

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie  
Département Génie Mécanique

## Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

**Filière : Génie Mécanique**  
**Spécialité :Ouvrages Métalliques et Chaudronnés**

### THEME

Etude et conception de deux halls industriels avec deux ponts roulants de capacité 20 tonnes et un bâtiment administratif R+2

Présenté par :

MOGHDIR Abdenour

Promoteur : **Mr. R.IFRAH**

Encadreur : **Mm. N.MADDENI**

**Promotion 2023- 2024**

## **REMERCIEMENTS**

*Je commence par remercier et rendre grâce à ALLAH , le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volanté de mener à bon terme de ce travail.*

*J'exprime mes sincères remerciements à mes parents qui m'ont toujours encouragé et soutenu durant toutes mes études.*

*Mes remerciements vont en particulier à **Mr : R.IFRAH**, mon promoteur qui m'a dirigée et aidé afin de mener à bien ce travail.*

*Ainsi mon encadreur **Mme : N.MADDENI**, pour son aide et ses précieux conseil.*

*Je tiens aussi a remercier également tous les enseignements de l'option Ouvrages Métalliques et Chaudronnés sans exception.*

*Je tiens à remercier également mes enseignements des défférentes phases d'enseignements .*

*Ma sincère reconnaissance va à l'ensemble du personnel de l'entreprise **ALIECO** pour leur collaboration et leur accueil chaleureux.*

**ABDENOUR MOGHDIR**



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ma très chère mère qui m'a tant aidé avec  
son soutien elle est ma source de courage  
et de patience à qui j'exprime tout ma  
reconnaissance*

*Mon très cher père pour sa patience et sa  
compréhension*

*Mes frères et mes sœurs*

*Tout mes cousins et cousines*

*Mes chers amis sans exception*

*Tous mes collègues de la promotion  
MOMC*

*Abdenour Moghdir*

|                            |   |
|----------------------------|---|
| I. Introduction Générale : | 1 |
|----------------------------|---|

## ***Chapitre I : Présentation du sujet***

|  |   |
|--|---|
| I. Présentation du sujet :                                   | 2 |
| II.1. Données géométriques de l'ouvrage :                    | 2 |
| II.2. Éléments structuraux :                                 | 2 |
| a)-Eléments principaux de la structure :                     | 2 |
| b)-Les éléments secondaires :                                | 2 |
| II.3. Éléments de l'ouvrage :                                | 2 |
| a) Choix structural :  | 2 |
| b) Plancher :  | 3 |
| c) Escalier :  | 3 |
| d) Acrotère :  | 3 |
| e) Remplissage :   | 3 |
| f) Cloisons :  | 3 |
| II.4. Les Normes utilisées:                                  | 3 |
| II.5. Matériaux de construction:                             | 3 |
| a)-Acier :   | 3 |
| b)-Béton :   | 3 |
| II.6. Logiciels utilisés :                                   | 3 |
| II.7. Assemblages :  | 3 |
| II.8. Système de contreventement :                           | 4 |
| <input type="checkbox"/> Palées de stabilités verticales :   | 4 |
| <input type="checkbox"/> Palées de stabilités horizontales : | 4 |

## ***Chapitre II : Etude climatique***

|   |   |
|---|---|
| I. Introduction :   | 8 |
| II. Etude de la neige :                                     | 8 |
| II.1. Charge de neige sur les toitures ou autres surfaces : | 8 |
| II.1.1. Calcul de $S_k$ :                                   | 8 |

|  |    |
|--|----|
| III. Etude de vent : .....                                     | 9  |
| III.1.Halle industrielle : .....                               | 9  |
| III.1.1.Pression due au vent $q_j$ : .....                     | 9  |
| III.1.2. Calcule de $qP$ : .....                               | 9  |
| III.1.3.Détermination de la pression aérodynamique.....        | 10 |
| III.1.4. Les coefficient de pression intérieure $C_{pi}$ ..... | 14 |
| III.1.5.Calcule de pression $W_j$ : .....                      | 15 |
| III.2.Bâtiment administratif : .....                           | 16 |
| III.2.1.Pression due au vent $W_j$ : .....                     | 16 |
| IV. Calcul de la force de frottement : .....                   | 21 |
| V. Conclusion : .....  | 22 |

## ***Chapitre III : Eude éléments secondaires***

|   |    |
|---|----|
| I. Introduction : .....                                     | 23 |
| II. Les éléments secondaires de le halle industrielle ..... | 23 |
| II.1. Les pannes .....                                      | 23 |
| II.1.1. Principe de calcul .....                            | 23 |
| II.1.2. Dimensionnement des pannes .....                    | 23 |
| II.1.3. Evaluation des charges .....                        | 25 |
| II.1.4. Combinaison des charges .....                       | 26 |
| II.1.5. Vérification de la classe de profilé (IPE160) ..... | 27 |
| II.1.6. Vérification de profilé a la flèche .....           | 27 |
| II.1.7. Vérification a la flexion bi-axiale .....           | 28 |
| II.1.8. Vérification de déversement .....                   | 28 |
| II.1.9. Vérification de la résistance .....                 | 30 |
| II.2.Les lisses de bardage : .....                          | 31 |
| II.2.1. Dimensionnement des lisses.....                     | 31 |
| II.2.2. Evaluation des charges .....                        | 32 |
| II.2.3. Combinaison des charges .....                       | 32 |
| II.2.4. Vérification de la classe de profilé .....          | 32 |
| II.2.5. Vérification de la flèche .....                     | 33 |
| II.2.6. Vérification a la flexion bi-axiale .....           | 34 |

|   |    |
|---|----|
| II.2.7 Vérification de la résistance .                              | 35 |
| II.3. dimensionnement des potelets                                  | 35 |
| II.3.1. Détermination des sollicitation                             | 36 |
| II.3.2. combinaison des charges                                     | 36 |
| II.3.3. vérification de la classe de profilé                        | 36 |
| II.3.4. Vérification de la flèche                                   | 37 |
| II.3.5. Vérification de la résistance                               | 37 |
| II.3.6. Vérification a la flexion composée ( flambement + flexion ) | 38 |
| II.4. L'accrotère.....  | 40 |
| II.4.1. Dimensionnement de la baïonnette                            | 40 |
| II.4.2. Combinaison des charges                                     | 40 |
| II.4.3. Vérification de la flèche                                   | 41 |
| II.4.4. Vérification de la résistance                               | 41 |
| II.4.5. Vérification a la flexion composée (flambement + flexion)   | 41 |
| III. Etude des éléments secondaire de bâtiment                      | 43 |
| III.1. Escalier   | 43 |
| III.1.1. Introduction.....  | 43 |
| III.1.2. Définition   | 44 |
| III.1.3. Choix de dimensions  | 44 |
| III.1.4. Calcul de la ligne de foulée.....                          | 45 |
| III.1.5. Vérification de la cornière de marche                      | 45 |
| III.1.6. Dimensionnement de la solive (palier de repos)             | 46 |
| III.1.7. Vérification de limon                                      | 48 |
| III.1.8 Etude de la poutre palière.                                 | 53 |
| III.2. Acrotère   | 55 |
| III.2.1. Evaluation des charges                                     | 55 |
| III.2.2. Combinaison des charges                                    | 55 |
| III.2.3. Vérification de la flèche                                  | 56 |
| III.2.4. Vérification de la résistance                              | 56 |
| IV. Conclusion.....   | 56 |

**Chapitre IV : Etude de chemin de roulement**

|  |    |
|--|----|
| I. Introduction .....  | 57 |
| II. Les Caractéristiques de pont roulante .....                | 57 |
| II.1. les Dimensions .....                                     | 57 |
| II.2. Charge et Vitesse .....                                  | 57 |
| II.3. Classification de pont roulant .....                     | 58 |
| II.3.1. Type de pont .....                                     | 58 |
| II.3.2. La Classe de levage .....                              | 58 |
| II.4. Les Coefficient dynamique .....                          | 58 |
| III. Détermination des charges .....                           | 58 |
| III.1. Charges verticales .....                                | 58 |
| III.2. Les charges longitudinales <b>HL</b> et <b>HT</b> ..... | 60 |
| III.2.1. Charge horizontale longitudinale <b>HL</b> .....      | 60 |
| III.2.2. Charge horizontale transversale <b>HT</b> .....       | 60 |
| III.2.3. La marche en crabe .....                              | 62 |
| IV. dimension de chemin de roulement .....                     | 64 |
| IV.1. Les Dimensions de la poutre de roulement .....           | 64 |
| IV.3. Les dimensions des crapauds des rails .....              | 64 |
| V. Vérification .....  | 65 |
| V.1. Vérification de la flèche .....                           | 65 |
| V.1.1. La Flèche verticale .....                               | 65 |
| V.2. Vérification de la résistance .....                       | 66 |
| V.2.1. la résistance verticale .....                           | 66 |
| V.2.2. La résistance horizontale .....                         | 68 |
| V.2.3. Vérification de voilement de l'âme .....                | 69 |
| V.2.4. Vérification l'écrasement.....                          | 69 |
| V.2.5. Résistance a l'enfoncement local .....                  | 69 |
| VI. dimensionnement de console .....                           | 70 |
| VI.1. Évaluation des charges .....                             | 70 |
| VI.1.1. Charge permanente .....                                | 70 |

|  |    |
|--|----|
| VI.1.2. Charge d'exploitation .....              | 71 |
| VI.2. Combinaison des charges .....              | 71 |
| VI.3 Vérification de la flèche .....             | 71 |
| VI.4. Vérification de la résistance .....        | 72 |
| VI.4.1 vérifications de moment fléchissant ..... | 72 |
| VI.4.2. Vérification de l'effort tranchant ..... | 72 |
| VI.4.3. Vérification de déversement .....        | 72 |
| VII. Limite de course du pont roulant .....      | 73 |
| VIII. Conclusion .....                           | 74 |

## *Chapitre V : Etude de plancher*

|   |    |
|---|----|
| I. Introduction : .....                 | 75 |
| II. Dimensionnement des planchers ..... | 75 |
| II.1. Plancher courant.....             | 75 |
| II.1.1. Les dimensions .....            | 75 |
| II.1.2. Phase de montage .....          | 76 |
| II.1.3. Vérification des solives .....  | 76 |
| II.1.4. Phase finale .....              | 78 |
| II.1.5. Calcul des connecteurs .....    | 82 |
| III. Conclusion.....                    | 84 |

## *Chapitre VI : Etude sismique*

|  |    |
|--|----|
| I. Introduction : .....                                    | 85 |
| II. Bâtiment.....  | 85 |
| II.1. Les Classification.....                              | 85 |
| II.1.1. La Classification de la construction .....         | 85 |
| II.1.2. Classification de la zone sismique.....            | 85 |
| II.1.3. Classification de site.....                        | 85 |
| II.1.4. Choix de la méthode de calcul.....                 | 85 |
| II.1.5. Calcul de l'effort tranchant de la structure ..... | 86 |

|  |     |
|--|-----|
| II.1.6. Détermination de facteur d'amplification dynamique moyen D.....            | 86  |
| II.1.7. le facteur de qualité Q .....  | 87  |
| II.1.8.Détermination de coefficient de comportement globale de la structure.....   | 87  |
| II.2.Détermination le poids totale de la structure W .....                         | 87  |
| II.2.1.Détermination de poids $W_i$ de chaque niveau .....                         | 88  |
| II.2.2.calcul des forces sismique F de chaque niveau i .....                       | 90  |
| II.3. la méthode dynamique spectral.....   | 92  |
| II.3.1. résultat des forces sismique.....  | 92  |
| III. Halle industrielle .....  | 93  |
| III.1.Les classification .....   | 93  |
| III.1.1.La classification de la construction.....                                  | 93  |
| III.1.3.Classification de site .....   | 93  |
| II.1.4.Choix de la méthode de calcul.....  | 93  |
| III.1.5.Calcul de l'effort tranchant de la structure.....                          | 93  |
| III.1.6.Déterminé le facteur de qualité Q .....                                    | 95  |
| III.1.7.Détermination de coefficient de comportement globale de la structure ..... | 95  |
| III.2.Détermination de poids totale de la structure W .....                        | 96  |
| III.2.1.Détermination de poids $W_i$ de chaque niveau i.....                       | 97  |
| III.3.calcul des forces sismiques ( F ) de chaque niveau i .....                   | 97  |
| III.4. La Méthode dynamique spectrale.....   | 100 |
| II.3.1. résultat des forces sismique.....  | 100 |
| IV. Joint Sismique.....  | 101 |
| IV. 1. Définition .....  | 101 |
| IV.1.1. Calcul de la largeur de joint sismique .....                               | 101 |
| V. Conclusion .....  | 102 |

## *Chapitre VII :Etude de la stabilité*

|  |     |
|--|-----|
| I. Introduction : .....                  | 102 |
| II. La stabilité de la halle.....        | 102 |
| II.1. Poutre au vent de la toiture ..... | 102 |
| II.1.1.Définition.....                   | 102 |

|  |     |
|--|-----|
| II.1.2.Détermnation des forces <b><i>Fi</i></b> et les réactions .....   | 102 |
| II.1.3.Vérification des diagonales .....                                 | 104 |
| II.2.Palée de stabilité verticale.....                                   | 105 |
| II.2.1.Définition .....  | 105 |
| II.2.2.Détermination de l'effort normal <b><i>NSD</i></b> .....          | 105 |
| II.2.3.Vérification des diagonales .....                                 | 106 |
| II.3. Dimensionnement de la panne montant.....                           | 107 |
| II.3.1. Evaluation des charges .....                                     | 107 |
| II.3.2. Vérification de la flèche .....                                  | 107 |
| II.3.3. Vérification de flambement.....                                  | 107 |
| II.4.Dimensiennement de la panne montant .....                           | 108 |
| II.4.1.Calcul les réaction <b><i>RA et RB</i></b> .....                  | 108 |
| II.4.2.Vérification de flambement.....                                   | 109 |
| II.4.1.Vérification des pannes ordinaire.....                            | 111 |
| II.5.Calcul des liernes .....  | 114 |
| II.6. Palée de stabilité horizontale de chemin de roulement.....         | 115 |
| II.6.1.Définition .....  | 115 |
| II.6.3. Vérification des diagonales a la traction .....                  | 115 |
| II.6.4. Vérification de la compression (flambement) de la diagonale..... | 116 |
| III. Stabilité de bâtiment.....  | 117 |
| III.1.calcul des réaction <b><i>RA et RB</i></b> .....                   | 117 |
| III.2. Déterminé de <b><i>Nsd</i></b> .....                              | 117 |
| III.3. vérification de la classe de profilé .....                        | 118 |
| III.3.1. vérification flambement de la barre .....                       | 119 |
| III.3.2.vérification a la traction .....                                 | 119 |
| III.4. Vérification de la poutre sablière.....                           | 120 |
| III.4.1.Vérification a la compression .....                              | 120 |
| IV. Conclusion.....  | 120 |

***Chapitre VIII : Etude de la structure***

I. Introduction : ..... 121

II. Etude de la structure : ..... 121

    II.1. Halle industrielle : ..... 121

        II.1.1. Caractéristique des barres : ..... 121

        II.1.2. Combinaisons des charges : ..... 122

        II.1.3. Réactions extrêmes globaux : ..... 127

        II.1.4. Les efforts extrême globaux : ..... 128

        II.1.5. les déplacements extrême globaux : ..... 128

    II.2. Vérification des profilé par logiciel ROBOT : ..... 129

        II.2.1. Poteau : ..... 129

        II.2.2. Traverse : ..... 130

        II.2.3. La poutre sablière : ..... 132

        II.2.4. la panne: ..... 133

III. Bâtiment : ..... 135

    III.1. Caractéristiques des profilé : ..... 135

    III.2. les chargements : ..... 136

    III.3. Les combinaisons des charges : ..... 137

    III.4. Les réaction et moment extrême globaux : ..... 139

    III.5. Les Déplacements extrême globaux : ..... 140

    III.6. les efforts extrême globaux : ..... 141

    III.8. Vérification des profilé par logiciel ROBOT : ..... 143

        III.8.1. Poteau : ..... 143

        III.8.2. Traverse : ..... 144

        III.8.3. Le diagonale : ..... 145

IV. Conclusion : ..... 146

***Chapitre IX : Etude des assemblages***

I. Introduction : ..... 147

II. Calcul manuel des assemblages ..... 147

    II.1. Assemblage panne -traverse ..... 147

        II.1.1. Dimensionnement de l'échantignole ..... 147

|   |     |
|---|-----|
| III. Assemblage par logiciel ROBOT .....            | 149 |
| IV. Le Bâtiment .....                               | 171 |
| IV.1. Assemblage par logiciel ROBOT.....            | 171 |
| IV.2. Calcul manuel des assemblages.....            | 178 |
| IV.2.1. Assemblage poteau – diagonale .....         | 178 |
| IV.2.2. Disposition des boulons .....               | 178 |
| IV.2.3. Résistance des boulons au cisaillement..... | 179 |
| IV.2.4. vérification la pression diamétrale .....   | 179 |
| IV.2.5. Vérification de gousset a la traction.....  | 179 |
| IV.2.6. vérification de la pression diamétrale..... | 180 |
| V. conclusion .....                                 | 180 |

### *Chapitre X : Etude d'ancrage*

|   |     |
|---|-----|
| I. Ancrage De Hall Industrielle : ..... | 181 |
| II. Bâtiment.....                       | 189 |
| III. Conclusion.....                    | 193 |

### *Conclusion générale*

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Conclusion générale : ..... | 194 |
|-----------------------------|-----|

### *Bibliographie*

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Bibliographie..... | 195 |
|--------------------|-----|

## *Liste des figures*

### *Chapitre I : Présentation de sujet*

|   |   |
|---|---|
| Figure 1: Vue perspective de l'ouvrage.....     | 4 |
| Figure 2: Dimension de halle industrielle ..... | 4 |
| Figure 3: Vue en plan hall industrielle .....   | 5 |
| Figure 4: Vue en élévation long pan.....        | 5 |
| Figure 5: Vue en élévation pignon .....         | 6 |
| Figure 6: Dimension de bâtiment .....           | 6 |
| Figure 7: Vue en plan de bâtiment.....          | 7 |
| Figure 8: Vue en élévation long pan.....        | 7 |
| Figure 9: Vue en élévation pignon .....         | 7 |

### *Chapitre II : Etude climatique*

|  |    |
|--|----|
| Figure 1: Distribution des charges de neige .....    | 8  |
| Figure 2: Définition des catégories de terrain ..... | 11 |
| Figure 3: C <sub>pe</sub> sur pignon.....            | 12 |
| Figure 4: C <sub>pe</sub> de la toiture.....         | 12 |
| Figure 5: C <sub>pe</sub> de la toiture.....         | 14 |

### *Chapitre III : Etude des éléments secondaires*

|   |    |
|---|----|
| Figure 1: Disposition des pannes .....                          | 24 |
| figure 2: Répartition des pannes .....                          | 24 |
| Figure 3: Disposition des lisses.....                           | 31 |
| Figure 4: Répartition des liernes.....                          | 33 |
| Figure 4: Vue de la baïonnette de l'acrotère sur le poteau..... | 40 |
| Figure 5: Escalier.....   | 43 |
| Figure 6: Dimension des différents éléments de l'escalier. .... | 44 |
| Figure 7: Distribution des charges sur la poutre palière.....   | 52 |

### *Chapitre IV : Etude de chemin de roulement*

|  |    |
|--|----|
| Figure 1: Pont posé avec chariot .....                               | 58 |
| Figure 2: Distribution des charges $Q_{(r \min)}, Q_r^{\min}$ . .... | 59 |
| Figure 3: Distribution des charges $Q_{(r \max)}, Q_r^{\max}$ .....  | 59 |
| Figure 4: Les charges horizontales $H_{Li}$ .....                    | 60 |
| Figure 5: Les charges horizontales transversale $H_{(T.i)}$ .....    | 61 |
| Figure 6: L'angle $\alpha$ et la distance $h$ .....                  | 63 |
| Figure 7: La force de guidage et les charges horizontale .....       | 64 |
| Figure 8: Crapaud de rail A75 .....                                  | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 9: Répartition des charges sur la poutre de roulement.....  | 66 |
| Figure 10: Répartition des charges sur la poutre de roulement..... | 66 |
| Figure 11: Répartition des charges sur la console.....             | 71 |
| Figure 12: Limite de course de pont roulant.....                   | 74 |

### ***Chapitre V : Etude de plancher***

|  |    |
|--|----|
| Figure 1: Détail d'attache solive -poutre maitresse..... | 75 |
| Figure 2: Détaille de la surface étudié.....             | 75 |
| Figure 3: Description de la section mixte.....           | 78 |
| Figure 4: Présentation de $b_{eff}$ .....                | 79 |
| Figure 5: Dimension des goujons.....                     | 82 |
| Figure 6: Disposition des goujons sur les solives.....   | 84 |

### ***Chapitre VI : Etude sismique***

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1: Les valeurs des $F_i$ dans le sens longitudinale..... | 91  |
| Figure 2: Les valeurs des $F_i$ dans le sens transversal.....   | 92  |
| Figure 3: Les valeurs des $F_i$ dans le sens longitudinal.....  | 98  |
| Figure 4: Les valeurs des $F_i$ dans le sens transversal.....   | 99  |
| Figure 5: Représentation de joint sismique.....                 | 102 |

### ***Chapitre VII : Etude de la stabilité***

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1: Distribution des diagonale (contreventement sous la toiture)..... | 102 |
| Figure 2: Palée de stabilité verticale.....                                 | 105 |
| Figure 3: Stabilité de PDR (bracon).....                                    | 115 |
| Figure 4: Stabilité vertical de bâtiment.....                               | 117 |

### ***Chapitre VIII : Etude de la structures***

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1: Dimensions de la structure.....       | 121 |
| Figure 2: Diagramme des réactions.....          | 127 |
| Figure 3: Diagramme des efforts et moments..... | 128 |
| Figure 4: Diagramme des déplacement.....        | 129 |
| Figure 5: Les dimensions du bâtiment.....       | 135 |
| Figure 6: Les dimensions du bâtiment.....       | 135 |
| Figure 7: Les déplacement souvent l'axe x.....  | 140 |
| Figure 8: Les déplacement souvent l'axe y.....  | 141 |
| Figure 9: Diagramme des efforts.....            | 142 |
| Figure10: Diagramme des moment fléchissant..... | 142 |

## ***Liste des tableau :***

### ***Chapitre II : Etude climatique***

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1:Définition des catégories de terrain. ....                          | 9  |
| Tableau 2:valeur de C <sub>pe</sub> long pan. ....                            | 11 |
| Tableau 3:valeur de C <sub>pe</sub> pignon. ....                              | 12 |
| Tableau 4:valeur de C <sub>pe</sub> toiture $\theta = 0^\circ$ ....           | 13 |
| Tableau 5:Valeur de C <sub>pe</sub> toiture $\theta = 90^\circ$ ....          | 14 |
| Tableau 6:Les valeurs de pression W <sub>j</sub> sur la paroi verticale. .... | 15 |
| Tableau 7:les valeur de pression sur la toiture. ....                         | 15 |
| Tableau 8:Les valeur de pression sur le pignon. ....                          | 15 |
| Tableau 9:Les valeur de pression sur la toiture. ....                         | 16 |
| Tableau 10:Définition des catégories de terrain. ....                         | 16 |
| Tableau 11:Les valeurs de C <sub>pe</sub> pignon. ....                        | 18 |
| Tableau 12:Les valeurs de C <sub>pe</sub> long pan. ....                      | 18 |
| Tableau 13:Les valeurs de C <sub>pe</sub> toiture. ....                       | 18 |
| Tableau 14:Les Valeur de C <sub>pe</sub> toiture ....                         | 20 |
| Tableau 15:Les valeur de pression. ....                                       | 20 |
| Tableau 16:Les valeur de pression sur la toiture . ....                       | 21 |
| Tableau 17:Les valeur de pression sur long pan. ....                          | 21 |
| Tableau 18:Les valeur de pression sur la toiture ....                         | 21 |
| Tableau II.19 : Récapitulatif (hall industriel). ....                         | 23 |

### ***Chapitre IV : Etude de chemin de roulement.***

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1:Dimension de pont roulant. ....                        | 57 |
| Tableau 2: Caractéristique de pont roulant. ....                 | 57 |
| Tableau 3:Coefficient dynamique. ....                            | 58 |
| Tableau 4:Caractéristique de la poutre de roulement estimé. .... | 64 |
| Tableau 5:Caractéristique de rail de roulement. ....             | 65 |
| Tableau 6:Dimension des crapauds ....                            | 65 |

### ***Chapitre VI : Etude sismique***

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1:Plancher courant , charges permanentes ....  | 88 |
| Tableau 2:Plancher courant , charges permanentes. .... | 89 |
| Tableau 3:Charges sismiques à chaque niveau. ....      | 90 |

|  |    |
|--|----|
| Tableau 4:Récapitulation.....                    | 90 |
| Tableau 5:Charges sismiques à chaque niveau..... | 91 |
| Tableau 6:Récapitulation.....                    | 91 |
| Tableau 7:Charges permanentes $W_{(G 1)}$ .....  | 96 |
| Tableau 8:Charge exploitation $W_{(Q 1)}$ .....  | 96 |
| Tableau 9:Charge permanente $W_{G2}$ .....       | 96 |
| Tableau 10:Charge sismique a chaque niveau.....  | 97 |
| Tableau 11: Récapitulation.....                  | 98 |
| Tableau 12:Charge sismique à chaque niveau.....  | 98 |
| Tableau 13:Récapitulation.....                   | 99 |

### ***Chapitre VIII : Etude de la structure.***

|   |     |
|---|-----|
| Tableau 1:caractéristiques des barres.....                | 121 |
| Tableau 2:Combinaisons des charges.....                   | 122 |
| Tableau 3:Réactions extrêmes globaux.....                 | 127 |
| Tableau 4:Les efforts extrême globaux.....                | 128 |
| Tableau 5:Déplacements extrêmes globaux.....              | 128 |
| Tableau 6:Caractéristique des profilé.....                | 135 |
| Tableau 7:Tableau des charges.....                        | 136 |
| Tableau 8:Les combinaison des charges.....                | 137 |
| Tableau 9:Les combinaison des charges.....                | 139 |
| Tableau 10:Les déplacement extrême globaux suivant x..... | 140 |
| Tableau 11:Les déplacement extrême globaux suivant y..... | 141 |
| Tableau 12:Les efforts extrême globaux.....               | 141 |

## Notations utilisées

### Majuscules latines :

- A : Section brute d'une pièce
- $A_{net}$  : Section nette d'une pièce
- $A_w$  : Section de l'âme
- $A_p$  : Surface portante
- $A_s$  : Aire de la Section résistante a la traction du boulon
- E : Module d'élasticité longitudinale
- F : Force en générale
- $F_p$  : Force de calcul précontrainte
- $F_s$  : Résistance d'un boulon au glissement
- $F_{t,rd}$  : Résistance d'un boulon en traction
- $F_{b,rd}$  : Résistance a la pression diamétrale
- G : La charge permanent
- Q : charge d'exploitation
- I : Moment d'inertie
- $K_c$  : Coefficient de Rigidité poteaux
- $K_{ij}$  : Coefficients de Rigidités des poutres
- $K_{y,z}$  : Coefficient de flambement- flexion
- L : Longueur
- $M_{sd}$  : Moment fléchissant
- $M_{rd}$  : Moment résistant par unité de longueur dans la plaque d'assise
- $M_{pl}$  : Moment plastique
- $M_{cr}$  : Moment critique
- $N_{sd}$  : effort normal
- $N_{t\ sd}$  : effort normal de traction
- $N_{c\ sd}$  : effort normal de compression
- $N_{pl}$  : effort normal plastique
- $N_u$  : effort normal ultime

$N_j$  : Force d'adhérence avec le béton  
 $W_{pl}$  : Module de résistance plastique  
 $W_{el}$  : Module de résistance élastique

### Minuscules latines

$b$  : Largeur de l'âme  
 $b_{eff}$  : Largeur efficace  
 $c_i$  : Coefficients  
 $d$  : Entraxe  
 $d_0$  : diamètre de perçage des trous de boulon  
 $f$  : Flèche d'une poutre  
 $f_y$  : Limite d'élasticité d'un acier  
 $f_{yb}$  : Limite d'élasticité d'un boulon  
 $f_u$  : Contrainte de rupture d'une pièce  
 $f_{ub}$  : Contrainte de rupture d'un boulon  
 $f_{ck}$  : Résistance caractéristique en compression sur cylindre du béton  
 $f_j$  : Résistance de contact de la liaison  
 $f_{cd}$  : Valeur de calcul de la résistance en compression sur cylindre du béton de fondation  
 $h$  : Hauteur  
 $i$  : Rayon de giration  
 $k_w$  : Facteur de longueur  
 $k_s$  : Coefficient fonction de la dimension des trous de perçage  
 $k_j$  : Facteur de concentration  
 $n$  : Nombre de boulon  
 $m$  : Nombre de plants de cisaillement  
 $r_c$  : Rayon de raccordement âme /semelle du poteau  
 $t_w$  : Epaisseur de l'âme  
 $t_f$  : Epaisseur de la semelle  
 $t_{wc}$  : Epaisseur âme poteau

$t_{fc}$  : Epaisseur âme semelle

$t_p$  : Epaisseur platine

$v_i$  : Distance de la fibre inférieure à l'axe neutre d'une section

$v_s$  : Distance de la fibre extrême supérieure à l'axe neutre d'une section

## Minuscules grecques

$\chi_{LT}$  : Coefficient de réduction de déversement

$\chi$  : Coefficient de réduction de flambement

$\beta_W$  : Facteur de corrélation

$\beta_M$  : Facteur de moment uniforme équivalent

$\beta_j$  : Coefficient relatif a la liaison

$\gamma_{Mi}$  : Coefficient de sécurité

$\gamma_{Mb}$  : Coefficient de sécurité de boulon

$\gamma_{Ms}$  : Coefficient partiel de sécurité

$\gamma_{LT}$  : Élancement de déversement

$\gamma$  : Elancement

$\phi_{LT}$  : Rotation de déversement

$\alpha_{LT}$  : Facteur d'imperfection pour le déversement

$\alpha$  : Facteur d'imperfection

$\mu$  : Coefficient de frottement

$\sigma$  : Contrainte normale

$\tau_e$  : Contrainte limite de cisaillement en élasticité

$\varepsilon$  : Coefficient de réduction élastique de l'acier

$\eta$  : Facteurs de distribution

***Introduction***  
***générale***

## **I. Introduction Générale :**

Les constructions métalliques constituent un domaine important d'utilisation des produits laminés sortis de la forge. Elles emploient en particulier les profilés et les tôles.

Les structures constituées à partir de ces éléments nécessitent des opérations préalables de découpage, perçage et de soudage en atelier. Les opérations sur site sont limitées à des assemblages de modules primaires après des opérations de levage ou de ripage permettant de rapprocher les zones d'assemblage. Le coût élevé des matériaux de base conduit à rechercher le poids minimal et à développer l'emploi de l'acier pour des domaines très spécifiques permettant de mettre en valeur les qualités suivantes: la légèreté, la rapidité de mise en œuvre, l'adaptation aux transformations ultérieures et les propriétés mécaniques élevées (limite élastique, ductilité, résistance à la fatigue).

Les domaines d'applications des constructions métalliques sont très nombreux, Ils concernent d'abord les bâtiments et les ouvrages d'art (ponts, grandes couvertures). Dans le cas des bâtiments, les halles industrielles constituent un secteur où l'emploi de l'acier est fréquent pour la réalisation des ossatures et des bardages recouvrant celles-ci, et pour l'utilisation de ponts roulants. Même dans les pays en développement, les charpentes industrielles se montrent compétitives, grâce à la facilité du montage et de l'expédition des éléments constitutifs par voie maritime ou terrestre.

La charpente métallique présente plusieurs avantages et inconvénients :

**Avantages :** Résistance et robustesse, Facilité d'entretien, Durabilité, Flexibilité architecturale, Rapidité de construction, Recyclabilité.

**Inconvénients :** Sensibilité à la corrosion, Isolation thermique et acoustique, Design restreint pour certains styles architecturaux, Mauvaise résistance au feu.

Dans le cadre du mémoire de fin d'études, le thème qui m'a été proposé par le bureau d'étude est étude et conception deux halls industriels avec deux ponts roulants de capacité 20 tonnes et un bâtiment administratif R+2.

Ce mémoire est présenté de la manière suivante :

- Introduction générale
- Chapitre I : Présentation de sujet
- Chapitre II : Étude climatique
- Chapitre III : Étude des éléments secondaires
- Chapitre IV : Étude de chemin de roulement
- Chapitre V : Étude De plancher
- Chapitre VI : Étude sismique
- Chapitre VII : Étude de stabilité
- Chapitre VIII : Étude de la structure
- Chapitre IX : Étude des assemblages
- Chapitre X : Étude d'ancrages

On termine par conclusion générale et une bibliographie.

*Chapitre I*  
*Présentation*  
*du sujet*

**I. Présentation du sujet :**

Notre sujet consiste à faire une étude technique et conception d'une structure métallique composé de deux halles industriels adjacents avec deux ponts roulants de capacité 20 tonnes et un bâtiment administratif (R+2).

Notre structure est implantée dans la wilaya d'ALGER, Le projet est proposé par l'entreprise ALIECO/Epe groupe ENCC (Algérienne industrielle équipement company, Hussein Dey - Wilaya d'Alger).

- La halle industrielle est de dimension 60m×36m et de hauteur totale de 12,53 m.
- Les dimensions de bâtiment est de 18m×36m et de hauteur totale de 12,53 m.
- Altitude géographique : 178 m
- Zone de neige : B
- Zone de vent : I
- Zone sismique : III
- Groupe : 2 (bâtiment industriel)
- Catégorie de terrain S3 (site meuble)
- Site plat

**II.1. Données géométriques de l'ouvrage :****➤ Structure I (Halle industrielle)**

- Longueur : 60 m
- Largeur : 36 m
- Hauteur : 12,53m (hauteur des poteaux 11 m)

**➤ Structure II (Bâtiment administratif)**

- Longueur : 18m
- Largeur : 36 m
- Hauteur : 12,53 m (hauteur des poteaux 12 m)

**II.2. Éléments structuraux :****a)-Eléments principaux de la structure :**

- Poteaux HEA
- Poutres IPE
- Stabilités (contreventement ) Cornière CAE
- Stabilités verticales Cornière CAE et HEA
- Sablière HEA

**b)-Les éléments secondaires :**

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| • Pannes             | IPE              |
| • Lisses de bardages | UPN              |
| • Potelets           | IPE              |
| • Suspentes          | Barre rond       |
| • Bardage            | Panneau sandwich |
| • Couverture         | Panneau sandwich |
| • Bardage acrotère   | Panneau sandwich |

**II.3. Eléments de l'ouvrage :**

**a) Choix structural :** L'ossature métallique est réalisée en profilé laminé à chaud, et la stabilité est assurée par :

- Des portiques auto-stables et palés de stabilité en X dans le sens transversal.
- Palées de stabilité en X dans le sens longitudinal.

**b) Plancher :**

- **Plancher courant :** Plancher mixte avec dalle collaborant d'épaisseur 140 mm coulée sur un bac d'acier (HB55-750).
- **Terrasse :** Inaccessible avec étanchéité multicouche.

**c) Escalier :** La cage d'escalier a les dimensions suivantes : 6 m × 6 m.

**d) Acrotère :** la terrasse de bâtiment est la toiture de la halle sont entourées par un acrotère en charpente métallique d'une hauteur de 0,53 et 1,53 m.

**e) Remplissage :** maçonnerie en briques creuses, d'épaisseur 10 cm.

**f) Cloisons :** les bureaux sont séparés par des cloisons en briques creuses, d'épaisseur 10cm.

**II.4. Les Normes utilisées:**

- Pour l'étude climatique (étude de neige et vent) on a utilisé le DTR (RNV2013).
- pour l'étude sismique le RPA99 V 2003.
- Pour la vérification des éléments structuraux on a utilisé L'EUROCODE 3 et 4.
- Pour le catalogue des ponts roulant on a utilisé le réglemente L'EUROCODE.
- Pour l'étude de chemin de roulement on a utilisé L'EUROCODE 3 partie 6.

**II.5. Matériaux de construction:****a)-Acier :**

On a utilisé l'acier S275 qui a les caractéristiques suivantes:

- Limite élastique  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ .
- Résistance à la traction  $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$ .
- Module d'élasticité longitudinale  $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$ .
- Module d'élasticité transversale  $G = 81\,000 \text{ N/mm}^2$ .

**b)-Béton :**

Le béton utilisé a les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la compression :  $F_{c28} = 20$  et  $25 \text{ N/mm}^2$ .

**II.6. Logiciels utilisés :**

- Autodesk Robot Structural Analyse Professional 2023

**II.7. Assemblages :**

L'assemblage des éléments de notre construction est assuré par :

- Des boulons de haute résistance HR.
- Des boulons ordinaires.
- Des soudures.

**II.8. Système de contreventement :**

- **Palées de stabilités verticales:** la stabilité du bâtiment est assurée par :
  - **Dans le sens longitudinal:**
    - ✓ Halle industrielle : Par des paliers de stabilité en X.
    - ✓ Bâtiment : Par des paliers de stabilité en X .
  - **Dans le sens transversal :**
    - ✓ Des portiques auto stables.
- **Palées de stabilités horizontales :**
  - ✓ Halle industrielle : Assuré par les poutres au vent.
  - ✓ Bâtiment : Assurer par le plancher rigide.

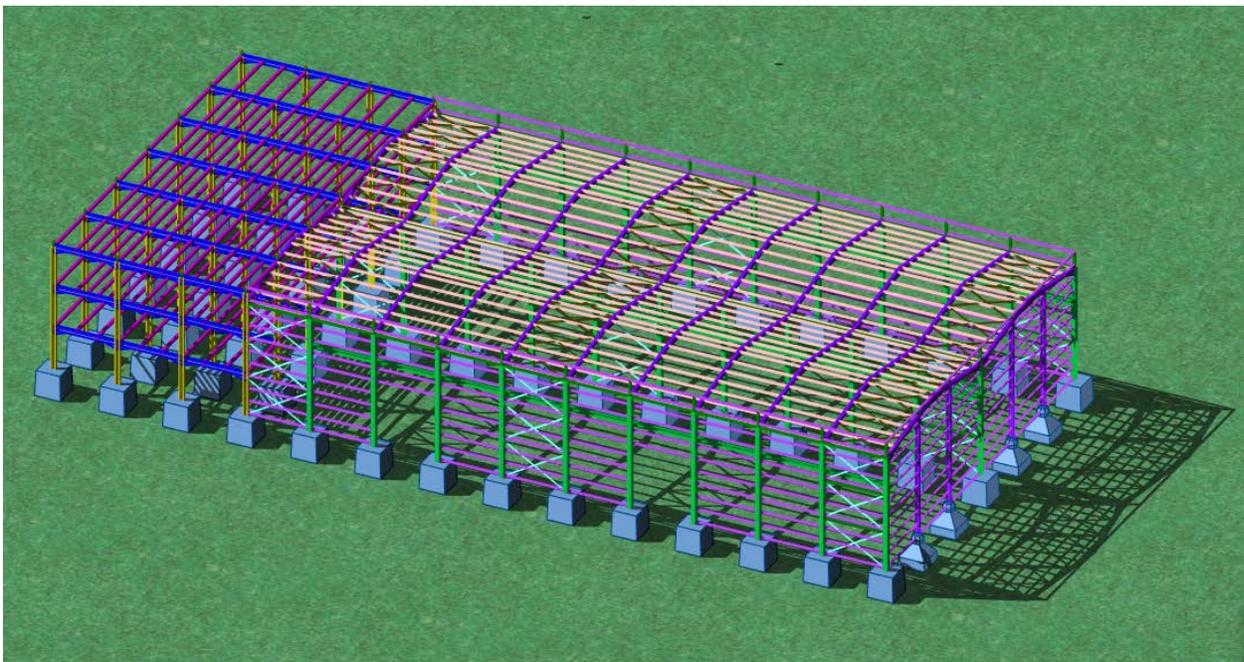


Figure I .1. Vue perspective de l'ouvrage.

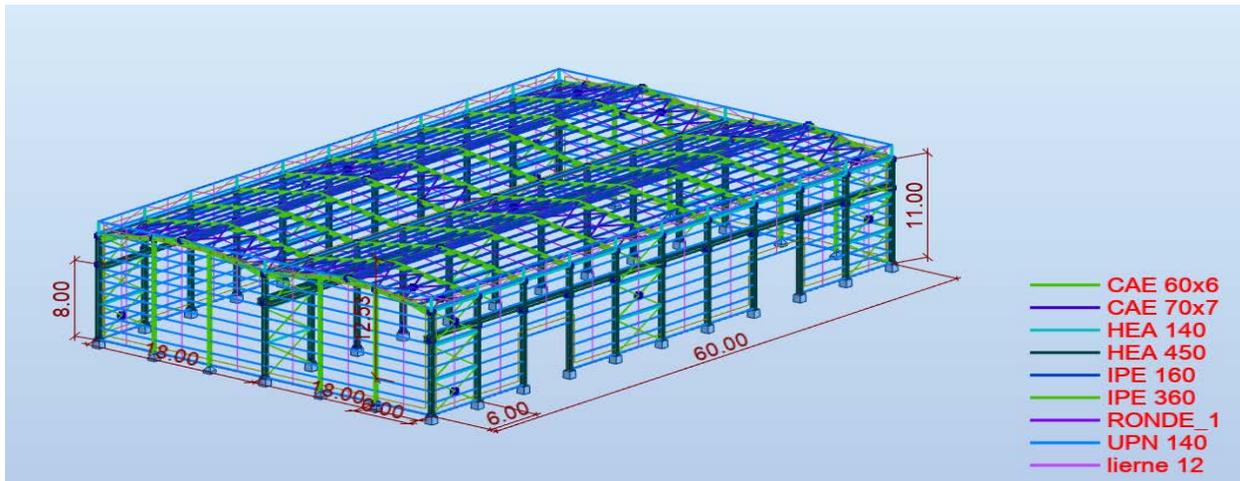


Figure I.2. Dimension de halle industrielle

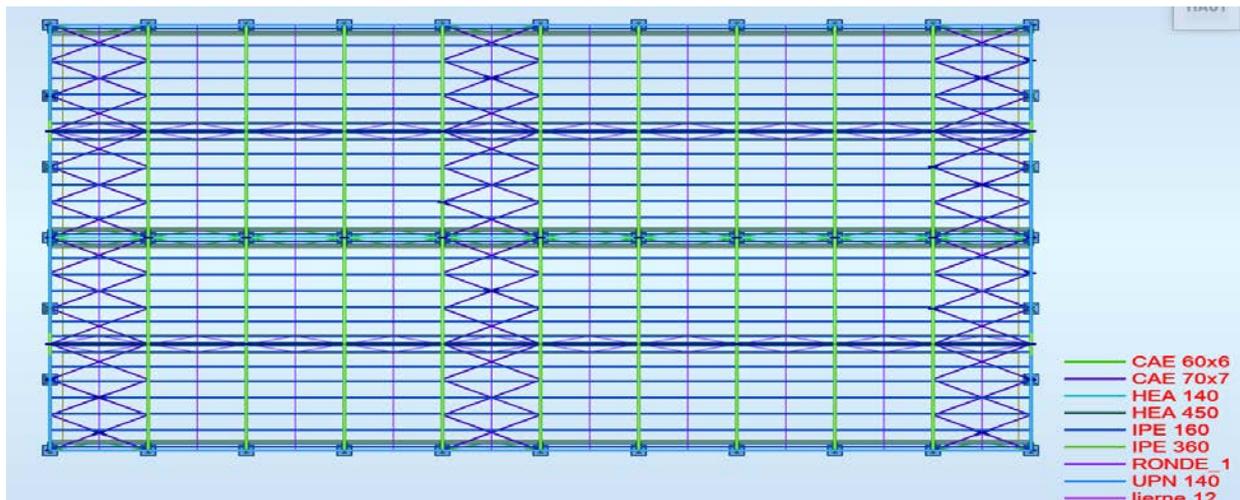


Figure I.3. Vue en plan hall industrielle.

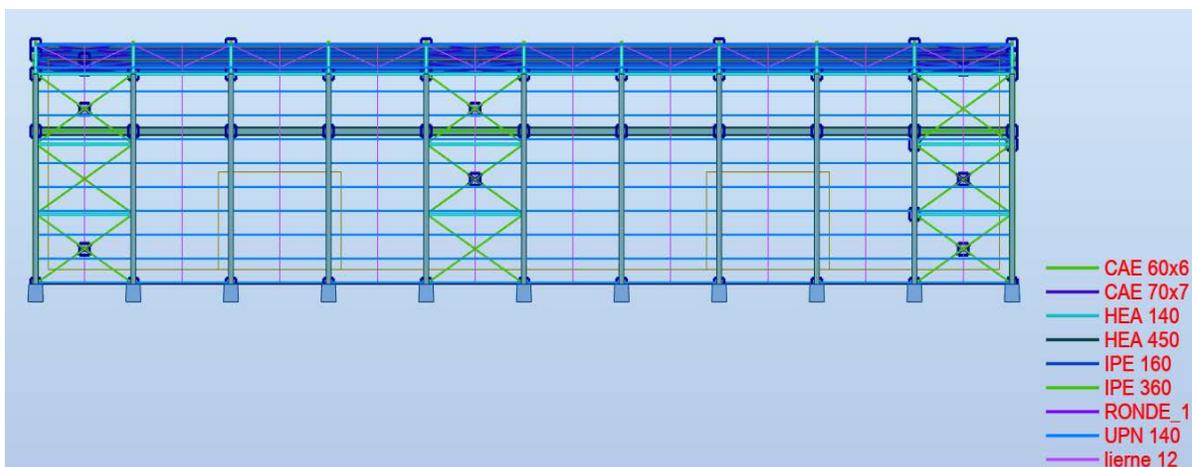


Figure I.4. Vue en élévation long pan.

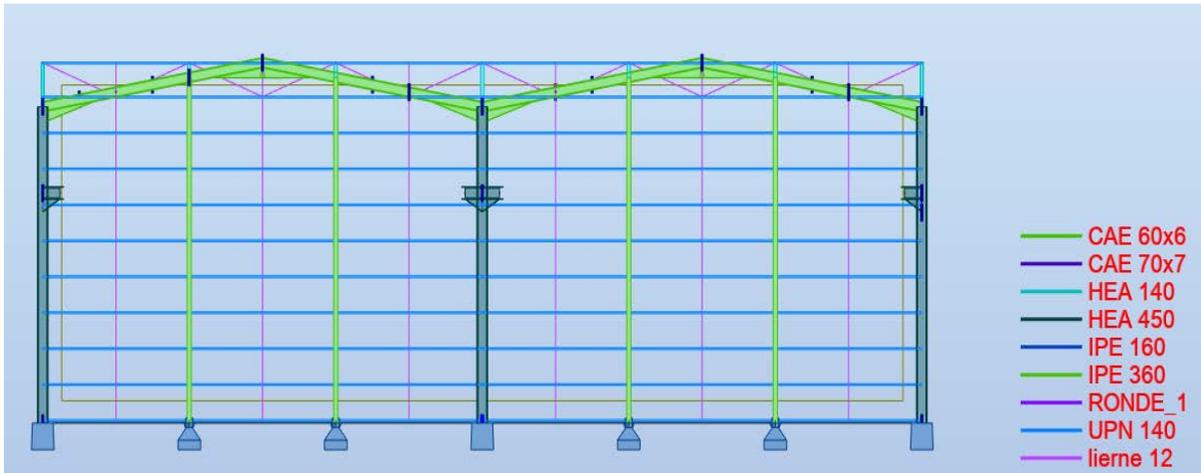


Figure I.5. Vue en élévation pignon.

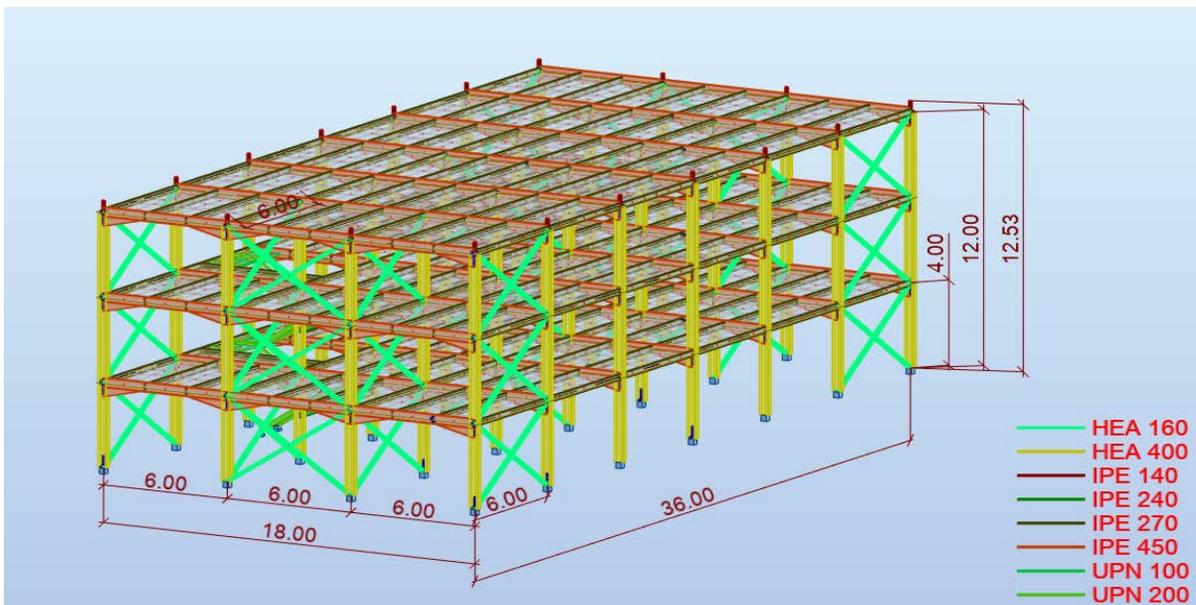


Figure I.6. Dimensions de bâtiment.

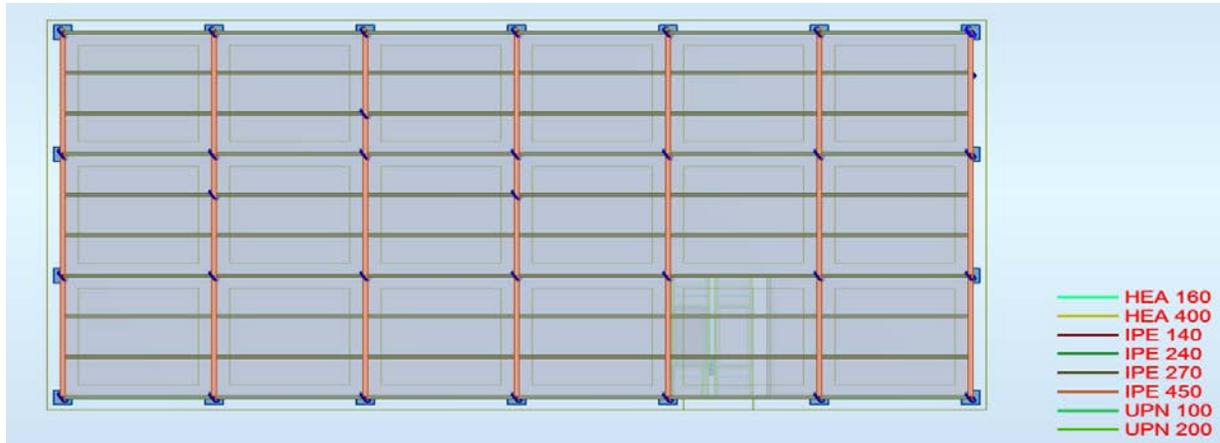


Figure I.7. Vue en plan de bâtiment.

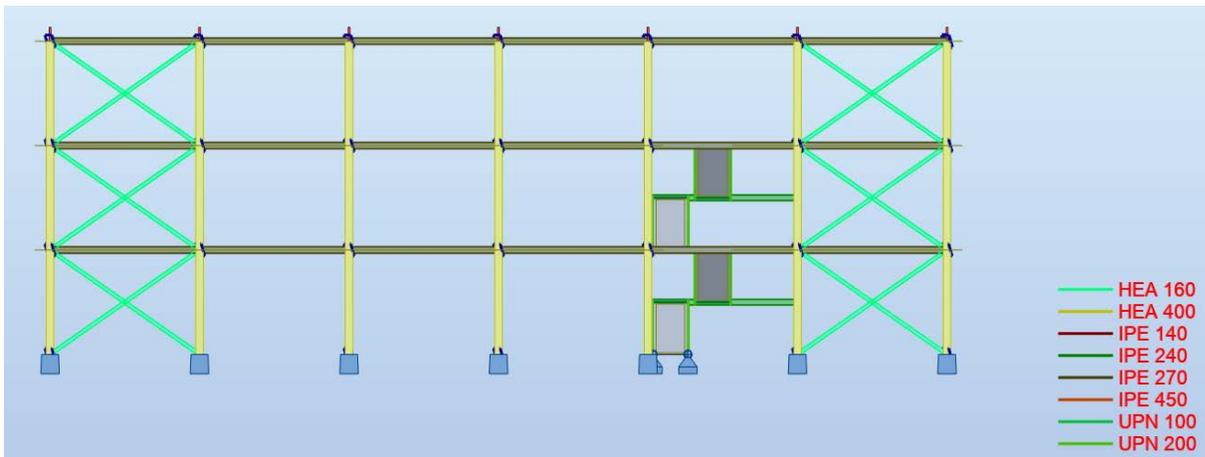


Figure I.8. Vue en élévation long pan.

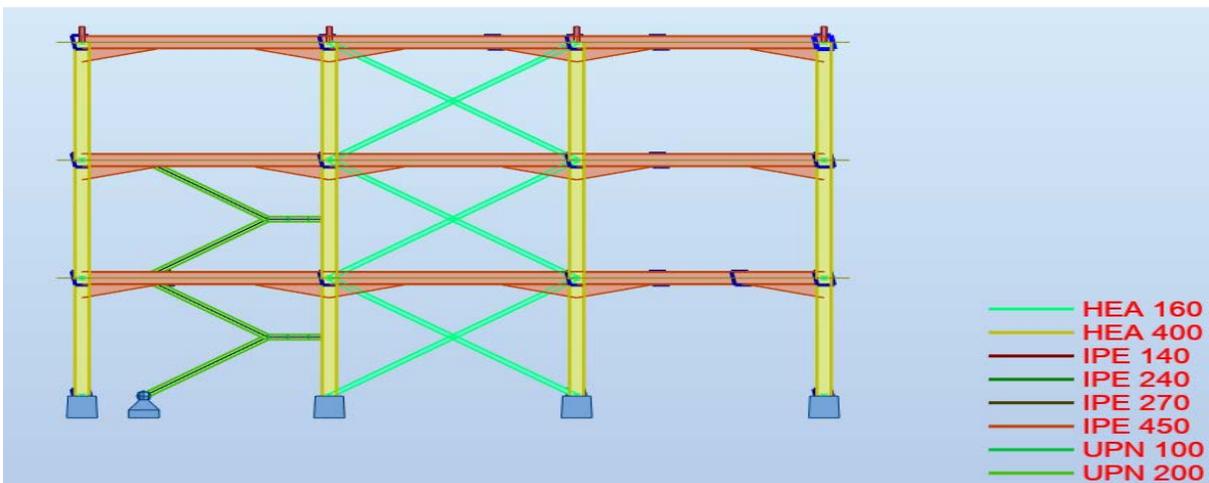


Figure I.9. Vue en élévation pignon.

*Chapitre II*  
*Étude*  
*Climatique*

**I. Introduction :**

L'étude climatique est un point essentiel pour la réalisation d'une structure métallique, son but principale est la déterminante des différentes sollicitation sur une structure , produite par la charge de la neige et des efforts dynamiques qui ont introduit par le vent .

L'application du règlement neige et vent « RNV 2013 », nous permettra de déterminer sec sollicitation pour le dimensionnement de notre structure.

**II. Etude de la neige :**

Les valeurs des surcharges de neige sont obtenu en fonction de la région et de l'altitude , de notre construction est implanté à ALGER ( OULAD FAYET) située en zone B a une altitude de 178 m, d'après le classement des régions RNV 2013 .

**II.1.Charge de neige sur les toitures ou autres surfaces :**

$$S = \mu \times S_k \quad (\text{KN/m}^2)\dots\dots\dots(\text{ RNV 2013 page 18 } )$$

S : charge caractéristique de neige en projection horizontale.

S<sub>k</sub> : charge de neige sur le sol en fonction de l'altitude H et de zone de neige .

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

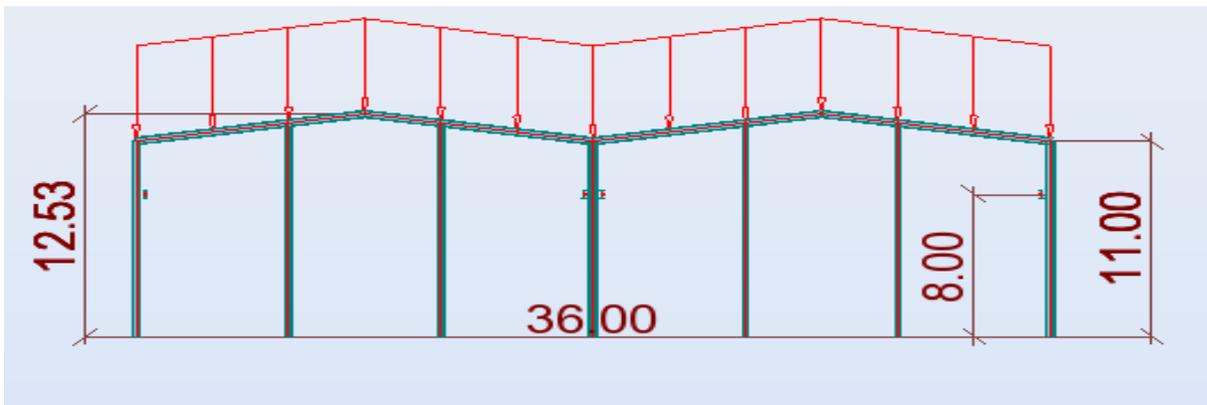


Figure II 1 : Distribution des charges de neige.

**II.1.1.Calcul de S<sub>K</sub>:**

La charge de neige sur le sol S par unité de surface en fonction de localisation géographique et de l'altitude du lieu construction. La valeur de S est déterminée par les lois de variation suivantes en fonction de l'altitude du point considéré .

Notre construction sera implantée dans la région d'ALGER (Oulad Fayet) qui est classée dans la zone B de classement des région de neige , avec une altitude H = 178 m . La surcharge de le neige est déterminée par la loi de variation suivante :

$$S_k = \frac{0,04 \times H + 10}{100}$$

$$\Rightarrow S_k = \frac{0,04 \times 178 + 10}{100} = 0,17 \text{ KN/m}^2$$

On a :  $S = \mu * S_k$  Avec :  $\alpha = 10^\circ < 30^\circ$  ( halle industrielle )

$\alpha = 0^\circ < 30^\circ$  ( bâtiment )

$\mu = 0,8$  ..... ( tableau 3 RNV 2013 P26 )

Donc :  $S = 0,8 \times 0,17 = 0,14 \text{ KN/m}^2$

### III. Etude de vent :

#### III.1.Halle industrielle :

##### III.1.1.Pression due au vent $q_j$ :

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

$$q_p(z_j) = q_p(z_e) \times C_e(z_e) \quad \text{N/m}^2 \quad \dots\dots\dots ( \text{ RNV 2013 P57} )$$

##### III.1.2. Calcule de $q_p$ :

La pression dynamique de point  $q_p(z_e)$  , a la hauteur de référence  $z_e$  est donnée par :

$$q_p(z_e) = q_{réf} \times C_e(z_e) \quad \text{N/m}^2 \quad \dots\dots\dots( \text{ RNV2013 P 50} )$$

La willaya d'Alger (Oulad Fayet ) classée dans la zone 1

$$\Rightarrow q_{réf} = 375 \text{ N/m}^2 \quad \dots\dots\dots ( \text{ RNV 2013 P 50} )$$

##### III.1.2.1. Coefficient d'exposition $C_e$ :

$$C_e = C_t^2(z_e) \times C_r^2(z_e) \times [1 + 7 \times I_v(z_e)] \quad \dots\dots\dots( \text{ RNV2013 P 51} )$$

##### III.1.2.2. Catégorie de terrain : II

Tableau II. 1 : Définition des catégories de terrain.

| Catégorie de terrain  | $K_T$ | $Z_0(\text{m})$ | $Z_{\text{min}}(\text{m})$ | $\epsilon$ |
|---|-------|-----------------|----------------------------|------------|
| Zone a végétation basse tel que l'herbe, avec ou non quelque obstacle isolé (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur. | 0.190 | 0.05            | 2                          | 0.52       |

##### III.1.2.3. Coefficient de topographe $C_t$ :

Site plat à Alger commune Oulad Fayet,  $\phi < 0,05$  .....(RNV 2013 P54 )

$$C_t(z) = 1 \quad \dots\dots\dots( \text{ RNV 2013 P54} )$$

**III.1.2.4.Coefficient de rugosité  $C_r$  :**

$$C_r(z) = K_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pour } z_{min} \leq z \leq 200 \text{ m} \quad \dots\dots\dots(\text{ RNV 2013 P53})$$

Notre ouvrage a une hauteur de 12,53 m < 15m

$$\Rightarrow C_e(z) = 0,190 \times \ln\frac{12,53}{0,05} = 1,04$$

**III.1.2.5. Intensité de turbulence  $I_v$  :**

$$I_v(z) = \frac{1}{C_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \times \ln\left(\frac{12,53}{0,05}\right)} = 0,18$$

$$C_e(z) = 1^2 \times 1,04^2 \times (1 + 7 \times 0,18) = 2,44$$

**III.1.2.6. Valeur de  $q_p(z)$  :**

$$q_p(z) = 375 \times 2,44 = 915 \text{ N/m}^2$$

**III.1.3.Détermination de la pression aérodynamique :**

$$W_{(zj)} = q_p(z_e) \times [C_{pe} - C_{pi}] \quad \dots\dots\dots (\text{ RNV 2013 P57})$$

**III.1.3.1.Détermination des coefficient de pression :**

**III.1.3.2.Coefficient de pression extérieure  $C_{pe}$  :**

**III.1.3.2.1.Paroi verticale :**

**A,B,C,D,E,F,G,H,I,J:** désignent des zones des parois et de toiture.

**b,d,e,h :** désignent des distance .

avec : b est la distance parallèle au vent.

**III.1.3.2.1.1.Vent perpendiculaire au long pan :**

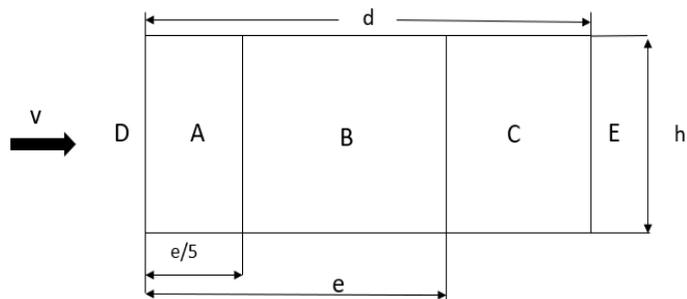
b=60m

d=36m

h =12,53 m

e=min(2h ;b)

$\Rightarrow e=25,06 \text{ m}$



**Calcule les surface :**

$$A = 5,012 \times 12,53 = 62,80 \text{ m}^2$$

$$B = 20,04 \times 12,53 = 251,10 \text{ m}^2$$

$$C = 10,94 \times 12,53 = 137,07 \text{ m}^2$$

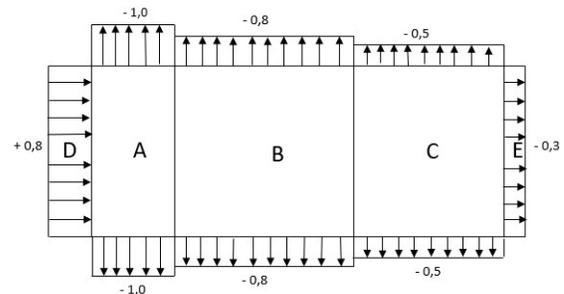
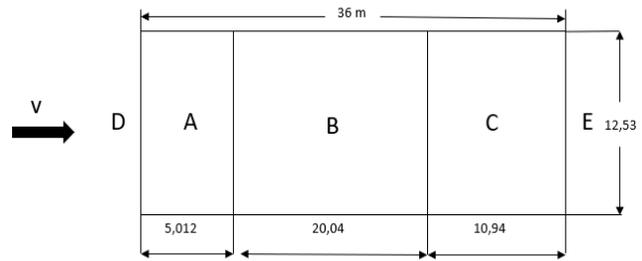
$$D = E = 36 \times 12,53 = 451,08 \text{ m}^2$$

Tous les surfaces > 10 m<sup>2</sup>

Donc  $C_{pe} = C_{pe10}$

**Tableau II 2 : valeur de C<sub>pe</sub> long pan.**

| surface | Valeur de C <sub>pe</sub> |
|---------|---------------------------|
| A       | -1,0                      |
| B       | -0,8                      |
| C       | -0,5                      |
| D       | +0,8                      |
| E       | -0,3                      |



**Figure II.2 :C<sub>pe</sub> sur long pan**

**III.1.3.2.1.2. Vent perpendiculaire au pignon :**

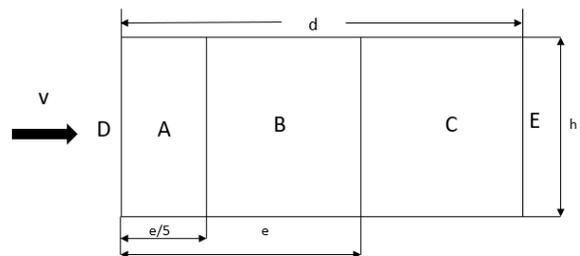
$$b = 36 \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ m}$$

$$h = 12,53 \text{ m}$$

$$e = \min(2h ; b)$$

$$\Rightarrow e = 25,06 \text{ m}$$



**Calcule les surfaces :**

$$A = 5,012 \times 12,53 = 62,80 \text{ m}^2$$

$$B = 20,04 \times 12,53 = 251,10 \text{ m}^2$$

$$C = 39,96 \times 12,53 = 500,98 \text{ m}^2$$

$$D = E = 60 \times 12,53 = 751,8 \text{ m}^2$$

Tous les surfaces > 10 m<sup>2</sup>

$\Rightarrow C_{pe} = C_{pe10}$

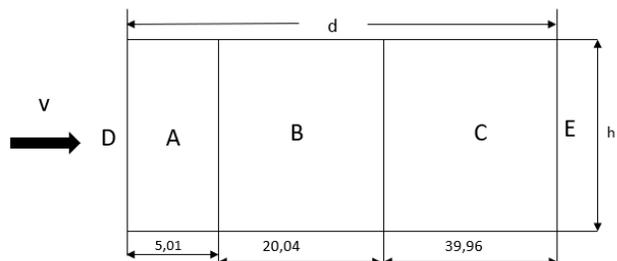


Tableau II. 3 : valeur de  $C_{pe}$  pignon.

| surface | Valeur de $C_{pe}$ |
|---------|--------------------|
| A       | -1,0               |
| B       | -0,8               |
| C       | -0,5               |
| D       | +0,8               |
| E       | -0,3               |

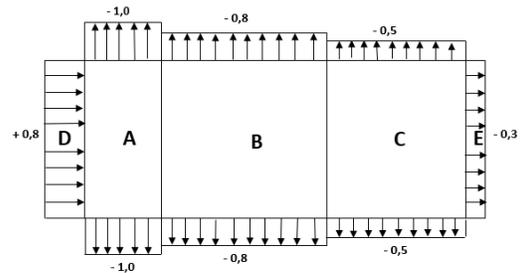


Figure II.3 :  $C_{pe}$  sur pignon.

