8	0,0	11,5	10,0	-8,9	6,4	3,8	OK
EP1	WID1a	▲ 15,0	400	ELU(1)	18,3	0,0	-6,9	1,8	-9,6	4,5	1,9	OK
		▲ 15,0	400	ELU(1)	26,9	0,0	-10,6	-11,9	8,0	6,7	3,9	OK
Barre_30 30-bfl 1	WID1a	▲ 15,0	700	ELU(1)	20,8	0,0	-7,2	-9,3	-6,3	5,1	3,0	OK
		▲ 15,0	700	ELU(1)	16,1	0,0	-3,5	7,9	4,4	4,0	2,7	OK
WID1b	WID1a	▲ 15,0	806	ELU(1)	12,8	0,0	-1,2	-7,1	-1,8	3,2	1,5	OK
		▲ 15,0	806	ELU(1)	8,0	0,0	-0,5	4,6	-0,1	2,0	1,3	OK
EP1	WID1b	▲ 15,0	180	ELU(1)	117,1	0,0	-25,2	-14,4	-64,5	28,9	13,9	OK
		▲ 15,0	180	ELU(1)	84,3	0,0	-43,1	25,8	33,0	20,8	9,6	OK
Barre_30 30-bfl 1	WID1b	▲ 15,0	180	ELU(1)	61,8	0,0	-1,5	-8,2	-34,7	15,3	9,4	OK
		▲ 15,0	180	ELU(1)	21,0	0,0	-7,3	8,1	7,9	5,2	3,1	OK
Barre_30 30-bfl 1	STIFF3a	▲ 15,0	117	W(2)	3,5	0,0	-1,6	-0,6	-1,7	0,9	0,5	OK
		▲ 15,0	117	ELU(1)	6,1	0,0	-3,1	0,2	3,0	1,5	1,0	OK
Barre_30 30-w 1	STIFF3a	▲ 15,0	390	ELU(1)	6,2	0,0	-1,2	3,5	0,0	1,5	0,4	OK
		▲ 15,0	390	ELU(1)	5,7	0,0	1,4	-3,2	-0,2	1,4	0,7	OK
Barre_30 30-tfl 1	STIFF3a	▲ 15,0	117	ELU(1)	4,2	0,0	-2,7	0,8	-1,6	1,0	0,6	OK
		▲ 15,0	117	ELU(1)	2,0	0,0	1,1	-0,9	0,0	0,5	0,3	OK
Barre_30 30-bfl 1	STIFF3b	▲ 15,0	117	ELU(1)	16,0	0,0	-8,3	0,4	-7,9	4,0	2,3	OK
		▲ 15,0	117	ELU(1)	11,1	0,0	-5,2	0,9	5,6	2,7	1,5	OK
Barre_30 30-w 1	STIFF3b	▲ 15,0	390	ELU(1)	4,9	0,0	-2,2	-2,3	-0,9	1,2	0,7	OK
		▲ 15,0	390	ELU(1)	4,6	0,0	0,9	2,6	0,4	1,1	0,8	OK
Barre_30 30-tfl 1	STIFF3b	▲ 15,0	117	ELU(1)	4,4	0,0	1,6	2,3	0,7	1,1	0,6	OK
		▲ 15,0	117	ELU(1)	5,2	0,0	-2,8	-1,8	1,9	1,3	1,0	OK
Barre_21 78-w 1	B169-bfl 1	▲ 10,0	300	ELU(1)	398,0	0,8	70,1	215,7	67,9	98,3	61,8	OK
		▲ 10,0	300	ELU(1)	398,2	1,0	89,1	204,7	-91,1	98,4	61,0	OK

Barre_21 78-w 1	B169-tfl 1	▲ 10, 0▲	300	ELU(1)	229, 6	0, 0	- 107, 2	22,4	- 115, 1	56, 7	39, 2	OK
		▲ 10, 0▲	300	ELU(1)	107, 9	0, 0	38,5	55,1	- 18,7	26, 7	18, 0	OK
Barre_21 78-w 1	B169-w 1	▲ 10, 0▲	331	ELU(1)	121, 3	0, 0	54,3	29,4	- 55,3	30, 0	11, 1	OK
		▲ 10, 0▲	331	ELU(1)	118, 6	0, 0	54,1	- 30,0	53,0	29, 3	11, 1	OK
Barre_21 78-w 1	FP2	▲ 10, 0▲	350	ELU(1)	148, 1	0, 0	14,1	- 82,0	22,8	36, 6	9,8	OK
		▲ 10, 0▲	350	ELU(1)	144, 4	0, 0	8,7	- 82,6	-9,6	35, 7	11, 1	OK
Barre_21 78-w 1	B168-bfl 1	▲ 10, 0▲	300	ELU(1)	397, 9	0, 8	- 70,8	215, 3	- 69,0	98, 3	62, 7	OK
		▲ 10, 0▲	300	ELU(1)	398, 1	0, 9	- 89,6	204, 1	92,0	98, 4	62, 4	OK
Barre_21 78-w 1	B168-tfl 1	▲ 10, 0▲	300	ELU(1)	220, 1	0, 0	106, 5	23,7	108, 7	54, 4	40, 7	OK
		▲ 10, 0▲	300	ELU(1)	103, 6	0, 0	- 32,3	53,3	19,9	25, 6	14, 7	OK
Barre_21 78-w 1	B168-w 1	▲ 10, 0▲	331	ELU(1)	131, 1	0, 0	- 61,2	40,6	53,3	32, 4	12, 6	OK
		▲ 10, 0▲	331	ELU(1)	131, 6	0, 0	- 52,2	- 35,3	- 60,2	32, 5	13, 4	OK
Barre_21 78-w 1	FP2	▲ 10, 0▲	330	ELU(1)	60,9	0, 0	- 27,8	2,2	- 31,2	15, 1	8,5	OK
		▲ 10, 0▲	330	ELU(1)	68,6	0, 0	3,7	- 38,4	9,7	17, 0	9,5	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Explication des symboles

ϵ_{PI}	Déformation
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{\parallel}$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
0.9σ	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilisation
U_{tc}	Utilisation de capacité de la soudure

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-04

Assemblage poteau poutre (type 1)

Données du projet

Nom de projet

Numéro du projet

Auteur

Description

Date29/05/2025

NormeEN

Matériau

Acier

S 275, S 275

Élément du projet CON-26

Conception

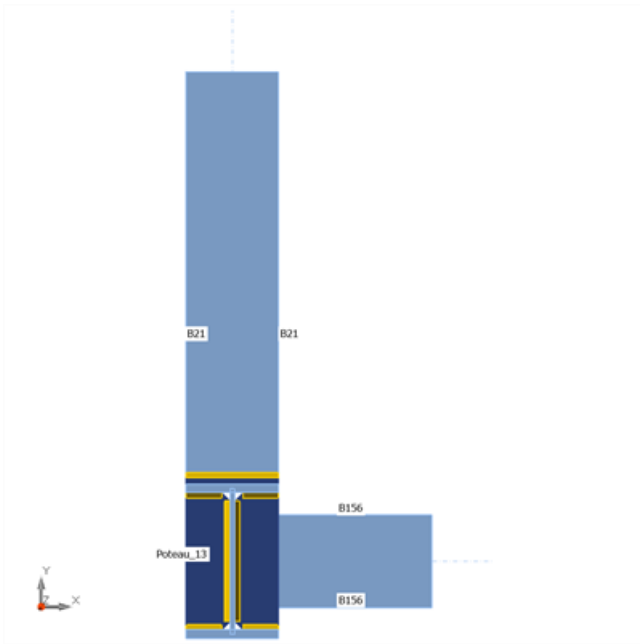
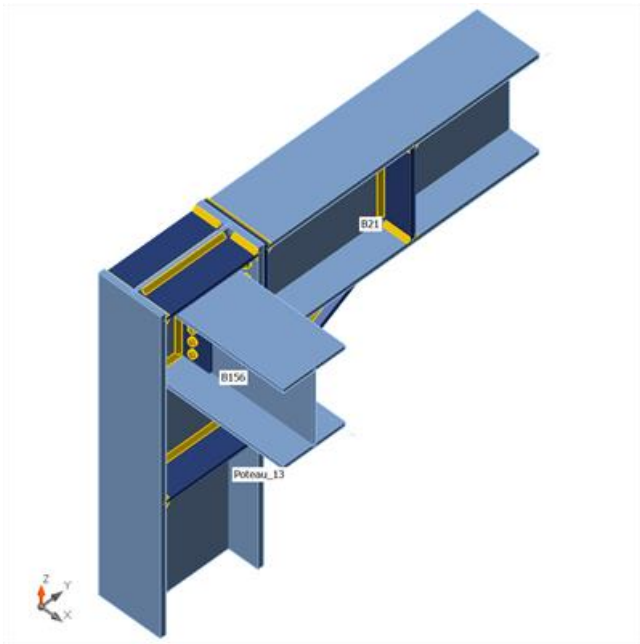
NomCON-26

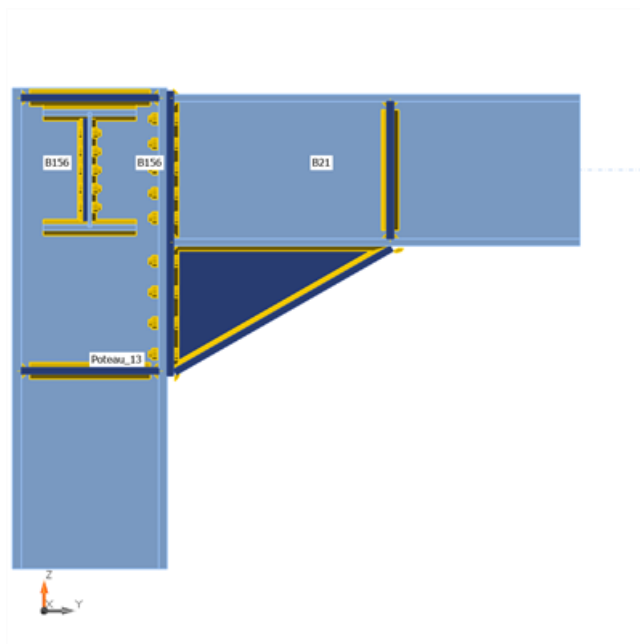
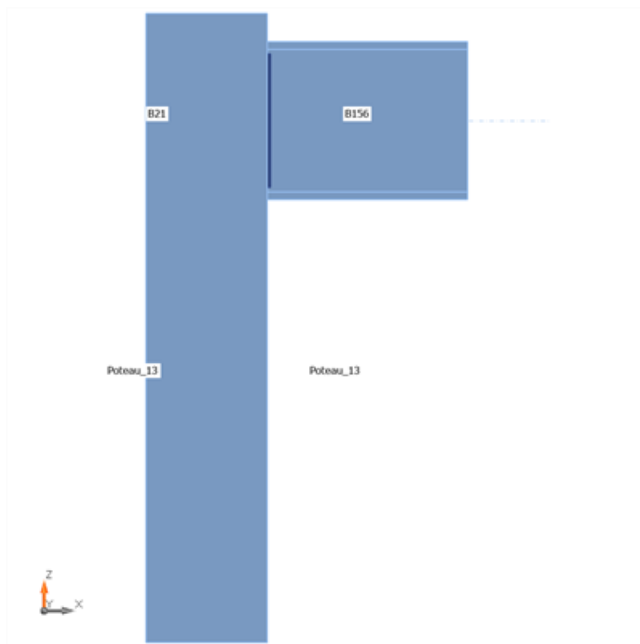
Description

AnalyseContrainte, déformation/ charges en équilibre

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
Poteau_13	11 - HEB500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position
B21	7 - HEA500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position
B156	12 - HEA400	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Position





Sections transversales

Nom	Matériau
11 - HEB500	S 275
7 - HEA500	S 275
12 - HEA400	S 275

Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin

11 - HEB500	S 275	
7 - HEA500	S 275	
12 - HEA400	S 275	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M22 10.9	M22 10.9	22	1000,0	380
M20 10.9	M20 10.9	20	1000,0	314

Chargements (efforts en équilibre)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
ELU(1)	Poteau_13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B21	0,0	0,0	-167,1	0,0	235,6	0,0
	B156	1,6	0,0	-77,5	0,0	99,8	0,0
W(2)	Poteau_13	1274,5	2,6	10,8	0,0	21,2	-4,9
	B21	0,0	0,0	44,2	0,0	-59,8	0,0
	B156	1,0	0,0	17,4	0,0	-27,5	0,0

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	0,2 < 5,0%	OK
Boulons	51,0 < 100%	OK
Soudures	90,1 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

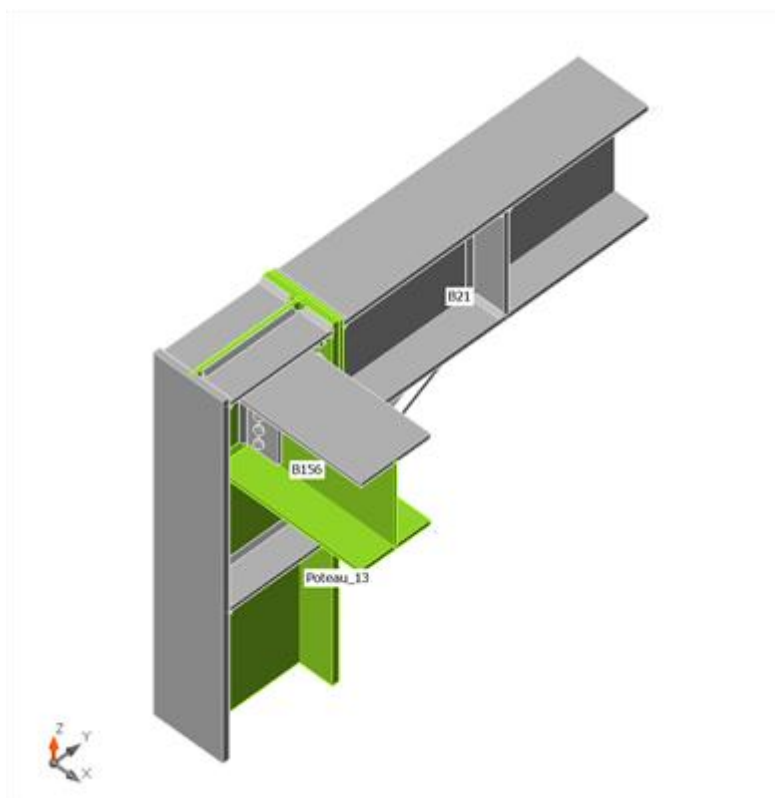
Nom	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat
Poteau_13-bfl 1	28,0	ELU(1)	241,8	0,0	29,9	OK
Poteau_13-tfl 1	28,0	ELU(1)	163,1	0,0	0,0	OK
Poteau_13-w 1	14,5	ELU(1)	275,4	0,2	0,0	OK
B21-bfl 1	23,0	ELU(1)	38,3	0,0	0,0	OK
B21-tfl 1	23,0	ELU(1)	144,1	0,0	0,0	OK
B21-w 1	12,0	ELU(1)	63,1	0,0	0,0	OK
B156-bfl 1	19,0	ELU(1)	246,9	0,2	0,0	OK
B156-tfl 1	19,0	ELU(1)	209,7	0,0	0,0	OK
B156-w 1	11,0	ELU(1)	275,1	0,0	6,5	OK
STIFF1a	20,0	ELU(1)	136,7	0,0	0,0	OK
STIFF1b	20,0	ELU(1)	92,8	0,0	0,0	OK
EP1	20,0	ELU(1)	271,3	0,0	45,8	OK
WID1a	20,0	ELU(1)	96,4	0,0	0,0	OK
WID1b	20,0	ELU(1)	126,1	0,0	0,0	OK
STIFF2a	20,0	ELU(1)	35,8	0,0	0,0	OK
STIFF2b	20,0	ELU(1)	45,7	0,0	0,0	OK
STIFF3a	23,0	ELU(1)	18,3	0,0	0,0	OK
STIFF3b	23,0	ELU(1)	12,1	0,0	0,0	OK
FP2	15,0	ELU(1)	36,9	0,0	15,2	OK

Données de conception

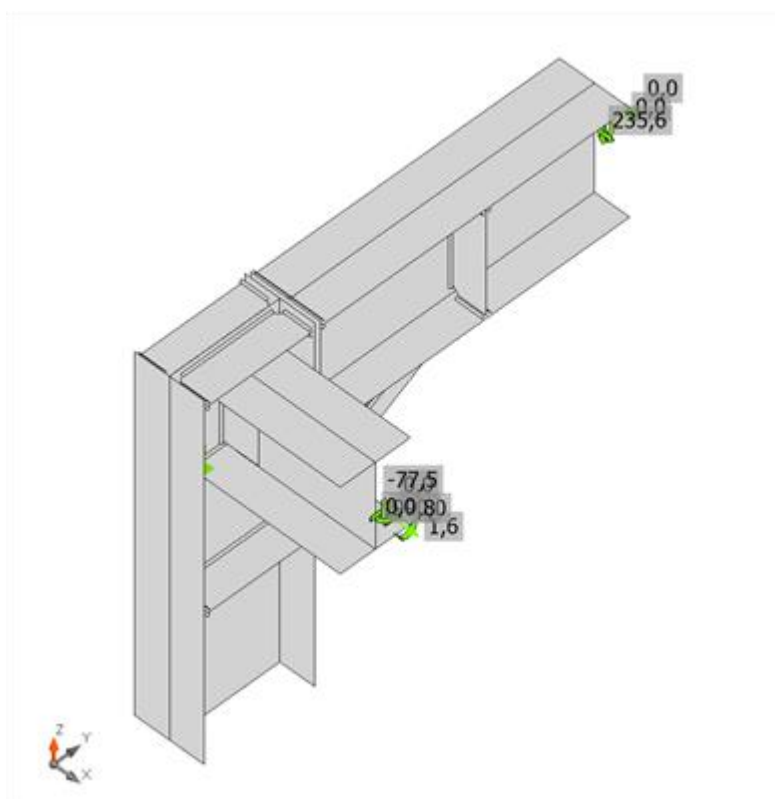
Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

Explication des symboles

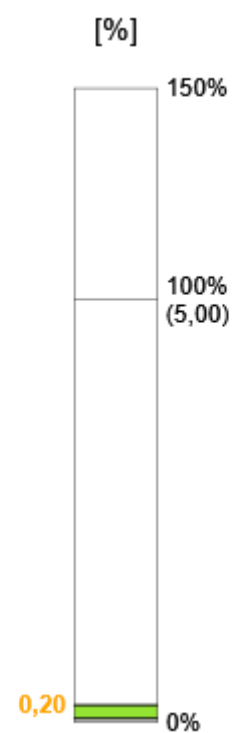
ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
$\sigma_{C_{Ed}}$	Contrainte de contact
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite

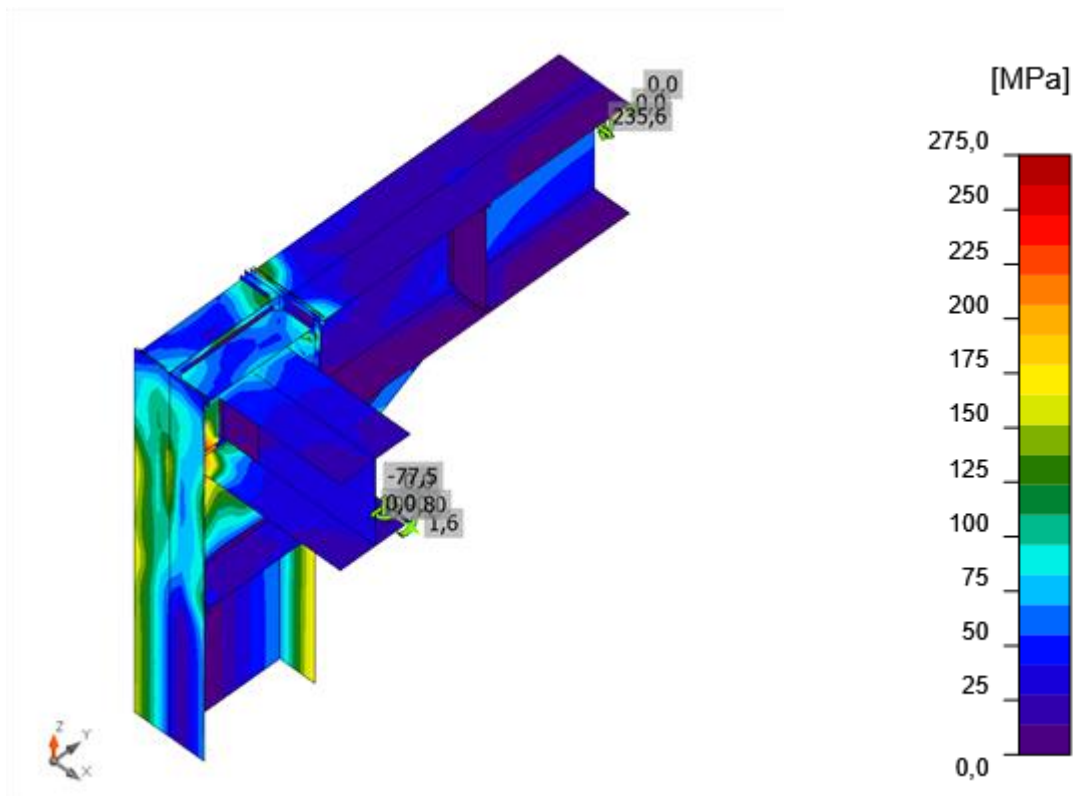


Vérification globale, ELU(1)



Vérification de déformation, ELU(1)

