

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



## Mémoire de Master

Présenté à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Génie civil

Option : Structure

Présenté par : MIMED Abdelmalik

---

**Thème : Calcul structural et estimation du cout d'un**

**grand panneau publicitaire en charpente métallique**

---

Sous la direction de : NAFAA ZAHREDDINE

Jun 2024

## **Remerciement**

*Voici enfin que ce modeste travail arrive à terme. On tient à exprimer toute notre reconnaissance à ceux qui au long de ce mémoire nous ont apporté leur soutien, la participation de certains a été décisive pour l'aboutissement de ce travail qu'il nous est agréable de présenter tout particulièrement :*

*On remercie Dieu le tout puissant, de m'avoir donné tout le courage et la patience pour mener ce travail à terme.*

*On tient tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et un grand respect à notre promoteur « Mr NAFAA . Z » pour la clarté de ses enseignements, son soutien indéfectible et sa patience à toute épreuve afin que cette thèse soit menée à bien.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail. Les enseignants du département de génie civil qui ont donné de leur savoir.*

*Nous remercions très chaleureusement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*À mes chère parents aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ma gratitude. Pour tous les efforts que tu n'as cessé de fournir depuis mon jeune âge.*

*A ma source d'amour et d'affection, mes chères frères et sœurs.*

*À tous les membres de ma famille MIMED et surtout*

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour, et l'affection que je porte pour vous mes amies.*

*Merci à tous les amis de l'université, notamment à mes frères Taki et Abdou, qui ont joué un rôle actif dans la réalisation de ce travail.*

*Je ne peux certainement pas oublier mon soutien moral dans cette vie, mon frère aïssa , aussi youbes, abdenour , soufiane et chams , merci pour tous les beaux moments*

*MALTEK*

**Résumer :**

Ce projet représente une estimation du prix de construction d'un panneau publicitaire en charpente métallique. Il est divisé en quatre chapitres qui contiennent un dimensionnement des éléments du panneau avec un calcul des charges climatiques et l'assemblage utilisé dans ce panneau et une estimation des coûts des travaux Y compris le prix de la main d'œuvre et des pièces, le travail résumé dans les quatre chapitres comme suit :

Chapitre 01 : Recherche bibliographique

Chapitre 02 : Présentation du projet

Chapitre 03 : Calcul structurel

Chapitre 04 : Estimation de prix d'un panneau publicitaire en charpente métallique

**Mot clé :** calcul structural, calcul cout, grand panneau publicitaire, charpente métallique.

## **Summary:**

This project represents an estimation of the construction cost of a metal frame billboard. It is divided into four chapters, which include sizing the elements of the billboard, calculating climatic loads, the assembly used in these panels, and an estimation of the labor costs including the price of labor and parts. The work summarized in the four chapters is as follows:

Chapter 01: Literature Review

Chapter 02: Project Presentation

Chapter 03: Structural Calculation

Chapter 04: Estimation of the price of a metal frame billboard.

**Keywords:** Structural analysis, Cost estimation, Billboard, Steel structure.

## ملخص:

هذا المشروع يمثل تقديرًا لتكلفة بناء لوحة إعلانية من الهياكل المعدنية. وهو مقسم إلى أربعة فصول تحتوي على تحديد أبعاد عناصر اللوحة مع حساب الأحمال المناخية والتجميع المستخدم في هذه اللوحة وتقدير تكاليف الأعمال بما في ذلك سعر العمالة والقطع، ويلخص العمل في الفصول الأربعة كما يلي:

الفصل 01: البحث المرجعي

الفصل 02: تقديم المشروع

الفصل 03: الحساب الإنشائي

الفصل 04: تقدير سعر لوحة إعلانية من الهياكل المعدنية

**الكلمات المفتاحية:** الحساب الإنشائي، حساب التكلفة، لوحة إعلانية كبيرة، هياكل معدنية

# Sommaire

---

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Sommaire	
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Recherche bibliographique</b>	
I.1. Introduction	2
I.2. La charpente métallique	2
I.3. Avantages et inconvénients de l'utilisation de la charpente métallique	2
I.3.1. Les avantages	3
I.3.2. Les inconvénients	3
I.4. Protection de la structure	3
I.4.1. La corrosion	3
I.4.1.1. Protection par peinture	4
I.4.1.2. Mise en œuvre	4
I.4.2. Le feu	5
I.4.2.1. La peinture intumescence	6
I.4.2.2. L'alarme anti-incendie	7
I.5. Les panneaux publicitaires	7
I.5.1. Différents types des panneaux publicitaires	8
I.5.2. Les types d'affichages dans les panneaux publicitaire	11
I.5.3. Différents logiciels utilisés pour réaliser une étude sur les panneaux publicitaires en charpente métallique	12
I.5.3.1. Différents logiciels	12
<b>Chapitre II : Présentation du projet</b>	
II.1. Présentation du projet	16
II.2. Règlements techniques	17
II.3. Matériaux utilisés	17
II.3.1. Acier	17
II.3.2. Béton	17
II.4. Les assemblages	18
II.4.1. Le boulonnage	18

II .4.2.Le soudage .....	18
--------------------------	----

### Chapitre III : Calcule structurel

III .1.Évaluation des charges climatiques.....	19
III .1.1.Action du vent (R.N.V 99 - D.T.R C 2-4.7) .....	19
III .1.1.1.Méthode de calcul de la pression due au vent selon le RNV1999.....	20
III .2. Dimensionnement des éléments de la structure .....	24
III .2.1.Les poutres principales.....	24
III .2.2.Les poutres secondaires.....	27
III .2.3.Les lisses.....	28
III .2.4.Le poteau.....	30
III .3. Etude sismique.....	34
III .3.1.RPA99/2003.....	34
III .3.1.1.Calcul de la valeur de l'effort sismique globale selon le RPA/2003.....	34
III .3.1.2.Note de calcul.....	38
III .4. Les assemblages .....	43
III .4.1.Vérification des assemblages.....	43
III .5. Etude de fondation.....	70
III .5.1.Définition.....	70
III .5.3.Classification des fondations.....	70
III .5.3.Choix des fondations.....	71
III .5.3.1.Dimensionnement des semelles sous poteaux.....	71

### Chapitre IV : Étude de prix d'un panneau publicitaire en charpente métallique en Algérie

IV.1. Introduction.....	74
IV.2. Prix indicatifs .....	74
IV.3. Facteurs influençant le prix .....	75
IV.4. Conseils pour obtenir le meilleur prix .....	75
IV.5. L'estimation du prix du panneau de 10m×5m a deux face .....	76



IV.6. Conclusion .....77

**Conclusion générale.....78**

**Références et bibliographiques.....79**

## *Liste des figures*

---

### **Chapitre I : Recherche bibliographique**

Figure I.1 : la corrosion.....	4
Figure I.2: peinture anticorrosion. ....	4
Figure I.3: diff $\bar{e}$ rentes mati $\bar{e}$ res de grenailage.....	5
Figure I.4: Incendie d'une usine en acier tordu et fondue. ....	5
Figure I.5: la peinture intumescente. ....	6
Figure I.6: Couches de protection d' un profil $\bar{e}$ .....	7
Figure I.7 : Diff $\bar{e}$ rents types des panneaux publicitaires.....	8
Figure I.8 : Panneaux publicitaire classe 1.....	9
Figure I.9 : Panneaux publicitaire classe 2.....	10
Figure I.10 : Panneaux publicitaire classe 3.....	10
Figure I.11: Panneaux publicitaire classe 4. ....	11
Figure I.12 : Type d' affichage des panneaux publicitaire.....	12

### **Chapitre II : Présentation du projet**

Figure II .1: Panneau publicitaire en charpente m $\bar{e}$ tallique.....	16
---	----

### **Chapitre III : Calcule structurel**

Figure III.1: Vue en plan et en $\bar{e}$ l $\bar{e}$ vation du panneau. ....	22
Figure III .2: Portique poteau poutre. ....	26
Figure III .3: Structure du panneau. ....	30
Figure III .4: Syst $\bar{e}$ me de contreventement. ....	33
Figure III .5: Sch $\bar{e}$ ma de ferrailage de la semelle .....	73

## *Liste des tableaux*

---

### **Chapitre III : Calcule structurel**

Tableau III.1: valeur de la pression dynamique de référence (Tableau 2.3 RNV 1999) .....	20
Tableau III.2: Valeur de coefficient de topographie (Tableau 2.5 RNV99) .....	21
Tableau III.3: définition des catégories de terrain .....	21
Tableau III.4: les valeurs du $C_{pe,10}$ ; $C_{pe,1}$ .....	23
Tableau III.5: Les valeurs de la pression due au vent .....	23
Tableau III.6: Courbe de flambement pour profiler l. ....	32
Tableau III.7: Facteurs d'imperfection en fonction des courbes. ....	32
Tableau III.8: coefficient d'accélération.....	34
Tableau III.9: valeurs du coefficient CT .....	35
Tableau III.10: Périodes caractéristiques associées à la catégorie de site.....	35
Tableau III.11: Pourcentage d'amortissement critique $\xi$ .....	36
Tableau III.12: la valeur de $p_{\text{é}} \text{é} s Pq$ .....	36
Tableau III.13: Coefficient de Comportement Global de la Structure R. ....	37

# Introduction générale

Dans le cadre de notre formation de master en Génie Civil spécialité « Structure » à l'Université 8 Mai 1945 GUELMA, nous sommes amenés, à l'issu de notre cursus, à réaliser un projet de fin d'études (PFE), Le but de ce projet est d'être confronté à une situation professionnelle d'ordre scientifique et technique, il s'agit d'une étude intitulée : Calcul structurel et estimation du cout d'un grand panneau publicitaire en charpente métallique.