### III.1.3.2.2. La toiture :

#### III.1.3.2.2.1. La direction de vent $\theta = 0^\circ$ sur long pan :

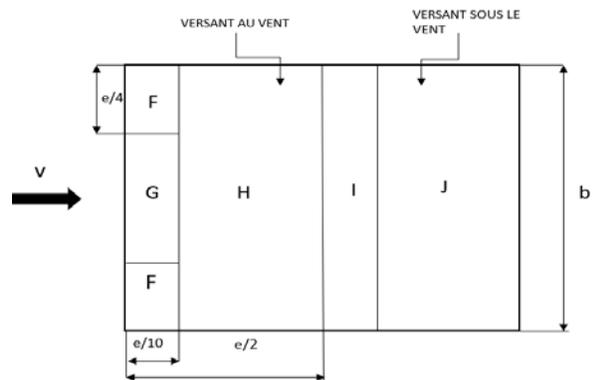
$b = 60 \text{ m}$

$d = 18 \text{ m}$

$h = 12,53 \text{ m}$

$e = \min(2h, b)$

$\Rightarrow e = 25,06 \text{ m}$



#### Calcul des surfaces :

$F = 6,26 \times 2,5 = 15,66 \text{ m}^2$

$G = 47,47 \times 2,5 = 118,67 \text{ m}^2$

$H = 6,5 \times 60 = 390 \text{ m}^2$

$J = 2,5 \times 60 = 150 \text{ m}^2$

$I = 6,5 \times 60 = 390 \text{ m}^2$

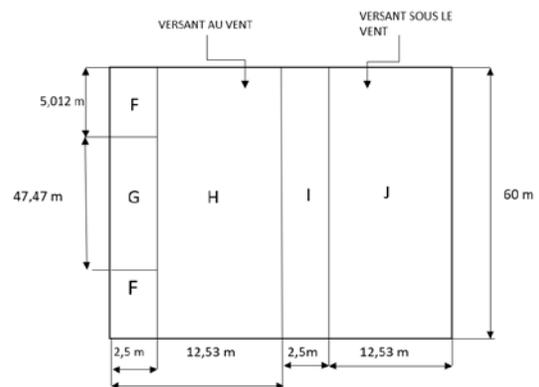


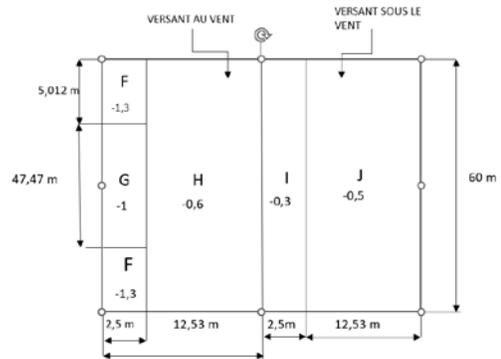
Figure II.4 :  $C_{pe}$  de la toiture

Tous les surfaces  $> 10 \text{ m}^2$

$\Rightarrow C_{pe} = C_{pe10}$

Tableau II. 4 : valeur de  $C_{pe}$  toiture  $\theta = 0^\circ$

| Surface | Valeur de $C_{pe}$ |
|---------|--------------------|
| F       | -1,3               |
| G       | -1,0               |
| H       | -0,6               |
| I       | -0,5               |
| J       | -0,3               |



III.1.3.2.2. La direction de vent  $\theta = 90^\circ$  sur pignon :

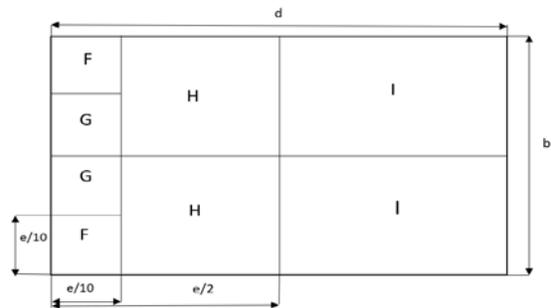
$b = 18 \text{ m}$

$d = 60 \text{ m}$

$h = 12,53 \text{ m}$

$e = \min(2h, b)$

$\Rightarrow e = 18 \text{ m}$



Calcule les surfaces :

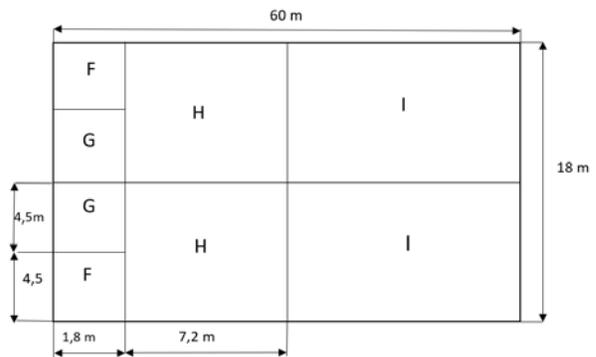
$F = 4,5 \times 1,8 = 8,1 \text{ m}^2$

$G = 4,5 \times 1,8 = 8,1 \text{ m}^2$

$H = 7,2 \times 9 = 64,8 \text{ m}^2$

$I = 51 \times 9 = 459 \text{ m}^2$

$F \text{ et } G < 10 \text{ m}^2$



$\Rightarrow C_{pe} = C_{pe 1} + (C_{pe 10} - C_{pe 1}) \times \log_{10}(S)$

$H \text{ et } I > 10 \text{ m}^2 \Rightarrow C_{pe} = C_{pe 10}$

Tableau II.5: Valeur de  $C_{pe}$  toiture  $\theta = 90^\circ$

| surface | Valeur de $C_{pe}$ |
|---------|--------------------|
| F       | -1,6               |
| G       | -1,3               |
| H       | -0,7               |
| I       | -0,5               |

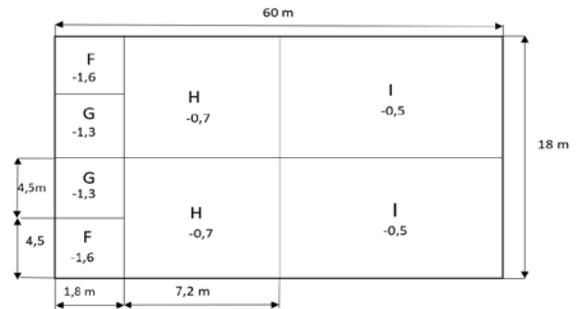


Figure II.5 :  $C_{pe}$  de la toiture.

### III.1.4. Les coefficient de pression intérieure $C_{pi}$ :

On détermine d’aborde l’indice de perméabilité  $\mu_p$  qu’est définie comme suit :

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures ou } C_{pe} \leq 0}{\sum \text{des ouvertues de tous les ouvertures}} \dots\dots\dots(\text{RNV 2013 P 96}).$$

#### III.1.4.1.Sur Long pan :

Dans notre cas nous comporte des ouvertures : 2 portes de  $(6*5) \text{ m}^2$  et 3 fenêtre de  $(3*1) \text{ m}^2$  (pour la lumière ) a 9 m de hauteur.

1<sup>ere</sup> cas: tous les ouvertures fermé

$$\Rightarrow C_{pi} = 0.35 . \dots\dots\dots(\text{RNV 2013 P 97}).$$

#### III.1.4.2.Sur le pignon :

dans notre cas ne comporte pas des ouvertures, on a 2 fenêtre pour la lumière on considère fermée de  $(3*1) \text{ m}^2$  chaque panneau de 6 m à 9 m de hauteur

dans notre cas tous les ouvertures fermée .

$$\Rightarrow C_{pi} = 0.35 \dots\dots\dots(\text{RNV 2013 P 97})$$

**III.1.5. Calcul de pression  $W_j$  :**

**III.1.5.1. Sur long pan :**

**III.1.5.1.1. Paroi verticale :**

**1<sup>ere</sup> cas :**  $C_{pi} = 0,35$ .

➤ **Paroi verticale :**

**Tableau II. 6 : Les valeurs de pression  $W_j$  sur la paroi verticale.**

| surface | $q_p$ (N/m <sup>2</sup> ) | $C_{pe} - C_{pi}$ | $W_j$ (N/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| A       | 915                       | -1,35             | -1235,25                  |
| B       | 915                       | -1,15             | -1052,25                  |
| C       | 915                       | -0,85             | -777,75                   |
| D       | 915                       | 0,45              | 411,75                    |
| E       | 915                       | -0,65             | -594,75                   |

➤ **La toiture :**

**Tableau II.7 : Les valeur de pression sur la toiture.**

| surface | $q_p$ N/m <sup>2</sup> | $C_{pe} - C_{pi}$ | $W_j$ (N/m <sup>2</sup> ) |
|---------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| F       | 915                    | -1,65             | -1509,75                  |
| G       | 915                    | -1,35             | -1235,25                  |
| H       | 915                    | -0,95             | -869,25                   |
| I       | 915                    | -0,85             | -777.75                   |
| J       | 915                    | -0,65             | -594,75                   |

**III.1.5.2. Sur pignon :**

**III.1.5.2.1. Paroi verticale :**

**1<sup>ere</sup> cas :**  $C_{pi} = 0,35$

➤ **Paroi verticale :**

**Tableau II.8: Les valeur de pression sur le pignon.**

| surface | $q_p$ (N/m <sup>2</sup> ) | $C_{pe} - C_{pi}$ | $W_j$ (N/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| A       | 915                       | -1,35             | -1235,25                  |
| B       | 915                       | -1,15             | -1052,25                  |
| C       | 915                       | -0,85             | -777,75                   |
| D       | 915                       | 0,45              | 411,75                    |
| E       | 915                       | -0,65             | -594,75                   |

➤ La toiture :

Tableau II.9 : Les valeur de pression sur la toiture.

| surface | $q_p$ (N/m <sup>2</sup> ) | $C_{pe} - C_{pi}$ | $W_j$ (N/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| F       | 915                       | -1,9              | -1738,5                   |
| G       | 915                       | -1,65             | -1509,75                  |
| H       | 915                       | -1,0              | -915                      |
| I       | 915                       | -0,85             | -777,75                   |

**III.2.Bâtiment administratif :**

**III.2.1.Pression due au vent  $W_j$  :**

$$W_j = q_p(z_e) \times C_e(z)$$

**III.2.1.1.Calcul de  $q_p$  :**

$$q_p(z) = a_{réf} \times C_e(z)$$

La willaya d'Alger (Oulad Fayet ) classée dans la zone I.

$$\Rightarrow q_{réf} = 375 \text{ N/m}^2 \quad \dots\dots\dots(\text{RNV 2013 P 50})$$

**III.2.1.2.Coefficient d'exposition  $C_e$  :**

$$C_e = C_t^2(z_e) \times C_r^2(z_e) \times [1 + 7 \times I_v(z_e)] \quad \dots\dots\dots (\text{RNV2013 P 51})$$

**Catégorie de terrain : II**

Tableau II.10 : Définition des catégories de terrain.

| Catégorie de terrain  | $K_T$ | $Z_0(\text{m})$ | $Z_{\min}(\text{m})$ | $\epsilon$ |
|---|-------|-----------------|----------------------|------------|
| Zone a végétation basse tel que l'herbe, avec ou non quelque obstacle isolé (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur. | 0.190 | 0.05            | 2                    | 0.52       |

**III.2.1.3.Coefficient de topographe  $C_t$  :**

$$\text{Site plat à Alger commune Oulad Fayet, } \phi < 0,05 \quad \dots\dots\dots (\text{RNV 2013 P54})$$

$$C_t(z) = 1 \quad \dots\dots\dots(\text{RNV 2013 P54})$$

**III.2.1.4.Coefficient de rugosité  $C_r$  :**

$$C_r(z) = K_t(z) \times \ln \frac{z}{z_0} \quad \text{pour } z_{\min} \leq z \leq 200 \text{ m} \quad \dots\dots\dots(\text{RNV 2013 P53})$$

Notre ouvrage a une hauteur de 12,53 m < 15m

$$\Rightarrow C_r(z) = 0,190 \times \ln \frac{12,53}{0,04} = 1,04$$

**III.2.1.5.Intensité de turbulence  $I_v$  :**

$$I_v(z) = \frac{1}{C_t^2(z) \times \ln \frac{12,53}{0,05}} = 0,18$$

$$C_e(z) = 1^2 \times 1,04^2 \times [1 + 7 \times 0,18] = 2,44$$

**III.2.1.6.Valeur de  $q_p$  :**

$$q_p(z) = 375 \times 2,44 = 915 \text{ N/m}^2$$

**III.2.1.7.Les coefficient de pression extérieure  $C_{pe}$  :**

Paroi verticale :

Vent sur pignon :

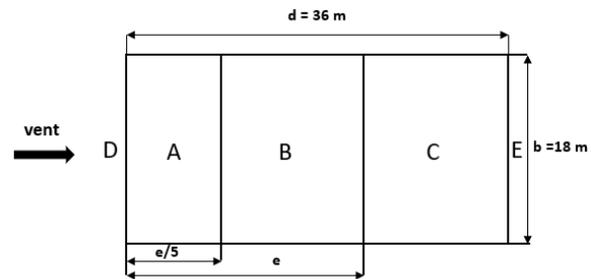
b= 18m

d=36m

h=12.53m

e=min (2h ;b)

$\Rightarrow e = 18 \text{ m}$



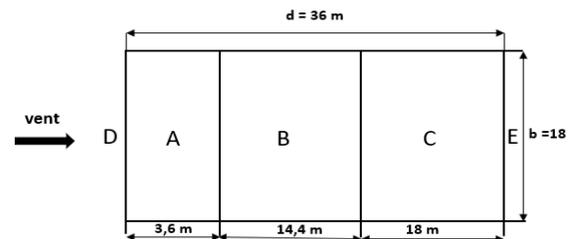
Calcul des surfaces :

A= 3,6×12,53 = 45,10 m<sup>2</sup>

B= 14,4×12,53=180,43m<sup>2</sup>

C= 18×12,53 = 225,54 m<sup>2</sup>

D=E=36×12,53 =451,08 m<sup>2</sup>



Tous les surfaces > 10m<sup>2</sup>.

$\Rightarrow C_{pe} = C_{pe 10}$

Tableau II. 11 : Les valeurs de  $C_{pe}$  pignon.

| Surface            | A    | B    | C    | D    | E    |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| Valeur de $C_{pe}$ | -1,0 | -0,8 | -0,5 | +0,8 | -0,3 |

**Vent sur long pan :**

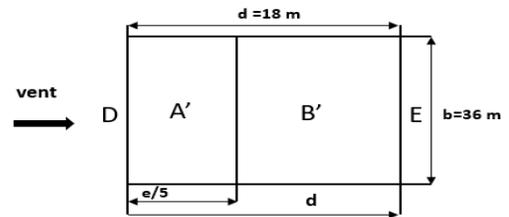
$b = 36m$

$d = 18m$

$h = 12,53m$

$e = \min(2h ; b)$

$\Rightarrow e = 25,06m$

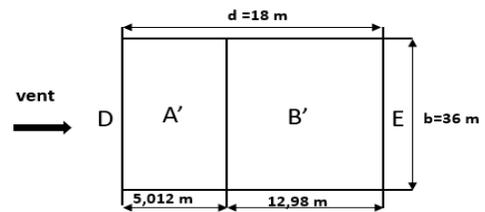


**Calcul des surfaces :**

$A = 5,012 \times 12,53 = 62,80m^2$

$B = 12,98 \times 12,53 = 162,73m^2$

$D = E = 18 \times 12,53 = 225,54m^2$



Tous les surfaces > 10m<sup>2</sup>.

$\Rightarrow C_{Cpe} = C_{pe 10}$

Tableau II.12 : Les valeurs de  $C_{pe}$  long pan.

| surface            | A'   | B'   | D    | E    |
|--------------------|------|------|------|------|
| Valeur de $C_{pe}$ | -1,0 | -0,8 | +0,8 | -0,3 |

**III.2.1.La toiture :**

**1<sup>ere</sup> cas : (pignon)**

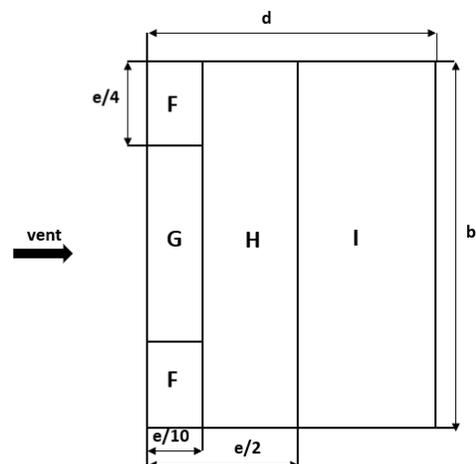
$b = 18m$

$d = 36m$

$h = 12,53m$

$e = \min(2h, b)$

$\Rightarrow e = 18m$



**Calcul des surfaces :**

$$F = 4,5 \times 1,8 = 8,1 \text{ m}^2$$

$$G = 9 \times 1,8 = 16,2 \text{ m}^2$$

$$H = 7,2 \times 18 = 129,6 \text{ m}^2$$

$$I = 27 \times 18 = 486 \text{ m}^2$$

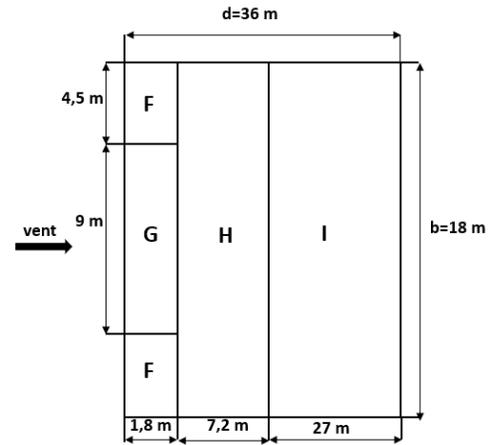
**La surface  $1 \text{ m}^2 < S < 10 \text{ m}^2$**

$$\Rightarrow C_{pe}(F) = C_{pe1} + (C_{pe10} - C_{pe1}) \times \log_{10}(S)$$

Donc :  $C_{pe}(F) = -1,09$

G,H,I est  $> 10 \text{ m}^2$ .

$$\Rightarrow C_{pe} = C_{pe10}$$



**Tableau II.13 : Les valeurs de  $C_{pe}$  toiture.**

| surface            | F    | G    | H    | I         |
|--------------------|------|------|------|-----------|
| Valeur de $C_{pe}$ | -1,0 | -0,8 | -0,7 | $\pm 0,2$ |

**2<sup>eme</sup> cas : long pan**

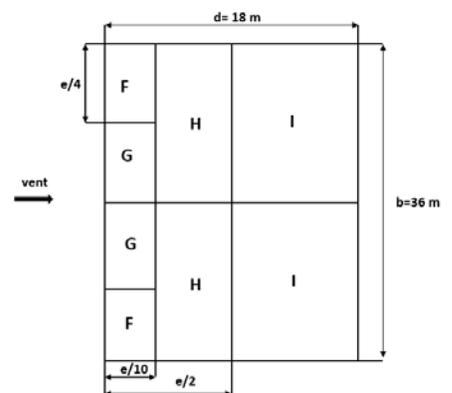
$$b = 36 \text{ m}$$

$$d = 18 \text{ m}$$

$$h = 12,53 \text{ m}$$

$$e = \min(2h ; b)$$

$$\Rightarrow e = 25,05 \text{ m}$$



**Calcul des surfaces:**

$$F = 6,26 \times 2,5 = 15,65 \text{ m}^2$$

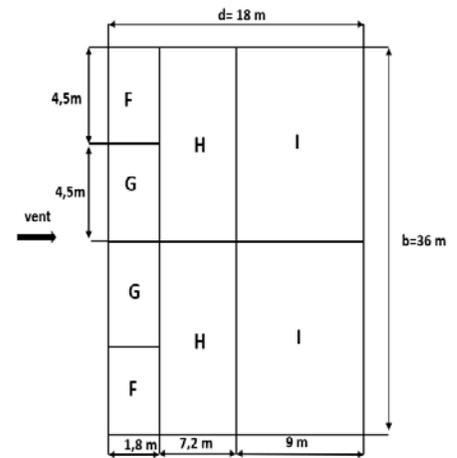
$$G = 23,48 \times 2,5 = 58,7 \text{ m}^2$$

$$H = 10,03 \times 36 = 361,08 \text{ m}^2$$

$$I = 5,47 \times 36 = 196,92 \text{ m}^2$$

Tous les surfaces > 10m<sup>2</sup>

$$\Rightarrow C_{pe} = C_{pe 10}$$



**Tableau II.14: Les Valeur de  $C_{pe}$  toiture**

| surface            | F    | G    | H    | I         |
|--------------------|------|------|------|-----------|
| Valeur de $C_{pe}$ | -1,2 | -0,8 | -0,7 | $\pm 0,2$ |

**III.2.1.8. Les coefficient de pression intérieure  $C_{pi}$  :**

Dans notre cas on considère le bâtiment complètement fermée, donc on prend  $C_{pi} = 0,35$

**III.2.1.9. La pression  $w_j$  :**

**Sur pignon**

bâtiment fermé :  $C_{pi} = 0,35$

**Tableau II. 15 : Les valeurs de la pression.**

| surface | $C_{pe} - C_{pi}$ | $q_j$<br>N/m <sup>2</sup> | $W_j$<br>N/m <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| A       | -1,35             | 915                       | -1235,25                  |
| B       | -1,15             | 915                       | -1052,25                  |
| C       | -0,85             | 915                       | -777,75                   |
| D       | +0,45             | 915                       | +411,75                   |
| E       | -0,65             | 915                       | -594,75                   |

**La toiture :**1<sup>ere</sup> cas :  $C_{pi} = 0,35$ **Tableau II.16: Les valeurs de la pression sur la toiture .**

| surface | $C_{pe} - C_{pi}$ | $q_j$<br>N/m <sup>2</sup> | $W_j$<br>N/m <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| F       | -1,44             | 915                       | -1317,6                   |
| G       | -1,15             | 915                       | -1052,25                  |
| H       | -1,05             | 915                       | -960,75                   |
| I       | -0,55             | 915                       | -503,25                   |
| I       | -0,15             | 915                       | 137,25                    |

**Vent sur long pan :**1<sup>ere</sup> cas :  $C_{pi} = 0,35$ **Tableau II.17 :Les valeurs de la pression sur long pan.**

| surface | $C_{pe} - C_{pi}$ | $q_j$<br>N/m <sup>2</sup> | $W_j$<br>N/m <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| A       | -1,35             | 915                       | -1235,25                  |
| B       | -1,15             | 915                       | -1052,25                  |
| D       | +0,55             | 915                       | +503,25                   |
| E       | -0,65             | 915                       | -594,75                   |

**Tableau II.18 : Les valeurs de la pression sur la toiture**

| surface | $C_{pe} - C_{pi}$ | $q_j$<br>N/m <sup>2</sup> | $W_j$<br>N/m <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| F       | -1,55             | 915                       | -1418,25                  |
| G       | -1,15             | 915                       | -1052,25                  |
| H       | -1,05             | 915                       | -960,75                   |
| I       | -0,55             | 915                       | -503,25                   |
| I       | -0,15             | 915                       | 137,25                    |

#### IV. Calcul de la force de frottement :

Dans le cas des structures allongées, on tient compte d'une force complémentaire due au frottement qui s'exerce sur les parois parallèles à la direction du vent dans le cas où l'une des conditions suivantes est vérifiée

$$\frac{d}{b} \geq 3 \text{ ou } \frac{d}{h} \geq 3$$

Avec :  $d$  dimension (en m) de la construction parallèle au vent  $d = 60$  m

$b$  : Dimension (en m) de la construction perpendiculaire au vent.  $b = 36$  m

$h$  : Hauteur (en m) de la construction.  $h = 12,53$  m

$$\frac{60}{36} = 1,66 < 3 \quad \text{ou} \quad \frac{60}{12,53} = 4,78 > 3$$

L'une des conditions est vérifiée il y a lieu de considérer les forces de frottement.

La force de frottement  $F_{fr}$  est donnée par la formule suivante :

$$F_{fr} = \sum (q_{dyn}(z_j) \times C_{fr} \times S_{fr}) \quad [\text{N}] \quad \dots\dots\dots \text{RNV 2013 page 58.}$$

$q_{dyn}(z_j)$  : pression dynamique due au vent.

$C_{fr}$  : coefficient de frottement  $C_{fr} = 0,01$  ..... (tableau 2.8 RNV2013 PAGE 59)

$S_{fr}$  : l'aire de l'élément de surface considéré ( $\text{m}^2$ ).

Paroi verticale :

$$\Rightarrow S_{fr} = d \times h = 60 \times 12,53 = 751,8 \text{ m}^2$$

Toiture :

$$\Rightarrow S_{fr} = \left( \sum \text{des surfaces des développés de la toiture} \right) \times d = (4 \times 9,12) \times 60$$

$$\Rightarrow S_{fr} = 2188,8 \text{ m}^2$$

$$F_{fr1} = q_{dyn}(z_j) \times C_{fr} \times S_{fr} = 1,2 \times 0,01 \times 751,8 = 9,02 \text{ KN}$$

$$F_{fr2} = q_{dyn}(z_j) \times C_{fr} \times S_{fr} = 1,7 \times 0,01 \times 2188,8 = 37,20 \text{ KN}$$

$$\text{Donc : } F_{fr} = F_{fr1} + F_{fr2} = 46,22 \text{ KN}$$

## V. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'obtenir des efforts climatiques due au vent et la neige , qui nous permet par la suite de dimensionné les éléments constituent notre ouvrage .

**Tableau II.19 : Récapitulatif (hall industriel)**

| <b>Le cas plus défavorables</b> | <b>Les valeurs (N/m<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Charge de neige sur la toiture  | 140                                  |
| Le vent sur long pan            | -1235,25                             |
| Le vent sur la toiture          | -1509,75                             |
| Le vent sur le pignon           | -1235,25                             |
| Le vent sur la toiture          | -1738,5                              |

*Chapitre III*  
*Etude*  
*des éléments*  
*secondaires*

## Introduction :

Dans ce chapitre on s'intéresse à définir les profils qui devront résister aux différents sollicitations auxquelles ils sont soumis au règlement de l'EUROCODE 3, le principe de la vérification nécessaire à la résistance et à la stabilité. Les profils concernés par cette étude sont : les pannes, les lisses de bardage et les potelets.

## II. Les éléments secondaires de la halle industrielle :

### II.1. Les pannes :

Les pannes sont des éléments de profilé laminé qui ont pour rôle de prendre le poids de la couverture ainsi que les surcharges climatiques. Elles sont disposées parallèlement à la ligne de faîtage dans le plan de versant, et elles sont posées inclinées sur les traverses à un angle  $\alpha$  et elles sont réalisées soit en profilé en I ou en U. Elles sont calculées pour pouvoir résister au poids propre de la couverture, leurs poids propres, surcharge d'exploitation ainsi que les surcharges climatiques.

#### II.1.1. Principe de calcul :

Le dimensionnement d'une structure métallique se résout presque toujours dans l'ordre des étapes suivantes :

- définition des actions appliquées à la structure.
- choix des barres de l'ossature sur la base d'un prédimensionnement ou de l'expérience.
- analyse globale et détermination des sollicitations dans les barres.
- vérification des barres.
- conception et vérification des assemblages.

#### II.1.2. Dimensionnement des pannes:

- chaque panne de IPE160 (**15,8 Kg/m**) repose sur 2 appuis de distance  $L=6m$ .
- la portée entre axes des pannes  $d=1,4m$ .
- la pente de chaque versant est  $\alpha=10^\circ$  avec une pente de 10 %.
- les pannes sont en acier S275.

$$\rightarrow f_y=275 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{la limite élastique}).$$

$$\rightarrow E=210000 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{le module d'élasticité longitudinale de l'acier}).$$

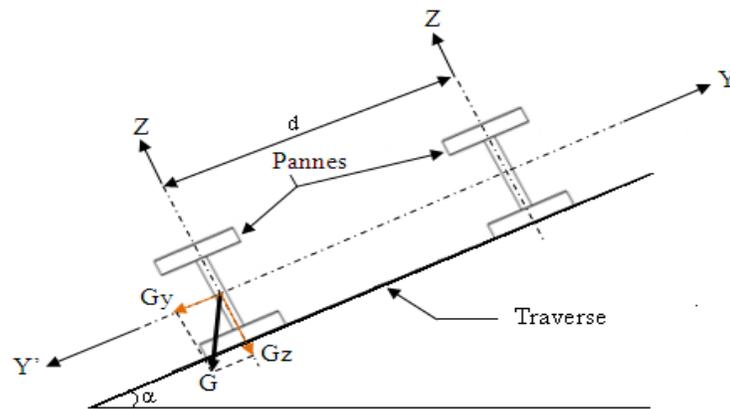


Figure II.1 : Disposition de deux pannes.

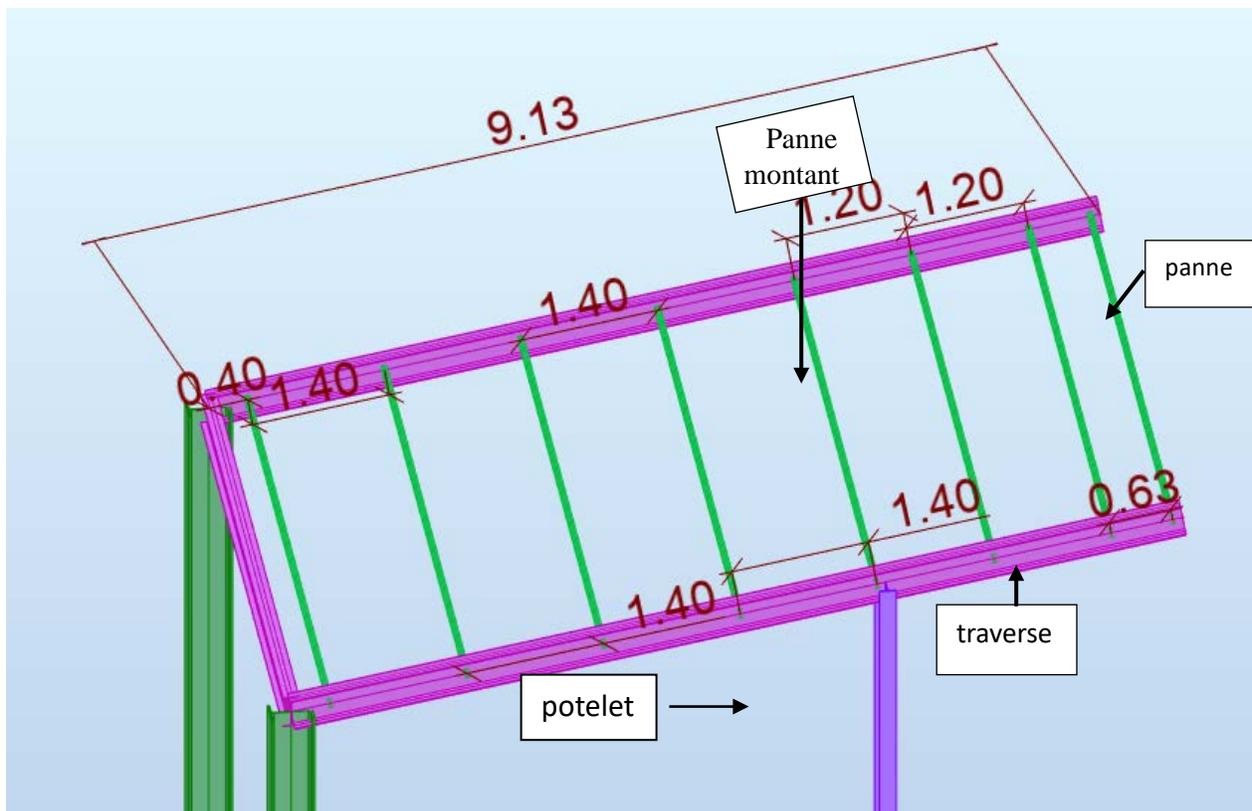


Figure II.2. Répartition des pannes sur le versant .

**II.1.3.Evaluation des charges :**

**II.1.3.1. Les charges variables :**

- **Le vent :**(soulèvement)

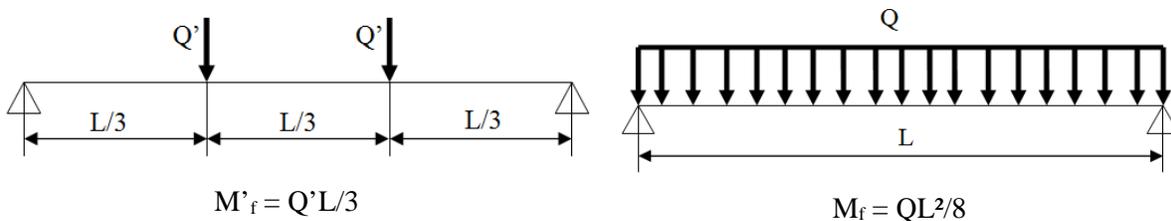
$$W=q_j \times d = - 1738,5 \times 1,4 = - 2433,9 \text{ N/m.}$$

- **La neige :**

$$S_n=S \times d =140 \times 1,4=196 \text{ N/m.}$$

- **La charge exploitation :**

Dans le cas de toiture inaccessible on considère uniquement dans les calculs une charge d'entretien, qui est égale aux poids d'un ouvrier et son assistant et qui est équivalente à deux charges concentrées de 100 Kg chacune situées à 1/3 et 2/3 de la portée de la panne .



$Q'$  : charge d'une ouvrier.

$Q$  : la charge d'exploitation .

$$M'_f = M_f \Rightarrow \frac{Q' \times L}{3} = \frac{Q \times L^2}{8} \Rightarrow Q = \frac{8 \times Q'}{3 \times L} = 444,4 \text{ N/m.}$$

**II.1.3.1.Les charges permanentes :**

- Poids de panneaux sandwich + accessoires  $\rightarrow G_1 = 180 \text{ N/m}^2$
- Poids de profilé estimé ( IPE160)  $\rightarrow G_2 = 158 \text{ N/m}$

$$G = (G_1 \times d) + G_2 = (180 \times 1,4) + 158 = 410 \text{ N/m} . \quad \rightarrow \mathbf{G = 410 \text{ N/m}}$$

➤ **Projection des charges :**

$$G \rightarrow \begin{cases} G_y = G \times \sin \alpha = 410 \times \sin 10 = 71,19 \text{ N/m} \\ G_z = G \times \cos \alpha = 410 \times \cos 10 = 403,77 \text{ N/m} \end{cases}$$

$$Q \rightarrow \begin{cases} Q_y = Q \times \sin \alpha = 444,4 \times \sin 10 = 77,16 \text{ N/m} \\ Q_z = Q \times \cos \alpha = 444,4 \times \cos 10 = 437,64 \text{ N/m} \end{cases}$$

$$S \rightarrow \begin{cases} S_y = S \times \sin \alpha = 196 \times \sin 10 = 34,03 \text{ N/m} \\ S_z = S \times \cos \alpha = 196 \times \cos 10 = 193,02 \text{ N/m} \end{cases}$$

$$W = -2433,5 \text{ N/m}$$

## II.1.4. Combinaison des charges :

### II.1.4.1. L'état limite de service (ELS) :

- Suivant l'axe y-y' :

- 1)  $G_y + S_y = 71,19 + 34,03 = 105,22 \text{ N/m}$
- 2)  $G_y + Q_y = 71,19 + 77,16 = 148,35 \text{ N/m}$
- 3)  $G_y + 0,9(S_y + Q_y) = 71,19 + 0,9(34,03 + 77,16) = 171,26 \text{ N/m}$

- Suivant l'axe z-z' :

- 1)  $G_z + S_z = 403,77 + 193,02 = 596,79 \text{ N/m}$
- 2)  $G_z + Q_z = 403,77 + 437,64 = 841,41 \text{ N/m}$
- 3)  $G_z + 0,9(S_z + Q_z) = 403,77 + 0,9(193,02 + 437,64) = 971,36 \text{ N/m}$
- 4)  $G_z + W = 403,77 - 2433,5 = -2029,73 \text{ N/m}$

### II.1.4.2. L'état limite ultime (ELU) :

- Suivant l'axe y-y' :

- 1)  $1,35 \times G_y + 1,5 \times S_y = 1,35 \times 71,19 + 1,5 \times 34,03 = 147,15 \text{ N/m}$
- 2)  $1,35 \times G_y + 1,5 \times Q_y = 1,35 \times 71,19 + 1,5 \times 77,16 = 211,84 \text{ N/m}$
- 3)  $1,35 \times G_y + 0,9(1,5(S_y + Q_y)) = 246,21 \text{ N/m}$

- Suivant l'axe z-z' :

- 1)  $1,35 \times G_z + 1,5 \times S_z = 1,35 \times 403,77 + 1,5 \times 193,02 = 834,62 \text{ N/m}$
- 2)  $1,35 \times G_z + 1,5 \times Q_z = 1,35 \times 403,77 + 1,5 \times 437,64 = 1202 \text{ N/m}$
- 3)  $1,35 \times G_z + 1,5 \times W = 1,35 \times 403,77 + 1,5(-2433,5) = -3105,16 \text{ N/m}$
- 4)  $1,35 \times G_z + 0,9(1,5(S_z + Q_z)) = 1396,48 \text{ N/m}$
- 5)  $1,35 \times G_z + 0,9(1,5(S_z + W)) = -2479,55 \text{ N/m}$

**II.1.4.3. Récapitulation :**

- ELS →  $\begin{cases} q_y = 171,26 \text{ N/m} \\ q_z = -2029,73 \text{ N/m} \end{cases}$
- ELU →  $\begin{cases} q_y = 246,21 \text{ N/m} \\ q_z = -3105,16 \text{ N/m} \end{cases}$

**II.1.5. Vérification de la classe de profilé (IPE160):**

- **L'âme :**

$$d/t_w \leq 72$$

$$d = 112,2 \text{ mm}$$

$$t_w = 4,7 \text{ mm}$$

$$d/t_w = 112,2/4,7 = 23,87 \text{ mm} \leq 72 \Rightarrow \text{L'âme de classe 1}$$

- **Semelle :**

$$b = 73 \text{ mm} ; t_f = 6,9 \text{ mm}$$

$$C = b / 2 = 36,5 \text{ mm.}$$

$$C/t_f = 36,5/6,9 = 5,28 < 10 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots\text{vérifie}$$

⇒ profilé de classe 1

**II.1.6. Vérification du profilé à la flèche :**

Dans notre cas on a une poutre posée sur 2 appuis et une charge uniformément répartie, donc la flèche est donnée par la formule suivante :

$$f = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200}$$

$$f = \frac{l}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm}$$

$$f_z = \frac{5 \times q_z \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 2029,73 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 869,3 \times 10^4} = 18,62 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifiée.

$$f_y = \frac{5 \times q_y \times l^4}{384 \times E \times I_z} = \frac{5 \times 171,26 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 68,28 \times 10^4} = 20,15 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifiée.

**II.1.7. Vérification a la flexion bi-axiale :**

Celons l'Eurocode 3 , on a la relation suivante :

$$\frac{M_{y\ sd}}{M_{pl\ y}} + \frac{M_{z\ sd}}{M_{pl\ z}} \leq 1$$

$$M_{y\ sd} = \frac{q_z \times l^2}{8} = \frac{3105,16 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 13,97 \text{ KN.m}$$

$$M_{z\ sd} = \frac{q_y \times l^2}{8} = \frac{246,21 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 1,1 \text{ KN.m}$$

$$W_{pl\ y} = \frac{W_{pl\ y} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{123,9 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 31 \text{ KN.m}$$

$$W_{pl\ z} = \frac{W_{pl\ z} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{26,1 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 6,52 \text{ KN.m}$$

$$\frac{M_{y\ sd}}{W_{pl\ y}} + \frac{M_{z\ sd}}{W_{pl\ z}} = \frac{13,97}{31} + \frac{1,1}{6,52} = 0,45 + 0,16 = \mathbf{0,61} < \mathbf{1}$$

..... condition vérifiée.

..... La flexion bi-axiale est vérifiée.

**II.1.8.Vérification du déversement :**

$$M_{b\ rd} = \frac{\chi_{LT} \times \beta_w \times W_{pl\ y} \times f_y}{\gamma_M} \geq M_{sd}$$

$$\beta_w = 1 \text{ classe 1 ; } W_{pl\ y} = 123,9 \text{ cm}^3 ; \gamma_M = 1,1 ; f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + [\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2]^{0,5}}$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left( \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_i} \right) \times \beta_w^{0,5}$$

Avec:

$$\lambda_i = 86 \varepsilon \quad \text{et} \quad \varepsilon = 1$$

$$K=1 ; \quad C_1=1,132 \text{ (EC3, tableau F.1.1 page 419 )}$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{L}{i_{LT}}}{\sqrt{C_1 \times \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{\frac{L}{i_{LT}}}{\frac{h}{t_f}} \right)^2 \right]^{0,25}}} \quad \dots\dots\dots(\text{EC3, page 423, f.20})$$

$$a_{LT} = \left( \frac{I_w}{I_t} \right)^{0,5} \Rightarrow I_w = \frac{I_z \times h_s}{4} = \frac{68,28 \times 10^4 \times 152,6^2}{4} = 3975,05 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{Avec: } h_s = h - t_f = 160 - 7,4 = 152,6 \text{ mm}$$

$$i_{LT} = \left( \frac{I_z \times I_w}{W_{ply}^2} \right)^{0,25} = \frac{68,28 \times 10^4 \times 3975,05 \times 10^6}{(123,9 \times 10^4)^2} = 42,04$$

Donc :

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{6000}{42,04}}{\sqrt{1,132 \times \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{\frac{6000}{42,04}}{\frac{160}{7,4}} \right)^2 \right]^{0,25}}} = 101,94$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left( \frac{101,94}{86} \right) \times \sqrt{1} = 1,18$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21(1,18 - 0,2) + 1,18^2] = 1,3$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1,3 + [1,3^2 - 1,18^2]^{0,5}} = 0,54$$

$$M_{brd} = \frac{0,54 \times 1 \times 123,9 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 16,72 \text{ KN.m}$$

$$M_{brd} = 16,72 \text{ KN.m} \geq M_{y_{sd}} = 13,97 \text{ KN.m}$$

.....la condition de déversement est vérifiée.

**II.1.9. Vérification de la résistance :****II.1.9.1. Vérification moment fléchissant :**

On vérifie la condition suivante :  $M_{sd} \leq M_{c.rd}$

$$M_{y.sd} = 13,97 \text{ KN.m}$$

Pour la classe 1 :

$$M_{c.rd} = W_{pl.y} \times f_y / \gamma_M = 123,9 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6 / 1,1 = 30,97 \text{ KN.m}$$

$M_{c.rd} = 30,97 \text{ KN.m} > M_{y.sd} = 13,97 \text{ KN.m}$  ..... le moment fléchissant est vérifiée.

**II 1.9.2. vérification l'effort tranchante :( cisaillement ) :**

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :  $V_{sd} \leq V_{pl.rd}$

$$V_{sd} = \frac{q \times l}{2} \begin{cases} V_{sdy} = \frac{q_y \times l}{2} = \frac{246,21 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 0,74 \text{ KN} \\ V_{sdz} = \frac{q_z \times l}{2} = \frac{3105,16 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 9,31 \text{ KN} \end{cases}$$

Donc :  $V_{sd.max} = 9,31 \text{ KN}$

$$V_{pl.rd} = A_v \times \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_w + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 2010 - 2 \times 82 \times 7,4 + (5 + 2 \times 9) \times 7,4$$

$$A_v = 966,6 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.rd} = 966,6 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 139,51 \text{ KN}$$

$V_{sd.max} = 9,31 \text{ KN} < V_{pl.rd} = 139,51 \text{ KN}$  ..... l'effort tranchant est vérifiée.

## II.2. Les lisses de bardage :

On appelle bardage la confection d'une paroi où le remplissage en matériaux léger tel que les tôles nervurées ou panneau sandwich. Dans notre cas nous avons utilisés le panneau sandwich. Les lisses de bardages sont espacées de 1,25 m, l'entre axe entre les portiques dans le sens du long pan représente la distance entre les deux appuis de la lisse.

Les lisses sont des éléments de profilé laminé qui sont constitué de poutrelle en U, elles sont disposées horizontalement, et sont portés par les poteaux de portique ou éventuellement sur des potelets, elles sont destinés à reprendre les efforts du vent sur les bardages.

Elles sont calculées d'une manière qu'elles peuvent résister aux charges climatique (vent) et les charges permanentes.

### II.2.1. Dimensionnement des lisses :

- Chaque lisse repose sur 2 appuis de distance :
  - $L = 6$  m sur le long-pan
  - $L = 6$  m sur le pignon
- L'entre axe des lisses  $d = 1,25$  m.
- On dispose de 8 lignes de lisses sur chaque paroi.
- Les lisses sont en acier S275.

Dans notre ouvrage on a le même entraxe entre le pignon et le long-pan, alors on prend la valeur maximale de la pression due au vent pour le dimensionnement.

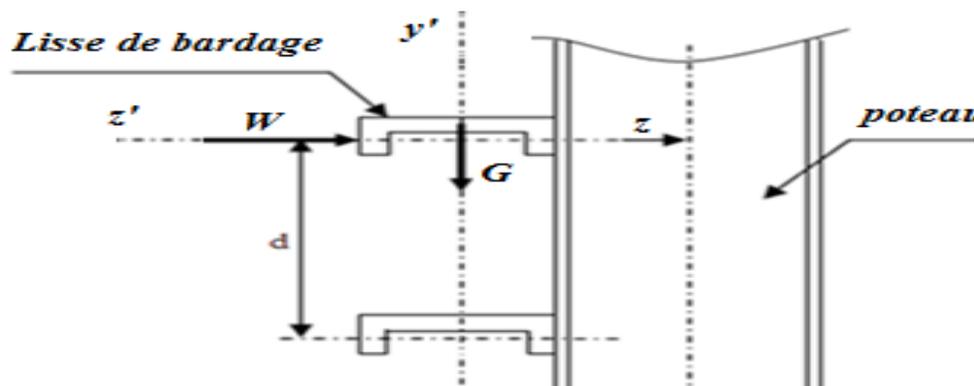


Figure III. 3 : Disposition des lisses.

**II.2.2. Evaluation des charges :****II.2.2.1. Les charges variables :**

Vent :

$$W_1 = q_j \times d = 1235,25 \times 1,25 = 1544,06 \text{ N/m} \quad (\text{sur long pan})$$

$$W_1 = q_j \times d = 1235,25 \times 1,25 = 1544,06 \text{ N/m} \quad (\text{sur pignon})$$

**II.2.2.2. Les charges permanentes :**

- UPN140 = 160 N/m
- Panneau sandwich + accessoire = 180 N/m

$$G = 160 + (180 \times 1,25) = 385 \text{ N/m}$$

**II.2.3. Combinaison des charges :**

- E L S :  $\begin{cases} y - y' : q_y = G = 385 \text{ N/m} \\ z - z' : q_z = W_1 = 1544,06 \text{ N/m} \end{cases}$
- E L U :  $\begin{cases} y - y' : q_y = 1,35 \times G = 519,75 \text{ N/m} \\ z - z' : q_z = 1,5 \times W_1 = 2316,09 \text{ N/m} \end{cases}$

**II.2.4. Vérification de la classe de profilé :**

L'ame :

$$d/t_w \leq 72 ; \varepsilon = 1$$

$$d = 98 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,0 \text{ mm}$$

$$\frac{98}{7} = 14 < 72 \quad \text{vérifie} \quad \rightarrow \text{âme de classe 1}$$

Semelle :

$$b = 60 \text{ mm} ; t_f = 10 \text{ mm}$$

$$c = b = 60 \text{ mm}$$

$$c/t_f = 6 < 10 \quad \text{vérifie} \quad \rightarrow \text{semelle de classe 1}$$

$\Rightarrow$  profilé de classe 1

**II.2.5. Vérification de la flèche :**

Dans notre cas on a une poutre posée sur 2 appuis simples et une charge uniformément répartie donc la flèche est :  $f = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I}$  et la flèche admissible :  $f_{adm} = \frac{l}{200}$ .

$$f_z = \frac{5 \times q_z \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1544,06 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 605 \times 10^4} = 20,50 \text{ mm } \textit{vérifié}$$

$$f_y = \frac{5 \times q_y \times l^4}{384 \times E \times I_z} = \frac{5 \times 385 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 62,7 \times 10^4} = 49,34 \text{ mm } \textit{non vérifié}$$

On doit ajouter des liernes à mi portée des lisses pour crée un appui intermédiaire pour réduire la flèche .

$$f_y = \frac{2,05 \times q_y \times L^4}{384 \times E \times I_z} = \frac{2,05 \times 385 \times 10^{-3} \times 3000^4}{384 \times 210000 \times 62,7 \times 10^4} = 1,3 \text{ mm } \leq f_{adm} = 30 \text{ mm}$$

.....vérifié.

**I.2.5.1.Calcul des suspentes :**

$$R = \frac{5 \times q \times l}{2} = \frac{5 \times 385 \times 10^{-3} \times 3}{2} = 2,88 \text{ KN.}$$

$$T_1 = \frac{R}{2} = 1,44 \text{ KN.}$$

$$T_2 = T_1 + R = 4,32 \text{ KN.}$$

$$T_3 = T_2 + R = 7,2 \text{ KN.}$$

$$T_4 = T_3 + R = 10,08 \text{ KN.}$$

$$T_5 = T_4 + R = 12,96 \text{ KN.}$$

$$T_6 = T_5 + R = 15,84 \text{ KN.}$$

$$T_7 = T_6 + R = 18,72 \text{ KN.}$$

$$T_8 = T_7 + R = 21,6 \text{ KN.}$$

$$T_9 = \frac{T_8}{2} \cos \beta$$

Calcule l'angle  $\beta$  :

$$\text{tang } \beta = \frac{1,25}{3} = 0,41$$

$$\Rightarrow \beta = 22,29^\circ$$

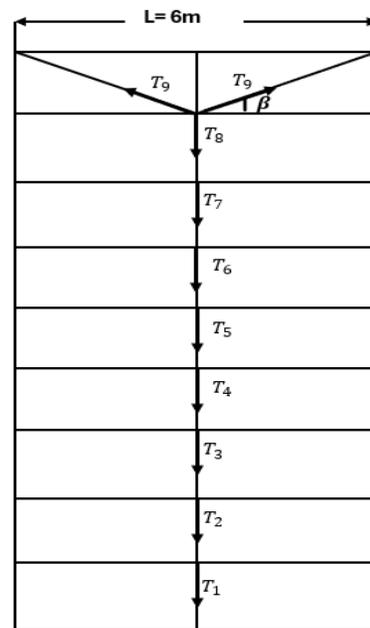


Figure III.4: Répartition des liernes.

$$T_9 = \frac{21,6}{2} \cos 22,29 = 10 \text{ KN.}$$

Le système des liernes aura pour la section :

$$T_8 \leq A \cdot \sigma_e \Rightarrow A \geq \frac{T_8}{\sigma_e}$$

$$A \geq \frac{21,6}{275 \times 10^{-3}} = 78,54 \text{ mm}^2.$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 78,54}{3,14}} = 10 \text{ mm}$$

Donc le diamètre choisi pour les liernes est :  $\emptyset = 12 \text{ mm}$

**II.2.6. Vérification a la flexion bi-axiale :**

$$\frac{M_{y \text{ sd}}}{M_{pl.y \text{ rd}}} + \frac{M_{z \text{ sd}}}{M_{pl.z \text{ rd}}} \leq 1$$

$$M_{y \text{ sd}} = \frac{q_z \times l^2}{8} = \frac{2316,09 \times 10^{-3} \times 36}{8} = 10,42 \text{ KN.m}$$

$$M_{z \text{ sd}} = \frac{q_y \times l^2}{8} = \frac{519,75 \times 10^{-3} \times 36}{8} = 2,33 \text{ KN.m}$$

$$M_{pl.y \text{ rd}} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{103 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 25,75 \text{ KN.m}$$

$$M_{pl.z \text{ rd}} = \frac{W_{plz} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{28,3 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 7,07 \text{ KN.m}$$

$$\Rightarrow \frac{10,42}{25,75} + \frac{2,33}{7,07} = 0,72 < 1$$

.....La flexion bi – axiale est vérifiée.

**II.2.7. Vérification de la résistance :**

**II.2.7.1. Vérification de l’effort tranchant (cisaillement) :**

On vérifie la condition suivante :  $V_{sd} \leq V_{pl.rd}$

$$V_{sd} = \frac{q \times l}{2} \text{ avec : } \begin{cases} V_{sdy} = \frac{q_y \times l}{2} = \frac{519,75 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 1,5 \text{ KN} \\ V_{sdz} = \frac{q_z \times l}{2} = \frac{2316,09 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 6,9 \text{ KN} \end{cases}$$

$V_{sd \text{ max}} = 6,9 \text{ KN.}$

$$V_{pl.rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_f + 2r)t_f$$

$$A_v = 2040 - 2 \times 60 \times 10 + (7 + 2 \times 10) \times 10 = 1110 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.rd} = 1110 \cdot \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1\sqrt{3}} = 160,21 \text{ KN.}$$

$V_{sd \text{ max}} = 6,9 \text{ KN} < V_{pl.rd} = 160,21 \text{ KN}$  .....la condition est vérifiée .

**II.2.7.2. Vérification du moment fléchissant :**

$$M_{sd} \leq M_{c rd}$$

$$M_{sd \text{ max}} = 10,42 \text{ KN.m}$$

Pour la classe 1 :  $M_{c rd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{103 \times 10^{-3} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 25,75 \text{ KN.m}$

$$M_{sd} = 10,42 \text{ KN.m} < M_{c rd} = 25,75 \text{ KN.m}$$

.....Le moment fléchissant est vérifiée.

**II.3. Dimensionnement des potelets :**

Les potelets sont soumis à la flexion composée dont les effort sont :

- effort normal produit par le poids propre de potelet , lisses et bardage .
- effort de flexion produites par l’action du vent sur le pignon .
- Hauteur de potelet le plus haut : h=12m.
- entraxe max d = 6m.
- On estime un IPE360( $G_{IPE360} = 571 \text{ N/m}$ ).

- n : est le nombre des lignes des lisses sur la paroi

**II.3.1.Détermination des sollicitations :**

**II.3.1.1 : Charge permanentes :**

$$\begin{cases} \text{IPE360} = G_{\text{IPE360}} \times h = 571 \times 12 = 6852 \text{ N} \\ \text{UPN140} = G_{\text{UPN140}} \times d \times n = 160 \times 6 \times 10 = 9600 \text{ N} \\ \text{bardage} = G_{\text{Bardage}} \times d \times h = 180 \times 6 \times 12 = 12960 \text{ N} \end{cases}$$

$$G = 9852+9600+12960 = 29412 \text{ N.}$$

**II.3.1.2.Charge variable :**

$$W = 1235,25 \times 6 = 7411,5 \text{ N/m .}$$

**II.3.2.Combinaison des charges :**

$$\begin{cases} \text{ELS} : \{ q_z = 7411,5 \text{ N/m} \\ \text{ELU} : \{ N_{sd} = 1.35 \times G = 39706,2 \text{ N} \\ q_z = 1.5 \times W = 11117,5 \text{ N} \end{cases}$$

**II.3.3.Vérification de la classe de profilé :**

**L'âme :**

$$d/t_w \leq 72 ; \varepsilon = 1$$

$$d = 298,6 \text{ mm}$$

$$t_w = 8.0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{298,6}{8} = 37,32 < 72$$

**Semelle :**

$$b = 170 \text{ mm} ; t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$c = \frac{b}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 6,6 < 10$$

.....vérifiée.

⇒ profilé de classe 1 .

**II.3.4.Vérification de la flèche :**

La flèche admissible (maximale) :  $f_{adm} \leq \frac{l}{200} = \frac{12000}{200} = 60mm$

$$f_z = \frac{5 \times q_z \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 7411,5 \times 10^{-3} \times 12000^4}{384 \times 210000 \times 5789,8 \times 10^4} = 58,58 \text{ mm} < 60mm$$

.....la flèche est vérifié.

**II.3.5.Vérification de la résistance :**

**II.3.5.1.Vérification de l'effort tranchante :(cisaillement)**

On vérifie le condition suivante :  $V_{sd} \leq V_{plrd}$

$$V_{sd} = \frac{q_z \times l}{2} = \frac{11117,25 \times 10^{-3} \times 12}{2} = 66,66 \text{ KN}$$

$$V_{plrd} = A_v \times \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = 7270 - 2 \times 170 \times 12,7 + (8 + 2 \times 18) \times 12,7 = 3510,5mm^2$$

$$V_{plrd} = 3510,8 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 506,74 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 66,66KN < V_{plrd} = 506,74 \text{ KN}$$

.....le cisaillement est vérifié.

**II.3.5.2.Vérification du moment fléchissant :**

On vérifie la condition suivante :  $M_{y sd} \leq M_{crd}$

$$M_{y sd} = \frac{q_z \times l^2}{8} = \frac{11117,25 \times 10^{-3} \times 12^2}{8} = 199,98 \text{ KN.m}$$

$$M_{crd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{1019 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 254,75 \text{ KN.m}$$

$$M_{y sd} = 199,98 \text{ KN.m} < M_{crd} = 254,75 \text{ KN.m}$$

.....le condition est vérifiée.

.....la résistance est vérifiée.

**II.3.6.Vérification à la flexion composée ( flambement + flexion ) :**

Il faut vérifier la relation suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times \frac{f_y}{\gamma_M}} > 0,1$$

Et  $\bar{\lambda}_{max} > 0,2$

Avec :  $\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z)$  ;  $\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$

Calcul de l'élancement max :

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_z} = \frac{12000}{150} = 80$$

$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{1250}{37,9} = 32,98$$

$$\bar{\lambda}_y = (\lambda_y; \lambda_i)(B_A)^{0,5} = \left(\frac{80}{86}\right)(1)^{0,5} = 0,92$$

$$\bar{\lambda}_z = (\lambda_z; \lambda_i)(B_A)^{0,5} = \left(\frac{32,98}{86}\right)(1)^{0,5} = 0,37$$

$$\bar{\lambda}_{max} = 0,92$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \quad \text{avec } \phi_y = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2)) + \bar{\lambda}_y^2$$

$\alpha$  : facteur d'imperfection

$$h/b=360/170= 2,1 > 1,2$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

Axe de flambement: y-y'  $\Rightarrow$  courbe de flambement : courbe a

Alors :  $\alpha = 0,21$

$$\Rightarrow \phi_y = 0,5(1 + 0,21(0,92 - 0,2)) + 0,92^2 = 0,99$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,99 + \sqrt{0,99^2 - 0,92^2}} = 0,74$$

$$h/b=2,1 > 1,2$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

Courbe de flambement z-z' :

Alors :  $\alpha = 0,34$

$$\phi_z = 0,5(1 + 0,34(0,37 - 0,2)) + 0,37^2 = 0,59$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,59 + \sqrt{0,59^2 - 0,37^2}} = 0,96$$

$$\begin{cases} \chi_y = 0,74 \\ \chi_z = 0,96 \end{cases} ; \chi_{min} = 0,74$$

$$\Rightarrow \frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times \frac{f_y}{\gamma_M}} = \frac{39706,2}{0,74 \times 7270 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1}} = 0,02 < 0,1$$

.....n'est pas vérifié.

La poutre sollicitée en flexion et en compression axiale doit satisfaire à la condition suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times f_y} + \frac{K_y \times M_{y, sd}}{W_{pl, y} \times f_y} + \frac{K_z \times M_{z, sd}}{W_{pl, z} \times f_y} \leq 1$$

Avec :

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{sd}}{\chi_y \times A \times f_y} \quad K_y \leq 1,5$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y(2\beta_{M, y} - 4) + \left( \frac{W_{pl, y} - W_{el, y}}{W_{el, y}} \right) \quad ; \mu_y \leq 0,90$$

$$K_z = 1 - \frac{\mu_z \times N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y} \quad K_z \leq 1,5$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z(2\beta_{M, z} - 4) + \left( \frac{W_{pl, z} - W_{el, z}}{W_{el, z}} \right) \quad ; \mu_z \leq 0,90$$

$$\beta_{M, y} = 1,3.$$

$$\mu_y = 0,92(2 \times 1,3 - 4) + \left( \frac{1019,1 - 903,6}{903,6} \right)$$

$$\mu_y = -1,15$$

$$K_y = 1 + \frac{1,15 \times 36304,2 \times 10^{-3}}{0,74 \times 7270 \times 275 \times 10^{-3}} = 1,028$$

$$\frac{36304,2 \times 10^{-3}}{0,74 \times 7270 \times 275 \times 10^{-3}} + \frac{1,028 \times 199,98}{1019,1 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6} = 0,83 < 1$$

.....La condition est vérifié.

..... Le profile résistera au flambement.

### II.4.L'accrotère :

-hauteur de baïonnette :  $h = 1.73 \text{ m}$

-l'entraxe entre baïonnettes :  $d = 6 \text{ m}$

- $n = 2$  : nombre des lignes des lisses sur l'acrotère.

#### II.4.1.Dimensionnement de la baïonnette :

##### II.4.1.1. Evaluation des charges :

##### II.4.1.1.1.Les charges permanentes :

$$G_{HEA140} = 247 \times h = 247 \times 1,73 = 427,3 \text{ N}$$

$$G_{P,S} = 180 \times d \times h = 180 \times 6 \times 1,53 = 1652,4 \text{ N}$$

$$G_{UPN140} = 160 \times d \times n = 160 \times 6 \times 2 = 1920 \text{ N}$$

$$\Rightarrow G = 4000 \text{ N}$$

##### II.4.1.1.2. Les charges variable :

$$W_j = q_j \times d = 1235,25 \times 6 = 7411,5 \text{ N/m}$$

#### II.4.2.Combinaison des charges :

- ELS :  $W = 7411,5 \text{ N/m}$
- ELU :  $\begin{cases} N_{sd} = 1.35 \times G = 1,35 \times 4000 = 5400 \text{ N} \\ W = 1,5 \times W_j = 1,5 \times 7411,5 = 11117,25 \text{ N/m} \end{cases}$

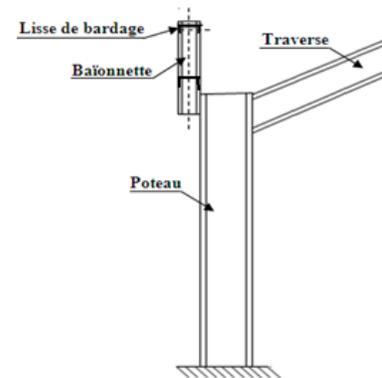


Figure III.5 : Vue de la baïonnette de l'acrotère sur le poteau

**II.4.3. Vérification de la flèche :**

Dans notre cas on a une poutre encastree-libre et une charge uniformement répartie donc la flèche est :  $f_z = \frac{3 \times q_z \times l^4}{24 \times E \times I_y}$  et la flèche admissible est :

$$f_{adm} = \frac{L}{200} = \frac{1200}{200} = 6 \text{ mm}$$

$$f_z = \frac{3 \times 7411,5 \times 10^{-3} \times (1530)^4}{24 \times 210000 \times 1033,1 \times 10^4} = 2,3 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifiée.

**II.4.4. Vérification de la résistance :**

**II.4.4.1. Vérification moment fléchissant :**

$$M_{sd} \leq M_{crd}$$

$$M_{y\ sd} = \frac{q_y \times l^2}{2} = \frac{7411,5 \times 10^{-3} \times 1,53^2}{2} = 8,67 \text{ KN.m}$$

$$M_{crd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{2} = \frac{173,5 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 43,37 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 8,67 \text{ KN.m} < M_{crd} = 43,37 \text{ KN.m}$$

.....le moment fléchissant est vérifiée.

**II.4.5. Vérification à la flexion composée (flambement + flexion) :**

Pour que le flambement soit satisfait , il faut vérifier la relation suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times \frac{f_y}{\gamma_M}} > 0,1$$

Et  $\bar{\lambda}_{max} > 0,2$

Avec :  $\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z)$  ;  $\bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$

Calcule de l'élancement max :

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{2 \times 153}{5,73} = 53,4 \quad ; \quad \lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{153}{3,52} = 43,46$$

$$\bar{\lambda}_y = (\lambda_y/\lambda_i)(B_A)^{0,5} = \left(\frac{53,40}{86}\right)(1)^{0,5} = 0,62$$

$$\bar{\lambda}_z = (\lambda_z/\lambda_i)(B_A)^{0,5} = \left(\frac{43,46}{86}\right)(1)^{0,5} = 0,5$$

$$\bar{\lambda}_{max} = 0,62$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \quad \text{avec } \phi_y = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2)) + \bar{\lambda}_y^2$$

$\alpha$  : facteur d'imperfection

$$h/b=133/140= 0,95 < 1,2$$

$$t_f = 8,5 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

Axe de flambement:  $y-y'$   $\Rightarrow$  courbe de flambement : courbe b

$$\text{Alors : } \alpha = 0,34$$

$$\Rightarrow \phi_y = 0,5(1 + 0,34(0,62 - 0,2)) + 0,62^2 = 0,76$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,62^2}} = 0,95$$

$$h/b=0,94 < 1,2$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

Courbe de flambement  $z-z'$  : courbe c

$$\text{Alors : } \alpha = 0,49$$

$$\phi_z = 0,5(1 + 0,49(0,5 - 0,2)) + 0,5^2 = 0,7$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,7 + (0,7^2 - 0,5^2)^{0,5}} = 0,84$$

$$\begin{cases} \chi_y = 0,95 \\ \chi_z = 0,84 \end{cases} ; \chi_{min} = 0,84$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times \frac{f_y}{\gamma_M}} = \frac{5400 \times 10^{-3}}{0,84 \times 3140 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1}} = 8 \times 10^{-3} > 0,1$$

.....la condition est vérifiée.