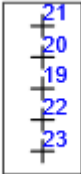




Contrainte équivalente, ELU(1)

Boulons

	Nom	Classe	Charges	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Résultat
	B1	M22 10.9 - 1	ELU(1)	111,2	10,2	51,0	378,4	5,6	42,0	OK
	B2	M22 10.9 - 1	ELU(1)	79,3	8,4	36,4	262,8	4,6	30,6	OK
	B3	M22 10.9 - 1	ELU(1)	25,6	10,5	11,8	325,8	5,7	14,1	OK
	B4	M22 10.9 - 1	ELU(1)	28,9	4,2	13,3	262,8	2,3	11,8	OK
	B5	M22 10.9 - 1	ELU(1)	25,5	9,8	11,7	325,8	5,3	13,7	OK
	B6	M22 10.9 - 1	ELU(1)	27,2	0,7	12,5	262,8	0,4	9,3	OK
	B7	M22 10.9 - 1	ELU(1)	16,2	9,5	7,4	344,8	5,2	10,5	OK
	B8	M22 10.9 - 1	ELU(1)	21,2	3,6	9,7	378,4	2,0	8,9	OK
	B9	M22 10.9 - 1	ELU(1)	8,5	9,3	3,9	289,7	5,1	7,9	OK
	B10	M22 10.9 - 1	ELU(1)	27,5	8,8	12,6	378,4	4,8	13,8	OK
	B11	M22 10.9 - 1	W(2)	18,0	3,6	8,2	262,8	2,0	7,9	OK
	B12	M22 10.9 - 1	ELU(1)	2,9	35,4	1,3	378,4	19,4	20,3	OK

	B13	M22 10.9 - 1	W(2)	10,2	1,8	4,7	378,4	1,0	4,3	OK
	B14	M22 10.9 - 1	ELU(1)	1,2	26,2	0,5	378,4	14,4	14,7	OK
	B15	M22 10.9 - 1	ELU(1)	0,9	7,4	0,4	282,0	4,1	4,4	OK
	B16	M22 10.9 - 1	ELU(1)	3,0	19,3	1,4	378,4	10,6	11,6	OK
	B17	M22 10.9 - 1	ELU(1)	3,0	8,6	1,4	271,0	4,7	5,7	OK
	B18	M22 10.9 - 1	ELU(1)	21,7	13,6	10,0	378,4	7,5	14,6	OK
	B19	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,3	1,0	0,2	124,7	1,0	1,1	OK
	B20	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,4	1,2	0,2	189,2	1,2	1,4	OK
	B21	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,4	2,2	0,2	184,8	2,2	2,4	OK
	B22	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,2	1,0	0,1	124,7	1,0	1,1	OK
	B23	M20 10.9 - 2	ELU(1)	0,0	1,4	0,0	159,5	1,4	1,4	OK

Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M22 10.9 - 1	218,2	465,1	182,4
M20 10.9 - 2	176,4	226,6	98,0

Explication des symboles

- $F_{t,Rd}$ Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
 $F_{t,Ed}$ Effort de traction
 $B_{p,Rd}$ Résistance au cisaillement par poinçonnement
 V Résultante des efforts de cisaillement V_y , V_z dans le boulon
 $F_{v,Rd}$ Résistance au cisaillement du boulon EN_1993-1-8 tableau 3.4
 $F_{b,Rd}$ Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4
 U_t Usage en traction
 U_s Utilisation en cisaillement

Soudures (Redistribution plastique)

Élément	Bord	Ép. gorg e [mm]	Longueur [mm]	Charges	$\sigma_{w,E d}$ [MP a]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MP a]	$\tau_{\parallel}$ [MP a]	$\tau_{\perp}$ [MP a]	U_t [%]	U_{tc} [%]	Résultat
Poteau_13-bfl 1	STIFF 1a	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	49,6	0, 0	-5,2	7,8	27,4	12, 3	11, 1	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	120, 5	0, 0	4,6	60,5	- 34,3	29, 8	24, 8	OK
Poteau_13-w 1	STIFF 1a	▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	54,2	0, 0	16,7	29,5	-3,8	13, 4	5,9	OK
		▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	103, 7	0, 0	-0,8	- 56,5	- 19,6	25, 6	14, 2	OK

Poteau_13-tfl 1	STIFF 1a	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	29,8	0, 0	8,7	11,7	- 11,6	7,4	6,4	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	75,3	0, 0	-7,0	- 41,2	- 13,3	18, 6	15, 0	OK
Poteau_13-bfl 1	STIFF 1b	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	52,6	0, 0	32,1	0,2	24,1	13, 0	12, 0	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	40,5	0, 0	-9,3	- 22,1	5,4	10, 0	6,9	OK
Poteau_13-w 1	STIFF 1b	▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	81,6	0, 0	-4,3	43,8	- 17,1	20, 2	12, 1	OK
		▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	38,9	0, 0	-4,9	- 20,9	-7,8	9,6	3,8	OK
Poteau_13-tfl 1	STIFF 1b	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	73,2	0, 0	11,5	- 40,7	-9,3	18, 1	14, 5	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	31,8	0, 0	-8,8	13,0	- 12,0	7,9	6,9	OK
EP1	B21-bfl 1	▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	29,3	0, 0	16,7	-7,6	11,6	7,2	3,6	OK
		▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	19,1	0, 0	-5,6	9,4	4,7	4,7	3,2	OK
EP1	B21-tfl 1	▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	83,1	0, 0	- 16,0	- 45,5	12,3	20, 5	13, 9	OK
		▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	108, 4	0, 0	66,8	- 31,3	- 38,1	26, 8	17, 7	OK
EP1	B21-w 1	▲ 12, 0▲	467	ELU(1)	44,7	0, 0	27,0	-7,4	19,2	11, 0	5,9	OK
		▲ 12, 0▲	467	ELU(1)	47,7	0, 0	16,9	6,8	- 24,8	11, 8	5,5	OK
EP1	WID1 a	▲ 12, 0▲	400	ELU(1)	83,5	0, 0	- 43,7	17,0	- 37,4	20, 6	9,8	OK
		▲ 12, 0▲	400	ELU(1)	66,1	0, 0	- 27,4	-8,7	33,7	16, 3	5,4	OK
B21-bfl 1	WID1 a	▲ 12, 0▲	700	ELU(1)	33,6	0, 0	-6,9	- 17,2	-8,1	8,3	5,4	OK
		▲ 12, 0▲	700	ELU(1)	45,5	0, 0	- 13,9	21,5	12,7	11, 2	6,6	OK
WID1b	WID1 a	▲ 12, 0▲	806	ELU(1)	26,1	0, 0	6,0	14,1	4,2	6,5	2,4	OK
		▲ 12, 0▲	806	ELU(1)	27,5	0, 0	-1,2	15,4	3,8	6,8	2,7	OK
EP1	WID1 b	▲ 12, 0▲	120	ELU(1)	172, 8	0, 0	- 58,8	16,5	- 92,3	42, 7	29, 3	OK
		▲ 12, 0▲	120	ELU(1)	98,8	0, 0	- 53,0	- 19,7	43,9	24, 4	16, 3	OK
B21-bfl 1	WID1 b	▲ 12, 0▲	120	ELU(1)	117, 7	0, 0	- 11,4	-0,5	- 67,7	29, 1	21, 3	OK
		▲ 12, 0▲	120	ELU(1)	45,6	0, 0	- 17,3	- 16,3	18,1	11, 3	7,8	OK
Poteau_13-bfl 1	STIFF 2a	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	26,2	0, 0	- 11,4	- 10,8	-8,2	6,5	4,5	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	35,3	0, 0	- 14,9	3,7	18,1	8,7	5,9	OK
Poteau_13-w 1	STIFF 2a	▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	15,8	0, 0	1,2	8,9	1,9	3,9	2,5	OK
		▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	23,1	0, 0	6,1	- 11,7	-5,4	5,7	2,9	OK
Poteau_13-tfl 1	STIFF 2a	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	28,7	0, 0	-5,1	15,7	4,4	7,1	5,4	OK

		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	28,0	0, 0	-5,0	14,5	-6,5	6,9	5,3	OK
Poteau_ 13-bfl 1	STIFF 2b	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	52,4	0, 0	- 27,8	1,5	- 25,6	12, 9	9,1	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	61,8	0, 0	- 28,9	-4,9	31,1	15, 3	9,7	OK
Poteau_ 13-w 1	STIFF 2b	▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	17,2	0, 0	-8,9	-6,1	-6,0	4,2	2,7	OK
		▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	17,6	0, 0	5,2	-6,9	-6,8	4,4	2,9	OK
Poteau_ 13-tfl 1	STIFF 2b	▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	20,4	0, 0	4,1	8,5	-7,8	5,1	4,9	OK
		▲ 12, 0▲	116	ELU(1)	30,5	0, 0	- 10,1	3,4	16,3	7,5	7,0	OK
B21-bfl 1	STIFF 3a	▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	16,7	0, 0	-8,7	-4,2	-7,1	4,1	3,1	OK
		▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	25,1	0, 0	- 11,4	-0,5	12,9	6,2	3,8	OK
B21-w 1	STIFF 3a	▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	8,9	0, 0	0,4	-4,9	-1,5	2,2	1,5	OK
		▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	10,0	0, 0	3,3	-5,0	-2,1	2,5	1,2	OK
B21-tfl 1	STIFF 3a	▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	10,4	0, 0	-5,4	3,5	-3,7	2,6	2,1	OK
		▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	7,1	0, 0	2,2	-3,9	-0,5	1,8	1,3	OK
B21-bfl 1	STIFF 3b	▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	16,7	0, 0	-9,0	-1,6	-7,9	4,1	2,1	OK
		▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	10,8	0, 0	-3,6	3,5	4,7	2,7	1,8	OK
B21-w 1	STIFF 3b	▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	10,9	0, 0	3,5	5,8	1,4	2,7	1,5	OK
		▲ 12, 0▲	390	ELU(1)	11,6	0, 0	-0,6	-6,5	-1,4	2,9	0,9	OK
B21-tfl 1	STIFF 3b	▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	5,0	0, 0	1,3	2,8	-0,4	1,2	0,9	OK
		▲ 12, 0▲	117	ELU(1)	8,2	0, 0	-4,7	-2,4	3,1	2,0	1,5	OK
Poteau_ 13-w 1	B156- bfl 1	▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	315, 4	0, 0	- 73,5	- 152, 1	- 90,7	77, 9	47, 5	OK
		▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	364, 8	0, 0	- 109, 0	- 180, 7	88,0	90, 1	47, 3	OK
Poteau_ 13-w 1	B156- tfl 1	▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	155, 1	0, 0	79,9	- 17,2	74,8	38, 3	30, 6	OK
		▲ 12, 0▲	300	ELU(1)	61,2	0, 0	- 15,5	34,2	1,1	15, 1	9,1	OK
Poteau_ 13-w 1	B156- w 1	▲ 12, 0▲	331	ELU(1)	66,0	0, 0	- 33,1	- 14,2	29,8	16, 3	5,0	OK
		▲ 12, 0▲	331	ELU(1)	67,0	0, 0	- 29,1	12,9	- 32,4	16, 6	5,3	OK
Poteau_ 13-w 1	FP2	▲ 12, 0▲	330	ELU(1)	36,1	0, 0	- 12,6	18,7	-5,7	8,9	3,2	OK
		▲ 12, 0▲	330	ELU(1)	33,2	0, 0	- 11,2	15,1	9,8	8,2	3,3	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Explication des symboles

ϵ_{PI}	Déformation
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{\parallel}$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
0.9σ	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilisation
Utc	Utilisation de capacité de la soudure

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1

Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-05

Assemblage CV- poutre

Données du projet

Nom de projet
Numéro du projet
Auteur
Description
Date 31/05/2025
Norme EN

Matériau

Acier S 355, S 275

Élément du projet CON1

Conception

Nom CON1
Description
Analyse Contrainte, déformation/ chargement simplifié

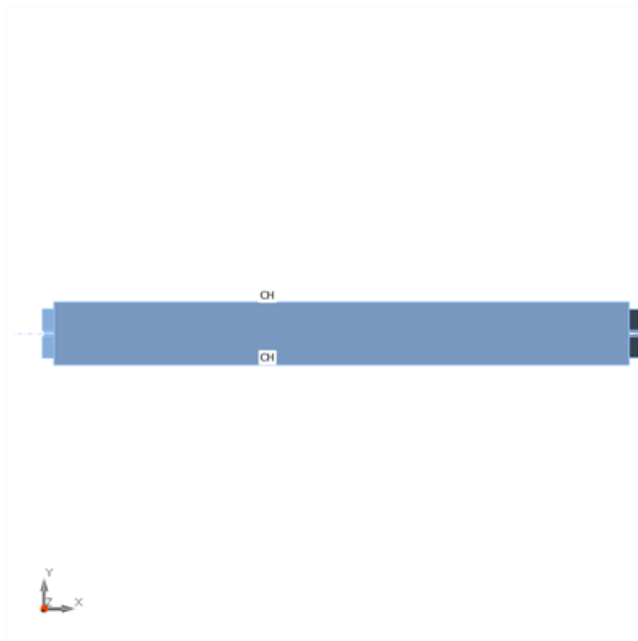
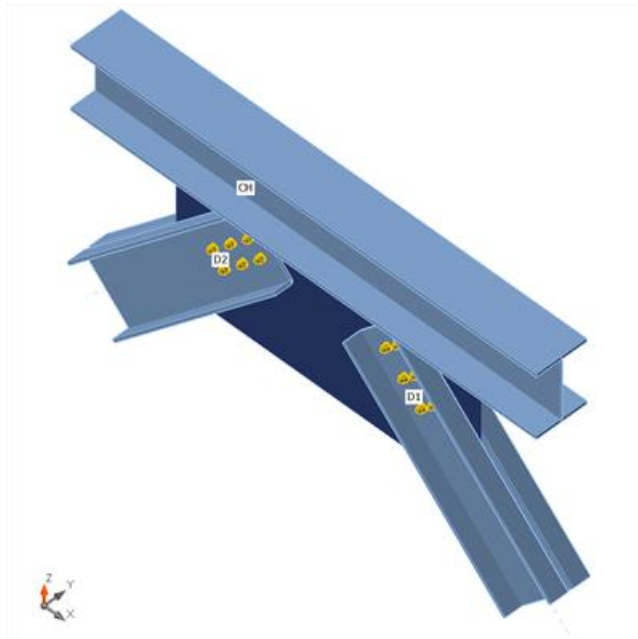
Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
CH	10 - HEA400	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Nœud
D1	5 - 2Uo(UNP400)	0,0	45,0	0,0	0	0	0	Nœud
D2	5 - 2Uo(UNP400)	180,0	45,0	0,0	0	0	0	Nœud

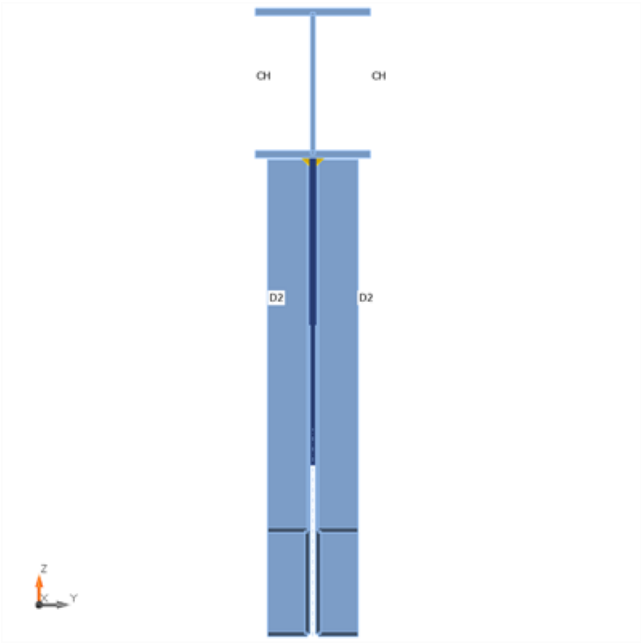
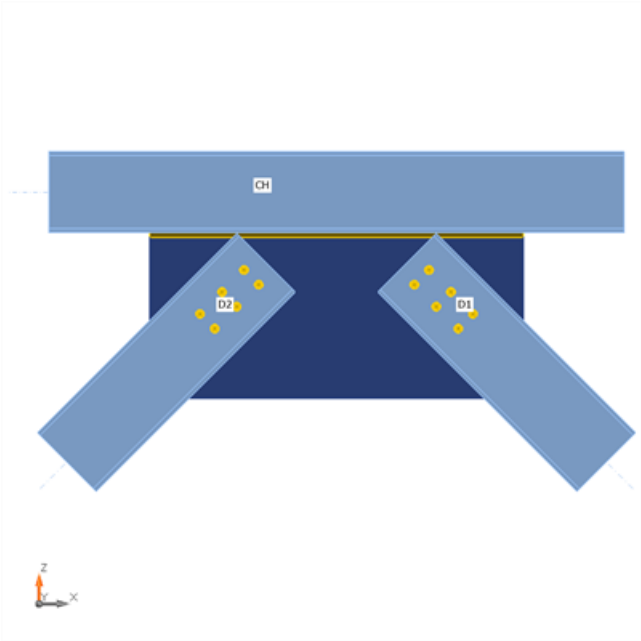
Projet :

Projet N° :

Auteur :



Projet :
Projet N° :
Auteur :



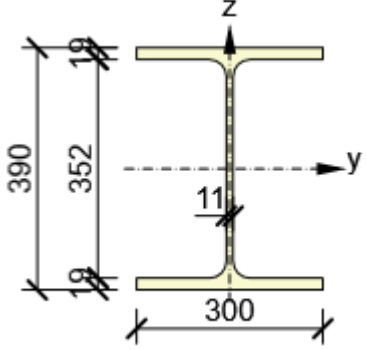
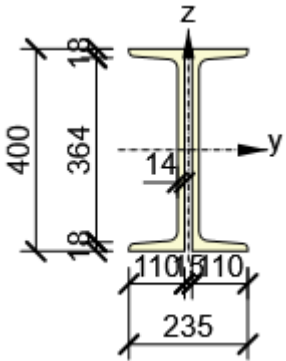
Sections transversales

Nom	Matériau
10 - HEA400	S 275
5 - 2Uo(UNP400)	S 275

Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin

Projet :
Projet N° :
Auteur :

10 - HEA400	S 275	
5 - 2Uo(UNP400)	S 275	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm²]
M24 10.9	M24 10.9	24	1000,0	452

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	D1	1148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	-1097,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	1,2 < 5,0%	OK
Boulons	62,7 < 100%	OK
Soudures	17,8 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

Nom	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat

Projet :

Projet N° :



Auteur :

CH-bfl 1	19,0	LE1	71,2	0,0	0,0	OK
CH-tfl 1	19,0	LE1	60,7	0,0	0,0	OK
CH-w 1	11,0	LE1	136,7	0,0	0,0	OK
D1-bfl 1	18,0	LE1	63,3	0,0	0,0	OK
D1-tfl 1	18,0	LE1	64,7	0,0	0,0	OK
D1-w 1	14,0	LE1	269,4	0,0	24,8	OK
D1-bfl 2	18,0	LE1	64,7	0,0	0,0	OK
D1-tfl 2	18,0	LE1	63,3	0,0	0,0	OK
D1-w 2	14,0	LE1	269,4	0,0	24,8	OK
D2-bfl 1	18,0	LE1	59,7	0,0	0,0	OK
D2-tfl 1	18,0	LE1	59,9	0,0	0,0	OK
D2-w 1	14,0	LE1	265,2	0,0	25,0	OK
D2-bfl 2	18,0	LE1	59,9	0,0	0,0	OK
D2-tfl 2	18,0	LE1	59,7	0,0	0,0	OK
D2-w 2	14,0	LE1	265,1	0,0	25,0	OK
SP1	15,0	LE1	277,5	1,2	25,0	OK