Pour cela, nous allons suivre les démarches décrites sur le plan du travail suivant :

- Chapitre 01 : Recherche bibliographique
- Chapitre 02 : Présentation du projet
- Chapitre 03 : Calcule structurel
- Chapitre 04 : Estimation du prix

Nous choisissons la charpente métallique à cause d'elle est un choix populaire pour les constructions modernes en raison de ses avantages tels que la légèreté, la résistance, et la facilité de mise en œuvre. Cependant, le dimensionnement et la vérification des éléments structuraux sont des étapes cruciales pour assurer la stabilité et la sécurité du bâtiment. Dans ce contexte, notre thème se concentre sur la conception et le dimensionnement d'un grand panneau publicitaire en charpente métallique, en prenant en compte les réglementations et les recommandations en vigueur, notamment l'EUROCODE 3, RPA99 version 2003, CCM97 RNV99 version 2013, DTR B.C.2.44

Cette étude technique vise à calculer et dimensionner un grand panneau publicitaire en charpente métallique, tout en estimant les coûts associés à ce projet. Cette étude s'inscrit dans le contexte de la conception structurelle de bâtiments métalliques, qui nécessite une approche rigoureuse et détaillée pour garantir la sécurité et la durabilité de l'ouvrage.

Les panneaux publicitaires représentent des éléments incontournables du paysage urbain contemporain, offrant une plateforme de communication visuelle efficace pour les entreprises et les organisations. Cependant, derrière leur impact visuel se cachent des considérations techniques complexes, notamment en ce qui concerne leur structure et leur coût. Ce mémoire se concentre sur l'analyse approfondie du processus de calcul structurel et d'estimation des prix d'un grand panneau publicitaire réalisé en charpente métallique.

Enfin nous clôturons cette étude en présentant une conclusion générale qui permet de faire la synthèse des principaux résultats de ce travail et de proposer des voies pour de futurs travaux.

# Chapitre I

## Recherche bibliographique

## **I.1. Introduction**

Les panneaux publicitaires en charpente métallique sont des structures omniprésentes dans notre environnement urbain. Ils permettent aux entreprises de promouvoir leurs produits et services de manière visible et impactante. Cependant, la conception et l'installation de ces panneaux nécessitent une réflexion approfondie sur les aspects techniques, réglementaires et esthétiques.

D'un point de vue technique, la charpente métallique doit être conçue pour résister aux contraintes environnementales telles que le vent, la pluie et la neige. Le choix des matériaux, la conception des assemblages et la qualité de la fabrication sont essentiels pour garantir la sécurité et la durabilité de la structure

## **I.2. La charpente métallique**

Les constructions métalliques constituent un domaine important d'utilisation des produits laminés sortis de la forge. Elles emploient, en particulier, les tôles et les profilés. Les structures constituées à partir de ces éléments nécessitent des opérations préalables de découpage, de perçage et de soudage en usine. 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'application des constructions métalliques sont très nombreux. Ils concernent d'abord les bâtiments, les halles industrielles lourdes ou légères (usine de transformation ou de stockage) 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.

## **I.3. Avantages et inconvénients de l'utilisation de la charpente métallique**

D'après la norme européenne EN 10025, l'acier est un matériau contenant en poids plus de fer que les autres éléments, ayant en général moins de 2 % de carbone et contenant d'autres éléments. L'acier peut, dans certains cas, être le seul matériau qui répond aux contraintes économiques et techniques imposées. C'est le cas par exemple lorsque la topographie du terrain est mouvementée (sites pentus), où l'adaptation de l'ossature au sol et aux fondations

est complexe ainsi que dans les zones sismiques, où la solution métallique est la plus performante grâce à la légèreté de la structure et à la ductilité du matériau.

### **I.3.1. Les avantages**

- Transport aisé grâce au poids peu élevé
- Des propriétés mécaniques fondamentales élevées
- Rapidité d'exécution
- Une légèreté de la structure porteuse, donc des fondations moins coûteuses.
- Déformabilité supérieure par rapport à une structure de béton
- Des poteaux plus minces autorisant une plus grande utilisation de la surface au sol.
- Adaptabilité aux travaux de réhabilitation
- Propreté de chantier

### **I.3.2. Les inconvénients**

- Des protections au feu et à la corrosion sont souvent nécessaires.
- Coût du matériau de base plus cher que pour le béton, et plus sensible aux fluctuations du marché.
- Peu d'inertie thermique : les structures métalliques sont très sensibles aux changements de température.
- Gérer les interfaces entre les étapes fabrication/transport/montage.

## **I.4. Protection de la structure**

L'acier présente quelques inconvénients parmi lesquels on cite la corrosion et le feu, chaque élément doit subir un traitement spécifique contre ces deux facteurs. Les types de protections diffèrent selon l'usage et l'implantation de l'édifice.

### **I.4.1. La corrosion**

Comme tous les matériaux de construction, l'acier tend à se dégrader superficiellement lorsqu'il est soumis à des milieux corrosifs comme le sol, l'air et plus particulièrement le milieu marin. Les techniques de prévention de la corrosion sont diverses. Le choix de l'une ou de plusieurs de ces techniques dépend de divers paramètres :

- ✓ L'agressivité du milieu ambiant.
- ✓ La durée de protection envisagée.
- ✓ Les possibilités de mise en œuvre et d'entretien.

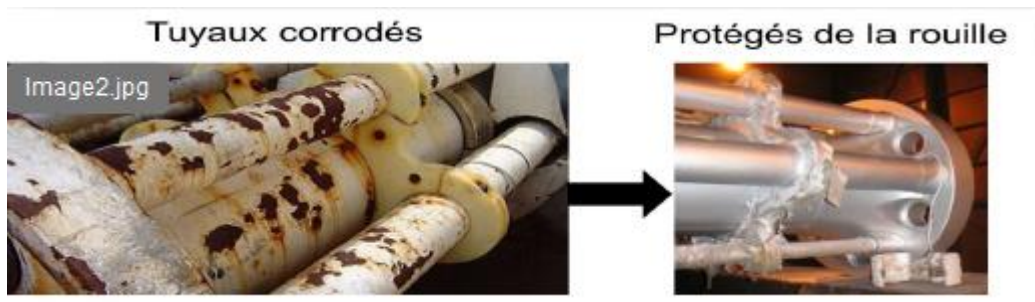




**Figure I.1 : la corrosion.**

#### **I.4.1.1. Protection par peinture**

Le traitement de surface par une peinture anticorrosive est une méthode très courante en termes de prévention des ouvrages métalliques (85 % des surfaces protégées), et plus particulièrement en milieu marin.



**Figure I.2: peinture anticorrosion.**

Cette technique présente l'avantage de pouvoir traiter la plupart du temps les éléments en usine avant de les amener sur chantier. On a donc une facilité de mise en œuvre et de ce fait un avantage économique. C'est en grande majorité sur les pieux que ce type de protection est effectué.

#### **I.4.1.2. Mise en œuvre**

Les surfaces à peindre doivent être propres, débarrassées de la rouille et de la calamine. Les éléments en acier arrivant à l'atelier ou sur site déjà oxydés, on a recours à différentes techniques de décapage :

- ✓ Brossage.
- ✓ Piquage.
- ✓ Martelage.
- ✓ Projection d'abrasifs (grenaillage).