..... Le profilé résistera au flambement.

### III. Etude des éléments secondaire de bâtiment :

#### III.1.Escalier :

##### III.1.1.Introduction :

Un escalier est d'une succession de plan 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 la contre marche(h).

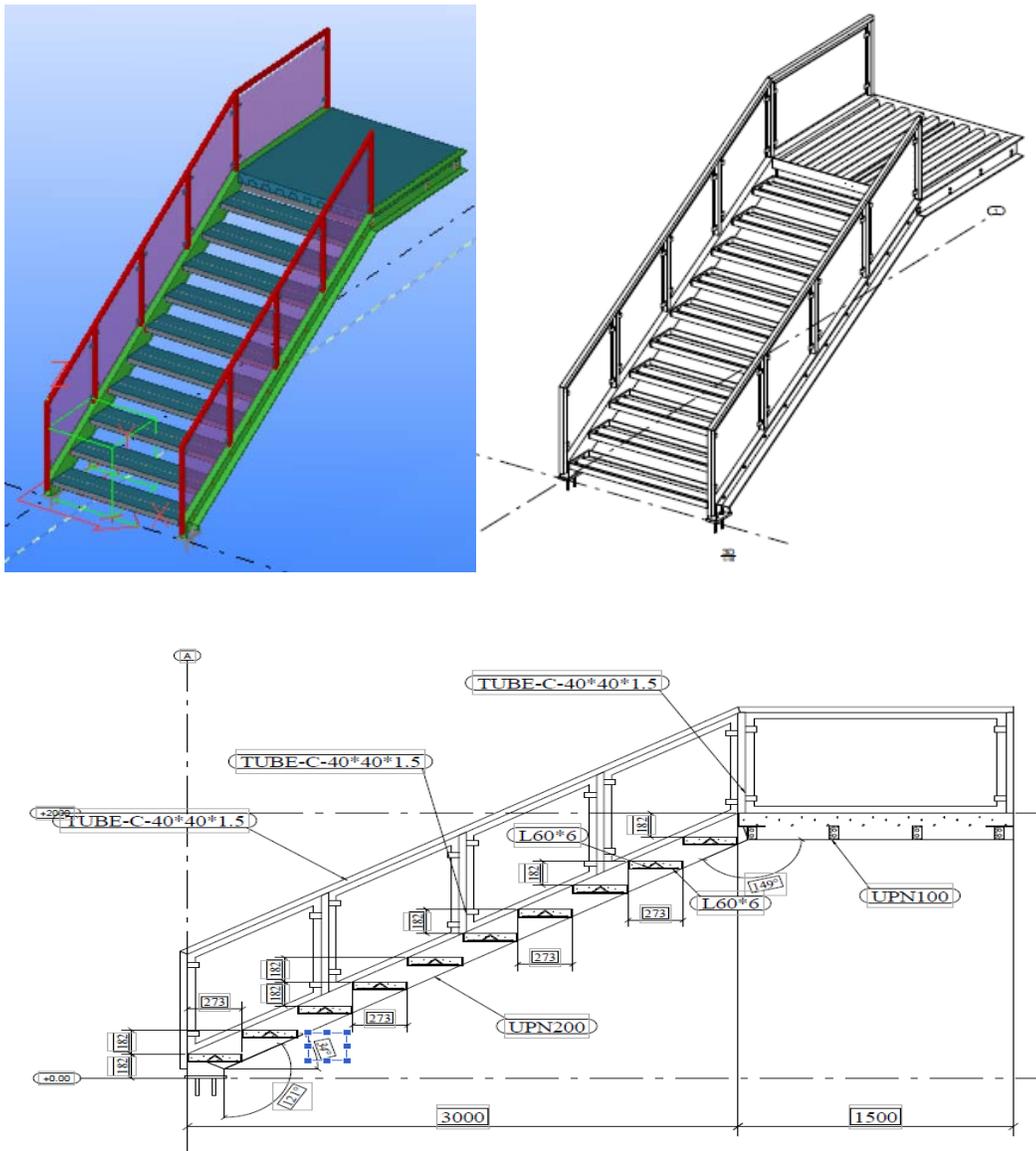


Figure III. 6. Escalier

**III.1.2.Définition :****III.1.2.1.Un Palier :**

Le palier est la plateforme qui reçoit les volée d'escalier montant et descendant, il permet un repos pendant la montée.

**III.1.2.2. Une Volée :**

Portion d'escalier comprise entre deux plat-formes et qui comprend les marches et contre marches.

**III.1.2.3. Limon :**

C'est une poutre qui permet de tenir les marches et contre marches d'escalier. Cette poutre se trouve parallèle au mur et suivante l'angle de l'escalier.

**III.1.3.Choix de dimensions :**

Le choix des dimensions se fait selon la formule de « BONDEL », appelée aussi loi du pas moyen :

$$600 \text{ mm} \leq g + 2h \leq 660 \text{ mm}$$

$$\text{Et : } \begin{cases} h : \text{ hauteur de marche.} \\ g : \text{ giron} \end{cases}$$

On a :  $g = 273 \text{ mm}$  ,  $h = 181 \text{ mm}$  .

$$\Rightarrow 600 \text{ mm} < 273 + 2 \times 182 < 660 \text{ mm}$$

$600 \text{ mm} < 637 \text{ mm} < 660 \text{ mm} \Rightarrow$  condition vérifiée .

Sachant que la hauteur de l'étage H est égale à 4000 mm le nombre de marches sera de :

$$N = H/h = 2000/182 = 11 \text{ marches} .$$

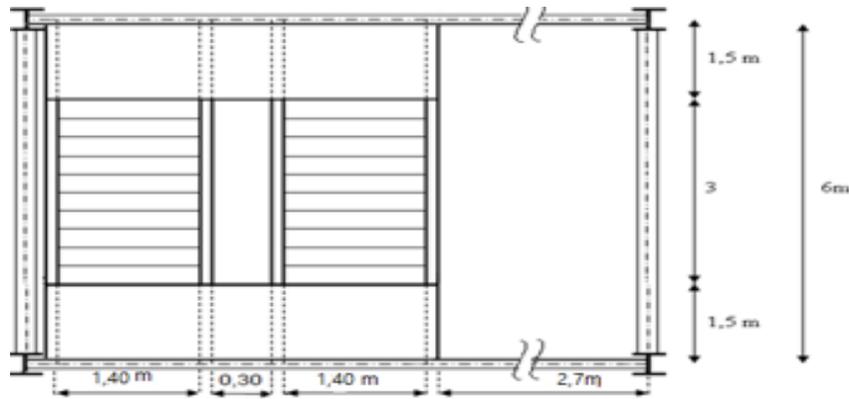


Figure III.7. Dimension des différents éléments de l'escalier.

### III.1.4. Calcul de la ligne de foulée.

#### III.1.4.1. Calcul de l'angle $\alpha$ :

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{2}{3} = 0.66$$

$$\Rightarrow \varphi = 33,68^\circ$$

$$\sin \omega = \frac{2}{L_F} \Rightarrow L_F = \frac{2}{\sin \omega} = 3,6 \text{ m}$$

Donc : la ligne de foulée  $L_F = 3,6 \text{ m}$ .

### III.1.5. Vérification de la cornière de marche :

#### III.1.5.1. Evaluation des charges :

##### III.1.5.1.1. Marche :

-Cadre de la marche cornière( $60 \times 60 \times 6$ ) :  $54,2 \times 3 = 162,6 \text{ N/m}$  .

-Dalle de béton :  $25000 \times 0,06 \times 0,273 = 409,5 \text{ N/m}$  .

-Revêtement :  $10000 \times 0,04 \times 0,273 = 109,2 \text{ N/m}$ .

$$\mathbf{G = 681,3 \text{ N/m.}}$$

##### III.1.5.1.2. Contre marche :

Revêtement :  $10000 \times 0,03 \times 0,152 = 45,6 \text{ N/m}$

##### III.1.5.1.3. Charge d'exploitation :

$$2500 \times 0,273 = 682,5 \text{ N/m}$$

**III.1.5.2. Combinaison des charges :**

- ELS :  $q = Q + G = 682,5 + (681,3+45,6) = 1409,4 \text{ N/m}$ .
- ELU :  $q = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 726,9 + 1,5 \times 682,5 = 2005 \text{ N/m}$

**III.1.5.3. Vérification de la flèche :**

La flèche admissible est :

$$f_{adm} = \frac{l}{250} = \frac{1400}{250} = 5,6 \text{ mm}$$

La flèche est :

$$F_z = \frac{5 \times q_z \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1409,4 \times 10^{-3} \times (1400)^4}{384 \times 210000 \times 22,79 \times 10^4} = 1,47 \text{ mm}$$

**III.1.5.4. Vérification de la résistance :**

**III.1.5.4.1. Moment fléchissant :**

$$M_{sd} \leq M_{crd}$$

$$M_{y sd} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2005 \times 10^{-3} \times 1,4^2}{8} = 0,49 \text{ KN.m}$$

Pour la classe 1 :  $M_{crd} = W_{ely} \times f_y / \gamma_M$

$$M_{crd} = \frac{5,29 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 1,32 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 0,64 \text{ KN.m} < M_{crd} = 1,32 \text{ KN.m} \quad \dots\dots\dots\text{condition vérifiée.}$$

**III.1.6. Dimensionnement de la solive (palier de repos) :**

**III.1.6.1. Evaluation des charges :**

**III.1.6.1.1. Charges permanentes :**

-on estime un UPN100 pour les solives :  $P = 106 \text{ N/m}$

-tôle HB55 =  $200 \text{ N/m}^2$

-dalle de béton :  $25000 \times 0,07 = 1750 \text{ N/m}^2$

-revêtement :  $10000 \times 0,03 = 300 \text{ N/m}^2$

$$G = 2356 \times 0,75 = 1767 \text{ N/m}$$

**III.1.6.1.2. Charge d'exploitation :**

Charge d'exploitation d'escalier est  $2500 \text{ N/m}^2$

$$Q = 2500 \times 0,75 = 1875 \text{ N/m}$$

**III.1.6.2. Combinaison des charges :**

$$\begin{cases} \text{ELS: } q = G + Q = (106 + 1767) + 1875 = 3748 \text{ N/m} \\ \text{ELU: } q = 1,35G + 1,5 Q = 1,35 \times 1767 + 1,5 \times 1875 = 5197,95 \text{ N/m} \end{cases}$$

**III.1.6.3. Vérification de la flèche :**

La flèche est :  $f_z = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_y}$  et la flèche admissible :  $f_{adm} = \frac{l}{250} = \frac{1400}{250} = 5,6 \text{ mm}$

$$f_z = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 3748 \times 10^{-3} \times 1400^4}{384 \times 210000 \times 206 \times 10^4} = 0,43 \text{ mm} < 5,6 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifié .

**III.1.6.4. Vérification de la résistance :**

**III.1.6.4.1. Vérification de moment fléchissant :**

$$M_{sd} \leq M_{c.rd}$$

$$M_{y.sd} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{5197,95 \times 10^{-3} \times 1,4^2}{8} = 1,27 \text{ KN.m}$$

Pour la classe 1 :  $M_{c.rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_M$

$$M_{c.rd} = \frac{49 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 12,25 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 1,27 \text{ KN.m} < M_{c.rd} = 12,25 \text{ KN.m} \quad \text{.....vérifie.}$$

**III.1.6.4.2. Vérification de l'effort tranchant (cisaillement) :**

Pour cette vérification on utilise la condition suivant :  $V_{sd} \leq V_{pl Rd}$

$$V_{sd} = \frac{q \times l}{2} = \frac{5197,95 \times 10^{-3} \times 1,4}{2} = 3,63 \text{ KN}$$

$$V_{pl Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w - 2r)t_f$$

$$A_v = 1350 - 2 \times 50 \times 8,5 + (6,0 + 2 \times 8,5) \times 8,5 = 695,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl Rd} = 695,5 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1\sqrt{3}} = 100,38 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 3,63 \text{ KN} < V_{pl Rd} = 100,38 \text{ KN}$$

.....l'effort tranchant est vérifié

**III.1.7. Vérification de limon :****III.1.7.1. Charge sur la volée :****III.1.7.1.1. Evaluation des charges :****III.1.7.1.1.1. Charge permanentes :**

-Cornière :  $54,2 \times 11 \times 0,7 = 417,34 \text{ N/m}$

-Dalle de béton :  $25000 \times 0,04 \times 0,7 = 700 \text{ N/m}$

-Revêtement :  $10000 \times 0,04 \times 0,7 = 280 \text{ N/m}$

-Contre marche :  $10000 \times 0,04 \times 0,7 = 280 \text{ N/m}$

-Gard corp :  $100 \text{ N/m}$

-UPN200 (estimé) :  $252 \text{ N/m}$

$$G = 2029,34 \text{ N/m.}$$

**III.1.7.1.1.2. Charge d'exploitation :**

$$Q = 2500 \times 0,7 = 1750 \text{ N/m}$$

**III.1.7.1.2. Combinaison des charges :**

$$\begin{cases} ELS : q = G + Q = 2029,34 + 1750 = 3779,34 \text{ N/m} \\ ELU : q = 1,35G + 1,5Q = 5364,60 \text{ N/m} \end{cases}$$

**III.1.7.1.2.3. Projection des charges :**

- $y-y'$  :  $\begin{cases} ELS : q = 3779,34 \times \sin 33,68^\circ = 2095,84 \text{ N/m} \\ ELU : q = 5364,60 \times \sin 33,68^\circ = 2974,96 \text{ N/m} \end{cases}$
- $z-z'$  :  $\begin{cases} ELS : q = 3779,34 \times \cos 33,68^\circ = 3144,96 \text{ N/m} \\ ELU : q = 5364,60 \times \cos 33,68^\circ = 4464,13 \text{ N/m} \end{cases}$

**III.1.7.2. Charge sur le palier de repos :**

**III.1.7.2.1. Charge permanente :**

-UPN100(3 solive) =  $(106 \times 3 \times 0,7)/1,5 = 148,4 \text{ N/m}$

-UPN200 (limon estimé) =  $252 \text{ N/m}$

-tôle HB55 =  $200 \times 0,7 = 140 \text{ N/m}$

-dalle de béton :  $25000 \times 0,08 \times 0,75 = 1500 \text{ N/m}$

-revêtement :  $10000 \times 0,04 \times 0,7 = 280 \text{ N/m}$

**G = 2320,4 N/m**

**III.1.7.2.2. Charge d'exploitation :**

Q =  $2500 \times 0,7 = 1750 \text{ N/m}$

**III.1.7.2.3. Combinaison des charges :**

ELS :  $q = G + Q = 2320,4 + 1750 = 4070,4 \text{ N/m}$

ELU :  $q = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 2320,4 + 1,5 \times 1750 = 5757,54 \text{ N/m}$

**III.1.7.3. Vérification de la flèche :**

La flèche est :  $f_z = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_y}$  et la flèche admissible :  $f_{adm} = \frac{l}{250} = \frac{6600}{250} = 26,4 \text{ mm}$

$$f_z = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 4070,4 \times 10^{-3} \times 6600^4}{384 \times 210000 \times 1910 \times 10^4} = 25,07 \text{ mm} < 26,4 \text{ mm}$$

..... La flèche est vérifié.

**III.1.7.4.Vérification à la résistance :**

**III.1.7.4.1.Vérification moment fléchissant :**

$$M_{sd} \leq M_{c.rd}$$

$$M_{y.sd} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{5757,54 \times 10^{-3} \times 6,6^2}{8} = 31,34 \text{ KN.m}$$

Pour la classe 1 :  $M_{c.rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_M$

$$M_{c.rd} = \frac{228 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 57 \text{ KN.m}$$

$M_{sd} = 31,74 \text{ KN.m} < M_{c.rd} = 57 \text{ KN.m}$  .....le moment fléchissant est vérifié.

**III.1.7.4.2.Vérification de l'effort normale :**

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :  $N_{sd} \leq N_{c.rd}$

$$N_{sd} = 1,35 G = 1,35 \times 2974,96 \times 10^{-3} = 4 \text{ KN}$$

$$N_{c.rd} = N_{pl} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{3220 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 805 \text{ KN}$$

$N_{sd} = 4 \text{ KN} < N_{c.rd} = 805 \text{ KN}$  .....l'effort normal est vérifié.

**III.1.7.4.3.Vérification de l'effort tranchant (cisaillement) :**

Pour cette vérification on utilise la condition suivante :

$$V_{sd} \leq V_{pl.rd}$$

$$V_{sd} = \frac{q \times l}{2} = \frac{4464,13 \times 10^{-3} \times 6,6}{2} = 14,73 \text{ KN}$$

$$V_{pl.rd} = A_v \times \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}} \quad \text{avec } A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 3220 - 2 \times 75 \times 11,5 + (8,5 + 2 \times 6,5) \times 11,5 = 1742,25 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.rd} = 1742,25 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 251,47 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 14,73 \text{ KN} < V_{pl.rd} = 251,47 \text{ KN} \quad \dots\dots\dots\text{l'effort tranchant est vérifié.}$$

**III.1.7.4.4.Vérification à la flexion composée (flambement + flexion) :**

Pour que le flambement soit satisfait , il faut vérifier la relation suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y / \gamma_M} > 0,1 \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_{max} > 0,2$$

Avec :

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z) \quad \bar{\lambda}_{max} = \max(\bar{\lambda}_y; \bar{\lambda}_z)$$

Calcul de enlacement max:

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{3300}{77} = 42,85$$

$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{273}{21,4} = 12,75$$

$\lambda_y > \lambda_z \Rightarrow$  flambement au tour de l'axe fort inertie y-y'

$$\bar{\lambda}_y = \left(\frac{\lambda_y}{\lambda_i}\right) \cdot \beta_A^{0.5} = \left(\frac{42,85}{86}\right) = 0,49 \quad \text{avec } \beta = 1$$

$$\bar{\lambda}_z = \left(\frac{\lambda_z}{\lambda_i}\right) \cdot \beta_A^{0.5} = \frac{12,75}{86} = 0.14$$

$$\text{Alors: } \bar{\lambda}_{max} = \bar{\lambda}_y = 0,49 > 0,2 \quad \dots\dots\dots\text{condition vérifiée.}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)} \quad \text{et} \quad \phi_y = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2)$$

$\alpha$  : facteur d'imperfection

$$h/b = 240/120 = 2 > 1,2$$

$$t_f = 9,8 < 40 \text{ mm}$$

$\Rightarrow$  courbe de flambement est la courbe a

Axe de flambement : y-y'

Donc :  $\alpha = 0,21$

$$\phi_y = 0,5(1 + 0,21(0,49 - 0,2) + 0,49^2) = 0,65$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,65 + (0,65^2 - 0,49^2)} = 1,20$$

$$h/b = 240/120 = 2 > 1,2$$

$$t_f = 9,8 < 40 \text{ mm}$$

⇒ courbe de flambement est la courbe b

Donc :  $\alpha = 0,34$

$$\phi_z = 0,5(1 + 0,34(0,14 - 0,2) + 0,14^2) = 0,5$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,5 + (0,5^2 - 0,14^2)} = 1,36$$

$$\chi_{min} = \chi_y = 1,20$$

$$\frac{4}{1,20 \times 3910 \times 275 \times 10^{-3} / 1,1} = 0,004 < 0,1$$

La poutre sollicitée en flexion et en compression axiale à la condition suivante :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y / \gamma_M} + \frac{K_y M_{y, sd}}{W_{pl, y} \cdot f_y / \gamma_M} \leq 1$$

Avec :

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y N_{sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \quad K_y \leq 1,5$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2\beta_{M, Y} - 4) + \left( \frac{W_{pl, y} - W_{el, y}}{W_{el, y}} \right) \quad \text{et } \beta_{M, Y} = 1,3$$

$$\mu_y = 0,49(2 \times 1,3 - 4) + \left( \frac{228 - 191}{191} \right) = -0,5$$

$$K_y = 1 + \frac{0,5 \times 4}{1,26 \times 3220 \times 275 \times 10^{-3}} = 1,0 < 1,5$$

$$\frac{4}{1,20 \times 3220 \times 275 \times 10^{-3}/1,1} + \frac{1,0 \times 31,34}{228 \times 10^3 \times 275 \times 10^{-3}/1,1} = 4,5 \times 10^{-3} < 1$$

.....condition vérifiée.

### III.1.8. Etude de la poutre palière :

Soit une poutre porteuse IPE240

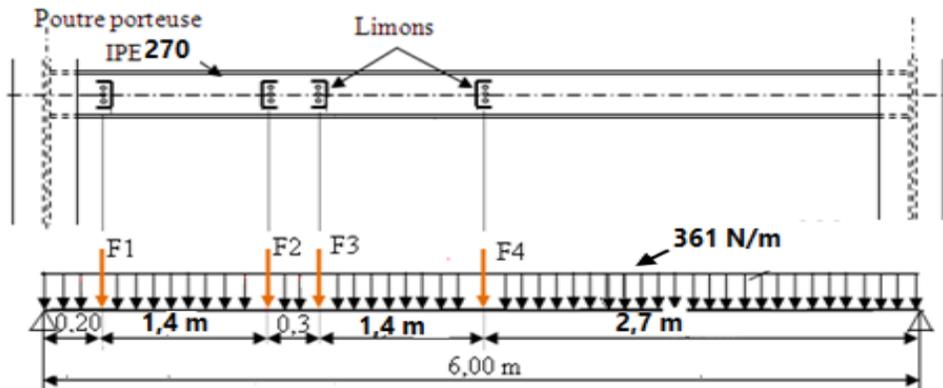


Figure III.8 : Distribution des charges sur la poutre palière.

#### III.1.8.1.Evaluation des charges :

##### III.1.8.1.1.Charge répartie :

Poids propre de IPE270 = 361 N/m

##### III.1.8.1.2.Charge concentrés :

La charge favorable à l'ELS sur limon  $q = 4070,4 \text{ N/m}$

Langueur totale de limon  $L = 6,6 \text{ m}$

$$F = F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = \frac{q \times l}{2} = \frac{4070,4 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 12,21 \text{ KN}$$

##### III.1.8.2.Calcul des réaction :

$$R_A + R_B = 4F + QL = 4 \times 12,21 + 0,361 \times 6 = 51 \text{ KN}$$

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow F_1(0,2) + F_2(1,60) + F_3(1,9) + F_4(3,3) + Q(6)\left(\frac{L}{2}\right) - R_B \times 6 = 0$$

$$R_B = 15,16 \text{ KN}$$

**III.1.8.3. Vérification de la flèche :**

$$f = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 12210 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 5789,8 \times 10^4} = 16,94 \text{ mm}$$

$$f = 16,94 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots\text{vérifié.}$$

**III.1.8.4. Vérification de la section transversale :**

Ame fléchie :  $d/t_w \leq 72 \cdot \varepsilon$  et  $\varepsilon = 1$

$$219,6/6,6=33,27 < 72 \quad \text{ame de classe 1 .}$$

Paroi comprimée :  $c/t_f \leq 10\varepsilon$  et  $\varepsilon = 1$

$$67,5/10,2 = 6,6 < 10 \quad \text{semelle de classe 1.}$$

⇒la section de classe 1.

**III.1.8.5. Vérification de la résistance :**

**III.1.8.5.1. Moment fléchissant :**

$M_{f_{max}}$  on trouve au niveau de la force F4 :  $0 \leq x \leq 3,33$

$$R_a \times x - F_1 \times (x - 0,2) - F_2 \times (x - 1,6) - F_3 \times (x - 1,9) - \frac{q \times x^2}{2} - M_{f_{max}} = 0$$

$$M_{f_{max}} = 35,84 \times 3,3 - 12,21 \times 3,1 - 12,21 \times 1,7 - 12,21 \times 1,4 - (0,361 \times 3,3^2 / 2)$$

$$M_{sd} = M_{f_{max}} = 40,61 \text{ KN.m}$$

$$M_{plrd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_M} =$$

$$M_{plrd} = 484 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6 / 1,1 = 121 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 40,61 \text{ KN.m} < M_{plrd} = 121 \text{ KN.m}$$

.....la condition est vérifié.

**III.1.8.5.2. Vérification à l'effort tranchant :**

$$R_a - q \times (x) - T = 0$$

$$V_{sd} = T = 35,84 - 361 \times 10^{-3} \times 0,2 = 35,76 \text{ KN}$$

$$V_{plrd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 4590 - 2 \times 135 \times 10,2 + (6,6 + 2 \times 15) \times 10,2$$

$$A_v = 2209,32 \text{ mm}^2$$

$$V_{plrd} = \frac{2209,32 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1\sqrt{3}} = 319,26 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 35,76 \text{ KN} < V_{plrd} = 319,26 \text{ KN}$$

.....l'effort tranchant est vérifié.

.....la résistance est vérifié.

### III.2.Acrotère :

-hauteur de baïonnette :h = 0,73 m

-l'entraxe entre les baïonnette : d= 6m

-l'entraxe entre les lisse d = 0,5 m

#### III.2.1. Evaluation des charges :

##### III.2.1.1. Les charges permanentes :

$$G_{IPE140} = 129 \times 0,73 = 94,17 \text{ N}$$

$$G_{PS} = 180 \times 6 \times 0,73 = 788,4 \text{ N}$$

$$G_{UPN140} = 160 \times 6 \times 0,2 = 192 \text{ N}$$

$$G = 1074,6 \text{ N}$$

##### III.2.1.2.Les Charges variables :

$$W = 1098 \times 6 = 6588 \text{ N/m}$$

#### III.2.2. Combinaison des charges :

- $N_{sd} = 1074,6 \times 1,35 = 1450,71 \text{ N}$
- ELS : q = 6588 N/m
- ELU :q = 6588×1,5 = 9882 N/m

**III.2.3. Vérification de la flèche :**

$$f_z = \frac{q \times l^4}{8 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200} \Rightarrow \frac{6588 \times 10^{-3} \times 730^4}{8 \times 210000 \times 541,2 \times 10^4} = 0,2 \text{ mm} < 3,65 \text{ mm}$$

.....Vérifiée.

**III.2.4. Vérification de la résistance :**On vérifie la condition :  $M_{sd} \leq M_{c.rd}$ 

$$M_{sd} = \frac{q \times l^2}{2} = \frac{9882 \times 10^{-3} \times 0,73^2}{2} = 2,63 \text{ KN}$$

Pour la classe 1 :  $M_{c.rd} = W_{pl rd} \times \frac{f_y}{\gamma_M}$ 

$$M_{c.rd} = 88,3 \times 10^{-6} \times 273 \times 10^{-3} \times \frac{10^6}{1,1} = 22,1 \text{ KN}$$

 $M_{sd} = 2,63 \text{ KN} < M_{c.rd} = 22,1 \text{ KN}$  .....le moment fléchissant est vérifié.

- **Baïonnette (HEA140) :** on a déjà vérifié la résistance au flambement d'un profile pareil de hauteur  $h = 1,73 \text{ m}$ , donc il y'a pas lieu de vérifier la résistance au flambement .profile résiste au flambement.

**IV. Conclusion :**

L'étude des éléments secondaires que nous avons étudié nous a permis de dimensionner les différentes élément secondaires pour qu'ils peuvent résister aux différentes sollicitation , telle que la charge permanente (poids propre) ,vent ,neige et exploitation.

Les profilés choisis est :

- Panne ordinaire : IPE160
- Lisse de bardage : UPN140
- Potelet : IPE360
- Baïonnette : HEA140
- Poutre paliere : IPE270
- Limon : UPN200
- Cadre de la marche : L60X60X6

***Chapitre IV***  
***Etude***  
***De Chemin De***  
***Roulement***

## I. Introduction :

La manutention d'objets lourds dans une halle industrielle nécessite souvent l'emploi d'engins spéciaux dits engins des manutentions ou de levage, parmi les plus courants il y'a les ponts roulants.

Le pont roulant est un engin de levage mobile circulant sur une voie de roulement. Il est constitué d'une ou plusieurs poutres sur lesquelles se déplace transversalement à la voie principale, un chariot de transfert équipé d'un treuil pour le levage de la charge.

La voie de roulement est la structure porteuse de l'engin de levage, constitué de deux poutres de roulement et ses supports, les deux poutres parallèles surmontées d'un rail spécial et sur les poteaux de la halle.

La poutre de roulement est l'élément porteur longitudinal de la voie, les poutres de roulement sont des poutres simples ou continues. Leurs appuis sont constitués par corbeaux fixés sur les poteaux de la halle.

Ce chapitre représente le calcul de chemin de roulement d'une halle 18 m de portée et un pont roulant de capacité de 20 tonnes.

## II. Les Caractéristiques de pont roulant :

### II.1. Les Dimensions :

Tableau IV. 1 : Dimensions de pont roulant.

| puissance en (t) | longueur en (m) | $e_{min}$ en (m) | b en (m) | c en (m) | d en (m) | a en (m) |
|------------------|-----------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| 20               | 60              | 1,0              | 0,3      | 0,5      | 1,8      | 3,3      |

### II.2. Charges et Vitesses :

Tableau IV. 2 : Caractéristiques de pont roulant.

| Puissance En (KN) | La portée En (m) | vitesse |           |             | Le poids En (KN) |         |        | Charge sur un galet en (KN) |           |
|-------------------|------------------|---------|-----------|-------------|------------------|---------|--------|-----------------------------|-----------|
|                   |                  | Levage  | direction | translation | Le pont          | chariot | totale | $R_{max}$                   | $R_{min}$ |
|                   |                  |         |           |             | B                | K       |        |                             |           |
| 200               | 18               | 8       | 25        | 70          | 225              | 60      | 285    | 180                         | 63        |

### II.3. Classification de pont roulant :

#### II.3.1. Type de pont :

On a un pont roulant posé avec chariot.

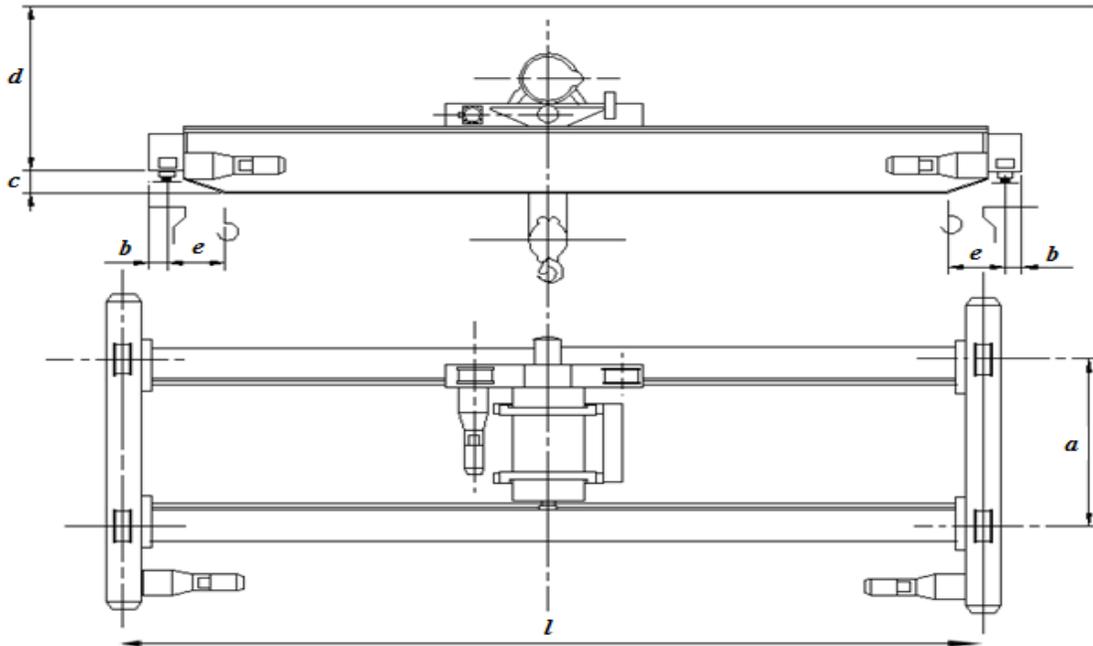


Figure IV. 1 : Pont posé avec chariot.

#### II.3.2. La Classe de levage :

- La classe de levage HC3 (appareil de levage d’atelier ).
- Classe S 4.

### II.4. Les Coefficient dynamique : $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ et $\varphi_5$ .

Tableau IV. 3 : Coefficient dynamique.

|             |   |                                      |
|-------------|---|--------------------------------------|
| $\varphi_1$ | $\varphi_1 = 1,1$   | Tableau 2.4 page 22, partie 5 , EC 1 |
| $\varphi_2$ | $\varphi_2 = \varphi_{2 \min} + (\beta \times V_h) = 1,15 + \left(0,51 \times \frac{7}{60}\right) = 1,21$ |                                      |
| $\varphi_3$ | $\varphi_3 = 1$ ( $\Delta m = 0$ : pas une libération brutale de la masse de levage.)                     |                                      |
| $\varphi_4$ | $\varphi_4 = 1$   |                                      |
| $\varphi_5$ | $\varphi_5 = 1,5$ (correspond aux système des forces varient sans occupe )                                | Tableau 2.6 page 24 partie5, EC 1    |

### III. Détermination des charges :

#### III.1. Charges verticales : $Q_{r\ min}$ , $Q_e^{min}$ et $Q_{r\ max}$ , $Q_r^{max}$ .

On a les charges permanents suivante :

- La masse à lever minimale :  $Q_h = 200\text{ KN}$ .
- Le poids propre du pont :  $Q_{c\ 1} = 225\text{ KN}$ .
- Le poids propre du chariot :  $Q_{c\ 2} = 60\text{ KN}$ .

#### Calcul des charges minimales à vide :

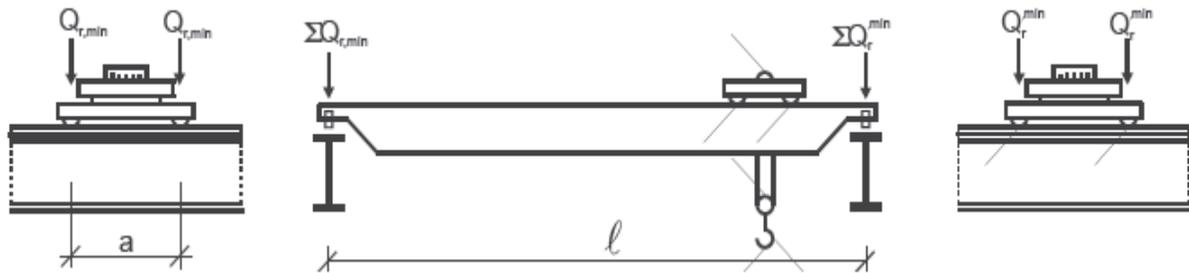


Figure IV. 2 : Distribution des charges  $Q_{r\ min}$ ,  $Q_r^{min}$ .

$$\sum Q_{r\ min} = \varphi_1 \left[ \frac{Q_{c1}}{2} + Q_{c2} \left( \frac{L - e_{min}}{L} \right) \right] = 1,1 \left[ \frac{225}{2} + 60 \left( \frac{18 - 1}{18} \right) \right] = 186,03\text{ KN}$$

$$\Rightarrow Q_{r\ min} = 93,02\text{ KN}$$

$$\sum Q_r^{min} = \varphi_1 \left[ \frac{Q_{c1}}{2} + Q_{c2} \left( \frac{e_{min}}{L} \right) \right] = 1,1 \left[ \frac{225}{2} + 60 \left( \frac{1}{18} \right) \right] = 127,41\text{ KN}$$

$$\Rightarrow Q_r^{min} = 63,70\text{ KN}$$

#### Calcul des charges maximales :

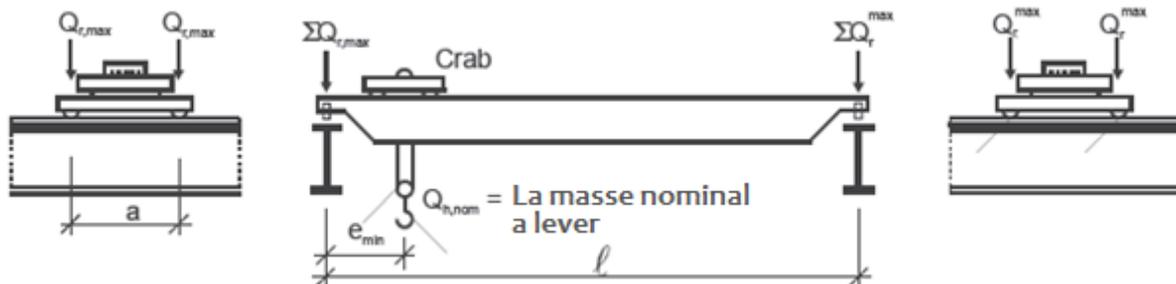


Figure IV.3 : Distribution des charges  $Q_{r\ max}$ ,  $Q_r^{max}$ .

$$\sum Q_{r \max} = \varphi_1 \left[ \frac{Q_{c1}}{2} + Q_{c2} \left( \frac{L - e_{\min}}{L} \right) \right] + \varphi_2 \cdot Q_h \left( \frac{L - e_{\min}}{L} \right)$$

$$\sum Q_{r \max} = 1,1 \times \left[ \frac{225}{2} + 60 \left( \frac{18 - 1}{18} \right) \right] + 1,21 \times 200 \left( \frac{18 - 1}{18} \right) = 414,63 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow Q_{r \max} = 207,31 \text{ KN}$$

$$\sum Q_r^{\max} = \varphi_1 \left[ \frac{Q_{c1}}{2} + Q_{c2} \left( \frac{e_{\min}}{L} \right) \right] + \varphi_2 \cdot Q_h \left( \frac{e_{\min}}{L} \right)$$

$$\sum Q_r^{\max} = 1,1 \left[ \frac{225}{2} + 60 \left( \frac{1}{18} \right) \right] + 1,21 \times 200 \left( \frac{1}{18} \right) = 140,85 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow Q_r^{\max} = 70,42 \text{ KN}$$

### III.2. Les charges longitudinales $H_L$ et $H_T$ :

#### III.2.1. Charge horizontale longitudinale $H_L$ :

$$H_{L1} = H_{L2} = \varphi_5 \frac{K}{n_r}$$

- $K$  : la force d'entrainement ,  $K = K_1 + K_2 = \mu \times \sum Q_{r \min}^*$
- $n_r$  : nombre de poutre de roulement

$$\mu = 0,2 \text{ (acier sur acier)}$$

$$\sum Q_{r \min}^* = m_w \times Q_{r \min}$$

$$m_w = 2 : \text{nombre de syst\`emes d'ent\`erinement a un galet.}$$

$$\Rightarrow \sum Q_{r \min}^* = 2 \times 93,02 = 186,04 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow K = 0,2 \times 186,04 = 37,20 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow H_{L1} = H_{L2} = 1,5 \times \frac{37,20}{2} = 27,9 \text{ KN}$$

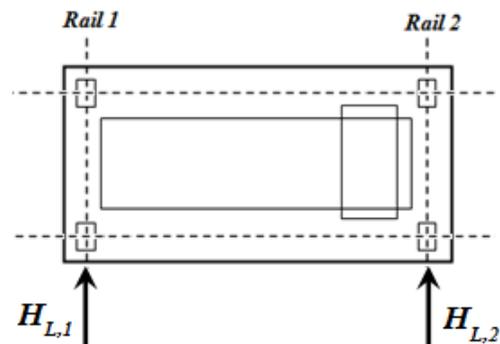


Figure IV. 4 : Les charges horizontales  $H_{Li}$

III.2.2.Charge horizontale transversale  $H_T$  :

On a  $H_{T,1} = \varphi_5 \times \varepsilon_2 \times \frac{M}{a}$  et  $H_{T,2} = \varphi_5 \times \varepsilon_1 \times \frac{M}{a}$

Avec :  $\varepsilon_1 = \frac{\sum Q_r \max}{\sum Q_r}$

$\sum Q_r = \sum Q_r \max + \sum Q_r^{\max} = 414,63 + 140,85 = 555,48 \text{ KN}$

$\varepsilon_1 = \frac{414,63}{555,48} = 0,74$

$\varepsilon_2 = (1 - \varepsilon_1) = 1 - 0,74 = 0,26$

$M = K \times l_s$

$l_s = (\varepsilon_1 - 0,5) \times l = (0,74 - 0,5) \times 6 = 1,44 \text{ m}$

$\Rightarrow M = 37,20 \times 1,44 = 53,56 \text{ KN.m}$

$H_{T,1} = 1,5 \times 0,26 \times \frac{53,56}{3,3} = 6,32 \text{ KN}$

$H_{T,2} = 1,5 \times 0,74 \times \frac{53,56}{3,3} = 18,01 \text{ KN}$

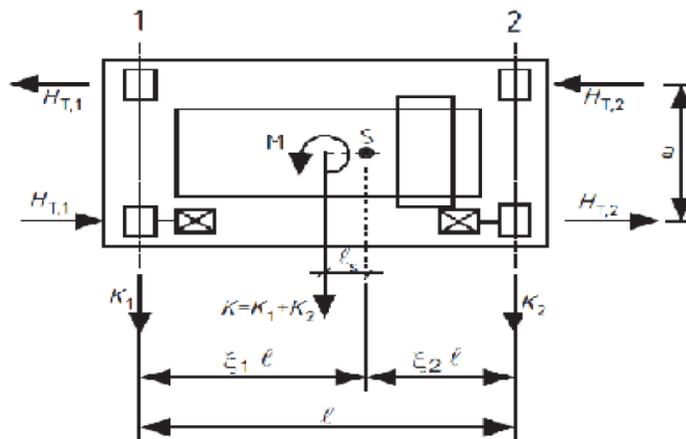


Figure IV.5 : Les charges horizontales transversale  $H_{T,i}$

**Charge horizontale transversale  $H_{T.3}$  :**

Produit par les accélérations ou décélération du chariot , peut être considéré comme égale à 10% de la somme de la masse a lever et du poids du chariot.

- $Q_h = 200 \text{ KN}$
- $Q_{chariot} = 60 \text{ KN}$

$$H_{T.3} = 0,1(200 + 60) = 26 \text{ KN}$$

**III.2.3. La marche en crabe :** (charges horizontales  $H_{S.i,j,k}$  et la force de guidage S) :

On a  $S = f \times \lambda_s \times \sum Q_r \text{ max}$

$$H_{S.1,j,L} = f \times \lambda_{S.1,j,L} \times \sum Q_r \text{ max}$$

$$H_{S.2,j,L} = f \times \lambda_{S.2,j,L} \times \sum Q_r \text{ max}$$

$$H_{S.1,j,T} = f \times \lambda_{S.1,j,T} \times \sum Q_r \text{ max}$$

$$H_{S.2,j,T} = f \times \lambda_{S.2,j,T} \times \sum Q_r \text{ max}$$

**III.2.3.1. Détermination de  $\lambda_s$  :**

Calcul de  $f$  : on a  $f = 0,3 \times (1 - \exp(-250\alpha)) \leq 0,3$  et  $\alpha = \alpha_F + \alpha_V + \alpha_0$

$$\begin{cases} \alpha_F = \frac{0,75 X}{a} = \frac{0,75 \times 10}{3,3} = 0,0022 \\ \alpha_V = \frac{y}{a} = \frac{0,1 b}{a} = \frac{0,1 \times 75}{3,3} = 0,0027 \\ \alpha_0 = 0,001 \end{cases}$$

a : est l'espacement des galets de guidage ou des flasques des galets.

b : est la largeur de la tete de rail .

X : le glissement latéral.

y : est l'usure de rail.

$$\Rightarrow \alpha = 0,0059 \text{ rad}$$

$$f = 0,3 \times (1 - \exp(-250(0,0059))) = 0,23 < 0,3$$

Calcul de  $\lambda_s$  :

On a :  $\lambda_s = 1 - \frac{\sum e_j}{n \times h}$  .....( Tableau 2.9 Ec1 partie V).

On a pris des galets de type fixe/fixe indépendant ( IFF ) :

$$\lambda_{s.1.j.L} = \lambda_{s.2.j.L} = 0 \text{ et } \begin{cases} \lambda_{s.1.j.T} = \frac{\varepsilon_2}{n} \left( 1 - \frac{e_j}{h} \right) \\ \lambda_{s.2.j.T} = \frac{\varepsilon_1}{n} \left( 1 - \frac{e_j}{h} \right) \end{cases}$$

**III.2.3.2. La Distance h :**

On a des galets de type fixe/fixe indépendant( IFF ) :

$$\Rightarrow h = \frac{m \times \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times l + \sum e_j^2}{\sum e_j}$$

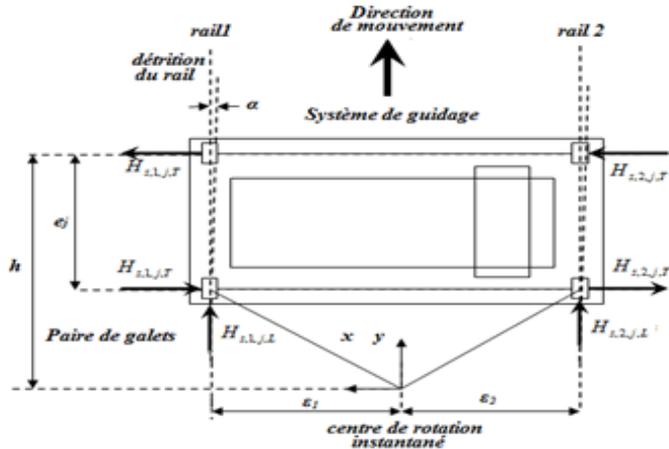


Figure IV.6 : L'angle  $\alpha$  et la distance h

Avec :  $\begin{cases} m = 0 \text{ pour les galets de type IFF} \\ e_1 = 0 \\ e_2 = 3,3 \text{ m} \end{cases}$

$$\Rightarrow h = \frac{\sum e_j^2}{\sum e_j} = \frac{3,3^2}{3,3} = 3,3 \text{ m}$$

➤ Calcule  $\lambda_{s.1.1.T}$ ,  $H_{s.i.j.L}$ ,  $H_{s.i.j.T}$ ,

La valeur de  $\sum Q_{r.max} = 414,63 \text{ KN}$ .

$$\lambda_{s.1.1.T} = \frac{0,26}{2} \left( 1 - \frac{0}{3,3} \right) = 0,13$$

$$\lambda_{s.1.2.T} = \frac{0,26}{2} \left( 1 - \frac{3,3}{3,3} \right) = 0$$

$$\lambda_{s.2.1.T} = \frac{0,74}{2} \left( 1 - \frac{0}{3,3} \right) = 0,37$$

$$\lambda_{s.2.2.T} = \frac{0,74}{2} \left( 1 - \frac{3,3}{3,3} \right) = 0$$

$$H_{s.1.j.L} = 0 ; H_{s.2.j.L} = 0$$

$$H_{s.1.1.T} = 0,23 \times 0,13 \times 414,63 = 12,39 \text{ KN}$$

$$H_{s.1.2.T} = 0,23 \times 0 \times 414,63 = 0$$

$$H_{s.2.1.T} = 0,23 \times 0,37 \times 414,63 = 35,28 \text{ KN}$$

$$H_{s.2.2.T} = 0,23 \times 0 \times 414,63 = 0$$

**III.2.3.3. La Force de guidage :**

$$S = f \times \lambda_s \times \sum Q_r \text{ max} \quad \text{et} \quad \lambda_s = 1 - \frac{\sum e_j}{n \times h} = 1 - \frac{3,3}{2 \times 3,3} = 0,5$$

$$S = 0,5 \times 0,23 \times 414,63 = 47,68 \text{ KN}$$

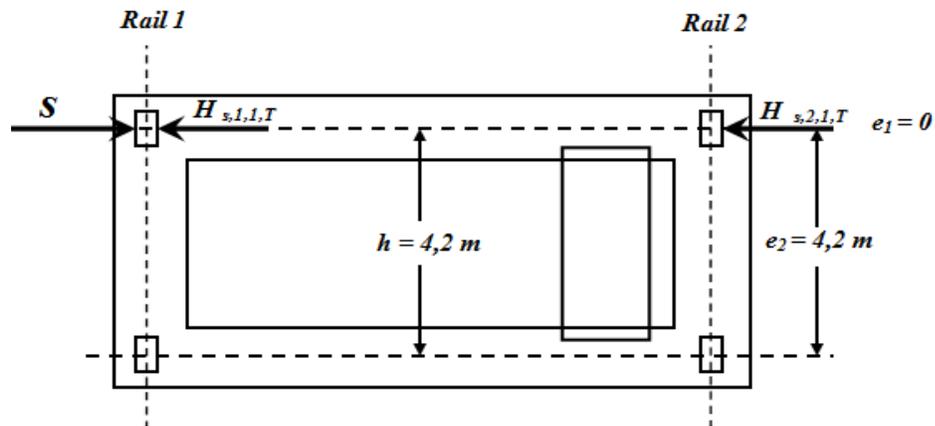


Figure IV.7 : La force de guidage et les charges horizontale

**IV. Dimension de chemin de roulement :**

**IV.1. Les Dimensions de la poutre de roulement :**

Tableau IV. 4 : Caractéristique de la poutre de roulement estimé.

| Profile | L (m) | A (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> ) | W <sub>él.y</sub> (cm <sup>3</sup> ) | W <sub>él.z</sub> (cm <sup>3</sup> ) |
|---------|-------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| HEA450  | 6     | 178                  | 63722                             | 9465                              | 2896                                 | 631                                  |

**IV.2. Les Dimension de rail (BURBACH) :**

Tableau IV.5 : Caractéristiques de rail de roulement.

| Désignation | Surface S (Cm <sup>2</sup> ) | Poids P (Kg/m) | I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> ) | W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> ) | W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> ) | h (mm) |
|-------------|------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|
| A75         | 71,6                         | 56,2           | 531                               | 1011                              | 162,2                             | 134,5                             | 95     |

**IV.3. Les dimensions des crapauds des rails :**

Tableau IV.7 : Dimensions des crapauds

| Crapaud       | Langueur (mm) | Largeur (mm) | Ø Des trous (mm) | Épaisseur (mm) |
|---------------|---------------|--------------|------------------|----------------|
| Pour rail A75 | 70            | 60           | 22               | 25             |

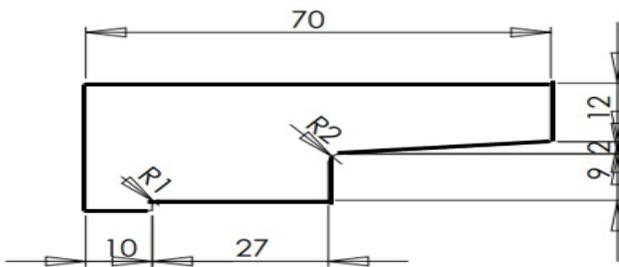


Figure IV. 8 : Crapaud de rail A75.

**V. Vérification :**

**V.1.Vérification de la flèche :**

La flèche admissible maximale dans les poutres de roulement est de :  $f = \frac{L}{600}$

**V.1.1. La Flèche verticale :**

La charge permanente (répartie) :

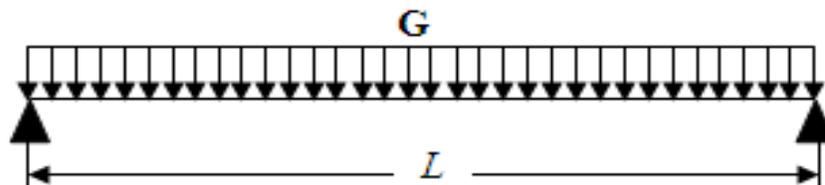


Figure IV. 9 : Répartition des charges sur la poutre de roulement

$$\begin{cases} G_{HEA450} = 1398 \text{ N/m} \\ G_{RAIL} = 562 \text{ N/m} \\ G = 1960 \text{ N/m} \end{cases} \Rightarrow f_{z1} = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1810 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 63721,6 \times 10^4} = 0,22 \text{ mm}$$

• **La charge roulante (concentrée) :**

La flèche est maximale lorsque l'un des galets de pont est posé au milieu de la poutre.

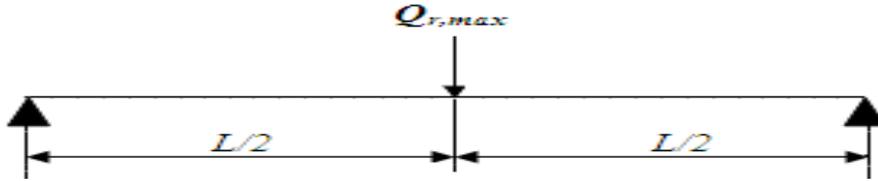


Figure IV.10 : Répartition des charges sur la poutre de roulement

$$f_{z2} = \frac{Q_r \max \times L^3}{48 \times E \times I_y}$$

L= 6000 mm ;  $Q_r \max = 207,31 \text{ KN}$

$$f_{z2} = \frac{Q_r \max \times L^3}{48 \times E \times I_y} = \frac{207,31 \times 6000^3}{48 \times 210000 \times 63721,6 \times 10^4} = 6,97 \text{ mm}$$

$$f_z = f_{z1} + f_{z2} = 0,22 + 6,97 = 7,19 \text{ mm} < \frac{L}{600} = \frac{6000}{600} = 10 \text{ mm}$$

..... La flèche est vérifiée.

**V.1.2. La Flèche horizontale :**

$$f_z = \frac{H_T \times L^3}{48 \times E \times I_{z \text{ semelle}}} \dots \dots \dots \text{ ( aide memoire )}$$

Avec :  $I_{z \text{ semelle}} = \frac{t_f \times b^3}{12} = \frac{21 \times 300^3}{12} = 47250000 \text{ mm}^4$

$$f_z = \frac{18,01 \times 6000^3}{48 \times 210 \times 4725 \times 10^4} = 8,16 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifiée.

**V.2. Vérification de la résistance :**

**V.2.1. La résistance verticale :**

**V.2.1.1. Vérification de l'effort tranchant (cisaillement) :**

•  $Q = 1,35 \times Q_r \max = 1,35 \times 207,31 = 310,96 \text{ KN}$

- $G = 1,5 \times G = 1,5 \times 1,96 = 2,65 \text{ KN/m}$

On vérifie que :  $V_{sd} \leq V_{pl.Rd}$  .....(formule (5.20) page 158, EC 3)

Avec :  $V_{sd} = V_{sd1} + V_{sd2}$

$$V_{sd1} = \frac{G \times L}{2} = \frac{2,65 \times 6}{2} = 7,95 \text{ KN}$$

$$V_{sd2} = \frac{Q}{2} = \frac{310,96}{2} = 155,48 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow V_{sd} = 7,95 + 155,48 = 163,43 \text{ KN}$$

$$V_{pl.Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 17800 - (2 \times 300 \times 21) + (11,5 + 2 \times 27) \times 21$$

$$A_v = 6575,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd} = \frac{6575,5 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 949,09 \text{ KN}$$

$\Rightarrow V_{sd}=163,43 \text{ KN} < V_{pl.Rd}=949,09 \text{ KN}$  .....la condition est vérifiée.

**V.2.1.2. Vérification de moment fléchissant :**

On vérifie que :  $M_{sd} \leq M_{c.Rd}$  .....(formule 5.17, page 156, EC3).

$$M_{y.sd} = \frac{Q \times L}{4} + \frac{G \times L^2}{8} = \frac{207,31 \times 6}{4} + \frac{1,96 \times 6^2}{8} = 310,96 + 8,82 = 319,78 \text{ KN.m}$$

$$M_{c.Rd} = W_{el.y.Rd} = W_{el.y} \times f_y / \gamma_M$$

$$M_{c.Rd} = \frac{2896 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 724 \text{ KN.m}$$

$M_{y.sd}=319,78 \text{ KN.m} < M_{c.Rd}=724 \text{ KN.m}$  .....condition est vérifiée.

..... le moment fléchissant est vérifiée.

**V.2.1.3. Vérification de déversement :**

On vérifie que :  $M_{sd} \leq M_{b.Rd} = \chi_{LT} \times \beta_w \times f_y \times W_{el.y} / \gamma_M$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} \times (\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)} \quad ; \quad \phi_{LT} = 0,5 \left( 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right)$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : est l'élancement de déversement.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left(\frac{\lambda_{LT}}{\lambda_i}\right) \times \sqrt{\beta_w}$$

$$\lambda_i = 86\varepsilon \text{ et } \varepsilon = 1 ; \beta_w = 1 , \gamma_M = 1,1 ; c_1 = 1,046 ; \alpha_{LT} = 0,21$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{L}{i_z}}{\sqrt{c_1 \times \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{L}{i_z}}{\frac{h}{t_f}}\right)^2\right]^{0,5}}} = \frac{\frac{6000}{72,9}}{\sqrt{1,046 \times \left[1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\frac{6000}{72,9}}{\frac{440}{21}}\right)^2\right]^{0,5}}} = 70,34$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left(\frac{70,34}{86}\right) \times \sqrt{1} = 0,81$$

$\bar{\lambda}_{LT} = 0,81 > 0,4$  il y'a un risque de diversement.

$$\phi_{LT} = 0,5(1 + 0,21(0,81 - 0,2) + 0,81^2) = 0,89$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,89 \times (0,89^2 - 0,81)^{0,5}} = 0,8$$

$$M_{bRd} = \frac{0,8 \times 1 \times 2896 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 579,2 \text{ KN.m}$$

$$M_{y sd} = 318,82 \text{ KN.m} < M_{bRd} = 579,2 \text{ KN.m}$$

.....déversement est vérifiée.

.....La résistance verticale est vérifiée.

## V.2.2 La résistance horizontale :

### V.2.2.1. L'effort tranchant : $V_{sd} \leq V_{plRd}$

$$V_{sd} = \frac{H_T}{2} = \frac{18,01}{2} = 9 \text{ KN}$$

$$V_{plRd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}} = \frac{6575,5 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 949,09 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 9 \text{ KN} < V_{plRd} = 949,09 \text{ KN}$$

..... L'effort tranchant est vérifié.

**V.2.2.2. Moment fléchissant :**

On vérifie la condition suivante :  $M_{sd} \leq M_{el Rd}$

$$M_{z sd} = \frac{Q \times L}{4} = \frac{18,01 \times 6}{4} = 27,01 \text{ KN.m}$$

$$M_{el Rd} = W_{el z} \times \frac{f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{630,9 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 157,72 \text{ KN.m}$$

$M_{sd} = 27,01 \text{ KN.m} < M_{el Rd} = 157,72 \text{ KN.m}$  .....la condition est vérifiée.

**V.2.2.3. La flexion bi-axiale:**

$$\frac{N_{sd}}{N_{el Rd}} + \frac{M_{y sd}}{M_{el y Rd}} + \frac{M_{z sd}}{M_{el z Rd}} < 1$$

On a  $N_{sd} = 0$

$$\Rightarrow \frac{M_{y sd}}{M_{el y Rd}} + \frac{M_{z sd}}{M_{el z Rd}} = \frac{318,82}{724} + \frac{27,01}{157,72} = 0,61 < 1$$

.....la flexion bi-axiale est vérifiée.

**V.2.3. Vérification de voilement de l'âme :**

Pour vérifier le voilement de l'âme l faut que la condition suivant soit satisfaite :

$d/t_w < 69\varepsilon$  pour les âme no raides.

$d/t_w > 30\varepsilon\sqrt{K_\tau}$ : pour les âme raides.

$$HEA450 \Rightarrow \left( \begin{matrix} d = 344 \text{ mm} \\ t_w = 11,5 \text{ mm} \end{matrix} \right) \Rightarrow \frac{d}{t_w} = 29,91 < 69\varepsilon \text{ et } \varepsilon = 1$$

$$K_\tau = 5,34 \Rightarrow \frac{344}{11,5} > 30 \times 1 \times \sqrt{5,34} \Rightarrow 29,91 < 69,32$$

.....pas de risque de voilement de l'âme.

**V.2.4. Vérification à l'écrasement :**

$$R_{y rd} = S_y \times t_w f_y / \gamma_M$$

$$S_y = 2(h_R + t_f) \times [1 - ((\gamma_M \times \sigma_y) / f_y)^2]^{0,5}$$

$$h_R = 85 \text{ mm} ; t_f = 21 \text{ mm}$$

$$\sigma_f = \frac{M_{f max}}{W_{el y}} = \frac{318,82 \times 10^3}{2896 \times 10^3} = 110 \text{ N/mm}^2$$

$$S_y = 2(85 + 21) \times [1 - ((1,1 \times 110)/275)^2]^{0,5} = 190,8 \text{ mm}$$

$$R_{yrd} = \frac{190,8 \times 11,5 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 548,55 \text{ KN}$$

$$R_{sd} = Q_{r \max} = 207,31 \text{ KN} < R_{yrd} = 548,55 \text{ KN}$$

..... L'écrasement est vérifié.

### V.2.5. Résistance à l'enfoncement local :

$$F_{ard} = 0,5 \times t_w^2 (E \times f_y)^{0,5} \left[ \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^{0,5} + 3 \times \left( \frac{t_w}{t_f} \right) \times \left( \frac{S_s}{d} \right) \right] / \gamma_M$$

Le rapport  $\frac{S_s}{d}$  est supérieure a 0,2  $\Rightarrow$  donc on prend le rapport  $\frac{S_s}{d} = 0,2$ , la valeur maximale.

$$F_{ard} = 0,5 \times 11,5^2 (210000 \times 275)^{0,5} \left[ \left( \frac{21}{11,5} \right)^{0,5} + 3 \times \left( \frac{11,5}{21} \right) \times 0,2 \right] / 1,1 = 758,78 \text{ KN}$$

$$\text{On a } F_{sd} = Q_{r \max} = 207,31 \text{ KN} < F_{ard} = 758,78 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = M_{f \max} = 318,82 \text{ KN.m}$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{ely} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{2896 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 717,35 \text{ KN.m}$$

$$\Rightarrow \frac{F_{sd}}{F_{ard}} + \frac{M_{sd}}{M_{cRd}} = \frac{207,31}{758,78} + \frac{318,82}{717,35} = 0,27 + 0,44 = 0,71 < 1,5$$

..... La condition est vérifiée.

## VI. Dimensionnement de la console :

### VI.1. Évaluation des charges :

#### VI.1.1. Charges permanentes :

- Poids de console estimé :  $G_{HEA450} = 1398 \text{ N/m}$
- Poids de poutre de roulement :  $G_{HEA450} = 1398 \times 6 = 8388 \text{ N}$
- Poids de rail :  $G_{RAIL} = 562 \times 6 = 3372 \text{ N}$

$$\begin{cases} G_{\text{chemin de roulement}} = 8388 + 3372 = 11760 \text{ N} \\ G_{\text{console}} = 1398 \text{ N/m} \end{cases}$$

#### VI.1.2. Charge d'exploitation :

$$Q_{\text{pont}} = 2 \times Q_{r \text{ max}} \left( \frac{\frac{L-a}{2}}{L} \right) = 2 \times 207,31 \left( \frac{\frac{6-3,3}{2}}{6} \right) = 93,28 \text{ KN} \quad (\text{memotech})$$

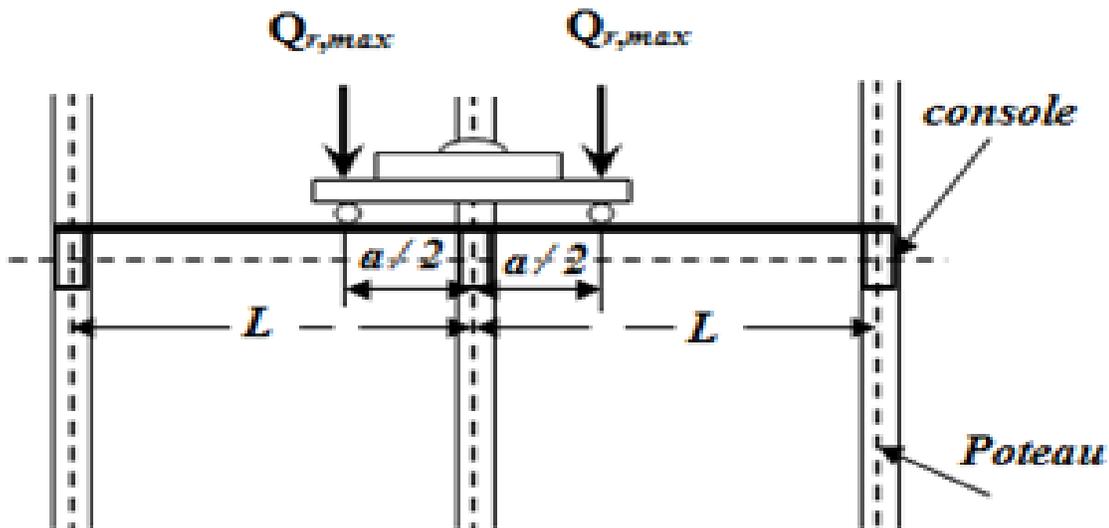


Figure IV. 10 : Répartition des charges sur la console

### VI.2. Combinaison des charges :

$$\text{ELS : } \begin{cases} q_1 = 1,398 \text{ KN} \\ q_2 = 11,76 + 93,28 = 105,04 \text{ KN} \end{cases}$$

$$\text{ELU : } \begin{cases} q_1 = 1,35 \times 1,398 = 1,88 \text{ KN} \\ q_2 = 1,35 \times 11,76 + 1,5 \times 93,28 = 155,79 \text{ KN} \end{cases}$$

**VI.3 Vérification de la flèche :**

$$f_z = f_{z1} + f_{z2}$$

$$f_{z1} = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1398 \times 10^{-3} \times 700^4}{384 \times 210000 \times 63721,6 \times 10^4} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

$$f_{z2} = \frac{5 \times q_2 \times L^3}{3 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 105040 \times 700^3}{3 \times 210000 \times 63721,6 \times 10^4} = 4,48 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$f_z = f_{z1} + f_{z2} = 3,2 \times 10^{-5} + 4,48 \times 10^{-4} = 4,48 \times 10^{-4} < \frac{L}{200} = \frac{700}{200} = 3,5 \text{ mm}$$

..... La flèche est vérifiée.