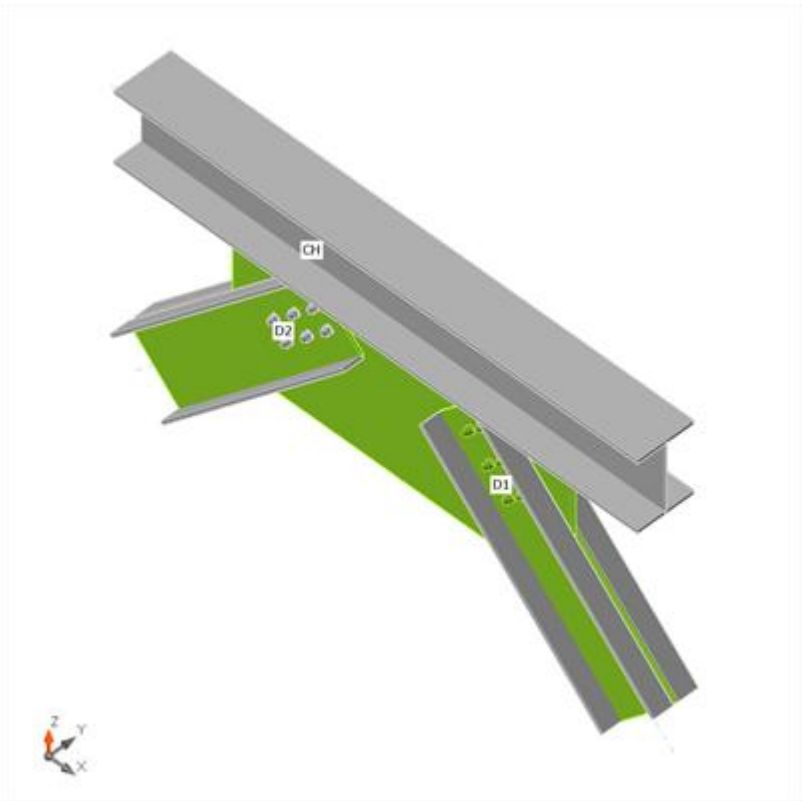
Données de conception

Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0

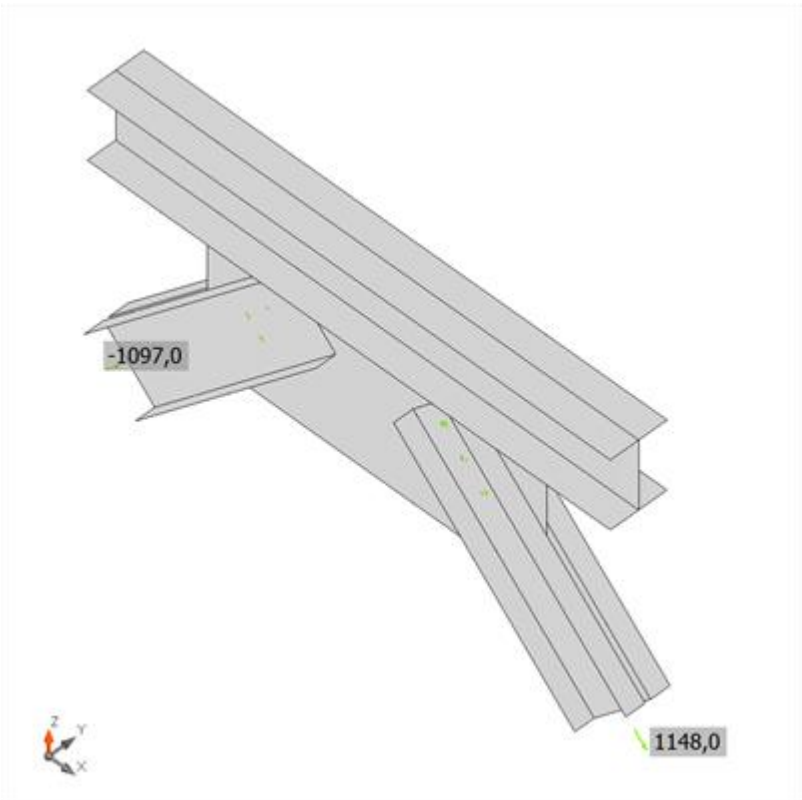
Explication des symboles

ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
σ_{cEd}	Contrainte de contact
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite

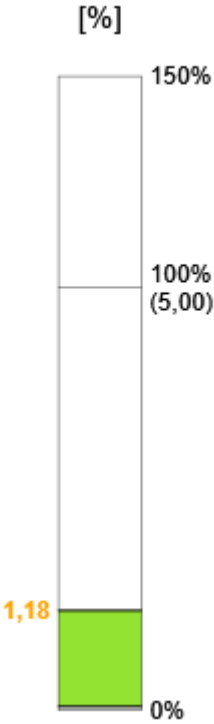
Projet :
Projet N° :
Auteur :



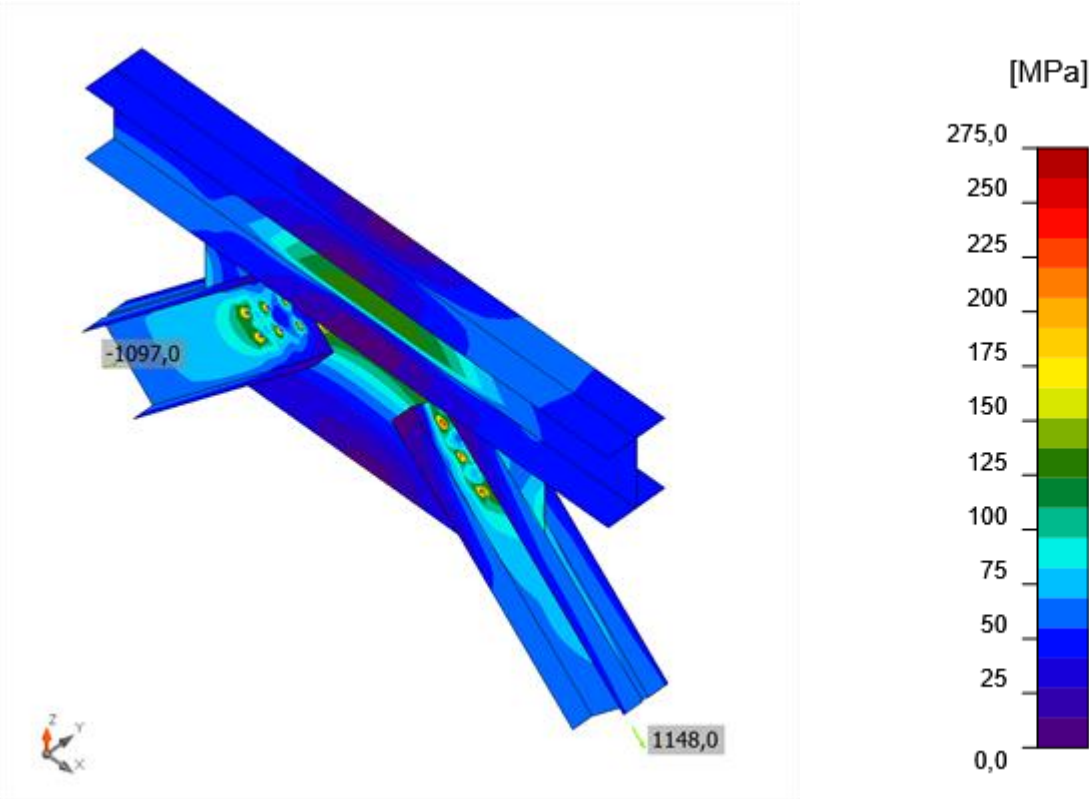
Vérification globale, LE1



Vérification de déformation, LE1



Projet :
Projet N° :
Auteur :



Contrainte équivalente, LE1

Boulons

	Nom	Charges	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _{t,t} [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _{t,s} [%]	U _{t,ts} [%]	Résultat
	B1	LE1	31,0	95,6	12,2	309,6	61,8	52,8	OK
	B2	LE1	17,5	94,3	6,9	309,6	60,9	48,4	OK
	B3	LE1	15,3	96,7	6,0	309,6	62,4	48,9	OK
	B4	LE1	30,2	95,8	11,9	309,6	61,9	52,6	OK
	B5	LE1	17,1	94,6	6,7	309,6	61,1	48,4	OK
	B6	LE1	15,2	97,0	6,0	309,6	62,7	49,0	OK
	B7	LE1	14,1	92,4	5,5	309,6	59,7	46,6	OK
	B8	LE1	14,1	90,1	5,6	309,6	58,2	45,5	OK
	B9	LE1	24,3	91,7	9,6	309,6	59,2	49,1	OK
	B10	LE1	14,2	92,6	5,6	309,6	59,8	46,7	OK
	B11	LE1	14,5	90,2	5,7	309,6	58,3	45,7	OK
	B12	LE1	25,6	91,5	10,1	309,6	59,1	49,4	OK

Données de conception

Nom	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M24 10.9 - 1	254,2	344,9	217,0

Explication des symboles

- F_{t,Rd} Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
- F_{t,Ed} Effort de traction
- B_{p,Rd} Résistance au cisaillement par poinçonnement

Projet :

Projet N° :

Auteur :

- V Résultante des efforts de cisaillement Vy, Vz dans le boulon
F_{v,Rd} Résistance au cisaillement du boulon EN_1993-1-8 tableau 3.4
F_{b,Rd} Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t Usage en traction
U_s Utilisation en cisaillement

Résultat détaillé pour B1

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 31,0 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
 $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
 $A_s = 353 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_{p,Rd}}{0,6\pi d_m t_p} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 31,0 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 38 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
 $t_p = 14 \text{ mm}$ – Épaisseur
 $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 95,6 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
 $\alpha_v = 0,60$ – Facteur de réduction
 $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
 $A = 452 \text{ mm}^2$ – Superficie brute de section transversale de boulon
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 191,2 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
 $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
 $e_2 = 230 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

Projet :
 Projet N° :
 Auteur :

$p_2 = 100 \text{ mm}$	– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
$d_0 = 26 \text{ mm}$	– Diamètre du trou du boulon
$e_1 = \infty \text{ mm}$	– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
$p_1 = 150 \text{ mm}$	– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$f_u = 430,0 \text{ MPa}$	– Résistance ultime
$d = 24 \text{ mm}$	– Diamètre nominal de moyen d'assemblage
$t = 15 \text{ mm}$	– Épaisseur de la platine
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 52,8 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 12,2 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 61,8 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B2

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 17,5 \text{ kN}$$

où :

$k_2 = 0,90$	– Facteur
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$A_s = 353 \text{ mm}^2$	– Zone d'effort de traction du boulon
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t f_u}{\gamma_{M2}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 17,5 \text{ kN}$$

où :

$d_m = 38 \text{ mm}$	– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
$t_p = 14 \text{ mm}$	– Épaisseur
$f_u = 430,0 \text{ MPa}$	– Résistance ultime
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 94,3 \text{ kN}$$

où :

$\beta_p = 1,00$	– Facteur de réduction

Projet :

Projet N° :

Auteur :

- $\alpha_v = 0,60$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 452 \text{ mm}^2$ – Superficie brute de section transversale de boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_v f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 188,6 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

$$e_2 = 373 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 150 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 48,4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 6,9 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 60,9 \%$$

Résultat détaillé pour B3

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 15,3 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0,90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad - \text{ Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_n t f_u}{\gamma_{M2}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 15,3 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 38 \text{ mm} \quad - \text{ Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 14 \text{ mm} \quad - \text{ Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 96,7 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad - \text{ Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad - \text{ Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2 \quad - \text{ Superficie brute de section transversale de boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 193,3 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

$$e_2 = 242 \text{ mm}$$

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

– Diamètre du trou du boulon

$$e_1 = 251 \text{ mm}$$

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 24 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 15 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Projet :

Projet N° :

Auteur :

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = 48,9 \quad \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 6,0 \quad \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 62,4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B4

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \quad \text{kN} \geq F_t = 30,2 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{– Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 353 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_{p,Rd}}{0,6\pi d_{eff} t_p} = 344,9 \quad \text{kN} \geq F_t = 30,2 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 38 \text{ mm} && \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 14 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \quad \text{kN} \geq V = 95,8 \quad \text{kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,60 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 452 \text{ mm}^2 && \text{– Superficie brute de section transversale de boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \quad \text{kN} \geq V = 191,7 \quad \text{kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

$$e_2 = 335 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 150 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 52,6 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 11,9 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 61,9 \%$$

Résultat détaillé pour B5

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 17,1 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t f_u}{\gamma_{M2}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 17,1 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 38 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 14 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 94,6 \text{ kN}$$

où :

$\beta_p = 1,00$	– Facteur de réduction
$\alpha_v = 0,60$	– Facteur de réduction
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$A = 452 \text{ mm}^2$	– Superficie brute de section transversale de boulon
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 189,3 \text{ kN}$$

où :

$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$	– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$	– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
$e_2 = \infty \text{ mm}$	– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
$p_2 = 100 \text{ mm}$	– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
$d_0 = 26 \text{ mm}$	– Diamètre du trou du boulon
$e_1 = \infty \text{ mm}$	– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
$p_1 = 150 \text{ mm}$	– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$	– Résistance à la traction ultime du boulon
$f_u = 430,0 \text{ MPa}$	– Résistance ultime
$d = 24 \text{ mm}$	– Diamètre nominal de moyen d'assemblage
$t = 15 \text{ mm}$	– Épaisseur de la platine
$\gamma_{M2} = 1,25$	– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 48,4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 6,7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 61,1 \%$$

Résultat détaillé pour B6

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 15,2 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{– Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 353 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_{p,Rd}}{0,6\pi d_{\perp} t_p f_u} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 15,2 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 38 \text{ mm} && \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 14 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 97,0 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,60 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 452 \text{ mm}^2 && \text{– Surface brute de section transversale de boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 194,1 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50 && \text{– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00 && \text{– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \\ e_2 &= 312 \text{ mm} && \text{– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ p_2 &= 100 \text{ mm} && \text{– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ d_0 &= 26 \text{ mm} && \text{– Diamètre du trou du boulon} \\ e_1 &= 322 \text{ mm} && \text{– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement} \\ p_1 &= \infty \text{ mm} && \text{– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \end{aligned}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 24 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 15 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4F_{v,Rd}} = 49,0 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 6,0 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{vs} = \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 62,7 \%$$

Résultat détaillé pour B7

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 14,1 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t f_u}{\gamma_{M2}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 14,1 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 38 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 14 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 92,4 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2 \quad \text{– Superficie brute de section transversale de boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_f d t f_u}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 184,8 \text{ kN}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

où :

$$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$$

$$e_2 = 251 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_1 = 259 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 46.6 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 5.5 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 59.7 \%$$

Résultat détaillé pour B8

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254.2 \text{ kN} \geq F_t = 14.1 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t f_c}{\gamma_{M2}} = 344.9 \text{ kN} \geq F_t = 14.1 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 38 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$\begin{aligned}t_p &= 14 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\\gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité}\end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 90,1 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned}\beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\\alpha_v &= 0,60 && \text{– Facteur de réduction} \\f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\A &= 452 \text{ mm}^2 && \text{– Superficie brute de section transversale de boulon} \\\gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité}\end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 180,3 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned}k_1 &= \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50 && \begin{aligned} &\text{– Facteur de distance au bord et} \\ &\text{d'espacement des boulons} \\ &\text{perpendiculairement à la direction du} \\ &\text{transfert de charge} \end{aligned} \\\alpha_b &= \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00 && \begin{aligned} &\text{– Facteur de pince et d'espacement des} \\ &\text{boulons dans la direction du transfert de} \\ &\text{charge} \end{aligned} \\e_2 &= \infty \text{ mm} && \begin{aligned} &\text{– Distance au bord de la platine} \\ &\text{perpendiculairement à l'effort de} \\ &\text{cisaillement} \end{aligned} \\p_2 &= 100 \text{ mm} && \text{– Entraxe perpendiculairement à l'effort} \\ &&& \text{de cisaillement} \\d_0 &= 26 \text{ mm} && \text{– Diamètre du trou du boulon} \\e_1 &= \infty \text{ mm} && \begin{aligned} &\text{– Distance au bord de la platine dans la} \\ &\text{direction de l'effort de cisaillement} \end{aligned} \\p_1 &= 150 \text{ mm} && \text{– Entraxe dans la direction de l'effort de} \\ &&& \text{cisaillement} \\f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du} \\ &&& \text{boulon} \\f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\d &= 24 \text{ mm} && \text{– Diamètre nominal de moyen} \\ &&& \text{d'assemblage} \\t &= 15 \text{ mm} && \text{– Épaisseur de la platine} \\\gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité}\end{aligned}$$

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 45,5 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 5,6 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 58,2 \%$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

Résultat détaillé pour B9

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 24,3 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{– Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 353 \text{ mm}^2 && \text{– Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_p R_d}{0,6 \pi d_n t_p f_u} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 24,3 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 38 \text{ mm} && \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 14 \text{ mm} && \text{– Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 91,7 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{– Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,60 && \text{– Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{– Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 452 \text{ mm}^2 && \text{– Superficie brute de section transversale de boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{– Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 183,3 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \text{– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00 && \text{– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge} \\ e_2 &= 413 \text{ mm} && \text{– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ p_2 &= 100 \text{ mm} && \text{– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement} \\ d_0 &= 26 \text{ mm} && \text{– Diamètre du trou du boulon} \\ e_1 &= \infty \text{ mm} && \text{– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement} \\ p_1 &= 150 \text{ mm} && \text{– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement} \end{aligned}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 24 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 15 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4F_{v,Rd}} = 49,1 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 9,6 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 59,2 \%$$

Résultat détaillé pour B10

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 14,2 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 14,2 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 38 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 14 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 92,6 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2 \quad \text{– Superficie brute de section transversale de boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 185,2 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$$

$$e_2 = 180 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_1 = 187 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4 F_{s,Rd}} = 46,7 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 5,6 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 59,8 \%$$

Résultat détaillé pour B11

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_u A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 14,5 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_u = 1000,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_{eff} t f_c}{\gamma_{M2}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 14,5 \text{ kN}$$

où :

Projet :

Projet N° :

Auteur :

- $d_m = 38 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 14 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 90,2 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1,00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0,60$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 452 \text{ mm}^2$ – Superficie brute de section transversale de boulon
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 180,4 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1,00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 286 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 100 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $d_0 = 26 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
- $e_1 = 297 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- $p_1 = 150 \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $d = 24 \text{ mm}$ – Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- $t = 15 \text{ mm}$ – Épaisseur de la platine
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 45,7 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 5,7 \%$$

Usage en cisaillement

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 58,3 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B12

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 254,2 \text{ kN} \geq F_t = 25,6 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 0,90 && \text{-- Facteur} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A_s &= 353 \text{ mm}^2 && \text{-- Zone d'effort de traction du boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$\frac{B_p R_d}{0,6 \pi d_{eff}} = 344,9 \text{ kN} \geq F_t = 25,6 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} d_m &= 38 \text{ mm} && \text{-- Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue} \\ t_p &= 14 \text{ mm} && \text{-- Épaisseur} \\ f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 217,0 \text{ kN} \geq V = 91,5 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1,00 && \text{-- Facteur de réduction} \\ \alpha_v &= 0,60 && \text{-- Facteur de réduction} \\ f_{ub} &= 1000,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance à la traction ultime du boulon} \\ A &= 452 \text{ mm}^2 && \text{-- Superficie brute de section transversale de boulon} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 309,6 \text{ kN} \geq V = 183,0 \text{ kN}$$

où :

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50 && \begin{aligned} &\text{-- Facteur de distance au bord et} \\ &\text{d'espacement des boulons} \\ &\text{perpendiculairement à la direction du} \\ &\text{transfert de charge} \end{aligned} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00 && \begin{aligned} &\text{-- Facteur de pince et d'espacement des} \\ &\text{boulons dans la direction du transfert de} \\ &\text{charge} \end{aligned} \\ e_2 &= 312 \text{ mm} && \text{-- Distance au bord de la platine} \\ &&& \text{perpendiculairement à l'effort de} \\ &&& \text{cisaillement} \\ p_2 &= 100 \text{ mm} && \text{-- Entraxe perpendiculairement à l'effort} \\ &&& \text{de cisaillement} \end{aligned}$$

Projet :

Projet N° :

Auteur :

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 150 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1,4F_{s,Rd}} = 49,4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 10,1 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 59,1 \%$$

Soudures (Redistribution plastique)

Éléme nt	Bor d	Ép. gorge [mm]	Longue ur [mm]	Charge s	$\sigma_{w,Ed}$ [MP a]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MP a]	$\tau_{\parallel}$ [MP a]	$\tau_{\perp}$ [MP a]	Ut [%]	Ut _c [%]	Résult at
CH-bfl 1	SP1	▲16,0 ▲	1800	LE1	72,0	0, 0	-8,3	40,4	8,3	17, 8	12, 8	OK
		▲16,0 ▲	1800	LE1	71,9	0, 0	-8,3	-40,4	-8,3	17, 8	12, 8	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 275	0,85	404,7	309,6

Explication des symboles

ϵ_{Pl}	Déformation
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{\parallel}$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
$0,9 \sigma$	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilisation
Ut _c	Utilisation de capacité de la soudure

Projet :
 Projet N° :
 Auteur :

Résultat détaillé pour CH-bfl 1 SP1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 72,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8,3 \text{ MPa}$$

où :

- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{72,0}{404,7} = 17,8 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 71,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8,3 \text{ MPa}$$

où :

- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{71,9}{404,7} = 17,8 \%$$

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5

Projet :

Projet N° :



Auteur :

Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-06

Assemblage CV- poteau

Données du projet

Nom de projet Conn-1
Numéro du projet
Auteur
Description
Date 07/06/2025
Norme EN

Matériau

Acier S 275, S 275

Élément du projet 6245 - 5517 - 6279

Conception

Nom 6245 - 5517 - 6279
Description
Analyse Contrainte, déformation/ charges en équilibre