**Le grenaillage par sable** est la technique la plus couramment utilisée. Les ateliers sont souvent équipés de cabines de grenaillage, qui récupèrent le sable en circuit fermé. Sur chantier, cette récupération est une contrainte environnementale assez lourde.



**Figure I.3: différentes matières de grenaillage.**

Les travaux de peinture doivent se dérouler à l'abri des poussières et des intempéries, en dehors des périodes de gel et par un ensoleillement modéré en respectant la fiche technique du produit.

#### **I.4.2. Le feu**

L'incendie étant très défavorable, car l'acier ne résiste pas aux températures élevées, qui causent la déformation de l'acier et ainsi la ruine de la structure, nous devons protéger la structure et le personnel.



**Figure I.4: Incendie d'une usine en acier tordu et fondue.**

Pour remédier aux problèmes, ils existent plusieurs techniques parmi lesquelles :

- ✓ La peinture intumescente
- ✓ Le flochage (fibreux et pâteux) ...etc.

Pour notre structure la protection choisit et la peinture intumescente plus un dispositif d'alerte anti incendie.

#### I .4.2.1. La peinture intumescente

La peinture intumescente est une solution esthétique puisqu'elle propose une finition avec un vaste choix de couleurs et simple à mettre en œuvre. Elle permet d'améliorer la réaction au feu des matériaux employés dans des ouvrages neufs comme sur les chantiers de rénovation.

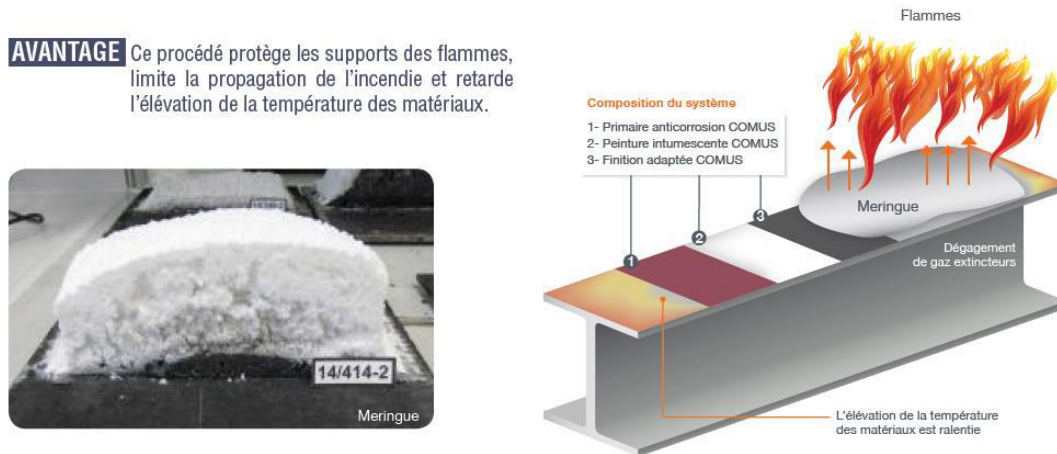


Figure I.5: la peinture intumescente.

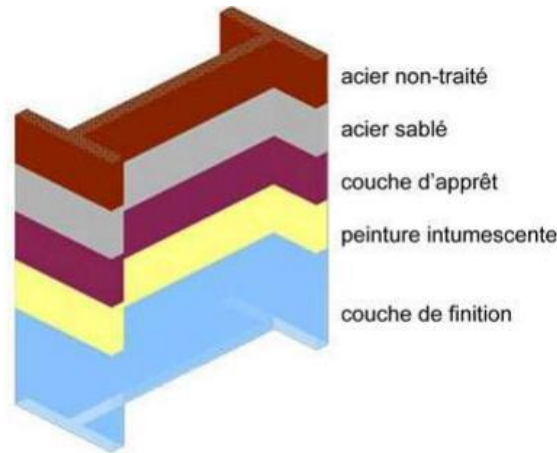
- ✓ C'est une peinture qui gonfle sous l'action de la chaleur pour former une mousse microporeuse isolante appelée « meringue ».
- ✓ Elle protège les supports des flammes.
- ✓ Limite la propagation de l'incendie.
- ✓ Retarde l'élévation de la température des matériaux.
- ✓ Elle permet à la construction de supporter ses charges durant toute la période de résistance au feu exigée.

Les peintures intumescentes sont en phase aqueuse ou à base solvant et peuvent être appliquées par projection, à la brosse ou au rouleau. Les peintures intumescentes réagissent aux températures de **270 °C à 300 °C** en gonflant d'environ **20 fois** leur épaisseur appliquée. Elle peut se composer de trois couches :

- Une couche anticorrosion.
- Une couche de produit chimique intumescent.

- Une couche de protection externe et de finition.

La mise en œuvre d'un produit améliorant le comportement au feu d'un matériau constitue un acte de sécurité. L'application du complexe doit être réalisée avec le plus grand soin, soit au pistolet qui est préférable pour des questions esthétiques, soit au rouleau. La peinture intumescente garantit de 30 à 120 minutes de stabilité au feu.



**Figure I.6: Couches de protection d'un profilé.**

#### **I .4.2.2. L'alarme anti-incendie**

Afin qu'un incendie ne puisse pas se propager rapidement et pour la sécurité des occupants, l'installation d'une alarme anti-incendie reliée à des détecteurs de fumée est très importante. Cette alarme permet d'évacuer rapidement et d'intervenir le plus tôt possible.

### **I.5. Les panneaux publicitaires**

Un panneau publicitaire est une structure destinée à présenter des publicités extérieures, qui est constituée d'au moins un panneau publicitaire et d'un support. En général, les panneaux d'affichage sont placés dans des zones fréquentées et peuvent être fixes, fixés sur des bâtiments ou fixés à d'autres structures. Respectant les normes d'ingénierie, les panneaux d'affichage modernes sont fabriqués en acier, tandis que les structures plus anciennes sont en bois ou en fer angle. Un panneau d'affichage peut avoir une taille inférieure à la taille autorisée, ce qui permet d'incliner ou d'étendre l'enveloppe de pieds carrés de la zone autorisée. En ce qui concerne la position et la taille des panneaux d'affichage, il existe différentes dimensions disponibles pour les faces d'affichage standard de l'industrie, telles que :

**Tableau I .1: Différentes dimensions pour les faces d'affichage**

1.83 x 3.66 = 6.70 m <sup>2</sup>	3.20 x 10.97 = 35.10 m <sup>2</sup>
2.44 x 3.66 = 8.93 m <sup>2</sup>	3.66 x 12.19 = 44.62 m <sup>2</sup>
3.05 x 6.71 = 20.47 m <sup>2</sup>	4.27 x 14.63 = 62.47 m <sup>2</sup>
3.05 x 7.32 = 22.33 m <sup>2</sup>	4.88 x 18.29 = 89.26 m <sup>2</sup>
3.66 x 7.62 = 27.89 m <sup>2</sup>	6.10 x 15.24 = 92.96 m <sup>2</sup>

Mais d'autres dimensions spécifiques peuvent être commandées par le maître de l'ouvrage.

Les faces d'affichage sont généralement disposées de différentes manières : simple face, double face, en V, côte à côte, empilée et triple.

### I.5.1. Différents types des panneaux publicitaires

En fonction des matériaux de construction et du système de support sous-jacent, les panneaux d'affichage sont classés en quatre catégories structurelles : le bois, la charpente en acier, l'acier multi-mâts et le monopole.