**VI.4. Vérification de la résistance :**

**VI.4.1 vérifications de moment fléchissant :**

On vérifie la condition suivante :  $M_{sd} \leq M_{ply}$  .....(formule 5.17, page 156 EC3)

$$M_{sd} = M_1 + M_2$$

$$\begin{cases} M_1 = \frac{q_1 \times L}{2} = \frac{1,88 \times 0,7}{2} = 0,65 \text{ KN.m} \\ M_2 = q_2 \times L = 155,79 \times 0,7 = 109,05 \text{ KN.m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_{sd} = M_1 + M_2 = 0,65 + 109,05 = 109,7 \text{ KN.m}$$

$$M_{ply} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{3216 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 804 \text{ KN.m}$$

$$\Rightarrow M_{sd} = 109,7 \text{ KN.m} < M_{ply} = 804 \text{ KN.m}$$

.....la condition est vérifié.

**VI.4.2. Vérification de l'effort tranchant :**

On vérifie la condition suivante :  $V_{sd} \leq V_{ply}$  .....(formule 5.20, page 158, EC3)

$$V_{sd} = V_1 + V_2 \Rightarrow \begin{cases} V_1 = q_1 \times L = 1,88 \times 0,7 = 1,32 \text{ KN} \\ V_2 = q_2 = 155,79 \text{ KN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_{sd} = V_1 + V_2 = 157,11 \text{ KN}$$

$$V_{ply} = A_v \times \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2 \times b \times t_f + (t_w + 2r)t_f = 17800 - 2 \times 300 \times 21 + (11,5 + 2 \times 27) \times 21$$

$$A_v = 6575,5 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow V_{ply} = 6575,5 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 949,1 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 157,11 \text{ KN} < V_{ply} = 949,1 \text{ KN}$$

.....le cisaillement est vérifiée.

.....la résistance de console est vérifiée.

**VI.4.3. Vérification de déversement :**

$$M_{sd} \leq M_{brd} = \frac{\chi_{LT} \beta_w W_{ply} f_y}{\gamma_M}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2)^{0,5}} ; \text{ et } \phi_{LT} = 0,5 \left( 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \left( \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_i} \right) \sqrt{\beta_w}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21 ; \quad \beta_w = 1 ; \quad \lambda_i = 86 \varepsilon \text{ avec } \varepsilon = 1, c_1 = 1,046$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\frac{L}{i_z}}{\sqrt{c_1 \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{L}{i_z} \right)^2 \right]^{0,5}}} = \frac{\frac{70}{7,29}}{\sqrt{1,046 \left[ 1 + \frac{1}{20} \left( \frac{70}{44} \right)^2 \right]^{0,5}}} = 9,41$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{9,41}{86} = 0,10$$

$$\phi_{LT} = 0,5 (1 + 0,21 (0,10 - 0,2) + 0,10^2) = 0,5$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,5 + (0,5^2 - 0,11^2)^{0,5}} = 1,02$$

$$M_{brd} = \frac{1,02 \times 1 \times 2562 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 653,31 \text{ KN.m}$$

.....le déversement est vérifié.

**VII. Limite de course du pont roulant :**

Les dimension en (mm)

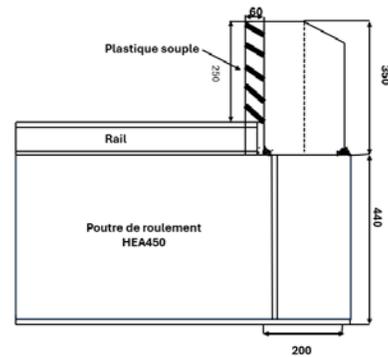


Figure IV.12 : limite de course de pont roulant

**VIII. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons dimensionnée la poutre de roulement de pont roulant de capacité de 20 tonnes, qui figure actuellement dans tous les cahiers des charges des halle industrielle en utilisant la norme européenne EC3 pour ce genre de structure.

Les profilés choisis sont :

- La PDR : HEA450
- Console : HEA450
- Rail : A75

*Chapitre V*  
*Etude*  
*de plancher*  
*mixte*

## I. Introduction :

Les planchers représentés par des aires horizontales sont destinés à séparer les étages dans une construction. Ils servent à augmenter la surface disponible, permettre la circulation et à supporter les charges auxquelles ils sont soumis. Ils sont composés d'une partie portante d'un revêtement constituant le sol fini, le plafond est réalisé sous la partie portante. Les planchers prévus dans notre étude sont à dalle collaborant.

Les planchers mixtes à dalle collaborante sont la solution la plus économique et la plus judicieuse techniquement.

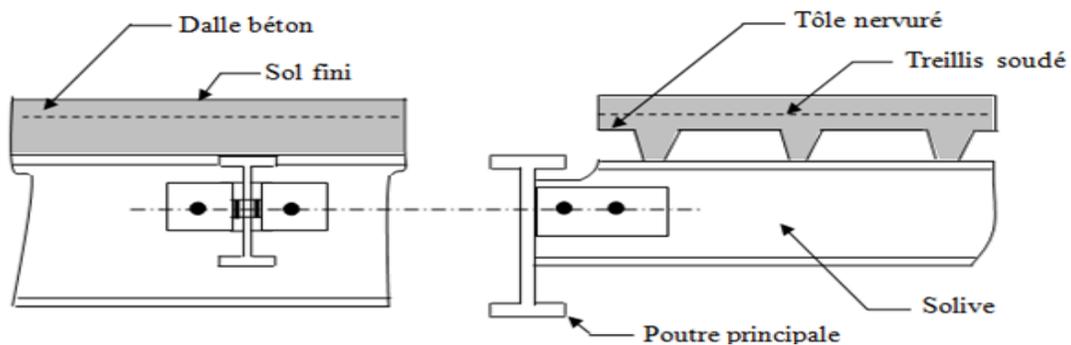


Figure V.1 : Détail d'attache solive -poutre maitresse.

## II. Dimensionnement des planchers :

### II.1. Plancher courant :

#### II.1.1. Les dimensions :

- Surface totale :  $18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$ .
- Surface étudiée :  $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$ .
- L'entraxe entre les solives :  $d = 2 \text{ m}$ .
- Longueur de solive :  $L = 6 \text{ m}$ .
- Epaisseur de la dalle  $T=140 \text{ mm}$

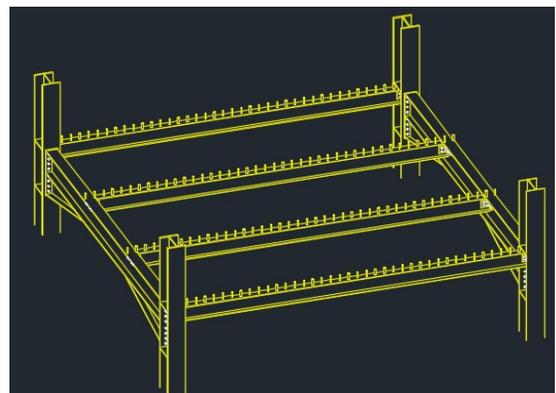


Figure V.2 : Détail de la surface étudiée.

Dans notre dimensionnement on a pris en compte deux phase :

- Phase de montage
- Phase finale

### II.1.2. Phase de montage :

A ce stade, on considère que le béton armé une charge appliqué sur les solives, donc on doit vérifier la flèche et la résistance de profilé.

#### II.1.2.1. Les matériaux :

- Acier : acier de construction S275  $\begin{cases} E = 210000 \text{ Mpa} \\ f_y = 275 \text{ Mpa} \end{cases}$
- Béton : béton armé C20/25  $\begin{cases} E_b = 14000 \text{ Mpa} \\ F_{c28} = 20 \text{ Mpa} \\ F_{t28} = 2,1 \text{ Mpa} \end{cases}$

#### II.1.2.2. Evaluation des charges :

##### II.1.2.2.1. Les charges permanentes :

- Solive  $IPE_{270} = 361 \text{ N/m}$ .
  - Dalle en béton armé :  $G_{dalle} = G_{béton} \times e_{béton} \times d = 25000 \times 0,14 \times 2 = 7000 \text{ N/m}$
  - HI-BOND 55.750 :  $128,3 \text{ N/m}^2 \times 2 = 256,6 \text{ N/m}$
- $$G = 361 + 7000 + 256,6 = 7617,6 \text{ N/m}$$

##### II.1.2.2.2. La charge d'exploitation :

$Q =$  la charge d'exploitation ( $Q' = 2500 \text{ N/m}^2$ )

$d$  : entraxe des pannes ( $d=2 \text{ m}$ )

$$Q = Q' \times d = 2500 \times 2 = 5000 \text{ N/m}$$

##### II.1.2.3. Combinaison des charges :

- ELS :  $q_{ELS} = G + Q = 7617,6 + 5000 = 12617,6 \text{ N/m}$
- ELU :  $q_{ELU} = 1,35 \times G + 1,5 \times Q = 1,35 \times 7617,6 + 1,5 \times 5000 = 17784 \text{ N/m}$

### II.1.3. Vérification des solives :

#### II.1.3.1. Vérification de la flèche :

$$f_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

$$f_z = \frac{5 \times q_{ELS} \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 12617,6 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 5789,8 \times 10^4} = 17,51 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifié.

**II.1.3.2. Vérification de la résistance :****II.1.3.2.1. Vérification de moment fléchissant :**

$$M_{y\ sd} \leq M_{c\ rd}$$

$$M_{y\ sd} = \frac{q_{ELU} \times l^2}{8} = \frac{17784 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 80\text{ KN.m}$$

$$M_{c\ rd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_M} = \frac{484 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 121\text{ KN.m}$$

$$M_{y\ sd} = 80\text{ KN.m} < M_{c\ rd} = 121\text{ KN.m}$$

.....le moment fléchissant vérifie.

**II.1.3.2.2. Vérification de cisaillement :**

$$V_{sd} \leq V_{pl\ rd}$$

$$V_{sd} = \frac{q \times l}{2} = \frac{17784 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 53,35\text{ KN}$$

$$V_{pl\ rd} = A_v \times \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 4590 - 2 \times 135 \times 10,2 + (6,6 + 2 \times 15) \times 10,2 = 2209,3\text{ mm}^2$$

$$V_{pl\ rd} = 2209,3 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 318,88\text{ KN}$$

$$V_{sd} = 53,35\text{ KN} < V_{pl\ rd} = 318,88\text{ KN}.$$

..... La condition vérifie.

**II.1.3.2.3. Vérification de l'interaction moment fléchissant-effort tranchant :**

On vérifie que la condition  $\frac{1}{2}V_{pl,Rd} \leq V_{sd}$  soit vérifiée pour avoir une interaction du moment fléchissant et de l'effort tranchant :

$$\Rightarrow \frac{1}{2} (318,88)\text{KN} = 159,44\text{ KN} > 53,35\text{ KN}$$

La condition n'est pas vérifiée, donc il n'y a pas lieu de vérifier l'interaction du moment fléchissant et de l'effort tranchant.

## II.1.4. Phase finale :

### II.1.4.1. Evaluation des charges :

#### II.1.4.1.1. Les charges permanentes :

- Solive  $IPE_{270} = 361 \text{ N/m}$ .
- Dalle en béton armé :  $G_{dalle} = 25000 \times 0,14 \times 2 = 7000 \text{ N/m}$ .
- HI-BOND 55.750 :  $128,3 \text{ N/m}^2 \times d = 128,3 \times 2 = 256,6 \text{ N/m}$ .
- Murs briques :  $G_{br} = 900 \times d = 900 \times 2 = 1800 \text{ N/m}$ .
- Revêtement :  $G_R = 600 \times d = 600 \times 2 = 1200 \text{ N/m}$ .
- Feux plafond :  $G_{pl} = 180 \times d = 180 \times 2 = 360 \text{ N/m}$ .

$$G_{TOTALE} = 10977,6 \text{ N/m.}$$

#### II.1.4.1.2. Charge d'exploitation :

Q = la charge d'exploitation ( $Q' = 2500 \text{ N/m}^2$ )

d : entraxe des pannes (d=2 m)

$$Q = Q' \times d = 2500 \times 2 = 5000 \text{ N/m}$$

#### II.1.4.1.3. Combinaison des charges :

- ELS :  $q_{ELS} = G + Q = 10977,6 + 5000 = 15977,6 \text{ N/m}$ .
- ELU :  $q_{ELU} = 1,35 \times G + 1,5 \times Q = 1,35 \times 10977,6 + 1,5 \times 5000 = 22319,7 \text{ N/m}$

## II.1.4.2. Vérification des solives :

### II.1.4.2.1. Calcul de la section mixte :

$$A_h = A_a + \frac{b_{eff}^+ \times h_c}{N}$$

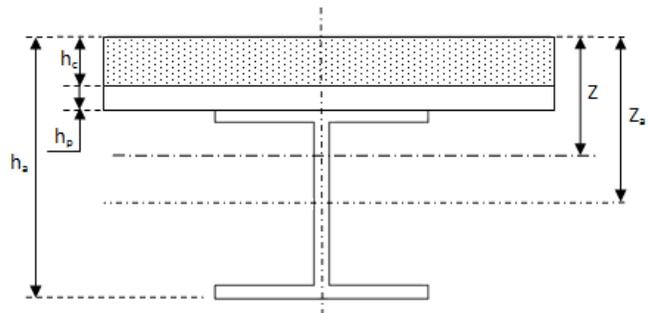


Figure V.3. Description de la section mixte.

### II.1.4.2.2. Calcul de la largeur participant du béton $b_{eff}^+$ :

$$b_{eff}^+ = b_{e1} + b_{e2}$$

$$\text{Avec : } b_{e1} = b_{e2} = \min\left(\frac{L_0}{8}; b_1\right) = \left(2 \times \frac{6}{8}; 1\right) = 1 \text{ m}$$

$$b_{eff}^+ = b_{e1} \times 2 = 2 \text{ m}$$

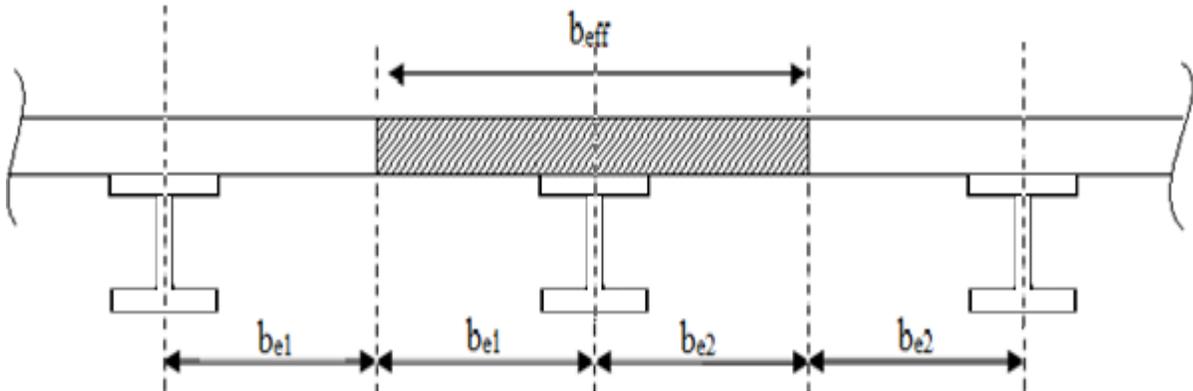


Figure V.4. Présentation de  $b_{eff}^+$

### II.1.4.2.3. Coefficient d'équivalence (acier/béton) N :

$$N = \frac{E_a}{E_b} = \frac{E_a}{E_b} = \frac{210000}{14000} = 15$$

$$A_h = A + \frac{b_{eff}^+ \times h_c}{N}$$

$$\Rightarrow A_h = 4590 + \frac{2000 \times 85}{15} = 15923,33 \text{ mm}^2$$

### II.1.4.2.4. Calcul de la position de l'axe neutre (Z) :

$$Z = \frac{1}{A_h} \times \left( A \left( \frac{h_a}{2} + h_c + h_p \right) + \frac{b_{eff}^+ \times h_c^2}{2 \times N} \right)$$

$$Z = \frac{1}{15923,33} \times \left( 4590 \left( \frac{410}{2} + 85 + 55 \right) + \frac{2000 \times 85^2}{2 \times 15} \right) = 130 \text{ mm}$$

$$Z = 130 \text{ mm} < h_a/2 = 410/2 = 205 \text{ mm}$$

Donc l'axe neutre est situé dans la partie acier.

**II.1.4.2.5. Calcul de la distance  $Z_0$  :**

$$Z_0 = \left( \frac{h_a}{2} + h_c + h_p \right) = 205 + 85 + 55 = 345 \text{ mm}$$

**II.1.4.2.6. Calcul de l'inertie de la section mixte :**

$$I = I_y + A_a(Z_a - Z)^2 + \frac{b_{eff}^+ \times h_c^2}{N} \left( \frac{h_c^2}{12} + \left( Z - \frac{h_c}{2} \right)^2 \right)$$

$$I = 5789,8 + 45,9(34,5 - 13)^2 + \frac{200 \times 8,5}{15} \left( \frac{8,5^2}{12} + (13 - 4,25)^2 \right) = 36366,13 \text{ cm}^4$$

**II.1.4.3. Calcul des contraintes :****II.1.4.3.1. Contrainte de compression a la face supérieure de la dalle :**

$$\sigma_c = - \frac{M_{ed} Z}{NI}$$

$\sigma_c$  : Contrainte de compression a la face supérieure de la dalle

Tel-que :

$$M_{ed} = M_{sd} = \frac{q_{ELU} \times l^2}{8} = \frac{22319,7 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 100,43 \text{ KN.m}$$

$$\Rightarrow \sigma_c = - \frac{100430 \times 10^3 \times 130}{15 \times 36366,13 \times 10^4} = -2,39 \text{ Mpa}$$

**II.1.4.3.2. Contrainte de compression de la partie inférieure de la dalle :**

$$\sigma_c = - \frac{M_{ed}(h_c - Z)}{NI} = - \frac{100430 \times 10^3(85 - 130)}{15 \times 36366,13 \times 10^4} = 0,82 \text{ Mpa}$$

**II.1.4.3.3. Contrainte de compression de la semelle supérieure de la poutre d'acier :**

$$\sigma_t^{sup} = \frac{M_{ed}(h_c + h_p - Z)}{I} = \frac{100430 \times 10^3(85 + 55 - 130)}{36366,13 \times 10^4} = 2,76 \text{ Mpa}$$

#### II.1.4.3.4. Contrainte de compression de la semelle inférieure de la poutre d'acier :

$$\sigma_c^{inf} = \frac{M_{ed}(h_c + h_p + h_a - Z)}{I} = \frac{100430 \times 10^3 (550 - 130)}{36366,13 \times 10^4} = 115,98 \text{ Mpa}$$

#### II.1.4.4. Vérification de la flèche :

$$f_z = \frac{5 \times q_{ELS} \times l^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 15977,6 \times 10^{-3} \times (6000)^4}{384 \times 210000 \times 36366,13 \times 10^4} = 3,53 \text{ mm}$$

.....la flèche est vérifiée.

#### II.1.4.5. Vérification a la résistance :

##### II.1.4.5.1. Vérification au cisaillement :

On doit vérifier :  $V_{sd} \leq V_{pl rd}$

$$V_{sd} = \frac{q_{ELU} \times l}{2} = \frac{22319,7 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 66,95 \text{ KN}$$

$$V_{pl rd} = A_v \times \frac{f_y}{\gamma_M \times \sqrt{3}}$$

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 4590 - 2 \times 135 \times 10,2 + (6,6 + 2 \times 15) \times 10,2 = 2209,3 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl rd} = 2209,3 \times \frac{275 \times 10^{-3}}{1,1 \times \sqrt{3}} = 318,88 \text{ KN.}$$

$$V_{sd} = 66,95 \text{ KN} < V_{pl rd} = 318,88 \text{ KN.}$$

.....La résistance est vérifiée.

##### II.1.4.5.2. Interaction moment fléchissant et effort tranchant :

Il faut que :  $\frac{1}{2} V_{pl rd} \leq V_{sd}$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} (318,88) \text{ KN} > 66,95 \text{ KN}$$

Il n'est pas lieu de vérifier interaction moment fléchissant et effort tranchant.

### II.1.5. Calcul des connecteurs :

On a les dimensions suivantes :

$$\varnothing = 22 \text{ mm} \quad ; \quad h = 110 \text{ mm} \quad ; \quad h' = 5 \text{ mm}$$

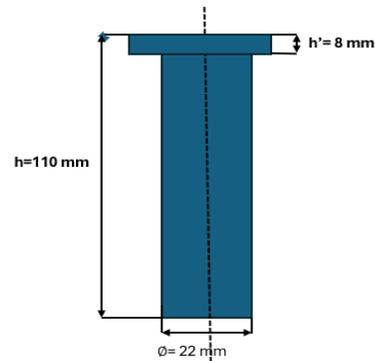


Figure V.5. Dimensions d'un goujon.

#### II.1.5.1 Nombre des connecteurs :

$$N \geq \frac{V_l}{P_{rd}}$$

$V_l$ : Effort de cisaillement longitudinale.

$P_{rd}$ : La résistance d'un connecteur.

Calcul de  $V_l$  :  $V_l = F_{CF}$

$$F_{CF} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{A_a \times f_y}{\gamma_a} \\ \frac{0,85 \times A_c \times F_{CK}}{\gamma_c} + \frac{A_{se} \times F_{CK}}{\gamma_s} \end{array} \right.$$

$A_a$  : l'aire de l'élément.

$A_c$  : l'aire de la section efficace de béton.

$A_{se}$  : l'aire de tout armature longitudinale comprimé ( $A_{se} = 0$ ).

$\gamma_a = 1,1$  : Coefficient de sécurité pour l'acier.

$\gamma_c = 1,5$  : Coefficient partiel de sécurité de compression de béton.

$\gamma_{se} = 1,15$  : coefficient de sécurité pour le ferrailage.

$F_{CK} = 20 \text{ N/mm}^2$  : limite élastique a la traction.

$$F_{CF} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{4590 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 1147,5 \text{ KN} \\ \frac{0,85 \times 2000 \times 140 \times 20 \times 10^{-3}}{1,5} = 3173,33 \text{ KN} \end{array} \right.$$

$$F_{CF} = 1147,5 \text{ KN}$$

$$P_{RD} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,8 \times f_u \times \pi \times d^2}{4 \times \gamma_v} \\ \frac{0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{(F_{CK} \times E_{cm})}}{\gamma_v} \end{array} \right.$$

$$\gamma_v = 1,25 : \text{a l' ELU} \quad ; f_u = 430 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 0,2 \left( \frac{h}{d} + 1 \right) \text{ pour } 3 \leq \frac{h}{d} \leq 4$$

$$\alpha = 0,2 \left( \frac{110}{22} + 1 \right) = 1,2$$

$$\alpha = 1,2$$

$$P_{RD} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,8 \times 430 \times 10^{-3} \times 3,14 \times 22^2}{4 \times 1,25} = 104,55 \text{ KN} \\ \frac{0,29 \times 1,2 \times 22^2 \times \sqrt{(20 \times 10^{-3} \times 14000 \times 10^{-3})}}{1,25} = 71,41 \text{ KN} \end{array} \right.$$

$$P_{RD} = 71,41 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow n \geq \frac{712,5}{71,41}$$

$$\Rightarrow n = 10 \text{ goujons.}$$

### II.1.5.2. Calcul de la distance entre les goujons :

$$S = \frac{l_{cr}}{n} \quad ; \quad l_{cr} = \frac{l}{2} = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ mm}$$

$$S = \frac{3000}{10} = 300 \text{ mm}$$

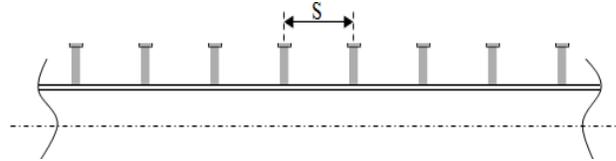


Figure V.6. Disposition des goujons sur les solives.

Donc on doit être disposer un goujon chaque  $S = 300 \text{ mm}$

### III. Conclusion :

A travers notre étude nous avons dimensionné le plancher dans le domaine élastique de façon qu'ils résistent aux différentes charges verticale appliqué dans chaque niveau de la structure.

Les profilées choisies pour le plancher mixte est :

- Solive : IPE270
- Goujon :  $h=110 \text{ mm}$  ,  $h'=8 \text{ mm}$  ,  $\varnothing= 22 \text{ mm}$
- Coffrage perdue : HI-BOND 55.750

*Chapitre VI*  
*Etude sismique*

## I. Introduction :

Le séisme est un phénomène (une secousse) plus ou moins violente sur les structures, l'effet de séisme se produit toujours à certaine distance de sa source, il provoque des endommagements sur les structures de hauteur importante.

Le nord d'Alger et en particulier la willaya d'Alger est classé dans la zone III (la zone fort sismicité) .

Dans le dimensionnement parasismique de notre projet, on dimensionne une construction parasismique pour éviter au plus possible les dégâts due au séisme pour préserver les vie humaines et protéger les structures

## II. Bâtiment :

### II.1. Les Classification :

#### II.1.1. La Classification de la construction :

Groupe d'usage 2 : ouvrage courant d'importance moyenne (bâtiment à usage des bureau dont la hauteur 12,53 m < 48 m.

#### II.1.2. Classification de la zone sismique :

La structure est implantée à ALGER  $\Rightarrow$  zone III .....RPA 99 v 2003 page 25.

#### II.1.3. Classification de site :

La classification de site se fait en fonction des propriété mécanique des sols, et notre bâtiment est implantée à ALGER sur un sol d'argile moyennement raide  $\Rightarrow$  S3 (site meuble)

#### II.1.4. Choix de la méthode de calcul :

Le calcul des forces sismiques peut-être mené suivant trois méthodes :

- Par la méthode statique équivalent.
- Par la méthode d'analyse modale spectrale.
- Par la méthode d'analyse dynamique par accélérogramme.

#### La méthode de calcul :

Notre bâtiment respecte les conditions de la régularité en plan et en élévation, la méthode statique équivalent est applicable dans notre calcul

**II.1.5. Calcul de l’effort tranchant de la structure :**

On applique la formule suivante :

$$V = \frac{A \times D \times Q \times W}{R}$$

Avec :

A : coefficient d’accélération de la zone.

D : le facteur d’amplification dynamique moyenne.

Q : facteur de qualité.

W : le poids totale de la structure.

R : le coefficient de comportement globale de la structures.

**2.1. détermination de A :**

Le coefficient A dépend de la zone sismique et de groupe de la catégorie de site, notre bâtiment est implanté dans la zone sismique III et groupe d’usage 2.

⇒ A= 0,25 .....tableau 4.1 RPA99 v 2003 page 40.

**II.1.6. Détermination de facteur d’amplification dynamique moyen D :**

Le facteur d’amplification dynamique moyen est en fonction de la catégorie de site, du facteur de correction d’amortissement ( $\eta$ ) et de la période fondamentale de la structure (T).

$$D = \begin{cases} 2,5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3s \\ 2,5\eta(T_2/3)^{\frac{2}{3}}(3/T)^{\frac{5}{3}} & T \geq 3s \end{cases} \dots\dots\dots\text{formule (4.2) RPA99 v 2003 Page 40}$$

**II.1.6.1. Détermination de facteur de correction d’amortissement  $\eta$ :**

On a  $\eta = [7/(2 + \xi)]^{0,5} \geq 0,7$  .....formule 4.3 RPA99 v 2003 Page 40

$\xi = 4$  : le remplissage de portique en acier est léger .

⇒  $\eta = [7/(2 + 4)]^{0,5} = 1,07 > 0,7$

**II.1.6.2. Détermination de la période totale  $T_2$  de sol :**

La valeur de  $T_2$  est en fonction de la catégorie de site :

⇒ catégorie de site est S3 ⇒  $T_2 = 0,4 s$  .....figure(4.1) RPA99 v 2003 Page 41

### II.1.6.3. Détermination de la période de la structure :

$$\text{On a : } T = C_T \times hn^{3/4}$$

$hn$  : hauteur de la structure.

$C_T$  : coefficient de système de contreventement.

$$\Rightarrow C_T = 0,05 \quad (\text{portique auto-stable en acier avec remplissage en maçonnerie})$$

.....Tableau(4.5) RPA99 v 2003 page 45

$$\Rightarrow T = 0,05 \times (12,53)^{3/4} = 0,33 \text{ s} \Rightarrow 0 \leq T \leq T_2$$

$$\text{Donc : } D = 2,5 \times 1,07 = 2,7$$

### II.1.7. Le facteur de qualité Q :

Le facteur de qualité de la structure est en fonction de :

-la redondance et de la géométrie des éléments qui la constituent.

-la régularité en plan et en élévation .

-la qualité du contrôle de la construction.

La valeur de Q est déterminée par la formule suivante :  $Q = 1 + \sum_1^5 P_q$

On a trois critères non observés :

- redondance en plan  $q_2 = 0,05$
- contrôle de qualité de matériaux  $q_5 = 0,05$
- contrôle de la qualité de l'exécution  $q_6 = 0,1$

$$\Rightarrow Q = 1,2$$

### II.1.8. Détermination de coefficient de comportement globale de la structure :

- sens longitudinal :

La structure est stabilisée par des contreventements en X distribués sur 3 files

$$\Rightarrow R_L = 4$$

- sens transversal :

La structure est stabilisée par portique et palées triangulées en X

$$\Rightarrow R_T = 5$$

**II.2.Détermination le poids total de la structure W :**

W est égale à la somme des poids  $W_i$  de chaque niveau avec  $W_i = W_G + \beta \times W_Q$

$W_G$  : poids due aux charges permanentes.

$W_Q$  : charge exploitation.

$\beta$  : coefficient de pondération en fonction de la nature et de la durée de la charge d’exploitation.

$\Rightarrow \beta = 0,20$  .....Tableau 4.5 RPA99 v 2003 Page 45

**II.2.1.Détermination de poids  $W_i$  de chaque niveau :**

**II 2.1.1.Les Planchers courants :**

**II 2.1.1.1. Les charges permanentes :**

**Tableau VI. 1 : Plancher courant , charges permanentes**

| Elément                             | nombre | Masse (kg/m <sup>2</sup> ) | Poids (KN)  |
|-------------------------------------|--------|----------------------------|-------------|
| Poteau                              | 28     | 124,8                      | 209,66      |
| Poutre principale                   | 21     | 77,6                       | 97,77       |
| Solive                              | 35     | 36,1                       | 75,81       |
| Sablière                            | 18     | 36,1                       | 38,98       |
| stabilité                           | -      | 14508 (kg)                 | 145,08      |
| Tôle HB55                           | -      | 12,83                      | 83,14       |
| Cloisons en brique                  | -      | 90                         | 388,8       |
| escalier                            | -      | 5881                       | 58,81       |
| Dalle de béton                      | -      | 250                        | 226,8       |
| Revêtement                          | -      | 50                         | 324         |
| Faux plafond                        | -      | 30                         | 194,4       |
| <b>Poids total <math>W_G</math></b> | -      | -                          | <b>1852</b> |

**II 2.1.1.2. Charges exploitation  $w_Q$  :**

Charge exploitation des bureau est :  $Q = 2500 \text{ N/m}^2$  ,la charge exploitation totale est :

$$W_Q = Q \times S = 2500 \times 648 = 1620 \text{ KN}$$

Avec: S est la surface totale de plancher ( $S = 18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$ )

$$\Rightarrow W_{PC} = W_G + \beta \times W_Q = 1852 + 0,2 \times 1620 = \mathbf{2176KN}$$

### II 2.1.2. Le Plancher terrasse :

Notre bâtiment a usage administratif, la terrasse et inaccessible seulement en cas de maintenance, donc en va prendre la charge d'exploitation  $Q = 100 \text{ Kg/m}^2$ .

#### II 2.1.2.1. Charges permanentes $W_G$ :

Tableau VI. 2 : Plancher courant , charges permanentes.

| Elément                             | nombre | Masse (kg/m <sup>2</sup> ) | Poids (KN)    |
|-------------------------------------|--------|----------------------------|---------------|
| Poteau                              | 28     | 124,8                      | 209,66        |
| Poutre principale                   | 21     | 77,6                       | 97,77         |
| Solive                              | 35     | 36,1                       | 75,81         |
| Sablère                             | 18     | 36,1                       | 38,98         |
| Stabilité                           | -      | 14508 (kg)                 | 145,08        |
| Tôle HB55                           | -      | 12,83                      | 83,14         |
| Dalle de béton                      | -      | 250                        | 226,8         |
| Faux plafond                        | -      | 30                         | 194,4         |
| Etanchéité                          | -      | 12                         | 77,76         |
| Gravier                             | -      | 20                         | 129,60        |
| Acrotère                            | -      | 2000                       | 20            |
| <b>Poids total <math>W_G</math></b> | -      | -                          | <b>1306,8</b> |

#### II 2.1.2.2. Charge d'exploitation $W_Q$ :

Charge exploitation de l'ouvrier est  $Q = 100 \text{ Kg/m}^2$

$$W_Q = Q \times S = 100 \times 648 = 648 \text{ KN}$$

Avec: S est la surface totale de plancher ( $S = 18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$ )

$$W_{TE} = W_G + \beta \times W_Q = 1306,8 + 0,2 \times 648 = 1436,4 \text{ KN}$$

$$W = 2 \times W_{PC} + W_{TE} = 2 \times 2176 + 1436,4 = \mathbf{5788,4 \text{ KN}}$$

⇒ **Calcul de l'effort tranchant:**

On a :

$$\Rightarrow V_L = \frac{A \times D \times Q \times W}{R_L} = \frac{0,25 \times 2,7 \times 1,2 \times 5788,4}{4} = \mathbf{1172,15 \text{ KN}}$$

$$\Rightarrow V_T = \frac{A \times D \times Q \times W}{R_T} = \frac{0,25 \times 2,7 \times 1,2 \times 5788,4}{5} = \mathbf{937,72 \text{ KN}}$$

**II.2.2.calcul des forces sismiques F de chaque niveau i :**

La résultante des forces sismique à la base **V** doit être distribuée sur la hauteur de la structure selon la formule suivante :  $V = F_t + \sum F_i$

$F_t = 0$  car  $T=0,33 s < 0,7 s$  .....RPA99 v 2003 page 46.

$F_i$ : la force sismique distribuée pour chaque niveau

$$F_i = \frac{(V - F_t)(W_i \times h_i)}{\sum(W_i \times h_i)}$$

• **Sens longitudinal :**

$V_L = 1172,15 KN$  et  $F_t = 0$  car  $T = 0,33 s < 0,7 s$

**Tableau VI. 3 : Charges sismiques à chaque niveau**

| niveau | Hauteur (m) | Poids $W_i$ (KN) | $h \times W_i$ (KN.m) | $V_L$ (KN) | $F_i$ (KN)     |
|--------|-------------|------------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1      | 4           | 2176             | 8704                  | 1172,15    | 235,35         |
| 2      | 8           | 2176             | 17408                 | 1172,15    | 470,70         |
| 3      | 12          | 1436,4           | 17237                 | 1172,15    | 466            |
| Totale | -           | -                | <b>43349</b>          | -          | <b>1172,15</b> |

La stabilité dans le sens longitudinale est assurée par des palées de 1<sup>ere</sup> et la 6<sup>eme</sup> file.

Ces palées sont réparties d’une façon symétrique.

Dans ce sens on a 6 poteaux avec entraxe de 6 m , donc on doit diviser la charge sismique de chaque niveau par le nombre des poteaux pour obtenir la charge supporté chaque poteau.

**Tableau VI. 4 : Récapitulation.**

| niveau | Hauteur (m) | $F_i$ (KN) | n° des poteaux | $F_i$ (KN) |
|--------|-------------|------------|----------------|------------|
| 1      | 4           | 149,39     | 7              | 33,62      |
| 2      | 8           | 299        | 7              | 67,24      |
| 3      | 12          | 279,30     | 7              | 66,57      |

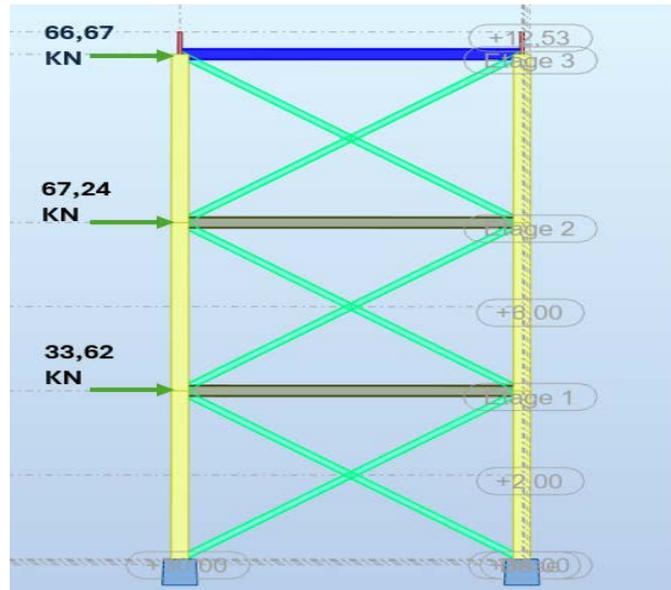


Figure VI. 1. Les valeurs des  $F_i$  dans le sens longitudinal.

• Sens transversal :

$V_T = 937,72 \text{ KN}$  et  $F_t = 0$  car  $T = 0,33 \text{ s} < 0,7 \text{ s}$

Tableau VI. 5 : Charges sismiques à chaque niveau.

| Niveau | Hauteur (m) | Poids $W_i$ (KN) | $h \times W_i$ (KN.m) | $V_L$ (KN) | $F_i$ (KN)   |
|--------|-------------|------------------|-----------------------|------------|--------------|
| 1      | 4           | 2176             | 8704                  | 937,72     | 188,28       |
| 2      | 8           | 2176             | 17408                 | 937,72     | 376,56       |
| 3      | 12          | 1436,4           | 17237                 | 937,72     | 372,86       |
| Total  | -           | -                | <b>43349</b>          | -          | <b>937,7</b> |

La stabilité dans le sens transversale est assurée par des palées de 2<sup>ème</sup> file , ces palées son répartie chaque 12 m.

Dans ce sens on 4 poteaux avec entraxe de 6 m , donc on doit deviser la charge sismique de chaque niveau par les poteaux pour obtenir la charge supporté par chaque poteau.

Tableau VI. 6 : Récapitulation.

| Niveau | Hauteur (m) | $F_i$ (KN) | n° des poteaux | $F_i$ (KN) |
|--------|-------------|------------|----------------|------------|
| 1      | 4           | 149,39     | 4              | 47,06      |
| 2      | 8           | 299        | 4              | 94,14      |
| 3      | 12          | 279,30     | 4              | 93,21      |

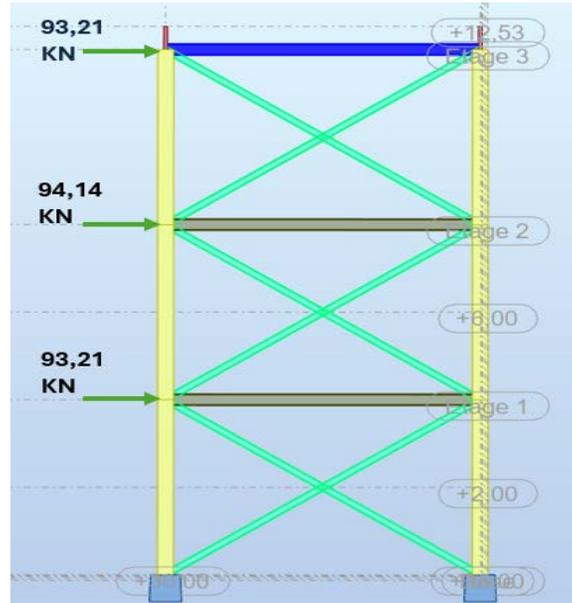


Figure VI.2. Les valeurs des  $F_i$  dans le sens transversal.

### II.3. La méthode dynamique spectral :

Pour cette méthode, il est recherché pour chaque mode de vibration , le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismique représentées par un spectre de réponse de calcul . ces effets sont par la suite combinés par obtenir la réponse de la structure.

#### II.3.1. Résultats des forces sismiques :

La résultante des forces sismiques a la base  $V_t$  obtenue par combinaisons des valeurs modale ne doit pas être inférieure à 80 % de la résultante des forces sismique déterminée par la méthode statique équivalente  $\Rightarrow 0,8 V < V_{dyn}$ .

Dans notre structures et d'après le logiciel Robot, on trouve que le l'effort dynamique égale a :

$$V_{x\ dyn} = 1006,14\ KN ; V_{y\ dyn} = 1469,16\ KN$$

Et dans notre calcul manuel on trouve que l'effort tranchant statique dans les deux direction égale a :  $V_L = 1172,15\ KN$  et  $V_T = 937,72\ KN$

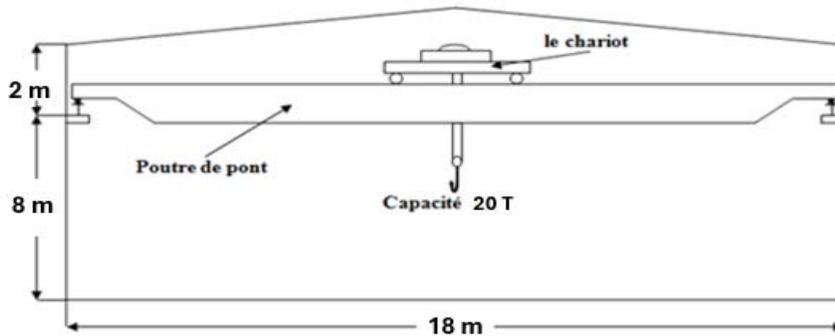
#### Vérification :

$$80\%V_T < V_{x\ dyn} \Rightarrow 0,8 \times 937,72 = 750,17\ KN < 1006,14\ KN$$

$$80\%V_L < V_{y\ dyn} \Rightarrow 0,8 \times 1172,15 = 937,72\ KN < 1469,16\ KN$$

..... La condition est vérifié.

### III. Halle industrielle :



#### III.1. Les classification :

##### III.1.1. La classification de la construction :

Groupe d'usage 2 : ouvrage courant d'importance moyenne (bâtiment à usage des bureau dont la hauteur 12,53 m < 48 m.

##### III.1.2. Classification de la zone sismique :

La structure est implantée à ALGER ⇒ zone III .....RPA 99 v 2003 page 25.

##### III.1.3. Classification de site :

La classification de site se fait en fonction des propriété mécanique des sols, et notre bâtiment est implantée à ALGER sur un sol d'argile moyennement raide ⇒ S3 (site meuble)

#### II.1.4. Choix de la méthode de calcul :

Le calcul des forces sismiques peut-être mené suivant trois méthodes :

- Par la méthode statique équivalent.
- Par la méthode d'analyse modale spectrale.
- Par la méthode d'analyse dynamique par accélérogramme

#### La méthode de calcul :

Notre bâtiment respecte les conditions de la régularité en plan et en élévation, la méthode statique équivalent est applicable dans notre calcul

##### III.1.5. Calcul de l'effort tranchant de la structure :

On applique la formule suivante :

$$V = \frac{A \times D \times Q \times W}{R}$$

Avec :

A :coefficient d'accélération de la zone.

D : le facteur d'amplification dynamique moyenne.

Q :facteur de qualité.

W :le poids totale de la structure.

R :le coefficient de comportement globale de la structures.

**III.1.5.1.Détermination de A :**

Le coefficient A dépend de la zone sismique et de groupe de la catégorie de site, notre bâtiment est implanté dans la zone sismique III et groupe d'usage 2.

⇒ A= 0,25 .....tableau 4.1 RPA99 v 2003 page 40.

**III.1.4.2.Détermination de facteur d'amplification dynamique moyen D :**

Le facteur d'amplification dynamique moyen est en fonction de la catégorie de site, du facteur de correction d'amortissement ( $\eta$ ) et de la période fondamentale de la structure (T).

$$D = \begin{cases} 2,5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3 s \\ 2,5\eta(T_2/3)^{\frac{2}{3}}(3/T)^{\frac{5}{3}} & T \geq 3s \end{cases} \dots\dots\dots\text{formule (4.2) RPA99 v 2003 Page 40}$$

**III.1.5.2.1.Détermination de facteur de correction d'amortissement  $\eta$ :**

On a  $\eta = [7/(2 + \xi)]^{0,5} \geq 0,7$  .....formule 4.3 RPA99 v 2003 Page 40

$\xi = 4$  : le remplissage de portique en acier est léger .

⇒  $\eta = [7/(2 + 4)]^{0,5} = 1,07 > 0,7$

**III.1.5.2.2.Détermination de la période totale  $T_2$  de sol :**

La valeur de  $T_2$  est en fonction de la catégorie de site :

⇒ catégorie de site est S3 ⇒  $T_2 = 0,4 s$  .....figure(4.1) RPA99 v 2003 Page 41

**III.1.5.2.3.Détermination la période de la structure :**

On a :  $T = C_T \times hn^{3/4}$

$hn$  : hauteur de la structure.

$C_T$  : coefficient de système de contreventement.

$\Rightarrow C_T = 0,05$  (portique auto-stable en acier avec remplissage en maçonnerie)

.....Tableau(4.5) RPA99 v 2003 page 45

$\Rightarrow T = 0,05 \times (12,53)^{3/4} = 0,33 \text{ s} \Rightarrow 0 \leq T \leq T_2$

Donc :  $D = 2,5 \times 1,07 = 2,7$

### III.1.6.Détermination du facteur de qualité Q :

Le facteur de qualité de la structure est en fonction de :

- la redondance et de la géométrie des élément qui la constituent.
- la régularité en plan et en élévation .
- la qualité du contrôle de la construction.

La valeur de Q est déterminée par la formule suivante :  $Q = 1 + \sum_1^5 P_q$

On a trois critères non observé :

- redondance en plan  $q_2 = 0,05$
- contrôle de qualité de matériaux  $q_5 = 0,05$
- contrôle de la qualité de l'exécution  $q_6 = 0,1$

$$\Rightarrow Q = 1,2$$

### III.1.7.Détermination de coefficient de comportement globale de la structure :

- sens longitudinale :

la structure est stabilisé par des contreventement en X.

$$\Rightarrow R_L = 4$$

- sens transversale :

la structure est stabilisé par des portiques auto- stable.

$$\Rightarrow R_T = 6$$

### III.2.Détermination de poids total de la structure $W$ :

$W$  est égale à la somme des poids  $W_i$  de chaque niveau avec  $W_i = W_G + \beta \times W_Q$

$W_G$  : poids due aux charges permanentes.

$W_Q$  : charge exploitation.

$\beta$  : coefficient de pondération en fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation.

$\Rightarrow \beta = 0,50$

.....Tableau 4.5 RPA99 v 2003 Page 45

#### III.2.1.Détermination de poids $W_i$ de chaque niveau $i$ :

##### III.2.1.1.Pont roulant ( niveau 1) :

Notre halle industrielle possède d'un pont roulant de capacité 20 tonnes.

- III.2.1.1.1.charges permanentes  $W_{G1}$ :

Tableau VI. 7 : Charges permanentes  $W_{G1}$ .

| Elément             | Nombre | Masse (Kg/m)            | Poids ( KN) |
|---------------------|--------|-------------------------|-------------|
| Potelet             | 8      | 57,1                    | 54,92       |
| Poteau              | 33     | 139,8                   | 507,5       |
| Poutre de roulement | 40     | 139,8                   | 335,53      |
| Console             | 44     | 139,8                   | 66,23       |
| Rail                | 40     | 56,2                    | 134,88      |
| Lisse de bardage    | 214    | 16                      | 205,44      |
| stabilité           | -      | 5,42                    | 13,77       |
| Panneau sandwich    | -      | 18 (Kg/m <sup>2</sup> ) | 276,48      |
| Totale $W_{G1}$     | -      | -                       | <b>1595</b> |

##### III.2.1.1.2.charge d'exploitation $W_{Q1}$ :

Tableau VI. 8 : Charge exploitation  $W_{Q1}$ .

Dans notre structures on a deux pont roulant de capacité de 20 tonnes.

| Elément         | Nombre | Masse ( KN ) | Poids ( KN) |
|-----------------|--------|--------------|-------------|
| Pont roulant    | 2      | 285          | 570         |
| La masse a levé | 2      | 200          | 400         |
| Totale $W_{Q1}$ | -      | -            | <b>970</b>  |

$$W_1 = W_{G1} + \beta \times W_{Q1} = 1595 + 0,5 \times 970 = \mathbf{2080\ KN}$$

**III.2.1.2.La Sommet de poteau (niveau 2) :**

**III.2.1.2.1.La Charge permanente  $W_{G2}$**

**Tableau VI. 9 : Charge permanente  $W_{G2}$ .**

| Elément                           | Nombre | Masse (Kg/m)            | Poids ( KN)    |
|-----------------------------------|--------|-------------------------|----------------|
| Poteau                            | 33     | 139,8                   | 507,5          |
| Traverse                          | 44     | 57,1                    | 279,87         |
| Sablière                          | 48     | 24,7                    | 71,06          |
| Potelet                           | 8      | 57,1                    | 54,92          |
| Contreventement                   | -      | 7,38                    | 35,82          |
| Stabilité                         | -      | 5,42                    | 6,86           |
| Lisse de bardage                  | 128    | 16                      | 122,88         |
| Baïonnette                        | -      | 24,7                    | 10,07          |
| Panneau sandwich                  | -      | 18 (Kg/m <sup>2</sup> ) | 521,18         |
| <b>Totale <math>W_{G2}</math></b> | -      | -                       | <b>1140,16</b> |

**III.2.1.2.2.La Charge exploitation:**

La toiture de la halle est inaccessible seulement en cas de maintenance donc en va prendre la charge d’exploitation  $Q = 100 \text{ Kg/m}^2$ .

$$W_Q = Q \times S = 100 \times 2188,8 = 2188,8 \text{ KN}$$

Avec S égale la somme des surfaces des versant ( $S = 9,12 \times 60 \times 4 = 2188,8 \text{ m}^2$ )

$$W_2 = W_{G2} + \beta \times W_{Q2} = 1140,16 + 0,5 \times 2188,8 = 2234,56 \text{ KN}$$

➤ Le poids totale :  $W = W_1 + W_2 = 2080 + 2234,56 = 4314,56 \text{ KN}$

2.6. calcul l’effort tranchant (V) :

- Sens longitudinale :

$$V_L = \frac{A \times D \times Q \times W}{R_L} = \frac{0,25 \times 2,67 \times 1,2 \times 4314,56}{4} = 864 \text{ KN}$$

- Sens transversale :

$$V_T = \frac{A \times D \times Q \times W}{R_T} = \frac{0,25 \times 2,67 \times 1,2 \times 4314,56}{6} = 576 \text{ KN}$$

**III.3.calcul des forces sismiques ( F ) de chaque niveau i :**

La résultant des forces sismique a la base **V** doit être distribué sur la hauteur de la structure selon les formule suivant :  $V = F_t + \sum F_i$

$$F_t = 0 \text{ car } T=0,33 \text{ s} < 0,7 \text{ s}$$

.....RPA99 v 2003 page 46.

$F_i$ : la force sismique distribué pour chaque niveau

$$F_i = \frac{(V - F_t)(W_i \times h_i)}{\sum(W_i \times h_i)}$$

- sens longitudinale :

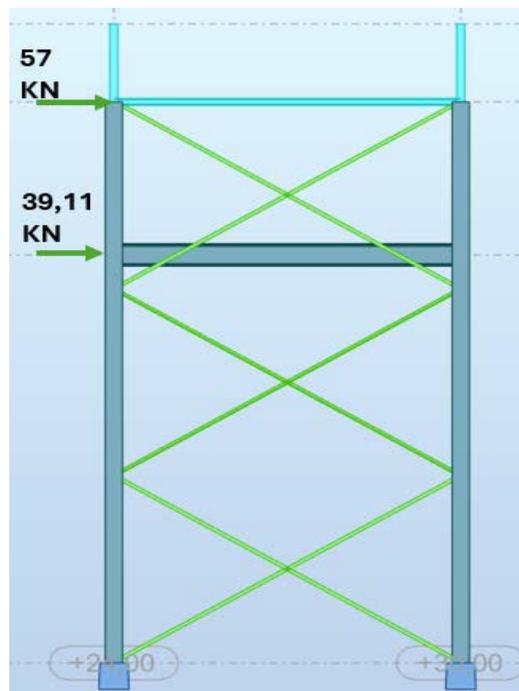
**Tableau VI. 10 : Charge sismique a chaque niveau.**

| Niveau               | Hauteur (m) | Le poids $W_i$ (KN) | $H \times W_i$ (KN.m) | $V_L$ (KN) | $F_i$ ( KN) |
|----------------------|-------------|---------------------|-----------------------|------------|-------------|
| 1 (Pont Roulant)     | 8           | 2080                | 16640                 | 864        | 352         |
| 2 (Sommet De Poteau) | 11          | 2234,56             | 24580,16              | 864        | 512,21      |
| Totale               | -           | -                   | <b>41220</b>          | -          | <b>864</b>  |

La stabilité dans le sens longitudinale est assurée par 3 files de pales de stabilité verticale, ces pales sont réparties d'une façon symétrique.

**Tableau VI.11 : Récapitulation.**

| Niveau                | Hauteur (m) | $F_i$ ( KN) |
|-----------------------|-------------|-------------|
| 1 ( Pont Roulant )    | 8           | 39,11       |
| 2 (Sommet De Poteau ) | 11          | 57          |



**Figure VI.3. Les valeurs des  $F_i$  dans le sens longitudinal.**

- sens transversale :

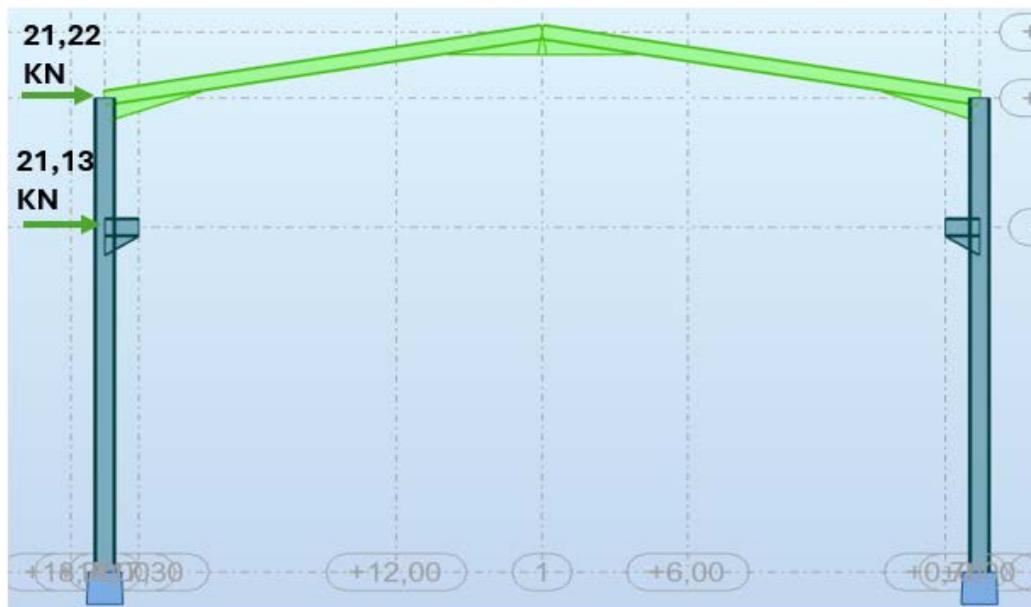
**Tableau VI.12 : Charge sismique à chaque niveau.**

| Niveau               | Hauteur (m) | Le poids $W_i$ (KN) | $H \times W_i$ (KN.m) | $V_T$ (KN) | $F_i$ ( KN) |
|----------------------|-------------|---------------------|-----------------------|------------|-------------|
| 1 (Pont Roulant)     | 8           | 2080                | 16640                 | 576        | 232,52      |
| 2 (Sommet De Poteau) | 11          | 2234,56             | 24580,16              | 576        | 343,47      |
| Totale               | -           | -                   | <b>41220</b>          | -          | <b>576</b>  |

Dans le sens transversale la stabilité est assurée par des files de portique auto-stable, ces portiques sont répartie d'une distance identique de 6 m.

**Tableau VI. 13 : Distribution des efforts sismique sur le portique (halle)**

| Niveau                | Hauteur (m) | $F_i$ ( KN) |
|-----------------------|-------------|-------------|
| 1 ( Pont Roulant )    | 8           | 21,13       |
| 2 (Sommet De Poteau ) | 11          | 31,22       |



**Figure VI.4. Les valeurs des  $F_i$  dans le sens transversal.**

### III.4. La Méthode dynamique spectrale :

Pour 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 par obtenir la réponse de la structure.

#### II.3.1. Résultat des forces sismiques :

La résultante des forces sismiques à la base  $V_t$  obtenue par combinaisons des valeurs modales ne doit pas être inférieure à 80 % de la résultante des forces sismiques déterminées par la méthode statique équivalente  $\Rightarrow 0,8 V < V_{dyn}$ .

Et dans notre calcul manuel on trouve que l'effort tranchant statique dans les deux directions est égale à :  $V_L = 864 \text{ KN}$  et  $V_T = 576 \text{ KN}$

$$\text{Et } V_t = \frac{S_a}{g} \times W$$

$$\frac{S_a}{g} = 2,5\eta(1,25A) \left(\frac{Q}{R}\right) \quad T_1 \leq T \leq T_2$$

$$T_1 = 0,15 \text{ s} ; T_2 = 0,50 \text{ s} \text{ et } T = 0,33 \text{ s}$$

- $V_{tx} = \frac{S_a}{g} \times W$

$$\frac{S_a}{g} = 2,7(1,25 \times 0,25 \times \left(\frac{1,2}{6}\right)) = 0,17$$

$$V_{tx} = 0,17 \times 4314,56 = 733,47 \text{ KN}$$

- $V_{ty} = \frac{S_a}{g} \times W$

$$\frac{S_a}{g} = 2,7(1,25 \times 0,25 \times \left(\frac{1,2}{4}\right)) = 0,25$$

$$V_{ty} = 0,25 \times 4314,56 = 1078,64 \text{ KN}$$

#### Vérification :

$$80\%V_T < V_{tx} \Rightarrow 0,8 \times 576 = 460,8 \text{ KN} < 733,47 \text{ KN}$$

$$80\%V_L < V_{ty} \Rightarrow 0,8 \times 864 = 691,2 \text{ KN} < 1078,64 \text{ KN}$$

..... La condition est vérifiée.

## IV. Joint Sismique :

### IV. 1. Définition :

C'est une distance qui sépare les deux structures, son rôle est d'éviter la collision entre ces deux derniers lors d'un séisme. Il est calculé d'après RPA99 par la relation suivante :

#### IV.1.1. Calcul de la largeur de joint sismique :

D'après le logiciel robot, on a obtenus les résultats des déplacements suivants :

1- Halle simple :

$$U_X = 0$$

$$U_Y = 7,5 \text{ cm}$$

2- Bâtiment :

$$U_X = 2,2 \text{ cm}$$

$$U_Y = 1,5 \text{ cm}$$

$$d_{\min} = 15 \text{ mm} + (\delta_1 + \delta_2)_{\text{mm}} \geq 40 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{Formule 4-19, P54, RPA99})$$

$\delta$  : C'est le déplacement en tête de poteau.

$d_{\min}$  : La largeur minimal d'un joint sismique

$$\delta_1 = R_T \times \delta_{K \max} = 4 \times 0 = 0 \quad U_X = 0$$

$$\delta_2 = R_T \times \delta_{K \max} = 5 \times 2,2 = 11 \text{ cm}$$

Donc:  $d = 15 + 0 + 110 = 125 \text{ mm}$ .

On prend un joint de 445 mm pour faciliter la tâche de montage et évité l'encombrement des assemblages et surtout pour avoir plus de sécurité pour qu'il auras pas un risque de collision entre les deux structures.

$$d' = 40 + 125 + 140 + 140 = 445 \text{ mm}$$

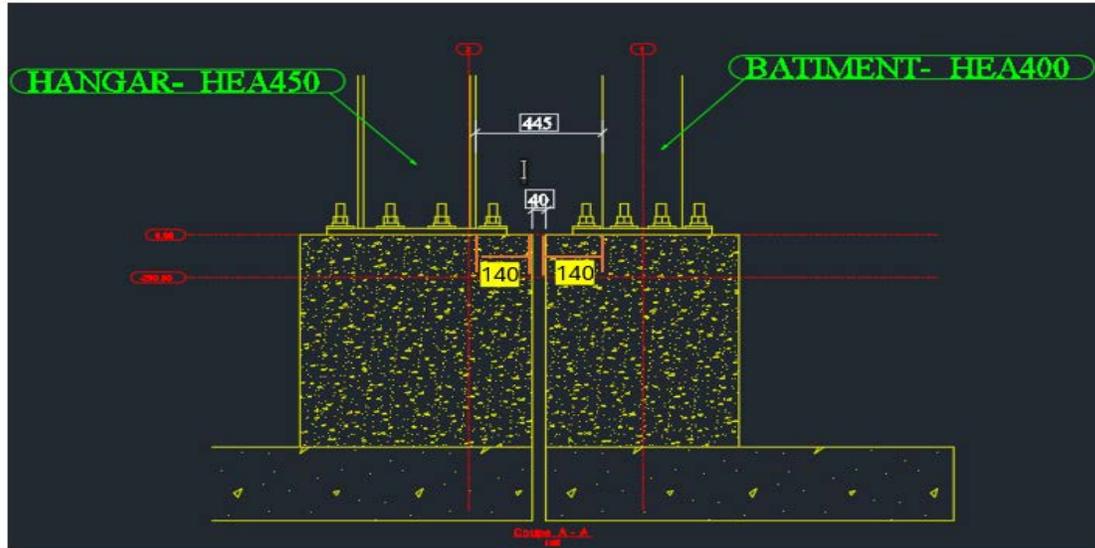


Figure VI.5 : Représentation de joint sismique.

## V. Conclusion :

L'effort sismique dans les zones de forte sismicité présente un grand risque pour la stabilité des structures, dans notre cas l'effort de séisme est important, donc on doit dimensionner nos palés de stabilité à fin qu'ils résistent à ces efforts.

# *Chapitre VII*

*Etude de*

*la stabilité*

**I. Introduction :**

la stabilité est très importante dans un ouvrage ( une construction), elle est assurée par des palées de stabilité verticale ou par des portique auto-stable . Le rôle principale et fonctionnement de la stabilité dans une construction est de reprendre et transmettre les efforts dues aux forces horizontales sollicitant a la construction aux fondations.

**II. La stabilité de la halle :**

**II.1. Poutre au vent de la toiture :**

**II.1.1.Définition :**

Les contreventements sont déposée généralement suivant les versants de toiture comme le montre la figure c-dessus. Ils sont placé le plus souvent dans les travées de rive, leurs diagonales sont généralement formées des cornière qui sont fixées sur la traverse, leurs rôle est de reprendre les efforts du vent en pignon et de les transmettre aux palées verticale.

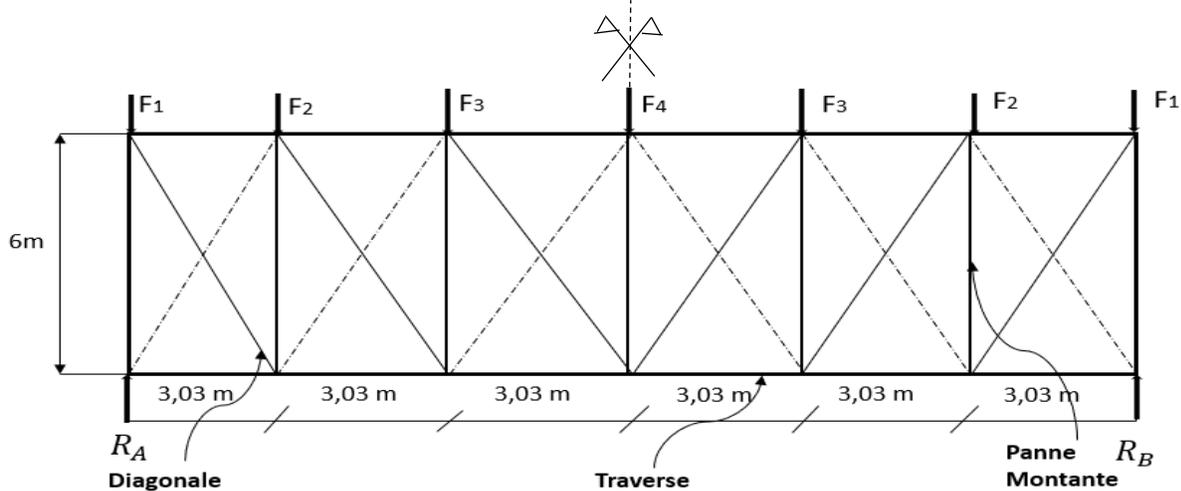


Figure VII. 1: Distribution des diagonales (contreventement sous toiture).