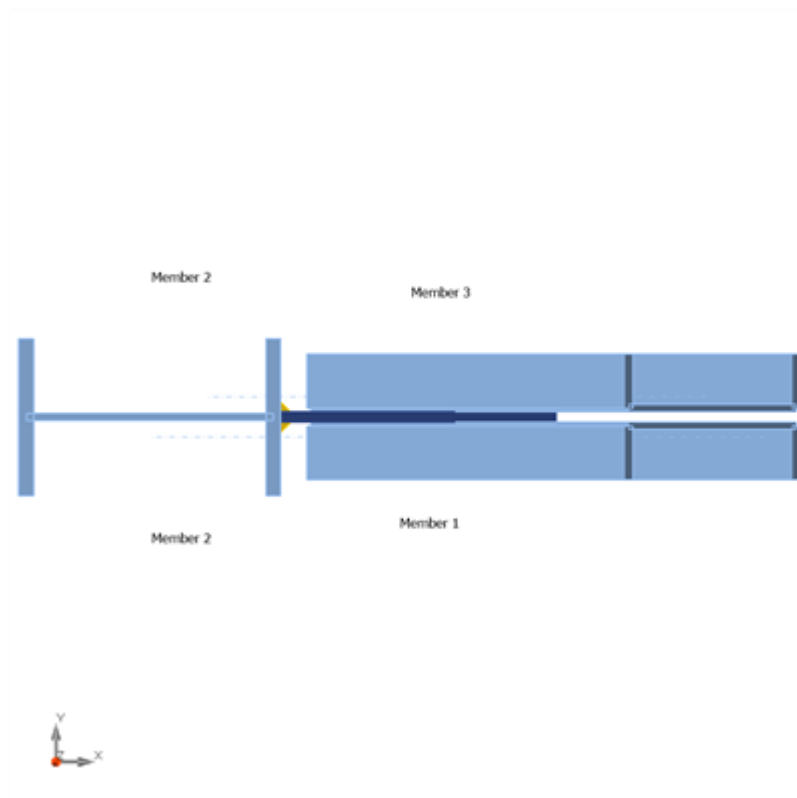
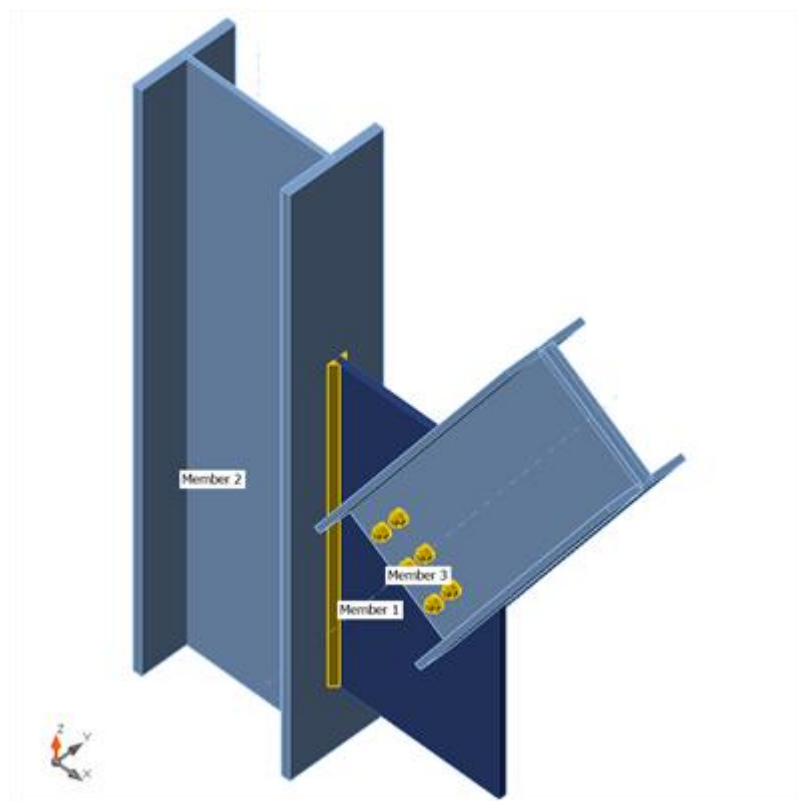
Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
Member 1	1 - UPN400	0.0	0.0	0.0	0	38	0	Position
Member 2	2 - HEB500	0.0	0.0	0.0	0	0	0	Position
Member 3	1 - UPN400	0.0	0.0	0.0	0	38	0	Position

Projet : Conn-1

Projet N° :

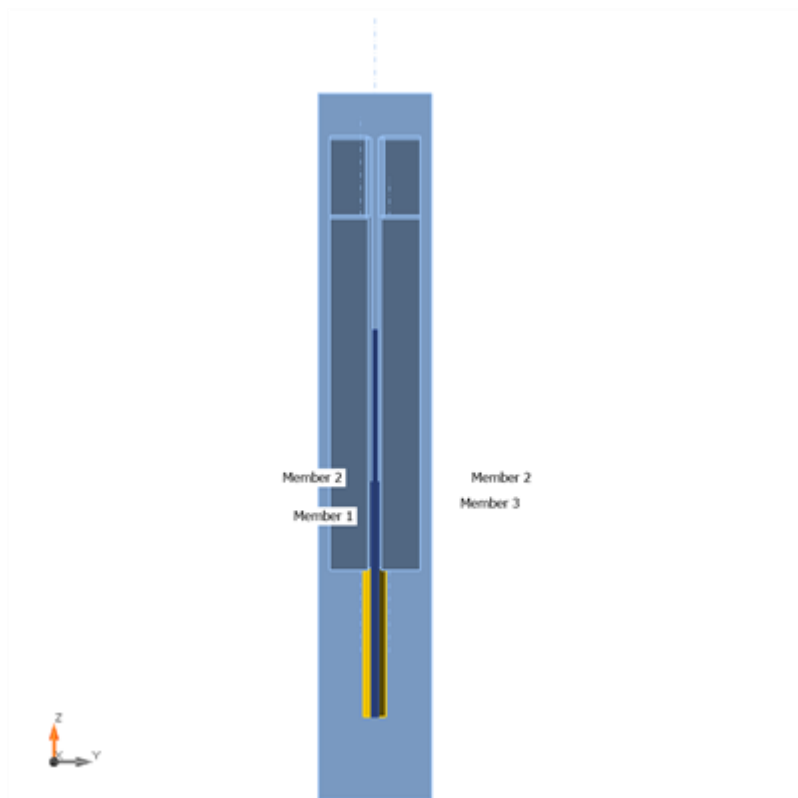
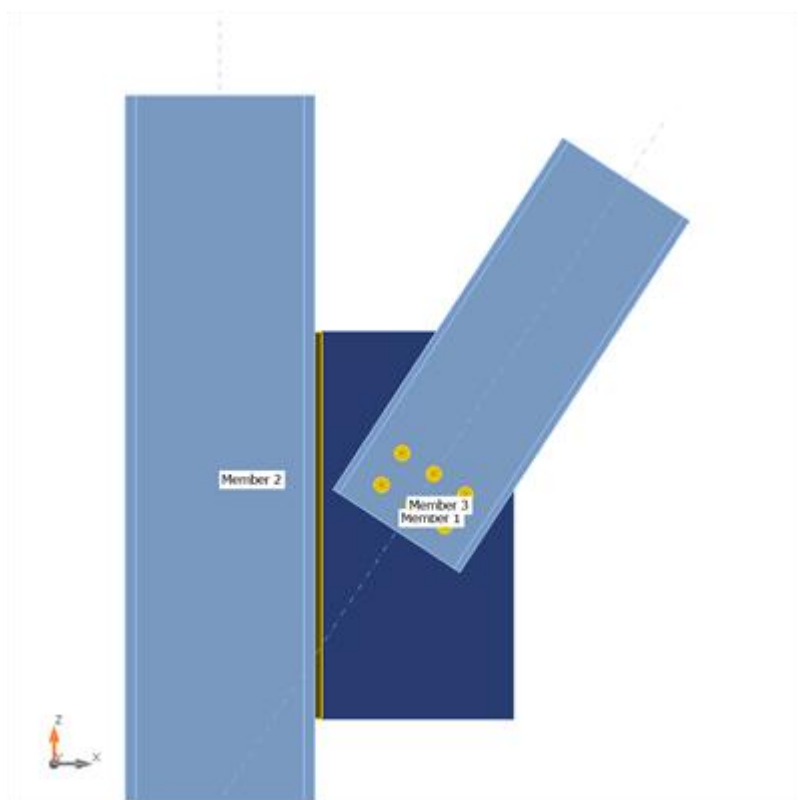
Auteur :



Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :



Sections transversales

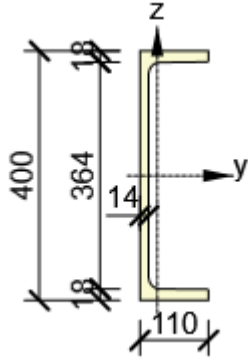
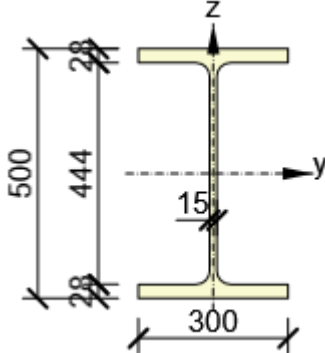
Nom	Matériau
1 - UPN400	S 275
2 - HEB500	S 275

Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin
1 - UPN400	S 275	
2 - HEB500	S 275	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M22 10.9	M22 10.9	22	1000.0	380

Chargements (efforts en équilibre)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
ELU	Member 1	548.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Member 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Member 3	-548.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100.0%	OK
Platines	0.3 < 5.0%	OK
Boulons	88.9 < 100%	OK
Soudures	82.1 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Projet : Conn-1

Projet N° :

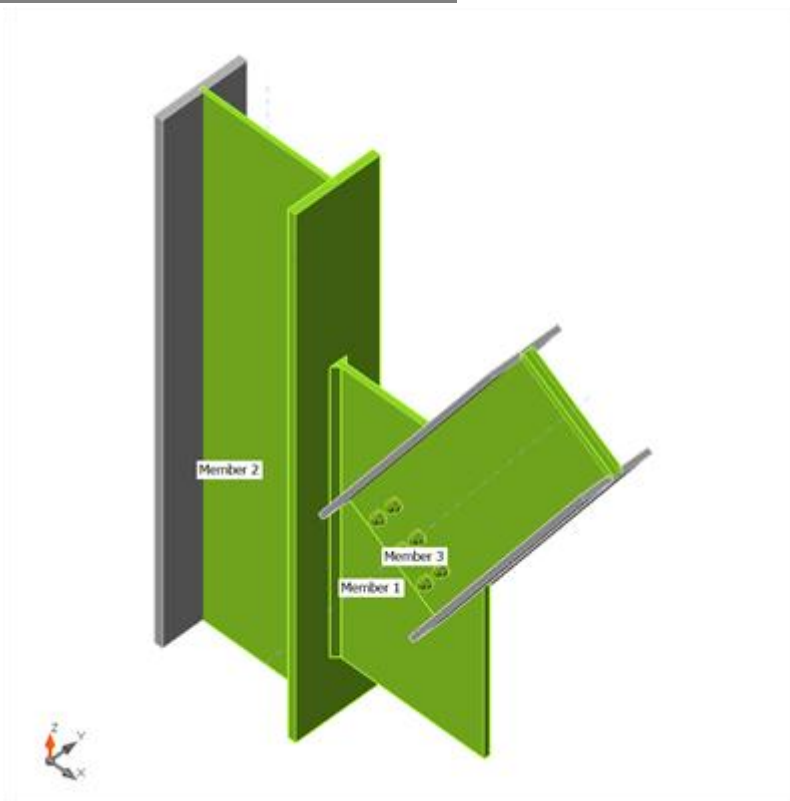
Auteur :

Platines

Nom	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat
Member 1-bfl 1	18.0	ELU	71.4	0.0	0.0	OK
Member 1-tfl 1	18.0	ELU	88.4	0.0	0.0	OK
Member 1-w 1	14.0	ELU	275.1	0.1	24.7	OK
Member 2-bfl 1	28.0	ELU	225.1	0.0	0.0	OK
Member 2-tfl 1	28.0	ELU	275.1	0.1	0.0	OK
Member 2-w 1	14.5	ELU	275.1	0.0	0.0	OK
Member 3-bfl 1	18.0	ELU	71.4	0.0	0.0	OK
Member 3-tfl 1	18.0	ELU	88.7	0.0	0.0	OK
Member 3-w 1	14.0	ELU	275.1	0.1	25.1	OK
Plate 1	20.0	ELU	275.5	0.3	28.2	OK

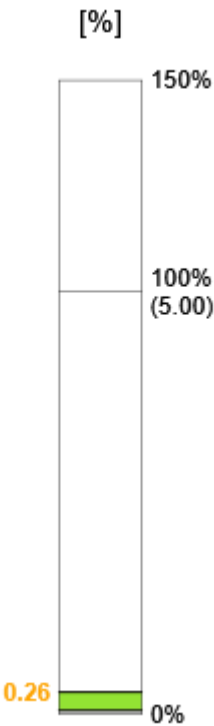
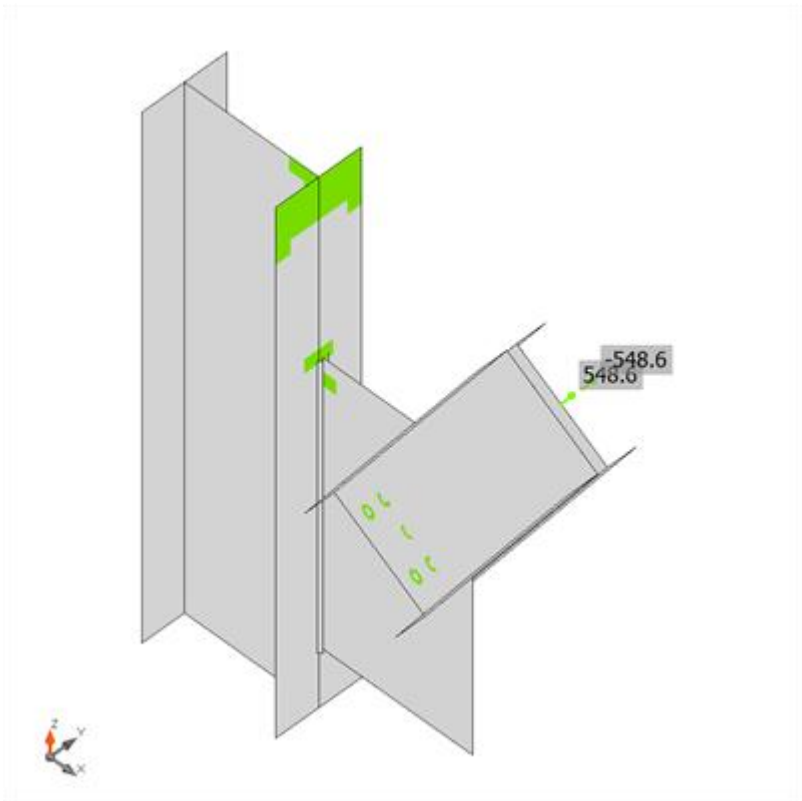
Données de conception

Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275.0	5.0

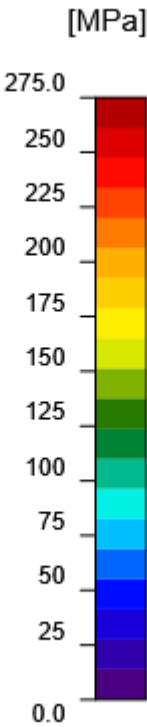
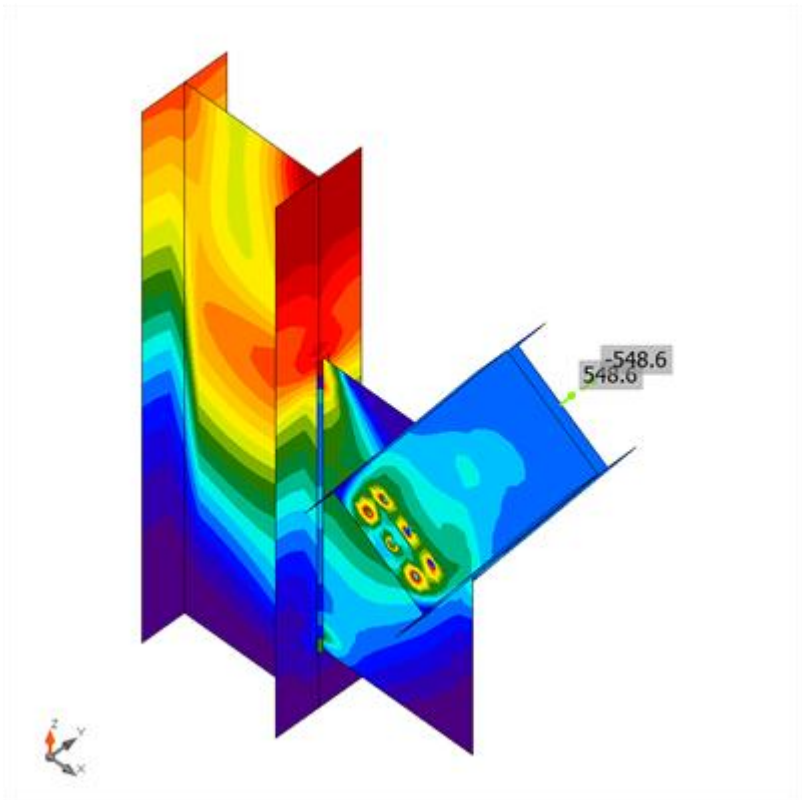


Vérification globale, ELU

Projet : Conn-1
Projet N° :
Auteur :



Vérification de déformation, ELU



Contrainte équivalente, ELU

Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

Boulons

	Nom	Charges	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _{t,s} [%]	U _{t,s} [%]	Résultat
	B2	ELU	37.3	92.4	17.1	378.4	76.3	88.5	OK
	B3	ELU	19.0	88.7	8.7	378.4	73.2	79.4	OK
	B4	ELU	40.9	91.5	18.7	378.4	75.5	88.9	OK
	B5	ELU	17.8	94.0	8.2	378.4	77.6	83.4	OK
	B6	ELU	8.4	90.1	3.8	378.4	74.4	77.1	OK
	B7	ELU	16.4	92.1	7.5	378.4	76.0	81.4	OK

Données de conception

Nom	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M22 10.9 - 1	218.2	325.5	121.2

Résultat détaillé pour B2

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 37.3 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0.90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\alpha_s f_u A}{\gamma_{M2}} = 325.5 \text{ kN} \geq F_t = 37.3 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 14 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{\gamma_{M2}} = 121.2 \text{ kN} \geq V = 92.4 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1.00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0.50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_f d t}{\gamma_{M2}} = 378.4 \text{ kN} \geq V = 184.8 \text{ kN}$$

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

où :

$$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$$

$$e_2 = 199 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 88.5 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 17.1 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 76.3 \%$$

Résultat détaillé pour B3

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 19.0 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t f_c}{\gamma_{M2}} = 325.5 \text{ kN} \geq F_t = 19.0 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

$$t_p = 14 \text{ mm} \quad - \text{Épaisseur}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad - \text{Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad - \text{Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121.2 \text{ kN} \geq V = 88.7 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1.00 \quad - \text{Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0.50 \quad - \text{Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad - \text{Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad - \text{Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad - \text{Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378.4 \text{ kN} \geq V = 177.4 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$$

$$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$$

$$e_2 = 266 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = \infty \text{ mm}$$

$$p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge

– Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge

– Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

– Diamètre du trou du boulon

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

– Résistance à la traction ultime du boulon

– Résistance ultime

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

– Épaisseur de la platine

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} = 79.4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 8.7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 73.2 \%$$

Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

Résultat détaillé pour B4

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 40.9 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0.90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{0.6 \pi d_m t_p} = 325.5 \text{ kN} \geq F_t = 40.9 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 14 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121.2 \text{ kN} \geq V = 91.5 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1.00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0.50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 378.4 \text{ kN} \geq V = 182.9 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 182 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 100 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $d_0 = 24 \text{ mm}$ – Diamètre du trou du boulon
- $e_1 = 199 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- $p_1 = 100 \text{ mm}$ – Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ttt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 88.9 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 18.7 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 75.5 \%$$

Résultat détaillé pour B5

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 17.8 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{0.6 \pi d_{\perp} t_p} = 325.5 \text{ kN} \geq F_t = 17.8 \text{ kN}$$

où :

$$d_m = 36 \text{ mm} \quad \text{– Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue}$$

$$t_p = 14 \text{ mm} \quad \text{– Épaisseur}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121.2 \text{ kN} \geq V = 94.0 \text{ kN}$$

où :

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$\alpha_v = 0.50 \quad \text{– Facteur de réduction}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378.4 \text{ kN} \geq V = 188.0 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$$

$$\alpha_s = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$$

$$e_2 = 262 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 322 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4 F_{s,Rd}} = 83.4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 8.2 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 77.6 \%$$

Résultat détaillé pour B6

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 8.4 \text{ kN}$$

où :

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Facteur}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance à la traction ultime du boulon}$$

$$A_s = 303 \text{ mm}^2 \quad \text{– Zone d'effort de traction du boulon}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_{eff} t f_c}{\gamma_{M2}} = 325.5 \text{ kN} \geq F_t = 8.4 \text{ kN}$$

où :

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 14 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{\gamma_{M2}} = 121.2 \text{ kN} \geq V = 90.1 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1.00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0.50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 378.4 \text{ kN} \geq V = 180.2 \text{ kN}$$

où :

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1.00$$

$$e_2 = 211 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 = 238 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

- Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- Diamètre du trou du boulon
- Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement
- Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement
- Résistance à la traction ultime du boulon
- Résistance ultime
- Diamètre nominal de moyen d'assemblage
- Épaisseur de la platine
- Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ttt} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} = 77.1 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 3.8 \%$$

Usage en cisaillement

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd})} = 74.4 \quad \%$$

Résultat détaillé pour B7

Vérification de résistance à la traction (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 218.2 \text{ kN} \geq F_t = 16.4 \text{ kN}$$

où :

- $k_2 = 0.90$ – Facteur
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A_s = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au poinçonnement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 325.5 \text{ kN} \geq F_t = 16.4 \text{ kN}$$

où :

- $d_m = 36 \text{ mm}$ – Le moyen des diamètres des cercles inscrit et circonscrit de la tête de boulon ou écrou, la plus petite de ces valeurs étant retenue
- $t_p = 14 \text{ mm}$ – Épaisseur
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance au cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 121.2 \text{ kN} \geq V = 92.1 \text{ kN}$$

où :

- $\beta_p = 1.00$ – Facteur de réduction
- $\alpha_v = 0.50$ – Facteur de réduction
- $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$ – Résistance à la traction ultime du boulon
- $A = 303 \text{ mm}^2$ – Zone d'effort de traction du boulon
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Facteur de sécurité