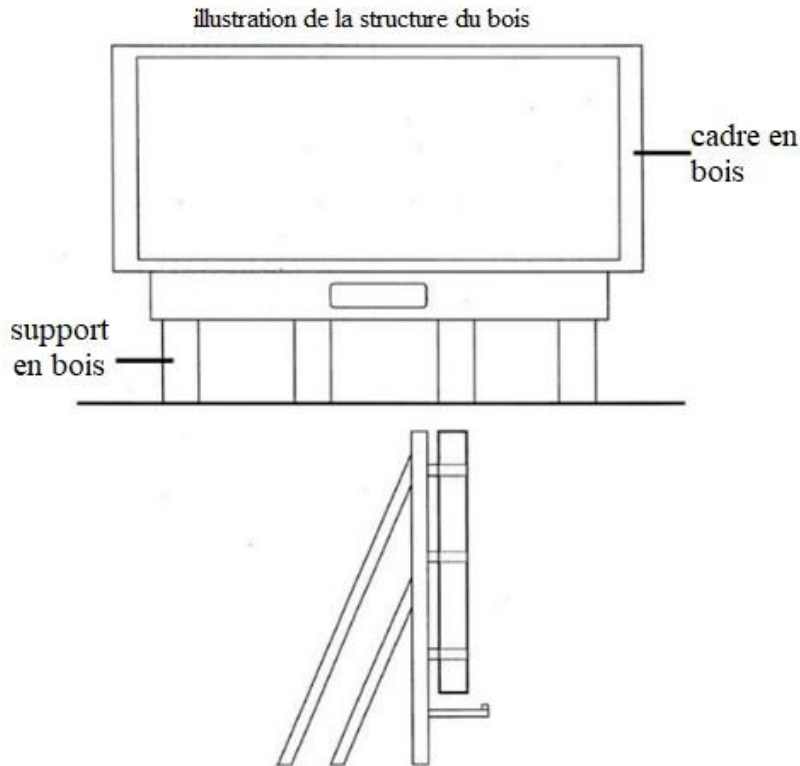


**Figure I.7 : Différents types des panneaux publicitaires.**

#### Classe 1 : structure en bois

Les panneaux d'affichage de cette catégorie sont fabriqués à partir de poteaux en bois ou de supports de poteaux comportant du bois dimensionnel comme support secondaire (cadre en A), avec une passerelle en bois ou en métal et un seul panneau d'affichage. Il est possible

d'encastrer les supports dans le sol. Une fondation en béton ou en gravier peut être utilisée. Le cas échéant, l'éclairage peut être soit fluorescent, soit à vapeur de mercure.



**Figure I.8 : Panneaux publicitaire classe 1.**

### **Classe 2 : construction à cadre en a en acier**

Cette classe de panneaux d'affichage est construite à partir de supports en cornière ou en acier, avec une structure métallique, une passerelle et un seul panneau. Il est possible d'encastrer les supports dans le sol. Une fondation en béton ou en gravier peut être utilisée. L'éclairage peut être soit fluorescent, soit à vapeur de mercure.

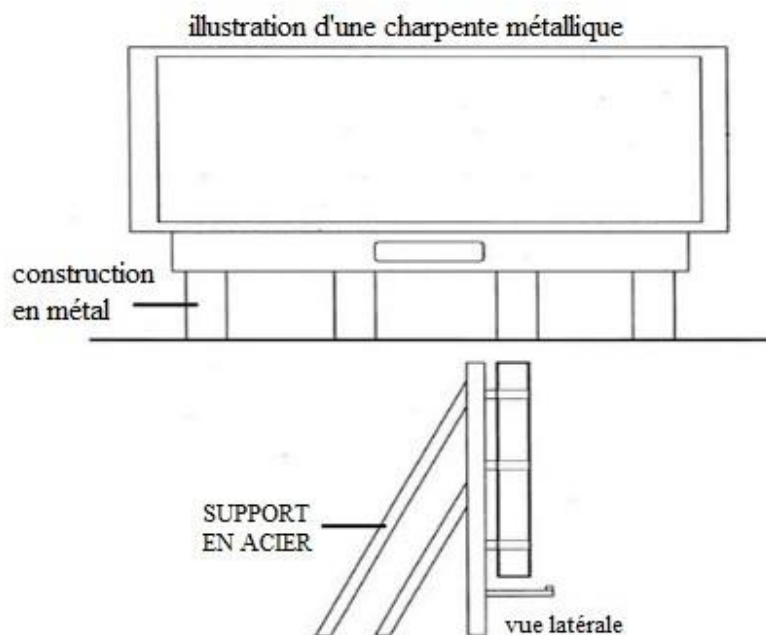


Figure I.9 : Panneaux publicitaire classe 2.

### Classe 3 : structure multi-mats

Cette classe de panneaux d'affichage est fabriqués en utilisant des poteaux en acier, des poutres en I ou similaires comme support principal, avec une passerelle et un seul panneau d'exposition. L'éclairage peut être soit fluorescent, soit à vapeur de mercure.

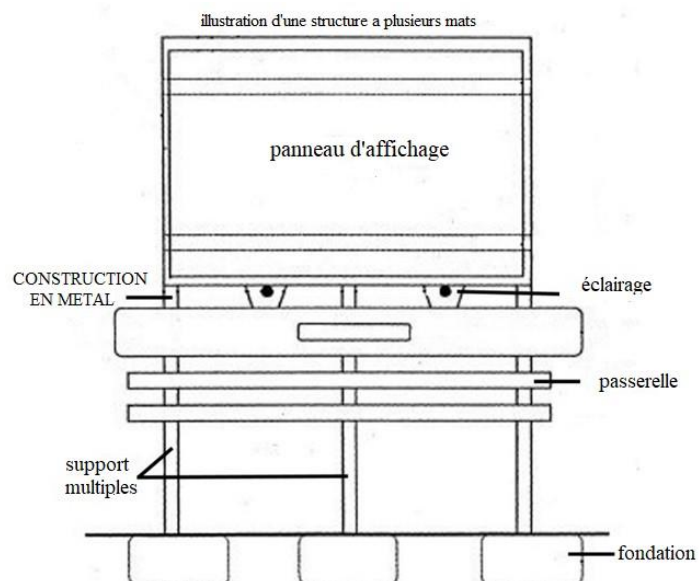


Figure I.10 : Panneaux publicitaire classe 3.

#### Classe 4 : structure monopôle

L'ensemble de cette catégorie de panneaux d'affichage est composé d'un support en acier tubulaire (de diverses dimensions), d'une charpente en acier tubulaire, d'une passerelle en métal et d'un seul panneau. La fondation est construite en béton . L'éclairage peut être soit fluorescent, soit à vapeur de mercure.

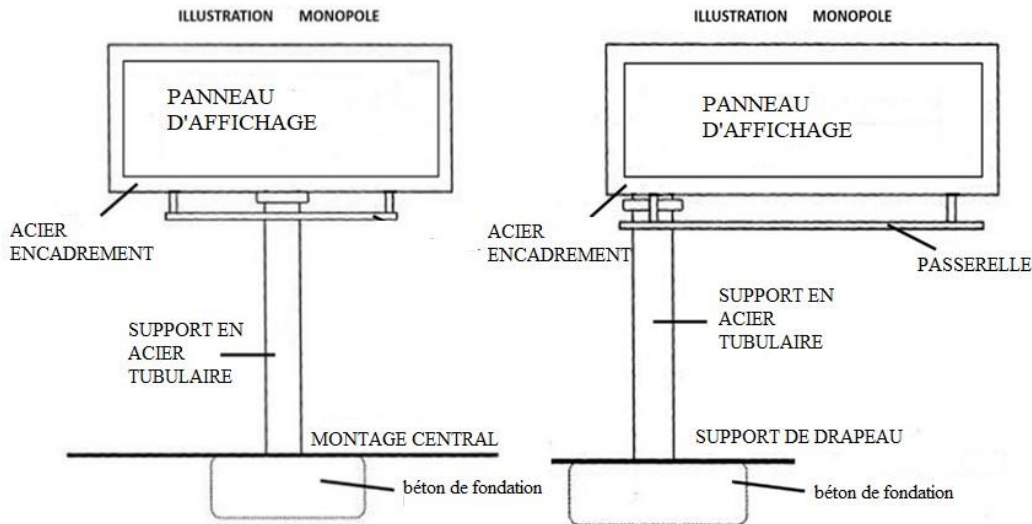


Figure I.11: Panneaux publicitaire classe 4.

#### I.5.2. Les types d'affichages dans les panneaux publicitaire

Les panneaux publicitaires peuvent être conçus pour afficher des messages sur deux faces, ce qui permet de maximiser l'espace publicitaire et de promouvoir deux messages distincts.

- **Panneau Publicitaire Double Face**

Les panneaux publicitaires doubles face sont conçus pour afficher des messages sur deux faces, ce qui permet de maximiser l'espace publicitaire et de promouvoir deux messages distincts

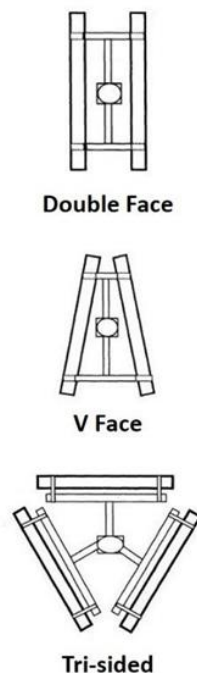
- **Panneau Publicitaire V-Face**

Les panneaux publicitaires peuvent être conçus avec une face verticale pour afficher des messages à l'horizontale, ce qui est particulièrement utile pour les espaces restreints.