**II.1.2.Détermnation des forces  $F_i$  et les réactions :**

$$F_i = Q \times S_i , \text{ avec } Q = 1,5 \times q_j = 1,5 \times 1738,5 = 2607,75 \text{ N/m}^2$$

$$F_{fr} = 46,22 \text{ KN avec } F_{fri} = \frac{F_{fr}}{n} = \frac{46,22}{7} = 6,6 \text{ KN}$$

$$S_i = \frac{H_i \times T_i}{2} ; i = 1,2,3, \dots ; n \text{ et } T_i = \frac{d_{i-1}}{2} + \frac{d_i}{2}$$

$$T_1 = 1,5 \text{ m} ; T_2 = 3 \text{ m} ; T_3 = 3 \text{ m} ; T_4 = 3 \text{ m}$$

Les hauteurs  $H_i$  :

$$H_1 = 11 \text{ m} , H_2 = 11,51 \text{ m} , H_3 = 12,02 \text{ m} ; H_4 = 12,53 \text{ m}$$

Calcul des surfaces :

$$S_1 = \frac{H_1 \times T_1}{2} = \frac{11 \times 1,51}{2} = 8,3 \text{ m}^2$$

$$S_2 = \frac{H_2 \times T_2}{2} = \frac{11,51 \times 3,03}{2} = 17,43 \text{ m}^2$$

$$S_3 = \frac{H_3 \times T_3}{2} = \frac{12,02 \times 3,03}{2} = 18,21 \text{ m}^2$$

$$S_4 = \frac{H_4 \times T_4}{2} = \frac{12,53 \times 3,03}{2} = 18,98 \text{ m}^2$$

Les forces :

$$F_1 = Q \times S_1 + F_{fr} = 2,6 \times 8,3 + 6,6 = 28,18 \text{ KN}$$

$$F_2 = 6,6 \text{ KN}$$

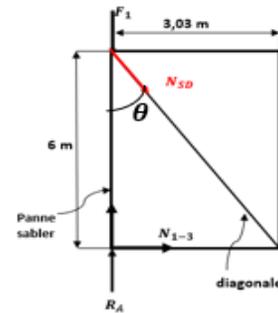
$$F_3 = Q \times S_3 + F_{fr} = 2,6 \times 18,21 + 6,6 = 53,94 \text{ KN}$$

$$F_4 = 6,6 \text{ KN}$$

Les réaction  $R_A$  et  $R_B$  :

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^3 F_i + \frac{F_4}{2} \right) = \frac{1}{2} \left( F_1 + F_2 + F_3 + \frac{F_4}{2} \right)$$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \left( 28,18 + 6,6 + 53,94 + \frac{6,6}{2} \right) = 46,51 \text{ KN}$$



Calcul de  $\theta$  :

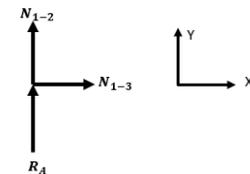
$$\text{tag } \theta = \frac{3,03}{6} = 0,51$$

$$\Rightarrow \theta = 27^\circ$$

Calcul de  $N_{SD}$  :

Nœud 1 :

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N_{1-2} + R_A = 0$$

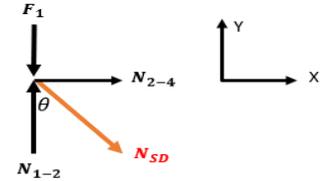


$$\Rightarrow N_{1-2} = -R_A = -46,51 \text{ KN}$$

Nœud 2 :

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -F_1 - N_{SD} \cos \theta - N_{2-1} = 0$$

$$\Rightarrow N_{SD} = -\left(\frac{F_1 + N_{2-1}}{\cos \theta}\right) = -\left(\frac{26,78 + 43,56}{\cos 27}\right) = -78,94 \text{ KN}$$



### II.1.3. Vérification des diagonales :

#### II.1.3.1. Vérification des diagonales à la traction :

On vérifie la condition suivante :  $N_{SD} \leq N_{tRD}$  .....formule 5.13 page 154 ,EC3

Avec :  $N_{tRD} = \min (N_{plRD}; N_{uRD}; N_{netRD})$

Et :  $\gamma_{M_0} = 1,1$  ;  $\gamma_{M_2} = 1,25$  ;  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$  ;  $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$

On a estimé la cornière (70 × 70 × 7)

$$A = 940 \text{ mm}^2$$

La cornière est attaché avec des boulons :  $\phi = 12 \text{ mm}$  ;  $d_0 = 14 \text{ mm}$

$$A_{\text{bollon}} = \frac{\pi \times d_0^2}{4} = \frac{3,14 \times 14^2}{4} = 153,86 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{\text{net}} = A - A_{\text{bollon}} = 940 - 153,86 = 786,04 \text{ mm}^2$$

Donc :

$$N_{SD} = 78,94 \text{ KN}$$

$$N_{plRD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{940 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 235 \text{ KN}$$

$$N_{uRD} = \frac{0,9 \times A_{\text{net}} \times f_u}{\gamma_{M_2}} = \frac{0,9 \times 786,04 \times 430 \times 10^{-3}}{1,25} = 243,35 \text{ KN}$$

$$N_{netRD} = \frac{A_{\text{net}} \times f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{786,04 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 196,51 \text{ KN}$$

$$\text{Donc : } N_{tRD} = N_{netRD} = 196,51 \text{ KN} > N_{SD} = 78,94 \text{ KN}$$

.....La traction des diagonales est vérifiée.

**II.2.Palée de stabilité verticale :**

**II.2.1.Définition :**

Les palées de stabilité est une partie importante, dans notre halle on a utilisé des palées de stabilité en X. La fonction principale des palées est de reprendre et transmettre les efforts dus aux forces horizontales ( vent et séisme) vers les fondations.

**II.2.2.Détermination de l'effort normal  $N_{SD}$  :**

**Calcul de réaction  $R_A$  et  $R_B$  :**

$H_1$  : Réaction de la poutre au vent.

$$H_1 = R_A = 46,51 \text{ KN}$$

$H_2$  : l'effort de freinage horizontale de pont roulant.

$$H_2 = 27,9 \text{ KN} \quad \dots\dots\dots (\text{chapitre VII})$$

$H_3$  : la charge de vent sur la paroi verticale.

$$H_3 = Q' \times 1,5 = 1,2 \times 1,5 = 1,8 \text{ KN}$$

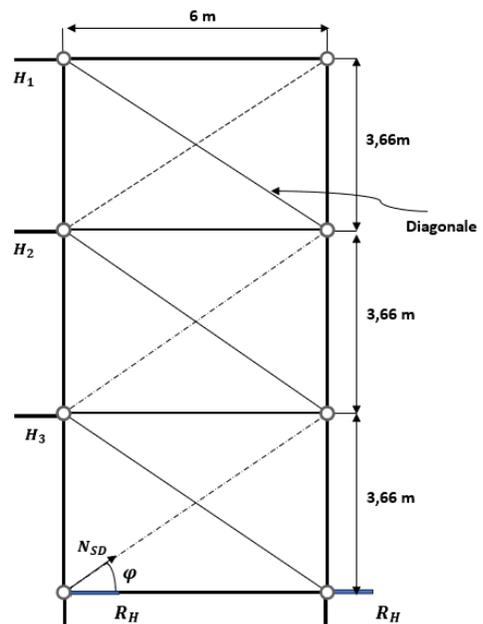


Figure VII.2 Palée de stabilité verticale.

$$\sum F/x = 0 \Rightarrow H_1 + H_2 + H_3 - 2R_H = 0$$

$$\Rightarrow R_H = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{2} = \frac{46,51 + 27,9 + 1,8}{2} = 38,10 \text{ KN}$$

$$\sum F/y = 0 \Rightarrow R_1 + R_2 = 0$$

$$\sum M/1 = 0 \Rightarrow -H_1 \times h_1 - H_2 \times h_2 - H_3 \times h_3 + R_2 \times L = 0$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{H_1 \times h_1 + H_2 \times h_2 + H_3 \times h_3}{L} = \frac{46,51 \times 11 + 27,9 \times 7,32 + 1,8 \times 3,66}{6}$$

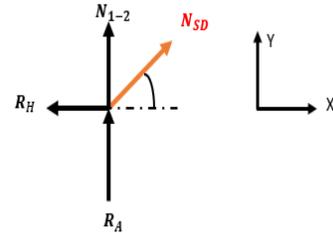
$$\Rightarrow R_2 = 120,40 \text{ KN} \Rightarrow R_1 = -120,40 \text{ KN}$$

Calcul de  $N_{SD}'$  :

$$\text{tag } \varphi = \frac{3,66}{6} = 0,61 \Rightarrow \varphi = 32^\circ$$

$$\sum F/x = 0 \Rightarrow N_{SD} \cos \varphi - R_H = 0$$

$$\Rightarrow N_{SD}' = \frac{R_H}{\cos \varphi} = \frac{38,10}{\cos 32} = 44,92 \text{ KN}$$



### II.2.3. Vérification des diagonales :

#### II.2.3.1. Vérification des diagonales a la traction :

On vérifie la condition suivant :  $N_{SD}' \leq N_{tRD}$  ..... formule 5.13 page 154 ,EC3

Avec :  $N_{tRD} = \min (N_{plRD}; N_{uRD}; N_{netRD})$

Et :  $\gamma_{M0} = 1,1$  ;  $\gamma_{M2} = 1,25$  ;  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$  ;  $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$

On estimé la cornière (60 × 60 × 6)

$$A = 691 \text{ mm}^2$$

La cornière est attaché avec des boulons :  $\varnothing = 12 \text{ mm}$  ;  $d_0 = 14 \text{ mm}$

$$A_{bollon} = \frac{\pi \times d_0^2}{4} = \frac{3,14 \times 14^2}{4} = 153,86 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{net} = A - A_{bollon} = 691 - 153,86 = 537,14 \text{ mm}^2$$

$$N_{plRD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{691 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 172,75 \text{ KN}$$

$$N_{uRD} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 537,14 \times 430 \times 10^{-3}}{1,25} = 166,29 \text{ KN}$$

$$N_{netRD} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{537,14 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 134,28 \text{ KN}$$

Donc :  $N_{tRD} = N_{netRD} = 134,28 \text{ KN} > N_{SD}' = 44,92 \text{ KN}$

.....la traction des diagonales est vérifiée.

**II.3. Dimensionnement de la panne sablière :****II.3.1. Evaluation des charges :**

La charge permanente :  $G_{HEA140} = 247 \text{ N/m}$

$$\Rightarrow G = 1,35 \times 247 = 333,45 \text{ N}$$

La charge de vent :  $H = R_A = 46,51 \text{ KN}$

**II.3.2. Vérification de la flèche :**

$$F = \frac{5 \times G \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq f_{adm} = \frac{L}{200}$$

$$F = \frac{5 \times 247 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 1033,5 \times 10^4} = 1,9 \text{ mm} < \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm}$$

.....La flèche est vérifiée.

**II.3.3. Vérification de flambement :**

$$\frac{N_{SD}}{\chi_{min} \times A \times f_y} > 0,1 \text{ et } \bar{\lambda}_{max} > 0,2$$

$$\gamma_{M_1}$$

Calcul de l'enlacement:

$$\lambda_i = 86$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{600}{5,73} = 104,71 \quad \text{et} \quad \lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{600}{3,52} = 170,45$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_i} = \frac{104,71}{86} = 1,21 \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_i} = \frac{170,45}{86} = 1,98$$

$$\Rightarrow \bar{\lambda}_{max} = 1,98 > 0,2$$

.....La condition est vérifiée.

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z)$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{0,5}} \quad , \quad \chi_z = \frac{1}{\phi_z + (\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)^{0,5}}$$

$$\text{Avec : } \phi_y = 0,5 \left( 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right) \text{ et } \phi_z = 0,5 \left( 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right)$$

Détermination de  $\alpha$  : ( $\alpha$  : facteur d'imperfection EC3 page 175)

Les axes de flambement : y-y' : courbe a  $\rightarrow \alpha = 0,21$

$z-z'$  : courbe b  $\rightarrow \alpha = 0,34$

$$\phi_y = 0,5(1 + 0,21(1,02 - 0,2) + 1,02^2) = 1,1$$

$$\phi_z = 0,5(1 + 0,34(1,98 - 0,2) + 1,98^2) = 2,76$$

$$\chi_y = \frac{1}{1,1 + (1,1^2 - 1,02^2)^{0,5}} = 0,66 \quad , \quad \chi_z = \frac{1}{2,76 + (2,76^2 - 1,98^2)^{0,5}} = 0,21$$

$$\Rightarrow \chi_{min} = \chi_z = 0,21$$

$$\Rightarrow \frac{43560}{\frac{0,21 \times 3140 \times 275}{1,1}} = 0,26 > 0,1$$

.....La condition est vérifiée.

#### II.4. Dimensionnement de la panne montant :

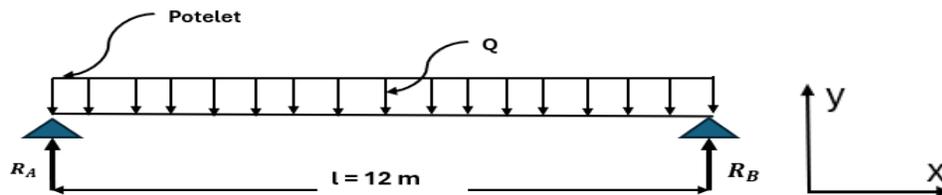
On estime un HEB160 pour les pannes montant.

$$W_j = 1235,25 \text{ N/m}^2$$

.....( tableau 9 chapitre II)

$e$  : entraxe des potelet = 6 m

$$Q = W_j \times e = 1235,25 \times 6 = 7411,5 \text{ N/m}$$



##### II.4.1. Calcul des réaction $R_A$ et $R_B$ :

$$R_A = R_B = \frac{Q \times L}{2} = \frac{7411,5 \times 12}{2} = 44,46 \text{ KN}$$

### II.4.2. Vérification de flambement :

Il faut vérifier :

$$\frac{N_{SD}}{\chi_{min} \times N_{pl RD}} + \frac{K_y \times M_{y SD}}{M_{y pl RD}} + \frac{K_z \times M_{z SD}}{M_{z pl RD}} \leq 1$$

$l_f = l_0$  : la panne montant est articulée-articulée.

$\lambda_i = 86$ ,  $\varepsilon = 1$ ,  $\beta_A = 1$  ( section de classe 1)

$\beta_M = 1,3$  : charge uniformément répartie sur une poutre simplement appuyé.

**Calcul de  $\lambda_y$  et  $\lambda_z$ :**

$$\bar{\lambda}_y = \left( \frac{\lambda_y}{\lambda_i} \right) \beta_A^{0,5} \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_z = \left( \frac{\lambda_z}{\lambda_i} \right) \beta_A^{0,5}$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{600}{6,78} = 88,49 \quad \text{et} \quad \lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{300}{4,05} = 74,07$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_i} = \frac{88,49}{86} = 1,02 \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_i} = \frac{74,07}{86} = 0,86$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z)$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{0,5}} \quad \text{et} \quad \chi_z = \frac{1}{\phi_z + (\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)^{0,5}}$$

$$\phi_y = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2)$$

$$\phi_z = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2)$$

**Détermination les axes de flambement :**

$$y-y' : \text{courbe a} \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$$

$$z-z' : \text{courbe b} \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$$

$$\Rightarrow \phi_y = 0,5(1 + 0,21(1,02 - 0,2) + 1,02^2) = 1,1$$

$$\Rightarrow \phi_z = 0,5(1 + 0,34(0,86 - 0,2) + 0,86^2) = 0,98$$

$$\chi_y = \frac{1}{1,1 + (1,1^2 - 1,02^2)^{0,5}} = 0,66 \quad \text{et} \quad \chi_z = \frac{1}{0,98 + (0,98^2 - 0,86^2)^{0,5}} = 0,69$$

$$\text{Donc : } \chi_{min} = \chi_y = 0,66$$

$$N_{SD} = 82,25 \text{ KN}$$

$$M_{ySD} = \frac{q_{zELU} \times L^2}{8} = \frac{3105,16 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 13,97 \text{ KN.m}$$

$$M_{zSD} = \frac{q_{yELU} \times L^2}{8} = \frac{246,21 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 1,1 \text{ KN.m}$$

$$M_{plyRD} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{354 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 88,5 \text{ KN.m}$$

$$M_{plzRD} = \frac{W_{plz} \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{170 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 42,5 \text{ KN.m}$$

$$N_{plRD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{5430 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 1357,5 \text{ KN}$$

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{SD}}{\chi_y \times A \times f_y}$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y(2\beta_M - 4) + \left( \frac{W_{ply} - W_{ely}}{W_{ely}} \right) = 1,02(2 \times 1,3 - 4) + \left( \frac{354 - 312}{312} \right)$$

$$\mu_y = -1,3$$

$$K_z = 1 - \frac{\mu_z \times N_{SD}}{\chi_z \times A \times f_y}$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z(2\beta_M - 4) + \left( \frac{W_{plz} - W_{elz}}{W_{elz}} \right) = 0,86(2 \times 1,3 - 4) + \left( \frac{170 - 111}{111} \right)$$

$$\mu_z = -0,67$$

$$\Rightarrow K_y = 1 + \frac{1,3 \times 44,46}{0,66 \times 5430 \times 275 \times 10^{-3}} = 1,05$$

$$\Rightarrow K_z = 1 + \frac{0,67 \times 44,46}{0,69 \times 5430 \times 275 \times 10^{-3}} = 1,02$$

**Vérification :**

$$\frac{44,46}{0,66 \times 1357,5} + \frac{1,05 \times 13,97}{88,5} + \frac{1,02 \times 1,1}{42,5} = 0,05 + 0,16 + 0,026 = 0,23 < 1$$

..... le flambement est vérifié.

.....La panne montante (HEB160) résistera au flambement.

**II.4.1. Vérification des pannes ordinaire :**

**II.4.1.1. Evaluation des charges :**

$W_j = -1738,5 \text{ N/m}^2$  .....(tableau 9 chapitre II)

d : entraxe des pannes = 1,4 m

- La charge permanente :

$G_{IPE160} = 158 \text{ N/m}$

- La charge variable :

$Q_z = W_j \times d = -1738,5 \times 1,4 = -2433,5 \text{ N/m}$

- L'effort de vent (compression) :  $F = R_A = N_{sd} = 46,51 \text{ KN}$

**II.4.1.2. Combinaison des charges :**

- ELS:

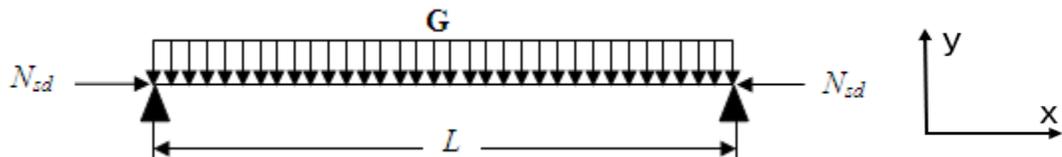
suivant  $\begin{cases} y - y' : q_{y \text{ ELS}} = G \times \sin\alpha = 158 \times \sin 10 = 27,43 \text{ N/m} \\ z - z' : q_{z \text{ ELS}} = G \times \cos\alpha + Q_z = 158 \times \cos 10 - 2433,5 = -2278 \text{ N/m} \end{cases}$

- ELU :

Suivant  $\begin{cases} y - y' : q_{y \text{ ELU}} = 1,35 \times G \times \sin\alpha = 1,35 \times 158 \times \sin 10 = 37,03 \text{ N/m} \\ z - z' : q_{z \text{ ELU}} = 1,35 \times G \times \cos\alpha + 1,5Q_z = -3440 \text{ N/m} \end{cases}$

**II.4.1.3. Vérification de la flèche :**

on vérifier :  $F_y = \frac{5 \times q_z \text{ ELS} \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq f_{adm} = \frac{L}{200}$



L= 6m

$f_{adm} = \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm}$

$$F_y = \frac{5 \times q_{z\ ELS} \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 2278 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 869,3 \times 10^4} = 21,05 \text{ mm}$$

..... La flèche est vérifiée.

#### II.4.1.4. Vérification de flambement :

Il faut vérifier :

$$\frac{N_{SD}}{\chi_{min} \times N_{pl\ RD}} + \frac{K_y \times M_{y\ SD}}{M_{y\ pl\ RD}} + \frac{K_z \times M_{z\ SD}}{M_{z\ pl\ RD}} \leq 1$$

On a :

$l_f = l_0$  : la panne montante est articulée-articulée.

$\lambda_i = 86$ ,  $\varepsilon = 1$ ,  $\beta_A = 1$  (section de classe 1)

$\beta_M = 1,3$  : charge uniformément répartie sur une poutre simplement appuyée.

Calcul de  $\lambda_y$  et  $\lambda_z$  :

$$\bar{\lambda}_y = \left( \frac{\lambda_y}{\lambda_i} \right) \beta_A^{0,5} \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_z = \left( \frac{\lambda_z}{\lambda_i} \right) \beta_A^{0,5}$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{600}{6,58} = 91,18 \quad \text{et} \quad \lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{600}{1,84} = 326,08$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_i} = \frac{91,18}{86} = 1,06 \quad \text{et} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_i} = \frac{326,08}{86} = 3,79$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z)$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{0,5}} \quad \text{et} \quad \chi_z = \frac{1}{\phi_z + (\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)^{0,5}}$$

$$\phi_y = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2)$$

$$\phi_z = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2)$$

Détermination des axes de flambement :

$$y-y' : \text{courbe a} \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$$

$$z-z' : \text{courbe b} \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$$

$$\Rightarrow \phi_y = 0,5(1 + 0,21(1,06 - 0,2) + 1,06^2) = 1,15$$

$$\Rightarrow \phi_z = 0,5(1 + 0,34(3,79 - 0,2) + 3,79^2) = 8,29$$

$$\chi_y = \frac{1}{1,15 + (1,15^2 - 1,06^2)^{0,5}} = 0,63 \text{ et } \chi_z = \frac{1}{8,29 + (8,29^2 - 3,79^2)^{0,5}} = 0,17$$

$$\text{Donc : } \chi_{\min} = \chi_z = 0,17$$

$$N_{SD} = 82,25 \text{ KN}$$

$$M_{ySD} = \frac{q_{zELU} \times L^2}{8} = \frac{3440 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 15,48 \text{ KN}$$

$$M_{zSD} = \frac{q_{yELU} \times L^2}{8} = \frac{37,03 \times 10^{-3} \times 6^2}{8} = 0,16 \text{ KN}$$

$$M_{plyRD} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{123,9 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 30,97 \text{ KN.m}$$

$$M_{plzRD} = \frac{W_{plz} \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{26,1 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^{-3} \times 10^6}{1,1} = 6,52 \text{ KN.m}$$

$$N_{plRD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{2010 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 502,5 \text{ KN}$$

$$K_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{SD}}{\chi_y \times A \times f_y}$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y(2\beta_M - 4) + \left( \frac{W_{ply} - W_{ely}}{W_{ely}} \right) = 1,06(2 \times 1,3 - 4) + \left( \frac{123,9 - 108,7}{108,7} \right)$$

$$\mu_y = -1,35$$

$$K_z = 1 - \frac{\mu_z \times N_{SD}}{\chi_z \times A \times f_y}$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z(2\beta_M - 4) + \left( \frac{W_{plz} - W_{elz}}{W_{elz}} \right) = 3,79(2 \times 1,3 - 4) + \left( \frac{26,1 - 16,65}{16,65} \right)$$

$$\mu_z = -4,74$$

$$\Rightarrow K_y = 1 + \frac{1,35 \times 82,25}{0,63 \times 2010 \times 275 \times 10^{-3}} = 1,31$$

$$\Rightarrow K_z = 1 + \frac{4,74 \times 82,25}{0,17 \times 2010 \times 275 \times 10^{-3}} = 5,14$$

**Vérification :**

$$\frac{82,25}{0,17 \times 502,5} + \frac{1,31 \times 15,48}{30,97} + \frac{5,14 \times 0,16}{6,52} = 0,96 + 0,63 + 0,12 = 1,71 > 1$$

.....La condition non vérifiée.

.....Le flambement non vérifiée.

Donc on doit ajouter des lierne liernes à mi portée des pannes pour crée un appui intermédiaire pour réduire la flèche .

### II.5.Calcul des liernes :

$$R = \frac{5 \times q_y \times L}{2} = \frac{5 \times 27,43 \times 10^{-3} \times 3}{2} = 0,2 \text{ KN}$$

$$T_1 = \frac{R}{2} = 0,1 \text{ KN}$$

$$T_2 = T_1 + R = 0,3 \text{ KN}$$

$$T_3 = T_2 + R = 0,5 \text{ KN}$$

$$T_4 = T_3 + R = 0,7 \text{ KN}$$

$$T_5 = \frac{T_4}{2} \times \cos \xi$$

Calcul de  $\xi$  :

$$\cos \xi = \frac{1,4}{3} = 0,46 \Rightarrow \xi = 62,61^\circ \cong 63^\circ$$

$$T_5 = \frac{0,7}{2} \times \cos 63 = 0,15 \text{ KN}$$

$$T_4 \leq A \times \sigma_e \Rightarrow A \geq \frac{T_4}{\sigma_e} = \frac{0,7}{275 \times 10^{-3}} = 2,54 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,54}{3,14}} = 1,6 \text{ mm}$$

Donc le diamètre choisi pour les liernes est :  $\emptyset = 12 \text{ mm}$

**II.6. Palée de stabilité horizontale de chemin de roulement (bracon) :**

**II.6.1. Définition :**

Le rôle principal de la stabilité horizontale dans les chemins de roulement est de transmettre les efforts longitudinaux dus à l'accélération ou au freinage de pont roulant.

**II.6.2. Détermination de  $N_{SD}$  :**

$H_L = 27,9 \text{ KN}$  .....(chapitre VII)

On a :  $\sum F_y = 0$

$\Rightarrow -2R_h + H_L = 0$

$\Rightarrow R_h = \frac{H_L}{2} = \frac{27,9}{2} = 13,95 \text{ KN}$

**Calcul de  $\alpha$  :**

$\text{tag}\alpha = \frac{0,7}{3} = 0,23 \Rightarrow \alpha = 13^\circ$

$\Rightarrow N_{SD} \times \cos\alpha - R_h = 0 \Rightarrow N_{SD} = \frac{R_h}{\cos\alpha} = \frac{13,95}{\cos 13} = 14,31 \text{ K}$

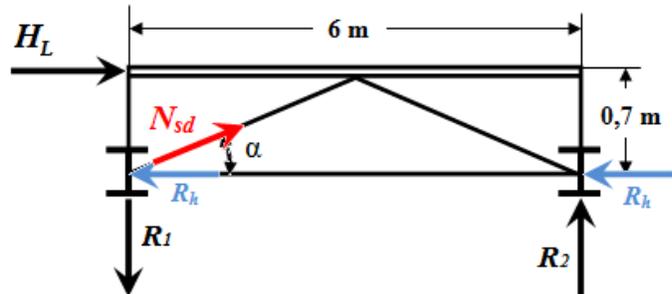


Figure VII.3 : Stabilité de PDR (bracon).

**II.6.3. Vérification des diagonales à la traction :**

On vérifie la condition suivante :  $N_{SD} \leq N_{tRD}$  .....Formule 5.13 page 154 EC3.

Avec :  $N_{tRD} = \min (N_{plRD}; N_{uRD}; N_{netRD})$

$\gamma_{M_0} = 1,1 ; \gamma_{M_2} = 1,25 ; f_y = 275 \text{ N/mm}^2 ; f_u = 430 \text{ N/mm}^2$

La cornière estimée est L60x60x6 ;  $A = 691 \text{ mm}^2$

Les cornière attachée avec des boulons  $\varnothing = 12 \text{ mm} \Rightarrow d_0 = 14 \text{ mm}$

$A_0 = \frac{\pi \times d_0^2}{4} = \frac{3,14 \times 14^2}{4} = 153,86 \text{ mm}^2$

$A_{net} = A - A_0 = 691 - 153,86 = 537,14 \text{ mm}^2$

$N_{sd} = 14,26 \text{ KN}$

$N_{plRD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{691 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 172,75 \text{ KN}$

$$N_{uRD} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M_2}} = \frac{0,9 \times 537,14 \times 430 \times 10^{-3}}{1,25} = 166,29 \text{ KN}$$

$$N_{netRD} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{537,14 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 134,28 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow N_{tRD} = N_{netRD} = 134,28 \text{ KN}$$

Donc :  $N_{SD} = 14,26 \text{ KN} < N_{tRD} = 134,28 \text{ KN}$  .....vérifiée.

.....Les diagonales est vérifiée.

#### II.6.4. Vérification de la compression (flambement) de la diagonale :

On vérifie la condition suivante :

$$N_{SD} \leq \frac{\chi \times \beta \times A \times f_y}{\gamma_{M_1}}$$

$$N_{SD} = 14,26 \text{ KN} \quad \text{et} \quad \gamma_{M_1} = 1,1$$

**Calcul de  $\chi$  :**

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0,5}} \quad \text{et} \quad \phi = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_i} \sqrt{\beta_A} \quad \text{et} \quad \beta_A = 1; \quad \lambda_i = 86$$

On a la longueur de flambement est  $L = 3\text{m} \Rightarrow \lambda = \frac{L}{i} \quad (i_y = i_z : \text{corniere a ailes égaux})$

$$\lambda = \frac{300}{1,82} = 164,83$$

$$\bar{\lambda} = \frac{164,83}{86} \sqrt{1} = 1,91$$

Avec :  $\alpha = 0,49$  .....(courbe c, profilé en L, qu'elle que soit la section)

$$\Rightarrow \phi = 0,5(1 + 0,49(1,91 - 0,2) + 1,91^2) = 2,74$$

$$\Rightarrow \chi = \frac{1}{2,74 + (2,74^2 - 1,91^2)^{0,5}} = 0,21$$

Donc :

$$N_{SD} = 14,26 \leq \frac{0,21 \times 1 \times 691 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 36,27 \text{ KN}$$

.....le flambement est vérifié.

### III. Stabilité de bâtiment :

#### III.1.calcul des réaction $R_A$ et $R_B$ :

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 2R_h = H_I \Rightarrow R_h = \frac{H_I}{2}$$

$$H_I = 33,62 + 67,24 + 66,57 = 166,43 \text{ KN}$$

..... (Voir tableau 4)

$$R_h = \frac{166,43}{2} = 83,22 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow R_A = R_B$$

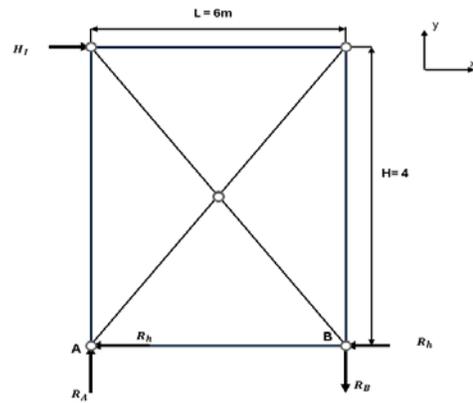


Figure VII.4 : Stabilité verticale de bâtiment.

$$\sum M/B = 0 \Rightarrow R_A = \frac{h_1 \times H_1 + h_2 \times H_2 + h_3 \times H_3}{L}$$

$$H_1 = 33,62 \text{ KN} ; H_2 = 67,24 \text{ KN} ; H_3 = 66,57 \text{ KN}$$

..... (Voir tableau 4)

$$h_1 = 4 \text{ m} ; h_2 = 8 \text{ m} ; h_3 = 12 \text{ m}$$

..... (hauteur de chaque niveau)

$$R_A = \frac{33,62 \times 4 + 67,24 \times 8 + 66,57 \times 12}{6} = 252,20 \text{ KN}$$

$$R_A = R_B = 252,20 \text{ KN}$$

#### III.2. Déterminé de $N_{sd}$ :

On utilise la méthode des nœuds pour déterminer l'effort  $N_{sd}$

Nœud 1 :

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -R_H + N_{1-3} \sin \gamma = 0$$

Calcul de  $\gamma$  :

$$\text{tng } \gamma = \frac{4}{6} = 0,66$$

$$\gamma = 33,42^\circ$$

$$N_{1-3} = \frac{R_H}{\sin \gamma} = \frac{83,71}{\sin 33,42} = 161,06 \text{ KN}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow R_A + N_{1-2} + N_{1-3} \cos \gamma = 0$$

$$N_{1-2} = -(R_A + N_{1-3} \cos \gamma) = -(252,20 + 161,06 \sin 33,42)$$

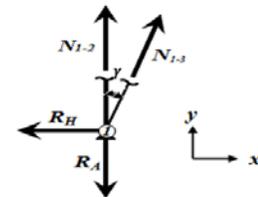
$$N_{1-2} = -340,90 \text{ KN}$$

**Nœud 1 :**

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -N_{2-1} - N_{2-4} \cos \gamma = 0$$

$$N_{2-4} = -\frac{N_{2-1}}{\cos \gamma} = -\frac{340,90}{\cos 33,42} = -408,43 \text{ KN}$$

$$N_{sd} : \begin{cases} N_{1-3} = 161,06 \text{ KN} & (\text{traction}) \\ N_{2-4} = -408,43 \text{ KN} & (\text{compression}) \\ N_{3-1} = -161,06 \text{ KN} & (\text{compression}) \\ N_{4-2} = 408,43 \text{ KN} & (\text{traction}) \end{cases}$$



### III.3. Vérification de la classe de profilé :

On a choisi le profilé HEA 160.

- L'âme :

On vérifie :

$$\frac{d}{t_w} = \frac{104}{9} = 17,33 < 72\varepsilon \text{ et } \varepsilon = 1$$

Ame de classe 1

- Semelle :

On vérifie :

$$\frac{c}{t_f} \leq 10\varepsilon \text{ et } \varepsilon = 1 \quad ; c = \frac{b}{2} = \frac{160}{2} = 80 \text{ mm} \quad ; t_f = 9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{80}{9} = 8,88 < 10$$

Semelle de classe 1

**III.3.1. Vérification flambement de la barre :**

On vérifie la condition suivante :

$$N_{sd} \leq N_{plRD} = \frac{\chi \times \beta_A \times A \times f_y}{\gamma_{M_0}}$$

$$\beta_A = 1 ; A = 3880 \text{ mm}^2 ; \gamma_{M_0} = 1,1 ; \lambda_i = 86$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + (\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)^{0,5}} ; \phi_z = 0,5(1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2)$$

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{360}{6,57} = 54,79 ; \lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{360}{3,98} = 90,45$$

$$\bar{\lambda}_z > \bar{\lambda}_y \Rightarrow \text{le flambement au tour de } (z-z')$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{90,45}{86} = 1,05$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 < 1,2 \\ t_f < 100 \text{ mm} \end{array} \right. \Rightarrow \text{courbe de flambement } (c) \Rightarrow \alpha = 0,49$$

$$\phi_z = 0,5(1 + 0,49(1,05 - 0,2) + 1,05^2) = 1,26$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,26 + (1,26^2 - 1,05^2)^{0,5}} = 0,51$$

$$N_{sd} = 408,43 \text{ KN} \leq N_{plRD} = \frac{0,51 \times 1 \times 3880 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 494,7 \text{ KN}$$

..... Le flambement est vérifié.

**III.3.2. Vérification à la traction :**

On vérifie la condition suivante :

$$N_{sd} \leq N_{tRD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}}$$

$$\Rightarrow N_{sd} = 408,43 \text{ KN} < N_{tRD} = \frac{3880 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 970 \text{ KN}$$

..... la traction est vérifié.

..... la diagonale HEA160 est vérifié.

### III.4. Vérification de la poutre sablière :

#### III.4.1. Vérification a la compression :

le profile estimé pour la poutre sablière est : IPE270

On vérifié la condition suivant :  $N_{sd} \leq N_{c\ rd}$

$$N_{sd} = 166,43 \text{ KN}$$

$$N_{c\ rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{4590 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 1147,5 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 166,43 \text{ KN} \leq N_{c\ rd} = 1147,5 \text{ KN}$$

..... La compression est vérifié.

..... Le profilé IPE270 est vérifié pour les poutres sablière.

### IV. Conclusion :

D'après toutes les vérifications précédentes , nous avons montré que la stabilité longitudinale de la construction est assurée par deux type de stabilité :

Pour le bâtiment on utilise des stabilité en X de profilé HEA160, et pour le halle industrielle on utilise les cornières (60X60X6) et pour les bracons de chemin de roulement dans le halle industrielle, ils sont dimensionné a la traction et compression.

Les profilées choisis sont :

Halle industrielle

- Contreventement : CAE (70x70x7)
- Stabilité : (60x60x6)
- Bracon : (60x60x6)
- Panne montant : HEB160

Bâtiment

- Diagonale : HEA160

# *Chapitre VIII*

*Etude de*

*la structure*

## I. Introduction :

L'étude de la structure nécessite au préalable l'évaluation de toutes les charges (permanentes, exploitation, neige et vent et l'effet de séisme ) qui lui seraient appliquées. Son calcul est sous les combinaison d'action les plus défavorables aux quelles la pourrait être soumis durant toute la période d'exécution de l'ouvrage.

## II. Etude de la structure :

### II.1. Halle industrielle :

Le calcul est effectué par logiciel ROBOT structural analyse professionnel 2023, les notes de calcul sont données par famille on s'intéressent pour chaque famille a l'élément le plus sollicité.

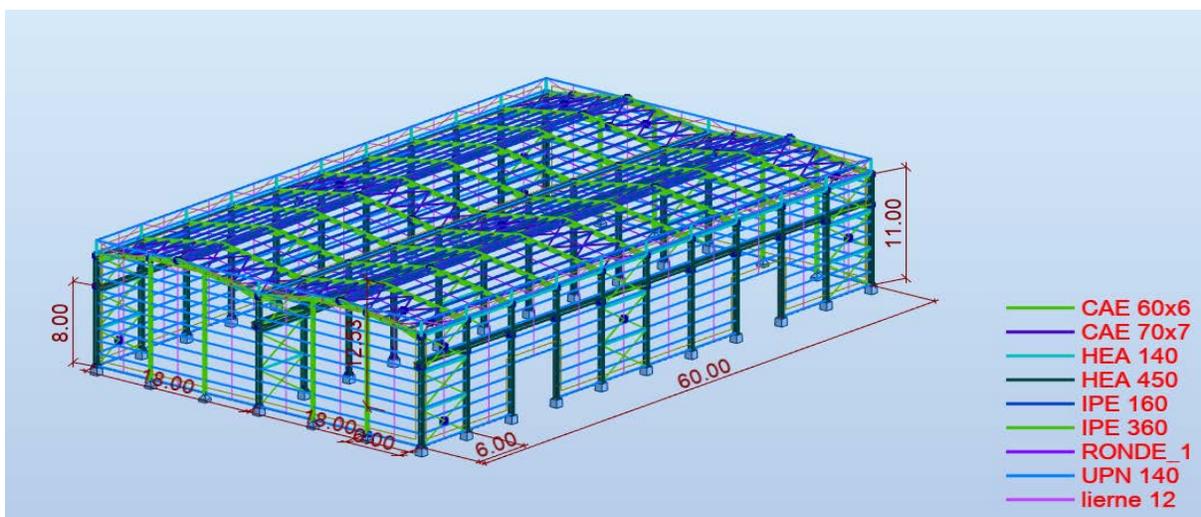


Figure VIII.1. Dimensions de la structure.

#### II.1.1. Caractéristique des barres :

Tableau VIII. 1 : Caractéristiques des barres.

| Profilé                 | Couleur de profilé | h[mm] | b[mm] | p[Kg/m] | Iy[cm <sup>4</sup> ] | Iz[cm <sup>4</sup> ] |
|-------------------------|--------------------|-------|-------|---------|----------------------|----------------------|
| Poteau HEA 450          |                    | 440   | 300   | 139,8   | 63722                | 9465                 |
| Traverse IPE 360        |                    | 360   | 170   | 57,1    | 16265,6              | 1043,20              |
| Potelet IPE360          |                    | 360   | 170   | 57,1    | 16265,6              | 1043,20              |
| Sablière HEA140         |                    | 133   | 140   | 24,7    | 1033,1               | 389,3                |
| Lisse de bardage UPN140 |                    | 140   | 60    | 16      | 605                  | 62,7                 |
| Baïonnette              |                    | 133   | 140   | 24,7    | 1033,1               | 389,3                |
| Pdr HEA450              |                    | 440   | 300   | 139,8   | 63722                | 9465                 |
| Console HEA450          |                    | 440   | 300   | 139,8   | 63722                | 9465                 |

II.1.2. Combinaisons des charges :

Tableau VIII. 2 : Combinaisons des charges.

| Comb   | Nom                                      | Type D'analyse       | Définition        |
|--------|--|----------------------|-------------------|
| 15 (C) | ELU/3=1*1.35 + 2*1.50                    | Combinaison linéaire | 1*1.35+2*1.50     |
| 16 (C) | ELU/4=1*1.35 + 6*1.50                    | Combinaison linéaire | 1*1.35+6*1.50     |
| 17 (C) | ELU/5=1*1.35 + 2*1.50 + 6*1.50           | Combinaison linéaire | 1*1.35+(2+6)*1.50 |
| 18 (C) | ELU/6=1*1.35 + 7*1.50                    | Combinaison linéaire | 1*1.35+7*1.50     |
| 19 (C) | ELU/7=1*1.35 + 2*1.50 + 7*1.50           | Combinaison linéaire | 1*1.35+(2+7)*1.50 |
| 20 (C) | ELU/8=1*1.35 + 6*1.50 + 7*1.50           | Combinaison linéaire | 1*1.35+(6+7)*1.50 |
| 21 (C) | ELU/10=1*1.35 + 8*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.35+8*1.50     |
| 22 (C) | ELU/11=1*1.35 + 2*1.50 + 8*1.50          | Combinaison linéaire | 1*1.35+(2+8)*1.50 |
| 23 (C) | ELU/12=1*1.35 + 6*1.50 + 8*1.50          | Combinaison linéaire | 1*1.35+(6+8)*1.50 |
| 24 (C) | ELU/19=1*1.00 + 2*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+2*1.50     |
| 25 (C) | ELU/20=1*1.00 + 6*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+6*1.50     |
| 26 (C) | ELU/21=1*1.00 + 2*1.50 + 6*1.50          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+6)*1.50 |
| 27 (C) | ELU/22=1*1.00 + 7*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+7*1.50     |
| 28 (C) | ELU/23=1*1.00 + 2*1.50 + 7*1.50          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7)*1.50 |
| 29 (C) | ELU/26=1*1.00 + 8*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+8*1.50     |
| 30 (C) | ELU/27=1*1.00 + 2*1.50 + 8*1.50          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8)*1.50 |
| 31 (C) | ELU/33=1*1.35 + 3*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.35+3*1.50     |
| 32 (C) | ELU/34=1*1.35 + 4*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.35+4*1.50     |
| 33 (C) | ELU/35=1*1.00 + 3*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+3*1.50     |
| 34 (C) | ELU/36=1*1.00 + 4*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+4*1.50     |
| 35 (C) | ELU/37=1*1.35 + 5*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.35+5*1.50     |
| 36 (C) | ELU/38=1*1.00 + 5*1.50                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+5*1.50     |
| 37 (C) | ELU/42=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35          | Combinaison linéaire | (1+2+3)*1.35      |
| 38 (C) | ELU/43=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35          | Combinaison linéaire | (1+2+4)*1.35      |
| 39 (C) | ELU/44=1*1.35 + 6*1.35 + 3*1.35          | Combinaison linéaire | (1+6+3)*1.35      |
| 40 (C) | ELU/45=1*1.35 + 6*1.35 + 4*1.35          | Combinaison linéaire | (1+6+4)*1.35      |
| 41 (C) | ELU/46=1*1.35 + 2*1.35 + 6*1.35 + 3*1.35 | Combinaison linéaire | (1+2+6+3)*1.35    |
| 42 (C) | ELU/47=1*1.35 + 2*1.35 + 6*1.35 + 4*1.35 | Combinaison linéaire | (1+2+6+4)*1.35    |
| 43 (C) | ELU/48=1*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35          | Combinaison linéaire | (1+7+3)*1.35      |
| 44 (C) | ELU/49=1*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35          | Combinaison linéaire | (1+7+4)*1.35      |
| 45 (C) | ELU/50=1*1.35 + 2*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35 | Combinaison linéaire | (1+2+7+3)*1.35    |
| 46 (C) | ELU/51=1*1.35 + 2*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35 | Combinaison linéaire | (1+2+7+4)*1.35    |
| 47 (C) | ELU/52=1*1.35 + 6*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35 | Combinaison linéaire | (1+6+7+3)*1.35    |
| 48 (C) | ELU/53=1*1.35 + 6*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35 | Combinaison linéaire | (1+6+7+4)*1.35    |
| 49 (C) | ELU/56=1*1.35 + 8*1.35 + 3*1.35          | Combinaison linéaire | (1+8+3)*1.35      |
| 50 (C) | ELU/57=1*1.35 + 8*1.35 + 4*1.35          | Combinaison linéaire | (1+8+4)*1.35      |
| 51 (C) | ELU/58=1*1.35 + 2*1.35 + 8*1.35 + 3*1.35 | Combinaison linéaire | (1+2+8+3)*1.35    |
| 52 (C) | ELU/59=1*1.35 + 2*1.35 + 8*1.35 + 4*1.35 | Combinaison linéaire | (1+2+8+4)*1.35    |
| 53 (C) | ELU/73=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+3)*1.35 |

|        |  |                      |                       |
|--------|--|----------------------|-----------------------|
| 54 (C) | $ELU/74=1*1.00 + 2*1.35 + 4*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+4)*1.35$   |
| 55 (C) | $ELU/75=1*1.00 + 6*1.35 + 3*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+3)*1.35$   |
| 56 (C) | $ELU/76=1*1.00 + 6*1.35 + 4*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+4)*1.35$   |
| 57 (C) | $ELU/77=1*1.00 + 2*1.35 + 6*1.35 + 3*1.35$           | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+3)*1.35$ |
| 58 (C) | $ELU/78=1*1.00 + 2*1.35 + 6*1.35 + 4*1.35$           | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+4)*1.35$ |
| 59 (C) | $ELU/79=1*1.00 + 7*1.35 + 3*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+3)*1.35$   |
| 60 (C) | $ELU/80=1*1.00 + 7*1.35 + 4*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+4)*1.35$   |
| 61 (C) | $ELU/81=1*1.00 + 2*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35$           | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+7+3)*1.35$ |
| 62 (C) | $ELU/82=1*1.00 + 2*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35$           | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+7+4)*1.35$ |
| 63 (C) | $ELU/87=1*1.00 + 8*1.35 + 3*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(8+3)*1.35$   |
| 64 (C) | $ELU/88=1*1.00 + 8*1.35 + 4*1.35$                    | Combinaison linéaire | $1*1.00+(8+4)*1.35$   |
| 65 (C) | $ELU/89=1*1.00 + 2*1.35 + 8*1.35 + 3*1.35$           | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+8+3)*1.35$ |
| 66 (C) | $ELU/90=1*1.00 + 2*1.35 + 8*1.35 + 4*1.35$           | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+8+4)*1.35$ |
| 67 (C) | $ELU/102=1*1.35 + 2*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $(1+2+5)*1.35$        |
| 68 (C) | $ELU/103=1*1.35 + 6*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $(1+6+5)*1.35$        |
| 69 (C) | $ELU/104=1*1.35 + 2*1.35 + 6*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+2+6+5)*1.35$      |
| 70 (C) | $ELU/105=1*1.35 + 7*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $(1+7+5)*1.35$        |
| 71 (C) | $ELU/106=1*1.35 + 2*1.35 + 7*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+2+7+5)*1.35$      |
| 72 (C) | $ELU/107=1*1.35 + 6*1.35 + 7*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+6+7+5)*1.35$      |
| 73 (C) | $ELU/109=1*1.35 + 8*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $(1+8+5)*1.35$        |
| 74 (C) | $ELU/110=1*1.35 + 2*1.35 + 8*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+2+8+5)*1.35$      |
| 75 (C) | $ELU/117=1*1.00 + 2*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+5)*1.35$   |
| 76 (C) | $ELU/118=1*1.00 + 6*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+5)*1.35$   |
| 77 (C) | $ELU/119=1*1.00 + 2*1.35 + 6*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+5)*1.35$ |
| 78 (C) | $ELU/120=1*1.00 + 7*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+5)*1.35$   |
| 79 (C) | $ELU/121=1*1.00 + 2*1.35 + 7*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+7+5)*1.35$ |
| 80 (C) | $ELU/124=1*1.00 + 8*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(8+5)*1.35$   |
| 81 (C) | $ELU/125=1*1.00 + 2*1.35 + 8*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+8+5)*1.35$ |
| 82 (C) | $ELU/131=1*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $(1+3+5)*1.35$        |
| 83 (C) | $ELU/132=1*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $(1+4+5)*1.35$        |
| 84 (C) | $ELU/133=1*1.00 + 3*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(3+5)*1.35$   |
| 85 (C) | $ELU/134=1*1.00 + 4*1.35 + 5*1.35$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(4+5)*1.35$   |
| 86 (C) | $ELU/138=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+2+3+5)*1.35$      |
| 87 (C) | $ELU/139=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+2+4+5)*1.35$      |
| 88 (C) | $ELU/140=1*1.35 + 6*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+6+3+5)*1.35$      |
| 89 (C) | $ELU/141=1*1.35 + 6*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+6+4+5)*1.35$      |
| 90 (C) | $ELU/142=1*1.35 + 2*1.35 + 6*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $(1+2+6+3+5)*1.35$    |
| 91 (C) | $ELU/143=1*1.35 + 2*1.35 + 6*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $(1+2+6+4+5)*1.35$    |
| 92 (C) | $ELU/144=1*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+7+3+5)*1.35$      |
| 93 (C) | $ELU/145=1*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+7+4+5)*1.35$      |
| 94 (C) | $ELU/146=1*1.35 + 2*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $(1+2+7+3+5)*1.35$    |
| 95 (C) | $ELU/147=1*1.35 + 2*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $(1+2+7+4+5)*1.35$    |
| 96 (C) | $ELU/152=1*1.35 + 8*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+8+3+5)*1.35$      |

|         |  |                      |                         |
|---------|--|----------------------|-------------------------|
| 97 (C)  | $ELU/153=1*1.35 + 8*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $(1+8+4+5)*1.35$        |
| 98 (C)  | $ELU/154=1*1.35 + 2*1.35 + 8*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $(1+2+8+3+5)*1.35$      |
| 99 (C)  | $ELU/155=1*1.35 + 2*1.35 + 8*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $(1+2+8+4+5)*1.35$      |
| 100 (C) | $ELU/169=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+3+5)*1.35$   |
| 101 (C) | $ELU/170=1*1.00 + 2*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+4+5)*1.35$   |
| 102 (C) | $ELU/171=1*1.00 + 6*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+3+5)*1.35$   |
| 103 (C) | $ELU/172=1*1.00 + 6*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+4+5)*1.35$   |
| 104 (C) | $ELU/173=1*1.00 + 2*1.35 + 6*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+3+5)*1.35$ |
| 105 (C) | $ELU/174=1*1.00 + 2*1.35 + 6*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+4+5)*1.35$ |
| 106 (C) | $ELU/175=1*1.00 + 7*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+3+5)*1.35$   |
| 107 (C) | $ELU/176=1*1.00 + 7*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+4+5)*1.35$   |
| 108 (C) | $ELU/177=1*1.00 + 2*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+7+3+5)*1.35$ |
| 109 (C) | $ELU/178=1*1.00 + 2*1.35 + 7*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+7+4+5)*1.35$ |
| 110 (C) | $ELU/183=1*1.00 + 8*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(8+3+5)*1.35$   |
| 111 (C) | $ELU/184=1*1.00 + 8*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(8+4+5)*1.35$   |
| 112 (C) | $ELU/185=1*1.00 + 2*1.35 + 8*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+8+3+5)*1.35$ |
| 113 (C) | $ELU/186=1*1.00 + 2*1.35 + 8*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+8+4+5)*1.35$ |
| 114 (C) | $ELS/3=1*1.00 + 2*1.00$                              | Combinaison linéaire | $(1+2)*1.00$            |
| 115 (C) | $ELS/4=1*1.00 + 6*1.00$                              | Combinaison linéaire | $(1+6)*1.00$            |
| 116 (C) | $ELS/5=1*1.00 + 2*1.00 + 6*1.00$                     | Combinaison linéaire | $(1+2+6)*1.00$          |
| 117 (C) | $ELS/6=1*1.00 + 7*1.00$                              | Combinaison linéaire | $(1+7)*1.00$            |
| 118 (C) | $ELS/7=1*1.00 + 2*1.00 + 7*1.00$                     | Combinaison linéaire | $(1+2+7)*1.00$          |
| 119 (C) | $ELS/10=1*1.00 + 8*1.00$                             | Combinaison linéaire | $(1+8)*1.00$            |
| 120 (C) | $ELS/11=1*1.00 + 2*1.00 + 8*1.00$                    | Combinaison linéaire | $(1+2+8)*1.00$          |
| 121 (C) | $ELS/17=1*1.00 + 3*1.00$                             | Combinaison linéaire | $(1+3)*1.00$            |
| 122 (C) | $ELS/18=1*1.00 + 4*1.00$                             | Combinaison linéaire | $(1+4)*1.00$            |
| 123 (C) | $ELS/19=1*1.00 + 5*1.00$                             | Combinaison linéaire | $(1+5)*1.00$            |
| 124 (C) | $ELS/26=1*1.00 + 5*0.90$                             | Combinaison linéaire | $1*1.00+5*0.90$         |

|            |   |                      |                         |
|------------|---|----------------------|-------------------------|
| 125<br>(C) | $ELS/28=1*1.00 + 3*0.90 + 5*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(3+5)*0.90$     |
| 126<br>(C) | $ELS/29=1*1.00 + 3*0.90$                            | Combinaison linéaire | $1*1.00+3*0.90$         |
| 127<br>(C) | $ELS/30=1*1.00 + 4*0.90 + 5*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(4+5)*0.90$     |
| 128<br>(C) | $ELS/31=1*1.00 + 4*0.90$                            | Combinaison linéaire | $1*1.00+4*0.90$         |
| 129<br>(C) | $ELS/32=1*1.00 + 2*0.90 + 5*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+5)*0.90$     |
| 130<br>(C) | $ELS/33=1*1.00 + 2*0.90$                            | Combinaison linéaire | $1*1.00+2*0.90$         |
| 131<br>(C) | $ELS/34=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+3+5)*0.90$   |
| 132<br>(C) | $ELS/35=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+3)*0.90$     |
| 133<br>(C) | $ELS/36=1*1.00 + 2*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+4+5)*0.90$   |
| 134<br>(C) | $ELS/37=1*1.00 + 2*0.90 + 4*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+4)*0.90$     |
| 135<br>(C) | $ELS/38=1*1.00 + 6*0.90 + 5*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+5)*0.90$     |
| 136<br>(C) | $ELS/39=1*1.00 + 6*0.90$                            | Combinaison linéaire | $1*1.00+6*0.90$         |
| 137<br>(C) | $ELS/40=1*1.00 + 6*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+3+5)*0.90$   |
| 138<br>(C) | $ELS/41=1*1.00 + 6*0.90 + 3*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+3)*0.90$     |
| 139<br>(C) | $ELS/42=1*1.00 + 6*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+4+5)*0.90$   |
| 140<br>(C) | $ELS/43=1*1.00 + 6*0.90 + 4*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(6+4)*0.90$     |
| 141<br>(C) | $ELS/44=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+5)*0.90$   |
| 142<br>(C) | $ELS/45=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6)*0.90$     |
| 143<br>(C) | $ELS/46=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+3+5)*0.90$ |
| 144<br>(C) | $ELS/47=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90 + 3*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+3)*0.90$   |
| 145<br>(C) | $ELS/48=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90$ | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+4+5)*0.90$ |
| 146<br>(C) | $ELS/49=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90 + 4*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(2+6+4)*0.90$   |
| 147<br>(C) | $ELS/50=1*1.00 + 7*0.90 + 5*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+5)*0.90$     |
| 148<br>(C) | $ELS/51=1*1.00 + 7*0.90$                            | Combinaison linéaire | $1*1.00+7*0.90$         |
| 149<br>(C) | $ELS/52=1*1.00 + 7*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+3+5)*0.90$   |
| 150<br>(C) | $ELS/53=1*1.00 + 7*0.90 + 3*0.90$                   | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+3)*0.90$     |
| 151<br>(C) | $ELS/54=1*1.00 + 7*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90$          | Combinaison linéaire | $1*1.00+(7+4+5)*0.90$   |

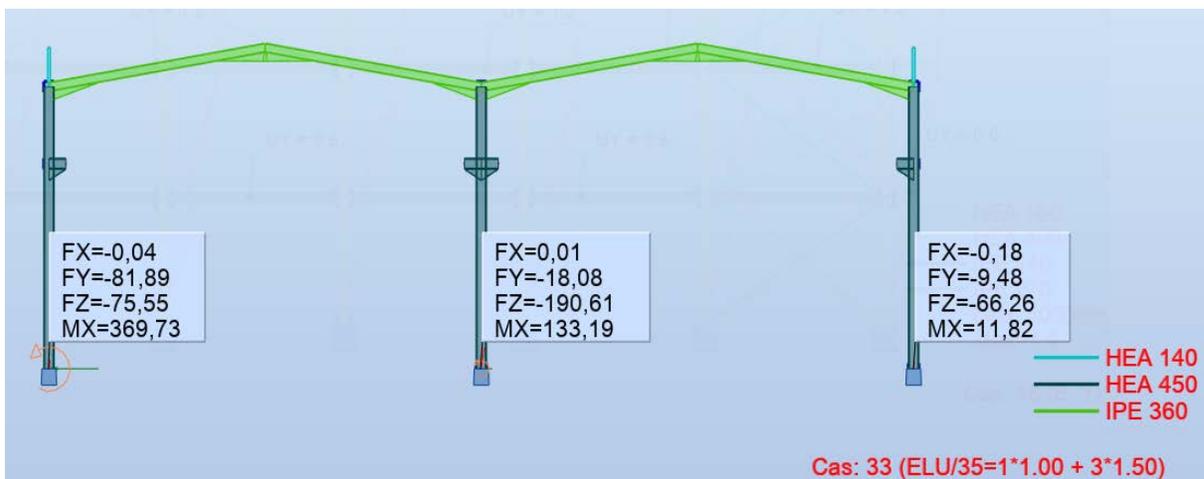
|                     |   |                      |                       |
|---------------------|---|----------------------|-----------------------|
| 152<br>(C)          | ELS/55=1*1.00 + 7*0.90 + 4*0.90                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+(7+4)*0.90     |
| 153<br>(C)          | ELS/56=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90 + 5*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7+5)*0.90   |
| 154<br>(C)          | ELS/57=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7)*0.90     |
| 155<br>(C)          | ELS/58=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90 | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7+3+5)*0.90 |
| 156<br>(C)          | ELS/59=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90 + 3*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7+3)*0.90   |
| 157<br>(C)          | ELS/60=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90 | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7+4+5)*0.90 |
| 158<br>(C)          | ELS/61=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90 + 4*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+7+4)*0.90   |
| 159<br>(C)          | ELS/74=1*1.00 + 8*0.90 + 5*0.90                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+(8+5)*0.90     |
| 160<br>(C)          | ELS/75=1*1.00 + 8*0.90                            | Combinaison linéaire | 1*1.00+8*0.90         |
| 161<br>(C)          | ELS/76=1*1.00 + 8*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(8+3+5)*0.90   |
| 162<br>(C)          | ELS/77=1*1.00 + 8*0.90 + 3*0.90                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+(8+3)*0.90     |
| 163<br>(C)          | ELS/78=1*1.00 + 8*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(8+4+5)*0.90   |
| 164<br>(C)          | ELS/79=1*1.00 + 8*0.90 + 4*0.90                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+(8+4)*0.90     |
| 165<br>(C)          | ELS/80=1*1.00 + 2*0.90 + 8*0.90 + 5*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8+5)*0.90   |
| 166<br>(C)          | ELS/81=1*1.00 + 2*0.90 + 8*0.90                   | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8)*0.90     |
| 167<br>(C)          | ELS/82=1*1.00 + 2*0.90 + 8*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90 | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8+3+5)*0.90 |
| 168<br>(C)          | ELS/83=1*1.00 + 2*0.90 + 8*0.90 + 3*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8+3)*0.90   |
| 169<br>(C)          | ELS/84=1*1.00 + 2*0.90 + 8*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90 | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8+4+5)*0.90 |
| 170<br>(C)          | ELS/85=1*1.00 + 2*0.90 + 8*0.90 + 4*0.90          | Combinaison linéaire | 1*1.00+(2+8+4)*0.90   |
| 174<br>(C)<br>(CQC) | COMB157 : PERM+EXPL+1.2xE_X                       | Combinaison linéaire | (1+2)*1.00+172*1.20   |
| 175<br>(C)<br>(CQC) | COMB158 : PERM+EXPL+E_Y                           | Combinaison linéaire | (1+2+173)*1.00        |
| 176<br>(C)<br>(CQC) | COMB159 : 0.8xPERM+E_X                            | Combinaison linéaire | 1*0.80+172*1.00       |
| 177<br>(C)<br>(CQC) | COMB160 : 0.8xPERM+E_Y                            | Combinaison linéaire | 1*0.80+173*1.00       |
| 178<br>(C)<br>(CQC) | COMB161 : 0.8xPERM- E_X                           | Combinaison linéaire | 1*0.80+172*-1.00      |

|                     |                         |                      |                  |
|---------------------|-------------------------|----------------------|------------------|
| 179<br>(C)<br>(CQC) | COMB162 : 0.8xPERM-E_Y  | Combinaison linéaire | 1*0.80+173*-1.00 |
| 180<br>(C)          | COMB163 : PERM+0.5xEXPL | Combinaison linéaire | 1*1.00+2*0.20    |

**II.1.3. Réactions extrêmes globaux :**

**Tableau VIII .3. Réactions extrêmes globaux.**

|       | FX [kN] | FY [kN] | FZ [kN] | MX [kNm] | MY [kNm] | MZ [kNm] |
|-------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| MAX   | 64,71   | 74,19   | 1197,03 | 352,11   | 16,15    | 0,76     |
| Noeud | 218     | 22      | 140     | 97       | 8        | 142      |
| Cas   | 31 (C)  | 48 (C)  | 23 (C)  | 33 (C)   | 31 (C)   | 34 (C)   |
| MIN   | -64,72  | -78,01  | -303,58 | -213,07  | -16,37   | -0,76    |
| Noeud | 221     | 97      | 140     | 82       | 155      | 138      |
| Cas   | 31 (C)  | 33 (C)  | 34 (C)  | 71 (C)   | 32 (C)   | 34 (C)   |



**Figure VIII.2. Diagramme des réactions.**

II.1.4. Les efforts extrême globaux :

Tableau VIII.4. Les efforts extrême globaux.

|       | FX [kN] | FY [kN] | FZ [kN] | MX [kNm] | MY [kNm] | MZ [kNm] |
|-------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| MAX   | 108,36  | 37,34   | 105,4   | 0,81     | 360,38   | 16,12    |
| Barre | 116     | 104     | 85      | 16       | 85       | 113      |
| Noeud | 156     | 144     | 111     | 24       | 111      | 155      |
| Cas   | 33 (C)  | 33 (C)  | 33 (C)  | 33 (C)   | 33 (C)   | 33 (C)   |
| MIN   | -247,55 | -40,53  | -103,18 | -0,81    | -369,73  | -16,07   |
| Barre | 102     | 16      | 38      | 104      | 70       | 5        |
| Noeud | 141     | 24      | 53      | 144      | 97       | 8        |
| Cas   | 33 (C)  | 33 (C)  | 33 (C)  | 33 (C)   | 33 (C)   | 33 (C)   |

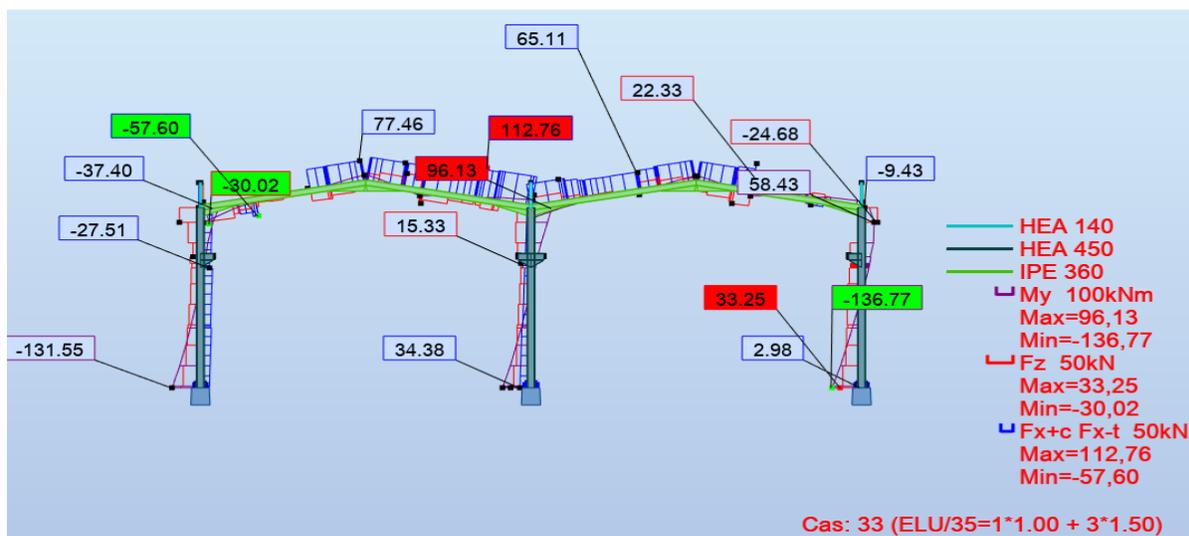


Figure VIII.3. Diagramme des efforts et moments.

II.1.5. les déplacements extrême globaux :

Tableau VIII. 5. Déplacements extrêmes globaux

|       | UX [cm] | UY [cm]          | UZ [cm] | RX [Rad] | RY [Rad] | RZ [Rad]      |
|-------|---------|------------------|---------|----------|----------|---------------|
| MAX   | 11,5    | 13,6             | 5,3     | 0,064    | 0,028    | 0,049         |
| Noeud | 3482    | 3680             | 1485    | 556      | 3454     | 909           |
| Cas   | 33 (C)  | 175 (C)<br>(CQC) | 33 (C)  | 44 (C)   | 33 (C)   | 174 (C) (CQC) |
| MIN   | -11,5   | -13,4            | -8,4    | -0,066   | -0,028   | -0,041        |
| Noeud | 3450    | 3647             | 558     | 911      | 3486     | 909           |
| Cas   | 33 (C)  | 179 (C)<br>(CQC) | 69 (C)  | 39 (C)   | 33 (C)   | 178 (C) (CQC) |

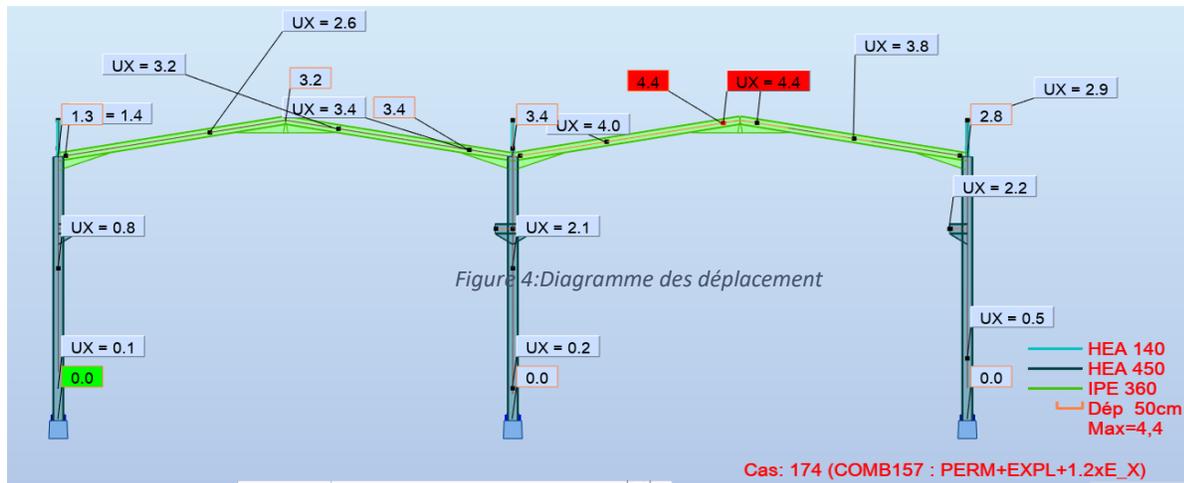


Figure VIII.4. Diagramme des déplacement.