Vérification de résistance à la pression diamétrale (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 378.4 \text{ kN} \geq V = 184.1 \text{ kN}$$

où :

- $k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$ – Facteur de distance au bord et d'espacement des boulons perpendiculairement à la direction du transfert de charge
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 1.00$ – Facteur de pince et d'espacement des boulons dans la direction du transfert de charge
- $e_2 = 127 \text{ mm}$ – Distance au bord de la platine perpendiculairement à l'effort de cisaillement
- $p_2 = 100 \text{ mm}$ – Entraxe perpendiculairement à l'effort de cisaillement

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

$$d_0 = 24 \text{ mm}$$

– Diamètre du trou du boulon

$$e_1 = 144 \text{ mm}$$

– Distance au bord de la platine dans la direction de l'effort de cisaillement

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

– Entraxe dans la direction de l'effort de cisaillement

$$f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$$

– Résistance à la traction ultime du boulon

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

– Résistance ultime

$$d = 22 \text{ mm}$$

– Diamètre nominal de moyen d'assemblage

$$t = 20 \text{ mm}$$

– Épaisseur de la platine

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Facteur de sécurité

Interaction de traction et cisaillement (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 81.4 \%$$

Usage en traction

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = 7.5 \%$$

Usage en cisaillement

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{s,Rd})} = 76.0 \%$$

Soudures (Redistribution plastique)

Éléme nt	Bor d	Ép. gorge [mm]	Longue ur [mm]	Charge s	$\sigma_{w,Ed}$ [MP a]	ϵ_{PI} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MP a]	$\tau_{\parallel}$ [MP a]	$\tau_{\perp}$ [MP a]	Ut [%]	Ut _c [%]	Résult at
Membe r 2-tfl 1	Plat e 1	▲14.0 ▲	1025	ELU	332. 1	0. 0	-98.4	- 154. 4	98.4	82. 1	19. 2	OK
		▲14.0 ▲	1025	ELU	332. 1	0. 0	-98.4	154. 4	-98.4	82. 1	19. 2	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 275	0.85	404.7	309.6

Résultat détaillé pour Member 2-tfl 1 Plate 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 332.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9 f_w / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 98.4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{101.1}{124.4} = 82.1 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 332.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9 f_w / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 98.4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{101.1}{124.4} = 82.1 \%$$

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Estimation de coût

Acier

Classe d'acier	Poids total [kg]	Coût unitaire [€/kg]	Coût [€]
S 275	84.84	2.00	169.68

Boulons

Groupe de boulons	Poids total [kg]	Coût unitaire [€/kg]	Coût [€]
M22 10.9	2.94	5.00	14.69

Soudures

Type de soudure	Épaisseur [mm]	Longueur [mm]	Poids total [kg]	Coût unitaire [€/kg]	Coût [€]
Soudure d'angle double	14.0	19.8	3.15	40.00	126.20

Forage des trous

Coût de groupe de boulons [€]	Pourcentage de coût de groupe de boulons [%]	Coût [€]
14.69	30.0	4.41

Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

Sommaire de coût

Sommaire d'estimation de coût	Coût [€]
Coût total estimé	314.97

Métré

Opérations

Nom	Platines [mm]	Forme	N°	Soudures [mm]	Longueur [mm]	Boulons	N°
Cut 1							
Cut 2							
Cut 3							
Plate 1	P20.0x1025.3-527.1 (S 275)		1			M22 10.9	6

Soudures

Type	Matériau	Épaisseur [mm]	Longueur [mm]	Longueur [mm]
Soudure d'angle double	S 275	14.0	19.8	1025.3

Boulons

Nom	Longueur de serrage [mm]	Compter
M22 10.9	48	6

Projet : Conn-1

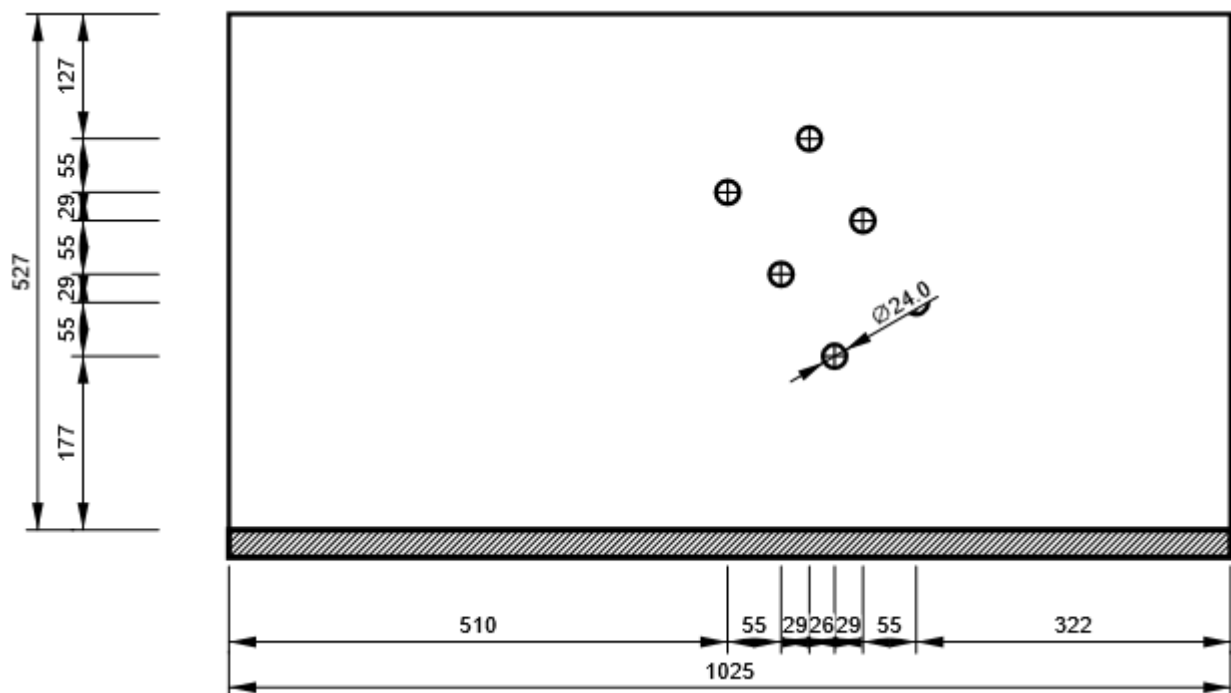
Projet N° :

Auteur :

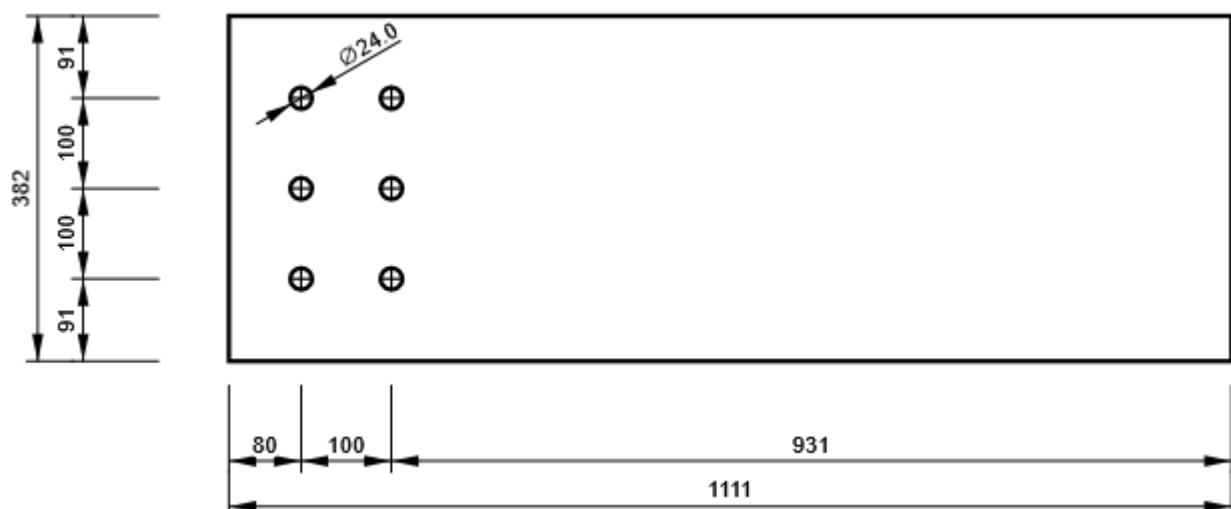
Dessin

Plate 1

P20.0x527-1025 (S 275)



Member 1, UPN400 - Ame 1:

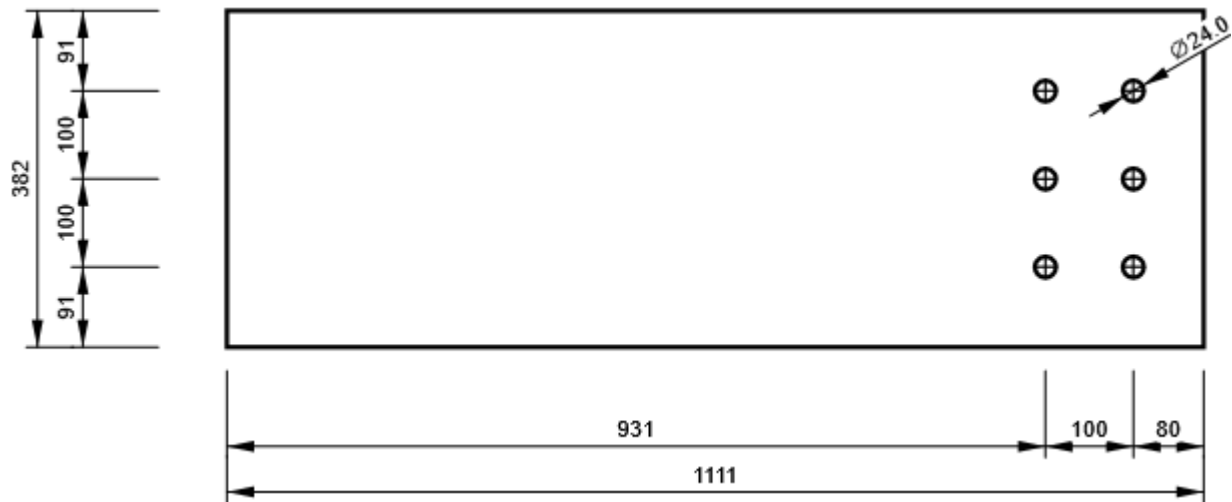


Projet : Conn-1

Projet N° :

Auteur :

Member 3, UPN400 - Ame 1:



Explication des symboles

Symbole	Explication des symboles
ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite
$F_{t,Rd}$	Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Résistance au cisaillement par poinçonnement
$F_{t,Ed}$	Effort de traction
V	Résultante des efforts de cisaillement V_y , V_z dans le boulon
$F_{v,Rd}$	Résistance au cisaillement du boulon EN 1993-1-8 tableau 3.4
$F_{b,Rd}$	Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Usage en traction
U_s	Utilisation en cisaillement
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{\parallel}$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
$0.9 \sigma_{w,Rd}$	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilisation
U_{tc}	Utilisation de capacité de la soudure

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1.20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5

Projet : Conn-1

Projet N° :



Auteur :

Zone effective – influence de taille de maillage	0.10	-	
Coefficient de frottement - béton	0.25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0.05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-07

Assemblage poteau-poteau

Données du projet

Nom de projet
Numéro du projet
Auteur
Description
Date 07/06/2025
Norme EN

Matériau

Acier S 355

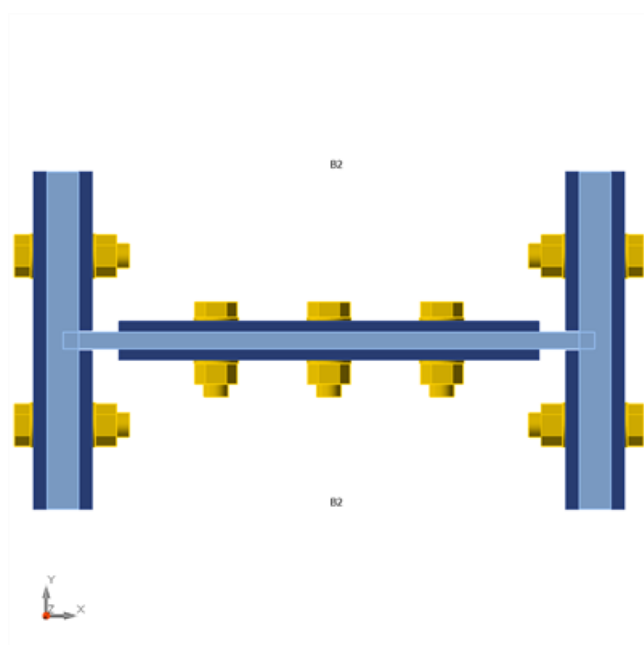
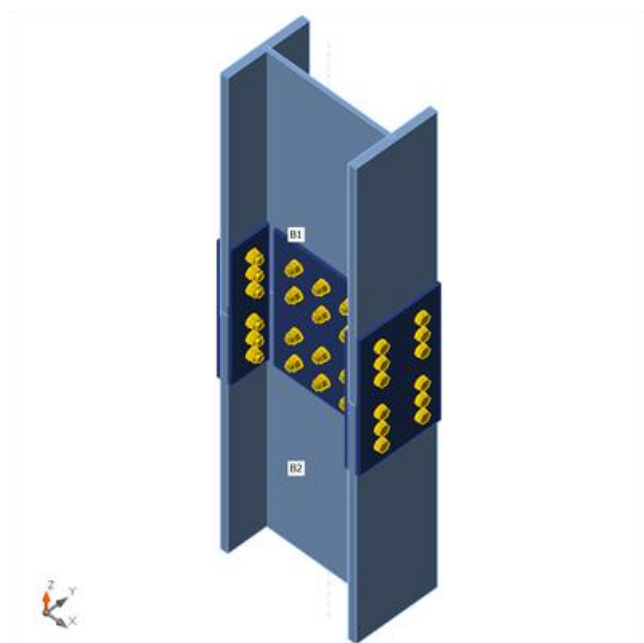
Élément du projet CON1

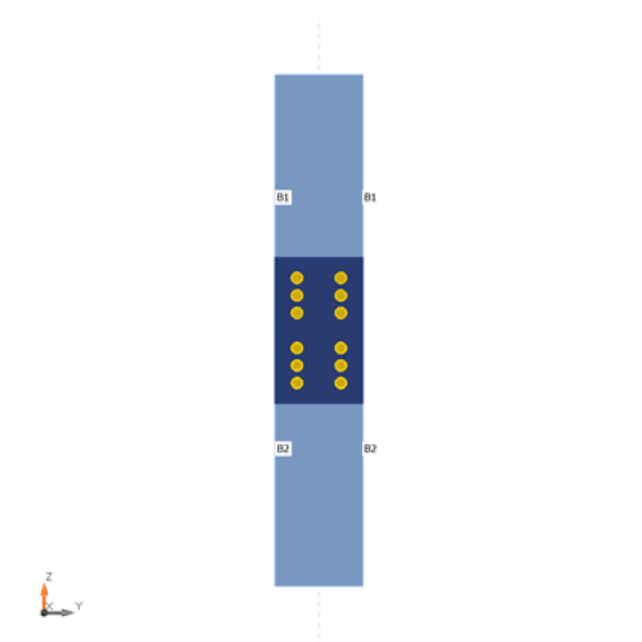
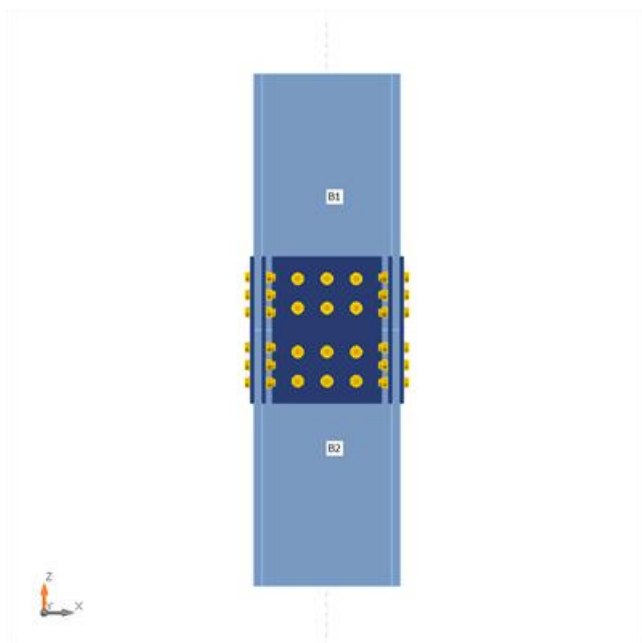
Conception

Nom CON1
Description
Analyse Contrainte, déformation/ chargement simplifié

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
B1	2 - HEB500	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Nœud
B2	2 - HEB500	180,0	90,0	0,0	0	0	0	Nœud





Sections transversales

Nom	Matériau
2 - HEB500	S 355

Sections transversales

Nom	Matériau	Dessin

2 - HEB500	S 355	

Boulons

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M22 10.9	M22 10.9	22	1000,0	380

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B1	-1405,6	-29,0	-168,5	0,0	262,7	-44,7

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	0,1 < 5,0%	OK
Boulons	98,6 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

Nom	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat
B1-bfl 1	28,0	LE1	306,5	0,0	43,7	OK
B1-tfl 1	28,0	LE1	72,9	0,0	17,9	OK
B1-w 1	14,5	LE1	246,9	0,0	20,0	OK
B2-bfl 1	28,0	LE1	303,7	0,0	41,1	OK
B2-tfl 1	28,0	LE1	123,6	0,0	13,8	OK
B2-w 1	14,5	LE1	355,0	0,0	24,7	OK
SPL1a	12,0	LE1	201,3	0,0	13,9	OK
SPL1b	12,0	LE1	188,3	0,0	15,0	OK
SPL1c	12,0	LE1	190,3	0,0	18,0	OK
SPL2a	12,0	LE1	355,3	0,1	43,8	OK
SPL2b	12,0	LE1	328,3	0,0	29,4	OK
SPL2c	12,0	LE1	355,3	0,1	41,1	OK
SPL3a	10,0	LE1	278,0	0,0	24,7	OK
SPL3b	10,0	LE1	278,3	0,0	23,8	OK

Données de conception

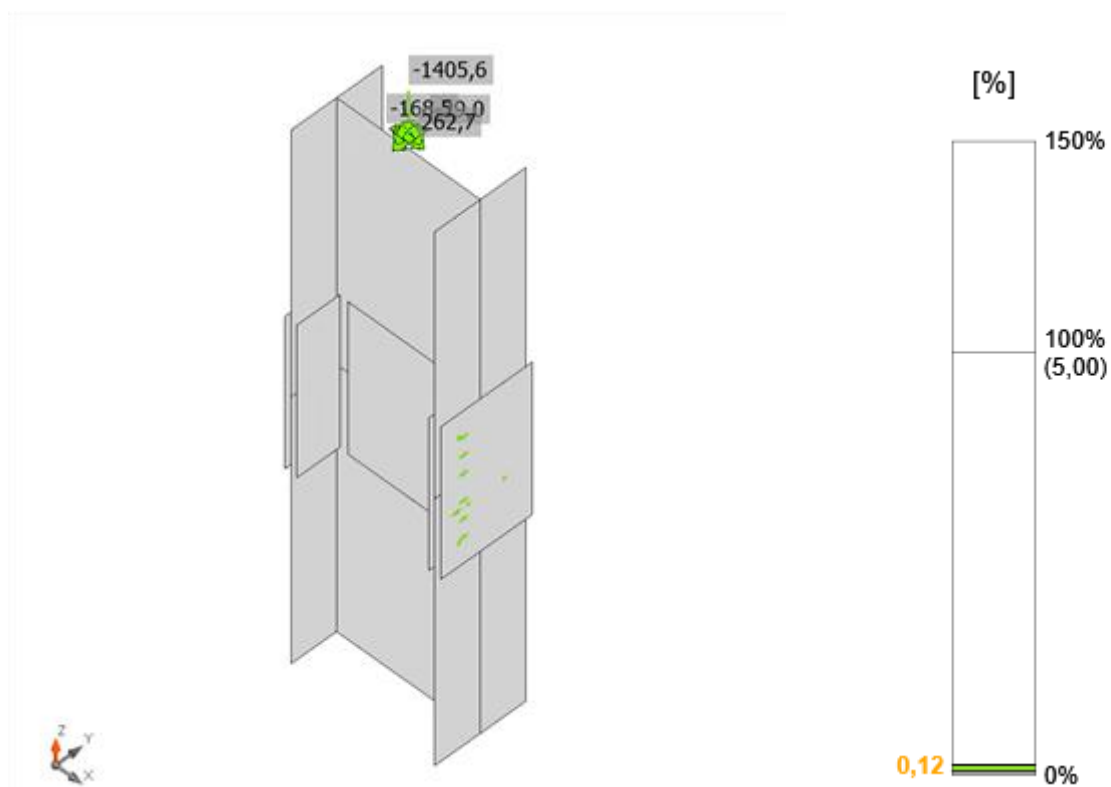
Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355,0	5,0