- **Panneau Publicitaire Tri-Face**

Les panneaux publicitaires peuvent être conçus avec trois faces pour afficher des messages sur plusieurs côtés, ce qui est idéal pour les espaces publicitaires à haute fréquentation.



**Figure I.12 : Type d’affichage des panneaux publicitaire.**

### **I.5.3. Différents logiciels utilisé pour réaliser une étude sur les panneaux publicitaires en charpente métallique**

#### **I.5.3.1. Différents logiciels**

L'étude des panneaux publicitaires en charpente métallique est réalisée en utilisant le logiciel ROBOT ANALYSE DETAILLEE selon la norme CM66, ainsi que l'AUTODESK AutoCAD. De plus, il existe d'autres logiciels de conception et de calcul pour les structures métalliques tels que FRAMECAD Structure, SkyCiv Free Frame Calculator, RSTAB 9 ... Etc.

- **Robot analyse détaillée**

Est un logiciel de modélisation, d'analyse et de fabrication en 3D pour les structures en acier, offrant une interface intuitive et des outils avancés pour la conception de structures complexes. Il est connu pour sa précision et sa capacité à produire des fichiers volumineux

avec facilité. Cependant, il peut avoir un apprentissage plus pénible comparé à d'autres solutions et n'est pas spécifiquement conçu pour les panneaux publicitaires en cadre métallique.

Autodesk Robot Structural Analyses (RSA) est utilisé dans le calcul structurel du grand panneau publicitaire en charpente implique les étapes suivantes :

- **Modélisation dans RSA :** Utilisez RSA pour modéliser la structure du grand panneau publicitaire en charpente en utilisant les données provenant d'AutoCAD
- **Définition des excentremets :** Les excentremets dans RSA servent à définir la connexion excentrique de la barre de structure, où l'axe de la barre n'est pas placé au même niveau
- **Tutoriels et dimensionnement :** Vous pouvez trouver des tutoriels sur l'utilisation de RSA pour le dimensionnement de structures, y compris des panneaux publicitaires en charpente

En combinant la modélisation précise dans RSA avec la définition des excentremets et les tutoriels disponibles, vous pourrez effectuer le calcul structurel du grand panneau publicitaire en charpente de manière efficace et précise. RSA est un logiciel collaboratif qui offre une meilleure interopérabilité avec le logiciel Autodesk Revit Structure, ce qui permet d'étendre le processus de maquette numérique intelligente du bâtiment (BIM)

- **L'Autodesk autocad**

Est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAD) qui permet de créer des dessins 2D et 3D. Il est largement utilisé dans diverses industries en raison de ses avantages tels que la compatibilité, l'utilisabilité et la capacité à créer des dessins précis. AutoCAD est souvent utilisé en conjonction avec le logiciel de fabrication assistée par ordinateur (CAM) et peut générer des documents de priant basés sur des modèles 3D virtuels. Cependant, il présente quelques inconvénients, tels que des formats de fichier limités, des options de couleur, remplissage et texture limitées, et l'impossibilité d'utiliser des modèles volumétriques comme le Building Information Modeling (BIM)

L'utilisation d'Autodesk AutoCAD dans le calcul structurel du grand panneau publicitaire en charpente est possible en suivant les étapes suivantes :

- **Préparation du plan de structure :** Commencez par créer un plan de structure pour le panneau publicitaire en AutoCAD. Ce plan devrait inclure les dimensions et la

disposition des panneaux publicitaires, ainsi que les spécifications techniques pour leur construction.

- **Calcul des charges** : Utilisez les fonctionnalités d'AutoCAD pour calculer les charges structurelles du panneau publicitaire. Cela peut inclure le calcul des charges de vent, de sismique, et d'autres charges potentielles.
- **Conception de la charpente** : À l'aide d'AutoCAD, conçoit la charpente du panneau publicitaire. Ce peut inclure la conception de poutres, de colonnes et d'autres éléments structuraux.
- **Calcul des éléments structuraux** : Utilisez AutoCAD pour calculer les dimensions et les propriétés des éléments structuraux, tels que les poutres et les colonnes.
- **Calcul des connexions** : Déterminez les connexions entre les éléments structuraux, en utilisant les fonctionnalités de calcul d'AutoCAD.
- **Vérification de la structure** : Vérifiez la structure complète du panneau publicitaire en AutoCAD, en prenant en compte les charges, les dimensions et les connexions.
- **Génération de documents techniques** : Générez des documents techniques, tels que des plans et des coupes, à partir du modèle de structure créé en AutoCAD.
- **Révision et validation** : Réviser et validez les documents techniques générés en AutoCAD, en collaboration avec les experts en charpente et en construction.
- **Mise en œuvre** : Utiliser les documents techniques pour guider la construction du panneau publicitaire, en collaboration avec les entreprises de construction et de tôlerie.
- **Vérification finale** : Effectuez une vérification finale du panneau publicitaire, en utilisant les fonctionnalités de calcul et de vérification d'AutoCAD, pour s'assurer que la structure est conforme aux spécifications techniques et aux normes de sécurité.

- **FRAMECAD Structure**

Est un logiciel de conception de cadres de structure qui propose des calculs d'ingénierie en temps réel, l'analyse des charges, déflexions et autres forces. Il est basé sur la plateforme IntelliCAD et constitue un package d'ingénierie intégré qui permet de gagner du temps et de l'argent. Toutefois, FRAMECAD Structure est limité aux structures en acier à froid formé et peut ne pas être aussi polyvalent que d'autres options logicielles pour la publicité de panneaux en cadres métalliques.

- **SkyCiv Free Frame Calculator**

Est un outil en ligne gratuit d'analyse de cadres de structure qui permet de générer des diagrammes de moment de flexion et de force de cisaillement pour des structures de cadre 2D. Il prend en charge jusqu'à 3 membres avec des charges et moments appliqués, et permet aux utilisateurs de régler les paramètres tels que les unités et les paramètres d'affichage. La version payante propose des membres et des charges illimités, le choix de matériaux et la possibilité de sauvegarder et de charger des projets. SkyCiv Free Frame Calculator est un outil simple et facile à utiliser pour l'analyse de cadres 2D, mais il peut ne pas offrir le même niveau de fonctionnalité que d'autres options logicielles pour la publicité de panneaux en cadres métalliques

- **RSTAB 9**

Est un logiciel d'analyse et de conception puissant pour les calculs de structures de poutres, de cadres ou de treillis 3D, reflétant l'état de l'art actuel et aidant les ingénieurs à concevoir des structures composées de divers matériaux, tels que l'acier, le béton armé, le bois, l'aluminium ou d'autres matériaux. RSTAB 9 est un logiciel complet d'analyse et de conception de structures, mais il peut nécessiter un investissement plus important par rapport à d'autres options et peut ne pas être spécifiquement conçu pour les panneaux publicitaires en cadres métalliques

En résumé, Autodesk Robo et AutoCAD sont des solutions logicielles puissantes pour les calculs structuraux dans diverses industries, y compris les panneaux publicitaires en cadres métalliques. FRAMECAD Structure propose des calculs d'ingénierie en temps réel et une intégration avec Revit, tandis que SkyCiv Free Frame Calculator est un outil en ligne gratuit et facile à utiliser pour l'analyse de cadres 2D. RSTAB 9 est un logiciel complet pour l'analyse et la conception de structures, mais il peut ne pas être spécifiquement conçu pour les panneaux publicitaires en cadres métalliques. Chaque logiciel a ses avantages et inconvénients, et le choix dépend des exigences spécifiques du projet.

# Chapitre II

## Presentation du projet

## II.1. Présentation du projet

Notre projet de fin d'étude consiste à étudier et dimensionner un grand panneau publicitaire en charpente métallique, de type classe 04 : STRUCTURE MONOPÔLE, double face avec un seul poteau centrale en profilé HEB encastré entre les deux plaques d'affichage et des poutres principale et secondaire en I, implanté à la municipalité d'AL-FDJOUJ, wilaya de GUELMA, dont les données du projet sont :



*Figure II1: Panneau publicitaire en charpente métallique*

### ➤ Les dimensions de la structure métallique

- Dimension de la plaque d'affichage : (10m×5m)
- Hauteur de la plaque d'affichage par rapport au sol : 5m
- Hauteur du poteau : 10m (5m encastré entre les panneaux d'affichage)

### ➤ Localisation et données concernant le site

Le projet est un panneau d'affichage implanté dans un site aux alentours des collines à AL-FDJOUJ, Wilaya de « GUELMA »

- La contrainte admissible du sol est de  $\sigma = 2$  bars
- Altitude : 10 m
- Zone du vent : Zone I
- Zone sismique (2A) selon la classification du RPA 99 2003

## II.2. Règlements techniques

Pour l'étude de ce projet les règlements techniques utilisés sont les suivants :

- ✓ **Eurocode03** : Règle de calcul des constructions en acier
- ✓ **RPA 99 version 2003** : Règlement parasismique Algérienne version 2003.
- ✓ **RNV99 version 2013** : Règle définissant les efforts de la neige et du vent.
- ✓ **DTR B.C.2.44** : Document technique règlement des charges permanentes et surcharges d'exploitations.
- ✓ **CCM 97** : Règles de conception et calcul des structures en acier.