## II.2. Vérification des profilé par logiciel ROBOT :

### II.2.1. Poteau :

NORME: *NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 35 poteau H\_35

POINT: 1

COORDONNEE: x = 0.00 L = 0.00

m

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 48 ELU/53=1\*1.35 + 6\*1.35 + 7\*1.35 + 4\*1.35 (1+6+7+4)\*1.35

MATERIAU:

ACIER E28  $f_y = 275.00$  MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 450

|           |                              |                             |                           |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| h=44.0 cm | gM0=1.00                     | gM1=1.00                    |                           |
| b=30.0 cm | Ay=138.47 cm <sup>2</sup>    | Az=65.78 cm <sup>2</sup>    | Ax=178.03 cm <sup>2</sup> |
| tw=1.1 cm | Iy=63721.60 cm <sup>4</sup>  | Iz=9465.33 cm <sup>4</sup>  | Ix=244.61 cm <sup>4</sup> |
| tf=2.1 cm | Wply=3215.87 cm <sup>3</sup> | Wplz=965.53 cm <sup>3</sup> |                           |

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

|                    |                          |                       |                       |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| N,Ed = 374.82 kN   | My,Ed = -92.99 kN*m      | Mz,Ed = 4.88 kN*m     | Vy,Ed = 1.76 kN       |
| Nc,Rd = 4895.82 kN | My,Ed,max = -256.26 kN*m |                       | Mz,Ed,max = 4.88 kN*m |
|                    | Vy,T,Rd = 2198.35 kN     |                       |                       |
| Nb,Rd = 3334.76 kN | My,c,Rd = 884.36 kN*m    | Mz,c,Rd = 265.52 kN*m | Vz,Ed = 65.18 kN      |
|                    | MN,y,Rd = 884.36 kN*m    | MN,z,Rd = 265.52 kN*m | Vz,T,Rd = 1044.44 kN  |

$M_{b,Rd} = 757.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Classe de la section = 1



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

$z = 0.00$

$M_{cr} = 1878.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Courbe,LT -

$X_{LT} = 0.81$

$L_{cr,low} = 5.50 \text{ m}$

$Lam_{LT} = 0.69$

$f_{i,LT} = 0.81$

$X_{LT,mod} = 0.86$

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$L_y = 11.00 \text{ m}$

$Lam_y = 0.33$

$L_{cr,y} = 5.50 \text{ m}$

$X_y = 0.97$

$L_{amy} = 29.07$

$k_{yy} = 1.05$



en z:

$L_z = 11.00 \text{ m}$

$Lam_z = 0.87$

$L_{cr,z} = 5.50 \text{ m}$

$X_z = 0.68$

$Lam_z = 75.43$

$k_{yz} = 0.85$

**FORMULES DE VERIFICATION:**

**Contrôle de la résistance de la section:**

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.08 < 1.00$  (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.11 < 1.00$  (6.2.9.1.(2))

$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.02 < 1.00$  (6.2.9.1.(2))

$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.03 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))

$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)

$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.06 < 1.00$  (6.2.6-7)

$\tau_{xy,Ed}/(\tau_{xy}/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

$\tau_{xz,Ed}/(\tau_{xz}/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$\lambda_{y} = 29.07 < \lambda_{y,max} = 210.00$        $\lambda_{z} = 75.43 < \lambda_{z,max} = 210.00$       STABLE

$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.34 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))

$N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.45 < 1.00$   
(6.3.3.(4))

$N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.32 < 1.00$   
(6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches (REPÈRE LOCAL):** Non analysé



**Déplacements (REPÈRE GLOBAL):**

$v_x = 0.2 \text{ cm} < v_{x,max} = L/125.00 = 8.8 \text{ cm}$       Vérifié

**Cas de charge décisif:**  $122 \text{ ELS}/18 = 1 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 (1+4) \cdot 1.00$

$v_y = 2.4 \text{ cm} < v_{y,max} = L/125.00 = 8.8 \text{ cm}$       Vérifié

**Cas de charge décisif:**  $143 \text{ ELS}/46 = 1 \cdot 1.00 + 2 \cdot 0.90 + 6 \cdot 0.90 + 3 \cdot 0.90 + 5 \cdot 0.90 1 \cdot 1.00 + (2+6+3+5) \cdot 0.90$

**Profil correct !!!**

**II.2.2. Traverse :**

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 71 traverse\_71

**POINT:** 7

**COORDONNEE:** x = 0.22 L = 2.01

m

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif:  $55 \text{ ELU}/75=1*1.00 + 6*1.35 + 3*1.35 \quad 1*1.00+(6+3)*1.35$

**MATERIAU:**

ACIER E28  $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 360**

|                     |                               |                               |                          |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| $h=36.0 \text{ cm}$ | $gM0=1.00$                    | $gM1=1.00$                    |                          |
| $b=17.0 \text{ cm}$ | $A_y=43.18 \text{ cm}^2$      | $A_z=26.77 \text{ cm}^2$      | $A_x=72.73 \text{ cm}^2$ |
| $tw=0.8 \text{ cm}$ | $I_y=16265.60 \text{ cm}^4$   | $I_z=1043.45 \text{ cm}^4$    | $I_x=30.28 \text{ cm}^4$ |
| $tf=1.3 \text{ cm}$ | $W_{ply}=973.74 \text{ cm}^3$ | $W_{plz}=188.87 \text{ cm}^3$ |                          |

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

|                                 |  |   |   |
|---------------------------------|--|---|---|
| $N_{,Ed} = -24.16 \text{ kN}$   | $M_{y,Ed} = 141.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$    | $M_{z,Ed} = -0.21 \text{ kN}\cdot\text{m}$    | $V_{y,Ed} = -0.30 \text{ kN}$             |
| $N_{t,Rd} = 2000.08 \text{ kN}$ | $M_{y,pl,Rd} = 267.78 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $M_{z,pl,Rd} = 51.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $V_{y,T,Rd} = 685.45 \text{ kN}$          |
|                                 | $M_{y,c,Rd} = 267.78 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $M_{z,c,Rd} = 51.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $V_{z,Ed} = -65.65 \text{ kN}$            |
|                                 | $MN_{,y,Rd} = 267.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $MN_{,z,Rd} = 51.93 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $V_{z,T,Rd} = 424.95 \text{ kN}$          |
|                                 | $Mb,Rd = 195.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$       |   | $T_{t,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
|                                 |  |   | Classe de la section = 1                  |



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

|                             |   |                   |                     |
|-----------------------------|---|-------------------|---------------------|
| $z = 0.00$                  | $M_{cr} = 694.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | Courbe,LT - d     | $XLT = 0.70$        |
| $L_{cr,upp}=5.00 \text{ m}$ | $Lam_{LT} = 0.62$                         | $f_{i,LT} = 0.85$ | $XLT_{,mod} = 0.73$ |

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:



en z:

**FORMULES DE VERIFICATION:**

**Contrôle de la résistance de la section:**

- $N_{,Ed}/N_{t,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$
- $M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd} = 0.53 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
- $M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$
- $(M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.00} = 0.28 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$
- $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
- $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.15 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
- $\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$
- $\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.72 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches (REPERE LOCAL):**

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_y \text{ max} = L/200.00 = 4.6 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$

Cas de charge décisif:  $157 \text{ ELS}/60=1*1.00 + 2*0.90 + 7*0.90 + 4*0.90 + 5*0.90 \quad 1*1.00+(2+7+4+5)*0.90$

$u_z = 0.7 \text{ cm} < u_z \text{ max} = L/200.00 = 4.6 \text{ cm} \quad \text{Vérfié}$

Cas de charge décisif:  $141 \text{ ELS}/44=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90 + 5*0.90 \quad 1*1.00+(2+6+5)*0.90$



Déplacements (REPERE GLOBAL): Non analysé

**Profil correct !!!**

**II.2.3. La poutre sablière :**

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 215 sablière\_215

**POINT:** 1

**COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00

m

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisif: 31 ELU/33=1\*1.35 + 3\*1.50 1\*1.35+3\*1.50

**MATERIAU:**

ACIER E28 fy = 275.00 MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 140**

|           |                             |                            |                          |
|-----------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| h=13.3 cm | gM0=1.00                    | gM1=1.00                   |                          |
| b=14.0 cm | Ay=26.36 cm <sup>2</sup>    | Az=10.13 cm <sup>2</sup>   | Ax=31.42 cm <sup>2</sup> |
| tw=0.6 cm | Iy=1033.13 cm <sup>4</sup>  | Iz=389.32 cm <sup>4</sup>  | Ix=8.16 cm <sup>4</sup>  |
| tf=0.9 cm | Wply=173.50 cm <sup>3</sup> | Wplz=84.85 cm <sup>3</sup> |                          |

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

|                   |                        |                        |                          |
|-------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| N,Ed = 32.69 kN   | My,Ed = -5.62 kN*m     | Mz,Ed = -3.16 kN*m     | Vy,Ed = -2.35 kN         |
| Nc,Rd = 864.05 kN | My,Ed,max = -6.53 kN*m | Mz,Ed,max = -3.16 kN*m | Vy,T,Rd = 418.35 kN      |
| Nb,Rd = 174.97 kN | My,c,Rd = 47.71 kN*m   | Mz,c,Rd = 23.33 kN*m   | Vz,Ed = 4.11 kN          |
|                   | MN,y,Rd = 47.71 kN*m   | MN,z,Rd = 23.33 kN*m   | Vz,T,Rd = 160.75 kN      |
|                   | Mb,Rd = 35.11 kN*m     |                        | Tt,Ed = 0.00 kN*m        |
|                   |                        |                        | Classe de la section = 1 |



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

|                |                  |              |                |
|----------------|------------------|--------------|----------------|
| z = 0.00       | Mcr = 48.64 kN*m | Courbe,LT -  | XLT = 0.70     |
| Lcr,low=6.00 m | Lam_LT = 0.99    | fi,LT = 1.06 | XLT,mod = 0.74 |

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

|                |              |
|----------------|--------------|
| Ly = 6.00 m    | Lam_y = 1.21 |
| Lcr,y = 6.00 m | Xy = 0.48    |
| Lamy = 104.63  | kzy = 0.58   |



en z:

|                |              |
|----------------|--------------|
| Lz = 6.00 m    | Lam_z = 1.96 |
| Lcr,z = 6.00 m | Xz = 0.20    |
| Lamz = 170.45  | kzz = 0.99   |

**FORMULES DE VERIFICATION:**

**Contrôle de la résistance de la section:**

- N,Ed/Nc,Rd = 0.04 < 1.00 (6.2.4.(1))
- My,Ed/MN,y,Rd = 0.12 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
- Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.14 < 1.00 (6.2.9.1.(2))
- (My,Ed/MN,y,Rd)^2.00 + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^1.00 = 0.15 < 1.00 (6.2.9.1.(6))
- Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.01 < 1.00 (6.2.6-7)
- Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.03 < 1.00 (6.2.6-7)
- Tau,ty,Ed/(fy/(sqrt(3)\*gM0)) = 0.00 < 1.00 (6.2.6)
- Tau,tz,Ed/(fy/(sqrt(3)\*gM0)) = 0.00 < 1.00 (6.2.6)

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

- Lambda,y = 104.63 < Lambda,max = 210.00
- Lambda,z = 170.45 < Lambda,max = 210.00 STABLE
- My,Ed,max/Mb,Rd = 0.19 < 1.00 (6.3.2.1.(1))

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.40 < 1.00$$

(6.3.3.(4))

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.43 < 1.00$$

(6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches (REPERE LOCAL):**

$$u_y = 0.3 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm} \quad \text{Vérfifié}$$

**Cas de charge décisif:** 121 ELS/17=1\*1.00 + 3\*1.00 (1+3)\*1.00

$$u_z = 0.4 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm} \quad \text{Vérfifié}$$

**Cas de charge décisif:** 114 ELS/3=1\*1.00 + 2\*1.00 (1+2)\*1.00



**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé

**Profil correct !!!**

**II.2.4. la panne:**

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 892 Panne\_892

**POINT:** 1

**COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00

m

**CHARGEMENTS:**

**Cas de charge décisif:** 34 ELU/36=1\*1.00 + 4\*1.50 1\*1.00+4\*1.50

**MATERIAU:**

ACIER E28 fy = 275.00 MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 160**

|           |                             |                            |                          |
|-----------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| h=16.0 cm | gM0=1.00                    | gM1=1.00                   |                          |
| b=8.2 cm  | Ay=13.73 cm <sup>2</sup>    | Az=9.66 cm <sup>2</sup>    | Ax=20.09 cm <sup>2</sup> |
| tw=0.5 cm | Iy=869.29 cm <sup>4</sup>   | Iz=68.31 cm <sup>4</sup>   | Ix=3.62 cm <sup>4</sup>  |
| tf=0.7 cm | Wply=123.86 cm <sup>3</sup> | Wplz=26.10 cm <sup>3</sup> |                          |

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

|                               |                                    |                                   |                                 |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| N <sub>Ed</sub> = 2.79 kN     | M <sub>y,Ed</sub> = 11.90 kN*m     | M <sub>z,Ed</sub> = 0.34 kN*m     | V <sub>y,Ed</sub> = 0.83 kN     |
| N <sub>c,Rd</sub> = 552.48 kN | M <sub>y,Ed,max</sub> = 11.90 kN*m | M <sub>z,Ed,max</sub> = 0.57 kN*m | V <sub>y,T,Rd</sub> = 217.63 kN |
| N <sub>b,Rd</sub> = 552.48 kN | M <sub>y,c,Rd</sub> = 34.06 kN*m   | M <sub>z,c,Rd</sub> = 7.18 kN*m   | V <sub>z,Ed</sub> = -12.03 kN   |
|                               | MN <sub>y,Rd</sub> = 34.06 kN*m    | MN <sub>z,Rd</sub> = 7.18 kN*m    | V <sub>z,T,Rd</sub> = 153.14 kN |
|                               | M <sub>b,Rd</sub> = 14.31 kN*m     |                                   | T <sub>t,Ed</sub> = -0.00 kN*m  |
|                               |                                    |                                   | Classe de la section = 1        |



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

|                              |                              |              |                |
|------------------------------|------------------------------|--------------|----------------|
| z = 0.00                     | M <sub>cr</sub> = 16.85 kN*m | Courbe,LT -  | XLT = 0.42     |
| L <sub>cr,upp</sub> = 6.00 m | Lam_LT = 1.42                | fi,LT = 1.62 | XLT,mod = 0.42 |

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

$$k_{yy} = 1.00$$



en z:

$$k_{zz} = 1.00$$

**FORMULES DE VERIFICATION:****Contrôle de la résistance de la section:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.35 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd} = 0.05 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.00} = 0.17 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.08 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{xy,Ed}/(\sigma_{yk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{xz,Ed}/(\sigma_{zk}/\sqrt{3}) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.83 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.92 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.92 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**DEPLACEMENTS LIMITES****Flèches (REPERE LOCAL):**

$$u_y = 0.1 \text{ cm} < u_{y,max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$$

Vérfifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 121 \text{ ELS}/17 = 1 \cdot 1.00 + 3 \cdot 1.00 \quad (1+3) \cdot 1.00$$

$$u_z = 1.1 \text{ cm} < u_{z,max} = L/200.00 = 3.0 \text{ cm}$$

Vérfifié

$$\text{Cas de charge décisif: } 122 \text{ ELS}/18 = 1 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.00 \quad (1+4) \cdot 1.00$$

**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé**Profil correct !!!**

III. Bâtiment :

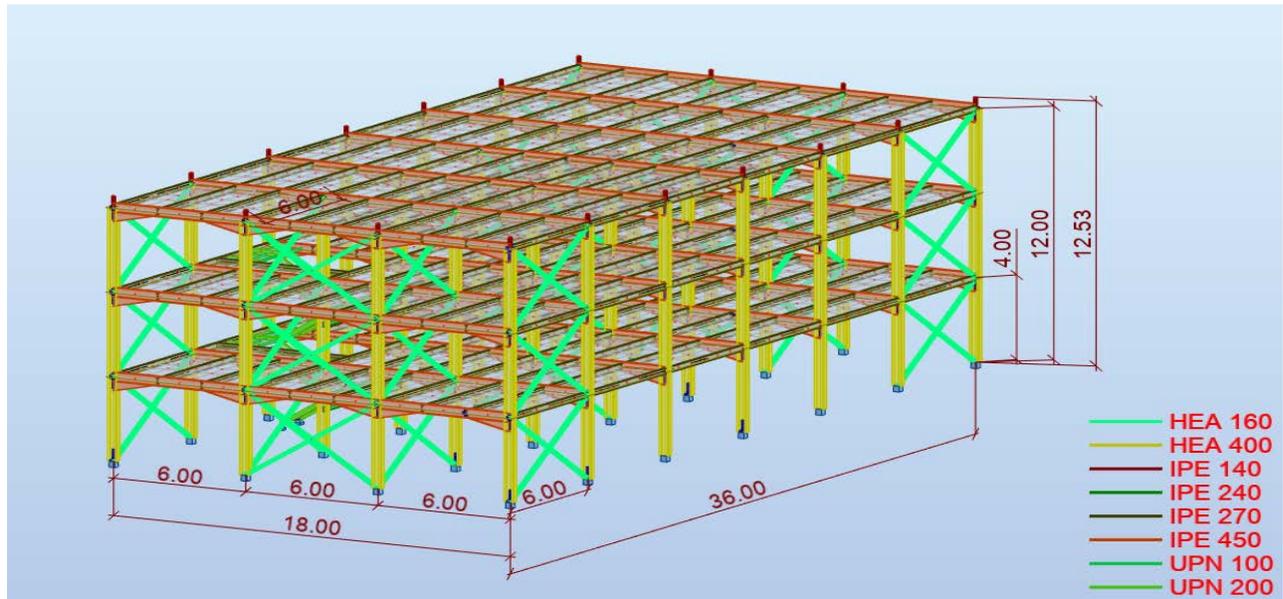


Figure VIII.5. Les dimensions du bâtiment.

III.1. Caractéristiques des profilé :

Tableau VIII. 6 :Caractéristique des profilé.

| Profilé           | Couleur de profilé | h[mm] | b[mm] | p[Kg/m] | Iy[cm <sup>4</sup> ] | Iz[cm <sup>4</sup> ] |
|-------------------|--------------------|-------|-------|---------|----------------------|----------------------|
| Poteau HEA400     | Yellow             | 390   | 300   | 124,8   | 45069,4              | 8563,1               |
| Traverse IPE450   | Orange             | 450   | 190   | 77,6    | 33742,9              | 1675,35              |
| Sablère IPE270    | Grey               | 270   | 135   | 36,1    | 5789,8               | 419,77               |
| Solive IPE270     | Grey               | 270   | 135   | 36,1    | 5789,8               | 419,77               |
| Stabilité HEA160  | Light Green        | 152   | 160   | 30,4    | 1673,0               | 615,5                |
| Baïonnette HEA140 | Light Orange       | 133   | 140   | 24,7    | 1033,1               | 389,3                |

## III.2. les chargements :

Tableau VIII.7 : Tableau des charges.

| Cas             | Type de charge           | Liste   | Valeurs de la charge (m) (kN) (Deg) |
|-----------------|--------------------------|---|-------------------------------------|
| 1:PERM1         | Poids propre             | 1A18 20A31 33A51 53A77 91A161 163A387 436A443 445A448 451A642 644A659 | ' PZ Moins<br>Coef=1,00             |
| 2:EXPL1         | (EF) surfacique uniforme | 440A443 445A448   | ' PZ=-<br>0,25[kN/m2]               |
| 3:EXPL 2        | (EF) surfacique uniforme | 451A484 486 488A506   | ' PZ=-<br>2,50[kN/m2]               |
| 4:vent long pan | (EF) surfacique uniforme | /   | '<br>PX=0,73[kN/m2 ]                |
| 4:vent long pan | (EF) surfacique uniforme | /   | '<br>PX=0,27[kN/m2 ]                |
| 4:vent long pan | (EF) surfacique uniforme | /   | '<br>PY=0,92[kN/m2]                 |
| 4:vent long pan | (EF) surfacique uniforme | /   | ' PY=-<br>0,92[kN/m2]               |
| 5:vent pignon   | (EF) surfacique uniforme | /   | '<br>PY=0,73[kN/m2]                 |
| 5:vent pignon   | (EF) surfacique uniforme | /   | '<br>PY=0,27[kN/m2]                 |
| 5:vent pignon   | (EF) surfacique uniforme | /   | '<br>PX=0,92[kN/m2 ]                |
| 5:vent pignon   | (EF) surfacique uniforme | /   | ' PX=-<br>0,92[kN/m2]               |
| 6:neige         | (EF) surfacique uniforme | 451A468   | ' PZ=-<br>0,14[kN/m2]               |
| 1:PERM1         | (EF) surfacique uniforme | 440A443 445A448 451A484 486 488A506                                   | ' PZ=-<br>1,56[kN/m2]               |

III.3. Les combinaisons des charges :

Tableau VIII.8 : Les combinaison des charges.

| Combe           | Nom   | Nature du cas | Définition             |
|-----------------|---|---------------|------------------------|
| 7 (C)<br>(CQC)  | COMB1 : PERM+EXPL+1.2xE-x                   | accidentelle  | $(1+2+3)*1.00+15*1.20$ |
| 17 (C)<br>(CQC) | COMB2 : PERM+EXPL+E-Y                       | accidentelle  | $(1+2+3+16)*1.00$      |
| 18 (C)<br>(CQC) | COMB3 : +0.8xPERM+E-X                       | accidentelle  | $1*0.80+15*1.00$       |
| 19 (C)<br>(CQC) | COMB4 : +0.8xPERM+E-Y                       | accidentelle  | $1*0.80+16*1.00$       |
| 20 (C)<br>(CQC) | COMB6 : +0.8xPERM-E-Y                       | accidentelle  | $1*0.80+16*-1.00$      |
| 21 (C)          | COMB6- PERM+0.2x EXPL                       | accidentelle  | $1*1.00+(2+3)*0.20$    |
| 22 (C)          | ELU/1= $1*1.35 + 2*1.50 + 3*1.50$           | permanente    | $1*1.35+(2+3)*1.50$    |
| 23 (C)          | ELU/2= $1*1.35$                             | permanente    | $1*1.35$               |
| 24 (C)          | ELU/3= $1*1.35 + 2*1.50$                    | permanente    | $1*1.35+2*1.50$        |
| 25 (C)          | ELU/4= $1*1.35 + 3*1.50$                    | permanente    | $1*1.35+3*1.50$        |
| 26 (C)          | ELU/5= $1*1.00 + 2*1.50 + 3*1.50$           | permanente    | $1*1.00+(2+3)*1.50$    |
| 27 (C)          | ELU/7= $1*1.00 + 2*1.50$                    | permanente    | $1*1.00+2*1.50$        |
| 28 (C)          | ELU/8= $1*1.00 + 3*1.50$                    | permanente    | $1*1.00+3*1.50$        |
| 29 (C)          | ELU/9= $1*1.35 + 4*1.50$                    | permanente    | $1*1.35+4*1.50$        |
| 30 (C)          | ELU/10= $1*1.35 + 5*1.50$                   | permanente    | $1*1.35+5*1.50$        |
| 31 (C)          | ELU/11= $1*1.00 + 4*1.50$                   | permanente    | $1*1.00+4*1.50$        |
| 32 (C)          | ELU/12= $1*1.00 + 5*1.50$                   | permanente    | $1*1.00+5*1.50$        |
| 33 (C)          | ELU/13= $1*1.35 + 6*1.50$                   | permanente    | $1*1.35+6*1.50$        |
| 34 (C)          | ELU/14= $1*1.00 + 6*1.50$                   | permanente    | $1*1.00+6*1.50$        |
| 35 (C)          | ELU/15= $1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35$ | permanente    | $(1+2+3+4)*1.35$       |
| 36 (C)          | ELU/16= $1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | permanente    | $(1+2+3+5)*1.35$       |
| 37 (C)          | ELU/18= $1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35$          | permanente    | $(1+2+4)*1.35$         |
| 38 (C)          | ELU/19= $1*1.35 + 2*1.35 + 5*1.35$          | permanente    | $(1+2+5)*1.35$         |
| 39 (C)          | ELU/20= $1*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35$          | permanente    | $(1+3+4)*1.35$         |
| 40 (C)          | ELU/21= $1*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$          | permanente    | $(1+3+5)*1.35$         |
| 41 (C)          | ELU/22= $1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35$ | permanente    | $1*1.00+(2+3+4)*1.35$  |
| 42 (C)          | ELU/23= $1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35$ | permanente    | $1*1.00+(2+3+5)*1.35$  |
| 43 (C)          | ELU/25= $1*1.00 + 2*1.35 + 4*1.35$          | permanente    | $1*1.00+(2+4)*1.35$    |
| 44 (C)          | ELU/26= $1*1.00 + 2*1.35 + 5*1.35$          | permanente    | $1*1.00+(2+5)*1.35$    |
| 45 (C)          | ELU/27= $1*1.00 + 3*1.35 + 4*1.35$          | permanente    | $1*1.00+(3+4)*1.35$    |
| 46 (C)          | ELU/28= $1*1.00 + 3*1.35 + 5*1.35$          | permanente    | $1*1.00+(3+5)*1.35$    |
| 47 (C)          | ELU/29= $1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6*1.35$ | permanente    | $(1+2+3+6)*1.35$       |
| 48 (C)          | ELU/30= $1*1.35 + 2*1.35 + 6*1.35$          | permanente    | $(1+2+6)*1.35$         |
| 49 (C)          | ELU/31= $1*1.35 + 3*1.35 + 6*1.35$          | permanente    | $(1+3+6)*1.35$         |
| 50 (C)          | ELU/32= $1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 6*1.35$ | permanente    | $1*1.00+(2+3+6)*1.35$  |
| 51 (C)          | ELU/33= $1*1.00 + 2*1.35 + 6*1.35$          | permanente    | $1*1.00+(2+6)*1.35$    |

|        |   |            |                         |
|--------|---|------------|-------------------------|
| 52 (C) | $ELU/34=1*1.00 + 3*1.35 + 6*1.35$                   | permanente | $1*1.00+(3+6)*1.35$     |
| 53 (C) | $ELU/35=1*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$                   | permanente | $(1+4+6)*1.35$          |
| 54 (C) | $ELU/36=1*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$                   | permanente | $(1+5+6)*1.35$          |
| 55 (C) | $ELU/37=1*1.00 + 4*1.35 + 6*1.35$                   | permanente | $1*1.00+(4+6)*1.35$     |
| 56 (C) | $ELU/38=1*1.00 + 5*1.35 + 6*1.35$                   | permanente | $1*1.00+(5+6)*1.35$     |
| 57 (C) | $ELU/39=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$ | permanente | $(1+2+3+4+6)*1.35$      |
| 58 (C) | $ELU/40=1*1.35 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$ | permanente | $(1+2+3+5+6)*1.35$      |
| 59 (C) | $ELU/42=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $(1+2+4+6)*1.35$        |
| 60 (C) | $ELU/43=1*1.35 + 2*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $(1+2+5+6)*1.35$        |
| 61 (C) | $ELU/44=1*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $(1+3+4+6)*1.35$        |
| 62 (C) | $ELU/45=1*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $(1+3+5+6)*1.35$        |
| 63 (C) | $ELU/46=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$ | permanente | $1*1.00+(2+3+4+6)*1.35$ |
| 64 (C) | $ELU/47=1*1.00 + 2*1.35 + 3*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$ | permanente | $1*1.00+(2+3+5+6)*1.35$ |
| 65 (C) | $ELU/49=1*1.00 + 2*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $1*1.00+(2+4+6)*1.35$   |
| 66 (C) | $ELU/50=1*1.00 + 2*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $1*1.00+(2+5+6)*1.35$   |
| 67 (C) | $ELU/51=1*1.00 + 3*1.35 + 4*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $1*1.00+(3+4+6)*1.35$   |
| 68 (C) | $ELU/52=1*1.00 + 3*1.35 + 5*1.35 + 6*1.35$          | permanente | $1*1.00+(3+5+6)*1.35$   |
| 69 (C) | $ELS/1=1*1.00 + 2*1.00 + 3*1.00$                    | permanente | $(1+2+3)*1.00$          |
| 70 (C) | $ELS/3=1*1.00 + 2*1.00$                             | permanente | $(1+2)*1.00$            |
| 71 (C) | $ELS/4=1*1.00 + 3*1.00$                             | permanente | $(1+3)*1.00$            |
| 72 (C) | $ELS/5=1*1.00 + 4*1.00$                             | permanente | $(1+4)*1.00$            |
| 73 (C) | $ELS/6=1*1.00 + 5*1.00$                             | permanente | $(1+5)*1.00$            |
| 74 (C) | $ELS/7=1*1.00 + 6*1.00$                             | permanente | $(1+6)*1.00$            |
| 75 (C) | $ELS/8=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90 + 6*0.90$           | permanente | $1*1.00+(2+3+6)*0.90$   |
| 76 (C) | $ELS/9=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90$                    | permanente | $1*1.00+(2+3)*0.90$     |
| 77 (C) | $ELS/10=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90 + 4*0.90 + 6*0.90$ | permanente | $1*1.00+(2+3+4+6)*0.90$ |
| 78 (C) | $ELS/11=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90 + 4*0.90$          | permanente | $1*1.00+(2+3+4)*0.90$   |
| 79 (C) | $ELS/12=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90 + 6*0.90$ | permanente | $1*1.00+(2+3+5+6)*0.90$ |
| 80 (C) | $ELS/13=1*1.00 + 2*0.90 + 3*0.90 + 5*0.90$          | permanente | $1*1.00+(2+3+5)*0.90$   |
| 81 (C) | $ELS/14=1*1.00 + 6*0.90$                            | permanente | $1*1.00+6*0.90$         |
| 82 (C) | $ELS/16=1*1.00 + 4*0.90 + 6*0.90$                   | permanente | $1*1.00+(4+6)*0.90$     |
| 83 (C) | $ELS/17=1*1.00 + 4*0.90$                            | permanente | $1*1.00+4*0.90$         |
| 84 (C) | $ELS/18=1*1.00 + 5*0.90 + 6*0.90$                   | permanente | $1*1.00+(5+6)*0.90$     |
| 85 (C) | $ELS/19=1*1.00 + 5*0.90$                            | permanente | $1*1.00+5*0.90$         |
| 86 (C) | $ELS/20=1*1.00 + 2*0.90 + 6*0.90$                   | permanente | $1*1.00+(2+6)*0.90$     |
| 87 (C) | $ELS/21=1*1.00 + 2*0.90$                            | permanente | $1*1.00+2*0.90$         |
| 88 (C) | $ELS/22=1*1.00 + 2*0.90 + 4*0.90 + 6*0.90$          | permanente | $1*1.00+(2+4+6)*0.90$   |
| 89 (C) | $ELS/23=1*1.00 + 2*0.90 + 4*0.90$                   | permanente | $1*1.00+(2+4)*0.90$     |
| 90 (C) | $ELS/24=1*1.00 + 2*0.90 + 5*0.90 + 6*0.90$          | permanente | $1*1.00+(2+5+6)*0.90$   |
| 91 (C) | $ELS/25=1*1.00 + 2*0.90 + 5*0.90$                   | permanente | $1*1.00+(2+5)*0.90$     |

|        |  |            |                       |
|--------|--|------------|-----------------------|
| 92 (C) | $ELS/26=1*1.00 + 3*0.90 + 6*0.90$          | permanente | $1*1.00+(3+6)*0.90$   |
| 93 (C) | $ELS/27=1*1.00 + 3*0.90$                   | permanente | $1*1.00+3*0.90$       |
| 94 (C) | $ELS/28=1*1.00 + 3*0.90 + 4*0.90 + 6*0.90$ | permanente | $1*1.00+(3+4+6)*0.90$ |
| 95 (C) | $ELS/29=1*1.00 + 3*0.90 + 4*0.90$          | permanente | $1*1.00+(3+4)*0.90$   |
| 96 (C) | $ELS/30=1*1.00 + 3*0.90 + 5*0.90 + 6*0.90$ | permanente | $1*1.00+(3+5+6)*0.90$ |
| 97 (C) | $ELS/31=1*1.00 + 3*0.90 + 5*0.90$          | permanente | $1*1.00+(3+5)*0.90$   |

### III.4. Les réactions et moments extrêmes globaux :

tableau VIII.9 : Les réactions et moments extrêmes globaux.

|       | FX [kN]     | FZ [kN]     | MZ [kNm]    |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| MAX   | 313,21      | 1318,66     | 0,55        |
| Noeud | 3           | 141         | 5           |
| Cas   | 7 (C) (CQC) | 7 (C) (CQC) | 7 (C) (CQC) |
| MIN   | 7,09        | 5,39        | -0,07       |
| Noeud | 176         | 11          | 157         |
| Cas   | 7 (C) (CQC) | 7 (C) (CQC) | 7 (C) (CQC) |

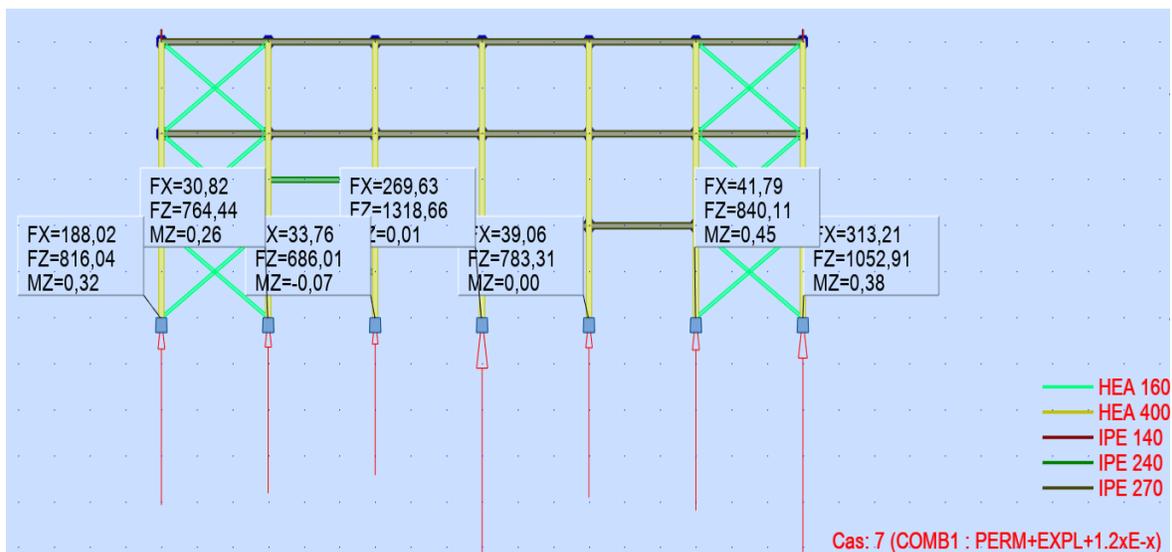


Figure VIII.6. Les réactions et moments .

III.5. Les Déplacements extrêmes globaux :

Tableau VIII. 10. Les déplacements extrêmes globaux suivant x.

|       | UX [cm] | UY [cm] | UZ [cm] | RX [Rad] | RY [Rad] | RZ [Rad] |
|-------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| MAX   | 3,9     | 0,6     | 0,9     | 0,002    | 0,006    | 0,003    |
| Noeud | 254     | 209     | 12      | 41       | 11       | 205      |
| Cas   | 15      | 15      | 15      | 15       | 15       | 15       |
| Mode  | 1       | CQC     | CQC     | CQC      | CQC      | CQC      |
|       |         |         |         |          |          |          |
| MIN   | -0,3    | -0,6    | -0,9    | -0,002   | -0,005   | -0,003   |
| Noeud | 255     | 209     | 12      | 41       | 16       | 205      |
| Cas   | 15      | 15      | 15      | 15       | 15       | 15       |
| Mode  | 3       | 1       | 1       | 1        | 1        | 1        |

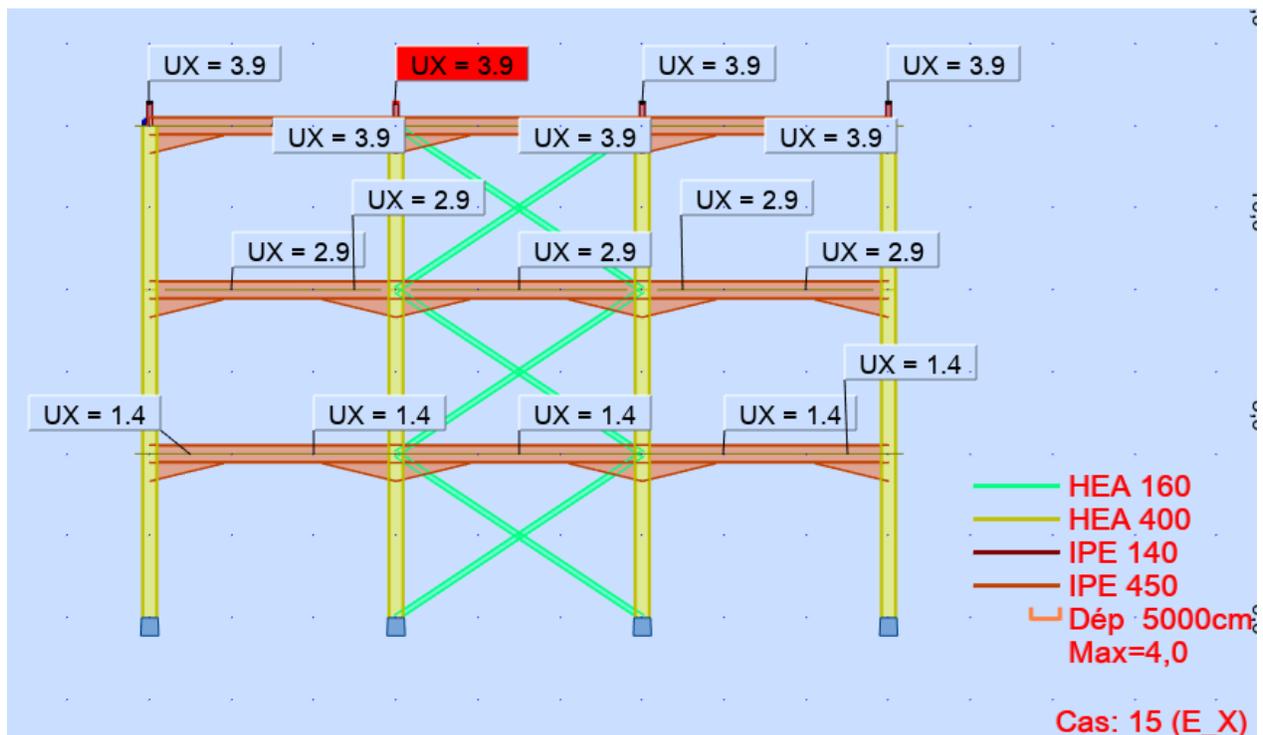


Figure VIII. 7. Les déplacements suivants l'axe x.

Tableau VIII.11 : Les déplacements extrêmes globaux suivant y.

|       | UX [cm] | UY [cm] | UZ [cm] | RX [Rad] | RY [Rad] | RZ [Rad] |
|-------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| MAX   | 1       | 2,6     | 0,3     | 0,003    | 0,002    | 0,001    |
| Noeud | 206     | 235     | 1216    | 153      | 16       | 11       |
| Cas   | 16      | 16      | 16      | 16       | 16       | 16       |
| Mode  | CQC     | 2       | 2       | CQC      | CQC      | CQC      |
| MIN   | -0,6    | -0,1    | -0,3    | -0,003   | -0,002   | 0        |
| Noeud | 208     | 241     | 177     | 153      | 16       | 32       |
| Cas   | 16      | 16      | 16      | 16       | 16       | 16       |
| Mode  | 3       | 3       | 2       | 2        | 2        | 3        |

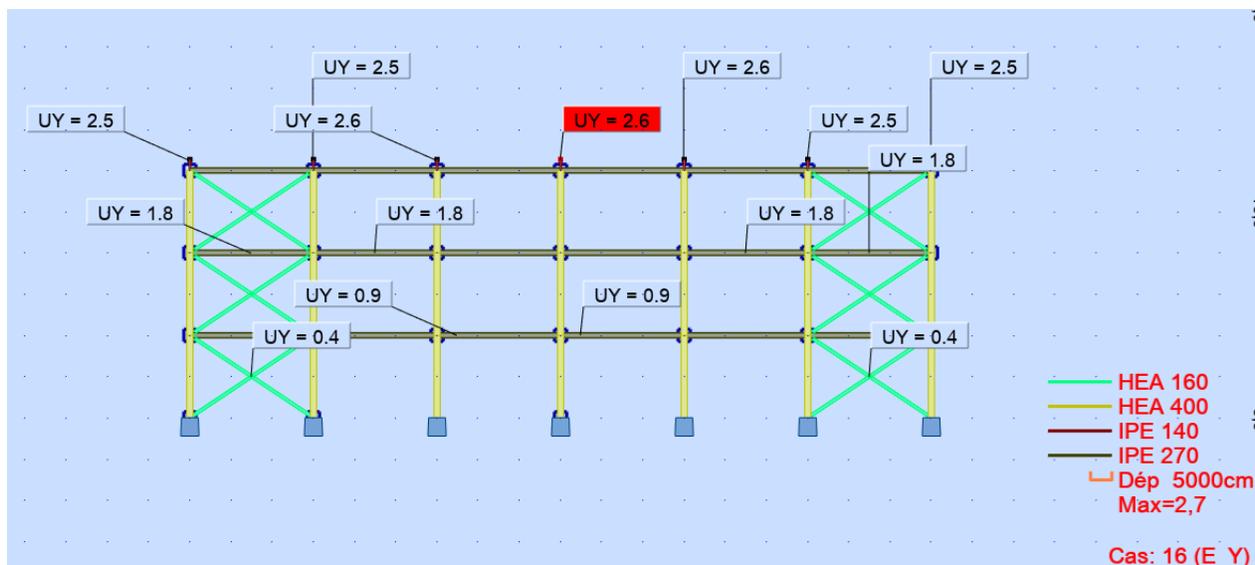


Figure VIII.8. Les déplacement souvent l'axe y.

### III.6. les efforts extrême globaux :

Tableau VIII.12 : Les efforts extrême globaux.

|       | FX [kN]     | FY [kN]     | FZ [kN]     | MX [kNm]    | MY [kNm]    | MZ [kNm]    |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MAX   | 1162,43     | 13,86       | 149,69      | 0,26        | 64,7        | 15,93       |
| Barre | 274         | 165         | 75          | 57          | 554         | 515         |
| Noeud | 141         | 163         | 103         | 86          | 177         | 6           |
| Cas   | 7 (C) (CQC) |
| MIN   | -14,43      | -6,19       | -110,02     | -0,24       | -242,18     | -14,99      |
| Barre | 159         | 263         | 136         | 148         | 69          | 533         |
| Noeud | 198         | 86          | 173         | 197         | 100         | 191         |
| Cas   | 7 (C) (CQC) |

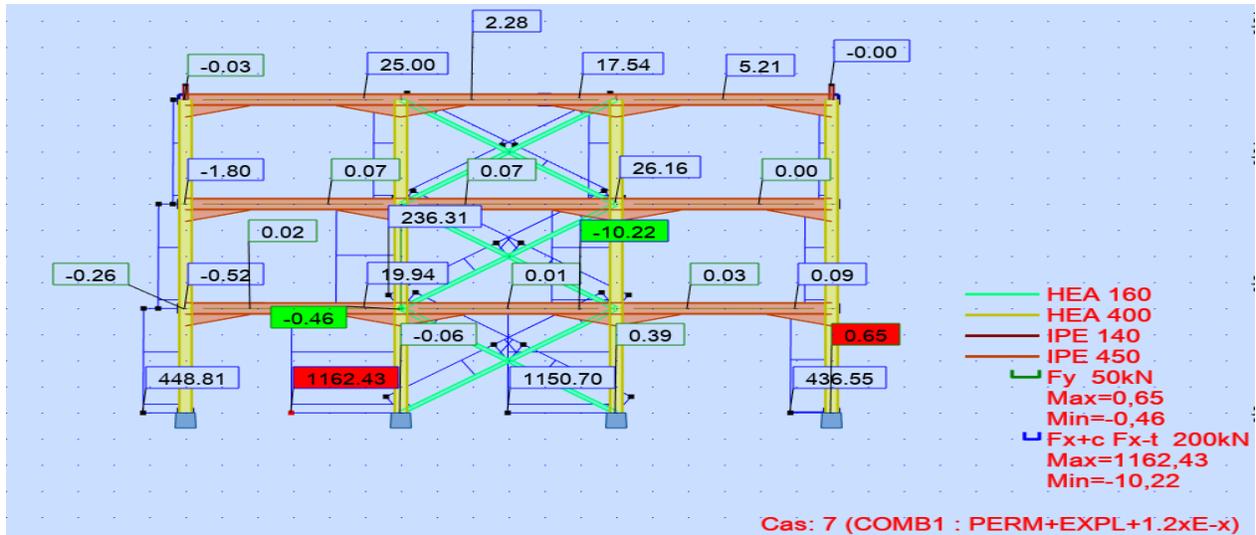


Figure VIII.9. Diagramme des efforts.

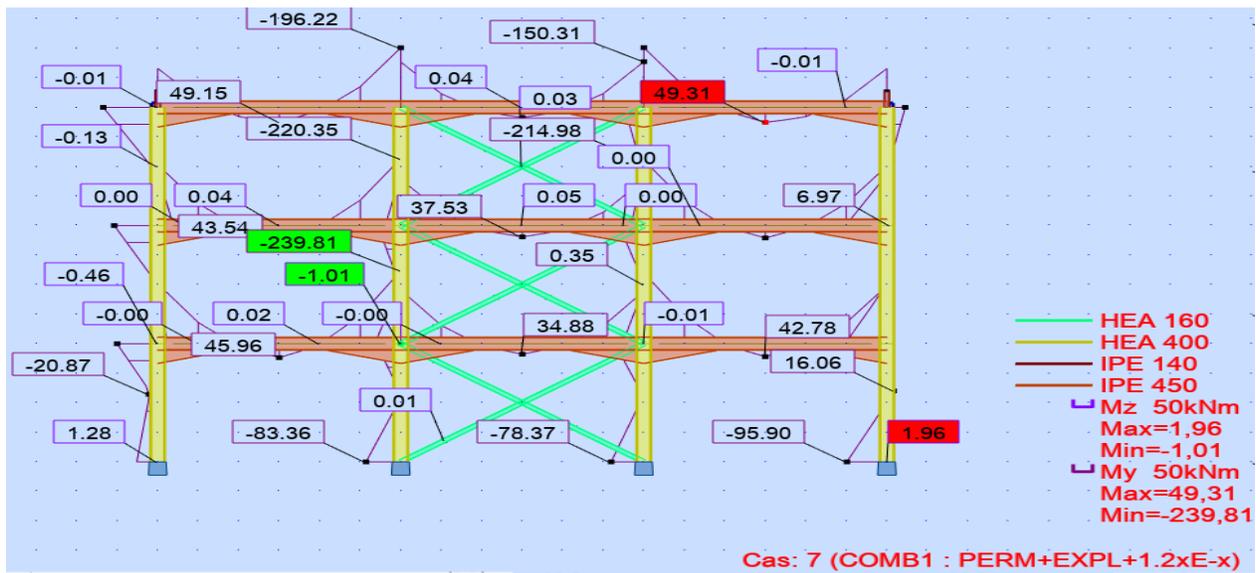


Figure VIII.10. Diagramme des moments fléchissants.

### III.8. Vérification des profilés par logiciel ROBOT :

#### III.8.1. Poteau :

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 528

**POINT:** 1

**COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00

m

**CHARGEMENTS:**

Cas de charge décisiif: 7 COMB1 : PERM+EXPL+1.2xE-x (1+2+3)\*1.00+15\*1.20

**MATERIAU:**

ACIER E28  $f_y = 275.00$  MPa



**PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 400**

|           |                              |                             |                           |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| h=39.0 cm | gM0=1.00                     | gM1=1.00                    |                           |
| b=30.0 cm | Ay=126.20 cm <sup>2</sup>    | Az=57.33 cm <sup>2</sup>    | Ax=158.98 cm <sup>2</sup> |
| tw=1.1 cm | Iy=45069.40 cm <sup>4</sup>  | Iz=8563.83 cm <sup>4</sup>  | Ix=189.76 cm <sup>4</sup> |
| tf=1.9 cm | Wply=2561.80 cm <sup>3</sup> | Wplz=872.86 cm <sup>3</sup> |                           |

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

|                    |                         |                       |                          |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| N,Ed = 866.53 kN   | My,Ed = -54.57 kN*m     | Mz,Ed = 0.75 kN*m     | Vy,Ed = 0.27 kN          |
| Nc,Rd = 4371.95 kN | My,Ed,max = -54.57 kN*m |                       | Mz,Ed,max = 0.75 kN*m    |
|                    | Vy,T,Rd = 2003.63 kN    |                       |                          |
| Nb,Rd = 4192.66 kN | My,c,Rd = 704.50 kN*m   | Mz,c,Rd = 240.04 kN*m | Vz,Ed = 23.92 kN         |
|                    | MN,y,Rd = 657.94 kN*m   | MN,z,Rd = 240.04 kN*m | Vz,T,Rd = 910.22 kN      |
|                    | Mb,Rd = 699.23 kN*m     |                       | Tt,Ed = 0.00 kN*m        |
|                    |                         |                       | Classe de la section = 1 |



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

|                |                    |              |                |
|----------------|--------------------|--------------|----------------|
| z = 0.00       | Mcr = 5168.99 kN*m | Courbe,LT -  | XLT = 0.96     |
| Lcr,low=2.00 m | Lam_LT = 0.37      | fi,LT = 0.59 | XLT,mod = 0.99 |

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

|                |              |
|----------------|--------------|
| Ly = 4.00 m    | Lam_y = 0.14 |
| Lcr,y = 2.00 m | Xy = 1.00    |
| Lamy = 11.88   | kyy = 0.98   |



en z:

|                |              |
|----------------|--------------|
| Lz = 4.00 m    | Lam_z = 0.31 |
| Lcr,z = 2.00 m | Xz = 0.96    |
| Lamz = 27.25   | kzy = 0.60   |

**FORMULES DE VERIFICATION:**

**Contrôle de la résistance de la section:**

|   |
|---|
| $N,Ed/Nc,Rd = 0.20 < 1.00$ (6.2.4.(1))  |
| $My,Ed/MN,y,Rd = 0.08 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))                                   |
| $Mz,Ed/MN,z,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))                                   |
| $(My,Ed/MN,y,Rd)^{2.00} + (Mz,Ed/MN,z,Rd)^{1.00} = 0.01 < 1.00$ (6.2.9.1.(6)) |
| $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$ (6.2.6-7)                                       |
| $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.03 < 1.00$ (6.2.6-7)                                       |
| $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)                      |
| $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})gM0) = 0.00 < 1.00$ (6.2.6)                      |

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$\lambda_{y} = 11.88 < \lambda_{max} = 210.00$        $\lambda_{z} = 27.25 < \lambda_{max} = 210.00$       STABLE  
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.08 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.28 < 1.00$   
 (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.25 < 1.00$   
 (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches (REPERE LOCAL):** Non analysé



**Déplacements (REPERE GLOBAL):**

$v_x = 0.0 \text{ cm} < v_{x \text{ max}} = L/150.00 = 2.7 \text{ cm}$       Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 69 ELS/1=1\*1.00 + 2\*1.00 + 3\*1.00 (1+2+3)\*1.00  
 $v_y = 0.0 \text{ cm} < v_{y \text{ max}} = L/150.00 = 2.7 \text{ cm}$       Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 71 ELS/4=1\*1.00 + 3\*1.00 (1+3)\*1.00

**Profil correct !!!**

**III.8.2. Traverse :**

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 75 poutre porteuse\_75      **POINT:** 1      **COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00 m

**CHARGEMENTS:**

**Cas de charge décisif:** 7 COMB1 : PERM+EXPL+1.2xE-x (1+2+3)\*1.00+15\*1.20

**MATERIAU:**

ACIER E28       $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



**PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 450**

|                      |                                |                               |                           |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| $h=90.0 \text{ cm}$  | $gM0=1.00$                     | $gM1=1.00$                    |                           |
| $b=19.0 \text{ cm}$  | $A_y=55.48 \text{ cm}^2$       | $A_z=81.86 \text{ cm}^2$      | $A_x=167.49 \text{ cm}^2$ |
| $t_w=0.9 \text{ cm}$ | $I_y=163938.72 \text{ cm}^4$   | $I_z=2513.39 \text{ cm}^4$    | $I_x=54.81 \text{ cm}^4$  |
| $t_f=1.5 \text{ cm}$ | $W_{ely}=3593.31 \text{ cm}^3$ | $W_{elz}=264.57 \text{ cm}^3$ |                           |

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

|                                 |  |   |   |
|---------------------------------|--|---|---|
| $N_{Ed} = 0.14 \text{ kN}$      | $M_{y,Ed} = -198.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$   | $M_{z,Ed} = -0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$    | $V_{y,Ed} = -0.03 \text{ kN}$             |
| $N_{c,Rd} = 4605.91 \text{ kN}$ | $M_{y,el,Rd} = 988.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $M_{z,el,Rd} = 72.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $V_{y,T,Rd} = 879.33 \text{ kN}$          |
| $N_{b,Rd} = 2946.85 \text{ kN}$ | $M_{y,c,Rd} = 988.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $M_{z,c,Rd} = 72.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $V_{z,Ed} = 146.60 \text{ kN}$            |
|                                 |  |   | $V_{z,T,Rd} = 1298.17 \text{ kN}$         |
|                                 |  |   | $T_{t,Ed} = 0.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
|                                 |  |   | Classe de la section = 3                  |



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

Ly = 6.00 m  
Lcr,y = 3.00 m  
Lamy = 13.00  
Lam\_y = 0.15  
Xy = 1.00  
kzy = 1.00



en z:

Lz = 6.00 m  
Lcr,z = 3.00 m  
Lamz = 72.55  
Lam\_z = 0.84  
Xz = 0.64  
kzz = 1.00

**FORMULES DE VERIFICATION:**

**Contrôle de la résistance de la section:**

$N,Ed/Nc,Rd + My,Ed/My,c,Rd + Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.20 < 1.00$  (6.2.1(7))  
 $\sqrt{(\text{Sig},x,Ed)^2 + 3*(\text{Tau},z,Ed+\text{Tau},tz,Ed)^2}/(fy/gM0) = 0.23 < 1.00$  (6.2.1.(5))  
 $Vy,Ed/Vy,T,Rd = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $Vz,Ed/Vz,T,Rd = 0.11 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\text{Tau},ty,Ed/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\text{Tau},tz,Ed/(fy/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$\text{Lambda},y = 13.00 < \text{Lambda},\text{max} = 210.00$        $\text{Lambda},z = 72.55 < \text{Lambda},\text{max} = 210.00$  STABLE  
 $N,Ed/(Xy*N,Rk/gM1) + kyy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kyz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.20 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed/(Mz,Rk/gM1) = 0.20 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**DEPLACEMENTS LIMITES**



**Flèches (REPERE LOCAL):**

uy = 0.0 cm < uy max = L/200.00 = 3.0 cm      Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 69 ELS/1=1\*1.00 + 2\*1.00 + 3\*1.00 (1+2+3)\*1.00  
 uz = 0.1 cm < uz max = L/200.00 = 3.0 cm      Vérifié  
**Cas de charge décisif:** 71 ELS/4=1\*1.00 + 3\*1.00 (1+3)\*1.00



**Déplacements (REPERE GLOBAL):** Non analysé

**Profil correct !!!**

**III.8.3. Le diagonale :**

**NORME:** NF EN 1993-1-1:2005/NA:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.  
**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des pièces

**FAMILLE:**

**PIECE:** 591      **POINT:** 1      **COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00 m

**CHARGEMENTS:**

**Cas de charge décisif:** 7 COMB1 : PERM+EXPL+1.2xE-x (1+2+3)\*1.00+15\*1.20

**MATERIAU:**

ACIER E28      fy = 275.00 MPa

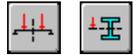


**PARAMETRES DE LA SECTION: HEA 160**

h=15.2 cm      gM0=1.00      gM1=1.00  
 b=16.0 cm      Ay=32.53 cm2      Az=13.21 cm2      Ax=38.77 cm2  
 tw=0.6 cm      Iy=1672.98 cm4      Iz=615.57 cm4      Ix=12.25 cm4  
 tf=0.9 cm      Wply=245.15 cm3      Wplz=117.63 cm3

**EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:**

|                                 |  |   |   |
|---------------------------------|--|---|---|
| $N_{,Ed} = 203.23 \text{ kN}$   | $M_{y,Ed} = -1.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$     | $M_{z,Ed} = 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$     | $V_{y,Ed} = 0.00 \text{ kN}$              |
| $N_{c,Rd} = 1066.18 \text{ kN}$ | $M_{y,Ed,max} = -1.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $M_{z,Ed,max} = 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | $V_{y,T,Rd} = 516.47 \text{ kN}$          |
| $N_{b,Rd} = 549.93 \text{ kN}$  | $M_{y,c,Rd} = 67.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$   | $M_{z,c,Rd} = 32.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $V_{z,Ed} = 0.79 \text{ kN}$              |
|                                 | $MN_{,y,Rd} = 62.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$   | $MN_{,z,Rd} = 32.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$  | $V_{z,T,Rd} = 209.73 \text{ kN}$          |
|                                 | $M_{b,Rd} = 66.58 \text{ kN}\cdot\text{m}$     |   | $Tt_{,Ed} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$ |
|                                 |  |   | Classe de la section = 1                  |



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT:**

|                               |   |                   |                     |
|-------------------------------|---|-------------------|---------------------|
| $z = 0.00$                    | $M_{cr} = 382.85 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | Courbe,LT -       | $XLT = 0.95$        |
| $L_{cr,low} = 3.61 \text{ m}$ | $Lam_{LT} = 0.42$                         | $fi_{,LT} = 0.61$ | $XLT_{,mod} = 0.99$ |

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT:**



en y:

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| $L_y = 3.61 \text{ m}$      | $Lam_y = 0.63$  |
| $L_{cr,y} = 3.61 \text{ m}$ | $X_y = 0.82$    |
| $L_{amy} = 54.89$           | $k_{zy} = 0.59$ |



en z:

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| $L_z = 3.61 \text{ m}$      | $Lam_z = 1.04$  |
| $L_{cr,z} = 3.61 \text{ m}$ | $X_z = 0.52$    |
| $Lam_z = 90.49$             | $k_{zz} = 0.96$ |

**FORMULES DE VERIFICATION:**

**Contrôle de la résistance de la section:**

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.19 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$   
 $M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$   
 $M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$   
 $(M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{,z,Rd})^{1.00} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$   
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$   
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$   
 $\tau_{y,Ed}/(\sigma_{fy}/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$   
 $\tau_{z,Ed}/(\sigma_{fy}/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$

**Contrôle de la stabilité globale de la barre:**

$\lambda_{y} = 54.89 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 90.49 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$   
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.02 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$   
 $N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.25 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$   
 $N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$

**Profil correct !!!**

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons effectué l'étude de la structure pour déterminer les types des profilés de notre structure, et on a choisi pour le poteau de hall industriel HEA450, et pour la traverse un IPE360 pour supporter les charges dues à la toiture, sans oublier les jarrets, et pour le bâtiment administratif on a choisi HEA400 pour les poteaux et un IPE450 comme des poutres principales.

*Chapitre IX*  
*Etude Des*  
*Assemblages*

## I. Introduction :

Un assemblage est un dispositif qui permet de relier et solidariser plusieurs pièces entre elles de façon rigide ou non rigide, en assurant la transmission et la répartition des diverses sollicitations entre les pièces.

## II. Calcul manuel des assemblages :

### II.1. Assemblage panne -traverse :

#### II.1.1. Dimensionnement de l'échantignolle :

On a un dispositif de flexion permettant d'attacher les pannes aux traverse appelé échantignolle.

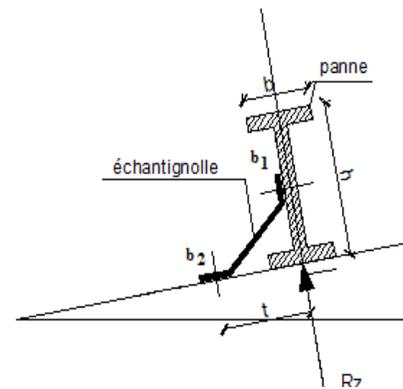
L'excentrement « t » est limité par condition suivant :

$$2 \times \frac{b}{2} \leq t \leq 3 \times \frac{b}{2}$$

Dans notre cas on a profilé **IPE160** :

$$\begin{cases} b = 82 \text{ mm} \\ h = 160 \text{ mm} \end{cases} \Rightarrow \frac{b}{2} = 41 \text{ mm}$$

$$\text{Donc : } 82 \text{ mm} \leq t \leq 123 \text{ mm} \quad \Rightarrow t = 100 \text{ mm}$$



#### II.1.5.1. Calcul des réactions d'appui :

$$ELU \begin{cases} q_y = 246,21 \text{ N/m} \\ q_z = 3105,16 \text{ N/m} \end{cases}$$

$$R_y = \frac{q_y \times L}{2} = \frac{246,21 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 0,73 \text{ KN}$$

$$R_z = \frac{q_z \times L}{2} = \frac{3105,16 \times 10^{-3} \times 6}{2} = 9,31 \text{ KN}$$

#### II.1.5.2. Calcul de renversement :

$$M_R = R_z \times t + R_y \times \frac{h}{2} = 9,31 \times 0,1 + 0,73 \times \frac{0,16}{2} = 0,98 \text{ KN.m}$$

#### II.1.5.3. Dimensionnement :

$$\sigma = \frac{M_R}{W_{ech}} \leq \sigma_e \Rightarrow W_{ech} \geq \frac{M_R}{\sigma_e} = \frac{0,93 \times 10^3 \times 10^3}{275} = 3563,63 \text{ mm}^3$$

$$\Rightarrow W_{ech} = \frac{b \times e^2}{6} \Rightarrow e = \sqrt{\frac{6 \times W_{ech}}{b}} = \sqrt{\frac{6 \times 3563,63}{150}} = 11,93 \text{ mm}$$

⇒ on adopte pour l'attache des pannes un échantignolle d'épaisseur  $e = 12 \text{ mm}$ , et de largeur  $150 \text{ mm}$  avec des boulons de  $\varnothing = 12 \text{ mm}$ .

**II.1.5.4. Vérification des boulons a la traction :**

les boulons soumis à la combinaison de traction et cisaillement doivent on vérifier la condition suivant :

$$\frac{F_{v\ sd}}{F_{v\ RD}} + \frac{F_{t\ sd}}{1,4 \times F_{t\ RD}} \leq 1$$

Avec :  $\begin{cases} F_{v\ sd} = 0,5R_y = 0,365\text{ KN} \\ F_{t\ sd} = 0,5R_z = 4,65\text{ KN} \end{cases}$

On a des boulons de  $\varnothing = 12\text{ mm}$  classe 8.8  $\Rightarrow A_s = 84,3\text{ mm}^2$  ;  $f_{ub} = 800\text{ N/mm}^2$

$$F_{t\ RD} = \frac{0,9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M_b}} \quad \dots\dots\dots(\text{tableau 6.5.3 page 251 EC3})$$

$\gamma_{M_b} 1,5$  : résistance des boulons a la traction.

$$\Rightarrow F_{t\ RD} = \frac{0,9 \times 800 \times 10^{-3} \times 84,3}{1,5} = 40,46\text{ KN}$$

$$F_{v\ RD} = \frac{0,6 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M_b}} \quad \dots\dots\dots(\text{tableau 6.5.3 page 251 EC3})$$

$\gamma_{M_b} = 1,25$  : résistance des boulons au cisaillement.

$$F_{v\ RD} = \frac{0,6 \times 800 \times 10^{-3} \times 84,3}{1,25} = 32,37\text{ KN}$$

Donc :

$$\frac{0,365}{32,37} + \frac{4,65}{1,4 \times 40,46} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \leq 1$$

.....Le boulon est vérifié au cisaillement et à la traction.

.....L'assemblage panne traverse est vérifié.