Explication des symboles

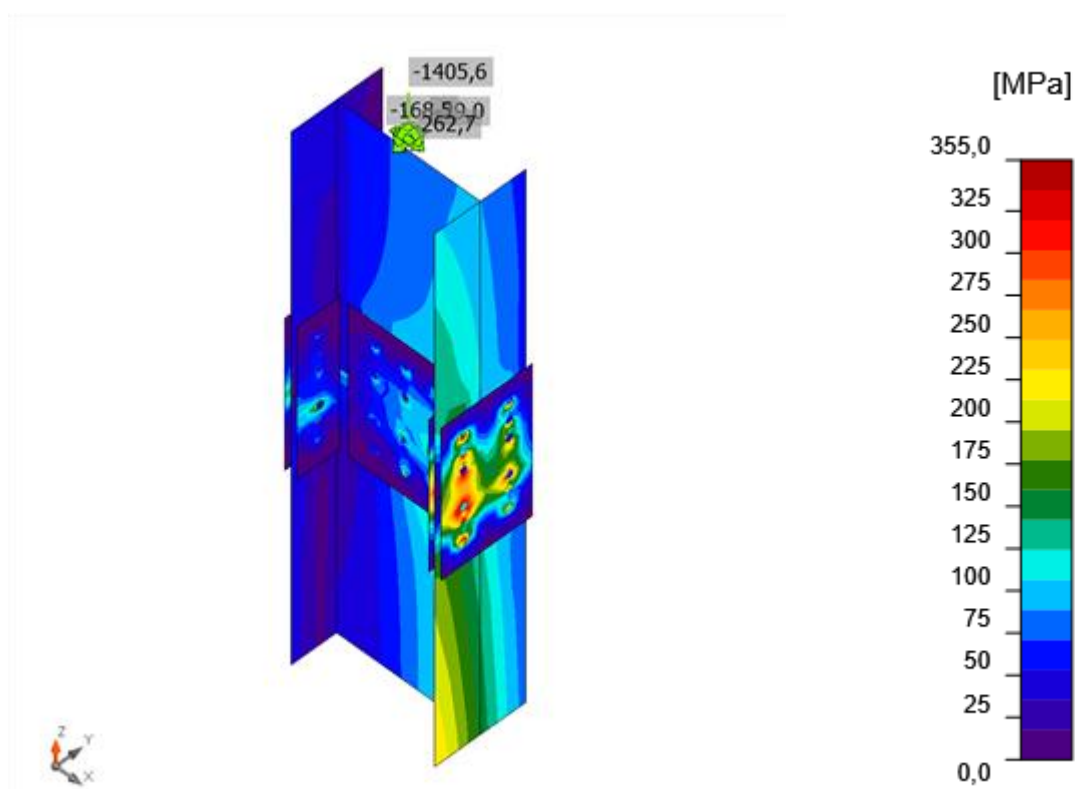
ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
σ_{cEd}	Contrainte de contact
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite



Vérification globale, LE1

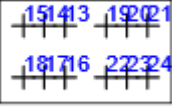


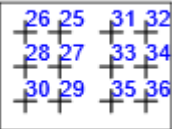
Vérification de déformation, LE1



Contrainte équivalente, LE1

Boulons

	Nom	Classe	Charges	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _{t,s} [%]	U _{t,s} [%]	Résultat
	B1	M22 10.9 - 1	LE1	24,0	21,9	11,0	258,7	18,1	25,9	OK
	B2	M22 10.9 - 1	LE1	1,2	19,5	0,5	150,9	16,1	16,5	OK
	B3	M22 10.9 - 1	LE1	2,2	22,5	1,0	258,7	18,5	19,3	OK
	B4	M22 10.9 - 1	LE1	19,1	24,1	8,7	258,7	19,9	26,1	OK
	B5	M22 10.9 - 1	LE1	1,7	19,6	0,8	150,9	16,2	16,7	OK
	B6	M22 10.9 - 1	LE1	7,2	23,6	3,3	252,9	19,5	21,8	OK
	B7	M22 10.9 - 1	LE1	20,4	23,8	9,4	248,2	19,7	26,4	OK
	B8	M22 10.9 - 1	LE1	0,8	20,2	0,4	150,9	16,6	16,9	OK
	B9	M22 10.9 - 1	LE1	2,3	25,4	1,1	258,7	21,0	21,7	OK
	B10	M22 10.9 - 1	LE1	12,2	29,2	5,6	258,7	24,1	28,1	OK
	B11	M22 10.9 - 1	LE1	0,9	23,7	0,4	150,9	19,6	19,9	OK
	B12	M22 10.9 - 1	LE1	7,0	27,7	3,2	251,5	22,9	25,1	OK
	B13	M22 10.9 - 1	LE1	38,0	104,3	17,4	352,1	86,1	98,5	OK
	B14	M22 10.9 - 1	LE1	5,5	102,7	2,5	150,9	84,7	86,5	OK
	B15	M22 10.9 - 1	LE1	7,8	104,7	3,6	150,9	86,4	89,0	OK
	B16	M22 10.9 - 1	LE1	31,3	73,4	14,4	352,1	60,5	70,8	OK
	B17	M22 10.9 - 1	LE1	3,2	71,2	1,5	150,9	58,7	59,8	OK
	B18	M22 10.9 - 1	LE1	5,1	72,8	2,4	150,9	60,1	61,8	OK
	B19	M22 10.9 - 1	LE1	36,6	105,0	16,8	352,1	86,6	98,6	OK
	B20	M22 10.9 - 1	LE1	5,4	107,4	2,5	150,9	88,6	90,4	OK
	B21	M22 10.9 - 1	LE1	8,1	110,4	3,7	150,9	91,1	93,8	OK
	B22	M22 10.9 - 1	LE1	28,6	68,3	13,1	352,1	56,3	65,7	OK
	B23	M22 10.9 - 1	LE1	2,7	68,6	1,3	150,9	56,6	57,5	OK
	B24	M22 10.9 - 1	LE1	5,2	71,0	2,4	150,9	58,6	60,3	OK
	B25	M22 10.9 - 2	LE1	8,3	30,6	3,8	312,6	25,2	27,9	OK
	B26	M22 10.9 - 2	LE1	4,7	32,7	2,1	312,6	27,0	28,5	OK

	B27	M22 10.9 - 2	LE1	8,9	35,6	4,1	312,6	29,4	32,3	OK
	B28	M22 10.9 - 2	LE1	5,6	37,7	2,6	312,6	31,1	33,0	OK
	B29	M22 10.9 - 2	LE1	11,6	43,0	5,3	312,6	35,5	39,3	OK
	B30	M22 10.9 - 2	LE1	7,2	45,1	3,3	312,6	37,3	39,6	OK
	B31	M22 10.9 - 2	LE1	7,1	20,7	3,2	312,6	17,1	19,4	OK
	B32	M22 10.9 - 2	LE1	1,5	12,2	0,7	312,6	10,0	10,5	OK
	B33	M22 10.9 - 2	LE1	9,0	39,7	4,1	312,6	32,8	35,7	OK
	B34	M22 10.9 - 2	LE1	5,7	36,7	2,6	312,6	30,3	32,1	OK
	B35	M22 10.9 - 2	LE1	14,5	65,3	6,7	312,6	53,9	58,7	OK
	B36	M22 10.9 - 2	LE1	10,2	64,1	4,7	312,6	52,9	56,2	OK

Données de conception

Nom	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M22 10.9 - 1	218,2	318,0	121,2
M22 10.9 - 2	218,2	265,0	121,2

Explication des symboles

$F_{t,Rd}$	Résistance à la traction du boulon EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Effort de traction
$B_{p,Rd}$	Résistance au cisaillement par poinçonnement
V	Résultante des efforts de cisaillement V_y , V_z dans le boulon
$F_{v,Rd}$	Résistance au cisaillement du boulon EN_1993-1-8 tableau 3.4
$F_{b,Rd}$	Résistance à la pression diamétrale de la platine EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Usage en traction
U_s	Utilisation en cisaillement

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1

Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Les deux		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Oui		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Oui		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses
Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

ANNEXE-08

Assemblage pied de poteau

Données du projet

Nom de projet

Numéro du projet

Auteur

Description

Date31/05/2025

NormeEN

Matériau

AcierS 355, S 275

BétonC25/30, C30/37

Élément du projet CON1

Conception

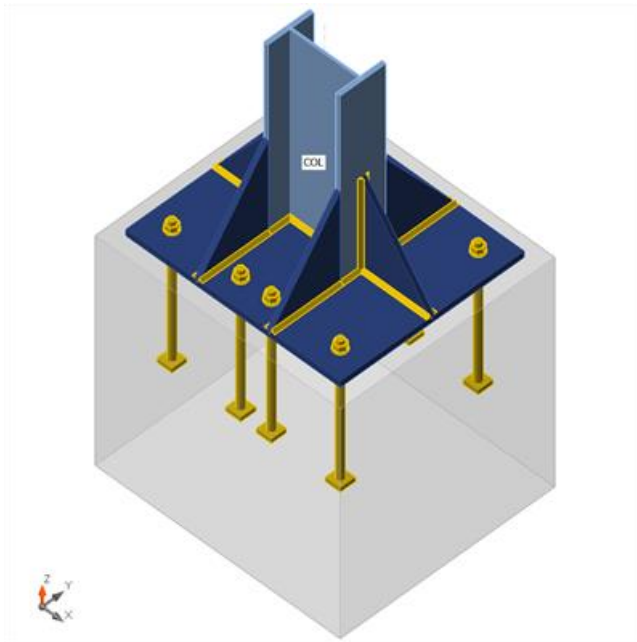
NomCON1

Description

AnalyseContrainte, déformation/ chargement simplifié

Poutres et poteaux

Nom	Section transversale	β – Direction [°]	γ – Angle [°]	α – Rotation [°]	Décalage ex [mm]	Décalage ey [mm]	Décalage ez [mm]	Efforts dans
COL	2 - HEB500	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Nœud



Sections transversales

Nom	Matériau
2 - HEB500	S 275
1 - CON1(HEB300)	S 355

Tiges

Nom	Groupe de boulons	Diamètre [mm]	fu [MPa]	Superficie brute [mm ²]
M45 10.9	M45 10.9	45	1000,0	1590

Chargements (équilibre n'est pas exigé)

Nom	Élément	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	-5932,0	17,5	68,3	0,0	-19,0	17,4

Fondation

Élément	Valeur	Unité
BdB 1		
Dimensions	1400 x 1600	mm
Profondeur	1500	mm
Ancrage	M45 10.9	
Longueur de l'ancrage	800	mm
Transfert d'effort de cisaillement	Bêche	
Section transversale de la bêche	CON1(HEB300)	
Longueur de la bêche	300	mm

Vérification

Sommaire

Nom	Valeur	Résultat
Analyse	100,0%	OK
Platines	0,1 < 5,0%	OK
Tiges	5,5 < 100%	OK
Soudures	62,2 < 100%	OK
Bloc de béton	51,3 < 100%	OK
Cisaillement	7,0 < 100%	OK
Voilement	Pas calculé	

Platines

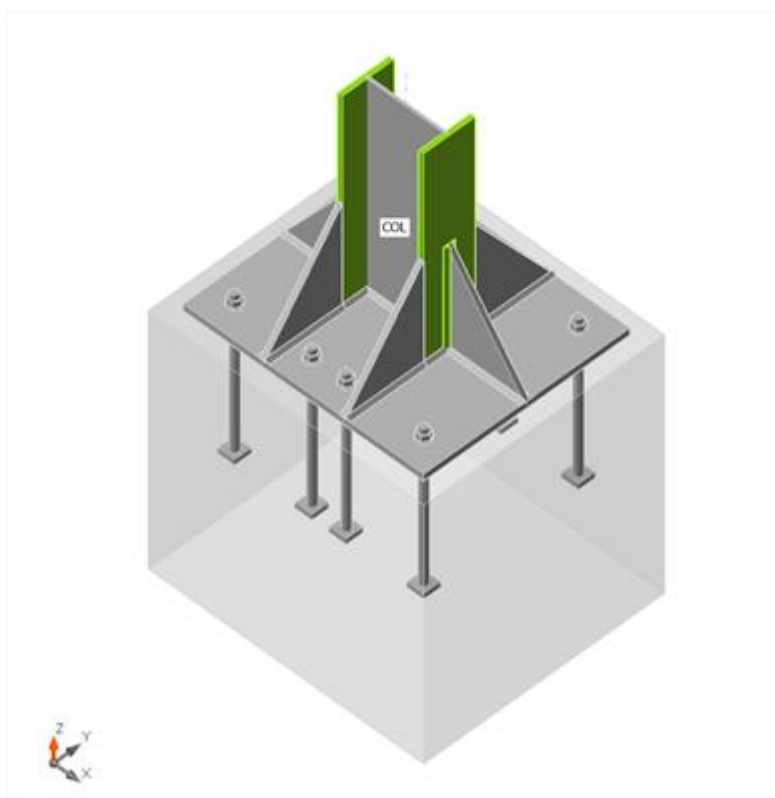
Nom	Matériau	Épaisseur [mm]	Charges	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Résultat
COL-bfl 1	S 275	28,0	LE1	275,2	0,1	0,0	OK
COL-tfl 1	S 275	28,0	LE1	275,1	0,0	0,0	OK
COL-w 1	S 275	14,5	LE1	264,1	0,0	0,0	OK
Élément 2-bfl 1	S 355	19,0	LE1	78,2	0,0	0,0	OK
Élément 2-tfl 1	S 355	19,0	LE1	99,4	0,0	0,0	OK
Élément 2-w 1	S 355	11,0	LE1	47,5	0,0	0,0	OK
BP1	S 275	40,0	LE1	106,8	0,0	0,0	OK
WID1a	S 355	30,0	LE1	299,2	0,0	0,0	OK
WID1b	S 355	30,0	LE1	308,8	0,0	0,0	OK
WID1c	S 355	30,0	LE1	296,1	0,0	0,0	OK
WID1d	S 355	30,0	LE1	306,3	0,0	0,0	OK
WID1e	S 355	30,0	LE1	205,6	0,0	0,0	OK
WID1f	S 355	30,0	LE1	205,9	0,0	0,0	OK

Données de conception

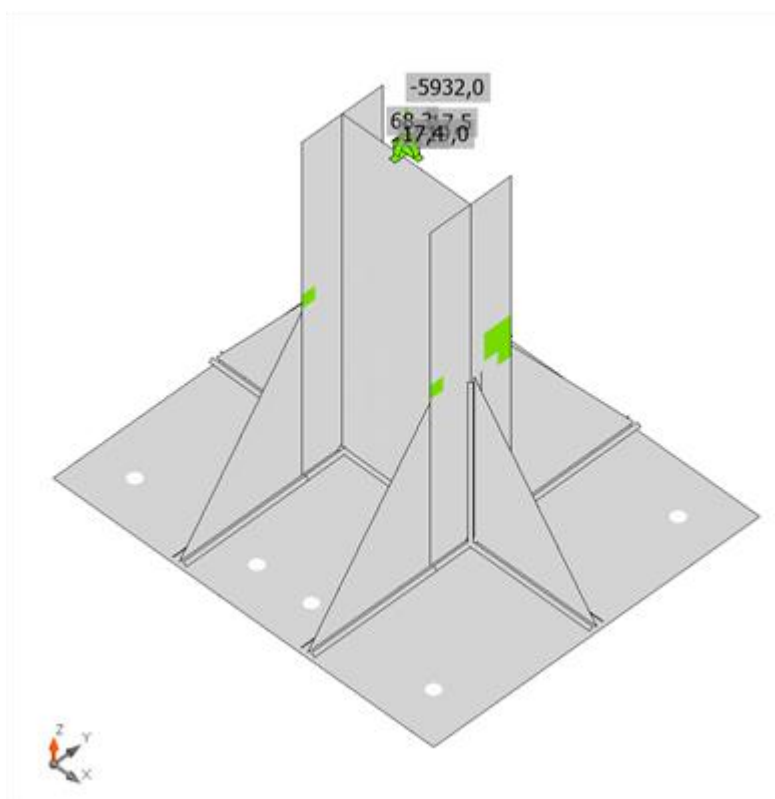
Matériau	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275,0	5,0
S 355	355,0	5,0

Explication des symboles

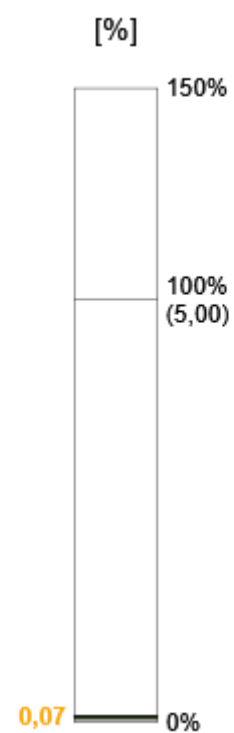
ϵ_{Pl}	Déformation
σ_{Ed}	Contrainte éq.
$\sigma_{C_{Ed}}$	Contrainte de contact
f_y	Limite d'élasticité
ϵ_{lim}	Déformation plastique limite

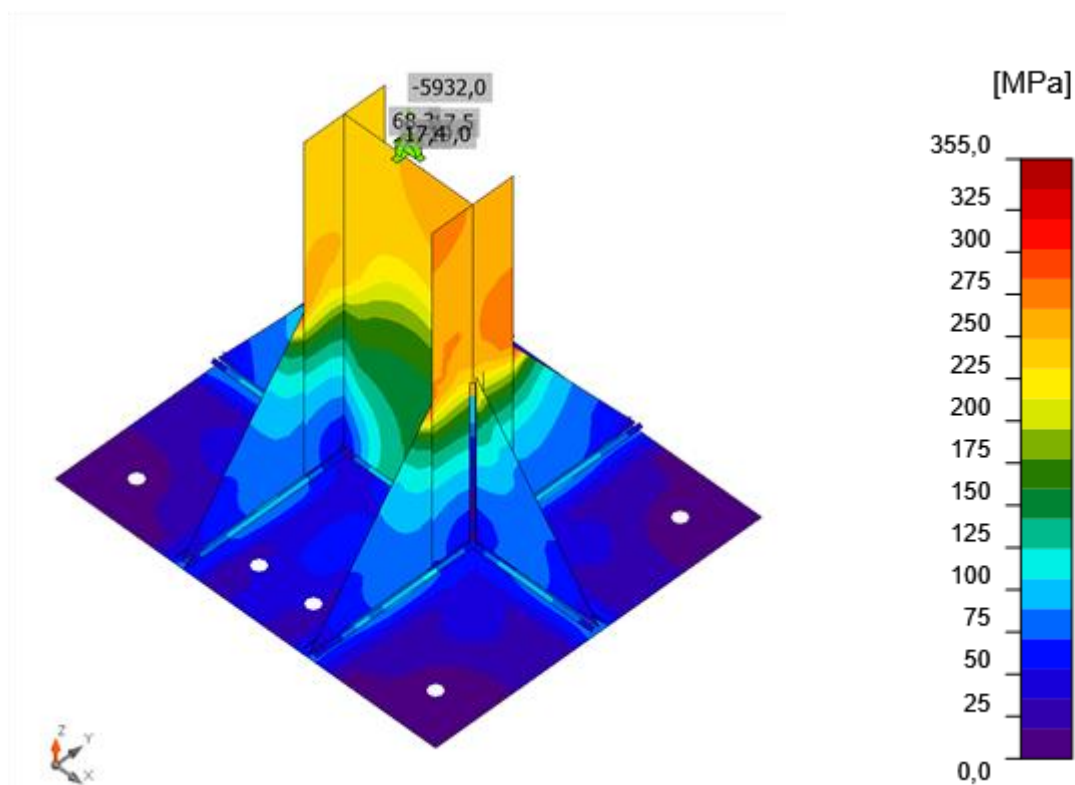


Vérification globale, LE1



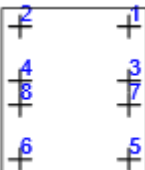
Vérification de déformation, LE1





Contrainte équivalente, LE1

Tiges

Forme	Élément	Charges	N_{Ed} [kN]	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	U_{t_s} [%]	Résultat
	A1	LE1	26,7	1226,4	954,5	1054,4	5,5	0,0	1,3	OK
	A2	LE1	26,1	1226,4	954,5	1054,4	5,5	0,0	1,3	OK
	A3	LE1	0,0	1226,4	-	1054,4	0,0	0,0	0,0	OK
	A4	LE1	0,0	1226,4	-	1054,4	0,0	0,0	0,0	OK
	A5	LE1	26,0	1226,4	976,7	1054,4	5,4	0,0	1,3	OK
	A6	LE1	25,4	1226,4	954,4	1054,4	5,4	0,0	1,3	OK
	A7	LE1	0,0	1226,4	-	1054,4	0,0	0,0	0,0	OK
	A8	LE1	0,0	1226,4	-	1054,4	0,0	0,0	0,0	OK

Données de conception

Classe	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M45 10.9 - 1	792,9	435,3

Explication des symboles

N_{Ed}	Effort de traction
$N_{Rd,p}$	Résistance de conception en cas de rupture de béton par arrachement - EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5
$N_{Rd,cb}$	Résistance de conception en cas de rupture de béton par éclatement latéral - EN1992-4 - Cl. 7.2.1.8
$V_{Rd,cp}$	Résistance de conception en cas de rupture de béton par effet de levier - EN1992-4 - Cl. 7.2.2.4
U_t	Usage en traction
U_s	Utilisation en cisaillement
U_{ts}	Utilisation en traction et cisaillement
$N_{Rd,s}$	Résistance à la traction de conception de moyen d'assemblage en cas de rupture d'acier - EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3
$V_{Rd,s}$	Résistance au cisaillement de conception en cas de rupture d'acier - EN1992-4 - Cl. 7.2.2.3.1

Résultat détaillé pour A1

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 26,7 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$c = 0,85$$