## II.3. Matériaux utilisés

### II .3.1. Acier

L'acier est un matériau par transformation qui associe le fer et le carbone dont le fer est l'élément prédominant entrant dans sa composition.

- ✓ Nuance d'acier : S355
- ✓ La limite élastique :  $f_y = 355$  MPa
- ✓ La résistance à la traction :  $f_u = 510$  MPa
- ✓ Module d'élasticité longitudinale :  $E = 210000$  MPa
- ✓ Module d'élasticité transversale  $G = E/2(1+\nu)$
- ✓ Le coefficient de poisson :  $\nu = 0,3$ .

### II .3.2. Béton

- ✓ Le béton utilisé est dosé à  $350$  kg/m<sup>3</sup>
- ✓ Le béton de propreté est dosé à  $150$  kg/m<sup>3</sup>

- **Résistance du béton :**

Ces caractéristiques sont :

- ✓ La résistance caractéristique à la compression :  $f_{c28}=25$  MPa.
- ✓ La résistance caractéristique à la traction :  $f_{t28} = 0,06f_{c28}+0,6 = 2,1$  MPa.
- ✓ Poids volumique =  $2500\text{Kg/m}^3$

## **II.4. Les assemblages**

Les principaux modes d'assemblages sont :

### **II .4.1. Le boulonnage**

Le boulonnage est le moyen d'assemblage le plus utilisé en construction métallique du fait de sa facilité de mise en œuvre et des possibilités de réglage qu'il ménage sur site.

### **II .4.2. Le soudage**

Le soudage est une opération qui consiste à joindre deux parties d'un même matériau avec un cordon de la soudure constituée d'un métal d'apport, ce dernier sert de liant entre les deux pièces à assembler.



# Chapitre III

## Calcul structurel

### III.1. Évaluation des charges climatiques

Les surcharges climatiques telles que la neige et le vent ont un effet très important pour les constructions métalliques. De ce fait, le calcul de telles structures sous ces surcharges est obligatoire.

Le vent exerce sur une construction une pression aérodynamique dépendant de plusieurs paramètres parmi lesquels on cite : pression de référence donnée en fonction de la vitesse du vent, la topographie et la rugosité du terrain, la forme des parois ainsi que la perméabilité de ces derniers, etc...

#### Note :

- La petite surface de notre structure réduit l'effet de la neige (effet est très faible), c'est pourquoi on peut négliger le calcul de neige.
- La façade principale (10m\*5m) est très grande par rapport à la façade latérale. Il suffit donc d'appliquer le calcul du vent à la façade principale car elle est la plus exposée au vent.

#### III.1.1. Action du vent (R.N.V 99 - D.T.R C 2-4.7)

Le déplacement de l'air tend à éliminer ces déséquilibres de pression, produisant ainsi ce que l'on appelle le vent. L'effet du vent sur une construction métallique à faible hauteur est généralement prépondérant, une étude approfondie doit être élaborée pour la détermination des différentes conformément au règlement neige et vent **R.N.V.1999**.

Les actions du vent appliquées aux parois dépendent de ses caractéristiques et des caractéristiques de la structure tels que :

- La direction.
- La rigidité de la construction
- La région.
- Le site d'implantation de la structure et leur environnement.
- La forme géométrique de la structure.
- La hauteur de construction.

##### III.1.1.1. Méthode de calcul de la pression due au vent selon le RNV1999

Détermination du coefficient dynamique  $C_d$  (cf. chapitre 3)

Détermination de la pression dynamique du vent  $q_{dyn}$  (cf. § 3)

$C_e(z)$  est calculé avec la formule (2.14) .

Détermination des coefficients de pression extérieure  $C_{pe}$  et intérieure  $C_{pi}$  (cf. chapitre 5) par ce que la construction est de catégorie I (cf. § 1.1.3)

Calcul de la pression due au vent utilisation des formules 2.1 à 2.4

- **Détermination de la pression due au vent ( $q_j$ )**

$$q_j = C_d \times W(z_j) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

**$C_d$** : Le coefficient dynamique  $C_d$  tient compte des effets de réduction dus à l'imparfaite corrélation des pressions exercées sur les parois ainsi que des effets d'amplification dus à la partie de turbulence ayant une fréquence proche de la fréquence fondamentale d'oscillation de la structure.

La valeur du coefficient dynamique  $C_d$  pour les structures métalliques est donnée par le paragraphe valeur simplifiée. (Chapitre III : coefficient dynamique dans RNVA 99).

- Vent perpendiculaire au long-pan : la lecture pour  $h = 10$  m et  $b = 10$  m

Donne :  $\{C_d \gg 0,95\}$

**$W(z_j)$**  : pression nette exercée sur l'élément de surfaces (j) calculée à la hauteur ( $z_j$ )

$$W(z_j) = q_{dyn(z_j)} \times (C_{pe} - C_{pi})$$

**$q_{dyn}$**  : la pression dynamique qui s'exerce sur un élément de surface (j)

$$q_{dyn(z_j)} = q_{réf} \times C_e(z_j) \quad (\text{N/m}^2)$$

**$q_{réf}$**  : pression dynamique de références .sa valeur prend du tableau suivante:

**Tableau III.1: valeur de la pression dynamique de référence (Tableau 2.3 RNV 1999)**

Zone	$q_{réf}(\text{N/m}^2)$	$q_{tem}(\text{N/m}^2)$
I	375	270
II	470	340
III	575	415

Donc :  $q_{réf} = 375$

**Remarque :**  $q_{réf}$  en ( daN / m<sup>2</sup>) est calculée par :  $q_{réf} = 0.5 \times \rho \times V_{réf}^2$  , où  $V_{réf}$  en (m/s) est la vitesse de référence du vent, et  $\rho = 1.20 \text{ kg/m}^3$  est la masse volumique de l'air

$C_{e(zj)}$  :coefficient d'exploitation

$$C_{e(zj)} = C_t^2(zj) \times C_r^2(zj) \times \left[ 1 + \frac{7 \times K_t}{C_t(zj) \times C_r(zj)} \right]$$

Avec :

$C_T$  : coefficient de topographie

$C_r$  : coefficient de rugosité

$K_T$  : facteur du terrain.

**Tableau III2: Valeur de coefficient de topographie (Tableau 2.5 RNV99)**

Site	$C_{t(z)}$
Site plat	1
Site aux alentours des vallées et oueds sans effet d'entonnoir	1
Site aux alentours des vallées et oueds avec effet d'entonnoir	1.3
Site aux alentours des plateaux	1.15
Site aux alentours des collines	1.15
Site montagneux	1.5

On a un site aux alentours des collines donc :  $C_{t(z)} = 1.15$

**Tableau III3: définition des catégories de terrain**

Catégorie de terrain	$K_t$	$Z_0$	$Z_{min}$	$\epsilon$
I. En bord de mer, au bord d'un plan d'eau offrant au moins 5 km de longueur au vent, régions lisses et sans obstacles	0.17	0.01	2	0.11
II. Région de culture avec haies et avec quelques petites fermes, maisons ou arbres.	0.19	0.05	4	0.26
III. Zones industrielles ou suburbaines, forêt, zones urbaines ne rentrant pas dans la catégorie de terrain IV.	0.22	0.3	8	0.37
IV. Zones urbaines dont au moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m.	0.24	1	16	0.46

La catégorie de terrain de notre structure : II-Régions de culture avec haies et avec quelques petites fermes, maisons ou arbres donc :

$$K_t = 0.19$$

$$Z_0 = 0.05$$

$$Z_{\min} = 4$$

On va vérifier le vent dans deux niveaux du panneau  $\{Z_1=6.25\text{m} ; Z_2=8.75\text{m}\}$