III. Assemblage par logiciel ROBOT :



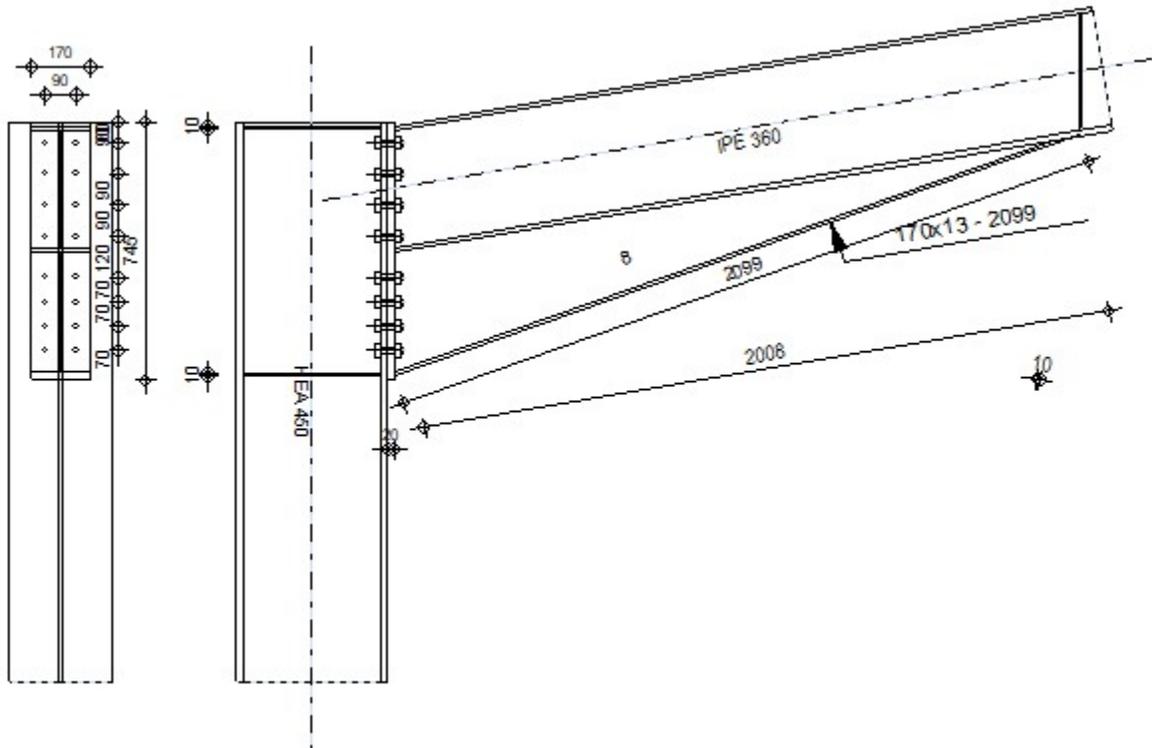
Robot Structural Analysis Professional 2023

**Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau**

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009

OK

Ratio  
**0,87**



**GÉNÉRAL**

Assemblage N°: 84  
 Nom de l'assemblage: Angle de portique  
 Noeud de la structure: 96  
 Barres de la structure: 69, 74

**GÉOMÉTRIE**

➤ **POTEAU**

Profilé: HEA 450  
 Barre N°: 69  
 $\alpha = -90,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yc} = 275,00$  [MPa] Résistance

➤ **POUTRE**

Profilé: IPE 360  
 Barre N°: 74  
 $\alpha = 9,6$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yb} = 275,00$  [MPa] Résistance

➤ **BOULONS**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon  
 $d = 18$  [mm] Diamètre du boulon  
 Classe = HR 8.8 Classe du boulon  
 $F_{tRd} = 110,59$  [kN] Résistance du boulon à la traction  
 $n_h = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $n_v = 8$  Nombre de rangées des boulons  
 $h_1 = 60$  [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about  
 Ecartement  $e_i = 90$  [mm]  
 Entraxe  $p_i = 90; 90; 90; 120; 70; 70; 70$  [mm]

➤ **PLATINE**

$h_p = 745$  [mm] Hauteur de la platine  
 $b_p = 170$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_p = 20$  [mm] Epaisseur de la platine  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yp} = 275,00$  [MPa] Résistance

➤ **JARRET INFÉRIEUR**

$w_d = 170$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_{fd} = 13$  [mm] Epaisseur de l'aile  
 $h_d = 360$  [mm] Hauteur de la platine  
 $t_{wd} = 8$  [mm] Epaisseur de l'âme  
 $l_d = 2008$  [mm] Longueur de la platine  
 $\alpha = 19,4$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ybu} = 275,00$  [MPa] Résistance

➤ **RAIDISSEUR POTEAU**

**Supérieur**

$h_{su} = 398$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{su} = 144$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hu} = 10$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ysu} = 275,00$  [MPa] Résistance

**Inférieur**

$h_{sd} = 398$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{sd} = 144$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hd} = 10$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
 Matériau: ACIER E28

$f_{ysu} = 275,00$  [MPa] Résistance

➤ **SOUDURES D'ANGLE**

$a_w = 6$  [mm] Soudure âme  
 $a_f = 9$  [mm] Soudure semelle  
 $a_s = 6$  [mm] Soudure du raidisseur  
 $a_{fd} = 5$  [mm] Soudure horizontale

➤ **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

$\gamma_{M0} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M1} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M2} = 1,25$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M3} = 1,10$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]

**EFFORTS**

Etat limite: ultime

Cas: 33:  $ELU/35=1*1.00 + 3*1.50 1*1.00+3*1.50$

$M_{b1,Ed} = -358,45$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poutre droite  
 $V_{b1,Ed} = -114,18$  [kN] Effort tranchant dans la poutre droite  
 $N_{b1,Ed} = 47,34$  [kN] Effort axial dans la poutre droite

**RÉSULTATS**

➤ **RÉSISTANCES DE LA POUTRE**

$N_{tb,Rd} = 2000,08$  [kN] Résistance de calcul de la section à la traction EN1993-1-1:[6.2.3]  
 $V_{cb,Rd} = 1015,15$  [kN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]  
 $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0,11 < 1,00$  **vérifié** (0,11)  
 $M_{b,pl,Rd} = 280,27$  [kN\*m] Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]  
 $M_{cb,Rd} = 610,19$  [kN\*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]  
 $F_{c,fb,Rd} = 857,02$  [kN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]

➤ **RÉSISTANCES DU POTEAU**

$V_{wp,Ed} = -103,61$  [kN] Panneau d'âme en cisaillement [5.3.(3)]  
 $V_{wp,Rd} = 971,23$  [kN] Résistance du panneau d'âme au cisaillement [6.2.6.1]  
 $V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$   $0,11 < 1,00$  **vérifié** (0,11)  
 $F_{c,wc,Rd,upp} = 1579,23$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

➤ **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA TRACTION**

$F_{t,Rd} = 110,59$  [kN] Résistance du boulon à la traction [Tableau 3.4]  
 $B_{p,Rd} = 329,79$  [kN] Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement [Tableau 3.4]  
 $N_{j,Rd} = \text{Min}(N_{tb,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})$   
 $N_{j,Rd} = 1769,47$  [kN] Résistance de l'assemblage à la traction [6.2]  
 $N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$   $0,03 < 1,00$  **vérifié** (0,03)

➤ **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION**

TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFORTS

| Nr | h <sub>j</sub> | F <sub>ij,Rd</sub> | F <sub>t,fc,Rd</sub> | F <sub>t,wc,Rd</sub> | F <sub>t,ep,Rd</sub> | F <sub>t,wb,Rd</sub> | F <sub>t,Rd</sub> | B <sub>p,Rd</sub> |
|----|----------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 644            | 221,18             | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 424,83               | 221,18            | 659,58            |
| 2  | 574            | 168,95             | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |
| 3  | 504            | 139,05             | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |
| 4  | 434            | 127,71             | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |
| 5  | 314            | 92,36              | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |
| 6  | 224            | 65,85              | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |
| 7  | 134            | 36,88              | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |
| 8  | 44             | 5,04               | 221,18               | 350,72               | 221,18               | 411,06               | 221,18            | 659,58            |

**RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M<sub>j,Rd</sub>**

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{ij,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 413,46 \text{ [kN*m]} \quad \text{Résistance de l'assemblage à la flexion} \quad [6.2]$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,87 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,87)$$

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT**

$$V_{j,Rd} = 967,07 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance de l'assemblage au cisaillement} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,12 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,12)$$

• **RÉSISTANCE DES SOUDURES**

$$\sqrt{[\sigma_{\perp,max}^2 + 3*(\tau_{\perp,max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad 186,89 < 381,18 \quad \text{vérifié} \quad (0,49)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad 178,81 < 381,18 \quad \text{vérifié} \quad (0,47)$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9*f_u / \gamma_{M2} \quad 93,45 < 291,60 \quad \text{vérifié} \quad (0,32)$$

• **RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE**

$$S_{j,ini} = 249790,98 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité en rotation initiale} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 122900,38 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité en rotation finale} \quad [6.3.1.(4)]$$

**Classification de l'assemblage par rigidité.**

$$S_{j,rig} = 29933,00 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité de l'assemblage rigide} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,pin} = 1870,81 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité de l'assemblage articulé} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \text{ RIGIDE}$$

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

AILE ET AME DE LA POUTRE EN COMPRESSION

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme** Ratio 0,87



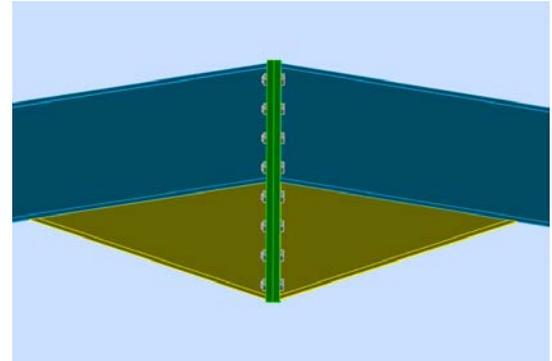
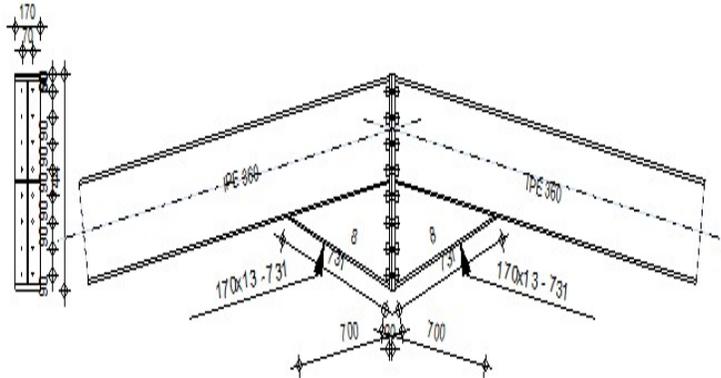
Robot Structural Analysis Professional 2023

## Calcul de l'Encastrement Poutre-Poutre

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009

OK

Ratio  
**0,39**



### GÉNÉRAL

Assemblage N°: 95  
 Nom de l'assemblage: Poutre - poutre  
 Noeud de la structure: 114  
 Barres de la structure: 82, 83

### GÉOMÉTRIE

- **GAUCHE**

- **POUTRE**

Profilé: IPE 360  
 Barre N°: 82  
 $\alpha = -170,4$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yb} = 275,00$  [MPa] Résistance

- **DROITE**

- **POUTRE**

Profilé: IPE 360  
 Barre N°: 83  
 $\alpha = -9,6$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yb} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **BOULONS**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

|                    |                        |   |
|--------------------|------------------------|---|
| $d =$              | 18 [mm]                | Diamètre du boulon  |
| Classe = HR        | 8.8                    | Classe du boulon  |
| $F_{tRd} =$        | 110,59 [kN]            | Résistance du boulon à la traction                              |
| $n_h =$            | 2                      | Nombre de colonnes des boulons                                  |
| $n_v =$            | 8                      | Nombre de rangées des boulons                                   |
| $h_1 =$            | 60 [mm]                | Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about |
| Ecartement $e_i =$ | 70 [mm]                |   |
| Entraxe $p_i =$    | 90;90;90;90;90;90 [mm] |   |

• **PLATINE**

|             |              |                         |
|-------------|--------------|-------------------------|
| $h_{pr} =$  | 744 [mm]     | Hauteur de la platine   |
| $b_{pr} =$  | 170 [mm]     | Largeur de la platine   |
| $t_{pr} =$  | 20 [mm]      | Epaisseur de la platine |
| Matériau:   | ACIER        |                         |
| $f_{ypr} =$ | 235,00 [MPa] | Résistance              |

• **JARRET INFÉRIEUR**

|              |              |                        |
|--------------|--------------|------------------------|
| $w_{rd} =$   | 170 [mm]     | Largeur de la platine  |
| $t_{frd} =$  | 13 [mm]      | Epaisseur de l'aile    |
| $h_{rd} =$   | 360 [mm]     | Hauteur de la platine  |
| $t_{wrd} =$  | 8 [mm]       | Epaisseur de l'âme     |
| $l_{rd} =$   | 2008 [mm]    | Longueur de la platine |
| $\alpha_d =$ | 19,4 [Deg]   | Angle d'inclinaison    |
| Matériau:    | ACIER        |                        |
| $f_{ybu} =$  | 235,00 [MPa] | Résistance             |

• **SOUDURES D'ANGLE**

|            |        |                     |
|------------|--------|---------------------|
| $a_w =$    | 6 [mm] | Soudure âme         |
| $a_f =$    | 9 [mm] | Soudure semelle     |
| $a_{fd} =$ | 5 [mm] | Soudure horizontale |

• **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

|                 |      |                                 |       |
|-----------------|------|---------------------------------|-------|
| $\gamma_{M0} =$ | 1,00 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M1} =$ | 1,00 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M2} =$ | 1,25 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M3} =$ | 1,10 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |

**EFFORTS**

---

Etat limite: ultime

Cas: 47:  $ELU/52=1*1.35 + 6*1.35 + 7*1.35 + 3*1.35 (1+6+7+3)*1.35$

|               |               |  |
|---------------|---------------|--|
| $M_{b1,Ed} =$ | 134,77 [kN*m] | Moment fléchissant dans la poutre droite |
| $V_{b1,Ed} =$ | -2,00 [kN]    | Effort tranchant dans la poutre droite   |
| $N_{b1,Ed} =$ | 0,29 [kN]     | Effort axial dans la poutre droite       |

**RÉSULTATS**

---

• **RÉSISTANCES DE LA POUTRE**

|                                  |   |                        |
|----------------------------------|---|------------------------|
| $N_{tb,Rd} = 2000,08$ [kN]       | Résistance de calcul de la section à la traction                | EN1993-1-1:[6.2.3]     |
| $V_{cb,Rd} = 1015,15$ [kN]       | Résistance de calcul de la section au cisaillement              | EN1993-1-1:[6.2.6.(2)] |
| $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$ | $0,00 < 1,00$   | vérifié (0,00)         |
| $M_{b,pl,Rd} = 280,27$ [kN*m]    | Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) | EN1993-1-1:[6.2.5.(2)] |
| $M_{cb,Rd} = 610,19$ [kN*m]      | Résistance de calcul de la section à la flexion                 | EN1993-1-1:[6.2.5]     |
| $F_{c,fb,Rd} = 857,02$ [kN]      | Résistance de l'aile et de l'âme comprimées                     | [6.2.6.7.(1)]          |
| $F_{c,wb,Rd,low} = 599,86$ [kN]  | Résistance de l'âme de la poutre                                | [6.2.6.2.(1)]          |

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA TRACTION**

|  |   |                |
|--|---|----------------|
| $F_{t,Rd} = 110,59$ [kN]   | Résistance du boulon à la traction                    | [Tableau 3.4]  |
| $B_{p,Rd} = 297,22$ [kN]   | Résistance du boulon au cisaillement au poinçonnement | [Tableau 3.4]  |
| $N_{j,Rd} = \text{Min}(N_{tb,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})$ |   |                |
| $N_{j,Rd} = 1769,47$ [kN]  | Résistance de l'assemblage à la traction              | [6.2]          |
| $N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$  | $0,00 < 1,00$   | vérifié (0,00) |

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION**

TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFORTS

| Nr | $h_j$ | $F_{tj,Rd}$ | $F_{t,fc,Rd}$ | $F_{t,wc,Rd}$ | $F_{t,ep,Rd}$ | $F_{t,wb,Rd}$ | $F_{t,Rd}$ | $B_{p,Rd}$ |
|----|-------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
| 1  | 668   | 221,18      | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 2  | 578   | 191,40      | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 3  | 488   | 161,62      | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 4  | 398   | 25,65       | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 5  | 308   | -           | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 6  | 218   | -           | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 7  | 128   | -           | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |
| 8  | 38    | -           | -             | -             | 221,18        | 334,68        | 221,18     | 594,44     |

**RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION  $M_{j,Rd}$**

|                                 |   |                |
|---------------------------------|---|----------------|
| $M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$ |   |                |
| $M_{j,Rd} = 347,72$ [kN*m]      | Résistance de l'assemblage à la flexion | [6.2]          |
| $M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$ | $0,39 < 1,00$                           | vérifié (0,39) |

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT**

|                                 |  |                |
|---------------------------------|--|----------------|
| $V_{j,Rd} = 1274,89$ [kN]       | Résistance de l'assemblage au cisaillement | [Tableau 3.4]  |
| $V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$ | $0,00 < 1,00$                              | vérifié (0,00) |

• **RÉSISTANCE DES SOUDURES**

|  |                  |         |        |
|--|------------------|---------|--------|
| $\sqrt{[\sigma_{\perp,max}^2 + 3*(\tau_{\perp,max}^2)]} \leq f_u/(\beta_w * \gamma_{M2})$              | $70,11 < 365,00$ | vérifié | (0,19) |
| $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u/(\beta_w * \gamma_{M2})$ | $63,47 < 365,00$ | vérifié | (0,17) |
| $\sigma_{\perp} \leq 0.9*f_u/\gamma_{M2}$  | $35,05 < 262,80$ | vérifié | (0,13) |

• **RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE**

|                                 |                               |             |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------|
| $S_{j,ini} = 1273040,88$ [kN*m] | Rigidité en rotation initiale | [6.3.1.(4)] |
| $S_j = 1273040,88$ [kN*m]       | Rigidité en rotation finale   | [6.3.1.(4)] |

**Classification de l'assemblage par rigidité.**

$S_{j,rig} = 93540,63$  [kN\*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]  
 $S_{j,pin} = 1870,81$  [kN\*m] Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]  
 $S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$  RIGIDE

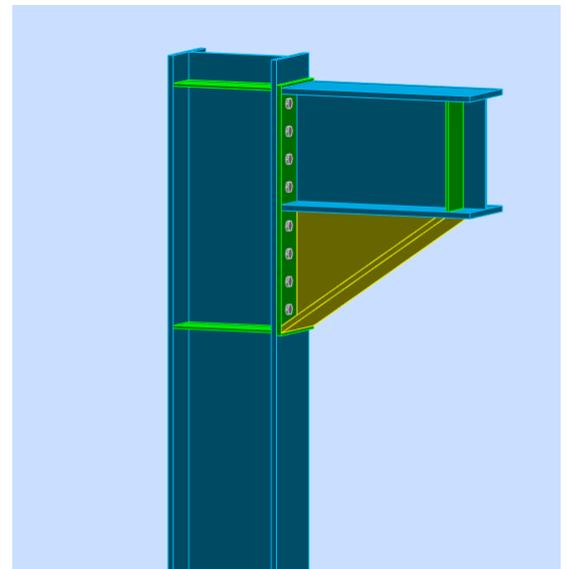
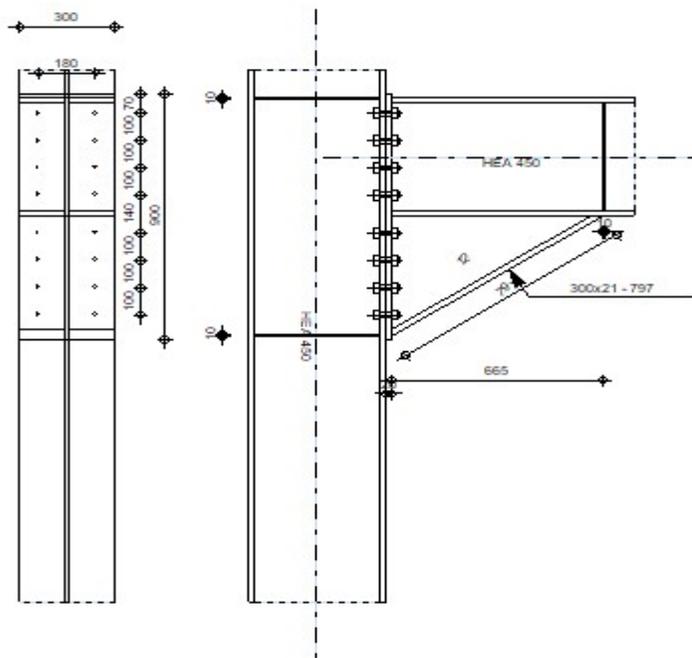
**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

AME DE LA POUTRE OU AILE DE LA CONTREPLAQUE EN COMPRESSION

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Ratio 0,39

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | Robot Structural Analysis Professional 2023<br><b>Calcul de l'Encastrement poteau- console</b><br>NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009 |  |
|   |   | Ratio<br><b>0,90</b>  |



**GÉNÉRAL**

Assemblage N°: 24  
 Nom de l'assemblage: Poutre - poteau  
 Noeud de la structure: 88  
 Barres de la structure: 58, 65

**GÉOMÉTRIE**

- **POTEAU**

Profilé: HEA 450  
 Barre N°: 58  
 $\alpha = -90,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yc} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **CONSOLE**

Profilé: HEA 450  
 Barre N°: 65  
 $\alpha = 0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yb} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **BOULONS**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

$d = 18$  [mm] Diamètre du boulon  
 Classe = HR 8.8 Classe du boulon  
 $F_{tRd} = 110,59$  [kN] Résistance du boulon à la traction  
 $n_h = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $n_v = 8$  Nombre de rangées des boulons  
 $h_1 = 70$  [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about  
 Ecartement  $e_i = 180$  [mm]  
 Entraxe  $p_i = 100;100;100;140;100;100;100$  [mm]

• **PLATINE**

$h_p = 900$  [mm] Hauteur de la platine  
 $b_p = 300$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_p = 20$  [mm] Epaisseur de la platine  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yp} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **JARRET INFÉRIEUR**

$w_d = 300$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_{fd} = 21$  [mm] Epaisseur de l'aile  
 $h_d = 440$  [mm] Hauteur de la platine  
 $t_{wd} = 12$  [mm] Epaisseur de l'âme  
 $l_d = 665$  [mm] Longueur de la platine  
 $\alpha = 33,5$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER  
 $f_{ybu} = 235,00$  [MPa] Résistance

• **RAIDISSEUR POTEAU**

**Supérieur**

$h_{su} = 398$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{su} = 144$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hu} = 10$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
 Matériau: ACIER  
 $f_{ysu} = 235,00$  [MPa] Résistance

**Inférieur**

$h_{sd} = 398$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{sd} = 144$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hd} = 10$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
 Matériau: ACIER  
 $f_{ysu} = 235,00$  [MPa] Résistance

• **SOUDURES D'ANGLE**

$a_w = 9$  [mm] Soudure âme  
 $a_f = 15$  [mm] Soudure semelle  
 $a_s = 9$  [mm] Soudure du raidisseur  
 $a_{fd} = 5$  [mm] Soudure horizontale

• **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

$\gamma_{M0} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M1} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M2} = 1,25$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M3} = 1,10$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]

**EFFORTS**

• **Etat limite: ultime**

Cas: 23:  $ELU/12=1*1.35 + 6*1.50 + 8*1.50 + 1*1.35+(6+8)*1.50$   
 $M_{b1,Ed} = 443,79$  [kN\*m] Moment fléchissant dans la poutre droite  
 $V_{b1,Ed} = 634,74$  [kN] Effort tranchant dans la poutre droite  
 $N_{b1,Ed} = -0,08$  [kN] Effort axial dans la poutre droite

**RÉSULTATS**

• **RÉSISTANCES DE LA POUTRE**

$N_{cb,Rd} = 4895,82$  [kN] Résistance de calcul de la section à la compression EN1993-1-1:[6.2.4]  
 $V_{cb,Rd} = 1847,86$  [kN] Résistance de calcul de la section au cisaillement EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]  
 $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$   $0,34 < 1,00$  **vérifié** (0,34)  
 $M_{b,pl,Rd} = 884,36$  [kN\*m] Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]  
 $M_{cb,Rd} = 1965,72$  [kN\*m] Résistance de calcul de la section à la flexion EN1993-1-1:[6.2.5]  
 $F_{c,fb,Rd} = 2293,97$  [kN] Résistance de l'aile et de l'âme comprimées [6.2.6.7.(1)]  
 $F_{c,wb,Rd,low} = 2165,62$  [kN] Résistance de l'âme de la poutre [6.2.6.2.(1)]

• **RÉSISTANCES DU POTEAU**

$V_{wp,Ed} = 155,91$  [kN] Panneau d'âme en cisaillement [5.3.(3)]  
 $V_{wp,Rd} = 964,99$  [kN] Résistance du panneau d'âme au cisaillement [6.2.6.1]  
 $V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$   $0,16 < 1,00$  **vérifié** (0,16)  
 $F_{c,wc,Rd} = 1548,18$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]  
 $F_{c,wc,Rd,upp} = 1541,64$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.2.(1)]

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA COMPRESSION**

$N_{j,Rd} = 3083,29$  [kN] Résistance de l'assemblage à la compression [6.2]  
 $N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$   $0,00 < 1,00$  **vérifié** (0,00)

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION**

TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFORTS

| Nr | h <sub>j</sub> | F <sub>tj,Rd</sub> | F <sub>t,fc,Rd</sub> | F <sub>t,wc,Rd</sub> | F <sub>t,ep,Rd</sub> | F <sub>t,wb,Rd</sub> | F <sub>t,Rd</sub> | B <sub>p,Rd</sub> |
|----|----------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 807            | 221,18             | 221,18               | 1244,89              | 221,18               | 1471,77              | 221,18            | 659,58            |
| 2  | 707            | 182,33             | 221,18               | 1029,71              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |
| 3  | 607            | 97,69              | 221,18               | 1029,71              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |
| 4  | 507            | 130,78             | 221,18               | 1029,71              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |
| 5  | 367            | 94,70              | 221,18               | 1029,71              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |
| 6  | 267            | 68,92              | 221,18               | 1029,71              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |
| 7  | 167            | 43,15              | 221,18               | 1029,71              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |
| 8  | 67             | 17,37              | 221,18               | 1239,90              | 221,18               | 1174,14              | 221,18            | 659,58            |

**RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION M<sub>j,Rd</sub>**

$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$

$M_{j,Rd} = 494,89$  [kN\*m] Résistance de l'assemblage à la flexion [6.2]

$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$  0,90 < 1,00 **vérifié** (0,90)

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT**

$V_{j,Rd} = 938,10$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement [Tableau 3.4]

$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$  0,68 < 1,00 **vérifié** (0,68)

• **RÉSISTANCE DES SOUDURES**

$\sqrt{[\sigma_{\perp,max}^2 + 3*(\tau_{\perp,max}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$  128,93 < 381,18 **vérifié** (0,34)

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u/(\beta_w*\gamma_{M2})$  147,10 < 381,18 **vérifié** (0,39)

$\sigma_{\perp} \leq 0.9*f_u/\gamma_{M2}$  64,46 < 291,60 **vérifié** (0,22)

• **RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE**

$S_{j,ini} = 302920,01$  [kN\*m] Rigidité en rotation initiale [6.3.1.(4)]

$S_j = 136037,20$  [kN\*m] Rigidité en rotation finale [6.3.1.(4)]

**Classification de l'assemblage par rigidité.**

$S_{j,rig} = 4779120,00$  [kN\*m] Rigidité de l'assemblage rigide [5.2.2.5]

$S_{j,pin} = 95582,40$  [kN\*m] Rigidité de l'assemblage articulé [5.2.2.5]

$S_{j,pin} \leq S_{j,ini} < S_{j,rig}$  SEMI-RIGIDE

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

PLATINE D'ABOUT EN TRACTION

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**

Ratio 0,90



Robot Structural Analysis Professional 2023

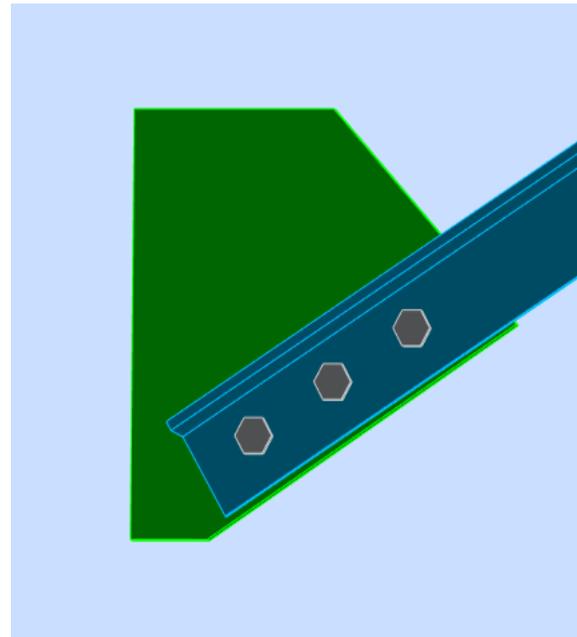
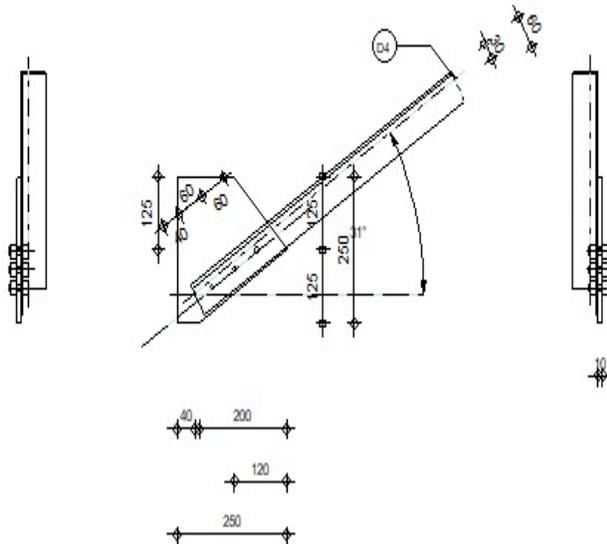
## Calcul de l'assemblage diagonale- poteau

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
**0,14**

D4 - CAE 60x6



### GÉNÉRAL

Assemblage N°: 99  
 Nom de l'assemblage: Gousset - barre simple  
 Noeud de la structure: 1044  
 Barres de la structure: 2050 ,

### GÉOMÉTRIE

- BARRES**

|           |          | Barre 4   |  |  |     |
|-----------|----------|-----------|--|--|-----|
| Barre N°: |          | 2050      |  |  |     |
| Profilé:  |          | CAE 60x6  |  |  |     |
| Matériau: |          | ACIER E28 |  |  |     |
|           | $f_y$    | 275,00    |  |  | MPa |
|           | $f_u$    | 405,00    |  |  | MPa |
| Angle     | $\alpha$ | 31,4      |  |  | Deg |
| Longueur  | $l$      | 0,00      |  |  | m   |

- BOULONS**

Barre 4

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

|                        |              |   |
|------------------------|--------------|---|
| Classe =               | 8.8          | Classe du boulon  |
| d =                    | 12 [mm]      | Diamètre du boulon  |
| d <sub>0</sub> =       | 13 [mm]      | Diamètre du trou de boulon  |
| f <sub>yb</sub> =      | 550,00 [MPa] | Limite de plasticité  |
| f <sub>ub</sub> =      | 800,00 [MPa] | Résistance du boulon à la traction  |
| n =                    | 3            | Nombre de colonnes des boulons  |
| Espacement des boulons |              | 60 ; 60 [mm]  |
| e <sub>1</sub> =       | 40 [mm]      | Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre      |
| e <sub>2</sub> =       | 30 [mm]      | Distance de l'axe des boulons du bord de la barre                               |
| e <sub>c</sub> =       | 0 [mm]       | Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres |

• **SOUDURES**

Soudures d'angle du gousset

|     |        |        |
|-----|--------|--------|
| b = | 5 [mm] | Bord b |
|-----|--------|--------|

• **GOUSSET**

|                  |          |                         |
|------------------|----------|-------------------------|
| l <sub>p</sub> = | 250 [mm] | Longueur de la platine  |
| h <sub>p</sub> = | 250 [mm] | Hauteur de la platine   |
| t <sub>p</sub> = | 10 [mm]  | Epaisseur de la platine |

Paramètres

|                  |          |          |
|------------------|----------|----------|
| h <sub>1</sub> = | 0 [mm]   | Grugeage |
| v <sub>1</sub> = | 125 [mm] | Grugeage |
| h <sub>2</sub> = | 120 [mm] | Grugeage |
| v <sub>2</sub> = | 125 [mm] | Grugeage |
| h <sub>3</sub> = | 200 [mm] | Grugeage |
| v <sub>3</sub> = | 125 [mm] | Grugeage |
| h <sub>4</sub> = | 40 [mm]  | Grugeage |
| v <sub>4</sub> = | 0 [mm]   | Grugeage |

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (93 ; 135)

|                  |              |  |
|------------------|--------------|--|
| e <sub>v</sub> = | 50 [mm]      | Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres   |
| e <sub>H</sub> = | 40 [mm]      | Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres |
| Matériau:        | ACIER        |  |
| f <sub>y</sub> = | 235,00 [MPa] | Résistance   |

• **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

|                   |      |                                 |       |
|-------------------|------|---------------------------------|-------|
| γ <sub>M0</sub> = | 1,00 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| γ <sub>M2</sub> = | 1,25 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |

**EFFORTS**

---

|                      |  |
|----------------------|--|
| Cas:                 | 87: ELU/139=1*1.35 + 2*1.35 + 4*1.35 + 5*1.35 (1+2+4+5)*1.35 |
| N <sub>b4,Ed</sub> = | 17,54 [kN] Effort axial                                      |

**RÉSULTATS**

---

• **BARRE 4**

• VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

|                         |      |   |                |
|-------------------------|------|---|----------------|
| $F_{x,Ed} = 5,85$       | [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial     |                |
| $F_{z,Ed} = 1,92$       | [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant |                |
| $F_{Ed} = 6,15$         | [kN] | Effort tranchant résultant dans le boulon                               |                |
| $F_{Rdx} = 58,32$       | [kN] | Résistance résultante de calcul du boulon                               | [Tableau 3.4]  |
| $F_{Rdz} = 44,86$       | [kN] | Résistance résultante de calcul du boulon                               | [Tableau 3.4]  |
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$ |      | $5,85 < 58,32$  | vérifié (0,10) |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$ |      | $1,92 < 44,86$  | vérifié (0,04) |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$   |      | $6,15 < 43,43$  | vérifié (0,14) |

• VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

|                              |      |  |                |
|------------------------------|------|--|----------------|
| $N_{u,Rd} = 132,92$          | [kN] | Résistance de calcul de la section nette           | [3.10.3]       |
| $N_{pl,Rd} = 171,02$         | [kN] | Résistance de calcul plastique de la section brute | [3.10.3]       |
| $ N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$  |      | $17,54 < 132,92$                                   | vérifié (0,13) |
| $ N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$ |      | $17,54 < 171,02$                                   | vérifié (0,10) |

• VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

|                              |      |  |                |
|------------------------------|------|--|----------------|
| $V_{effRd} = 144,30$         | [kN] | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous | [3.10.2 (3)]   |
| $ N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$ |      | $ 17,54  < 144,30$   | vérifié (0,12) |

**ATTACHE GOUSSET**

Soudure horizontale

• VÉRIFICATION DES SOUDURES D'ANGLE

|  |       |  |                |
|--|-------|--|----------------|
| $\sigma_{\perp} = 12,94$   | [MPa] | Contrainte normale perpendiculaire dans la soudure |                |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$  |       | $ 12,94  < 262,80$                                 | vérifié (0,05) |
| $\tau_{\perp} = 12,94$   | [MPa] | Contrainte tangentielle perpendiculaire            |                |
| $\tau_{\parallel} = 5,99$  | [MPa] | Contrainte tangentielle parallèle                  |                |
| $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ |       | $27,88 < 343,53$                                   | vérifié (0,08) |

Soudure verticale

|  |       |  |                |
|--|-------|--|----------------|
| $\sigma_{\perp} = 12,94$   | [MPa] | Contrainte normale perpendiculaire dans la soudure |                |
| $ \sigma_{\perp}  \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$  |       | $ 12,94  < 262,80$                                 | vérifié (0,05) |
| $\tau_{\perp} = 12,94$   | [MPa] | Contrainte tangentielle perpendiculaire            |                |
| $\tau_{\parallel} = 5,99$  | [MPa] | Contrainte tangentielle parallèle                  |                |
| $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ |       | $27,88 < 343,53$                                   | vérifié (0,08) |

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,14**



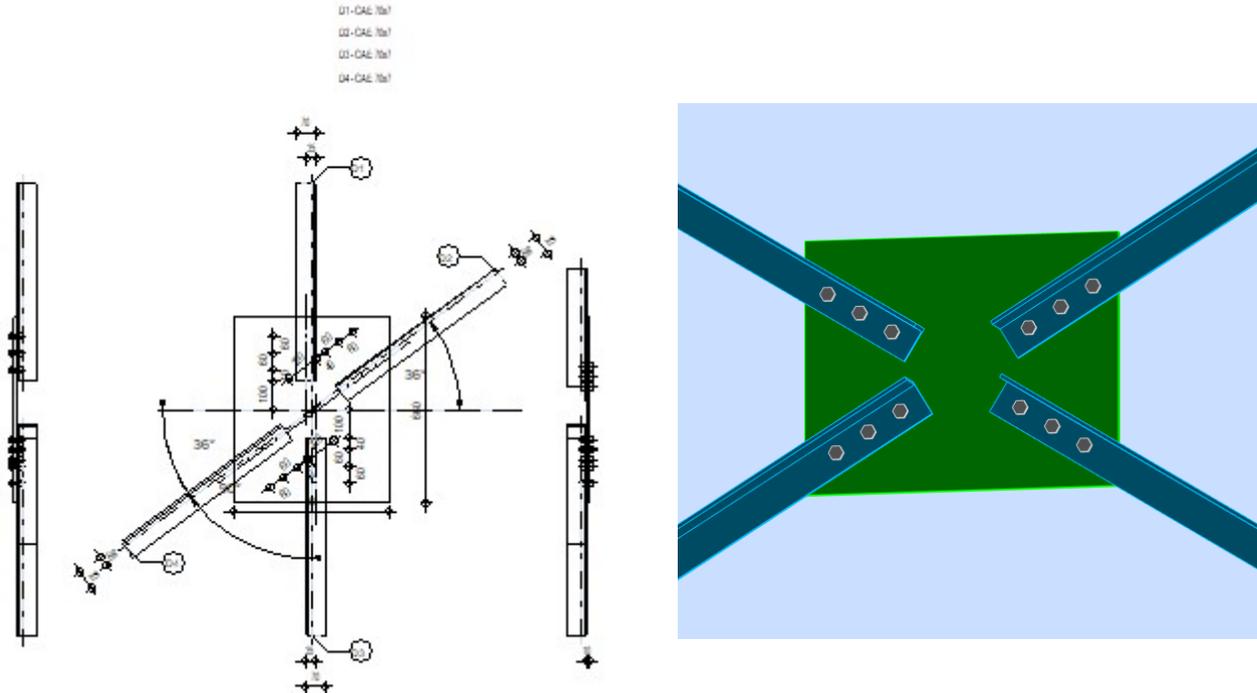
Robot Structural Analysis Professional 2023

## Calcul de l'assemblage d'intersection des diagonale

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
**0,55**



### GÉNÉRAL

Assemblage N°: 127  
 Nom de l'assemblage: Gousset - contreventement  
 Noeud de la structure: 923  
 Barres de la structure: 1180, 1190, 1181, 1191,

### GÉOMÉTRIE

- BARRES**

|                  | Barre 1   | Barre 2   | Barre 3   | Barre 4   |     |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| <b>Barre N°:</b> | 1180      | 1190      | 1181      | 1191      |     |
| <b>Profilé:</b>  | CAE 70x7  | CAE 70x7  | CAE 70x7  | CAE 70x7  |     |
| <b>Matériau:</b> | ACIER E28 | ACIER E28 | ACIER E28 | ACIER E28 |     |
| $f_y$            | 275,00    | 275,00    | 275,00    | 275,00    | MPa |
| $f_u$            | 405,00    | 405,00    | 405,00    | 405,00    | MPa |
| <b>Angle</b>     | $\alpha$  |           |           |           |     |
|                  | 90,0      | 36,3      | 90,0      | 36,3      | Deg |
| <b>Longueur</b>  | l         |           |           |           |     |
|                  | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | m   |

- BOULONS**

Barre 1

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8 Classe du boulon  
 d = 12 [mm] Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 13 [mm] Diamètre du trou de boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550,00 [MPa] Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800,00 [MPa] Résistance du boulon à la traction  
 n = 3 Nombre de colonnes des boulons  
 Espacement des boulons 60;60 [mm]  
 e<sub>1</sub> = 40 [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre  
 e<sub>2</sub> = 35 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre  
 e<sub>c</sub> = 100 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 2**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8 Classe du boulon  
 d = 12 [mm] Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 13 [mm] Diamètre du trou de boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550,00 [MPa] Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800,00 [MPa] Résistance du boulon à la traction  
 n = 3 Nombre de colonnes des boulons  
 Espacement des boulons 60;60 [mm]  
 e<sub>1</sub> = 40 [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre  
 e<sub>2</sub> = 35 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre  
 e<sub>c</sub> = 120 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 3**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8 Classe du boulon  
 d = 12 [mm] Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 13 [mm] Diamètre du trou de boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550,00 [MPa] Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800,00 [MPa] Résistance du boulon à la traction  
 n = 3 Nombre de colonnes des boulons  
 Espacement des boulons 60;60 [mm]  
 e<sub>1</sub> = 40 [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre  
 e<sub>2</sub> = 35 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre  
 e<sub>c</sub> = 100 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

**Barre 4**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8 Classe du boulon  
 d = 12 [mm] Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 13 [mm] Diamètre du trou de boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550,00 [MPa] Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800,00 [MPa] Résistance du boulon à la traction  
 n = 3 Nombre de colonnes des boulons  
 Espacement des boulons 60;60 [mm]  
 e<sub>1</sub> = 40 [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre  
 e<sub>2</sub> = 35 [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre  
 e<sub>c</sub> = 120 [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

• **GOUSSET**

l<sub>p</sub> = 550 [mm] Longueur de la platine  
 h<sub>p</sub> = 660 [mm] Hauteur de la platine  
 t<sub>p</sub> = 10 [mm] Epaisseur de la platine

**Paramètres**

|         |   |      |          |
|---------|---|------|----------|
| $h_1 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $v_1 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $h_2 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $v_2 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $h_3 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $v_3 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $h_4 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |
| $v_4 =$ | 0 | [mm] | Grugeage |

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (0;0)

|         |     |      |  |
|---------|-----|------|--|
| $e_v =$ | 330 | [mm] | Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres   |
| $e_H =$ | 275 | [mm] | Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres |

Matériau: ACIER E28

|         |        |       |            |
|---------|--------|-------|------------|
| $f_y =$ | 275,00 | [MPa] | Résistance |
|---------|--------|-------|------------|

• **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

|                 |      |                                 |       |
|-----------------|------|---------------------------------|-------|
| $\gamma_{M0} =$ | 1,00 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M2} =$ | 1,25 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |

**EFFORTS**

Cas: 33: ELU/35=1\*1.00 + 3\*1.50 1\*1.00+3\*1.50

|               |        |      |              |
|---------------|--------|------|--------------|
| $N_{b1,Ed} =$ | 60,14  | [kN] | Effort axial |
| $N_{b2,Ed} =$ | -60,78 | [kN] | Effort axial |
| $N_{b3,Ed} =$ | 65,73  | [kN] | Effort axial |
| $N_{b4,Ed} =$ | -66,38 | [kN] | Effort axial |

**RÉSULTATS**

• **BARRE 1**

• **VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS**

|                         |               |      |   |               |
|-------------------------|---------------|------|---|---------------|
| $F_{x,Ed} =$            | 20,05         | [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial     |               |
| $F_{z,Ed} =$            | 7,66          | [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant |               |
| $F_{Ed} =$              | 21,46         | [kN] | Effort tranchant résultant dans le boulon                               |               |
| $F_{Rdx} =$             | 68,04         | [kN] | Résistance résultante de calcul du boulon                               | [Tableau 3.4] |
| $F_{Rdz} =$             | 61,06         | [kN] | Résistance résultante de calcul du boulon                               | [Tableau 3.4] |
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$ | 20,05 < 68,04 |      | vérifié   | (0,29)        |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$ | 7,66 < 61,06  |      | vérifié   | (0,13)        |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$   | 21,46 < 43,43 |      | vérifié   | (0,49)        |

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

|                              |                |      |  |          |
|------------------------------|----------------|------|--|----------|
| $N_{u,Rd} =$                 | 184,09         | [kN] | Résistance de calcul de la section nette           | [3.10.3] |
| $N_{pl,Rd} =$                | 232,65         | [kN] | Résistance de calcul plastique de la section brute | [3.10.3] |
| $ N_{b1,Ed}  \leq N_{u,Rd}$  | 60,14 < 184,09 |      | vérifié  | (0,33)   |
| $ N_{b1,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$ | 60,14 < 232,65 |      | vérifié  | (0,26)   |

• **VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILEMENT DE BLOC**

$V_{effRd} = 174,02$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous [3.10.2 (3)]  
 $|N_{b1,Ed}| \leq V_{effRd}$   $|60,14| < 174,02$  **vérifié** (0,35)

• **BARRE 2**

• **VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS**

$F_{x,Ed} = -20,26$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  
 $F_{z,Ed} = -7,74$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant  
 $F_{Ed} = 21,69$  [kN] Effort tranchant résultant dans le boulon  
 $F_{Rdx} = 68,04$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon [Tableau 3.4]  
 $F_{Rdz} = 61,06$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon [Tableau 3.4]  
 $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$   $-20,26 < 68,04$  **vérifié** (0,30)  
 $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$   $-7,74 < 61,06$  **vérifié** (0,13)  
 $F_{Ed} \leq F_{vRd}$   $21,69 < 43,43$  **vérifié** (0,50)

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

$N_{u,Rd} = 184,09$  [kN] Résistance de calcul de la section nette [3.10.3]  
 $N_{pl,Rd} = 232,65$  [kN] Résistance de calcul plastique de la section brute [3.10.3]  
 $|N_{b2,Ed}| \leq N_{u,Rd}$   $-60,78 < 184,09$  **vérifié** (0,33)  
 $|N_{b2,Ed}| \leq N_{pl,Rd}$   $-60,78 < 232,65$  **vérifié** (0,26)

• **VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC**

$V_{effRd} = 174,02$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous [3.10.2 (3)]  
 $|N_{b2,Ed}| \leq V_{effRd}$   $|-60,78| < 174,02$  **vérifié** (0,35)

• **BARRE 3**

• **VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS**

$F_{x,Ed} = 21,91$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial  
 $F_{z,Ed} = 8,37$  [kN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant  
 $F_{Ed} = 23,45$  [kN] Effort tranchant résultant dans le boulon  
 $F_{Rdx} = 68,04$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon [Tableau 3.4]  
 $F_{Rdz} = 61,06$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon [Tableau 3.4]  
 $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$   $21,91 < 68,04$  **vérifié** (0,32)  
 $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$   $8,37 < 61,06$  **vérifié** (0,14)  
 $F_{Ed} \leq F_{vRd}$   $23,45 < 43,43$  **vérifié** (0,54)

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

$N_{u,Rd} = 184,09$  [kN] Résistance de calcul de la section nette [3.10.3]  
 $N_{pl,Rd} = 232,65$  [kN] Résistance de calcul plastique de la section brute [3.10.3]  
 $|N_{b3,Ed}| \leq N_{u,Rd}$   $65,73 < 184,09$  **vérifié** (0,36)  
 $|N_{b3,Ed}| \leq N_{pl,Rd}$   $65,73 < 232,65$  **vérifié** (0,28)

**VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC**

$V_{effRd} = 174,02$  [kN] Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous [3.10.2 (3)]  
 $|N_{b3,Ed}| \leq V_{effRd}$   $|65,73| < 174,02$  **vérifié** (0,38)

• **BARRE 4**

• **VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS**

|                          |   |         |               |
|--------------------------|---|---------|---------------|
| $F_{x,Ed} = -22,13$ [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial     |         |               |
| $F_{z,Ed} = -8,46$ [kN]  | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant |         |               |
| $F_{Ed} = 23,69$ [kN]    | Effort tranchant résultant dans le boulon                               |         |               |
| $F_{Rdx} = 68,04$ [kN]   | Résistance résultante de calcul du boulon                               |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{Rdz} = 61,06$ [kN]   | Résistance résultante de calcul du boulon                               |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$  | $-22,13 < 68,04$  | vérifié | (0,33)        |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$  | $-8,46 < 61,06$   | vérifié | (0,14)        |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$    | $23,69 < 43,43$   | vérifié | (0,55)        |

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

|                              |  |         |          |
|------------------------------|--|---------|----------|
| $N_{u,Rd} = 184,09$ [kN]     | Résistance de calcul de la section nette           |         | [3.10.3] |
| $N_{pl,Rd} = 232,65$ [kN]    | Résistance de calcul plastique de la section brute |         | [3.10.3] |
| $ N_{b4,Ed}  \leq N_{u,Rd}$  | $-66,38 < 184,09$                                  | vérifié | (0,36)   |
| $ N_{b4,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$ | $-66,38 < 232,65$                                  | vérifié | (0,29)   |

• **VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC**

|                              |  |         |              |
|------------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 174,02$ [kN]    | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (3)] |
| $ N_{b4,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ -66,38  < 174,02$  | vérifié | (0,38)       |

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme** Ratio 0,55



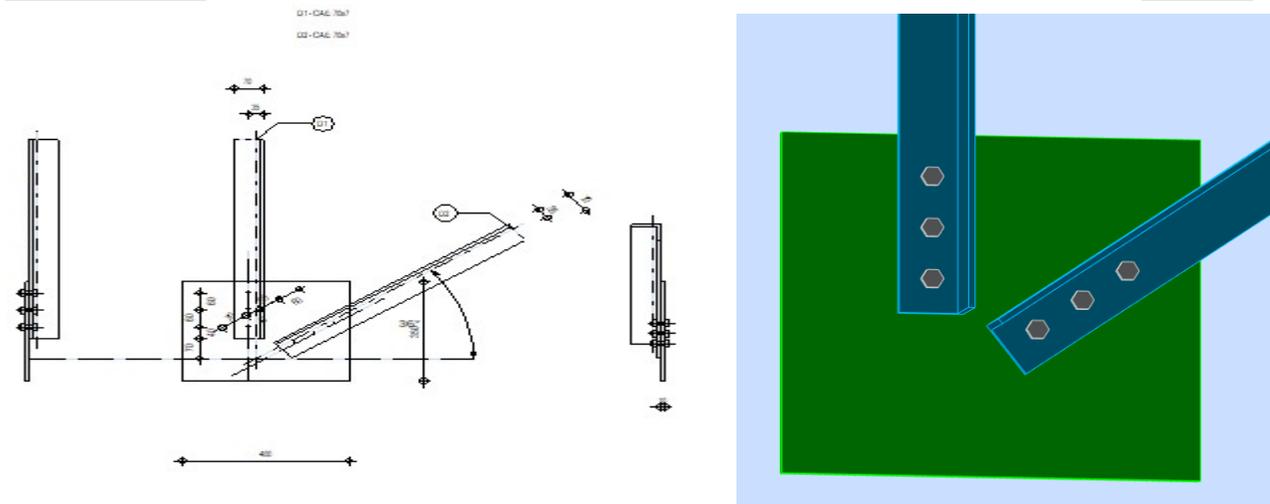
Robot Structural Analysis Professional 2023

## Calcul de l'assemblage montant - diagonale

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
**0,73**



### GÉNÉRAL

Assemblage N°: 112  
 Nom de l'assemblage: Gousset - contreventement  
 Noeud de la structure: 903  
 Barres de la structure: 1185, 1182,

### GÉOMÉTRIE

- BARRES**

|           |          | Barre 1   | Barre 2   |  |     |
|-----------|----------|-----------|-----------|--|-----|
| Barre N°: |          | 1185      | 1182      |  |     |
| Profilé:  |          | CAE 70x7  | CAE 70x7  |  |     |
| Matériau: |          | ACIER E28 | ACIER E28 |  |     |
|           | $f_y$    | 275,00    | 275,00    |  | MPa |
|           | $f_u$    | 405,00    | 405,00    |  | MPa |
| Angle     | $\alpha$ | 90,0      | 36,2      |  | Deg |
| Longueur  | l        | 0,00      | 0,00      |  | m   |

- BOULONS**

- Barre 1**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8      Classe du boulon  
 d = 12 [mm]      Diamètre du boulon  
 d<sub>0</sub> = 13 [mm]      Diamètre du trou de boulon  
 f<sub>yb</sub> = 550,00 [MPa]      Limite de plasticité  
 f<sub>ub</sub> = 800,00 [MPa]      Résistance du boulon à la traction  
 n = 3      Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60 ; 60 [mm]

$e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre

$e_2 = 35$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

$e_c = 70$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

• **Barre 2**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 8.8 Classe du boulon

$d = 12$  [mm] Diamètre du boulon

$d_0 = 13$  [mm] Diamètre du trou de boulon

$f_{yb} = 550,00$  [MPa] Limite de plasticité

$f_{ub} = 800,00$  [MPa] Résistance du boulon à la traction

$n = 3$  Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60 ; 60 [mm]

$e_1 = 40$  [mm] Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre

$e_2 = 35$  [mm] Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

$e_c = 70$  [mm] Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

• **GOUSSET**

$l_p = 400$  [mm] Longueur de la platine

$h_p = 350$  [mm] Hauteur de la platine

$t_p = 10$  [mm] Epaisseur de la platine

**Paramètres**

$h_1 = 0$  [mm] Grugeage

$v_1 = 0$  [mm] Grugeage

$h_2 = 0$  [mm] Grugeage

$v_2 = 0$  [mm] Grugeage

$h_3 = 0$  [mm] Grugeage

$v_3 = 0$  [mm] Grugeage

$h_4 = 0$  [mm] Grugeage

$v_4 = 0$  [mm] Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (25 ; 95)

$e_v = 80$  [mm] Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

$e_H = 175$  [mm] Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

Matériau: ACIER E28

$f_y = 275,00$  [MPa] Résistance

• **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

$\gamma_{M0} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]

$\gamma_{M2} = 1,25$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]

**EFFORTS**

Cas: 33:  $ELU/35=1*1.00 + 3*1.50$   $1*1.00+3*1.50$

$N_{b1,Ed} = 88,36$  [kN] Effort axial

$N_{b2,Ed} = -60,41$  [kN] Effort axial

**RÉSULTATS**

• **BARRE 1**

• **VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS**

|                         |   |         |               |
|-------------------------|---|---------|---------------|
| $F_{x,Ed} = 29,45$ [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial     |         |               |
| $F_{z,Ed} = 11,26$ [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant |         |               |
| $F_{Ed} = 31,53$ [kN]   | Effort tranchant résultant dans le boulon                               |         |               |
| $F_{Rdx} = 68,04$ [kN]  | Résistance résultante de calcul du boulon                               |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{Rdz} = 61,06$ [kN]  | Résistance résultante de calcul du boulon                               |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$ | $29,45 < 68,04$   | vérifié | (0,43)        |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$ | $11,26 < 61,06$   | vérifié | (0,18)        |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$   | $31,53 < 43,43$   | vérifié | (0,73)        |

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

|                              |  |         |          |
|------------------------------|--|---------|----------|
| $N_{u,Rd} = 184,09$ [kN]     | Résistance de calcul de la section nette           |         | [3.10.3] |
| $N_{pl,Rd} = 232,65$ [kN]    | Résistance de calcul plastique de la section brute |         | [3.10.3] |
| $ N_{b1,Ed}  \leq N_{u,Rd}$  | $88,36 < 184,09$                                   | vérifié | (0,48)   |
| $ N_{b1,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$ | $88,36 < 232,65$                                   | vérifié | (0,38)   |

• **VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC**

|                              |  |         |              |
|------------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 174,02$ [kN]    | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (3)] |
| $ N_{b1,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ 88,36  < 174,02$   | vérifié | (0,51)       |

• **BARRE 2**

**VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS**

|                          |   |         |               |
|--------------------------|---|---------|---------------|
| $F_{x,Ed} = -20,14$ [kN] | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial     |         |               |
| $F_{z,Ed} = -7,70$ [kN]  | Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort tranchant |         |               |
| $F_{Ed} = 21,56$ [kN]    | Effort tranchant résultant dans le boulon                               |         |               |
| $F_{Rdx} = 68,04$ [kN]   | Résistance résultante de calcul du boulon                               |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{Rdz} = 61,06$ [kN]   | Résistance résultante de calcul du boulon                               |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$  | $-20,14 < 68,04$  | vérifié | (0,30)        |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$  | $-7,70 < 61,06$   | vérifié | (0,13)        |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$    | $21,56 < 43,43$   | vérifié | (0,50)        |

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

|                              |  |         |          |
|------------------------------|--|---------|----------|
| $N_{u,Rd} = 184,09$ [kN]     | Résistance de calcul de la section nette           |         | [3.10.3] |
| $N_{pl,Rd} = 232,65$ [kN]    | Résistance de calcul plastique de la section brute |         | [3.10.3] |
| $ N_{b2,Ed}  \leq N_{u,Rd}$  | $-60,41 < 184,09$                                  | vérifié | (0,33)   |
| $ N_{b2,Ed}  \leq N_{pl,Rd}$ | $-60,41 < 232,65$                                  | vérifié | (0,26)   |

• **VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC**

|                              |  |         |              |
|------------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 174,02$ [kN]    | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (3)] |
| $ N_{b2,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ -60,41  < 174,02$  | vérifié | (0,35)       |

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme** Ratio 0,73

## IV. Le Bâtiment :

### IV.1. Assemblage par logiciel ROBOT :



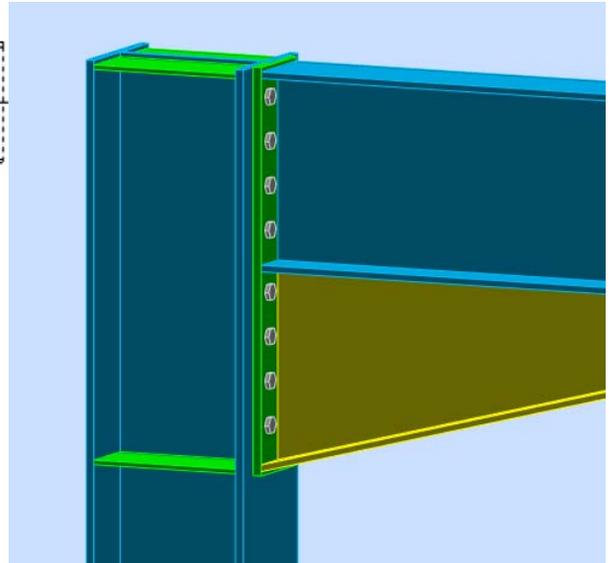
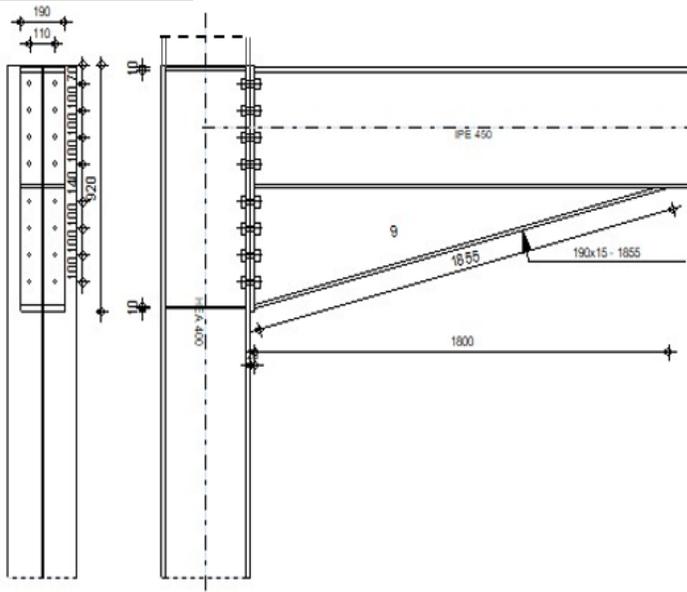
Robot Structural Analysis Professional 2023

**Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau**

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009

OK

Ratio  
**0,35**



### GÉNÉRAL

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| Assemblage N°:          | 100               |
| Nom de l'assemblage:    | Angle de portique |
| Noeud de la structure:  | 100               |
| Barres de la structure: | 266, 69           |

### GÉOMÉTRIE

#### • POTEAU

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| Profilé:   | HEA 400                         |
| Barre N°:  | 266                             |
| $\alpha =$ | -90,0 [Deg] Angle d'inclinaison |
| Matériau:  | ACIER E28                       |
| $f_{yc} =$ | 275,00 [MPa] Résistance         |

#### • POUTRE

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| Profilé:   | IPE 450                        |
| Barre N°:  | 69                             |
| $\alpha =$ | -0,0 [Deg] Angle d'inclinaison |

Matériau: ACIER E28  
 $f_{yb} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **BOULONS**

Le plan de cisaillement passe par la partie FILETÉE du boulon

$d = 18$  [mm] Diamètre du boulon  
 Classe = HR 8.8 Classe du boulon  
 $F_{tRd} = 110,59$  [kN] Résistance du boulon à la traction  
 $n_h = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $n_v = 8$  Nombre de rangées des boulons  
 $h_1 = 70$  [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about  
 Ecartement  $e_i = 70$  [mm]  
 Entraxe  $p_i = 100;100;100;140;100;100;100$  [mm]

• **PLATINE**

$h_p = 920$  [mm] Hauteur de la platine  
 $b_p = 190$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_p = 20$  [mm] Epaisseur de la platine  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{yp} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **JARRET INFÉRIEUR**

$w_d = 190$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_{fd} = 15$  [mm] Epaisseur de l'aile  
 $h_d = 450$  [mm] Hauteur de la platine  
 $t_{wd} = 9$  [mm] Epaisseur de l'âme  
 $l_d = 1800$  [mm] Longueur de la platine  
 $\alpha = 14,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ybu} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **RAIDISSEUR POTEAU**

**Supérieur**

$h_{su} = 352$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{su} = 144$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hu} = 10$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ysu} = 275,00$  [MPa] Résistance

**Inférieur**

$h_{sd} = 352$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{sd} = 144$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hd} = 10$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ysu} = 275,00$  [MPa] Résistance

• **SOUDURES D'ANGLE**

$a_w = 7$  [mm] Soudure âme  
 $a_f = 11$  [mm] Soudure semelle  
 $a_s = 7$  [mm] Soudure du raidisseur  
 $a_{fd} = 5$  [mm] Soudure horizontale

**• COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

|                 |      |                                 |       |
|-----------------|------|---------------------------------|-------|
| $\gamma_{M0} =$ | 1,00 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M1} =$ | 1,00 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M2} =$ | 1,25 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |
| $\gamma_{M3} =$ | 1,10 | Coefficient de sécurité partiel | [2.2] |

**EFFORTS**

**• Etat limite: ultime**

Cas: 7: COMB1 : PERM+EXPL+1.2xE-x (1+2+3)\*1.00+15\*1.20

|               |        |        |  |
|---------------|--------|--------|--|
| $M_{b1,Ed} =$ | 242,18 | [kN*m] | Moment fléchissant dans la poutre droite |
| $V_{b1,Ed} =$ | 83,45  | [kN]   | Effort tranchant dans la poutre droite   |
| $N_{b1,Ed} =$ | -0,67  | [kN]   | Effort axial dans la poutre droite       |

**RÉSULTATS**

**• RÉSISTANCES DE LA POUTRE**

|                              |         |        |   |                        |
|------------------------------|---------|--------|---|------------------------|
| $N_{cb,Rd} =$                | 2717,55 | [kN]   | Résistance de calcul de la section à la compression             | EN1993-1-1:[6.2.4]     |
| $V_{cb,Rd} =$                | 1478,87 | [kN]   | Résistance de calcul de la section au cisaillement              | EN1993-1-1:[6.2.6.(2)] |
| $V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq$ | 1,0     |        | 0,06 < 1,00   | vérifié (0,06)         |
| $M_{b,pl,Rd} =$              | 467,99  | [kN*m] | Résistance plastique de la section à la flexion (sans renforts) | EN1993-1-1:[6.2.5.(2)] |
| $M_{cb,Rd} =$                | 998,85  | [kN*m] | Résistance de calcul de la section à la flexion                 | EN1993-1-1:[6.2.5]     |
| $F_{c,fb,Rd} =$              | 1128,42 | [kN]   | Résistance de l'aile et de l'âme comprimées                     | [6.2.6.7.(1)]          |
| $F_{c,wb,Rd,low} =$          | 953,56  | [kN]   | Résistance de l'âme de la poutre                                | [6.2.6.2.(1)]          |

**• RÉSISTANCES DU POTEAU**

|                              |         |      |   |                |
|------------------------------|---------|------|---|----------------|
| $V_{wp,Ed} =$                | -2,23   | [kN] | Panneau d'âme en cisaillement               | [5.3.(3)]      |
| $V_{wp,Rd} =$                | 840,58  | [kN] | Résistance du panneau d'âme au cisaillement | [6.2.6.1]      |
| $V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq$ | 1,0     |      | 0,00 < 1,00                                 | vérifié (0,00) |
| $F_{c,wc,Rd} =$              | 1595,02 | [kN] | Résistance de l'âme du poteau               | [6.2.6.2.(1)]  |
| $F_{c,wc,Rd,upp} =$          | 1594,30 | [kN] | Résistance de l'âme du poteau               | [6.2.6.2.(1)]  |

**• RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA COMPRESSION**

|                             |         |      |   |                |
|-----------------------------|---------|------|---|----------------|
| $N_{j,Rd} =$                | 1907,12 | [kN] | Résistance de l'assemblage à la compression | [6.2]          |
| $N_{b1,Ed} / N_{j,Rd} \leq$ | 1,0     |      | 0,00 < 1,00                                 | vérifié (0,00) |

**• RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE À LA FLEXION**

TABLEAU RECAPITULATIF DES EFFORTS

| Nr | h <sub>j</sub> | F <sub>tj,Rd</sub> | F <sub>t,fc,Rd</sub> | F <sub>t,wc,Rd</sub> | F <sub>t,ep,Rd</sub> | F <sub>t,wb,Rd</sub> | F <sub>t,Rd</sub> | B <sub>p,Rd</sub> |
|----|----------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 832            | 150,15             | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |
| 2  | 732            | 132,12             | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |
| 3  | 632            | 114,08             | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |
| 4  | 532            | 96,04              | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |
| 5  | 392            | 70,79              | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |
| 6  | 292            | 52,75              | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |
| 7  | 192            | 34,72              | 221,18               | 150,15               | 221,18               | 363,50               | 221,18            | 626,60            |

| Nr | $h_j$ | $F_{tj,Rd}$ | $F_{t,fc,Rd}$ | $F_{t,wc,Rd}$ | $F_{t,ep,Rd}$ | $F_{t,wb,Rd}$ | $F_{t,Rd}$ | $B_{p,Rd}$ |
|----|-------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
| 8  | 92    | 16,68       | 221,18        | 150,15        | 221,18        | 363,50        | 221,18     | 626,60     |

• **RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE A LA FLEXION  $M_{j,Rd}$**

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{tj,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 396,50 \text{ [kN*m]} \quad \text{Résistance de l'assemblage à la flexion} \quad [6.2]$$

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,61 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,61)$$

• **RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE AU CISAILLEMENT**

$$V_{j,Rd} = 857,16 \text{ [kN]} \quad \text{Résistance de l'assemblage au cisaillement} \quad [\text{Tableau 3.4}]$$

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0 \quad 0,10 < 1,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,10)$$