– facteur de réduction pour un filet coupé

$$A_s = 1306 \text{ mm}^2$$

– surface d'effort de traction

$$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– résistance minimale à la traction du boulon

$$\gamma_{Ms} = 1,40$$

– coefficient de sécurité pour acier

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$N_{Rd,p} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 26,7 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$k_2 = 10,50$$

– coefficient pour béton fissuré/non fissuré

$$A_h = 8410 \text{ mm}^2$$

– surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$$

– résistance à la compression de béton

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance à l'éclatement latéral du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.8)

La vérification est effectuée pour un groupe des tiges qui forment des zones d'éclatement latéral : A1, A2

$$N_{Rd,cb} = \frac{N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc}} = 954,5 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 52,8 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \frac{A_{c,Nb}}{A_{c,Nb}^0} \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{g,Nb} \cdot \psi_{ec,Nb} = 1718,1 \text{ kN}$$

Où :

$$N_{Ed,g} = 52,8 \text{ kN}$$

– total des efforts de traction des tiges avec la surface commune de l'arrache-cône

$$N_{Rk,cb}^0 = 1398,5 \text{ kN}$$

– résistance caractéristique d'une fixation individuelle éloignée des effets des fixations adjacentes ou des bords de l'article en béton

$$N_{Rk,cb}^0 = k_5 \cdot c_1 \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_c}$$

, où :

$$k_5 =$$

12,20 – le paramètre lié au status du béton

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 =$$

8410 mm² – surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_c =$$

25,0 MPa – résistance à la compression de béton

$$A_{c,Nb} = 1401000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée réelle de la fixation qui est limitée par les bords de l'article en béton ($c_2 \leq 2c_1$), la présence des fixations adjacentes ($s \leq 4c_1$) ou l'épaisseur de l'article

$$A_{c,Nb}^0 = 1000000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée de référence d'une fixation individuelle avec la distance au bord égale à c_1

$$A_{c,Nb}^0 = (4 \cdot c_1)^2$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{s,Nb} = 0,85$$

– paramètre lié à la distribution des contraintes dans le béton à cause de la proximité de la fixation au bord de l'article en béton :

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_1}{2 \cdot c_1} \leq 1$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$c_2 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation perpendiculaire à la direction 1 qui est la plus petite distance au bord dans un article étroit avec plusieurs distances au bord

$$\psi_{g,Nb} = 1,04$$

– paramètre représentant un effet de groupe

$$\psi_{g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s_2}{4 \cdot c_1} \geq 1$$

, où :

$$n =$$

2 – nombre des fixations en ligne parallèlement au bord de l'article en béton

$$s_2 =$$

900 mm – espacement maximal entre les tiges

$c_1 =$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{ec,Nb} = 0,99$$

– facteur de modification des groupes de tiges chargés excentriquement en traction :

$$\psi_{ec,Nb} = \frac{1}{1 + \frac{e_N}{4c_1}} \leq 1$$

, où :

$e_N =$

5 mm – excentricité de la charge de traction

$c_1 =$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Ed}} = \frac{435,3}{0,1} \geq 1$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00$$

– coefficient de ductilité de tige en acier

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$A =$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement caractéristique

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$k_6 =$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$A_s =$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$f_{uk} =$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficient de sécurité pour acier

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 26,7 \text{ kN} \quad \text{– effort de contrainte de conception}$$

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN} \quad \text{– résistance à la traction de la fixation}$$

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN} \quad \text{– effort de cisaillement de conception}$$

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \quad \text{– résistance au cisaillement de la fixation}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}\right)^{1,5} + \dots \quad 0,01 \leq 1,0$$

Où :

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} & \quad - \text{la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction} \\ \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} & \quad - \text{la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement} \\ \frac{N_{Ed,s}}{N_{Rd,s}} = 0\% & \quad - \text{rupture par éclatement de béton de tige en traction} \\ \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 2\% & \quad - \text{rupture de béton par arrachement} \\ \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 5\% & \quad - \text{rupture de béton par éclatement latéral} \\ \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\% & \quad - \text{rupture du bord de béton} \\ \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% & \quad - \text{rupture de béton par effet de levier} \end{aligned}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A2

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 26,1 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$\begin{aligned} c &= 0,85 & - \text{facteur de réduction pour un filet coupé} \\ A_s &= 1306 \text{ mm}^2 & - \text{surface d'effort de traction} \\ f_{uk} &= 1000,0 \text{ MPa} & - \text{résistance minimale à la traction du boulon} \\ \gamma_{Ms} &= 1,40 & - \text{coefficient de sécurité pour acier} \end{aligned}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$\frac{N_{Rd,p}}{N_{s,d}} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 26,1 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$\begin{aligned} k_2 &= 10,50 & - \text{coefficient pour béton fissuré/non fissuré} \\ A_h &= 8410 \text{ mm}^2 & - \text{surface de la tête de la fixation qui porte la charge} \end{aligned}$$

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$$

– résistance à la compression de béton

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance à l'éclatement latéral du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.8)

La vérification est effectuée pour un groupe des tiges qui forment des zones d'éclatement latéral : A1, A2

$$N_{Rd,cb} = \frac{N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc}} = 954,5 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 52,8 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \frac{A_{c,Nb}}{A_{c,Nb}^0} \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{g,Nb} \cdot \psi_{ec,Nb} = 1718,1 \text{ kN}$$

Où :

$$N_{Ed,g} = 52,8 \text{ kN}$$

– total des efforts de traction des tiges avec la surface commune de l'arrache-cône

$$N_{Rk,cb}^0 = 1398,5 \text{ kN}$$

– résistance caractéristique d'une fixation individuelle éloignée des effets des fixations adjacentes ou des bords de l'article en béton

$$N_{Rk,cb}^0 = k_5 \cdot c_1 \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_c}$$

, où :

$$k_5 =$$

12,20 – le paramètre lié au status du béton

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 =$$

8410 mm² – surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_c =$$

25,0 MPa – résistance à la compression de béton

$$A_{c,Nb} = 1401000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée réelle de la fixation qui est limitée par les bords de l'article en béton ($c_2 \leq 2c_1$), la présence des fixations adjacentes ($s \leq 4c_1$) ou l'épaisseur de l'article

$$A_{c,Nb}^0 = 1000000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée de référence d'une fixation individuelle avec la distance au bord égale à c_1

$$A_{c,Nb}^0 = (4 \cdot c_1)^2$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{s,Nb} = 0,85$$

– paramètre lié à la distribution des contraintes dans le béton à cause de la proximité de la fixation au bord de l'article en béton :

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_1}{2c_1} \leq 1$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$c_2 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation perpendiculaire à la direction 1 qui est la plus petite distance au bord dans un article étroit avec plusieurs distances au bord

$$\psi_{g,Nb} = 1,04$$

– paramètre représentant un effet de groupe

$$\psi_{g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s_2}{4c_1} \geq 1$$

, où :

$$n =$$

2 – nombre des fixations en ligne parallèlement au bord de l'article en béton

$s_2 =$

900 mm – espacement maximal entre les tiges

$c_1 =$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{ec,Nb} = 0,99$$

– facteur de modification des groupes de tiges chargés excentriquement en traction :

$$\psi_{ec,Nb} = \frac{1}{1 + \frac{e_N}{4c_1}} \leq 1$$

, où :

$e_N =$

5 mm – excentricité de la charge de traction

$c_1 =$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Ed}} = \frac{435,3 \text{ kN}}{0,1 \text{ kN}} \geq 1$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00$$

– coefficient de ductilité de tige en acier

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$A =$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement caractéristique

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$k_6 =$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$A_s =$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$f_{uk} =$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficient de sécurité pour acier

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 26,1 \text{ kN}$$

– effort de contrainte de conception

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN}$$

– résistance à la traction de la fixation

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

– effort de cisaillement de conception

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement de la fixation

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}\right)^{1,5} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \leq 1,0$$

Où :

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}$	– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction
$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}}$	– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement
$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0\%$	– rupture par éclatement de béton de tige en traction
$\frac{N_{Ed,p}}{N_{Rd,p}} = 2\%$	– rupture de béton par arrachement
$\frac{N_{Ed,cb}}{N_{Rd,cb}} = 5\%$	– rupture de béton par éclatement latéral
$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\%$	– rupture du bord de béton
$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\%$	– rupture de béton par effet de levier

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A3

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,t} = \frac{N_{Rk,t}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,t} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$c = 0,85$	– facteur de réduction pour un filet coupé
$A_s = 1306 \text{ mm}^2$	– surface d'effort de traction
$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa}$	– résistance minimale à la traction du boulon
$\gamma_{Ms} = 1,40$	– coefficient de sécurité pour acier

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$\frac{N_{Rd,p}}{N_{Rd,t}} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$k_2 = 10,50$	– coefficient pour béton fissuré/non fissuré
$A_h = 8410 \text{ mm}^2$	– surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$d =$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$$

– résistance à la compression de béton

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Ed}} = \frac{435,3 \text{ kN}}{0,1 \text{ kN}} \geq 1$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00$$

– coefficient de ductilité de tige en acier

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$$A =$$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement caractéristique

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$$k_6 =$$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$$A_s =$$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$$f_{uk} =$$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficient de sécurité pour acier

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

– effort de contrainte de conception

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN}$$

– résistance à la traction de la fixation

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

– effort de cisaillement de conception

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement de la fixation

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \leq 1,0$$

Où :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}$$

– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}}$$

– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement

$$\frac{N_{Ed,s}}{N_{Rd,s}} = 0\% \quad - \text{rupture par éclatement de béton de tige en traction}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\% \quad - \text{rupture de béton par arrachement}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rupture de béton par éclatement latéral}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\% \quad - \text{rupture du bord de béton}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rupture de béton par effet de levier}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A4

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$c = 0,85 \quad - \text{facteur de réduction pour un filet coupé}$$

$$A_s = 1306 \text{ mm}^2 \quad - \text{surface d'effort de traction}$$

$$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{résistance minimale à la traction du boulon}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,40 \quad - \text{coefficient de sécurité pour acier}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$\frac{N_{Rd,p}}{N_{Ed}} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$k_2 = 10,50 \quad - \text{coefficient pour béton fissuré/non fissuré}$$

$$A_h = 8410 \text{ mm}^2 \quad - \text{surface de la tête de la fixation qui porte la charge}$$

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa} \quad - \text{résistance à la compression de béton}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,80 \quad - \text{coefficient de sécurité pour béton}$$

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl. 7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Ed}} = \frac{435,3 \text{ kN}}{0,1 \text{ kN}} \geq 1$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00 \quad \text{-- coefficient de ductilité de tige en acier}$$

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$$A =$$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN} \quad \text{-- résistance au cisaillement caractéristique}$$

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$$k_6 =$$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$$A_s =$$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$$f_{uk} =$$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50 \quad \text{-- coefficient de sécurité pour acier}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN} \quad \text{-- effort de contrainte de conception}$$

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN} \quad \text{-- résistance à la traction de la fixation}$$

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN} \quad \text{-- effort de cisaillement de conception}$$

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \quad \text{-- résistance au cisaillement de la fixation}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad \text{-- la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \quad \text{-- la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{-- rupture par éclatement de béton de tige en traction}$$

$$\frac{N_{Ed,p}}{N_{Rd,p}} = 0\% \quad \text{-- rupture de béton par arrachement}$$

$$\frac{N_{Ed,cb}}{N_{Rd,cb}} = 0\% \quad \text{-- rupture de béton par éclatement latéral}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = 0\% \quad \text{-- rupture du bord de béton}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad \text{-- rupture de béton par effet de levier}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A5

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,t} = \frac{N_{Rk,t}}{\gamma_{Mt}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 26,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,t} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$c = 0,85$$

– facteur de réduction pour un filet coupé

$$A_s = 1306 \text{ mm}^2$$

– surface d'effort de traction

$$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– résistance minimale à la traction du boulon

$$\gamma_{Mt} = 1,40$$

– coefficient de sécurité pour acier

$$\gamma_{Mt} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$N_{Rd,p} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 26,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$k_2 = 10,50$$

– coefficient pour béton fissuré/non fissuré

$$A_h = 8410 \text{ mm}^2$$

– surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$$

– résistance à la compression de béton

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance à l'éclatement latéral du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.8)

La vérification est effectuée pour un groupe des tiges qui forment des zones d'éclatement latéral : A1, A5

$$N_{Rd,cb} = \frac{N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc}} = 976,7 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 52,7 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \frac{A_{s,Nb}}{A_{s,Nb}^0} \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{g,Nb} \cdot \psi_{sc,Nb} = 1758,1 \text{ kN}$$

Où :

$$N_{Ed,g} = 52,7 \text{ kN}$$

– total des efforts de traction des tiges avec la surface commune de l'arrache-cône

$$N_{Rk,cb}^0 = 1398,5 \text{ kN}$$

– résistance caractéristique d'une fixation individuelle éloignée des effets des fixations adjacentes ou des bords de l'article en béton

$$N_{Rk,cb}^0 = k_5 \cdot c_1 \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_c}$$

, où :

$$k_5 =$$

12,20 – le paramètre lié au status du béton

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 =$$

8410 mm² – surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_c =$$

25,0 MPa – résistance à la compression de béton

$$A_{c,Nb} = 1501000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée réelle de la fixation qui est limitée par les bords de l'article en béton ($c_2 \leq 2c_1$), la présence des fixations adjacentes ($s \leq 4c_1$) ou l'épaisseur de l'article

$$A_{c,Nb}^0 = 1000000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée de référence d'une fixation individuelle avec la distance au bord égale à c_1

$$A_{c,Nb}^0 = (4 \cdot c_1)^2$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{s,Nb} = 0,85$$

– paramètre lié à la distribution des contraintes dans le béton à cause de la proximité de la fixation au bord de l'article en béton :

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{2c_1} \leq 1$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$c_2 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation perpendiculaire à la direction 1 qui est la plus petite distance au bord dans un article étroit avec plusieurs distances au bord

$$\psi_{g,Nb} = 1,00$$

– paramètre représentant un effet de groupe

$$\psi_{g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s_2}{4c_1} \geq 1$$

, où :

$$n =$$

2 – nombre des fixations en ligne parallèlement au bord de l'article en béton

$$s_2 =$$

1100 mm – espacement maximal entre les tiges

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{ec,Nb} = 0,99$$

– facteur de modification des groupes de tiges chargés excentriquement en traction :

$$\psi_{ec,Nb} = \frac{1}{1 + \frac{e_N}{4c_1}} \leq 1$$

, où :

$$e_N =$$

7 mm – excentricité de la charge de traction

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Ed}} = \frac{435,3 \text{ kN}}{0,1 \text{ kN}} \geq 1$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00 \quad \text{-- coefficient de ductilité de tige en acier}$$

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$$A =$$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN} \quad \text{-- résistance au cisaillement caractéristique}$$

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$$k_6 =$$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$$A_s =$$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$$f_{uk} =$$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50 \quad \text{-- coefficient de sécurité pour acier}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 26,0 \text{ kN} \quad \text{-- effort de contrainte de conception}$$

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN} \quad \text{-- résistance à la traction de la fixation}$$

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN} \quad \text{-- effort de cisaillement de conception}$$

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \quad \text{-- résistance au cisaillement de la fixation}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \leq 1,0$$

Où :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad \text{-- la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \quad \text{-- la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{-- rupture par éclatement de béton de tige en traction}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 2\% \quad \text{-- rupture de béton par arrachement}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 5\% \quad \text{-- rupture de béton par éclatement latéral}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\% \quad - \text{rupture du bord de béton}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rupture de béton par effet de levier}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A6

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 25,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$c = 0,85 \quad - \text{facteur de réduction pour un filet coupé}$$

$$A_s = 1306 \text{ mm}^2 \quad - \text{surface d'effort de traction}$$

$$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{résistance minimale à la traction du boulon}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,40 \quad - \text{coefficient de sécurité pour acier}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$N_{Rd,p} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 25,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$k_2 = 10,50 \quad - \text{coefficient pour béton fissuré/non fissuré}$$

$$A_h = 8410 \text{ mm}^2 \quad - \text{surface de la tête de la fixation qui porte la charge}$$

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa} \quad - \text{résistance à la compression de béton}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,80 \quad - \text{coefficient de sécurité pour béton}$$

Résistance à l'éclatement latéral du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.8)

La vérification est effectuée pour un groupe des tiges qui forment des zones d'éclatement latéral : A5, A6

$$N_{Rd,cb} = \frac{N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc}} = 954,4 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 51,4 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \frac{A_{s,Nb}}{A_{s,Nb}^0} \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{g,Nb} \cdot \psi_{ec,Nb} = 1718,0 \text{ kN}$$

Où :

$$N_{Ed,g} = 51,4 \text{ kN}$$

– total des efforts de traction des tiges avec la surface commune de l'arrache-cône

$$N_{Rk,cb}^0 = 1398,5 \text{ kN}$$

– résistance caractéristique d'une fixation individuelle éloignée des effets des fixations adjacentes ou des bords de l'article en béton

$$N_{Rk,cb}^0 = k_s \cdot c_1 \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_c}$$

, où :

$$k_s =$$

12,20 – le paramètre lié au status du béton

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2 =$$

8410 mm² – surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_c =$$

25,0 MPa – résistance à la compression de béton

$$A_{c,Nb} = 1401000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée réelle de la fixation qui est limitée par les bords de l'article en béton ($c_2 \leq 2c_1$), la présence des fixations adjacentes ($s \leq 4c_1$) ou l'épaisseur de l'article

$$A_{c,Nb}^0 = 1000000 \text{ mm}^2$$

– la surface projetée de référence d'une fixation individuelle avec la distance au bord égale à c_1

$$A_{c,Nb}^0 = (4 \cdot c_1)^2$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{s,Nb} = 0,85$$

– paramètre lié à la distribution des contraintes dans le béton à cause de la proximité de la fixation au bord de l'article en béton :

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_1}{2 \cdot c_1} \leq 1$$

, où :

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$c_2 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation perpendiculaire à la direction 1 qui est la plus petite distance au bord dans un article étroit avec plusieurs distances au bord

$$\psi_{g,Nb} = 1,04$$

– paramètre représentant un effet de groupe

$$\psi_{g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s_2}{4 \cdot c_1} \geq 1$$

, où :

$$n =$$

2 – nombre des fixations en ligne parallèlement au bord de l'article en béton

$$s_2 =$$

900 mm – espacement maximal entre les tiges

$$c_1 =$$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$$\psi_{ec,Nb} = 0,99$$

– facteur de modification des groupes de tiges chargés excentriquement en traction :

$$\psi_{ec,Nb} = \frac{1}{1 + \frac{e_N}{4 \cdot c_1}} \leq 1$$

, où :

$$e_N =$$

5 mm – excentricité de la charge de traction

$c_1 =$

250 mm – distance au bord de la fixation dans la direction 1 vers le bord le plus proche

$\gamma_{Mc} = 1,80$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{Ed}} = \frac{435,3 \text{ kN}}{0,1 \text{ kN}} \geq 1$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00$$

– coefficient de ductilité de tige en acier

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$A =$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement caractéristique

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$k_6 =$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$A_s =$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$f_{uk} =$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficient de sécurité pour acier

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 25,4 \text{ kN} \quad \text{– effort de contrainte de conception}$$

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN} \quad \text{– résistance à la traction de la fixation}$$

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN} \quad \text{– effort de cisaillement de conception}$$

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \quad \text{– résistance au cisaillement de la fixation}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad \text{– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \quad \text{– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{– rupture par éclatement de béton de tige en traction}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 2\% \quad - \text{rupture de béton par arrachement}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 5\% \quad - \text{rupture de béton par éclatement latéral}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = 0\% \quad - \text{rupture du bord de béton}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rupture de béton par effet de levier}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A7

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$c = 0,85 \quad - \text{facteur de réduction pour un filet coupé}$$

$$A_s = 1306 \text{ mm}^2 \quad - \text{surface d'effort de traction}$$

$$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa} \quad - \text{résistance minimale à la traction du boulon}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,40 \quad - \text{coefficient de sécurité pour acier}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{uk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$\frac{N_{Rd,p}}{N_{s.c.}} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$k_2 = 10,50 \quad - \text{coefficient pour béton fissuré/non fissuré}$$

$$A_h = 8410 \text{ mm}^2 \quad - \text{surface de la tête de la fixation qui porte la charge}$$

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa} \quad - \text{résistance à la compression de béton}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,80 \quad - \text{coefficient de sécurité pour béton}$$

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$\frac{V_{Rd,s}}{V_{s.c.}} = 435,3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00 \quad \text{-- coefficient de ductilité de tige en acier}$$

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$$A =$$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN} \quad \text{-- résistance au cisaillement caractéristique}$$

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$$k_6 =$$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$$A_s =$$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$$f_{uk} =$$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50 \quad \text{-- coefficient de sécurité pour acier}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN} \quad \text{-- effort de contrainte de conception}$$

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN} \quad \text{-- résistance à la traction de la fixation}$$

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN} \quad \text{-- effort de cisaillement de conception}$$

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \quad \text{-- résistance au cisaillement de la fixation}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \leq 1,0$$

Où :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad \text{-- la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \quad \text{-- la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{-- rupture par éclatement de béton de tige en traction}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\% \quad \text{-- rupture de béton par arrachement}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\% \quad \text{-- rupture de béton par éclatement latéral}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\% \quad \text{-- rupture du bord de béton}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad \text{-- rupture de béton par effet de levier}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Résultat détaillé pour A8

Résistance à la traction de la tige (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 792,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 1110,1 \text{ kN}$$

Où :

$$c = 0,85$$

– facteur de réduction pour un filet coupé

$$A_s = 1306 \text{ mm}^2$$

– surface d'effort de traction

$$f_{uk} = 1000,0 \text{ MPa}$$

– résistance minimale à la traction du boulon

$$\gamma_{Ms} = 1,40$$

– coefficient de sécurité pour acier

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{uk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, où :

$$f_{yk} =$$

900,0 MPa – limite d'élasticité minimale du boulon

Résistance à l'arrachement du béton (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.5)

$$N_{Rd,p} = 1226,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 2207,5 \text{ kN}$$

Où :

$$k_2 = 10,50$$

– coefficient pour béton fissuré/non fissuré

$$A_h = 8410 \text{ mm}^2$$

– surface de la tête de la fixation qui porte la charge

$$A_h = a_{wp}^2 - \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

, où :

$$a_{wp} =$$

100 mm – longueur du bord de la rondelle rectangulaire

$$d =$$

45 mm – diamètre de tige de la fixation

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$$

– résistance à la compression de béton

$$\gamma_{Mc} = 1,80$$

– coefficient de sécurité pour béton

Résistance au cisaillement (EN1992-4 - Cl. 7.2.2.3.1)

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

Où :

$$k_7 = 1,00$$

– coefficient de ductilité de tige en acier

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, où :

$$A =$$

0,09 – allongement de classe des boulons pendant une rupture

$$V_{Rk,s}^0 = 653,0 \text{ kN}$$

– résistance au cisaillement caractéristique

$$V_{Rk,s}^0 = k_s \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, où :

$$k_s =$$

0,50 – coefficient de résistance de tige en cisaillement

$$A_s =$$

1306 mm² – surface d'effort de traction

$$f_{uk} =$$

1000,0 MPa – résistance ultime spécifique de la tige en acier

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficient de sécurité pour acier

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans l'acier (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN} \quad \text{– effort de contrainte de conception}$$

$$N_{Rd,s} = 792,9 \text{ kN} \quad \text{– résistance à la traction de la fixation}$$

$$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN} \quad \text{– effort de cisaillement de conception}$$

$$V_{Rd,s} = 435,3 \text{ kN} \quad \text{– résistance au cisaillement de la fixation}$$

Interaction des résistances à la traction et au cisaillement dans le béton (EN 1992-4 - Tableau 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1,0$$

Où :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad \text{– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par traction}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} \quad \text{– la plus grande valeur d'utilisation pour des modes de rupture par cisaillement}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{– rupture par éclatement de béton de tige en traction}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{– rupture de béton par arrachement}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} = 0\% \quad \text{– rupture de béton par éclatement latéral}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = 0\% \quad \text{– rupture du bord de béton}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = 0\% \quad \text{– rupture de béton par effet de levier}$$

Ferrailage supplémentaire (EN 1992-4 - Cl. 7.2.1.9)

Le ferrailage supplémentaire devrait résister à l'effort de 104,3 kN en traction.