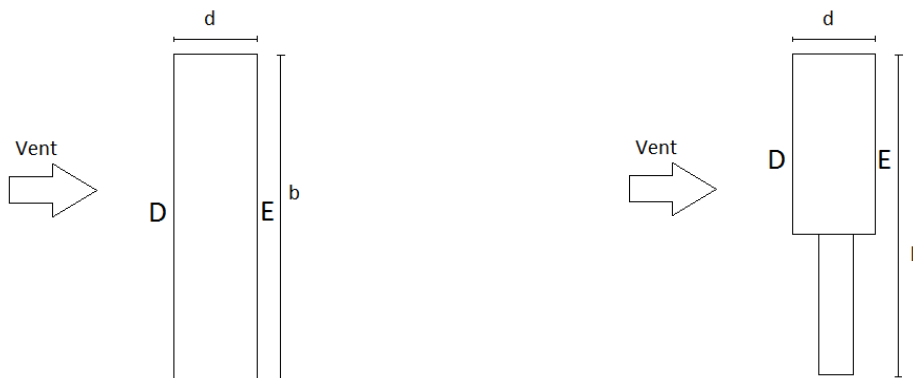
On a :  $Z_j > Z_{\min} = 4$ ,

- $C_{r1}(Z_1) = K_t \times \ln\left(\frac{Z_1}{Z_0}\right)$
- $C_{r2}(Z_2) = K_t \times \ln\left(\frac{Z_2}{Z_0}\right)$

Donc :

- $C_{r1}(6.25) = 0.19 \times \ln\left(\frac{6.25}{0.05}\right) = 0.917$
- $C_{r1}(8.75) = 0.19 \times \ln\left(\frac{8.75}{0.05}\right) = 0.981$

- **Détermination des coefficients des pression extérieure  $C_{pe}$**



**Figure III1: Vue en plan et en élévation du panneau.**

On a :  $b=10$  ;  $h=10$

$$S_D = b \times \left(\frac{h}{2}\right) = 10 \times \frac{10}{2} = 10 \times 5 = 50 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2, \text{ donc : } C_{peD} = C_{pe,10}$$

$$S_E = b \times \left(\frac{h}{2}\right) = 10 \times \frac{10}{2} = 10 \times 5 = 50 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2, \text{ donc : } C_{peE} = C_{pe,10}$$

On va déterminer les valeurs du  $C_{pe,10}$  depuis le tableau suivant :

**Tableau III4: les valeurs du  $C_{pe,10}$  ;  $C_{pe,1}$**

A,A'		B,B'		C		D		E	
$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-1.0	-1.3	-0.8	-1.0	-0.5		+0.8	+1.0	-0.3	

**$C_{pe}$  pour les parois verticales de bâtiments à base rectangulaire (Tableau 5.1 RNV99)**

$$C_{peD} = +0.8 ; C_{peE} = -0.3$$

- **Détermination des coefficients des pression intérieure  $C_{pi}$**

Dans le cas d'une construction étanche au vent (dont les parois extérieures ne comportent aucune ouverture, et sont faites de matériaux ne laissant pas passer l'air, ni du fait des joints ni du fait de la porosité, par exemple ouvrages de stockage), on prendra  $C_{pi} = 0$

- **Calcul de la pression due au vent ( $q_j$ )**

**Tableau III5: Les valeurs de la pression due au vent**

Zone	$C_r$	$C_d$	$C_e$	$q_{dyn}$	$C_{pe}$	$C_{pi}$	$W(z_j)$	$Q_j(N/m^2)$
<b>D</b>	0.917	0.95	2.514	942.75	+0.8	0	754.2	716.49
<b>E</b>	0.917	0.95	2.514	942.75	-0.3	0	-282.825	-268.683
<b>D</b>	0.981	0.95	2.773	1039.875	+0.8	0	831.9	790.305
<b>E</b>	0.981	0.95	2.773	1039.875	-0.3	0	-311.962	-296.364

La valeur maximale de la pression due au vent :  $Q_{j \max} = 790.305 (N/m^2)$

**Conclusion :**

L'évaluation précise des charges climatiques, est essentielle pour le dimensionnement de la structure du panneau publicitaire. Les réglementations techniques telles que le RNV 99 fournissent les méthodes et les données nécessaires pour déterminer ces charges de manière rigoureuse. Une analyse détaillée en fonction des caractéristiques du site et de la géométrie de la structure sera nécessaire pour finaliser le dimensionnement.

## III.2. Dimensionnement des éléments de la structure

L'évaluation des différentes sections des éléments de notre structure : poutres, poteaux, voiles et autres, passe impérativement par un dimensionnement préliminaire, appelé pré dimensionnement.

Pour cela nous évaluons une descente des charges afin de déterminer ce qui revient à chaque élément porteur, jusqu'à la fondation.

Après avoir fait le choix de la structure porteuse du panneau : poutres principales (les pannes), poutres secondaires (les lisses), et le poteau principal il faut pré dimensionné chaque élément à partir de trois conditions :

- Vérification de la condition de flèche.
- Vérification de la condition de résistance.
- Vérification au cisaillement.

Le règlement CCM97 a pour objet la codification du dimensionnement par le calcul et les vérifications des structures des bâtiments à ossature en acier.

- Pour le poteau principal, on suppose un HEB800. Sur cette base nous complétons les calculs

### III.2.1. Les poutres principales

On peut négliger la vérification des pannes selon l'axe Z à cause de la rigidité de la structure donc il peut résister le poids propre. Les pannes sont sollicitées par une charge horizontale due à la pression du vent.

On a :

- Nombre des pannes : 3
- La distance entre axe : 2.5 m
- $\delta_{admi} = \frac{l}{150} = \frac{4850}{150} = 32.33 \text{ mm}$

#### ➤ Calculs des charges et des surcharges :

La panne la plus chargée est la panne intermédiaire

- **Charges du vent (V) :**

$$V = q_j \times H = 790.305 \times 2.5 = 1975.762 \text{ N/m} = 197.576 \text{ daN/m}$$

➤ **Combinaison de charge à l'ELU :**

- charge d'entretien :  $Q = 100 \text{ daN}$
- $G_1 = (PP_{\text{bardage}} \times S) = (31.5 \times 50) \times 2 = 3150 \text{ daN}$
- $G_2 = [(PP_{\text{HEB800}}) \times H] + [(PP_{\text{IPE220}}) \times L \times n_{\text{(pannes)}}] + [(PP_{\text{IPE100}}) \times L_1 \times n_{\text{(lisse)}}] + [(PP_{\text{corniere (20x20x3)}}) \times n_{\text{corniere}} \times L]$   
 $= (262 \times 10) + (26.2 \times 10 \times 6) + (8.1 \times 5 \times 14) + (0.882 \times 48 \times 3.006) = 4886.262$
- $G = G_1 + G_2 = 3150 + 4886.262 = 8036.262 \text{ daN}$
- $N_u = 1.35G + 1.5Q = (1.35 \times 8036.262) + (1.5 \times 100) = 10998.953 \text{ daN}$

➤ **Vérification de la condition de flèche**

On a :  $Q_{sd} = V = 1.98 \text{ KN/mm}$

$$f = \frac{Q_s L^4}{8EI_y} < \delta_{\text{adm}} = \frac{L}{150} = \frac{4850}{150} = 32.33 \text{ mm.}$$

$$I_y > \frac{1.98 \times 4850^3 \times 150}{8 \times 210000} = 19862861.049 \text{ mm}^4 = 1986.286 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 3831 > 1986.286 \text{ cm}^4$$

Donc il suffit de prendre le **HEB 180** comme poutre principale.

➤ **Vérification à l'état limite ultime :**

$$M_{y,sd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

- **Calcul de  $M_{pl,y,Rd}$  :**

$$M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} \times F_y}{\gamma_{mo}} = \frac{481.4 \times 35.5}{1} = 17089.7 \text{ daN.m}$$

- **Calcul de  $M_{y,sd}$  :**

$$M_{y,sd} = \frac{1.35 \times Q_{sd} L^2}{2} = \frac{1.5 \times 197.576 \times 4.85^2}{2} = 3485.611 \text{ daN.m}$$

$$M_{y,sd} = 3485.611 < M_{pl,y} = 17089.7 \text{ daN.m} \dots \text{ CV}$$



➤ **Vérification de la condition de cisaillement :**

$$V_{sd} \leq V_{plrd}$$

- **Calcul de  $V_{plrd}$  :**

$$V_{plrd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3}} \frac{1}{\gamma_{m0}} = 2024 \frac{355 \times 10^{-3}}{1 \times \sqrt{3}} = 414.838 \text{ KN}$$

- **Calcul de  $V_{sd}$  :**

$$V_{sd} = Q_u \times L = 1.5 \times 1.98 \times 4.85 = 14.4045 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 14.4045 < V_{plrd} = 414.838 \text{ KN} \dots \dots \text{CV}$$

Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant donc il n'est pas nécessaire de réduire les résistances à la flexion. Donc on adopte un **HEB 180** pour les poutres principales.