• **RÉSISTANCE DES SOUDURES**

$$\sqrt{[\sigma_{\perp \max}^2 + 3*(\tau_{\perp \max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad 113,90 < 381,18 \quad \text{vérifié} \quad (0,30)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) \quad 110,65 < 381,18 \quad \text{vérifié} \quad (0,29)$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2} \quad 56,95 < 291,60 \quad \text{vérifié} \quad (0,20)$$

• **RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE**

$$S_{j,ini} = 298564,70 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité en rotation initiale} \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 298564,70 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité en rotation finale} \quad [6.3.1.(4)]$$

**Classification de l'assemblage par rigidité.**

$$S_{j,rig} = 295250,38 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité de l'assemblage rigide} \quad [5.2.2.5]$$

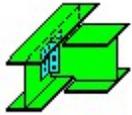
$$S_{j,pin} = 5905,01 \text{ [kN*m]} \quad \text{Rigidité de l'assemblage articulé} \quad [5.2.2.5]$$

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \text{ RIGIDE}$$

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

AME DU POTEAU EN TRACTION

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,61**



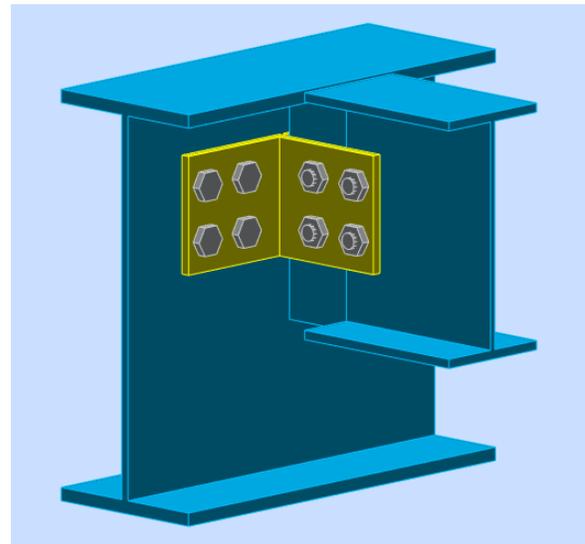
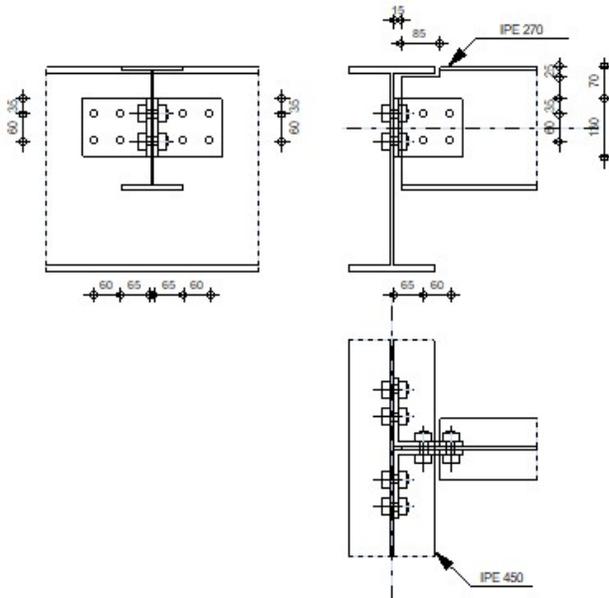
Robot Structural Analysis Professional 2023

### Calculs de l'assemblage poutre-Solive (âme)

NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
0,12



## GÉNÉRAL

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Assemblage N°:          | 159                 |
| Nom de l'assemblage:    | Poutre-poutre (âme) |
| Noeud de la structure:  | 353                 |
| Barres de la structure: | 153, 357            |

## GÉOMÉTRIE

- **POUTRE PRINCIPALE**

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| Profilé:   | IPE 450                           |
| Barre N°:  | 153                               |
| Matériau:  | ACIER E28                         |
| $f_{yg} =$ | 275,00 [MPa] Résistance de calcul |

- **POUTRE**

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| Profilé:   | IPE 270                           |
| Barre N°:  | 357                               |
| Matériau:  | ACIER E28                         |
| $f_{db} =$ | 275,00 [MPa] Résistance de calcul |

- **ENCOCHE DE LA POUTRE**

$h_1 = 25$  [mm] Encoche supérieur  
 $h_2 = 0$  [mm] Encoche inférieure  
 $l = 85$  [mm] Longueur de l'encoche

• **CORNIÈRE**

Profilé: CAE 150x10  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{dk} = 275,00$  [MPa] Résistance de calcul

• **BOULONS**

• **BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE PRINCIPALE**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon  
 Classe = 8.8 Classe du boulon  
 $d = 18$  [mm] Diamètre du boulon  
 $k = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $w = 2$  Nombre de rangées des boulons

• **BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon  
 Classe = 8.8 Classe du boulon  
 $d = 18$  [mm] Diamètre du boulon  
 $k = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $w = 2$  Nombre de rangées des boulons

• **COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

$\gamma_{M0} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]  
 $\gamma_{M2} = 1,25$  Coefficient de sécurité partiel [2.2]

**EFFORTS**

Cas: 17: COMB2 : PERM+EXPL+E-Y (1+2+3+16) \*1.00  
 $N_{b,Ed} = 0,20$  [kN] Effort axial  
 $V_{b,Ed} = 13,30$  [kN] Effort tranchant  
 $M_{b,Ed} = 0,00$  [kN\*m] Moment fléchissant

**RÉSULTATS**

• **BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE PRINCIPALE**

**FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE POUTRE PRINCIPALE - CORNIÈRE**

$F_{x,Ed} = 2,72$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x  
 $F_{z,Ed} = 4,39$  [kN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z  
 $F_{Ed} = 5,16$  [kN] Effort tranchant résultant dans le boulon  
 $F_{Rdx} = 60,75$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon [Tableau 3.4]  
 $F_{Rdz} = 61,24$  [kN] Résistance résultante de calcul du boulon [Tableau 3.4]

|                         |                |         |        |
|-------------------------|----------------|---------|--------|
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$ | $2,72 < 60,75$ | vérifié | (0,04) |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$ | $4,39 < 61,24$ | vérifié | (0,07) |

|  |  |   |        |
|--|--|---|--------|
| $F_{x,Ed} = 2,72$ [kN]   | Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x |   |        |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$  | $5,16 < 97,72$   | vérifié                                     | (0,05) |
| <b>Traction des boulons</b>  |  |   |        |
| $F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$   | $2,79 < 110,59$  | vérifié                                     | (0,03) |
| <b>Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon</b> |  |   |        |
| $F_{v,Ed} = 5,16$ [kN]   | Effort tranchant résultant dans le boulon                | $F_{v,Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$ |        |
| $F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1.4 \cdot F_{t,Rd}) \leq 1.0$                       | $0,07 < 1,00$  | vérifié                                     | (0,07) |

• **BOULONS ASSEMBLANT LA CORNIÈRE À LA POUTRE**

**FORCES AGISSANT SUR LES BOULONS DANS L'ASSEMBLAGE CORNIÈRE - POUTRE**

|                         |  |         |               |
|-------------------------|--|---------|---------------|
| $F_{x,Ed} = 5,58$ [kN]  | Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x |         |               |
| $F_{z,Ed} = 8,85$ [kN]  | Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z |         |               |
| $F_{Ed} = 10,46$ [kN]   | Effort tranchant résultant dans le boulon                |         |               |
| $F_{Rdx} = 72,17$ [kN]  | Résistance résultante de calcul du boulon                |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{Rdz} = 72,17$ [kN]  | Résistance résultante de calcul du boulon                |         | [Tableau 3.4] |
| $F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$ | $5,58 < 72,17$   | vérifié | (0,08)        |
| $F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$ | $8,85 < 72,17$   | vérifié | (0,12)        |
| $F_{Ed} \leq F_{vRd}$   | $10,46 < 195,43$   | vérifié | (0,05)        |

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC (EFFORT AXIAL)**

**CORNIÈRE**

|                                       |  |         |              |
|---------------------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 304,25$ [kN]             | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (2)] |
| $ 0,5 \cdot N_{b,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ 0,10  < 304,25$  | vérifié | (0,00)       |

**POUTRE**

|                             |  |         |              |
|-----------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 253,20$ [kN]   | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (2)] |
| $ N_{b,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ 0,20  < 253,20$  | vérifié | (0,00)       |

• **VÉRIFICATION DE LA SECTION POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC (EFFORT TRANSVERSAL)**

**CORNIÈRE**

|                                       |  |         |              |
|---------------------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 192,30$ [kN]             | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (3)] |
| $ 0,5 \cdot V_{b,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ 6,65  < 192,30$  | vérifié | (0,03)       |

**POUTRE**

|                             |  |         |              |
|-----------------------------|--|---------|--------------|
| $V_{effRd} = 200,80$ [kN]   | Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous |         | [3.10.2 (3)] |
| $ V_{b,Ed}  \leq V_{effRd}$ | $ 13,30  < 200,80$   | vérifié | (0,07)       |

• **VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE DE LA SECTION DE LA CORNIÈRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

|                                       |   |         |             |
|---------------------------------------|---|---------|-------------|
| $V_{pl,Rd} = 206,40$ [kN]             | Résistance plastique de calcul pour le cisaillement |         | [6.2.6 (2)] |
| $ 0,5 \cdot V_{b,Ed}  \leq V_{pl,Rd}$ | $ 6,65  < 206,40$                                   | vérifié | (0,03)      |

• **VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS**

|  |        |                    |   |  |
|--|--------|--------------------|---|--|
| $A_t =$  | 8,14   | [cm <sup>2</sup> ] | Aire de la zone tendue de la section brute          |  |
| $A_{t,net} =$  | 5,50   | [cm <sup>2</sup> ] | Aire nette de la zone de la section en traction     |  |
| $0,9 \cdot (A_{t,net}/A_t) \geq (f_y \cdot \gamma_{M2}) / (f_u \cdot \gamma_{M0})$ |        |                    | 0,61 < 0,85   |  |
| $W_{net} =$  | 61,10  | [cm <sup>3</sup> ] | Facteur élastique de la section                     |  |
| $M_{c,Rdnet} =$  | 16,80  | [kN*m]             | Résistance de calcul de la section à la flexion     | $M_{c,Rdnet} = W_{net} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0}$           |
| $ M_0  \leq M_{c,Rdnet}$   |        |                    | 1,33  < 16,80                                       | vérifié (0,08)   |
| $A_v =$  | 16,17  | [cm <sup>2</sup> ] | Aire de la section efficace en cisaillement         |  |
| $A_{v,net} =$  | 13,53  | [cm <sup>2</sup> ] | Aire de la section efficace nette en cisaillement   | $A_{v,net} = A_v - n_v \cdot d_0$                            |
| $V_{pl,Rd} =$  | 256,73 | [kN]               | Résistance plastique de calcul pour le cisaillement | $V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$ |
| $V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$  |        |                    | 13,30  < 256,73                                     | vérifié (0,05)   |

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,12**

**IV.2. Calcul manuel des assemblages :**

**IV.2.1. Assemblage poteau – diagonale :**

le diagonale de palée de stabilité est en HEA160 , elle est attaché par des boulons de diamètre  $\varnothing = 18 \text{ mm}$  et de classe 8.8,  $A_s = 192 \text{ mm}^2$

$\Rightarrow d_0 = \varnothing + 2 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$

**IV.2.2. Disposition des boulons :**

On calcul les pince  $p_1, p_2$  et l'entraxe  $e_1, e_2$  :

$$\begin{cases} 1,2d_0 = 24 \text{ mm} \leq e_1 \leq 150 \text{ mm} \\ 2,2d_0 = 44 \text{ mm} \leq p_1 \leq 14 \times t = 84 \text{ mm} \\ 1,5d_0 = 30 \text{ mm} \leq e_2 \leq 150 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} e_1 = 40 \text{ mm} \\ p_1 = p_2 = p_3 = 60 \text{ mm} \\ e_2 = 40 \text{ mm} \end{cases}$$

On a  $N_{sd} = 408,43 \text{ KN}$

Pour un boulon :

$$N_{sd \text{ boulon}} = \frac{N_{sd}}{8} = \frac{408,48}{8} = 51,05 \text{ KN}$$

Le diagonale sont attaché par des boulons de  $\varnothing = 18 \text{ mm}$  et de classe 8.8  $\Rightarrow f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$

**IV.2.3. Résistance des boulons au cisaillement :**

Il faut vérifier que :  $N_{sd} \leq F_{Vrd}$

Avec :  $\gamma_{M_b} = 1,25$  : résistance des boulons au cisaillement.

$$F_{Vrd} = \frac{0,6 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M_b}} = \frac{0,6 \times 800 \times 10^{-3} \times 192}{1,25} = 73,72 \text{ KN}$$

$$N_{sd \text{ boulon}} = 51,05 \text{ KN} \leq F_{Vrd} = 73,72 \text{ KN}$$

..... la condition est vérifié.

**IV.2.4. vérification la pression diamétrale :**

on vérifie la condition suivant :  $F_{Vsd} \leq F_{bRD}$

$$F_{bRD} = \frac{2,5 \times \alpha \times f_{ub} \times d \times t}{\gamma_{M_b}} \quad (\dots \dots \text{tableau 6.5.3 EC3 page 251})$$

Avec :

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min \left( \frac{40}{3 \times 20}; \frac{60}{3 \times 20} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1 \right) = \min (0,66; 0,75; 1; 86; 1)$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,66$$

$$\Rightarrow F_{bRD} = \frac{2,5 \times 0,66 \times 800 \times 10^{-3} \times 18 \times 6}{1,25} = 114,05 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_{Vsd} = N_{sd \text{ boulon}} = 51,05 \text{ KN} < F_{bRD} = 114,05 \text{ KN}$$

..... la pression diamétrale est vérifié.

**IV.2.5. Vérification de gousset a la traction :**

On prend  $t = 12 \text{ mm}$  et  $a = 140 \text{ mm}$

on vérifié la condition suivant :  $N_{sd} \leq N_{tRD}$  avec :  $N_{tRD} = \min (N_{plRD}, N_{uRD})$

$$\Rightarrow \begin{cases} N_{plRD} = \frac{a \times f_y}{\gamma_{M_0}} \\ N_{uRD} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M_2}} \end{cases}$$

$$\text{Avec : } A_{net} = (a - d_0) \times t = (140 - 20) \times 12 = 1440 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} N_{pl\ RD} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{140 \times 12 \times 275 \times 10^{-3}}{1,1} = 420\text{ KN} \\ N_{u\ RD} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M_2}} = \frac{0,9 \times 1440 \times 430 \times 10^{-3}}{1,25} = 445,82\text{ KN} \end{cases}$$

$$\Rightarrow N_{t\ RD} = 420\text{ KN}$$

$$\Rightarrow N_{sd} = 408,43\text{ KN} \leq N_{t\ RD} = 445,28\text{ KN}$$

..... le gousset est vérifié a la traction.

**IV.2.6. vérification de la pression diamétrale :**

On vérifié la condition suivante :  $F_{V\ sd} \leq F_{b\ RD}$

$$F_{b\ RD} = \frac{2,5 \times \alpha \times f_{ub} \times d \times t}{\gamma_{M_b}} \quad (\dots \dots \text{tableau 6.5.3 EC3 page 251})$$

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_y}{f_u}; 1 \right) =$$

Avec :

$$e_1 = \frac{a}{2} = \frac{140}{2} = 70\text{ mm} \quad ; \quad p_1 = 60\text{ mm}$$

$$\alpha = \min \left( \frac{70}{60}; \frac{60}{60} - \frac{1}{4}; \frac{800}{430}; 1 \right) = (1,16 ; 0,75 ; 1,86 ; 1) \Rightarrow \alpha = 0,75$$

$$F_{b\ RD} = \frac{2,5 \times 0,75 \times 800 \times 10^{-3} \times 18 \times 8}{1,25} = 129,6\text{ KN}$$

Pour un boulon :  $F_{V\ sd} = 51,05\text{ KN}$

$$F_{V\ sd} = 51,05\text{ KN} < F_{b\ RD} = 129,6\text{ KN}$$

..... la pression diamétrale est vérifié.

**V. conclusion :**

Dans le calcul des assemblages on a traité quelques exemples manuel des différents assemblages de la structure. Les assemblages sont des dispositifs très importants dans une structure en charpente métallique. Pour cela. Le calcul des assemblages demande une grande précision pour assurer une très bonne transmission des efforts.

*Chapitre X*  
*Etude*  
*D' Ancrages*

# I. Ancrage De Hall Industrielle :



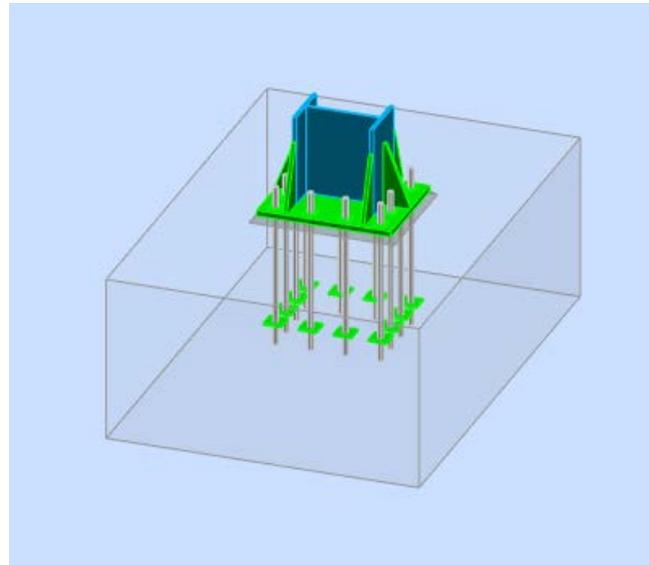
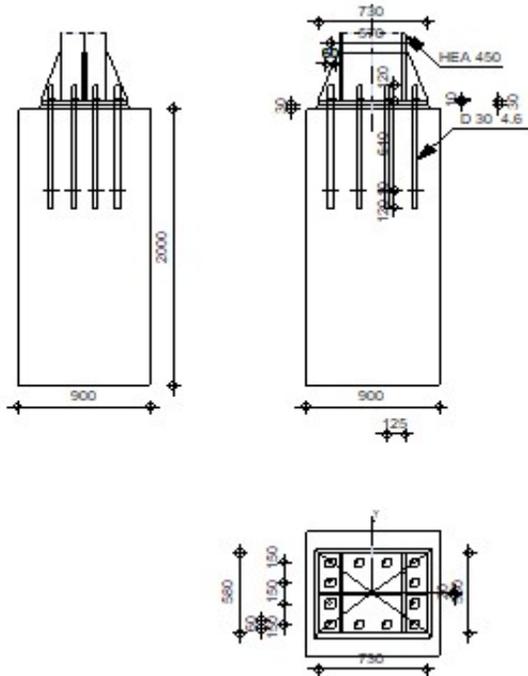
Robot Structural Analysis Professional 2023

## Calcul du Pied de Poteau encastré

Eurocode 3: NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
**0,83**



## POTEAU

Profilé: HEA 450  
 $L_c = 11,00$  [m] Longueur du poteau  
 Matériau: ACIER E28

## PLATINE DE PRESCELLEMENT

$l_{pd} = 730$  [mm] Longueur  
 $b_{pd} = 580$  [mm] Largeur  
 $t_{pd} = 30$  [mm] Epaisseur  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ypd} = 275,00$  [MPa] Résistance  
 $f_{upd} = 405,00$  [MPa] Résistance ultime du matériau

## ANCRAGE

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon  
 Classe = 4.6 Classe de tiges d'ancrage  
 $f_{yb} = 240,00$  [MPa] Limite de plasticité du matériau du boulon  
 $f_{ub} = 400,00$  [MPa] Résistance du matériau du boulon à la traction  
 $d = 30$  [mm] Diamètre du boulon  
 $n_H = 4$  Nombre de colonnes des boulons

Classe = 4.6 Classe de tiges d'ancrage  
 $n_V = 4$  Nombre de rangés des boulons  
 Ecartement  $e_{Hi} = 190 ; 190$  [mm]  
 Entraxe  $e_{Vi} = 150 ; 150$  [mm]

### RAIDISSEUR

$l_s = 730$  [mm] Longueur  
 $w_s = 580$  [mm] Largeur  
 $h_s = 350$  [mm] Hauteur  
 $t_s = 20$  [mm] Epaisseur  
 $d_1 = 15$  [mm] Grugeage  
 $d_2 = 15$  [mm] Grugeage

### COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

$\gamma_{M0} = 1,00$  Coefficient de sécurité partiel  
 $\gamma_{M2} = 1,25$  Coefficient de sécurité partiel  
 $\gamma_C = 1,50$  Coefficient de sécurité partiel

### SEMELLE ISOLÉE

$L = 900$  [mm] Longueur de la semelle  
 $B = 900$  [mm] Largeur de la semelle  
 $H = 2000$  [mm] Hauteur de la semelle

#### **Béton**

Classe BETON20  
 $f_{ck} = 20,00$  [MPa] Résistance caractéristique à la compression

#### **Mortier de calage**

$t_g = 30$  [mm] Epaisseur du mortier de calage  
 $f_{ck,g} = 12,00$  [MPa] Résistance caractéristique à la compression  
 $C_{f,d} = 0,30$  Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton

### SOUDURES

$a_p = 10$  [mm] Plaque principale du pied de poteau  
 $a_s = 8$  [mm] Raidisseurs

### EFFORTS

Cas: 33:  $ELU/35=1*1.00 + 3*1.50$   $1*1.00+3*1.50$

$N_{j,Ed} = 190,61$  [kN] Effort axial  
 $V_{j,Ed,y} = 0,01$  [kN] Effort tranchant  
 $V_{j,Ed,z} = -18,08$  [kN] Effort tranchant  
 $M_{j,Ed,y} = 133,19$  [kN\*m] Moment fléchissant  
 $M_{j,Ed,z} = -0,01$  [kN\*m] Moment fléchissant

### RÉSULTATS

#### ZONE COMPRIMÉE

##### COMPRESSION DU BETON

$c = 82$  [mm] Largeur de l'appui additionnelle [6.2.5.(4)]  
 $f_{jd} = 19,97$  [MPa] Résistance de calcul du matériau du joint [6.2.5.(7)]

|                |         |      |                                     |               |
|----------------|---------|------|-------------------------------------|---------------|
| $c =$          | 82      | [mm] | Largeur de l'appui additionnelle    | [6.2.5.(4)]   |
| $F_{c,Rd,y} =$ | 2367,35 | [kN] | Résistance du béton à la flexion My | [6.2.8.3.(1)] |
| $F_{c,Rd,z} =$ | 2135,71 | [kN] | Résistance du béton à la flexion Mz | [6.2.8.3.(1)] |

**AILE ET AME DU POTEAU EN COMPRESSION**

|                   |         |        |   |                    |
|-------------------|---------|--------|---|--------------------|
| $M_{c,Rd,y} =$    | 1997,70 | [kN*m] | Résistance de calcul de la section à la flexion | EN1993-1-1:[6.2.5] |
| $h_{f,y} =$       | 443     | [mm]   | Distance entre les centres de gravité des ailes | [6.2.6.7.(1)]      |
| $F_{c,fc,Rd,y} =$ | 4506,86 | [kN]   | Résistance de l'aile et de l'âme comprimées     | [6.2.6.7.(1)]      |
| $M_{c,Rd,z} =$    | 951,10  | [kN*m] | Résistance de calcul de la section à la flexion | EN1993-1-1:[6.2.5] |
| $h_{f,z} =$       | 290     | [mm]   | Distance entre les centres de gravité des ailes | [6.2.6.7.(1)]      |
| $F_{c,fc,Rd,z} =$ | 3284,09 | [kN]   | Résistance de l'aile et de l'âme comprimées     | [6.2.6.7.(1)]      |

**RESISTANCE DE LA SEMELLE DANS LA ZONE COMPRIMEE**

|  |         |      |   |           |
|--|---------|------|---|-----------|
| $F_{C,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$ |         |      |   |           |
| $F_{C,Rd,y} =$                                 | 2367,35 | [kN] | Résistance de la semelle dans la zone comprimée | [6.2.8.3] |
| $F_{C,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$ |         |      |   |           |
| $F_{C,Rd,z} =$                                 | 2135,71 | [kN] | Résistance de la semelle dans la zone comprimée | [6.2.8.3] |

**ZONE TENDUE**

**RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE**

|                            |        |      |                                   |               |
|----------------------------|--------|------|-----------------------------------|---------------|
| $F_{t,Rd,s1} =$            | 137,33 | [kN] | Résistance du boulon à la rupture | [Tableau 3.4] |
| $F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$ |        |      |                                   |               |
| $F_{t,Rd,s} =$             | 137,33 | [kN] | Résistance du boulon à la rupture |               |

**RESISTANCE DU BOULON D'ANCRAGE A LA TRACTION**

|                         |        |      |   |  |
|-------------------------|--------|------|---|--|
| $F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$ |        |      |   |  |
| $F_{t,Rd} =$            | 137,33 | [kN] | Résistance du boulon d'ancrage à traction |  |

**FLEXION DE LA PLAQUE DE BASE**

|                   |        |      |   |         |
|-------------------|--------|------|---|---------|
| $F_{t,pl,Rd,y} =$ | 533,00 | [kN] | Résistance de la dalle pour le mode à la traction | [6.2.4] |
| $F_{t,pl,Rd,z} =$ | 533,00 | [kN] | Résistance de la dalle pour le mode à la traction | [6.2.4] |

**RESISTANCE DE L'AME DU POTEAU A LA TRACTION**

|                   |         |      |                               |               |
|-------------------|---------|------|-------------------------------|---------------|
| $F_{t,wc,Rd,z} =$ | 1033,22 | [kN] | Résistance de l'âme du poteau | [6.2.6.3.(1)] |
|-------------------|---------|------|-------------------------------|---------------|

**RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE**

|   |         |      |   |           |
|---|---------|------|---|-----------|
| $N_{j,Rd} =$                                      | 1598,99 | [kN] | Résistance de la semelle à la traction axiale | [6.2.8.3] |
| $F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$                      |         |      |   |           |
| $F_{T,Rd,y} =$                                    | 533,00  | [kN] | Résistance de la semelle dans la zone tendue  | [6.2.8.3] |
| $F_{T,Rd,z} = \min(F_{t,pl,Rd,z}, F_{t,wc,Rd,z})$ |         |      |   |           |
| $F_{T,Rd,z} =$                                    | 533,00  | [kN] | Résistance de la semelle dans la zone tendue  | [6.2.8.3] |

**CONTRÔLE DE LA RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE**

|  |               |   |           |
|--|---------------|---|-----------|
| $N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)                        | $0,12 < 1,00$ | <b>vérifié</b>                          | (0,12)    |
| $M_{j,Rd,y} =$   | 205,01 [kN*m] | Résistance de l'assemblage à la flexion | [6.2.8.3] |
| $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)                    | $0,65 < 1,00$ | <b>vérifié</b>                          | (0,65)    |
| $M_{j,Rd,z} =$   | 0,06 [kN*m]   | Résistance de l'assemblage à la flexion | [6.2.8.3] |
| $M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)                    | $0,18 < 1,00$ | <b>vérifié</b>                          | (0,18)    |
| $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ | $0,83 < 1,00$ | <b>vérifié</b>                          | (0,83)    |

**CISAILLEMENT**

**PRESSION DU BOULON D'ANCRAGE SUR LA PLAQUE D'ASSISE**

|                   |        |      |   |             |
|-------------------|--------|------|---|-------------|
| $F_{1,vb,Rd,y} =$ | 493,59 | [kN] | Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise | [6.2.2.(7)] |
| $F_{1,vb,Rd,z} =$ | 607,50 | [kN] | Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise | [6.2.2.(7)] |

**CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE**

|                 |       |      |  |             |
|-----------------|-------|------|--|-------------|
| $F_{2,vb,Rd} =$ | 83,24 | [kN] | Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier | [6.2.2.(7)] |
|-----------------|-------|------|--|-------------|

**GLISSEMENT DE LA SEMELLE**

$F_{f,Rd} = 0,00$  [kN] Résistance au glissement [6.2.2.(6)]

**CONTROLE DU CISAILLEMENT**

$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,y} = 998,88$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$   $0,00 < 1,00$  **vérifié** (0,00)

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,z} = 998,88$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   $0,02 < 1,00$  **vérifié** (0,02)

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   $0,02 < 1,00$  **vérifié** (0,02)

**CONTRÔLE DES RAIDISSEURS**

**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

$\sigma_d = 3,60$  [MPa] Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_g = 28,26$  [MPa] Contrainte normale dans les fibres supérieures EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\tau = 50,60$  [MPa] Contrainte tangentielle dans le raidisseur EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_z = 87,72$  [MPa] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0$  (6.1)  $0,32 < 1,00$  **vérifié** (0,32)

**Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)**

$\sigma_d = 1,62$  [MPa] Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_g = 8,00$  [MPa] Contrainte normale dans les fibres supérieures EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\tau = 11,86$  [MPa] Contrainte tangentielle dans le raidisseur EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\sigma_z = 20,60$  [MPa] Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp} / \gamma_{M0}) \leq 1.0$  (6.1)  $0,07 < 1,00$  **vérifié** (0,07)

**SOUDES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE**

$\sigma_{\perp} = 19,24$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 19,24$  [MPa] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]

$\tau_{yII} = 0,00$  [MPa] Contrainte tangentielle parallèle à  $V_{j,Ed,y}$  [4.5.3.(7)]

$\tau_{zII} = -1,43$  [MPa] Contrainte tangentielle parallèle à  $V_{j,Ed,z}$  [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0,85$  Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$  (4.1)  $0,07 < 1,00$  **vérifié** (0,07)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0$  (4.1)  $0,10 < 1,00$  **vérifié** (0,10)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0$  (4.1)  $0,09 < 1,00$  **vérifié** (0,09)

**SOUDES VERTICALES DES RAIDISSEURS**

**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

$\sigma_{\perp} = 49,84$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 49,84$  [MPa] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]

$\tau_{II} = 63,26$  [MPa] Contrainte tangentielle parallèle [4.5.3.(7)]

$\sigma_z = 148,12$  [MPa] Contrainte totale équivalente [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0,85$  Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]

$\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$  (4.1)  $0,39 < 1,00$  **vérifié** (0,39)

**Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)**

$\sigma_{\perp} = 13,48$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 13,48$  [MPa] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]

$\tau_{II} = 14,82$  [MPa] Contrainte tangentielle parallèle [4.5.3.(7)]

$\sigma_z = 37,22$  [MPa] Contrainte totale équivalente [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0,85$  Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]

|   |       |       |                                    |             |
|---|-------|-------|------------------------------------|-------------|
| $\sigma_{\perp} =$  | 13,48 | [MPa] | Contrainte normale dans la soudure | [4.5.3.(7)] |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) 0,10 < 1,00 |       |       |                                    |             |
|   |       |       | vérifié                            | (0,10)      |

**SOUDURES HORIZONTALES DES RAIDISSEURS**

**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

|   |        |       |   |             |
|---|--------|-------|---|-------------|
| $\sigma_{\perp} =$  | 107,96 | [MPa] | Contrainte normale dans la soudure      | [4.5.3.(7)] |
| $\tau_{\perp} =$  | 107,96 | [MPa] | Contrainte tangentielle perpendiculaire | [4.5.3.(7)] |
| $\tau_{II} =$   | 83,01  | [MPa] | Contrainte tangentielle parallèle       | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_z =$  | 259,41 | [MPa] | Contrainte totale équivalente           | [4.5.3.(7)] |
| $\beta_w =$   | 0,85   |       | Coefficient dépendant de la résistance  | [4.5.3.(7)] |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) 0,68 < 1,00 |        |       |   |             |
|   |        |       | vérifié                                 | (0,68)      |

**Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)**

|   |       |       |   |             |
|---|-------|-------|---|-------------|
| $\sigma_{\perp} =$  | 26,20 | [MPa] | Contrainte normale dans la soudure      | [4.5.3.(7)] |
| $\tau_{\perp} =$  | 26,20 | [MPa] | Contrainte tangentielle perpendiculaire | [4.5.3.(7)] |
| $\tau_{II} =$   | 17,15 | [MPa] | Contrainte tangentielle parallèle       | [4.5.3.(7)] |
| $\sigma_z =$  | 60,24 | [MPa] | Contrainte totale équivalente           | [4.5.3.(7)] |
| $\beta_w =$   | 0,85  |       | Coefficient dépendant de la résistance  | [4.5.3.(7)] |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) 0,16 < 1,00 |       |       |   |             |
|   |       |       | vérifié                                 | (0,16)      |

**RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE**

**Moment fléchissant  $M_{j,Ed,y}$**

|   |           |        |   |                |
|---|-----------|--------|---|----------------|
| $k_{13,y} =$                            | 33        | [mm]   | Coef. de rigidité du béton comprimé                 | [Tableau 6.11] |
| $k_{15,y} =$                            | 16        | [mm]   | Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction | [Tableau 6.11] |
| $k_{16,y} =$                            | 3         | [mm]   | Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction   | [Tableau 6.11] |
| $\lambda_{0,y} =$                       | 0,67      |        | Elancement du poteau                                | [5.2.2.5.(2)]  |
| $S_{j,ini,y} =$                         | 93768,14  | [kN*m] | Rigidité en rotation initiale                       | [Tableau 6.12] |
| $S_{j,rig,y} =$                         | 364950,98 | [kN*m] | Rigidité de l'assemblage rigide                     | [5.2.2.5]      |
| $S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGIDE |           |        |   | [5.2.2.5.(2)]  |

**Moment fléchissant  $M_{j,Ed,z}$**

|   |          |        |   |                |
|---|----------|--------|---|----------------|
| $k_{13,z} =$                            | 37       | [mm]   | Coef. de rigidité du béton comprimé                 | [Tableau 6.11] |
| $k_{15,z} =$                            | 16       | [mm]   | Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction | [Tableau 6.11] |
| $k_{16,z} =$                            | 3        | [mm]   | Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction   | [Tableau 6.11] |
| $\lambda_{0,z} =$                       | 1,74     |        | Elancement du poteau                                | [5.2.2.5.(2)]  |
| $S_{j,ini,z} =$                         | 50299,70 | [kN*m] | Rigidité en rotation initiale                       | [6.3.1.(4)]    |
| $S_{j,rig,z} =$                         | 54210,53 | [kN*m] | Rigidité de l'assemblage rigide                     | [5.2.2.5]      |
| $S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RIGIDE |          |        |   | [5.2.2.5.(2)]  |

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

PLAQUE D'ASSISE A LA FLEXION

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme** Ratio 0,83



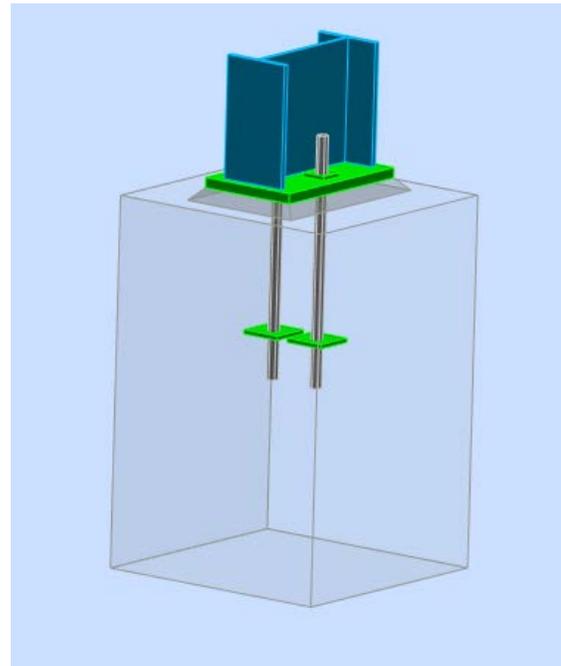
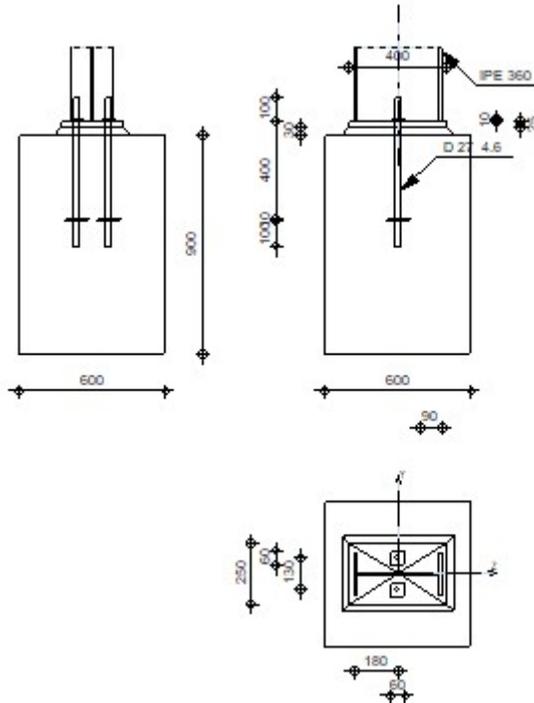
Robot Structural Analysis Professional 2023

**Calcul du Pied de Poteau articulé (potelet)**

Eurocode 3: NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
**0,50**



**GÉNÉRAL**

Assemblage N°: 154  
 Nom de l'assemblage: Pied de poteau articulé  
 Noeud de la structure: 220  
 Barres de la structure: 207

**GÉOMÉTRIE**

**POTEAU**

Profilé: IPE 360  
 Barre N°: 207  
 $L_c = 12,02$  [m] Longueur du poteau  
 Matériau: ACIER E28

**PLATINE DE PRESCELLEMENT**

$l_{pd} = 400$  [mm] Longueur  
 $b_{pd} = 250$  [mm] Largeur  
 $t_{pd} = 25$  [mm] Epaisseur  
 Matériau: ACIER E28  
 $f_{ypd} = 275,00$  [MPa] Résistance  
 $f_{upd} = 405,00$  [MPa] Résistance ultime du matériau

**ANCRAGE**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

|            |        |       |  |
|------------|--------|-------|--|
| Classe =   | 4.6    |       | Classe de tiges d'ancrage                      |
| $f_{yb}$ = | 240,00 | [MPa] | Limite de plasticité du matériau du boulon     |
| $f_{ub}$ = | 400,00 | [MPa] | Résistance du matériau du boulon à la traction |
| $d$ =      | 27     | [mm]  | Diamètre du boulon                             |
| $n$ =      | 2      |       | Nombre de rangées des boulons                  |
| $e_v$ =    | 130    | [mm]  | Entraxe  |

**COEFFICIENTS DE MATÉRIAU**

|                 |      |  |                                 |
|-----------------|------|--|---------------------------------|
| $\gamma_{M0}$ = | 1,00 |  | Coefficient de sécurité partiel |
| $\gamma_{M2}$ = | 1,25 |  | Coefficient de sécurité partiel |
| $\gamma_C$ =    | 1,50 |  | Coefficient de sécurité partiel |

**SEMELLE ISOLÉE**

|       |     |      |                        |
|-------|-----|------|------------------------|
| $L$ = | 600 | [mm] | Longueur de la semelle |
| $B$ = | 600 | [mm] | Largeur de la semelle  |
| $H$ = | 900 | [mm] | Hauteur de la semelle  |

**Béton**

Classe BETON20

|            |       |       |   |
|------------|-------|-------|---|
| $f_{ck}$ = | 20,00 | [MPa] | Résistance caractéristique à la compression |
|------------|-------|-------|---|

**Mortier de calage**

|              |       |       |  |
|--------------|-------|-------|--|
| $t_g$ =      | 30    | [mm]  | Épaisseur du mortier de calage                           |
| $f_{ck,g}$ = | 12,00 | [MPa] | Résistance caractéristique à la compression              |
| $C_{f,d}$ =  | 0,30  |       | Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton |

**SOUDURES**

|         |   |      |                                     |
|---------|---|------|-------------------------------------|
| $a_p$ = | 5 | [mm] | Plaque principale du pied de poteau |
|---------|---|------|-------------------------------------|

**EFFORTS**

|                |                            |               |                  |
|----------------|----------------------------|---------------|------------------|
| Cas:           | 31: ELU/33=1*1.35 + 3*1.50 | 1*1.35+3*1.50 |                  |
| $N_{j,Ed}$ =   | 4,48                       | [kN]          | Effort axial     |
| $V_{j,Ed,y}$ = | -3,66                      | [kN]          | Effort tranchant |
| $V_{j,Ed,z}$ = | 63,95                      | [kN]          | Effort tranchant |

**RÉSULTATS****ZONE TENDUE****RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE**

|                 |        |      |                                   |
|-----------------|--------|------|-----------------------------------|
| $F_{t,Rd,s1}$ = | 112,36 | [kN] | Résistance du boulon à la rupture |
|-----------------|--------|------|-----------------------------------|

[Tableau 3.4]

$$F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$$

|                |        |      |                                   |
|----------------|--------|------|-----------------------------------|
| $F_{t,Rd,s}$ = | 112,36 | [kN] | Résistance du boulon à la rupture |
|----------------|--------|------|-----------------------------------|

**RESISTANCE DU BOULON D'ANCRAGE A LA TRACTION**

$$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$$

|              |        |      |   |
|--------------|--------|------|---|
| $F_{t,Rd}$ = | 112,36 | [kN] | Résistance du boulon d'ancrage à traction |
|--------------|--------|------|---|

**FLEXION DE LA PLAQUE DE BASE**

|                 |        |      |   |
|-----------------|--------|------|---|
| $F_{t,pl,Rd}$ = | 224,73 | [kN] | Résistance de la dalle pour le mode à la traction |
|-----------------|--------|------|---|

[6.2.4]

**RESISTANCE DE L'AME DU POTEAU A LA TRACTION**

$F_{t,wc,Rd} = 456,62$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.3.(1)]

**RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE**

$N_{j,Rd} = 224,73$  [kN] Résistance de la semelle à la traction axiale [6.2.8.3]

**CONTRÔLE DE LA RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE**

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$  (6.24)  $0,02 < 1,00$  **vérifié** (0,02)

**CISAILLEMENT**

**PRESSION DU BOULON D'ANCRAGE SUR LA PLAQUE D'ASSISE**

$F_{1,vb,Rd,y} = 377,07$  [kN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

$F_{1,vb,Rd,z} = 491,76$  [kN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

**CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE**

$F_{2,vb,Rd} = 67,42$  [kN] Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier [6.2.2.(7)]

**GLISSEMENT DE LA SEMELLE**

$F_{f,Rd} = 0,00$  [kN] Résistance au glissement [6.2.2.(6)]

**CONTROLE DU CISAILLEMENT**

$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,y} = 134,85$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$   $0,03 < 1,00$  **vérifié** (0,03)

$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$

$V_{j,Rd,z} = 134,85$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   $0,47 < 1,00$  **vérifié** (0,47)

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   $0,50 < 1,00$  **vérifié** (0,50)

**SOUDURES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE**

$\sigma_{\perp} = 0,47$  [MPa] Contrainte normale dans la soudure [4.5.3.(7)]

$\tau_{\perp} = 0,47$  [MPa] Contrainte tangentielle perpendiculaire [4.5.3.(7)]

$\tau_{yII} = -1,10$  [MPa] Contrainte tangentielle parallèle à  $V_{j,Ed,y}$  [4.5.3.(7)]

$\tau_{zII} = 19,11$  [MPa] Contrainte tangentielle parallèle à  $V_{j,Ed,z}$  [4.5.3.(7)]

$\beta_w = 0,85$  Coefficient dépendant de la résistance [4.5.3.(7)]

$\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$  (4.1)  $0,00 < 1,00$  **vérifié** (0,00)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0$  (4.1)  $0,01 < 1,00$  **vérifié** (0,01)

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2)) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}))} \leq 1.0$  (4.1)  $0,09 < 1,00$  **vérifié** (0,09)

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

BOULON D'ANCRAGE AU CISAILLEMENT - AVEC BRAS DE LEVIER

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme** Ratio 0,50

II. Bâtiment :



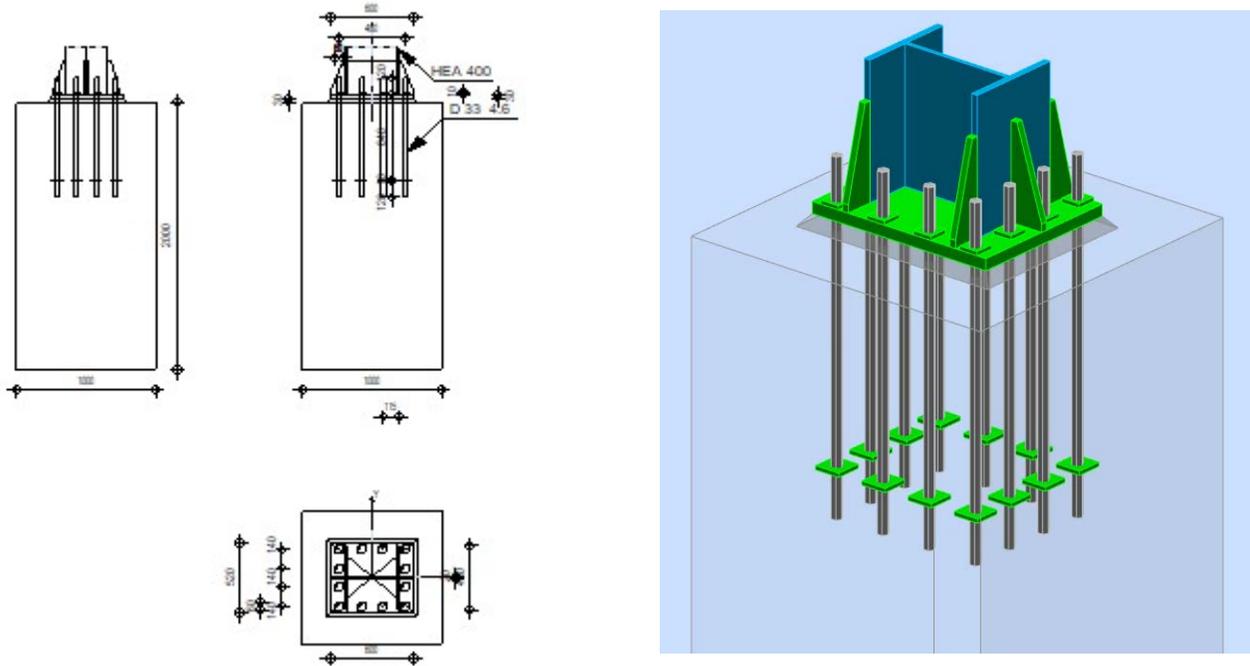
Robot Structural Analysis Professional 2023

**Calcul du Pied de Poteau encastré**

Eurocode 3: NF EN 1993-1-8:2005/NA:2007/AC:2009



Ratio  
**0,68**



**GÉNÉRAL**

Assemblage N°: 125  
 Nom de l'assemblage: Pied de poteau encastré  
 Noeud de la structure: 192  
 Barres de la structure: 549

**GÉOMÉTRIE**

**POTEAU**

Profilé: HEA 400  
 Barre N°: 549  
 $L_c = 4,00$  [m] Longueur du poteau  
 Matériau: ACIER E28

**PLATINE DE PRESCELLEMENT**

$l_{pd} = 600$  [mm] Longueur  
 $b_{pd} = 520$  [mm] Largeur  
 $t_{pd} = 30$  [mm] Epaisseur  
 Matériau: ACIER E28

|             |        |       |                               |
|-------------|--------|-------|-------------------------------|
| $f_{ypd} =$ | 275,00 | [MPa] | Résistance                    |
| $f_{upd} =$ | 405,00 | [MPa] | Résistance ultime du matériau |

### ANCRAGE

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

|                       |           |       |  |
|-----------------------|-----------|-------|--|
| Classe =              | 4.6       |       | Classe de tiges d'ancrage                      |
| $f_{yb} =$            | 240,00    | [MPa] | Limite de plasticité du matériau du boulon     |
| $f_{ub} =$            | 400,00    | [MPa] | Résistance du matériau du boulon à la traction |
| $d =$                 | 33        | [mm]  | Diamètre du boulon                             |
| $n_H =$               | 4         |       | Nombre de colonnes des boulons                 |
| $n_V =$               | 4         |       | Nombre de rangées des boulons                  |
| Ecartement $e_{Hi} =$ | 160 ; 160 | [mm]  |  |
| Entraxe $e_{Vi} =$    | 140 ; 140 | [mm]  |  |

### RAIDISSEUR

|         |     |      |           |
|---------|-----|------|-----------|
| $l_s =$ | 600 | [mm] | Longueur  |
| $w_s =$ | 480 | [mm] | Largeur   |
| $h_s =$ | 250 | [mm] | Hauteur   |
| $t_s =$ | 20  | [mm] | Epaisseur |
| $d_1 =$ | 20  | [mm] | Grugeage  |
| $d_2 =$ | 20  | [mm] | Grugeage  |

### COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

|                 |      |  |                                 |
|-----------------|------|--|---------------------------------|
| $\gamma_{M0} =$ | 1,00 |  | Coefficient de sécurité partiel |
| $\gamma_{M2} =$ | 1,25 |  | Coefficient de sécurité partiel |
| $\gamma_C =$    | 1,50 |  | Coefficient de sécurité partiel |

### SEMELLE ISOLÉE

|       |      |      |                        |
|-------|------|------|------------------------|
| $L =$ | 1000 | [mm] | Longueur de la semelle |
| $B =$ | 1000 | [mm] | Largeur de la semelle  |
| $H =$ | 2000 | [mm] | Hauteur de la semelle  |

#### **Béton**

|            |       |       |   |
|------------|-------|-------|---|
| Classe     |       |       | BETON25                                     |
| $f_{ck} =$ | 25,00 | [MPa] | Résistance caractéristique à la compression |

#### **Mortier de calage**

|              |       |       |  |
|--------------|-------|-------|--|
| $t_g =$      | 30    | [mm]  | Epaisseur du mortier de calage                           |
| $f_{ck,g} =$ | 12,00 | [MPa] | Résistance caractéristique à la compression              |
| $C_{f,d} =$  | 0,30  |       | Coef. de frottement entre la plaque d'assise et le béton |

### SOUDURES

|         |    |      |                                     |
|---------|----|------|-------------------------------------|
| $a_p =$ | 12 | [mm] | Plaque principale du pied de poteau |
| $a_s =$ | 8  | [mm] | Raidisseurs                         |

### EFFORTS

Cas: 20: COMB6 : +0.8xPERM-E-Y 1\*0.80+16\*-1.00

|                |        |        |                    |
|----------------|--------|--------|--------------------|
| $N_{j,Ed} =$   | 308,93 | [kN]   | Effort axial       |
| $V_{j,Ed,y} =$ | 135,88 | [kN]   | Effort tranchant   |
| $V_{j,Ed,z} =$ | -13,47 | [kN]   | Effort tranchant   |
| $M_{j,Ed,y} =$ | 28,03  | [kN*m] | Moment fléchissant |

$N_{j,Ed} = 308,93$  [kN] Effort axial  
 $M_{j,Ed,z} = -9,89$  [kN\*m] Moment fléchissant

## RÉSULTATS

### ZONE TENDUE

#### RUPTURE DU BOULON D'ANCRAGE

$F_{t,Rd,s1} = 169,89$  [kN] Résistance du boulon à la rupture [Tableau 3.4]

$$F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$$

$F_{t,Rd,s} = 169,89$  [kN] Résistance du boulon à la rupture

#### RESISTANCE DU BOULON D'ANCRAGE A LA TRACTION

$$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$$

$F_{t,Rd} = 169,89$  [kN] Résistance du boulon d'ancrage à traction

#### FLEXION DE LA PLAQUE DE BASE

$F_{t,pl,Rd,y} = 571,32$  [kN] Résistance de la dalle pour le mode à la traction [6.2.4]

$F_{t,pl,Rd,z} = 571,32$  [kN] Résistance de la dalle pour le mode à la traction [6.2.4]

#### RESISTANCE DE L'AME DU POTEAU A LA TRACTION

$F_{t,wc,Rd,z} = 830,99$  [kN] Résistance de l'âme du poteau [6.2.6.3.(1)]

#### RESISTANCES DE SEMELLE DANS LA ZONE TENDUE

$N_{j,Rd} = 1713,97$  [kN] Résistance de la semelle à la traction axiale [6.2.8.3]

$$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$$

$F_{T,Rd,y} = 571,32$  [kN] Résistance de la semelle dans la zone tendue [6.2.8.3]

$$F_{T,Rd,z} = \min(F_{t,pl,Rd,z}, F_{t,wc,Rd,z})$$

$F_{T,Rd,z} = 571,32$  [kN] Résistance de la semelle dans la zone tendue [6.2.8.3]

### CONTRÔLE DE LA RÉSISTANCE DE L'ASSEMBLAGE

|   |               |         |           |
|---|---------------|---------|-----------|
| $N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24)                               | $0,18 < 1,00$ | vérifié | (0,18)    |
| $M_{j,Rd,y} = 75,24$ [kN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion |               |         | [6.2.8.3] |
| $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23)                           | $0,37 < 1,00$ | vérifié | (0,37)    |
| $M_{j,Rd,z} = 31,75$ [kN*m] Résistance de l'assemblage à la flexion |               |         | [6.2.8.3] |
| $M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$ (6.23)                           | $0,31 < 1,00$ | vérifié | (0,31)    |
| $M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0$        | $0,68 < 1,00$ | vérifié | (0,68)    |

### CISAILLEMENT

#### PRESSION DU BOULON D'ANCRAGE SUR LA PLAQUE D'ASSISE

$F_{1,vb,Rd,y} = 381,86$  [kN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

$F_{1,vb,Rd,z} = 421,57$  [kN] Résistance du boulon d'ancrage à la pression sur la plaque d'assise [6.2.2.(7)]

#### CISAILLEMENT DU BOULON D'ANCRAGE

$F_{2,vb,Rd} = 100,72$  [kN] Résistance du boulon au cisaillement - sans bras de levier [6.2.2.(7)]

#### GLISSEMENT DE LA SEMELLE

$F_{f,Rd} = 0,00$  [kN] Résistance au glissement [6.2.2.(6)]

#### CONTROLE DU CISAILLEMENT

$$V_{j,Rd,y} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,y} = 1208,64$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$   $0,11 < 1,00$  vérifié (0,11)

$$V_{j,Rd,z} = n_b \cdot \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,z} = 1208,64$  [kN] Résistance de l'assemblage au cisaillement CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   $0,01 < 1,00$  vérifié (0,01)

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0$   $0,12 < 1,00$  vérifié (0,12)

**CONTRÔLE DES RAIDISSEURS**

**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| $\sigma_d = 2,66$ [MPa]   | Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle     | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\sigma_g = 24,17$ [MPa]  | Contrainte normale dans les fibres supérieures                 | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\tau = 46,33$ [MPa]  | Contrainte tangentielle dans le raidisseur                     | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\sigma_z = 80,28$ [MPa]  | Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,29 < 1,00$ |  | <b>vérifié</b> (0,29)   |

**Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)**

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| $\sigma_d = 2,40$ [MPa]   | Contrainte normale au contact du raidisseur et de la dalle     | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\sigma_g = 14,77$ [MPa]  | Contrainte normale dans les fibres supérieures                 | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\tau = 20,55$ [MPa]  | Contrainte tangentielle dans le raidisseur                     | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\sigma_z = 35,67$ [MPa]  | Contrainte équivalente au contact du raidisseur et de la dalle | EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)] |
| $\max(\sigma_g, \tau / (0.58), \sigma_z) / (f_{yp}/\gamma_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,13 < 1,00$ |  | <b>vérifié</b> (0,13)   |

**SOUDES ENTRE LE POTEAU ET LA PLAQUE D'ASSISE**

|  |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| $\sigma_{\perp} = 21,01$ [MPa]   | Contrainte normale dans la soudure               | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{\perp} = 21,01$ [MPa]   | Contrainte tangentielle perpendiculaire          | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{yII} = 6,83$ [MPa]  | Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,y}$ | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{zII} = -1,14$ [MPa]   | Contrainte tangentielle parallèle à $V_{j,Ed,z}$ | [4.5.3.(7)]           |
| $\beta_w = 0,85$   | Coefficient dépendant de la résistance           | [4.5.3.(7)]           |
| $\sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) \leq 1.0$ (4.1) $0,07 < 1,00$  |  | <b>vérifié</b> (0,07) |
| $\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{zII}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,11 < 1,00$   |  | <b>vérifié</b> (0,11) |
| $\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,05 < 1,00$ |  | <b>vérifié</b> (0,05) |

**SOUDES VERTICALES DES RAIDISSEURS**

**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

|   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| $\sigma_{\perp} = 44,22$ [MPa]  | Contrainte normale dans la soudure      | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{\perp} = 44,22$ [MPa]  | Contrainte tangentielle perpendiculaire | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{II} = 57,91$ [MPa]   | Contrainte tangentielle parallèle       | [4.5.3.(7)]           |
| $\sigma_z = 133,72$ [MPa]   | Contrainte totale équivalente           | [4.5.3.(7)]           |
| $\beta_w = 0,85$  | Coefficient dépendant de la résistance  | [4.5.3.(7)]           |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,35 < 1,00$ |   | <b>vérifié</b> (0,35) |

**Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)**

|   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| $\sigma_{\perp} = 26,15$ [MPa]  | Contrainte normale dans la soudure      | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{\perp} = 26,15$ [MPa]  | Contrainte tangentielle perpendiculaire | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{II} = 25,69$ [MPa]   | Contrainte tangentielle parallèle       | [4.5.3.(7)]           |
| $\sigma_z = 68,67$ [MPa]  | Contrainte totale équivalente           | [4.5.3.(7)]           |
| $\beta_w = 0,85$  | Coefficient dépendant de la résistance  | [4.5.3.(7)]           |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,18 < 1,00$ |   | <b>vérifié</b> (0,18) |

**SOUDES HORIZONTALES DES RAIDISSEURS**

**Raidisseur parallèle à l'âme (sur le prolongement de l'âme du poteau)**

|   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| $\sigma_{\perp} = 97,49$ [MPa]  | Contrainte normale dans la soudure      | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{\perp} = 97,49$ [MPa]  | Contrainte tangentielle perpendiculaire | [4.5.3.(7)]           |
| $\tau_{II} = 81,51$ [MPa]   | Contrainte tangentielle parallèle       | [4.5.3.(7)]           |
| $\sigma_z = 240,73$ [MPa]   | Contrainte totale équivalente           | [4.5.3.(7)]           |
| $\beta_w = 0,85$  | Coefficient dépendant de la résistance  | [4.5.3.(7)]           |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{II} \cdot \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) $0,63 < 1,00$ |   | <b>vérifié</b> (0,63) |

**Raidisseur perpendiculaire à l'âme (sur le prolongement des ailes du poteau)**

|  |        |       |   |                                   |
|--|--------|-------|---|-----------------------------------|
| $\sigma_{\perp} =$   | 50,45  | [MPa] | Contrainte normale dans la soudure      | [4.5.3.(7)]                       |
| $\tau_{\perp} =$   | 50,45  | [MPa] | Contrainte tangentielle perpendiculaire | [4.5.3.(7)]                       |
| $\tau_{\parallel} =$   | 31,07  | [MPa] | Contrainte tangentielle parallèle       | [4.5.3.(7)]                       |
| $\sigma_z =$   | 114,36 | [MPa] | Contrainte totale équivalente           | [4.5.3.(7)]                       |
| $\beta_w =$  | 0,85   |       | Coefficient dépendant de la résistance  | [4.5.3.(7)]                       |
| $\max(\sigma_{\perp}, \tau_{\parallel} * \sqrt{3}, \sigma_z) / (f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})) \leq 1.0$ (4.1) |        |       |   | 0,30 < 1,00 <b>vérifié</b> (0,30) |

**RIGIDITÉ DE L'ASSEMBLAGE**

**Moment fléchissant  $M_{j,Ed,y}$**

|   |           |        |   |                |
|---|-----------|--------|---|----------------|
| $k_{13,y} =$                            | 30        | [mm]   | Coef. de rigidité du béton comprimé                 | [Tableau 6.11] |
| $k_{15,y} =$                            | 3         | [mm]   | Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction | [Tableau 6.11] |
| $k_{16,y} =$                            | 3         | [mm]   | Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction   | [Tableau 6.11] |
| $\lambda_{0,y} =$                       | 0,27      |        | Elancement du poteau                                | [5.2.2.5.(2)]  |
| $S_{j,ini,y} =$                         | 36381,34  | [kN*m] | Rigidité en rotation initiale                       | [Tableau 6.12] |
| $S_{j,rig,y} =$                         | 709843,05 | [kN*m] | Rigidité de l'assemblage rigide                     | [5.2.2.5]      |
| $S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGIDE |           |        |   | [5.2.2.5.(2)]  |

**Moment fléchissant  $M_{j,Ed,z}$**

|   |           |        |   |                |
|---|-----------|--------|---|----------------|
| $k_{13,z} =$                            | 33        | [mm]   | Coef. de rigidité du béton comprimé                 | [Tableau 6.11] |
| $k_{15,z} =$                            | 3         | [mm]   | Coef. de rigidité de la plaque d'assise en traction | [Tableau 6.11] |
| $k_{16,z} =$                            | 3         | [mm]   | Coef. de rigidité du boulon d'ancrage en traction   | [Tableau 6.11] |
| $\lambda_{0,z} =$                       | 0,63      |        | Elancement du poteau                                | [5.2.2.5.(2)]  |
| $S_{j,ini,z} =$                         | 27854,46  | [kN*m] | Rigidité en rotation initiale                       | [6.3.1.(4)]    |
| $S_{j,rig,z} =$                         | 134880,32 | [kN*m] | Rigidité de l'assemblage rigide                     | [5.2.2.5]      |
| $S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RIGIDE |           |        |   | [5.2.2.5.(2)]  |

**COMPOSANT LE PLUS FAIBLE:**

PLAQUE D'ASSISE A LA FLEXION

**REMARQUES**

Distance du boulon d'ancrage du raidisseur trop faible.

44 [mm] < 50 [mm]

**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme Ratio 0,68**

**III. Conclusion :**

Tous les ancrages sont satisfait à la condition de résistance ce qui assure la stabilité de la structure et bonne adhérence avec le sol se l'effet des différents charges appliquées.

*Conclusion  
générale*

## **Conclusion générale**

Le travail que nous avons réalisé, nous a permis de mettre en pratique, les connaissances acquises durant notre cursus universitaire dans le domaine du génie mécanique et en particulier en ouvrages métalliques.

Le stage pratique nous a permis d'effectuer un travail collectif qui nous a permis de connaître les tâches d'un master 2 dans une entreprise, ainsi d'actualiser et améliorer nos connaissances théoriques et de s'adapter avec le milieu industriel et notamment connaître et appliquer les nouveaux règlements de calcul telle que (les Eurocodes et les DTR algérien) et la bonne maîtrise de logiciel ROBOT

Finalement nous espérons que ce modeste travail va nous permettre d'enrichir nos connaissances dans le domaine de la construction métallique et nous espérons qu'il sera un bon guide pour les futures promotions.

# *Bibliographie*

## ***Bibliographie***

### ***I. Normes :***

**Titre :** EUROCODE 1 Bases de calcul et action sur les structures  
Partie 5: Actions induites par les ponts roulants et autres machines.  
- *Éditions :* Bruxelles, 1998

**Titre :** EUROCODE 3 Calcul de structure en acier.

Partie 1-1: Règles générale et règles pour les bâtiments

**Titre :** EUROCODE 3 Calcul de structure en acier

Partie 6: Chemins de roulement.

**Titre :** EUROCODE 4 Construction mixte acier – béton, Calcul des poutres mixtes

**Titre :** DTR Règlement Neige et Vent « R.N.V 2013 »

**Titre :** Règles parasismiques algériennes RPA 99 / version 2003.

### ***II. Livres :***

**Titre :** Mémotech structures métallique

**Titre :** Calcul des structures métalliques selon l'EUROCODE 3.

### ***III. Mémoire :***

- Etude et conception d'un bâtiment R+5 en construction métalliques à usage d'habitation implanté à Boumerdes, Réalisé par ZEROUATI Manel ( promo 2020-2021)
- Etude et conception d'un atelier Mécanique avec deux ponts roulants et un bloc administratif R+2 en charpente Métallique, Réalisé par BOUCHATAL Zahia (promo 2016-2017 )

### ***IV. Logiciel :***

- *Autodesk Robot Structural Analyse professionnel 2024.*
- *Auto Cad 2016*
- *Microsoft Word 2016.*
- *Microsoft Power Point 2016.*

## المخلص

يتعلق هذا المشروع بدراسة وتصميم لمبنى صناعي به قاعتين معدنيتين و جسرين رافعين لكل منهما بسعة 20 طن، ومبنى بطابقين وطابق ارضي للاستخدام الإداري. موقع المشروع باولاد فاييت ولاية الجزائر يشمل المشروع الدراسة والتصميم و

التحقق من الهيكل المعدني وفقا للقوانين RPA2003 ,EUROCODE 3

تعتمد الدراسة على مخططات الهندسة المعمارية . تليها دراسة العناصر الهيكلية و اسقرارها بناءا على الاحمال و العوامل الطبيعية وفقا للمعيار RNV2013 .

واليا بمساعدة البرنامج

ROBOT STRUCTURAL ANALYSE 2023 كاداة أساسية لتحديد العناصر الرئيسية و أساليب تجميعها.

## الكلمات المفتاحية

هيكل معدني، اطار معدني، أعمدة ،روافد، عوامل مناخية (الثلج والرياح)، دراسة الزلزالية

## Abstract

This project concerns the study and design of an industrial building comprising two metal halls and two overhead cranes with a capacity of 20 tons and a R+2 administrative building. This project is located in Oulad Fayet wilaya of Algiers and includes a study and design as well as verification of the structure according to RPA2003 and EUROCODE 3 regulations. The study depends on the architectural plans, followed by a study of the main elements and their stability based on weight and natural factors according to RNV2013, using Robot Structural Analysis 2023 software to determine the types of profiles used as well. as assemblies.

## Keywords

Metal structures, metal frame, post, beam, climatic study (snow and wind), seismic study

## Résumé

Ce projet porte sur l'étude et la conception d'un bâtiment industriel comprenant deux halles métalliques et deux ponts roulants de capacité 20 tonnes et un bâtiment administratif R+2. Ce projet est implanté à Oulad Fayet wilaya d'Alger et comprend une étude et conception ainsi que la vérification de la structure selon les règlements RPA2003 et EUROCODE 3.

L'étude dépend des plans d'architecture, suivie d'une étude des éléments principaux et de leur stabilité basés sur le poids et les facteurs naturels selon le RNV2013, totant utilisant de logiciel Robot Analyse structurel 2023 pour déterminer les types des profilées utilisées ainsi que les assemblages.

## Mots clés

Structures métalliques, Charpente métallique, poteau, poutre, étude climatique( neige et vent ), étude sismique