Soudures (Redistribution plastique)

Éléme nt	Bord	Ép. gorge [mm]	Longue ur [mm]	Charg es	$\sigma_{w,E}$ d [MP a]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MP a]	$\tau_{\parallel}$ [MP a]	$\tau_{\perp}$ [MP a]	Ut [%]	Ut _c [%]	Résult at

COL-bfl 1	WID1a	15,0	600	LE1								OK
COL-bfl 1	WID1b	15,0	600	LE1								OK
COL-tfl 1	WID1c	15,0	600	LE1								OK
COL-tfl 1	WID1d	15,0	600	LE1								OK
BP1	COL-bfl 1	▲15,0 ▾	300	LE1	88,0	0,0	-39,7	17,4	-41,8	21,7	18,7	OK
		▲15,0 ▾	300	LE1	86,2	0,0	-40,7	-20,9	38,6	21,3	19,3	OK
BP1	COL-tfl 1	▲15,0 ▾	300	LE1	86,9	0,0	-40,8	22,9	-37,9	21,5	18,9	OK
		▲15,0 ▾	300	LE1	84,8	0,0	-36,9	-19,0	39,8	21,0	17,3	OK
BP1	COL-w 1	▲15,0 ▾	472	LE1	102,1	0,0	-51,1	1,4	-51,0	25,2	19,9	OK
		▲15,0 ▾	472	LE1	102,4	0,0	-51,1	-1,4	51,2	25,3	19,9	OK
BP1	Éléme nt 2- bfl 1	▲10,0 ▾	300	LE1	133,0	0,0	51,4	58,4	40,2	32,9	20,3	OK
		▲10,0 ▾	300	LE1	127,3	0,0	46,4	-36,9	-57,6	31,5	16,0	OK
BP1	Éléme nt 2-tfl 1	▲10,0 ▾	300	LE1	94,0	0,0	-46,0	-19,0	-43,3	23,2	15,6	OK
		▲10,0 ▾	300	LE1	138,2	0,0	65,0	-54,4	-44,7	34,1	20,8	OK
BP1	Éléme nt 2-w 1	▲10,0 ▾	281	LE1	23,9	0,0	-3,9	-13,0	-3,8	5,9	3,8	OK
		▲10,0 ▾	281	LE1	23,0	0,0	-2,5	13,0	2,6	5,7	3,7	OK
BP1	WID1a	▲15,0 ▾	450	LE1	108,9	0,0	-49,1	23,1	-51,2	26,9	21,9	OK
		▲15,0 ▾	450	LE1	107,8	0,0	-52,1	-21,7	50,0	26,6	21,2	OK
BP1	WID1b	▲15,0 ▾	450	LE1	108,1	0,0	-52,6	21,8	-50,0	26,7	21,8	OK
		▲15,0 ▾	450	LE1	109,8	0,0	-49,3	-29,2	48,5	27,1	22,5	OK
BP1	WID1c	▲15,0 ▾	450	LE1	107,8	0,0	-51,9	23,2	-49,4	26,6	21,3	OK
		▲15,0 ▾	450	LE1	106,5	0,0	-46,6	-25,0	49,3	26,3	21,8	OK
BP1	WID1d	▲15,0 ▾	450	LE1	108,5	0,0	-48,6	29,0	-47,9	26,8	22,5	OK
		▲15,0 ▾	450	LE1	108,2	0,0	-52,6	-23,2	49,5	26,7	21,9	OK
BP1	WID1e	▲15,0 ▾	450	LE1	110,4	0,0	-46,2	34,9	-46,2	27,3	22,2	OK
		▲15,0 ▾	450	LE1	110,0	0,0	-46,0	-34,7	46,1	27,2	22,2	OK
COL-tfl 1	WID1e	▲15,0 ▾	600	LE1	248,7	0,0	-41,8	-135,4	-41,4	61,5	18,7	OK

		▲ 15,0 ▾	600	LE1	247,9	0,0	- 41,5	134,8	41,9	61,3	18,6	OK
BP1	WID1f	▲ 15,0 ▾	450	LE1	103,9	0,0	- 43,3	33,0	- 43,4	25,7	20,5	OK
		▲ 15,0 ▾	450	LE1	104,4	0,0	- 43,6	- 33,3	43,5	25,8	20,6	OK
COL-bfl 1	WID1f	▲ 15,0 ▾	600	LE1	250,6	0,0	- 40,9	- 136,6	- 41,3	61,9	17,5	OK
		▲ 15,0 ▾	600	LE1	251,5	0,0	- 41,2	137,3	40,8	62,2	17,6	OK

Données de conception

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	0,85	404,7	309,6

Explication des symboles

ϵ_{PI}	Déformation
$\sigma_{w,Ed}$	Contrainte équivalente
$\sigma_{w,Rd}$	Résistance aux contraintes équivalentes
$\sigma_{\perp}$	Contrainte perpendiculaire
$\tau_{ }$	Contrainte de cisaillement parallèle à l'axe de soudure
$\tau_{\perp}$	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à l'axe de soudure
0.9σ	Résistance de contrainte perpendiculaire – $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Facteur de corrélation EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilisation
Utc	Utilisation de capacité de la soudure

Résultat détaillé pour COL-bfl 1 WID1a

Les soudures bout à bout sont considérées comme pleine pénétration et ne sont pas vérifiées. Leur résistance est présumée d'être égale à la résistance de l'article soudé - EN 1993 - 1- 8 - 4.7.1.

Résultat détaillé pour COL-bfl 1 WID1b

Les soudures bout à bout sont considérées comme pleine pénétration et ne sont pas vérifiées. Leur résistance est présumée d'être égale à la résistance de l'article soudé - EN 1993 - 1- 8 - 4.7.1.

Résultat détaillé pour COL-tfl 1 WID1c

Les soudures bout à bout sont considérées comme pleine pénétration et ne sont pas vérifiées. Leur résistance est présumée d'être égale à la résistance de l'article soudé - EN 1993 - 1- 8 - 4.7.1.

Résultat détaillé pour COL-tfl 1 WID1d

Les soudures bout à bout sont considérées comme pleine pénétration et ne sont pas vérifiées. Leur résistance est présumée d'être égale à la résistance de l'article soudé - EN 1993 - 1- 8 - 4.7.1.

Résultat détaillé pour BP1 COL-bfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 88,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 39,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 12,8 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 86,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 40,7 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} = 13,2 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 COL-tfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 86,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 40,8 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 21,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 84,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 36,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 21,0 \quad \%$$

Résultat détaillé pour BP1 COL-w 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 102,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 51,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 25,2 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 102,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{404,7}{1,25} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 51,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{w,Rd}} = 25,3 \quad \%$$

Résultat détaillé pour BP1 Élément 2-bfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{||}^2)]^{0,5} = \frac{133,}{0} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 51,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{133,0}{404,0} = 32,9 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{||}^2)]^{0,5} = \frac{127,}{3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 46,4 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{127,3}{404,0} = 31,5 \quad \%$$

Résultat détaillé pour BP1 Élément 2-tfl 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{||}^2)]^{0,5} = \frac{94,}{0} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 46,0 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{94,0}{404,0} = 23,2 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{||}^2)]^{0,5} = \frac{138,}{2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 65,0 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{10,1}{30,9} = 34,1 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 Élément 2-w 1

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 23,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 3,9 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{3,9}{323,76} = 5,9 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 23,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 2,5 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{2,5}{323,76} = 5,7 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 WID1a

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 108,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 323,76 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 49,1 \text{ MPa}$$

où :

$f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Résistance ultime

$\beta_w = 0,85$ – facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{107,8}{404,7} = 26,9 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{430,0}{0,85 \cdot 1,25} = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 107,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{430,0}{1,25} = 344,0 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 52,1 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{107,8}{404,7} = 26,6 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 WID1b

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{430,0}{0,85 \cdot 1,25} = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 108,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{430,0}{1,25} = 344,0 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 52,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{108,1}{404,7} = 26,7 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{430,0}{0,85 \cdot 1,25} = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 109,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{430,0}{1,25} = 344,0 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 49,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{109,8}{404,7} = 27,1 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 WID1c

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{107,8}{8} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 51,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{107,8}{404,7} = 26,6 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{106,5}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 46,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{106,5}{404,7} = 26,3 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 WID1d

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{108,5}{5} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 48,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{108,5}{404,7} = 26,8 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{7} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{108,2}{2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 52,6 \text{ MPa}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{f_u} = \frac{114,7}{430} = 26,7 \%$$

Résultat détaillé pour BP1 WID1e

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 110,4 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= \frac{309,6}{1,25} = 247,7 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 46,2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{f_u} = \frac{110,4}{430} = 25,7 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 110,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= \frac{309,6}{1,25} = 247,7 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 46,0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \\ \gamma_{M2} &= 1,25 && \text{-- Facteur de sécurité} \end{aligned}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{f_u} = \frac{110,0}{430} = 25,6 \%$$

Résultat détaillé pour COL-tfl 1 WID1e

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\begin{aligned} \sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) &= \frac{404}{1,25} = 323,2 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 248,7 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp,Rd} &= \frac{309,6}{1,25} = 247,7 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 41,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

où :

$$\begin{aligned} f_u &= 430,0 \text{ MPa} && \text{-- Résistance ultime} \\ \beta_w &= 0,85 && \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1} \end{aligned}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{247,9}{404,7} = 61,5 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{0,85 \times 1,25} = 309,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 247,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_w}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 41,5 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{247,9}{404,7} = 61,3 \quad \%$$

Résultat détaillé pour BP1 WID1f

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{0,85 \times 1,25} = 309,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 103,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_w}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 43,3 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{103,9}{404,7} = 25,7 \quad \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{0,85 \times 1,25} = 309,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 104,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{f_w}{\gamma_{M2}} = \frac{404,7}{1,25} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 43,6 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{104,4}{404,7} = 25,8 \quad \%$$

Résultat détaillé pour COL-bfl 1 WID1f

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{250,6}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 40,9 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{250,6}{404,7} = 61,9 \%$$

Vérification de résistance de la soudure (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_w / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{251,5}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{309,6}{1} \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 41,2 \text{ MPa}$$

où :

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{-- Résistance ultime}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{-- facteur de corrélation approprié selon la Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{-- Facteur de sécurité}$$

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} = \frac{251,5}{404,7} = 62,2 \%$$

Bloc de béton

Élément	Charges	c [mm]	A _{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k _j [-]	F _{jd} [MPa]	U _t [%]	Résultat
BdB 1	LE1	97	748119	8,1	1,41	15,7	51,3	OK

Explication des symboles

- c Largeur de pression diamétrale
- A_{eff} Zone effective
- σ Contrainte moyenne du béton
- k_j Facteur de concentration
- F_{jd} Résistance à la pression du béton
- U_t Utilisation

Résultat détaillé pour BdB 1

Vérification de résistance à la compression de bloc de béton (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A} = 8,1 \text{ MPa}$$

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 15,7 \text{ MPa}$$

où :

- $N = 6045,1 \text{ kN}$ – Effort normal de conception
- $A_{eff} = 748119 \text{ mm}^2$ – Superficie effective sur laquelle l'effort N de poteau est distribué
- $\alpha_{cc} = 1,00$ – Effets sur Fcd à long terme
- $\beta_j = 0,67$ – Coefficient du matériau de scellement β_j
- $k_j = 1,41$ – Facteur de concentration
- $f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$ – Résistance à la compression caractéristique de béton
- $\gamma_c = 1,50$ – Facteur de sécurité

Usage de contrainte

$$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} = 51,3 \%$$

Cisaillement dans le plan de contact

Nom	Charges	V _y [kN]	V _z [kN]	V _{Rd,y} [kN]	V _{Rd,z} [kN]	V _{c,Rd} [kN]	U _t [%]	Résultat
BP1	LE1	17,4	67,9	2336,5	972,7	1643,1	7,0	OK

Explication des symboles

- V_y Effort de cisaillement du pied de poteau Vy
- V_z Effort de cisaillement du pied de poteau Vz
- V_{Rd,y} Résistance au cisaillement
- V_{Rd,z} Résistance au cisaillement
- V_{c,Rd} Résistance à la pression diamétrale du béton
- U_t Utilisation

Résultat détaillé pour BP1

Résistance d'acier de la bêche (EN 1993-1-1 - 6.2.6)

$$V_{Rd,y} = 2336,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,z} = A_{vz} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 972,7 \text{ kN}$$

où :

- $A_{vy} = 11400 \text{ mm}^2$ – Zone de cisaillement Ay de la bêche de section transversale
- $A_{vz} = 4746 \text{ mm}^2$ – Zone de cisaillement Az de la bêche de section transversale
- $f_y = 355,0 \text{ MPa}$ – Limite d'élasticité
- $\gamma_{M0} = 1,00$ – Facteur de sécurité

Concrete bearing resistance (EN 1992-1-1 - Cl. 6.5.4)

$$V_{c,Rd} = A \sigma_{Rd,max} = 1643,1 \text{ kN}$$

Where:

- $A = lb = 109543 \text{ mm}^2$ – Projected area of the shear lug excluding the portion above concrete

$$l = 300 \text{ mm}$$

$$b = 365 \text{ mm}$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 v' f_{ck} / \gamma_c = 15,0 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 1,00$$

$$v' = 1 - f_{ck}/250 = 0,90$$

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

Usage en cisaillement

$$U_t = 7,0 \%$$

- Length of the shear lug excluding the portion above concrete
- Projected width of the shear lug in the direction of shear load
- Maximum stress which can be applied at the edges of the node
- Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.60)
- Factor - EN 1992-1-1 - Equation (6.57N)
- Characteristic resistance of concrete in compression
- Safety factor

Voilement

Analyse de flambement n'a pas été calculée.

Paramétrage de norme

Élément	Valeur	Unité	Référence
γ_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_c	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficient du matériau de scellement β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Zone effective – influence de taille de maillage	0,10	-	
Coefficient de frottement - béton	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficient de frottement en résistance au glissement	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Déformation plastique limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Évaluation des contraintes de soudure	Redistribution plastique		
Principes de construction	Non		
Entraxe [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Pince [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Résistance à l'éclatement du béton	Cisaillement		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Utiliser α_b calculé dans la vérification de la pression diamétrale.	Non		EN 1993-1-8: tab 3.4
Béton fissuré	Non		EN 1992-4
Vérification de déformation locale	Non		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite de déformation locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non-linéarité géométrique (GMNA)	Oui		Grandes déformations des sections creuses

Structure contreventée	Non		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

Annexe-09 : Vérifications Les contraintes de radier

Calcul Béton Armé - BAELx/ism - Excel (Échec de l'act

FICHIER ACCUEIL INSERTION MISE EN PAGE FORMULES DONNÉES RÉVISION AFFICHAGE NITRO PRO

Arial 10

Coller

Police

Alignement

Nombre

Mise en form conditionnell

F26

Retour au SOMMAIRE

FLEXION SIMPLE (SECTION RECTANGULAIRE)

VERIFICATION A L'ETAT LIMITE DE SERVICE

BOIT 'NAH KAIS ENIG2001

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

0,1 cm²

d'=δ'.d

A'

d

A

b0

14,07 cm²

OK

Fissuration peu prejudiciable

Fe=400 Mpa

Fe=500 Mpa

Mser[MN.m]= 0,343

fc28[Mpa]= 25

Fe[Mpa]= 500

b0[m]= 0,6

d[m]= 1

d'[m]= 0,02

Fissuration fpp

$\sigma_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 15$ Mpa

$f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 2,1$ Mpa

$F_p \rightarrow \overline{\sigma}_{st} = \inf \left(\frac{2}{3} f_e, 110 \sqrt{\eta} \cdot f_{t28} \right) = 201,633331$ Mpa

$F_{tp} \rightarrow \overline{\sigma}_{st} = \inf \left(0.5 f_e, 90 \sqrt{\eta} \cdot f_{t28} \right) = 164,972725$ Mpa

$\Rightarrow \overline{\sigma}_{st} = 164,972725$ Mpa

$A.y_1^2 + B.y_1 + C = 0$

$A = \frac{b_0}{2} = 0,3$

$B = 15 \cdot (A_{sc} + A_{st}) = 212,55$

$C = -15 \cdot (A_{sc} d' + A_{st} d) = -211,08$

Sommaire Dim Flexion Simple, Sect Rect, ELU Dim Flexion Simple, Sect T, ELU Ver ELS flexion simple rect Ver EL

Calcul Béton Armé - BAELxlsm - Excel (Échec de l'acti

FICHIER ACCUEIL INSERTION MISE EN PAGE FORMULES DONNÉES RÉVISION AFFICHAGE NITRO PRO

Coller

Police

Alignement

Nombre

Mise en form conditionnelle

F26

33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67

A B C D E F G H I J K

$\Delta = 45430,7985$
 $y_1 = -709,4916959$ ou $y_1 = 0,991696$

on prend $y_1 = 0,99169589$ m

$$ISRH = \frac{1}{3} b_0 y_1^3 + 15 A_{sc} (y_1 - d')^2 + 15 A_{st} (d - y_1)^2 = 1,62590179$$

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser} \cdot y_1}{ISRH} = 0,20920802$$

$$\sigma_{st} = \frac{15 M_{ser} \cdot (d - y_1)}{ISRH} = 0,0262775$$

fpp

$\sigma_{bc} < \overline{\sigma_{bc}}$ OK

et

$\sigma_{st} < \overline{\sigma_{st}}$ OK

Sommaire Dim Flexion Simple, Sect Rect, ELU Dim Flexion Simple, Sect T, ELU Ver ELS flexion simple rect Ver ELS

Annexe-10 : Calcul ferrailage en flexion simple

Calcul Béton Armé - BAELxism - Excel (Échec de l'activation)

F16 : X ✓ fx

Retour au SOMMAIRE

**FLEXION SIMPLE (SECTION RECTANGULAIRE)
DIMENSIONNEMENT A L'ETAT LIMITE ULTIME**

Diagramme de section rectangulaire :

$d' = \delta' \cdot d$

A'

d

A

b_0

Données :

Mu[MN.m]	0,154
Mser[MN.m]	
fc28[Mpa]	25
Fe[Mpa]	500
b0[m]	1
d[m]	0,4
d'[m]	0,02

☐ Fe=400 Mpa
☒ Fe=500 Mpa

$f_{bu} = 0.85 \frac{f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b} = 14,1666667 \text{ Mpa}$

$f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 2,1 \text{ Mpa}$

$f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 434,782609 \text{ Mpa}$

ORGANIGRAMME DE CALCUL

$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = 0,298739088$

$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b_0 \cdot d^2 \cdot f_{bu}} = 0,067941176$

10,3606325 cm²

Sommaire **Dim FlexionSimple,Sect Rect,ELU** Dim Flexion Simple,Sect T,ELU Ver ELS flexion simple rect Ver ELS