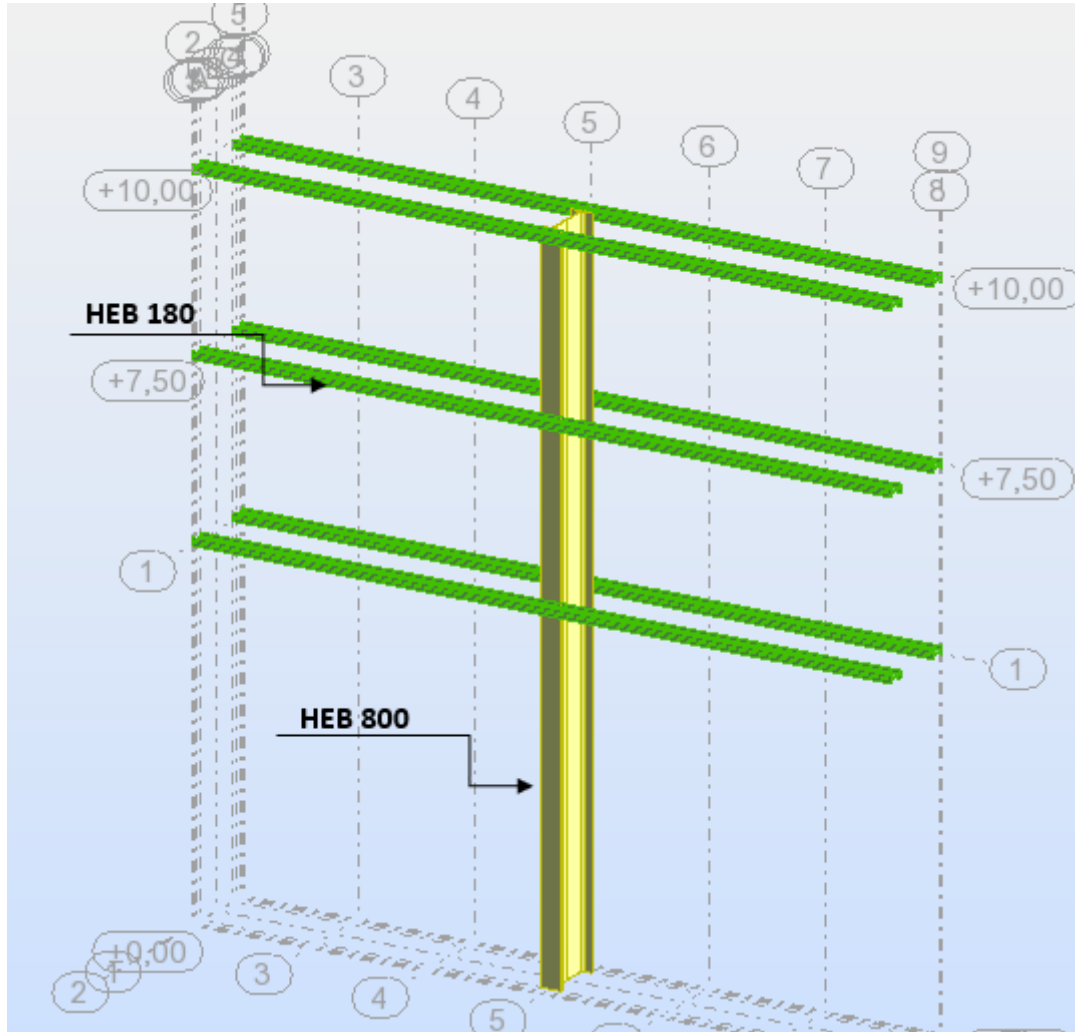


Figure III.2: Portique poteau poutre.

### III.2.2. Les poutres secondaires

- Nombre des poutres secondaires : 2
- La distance entre axe : 0.83 m
- $\delta_{admi} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ mm}$

#### ➤ Charges du vent (V) :

$$V = q_j \times H = 790.305 \times 0.83 = 655.953 \text{ N/m} = 65.5953 \text{ daN/m}$$

#### ➤ Combinaison de charge à l'ELS :

- Vérification de la condition de flèche :

$$Q_{sd} = 0.656 \text{ N/mm}$$

$$f = \frac{5 \times Q_s \times L^4}{384 \times E \times I_y} < \delta_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = \mathbf{20 \text{ mm.}}$$

$$I_y > \frac{1250 \times 0.656 \times 5000^3}{384 \times 210000} = 1271081.349 \text{ mm}^4 = \mathbf{127.1081 \text{ cm}^4}$$

$$I_y = \mathbf{127.108} < \mathbf{2492 \text{ cm}^4}$$

Donc il suffit de prendre le **HEB 160** comme poutre secondaire.

➤ **Vérification à l'état limite ultime**

$$M_{y,sd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

• **Calcul de  $M_{pl,y,Rd}$  :**

$$M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} \times F_y}{\gamma_{mo}} = \frac{345 \times 35.5}{1} = \mathbf{12247.5 \text{ daN.m}}$$

**Calcul de  $M_{y,sd}$  :**

$$M_{y,sd} = \frac{1.5 \times Q_{sd} \times L^2}{8} = \frac{1.5 \times 65.5953 \times 5^2}{8} = \mathbf{307.477 \text{ daN.m}}$$

$$M_{y,sd} = 307.477 < M_{pl,y} = 12247.5 \text{ daN.m} \dots \mathbf{CV}$$

• **Vérification de la condition de cisaillement**

$$V_{sd} \leq V_{plrd}$$

**Calcul de  $V_{plrd}$  :**

$$V_{plrd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{mo}} = 1759 \times \frac{355 \times 10^{-3}}{1 \times \sqrt{3}} = \mathbf{360.523 \text{ KN}}$$

**Calcul de  $V_{sd}$  :**

$$V_{sd} = Q_u \times L = 1.5 \times 0.656 \times 5 = \mathbf{4.92 \text{ KN}}$$

$$V_{sd} = 4.92 < V_{plrd} = 360.523 \text{ KN} \dots \mathbf{CV}$$

Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant donc il n'est pas nécessaire de réduire les résistances à la flexion. Donc on adopte un HEB 160 pour les poutres secondaires.

### III.2.3. Les lisses

- Nombre des lisses : 2
- La distance entre axe 1.67 m
- $\delta_{admi} = \frac{L}{250} = \frac{2500}{250} = 10 \text{ mm}$

➤ **Charges du vent (V) :**

$$V = q_j \times H = 790.305 \times 1.67 = 1319.809 \text{ N/m} = 131.9809 \text{ daN/m}$$

➤ **Combinaison de charge à l'ELS :**

- **Vérification de la condition de flèche :**

$$Q_{sd} = 1.32 \text{ N/mm}$$

$$f = \frac{5 \times Q_s \times L^4}{384 \times E \times I_y} < \delta_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{2500}{250} = \mathbf{10 \text{ mm.}}$$

$$I_y > \frac{1250 \times 1.32 \times 2500^3}{384 \times 210000} = 319707.961 \text{ mm}^4 = \mathbf{31.97 \text{ cm}^4}$$

$$I_y = \mathbf{31.97} < \mathbf{171 \text{ cm}^4}$$

Donc il suffit de prendre le **IPE 100** comme lisse.

➤ **Vérification à l'état limite ultime :**

$$M_{ysd} \leq M_{pl,yRd}$$

- **Calcul de  $M_{pl,yRd}$  :**

$$M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} \times F_y}{\gamma_{mo}} = \frac{39.4 \times 35.5}{1} = \mathbf{1399.055 \text{ daN.m}}$$

**Calcul de  $M_{y.sd}$  :**

$$M_{y.sd} = \frac{1.5 \times Q_{sd} \times L^2}{8} = \frac{1.5 \times 131.98 \times 2.5^2}{8} = \mathbf{154.664 \text{ daN.m}}$$

$$M_{y.sd} = 154.664 < M_{pl,y} = 1399.055 \text{ daN.m} \dots \text{ CV}$$

- **Vérification de la condition de cisaillement**

$$V_{sd} \leq V_{plrd}$$

**Calcul de  $V_{plrd}$  :**

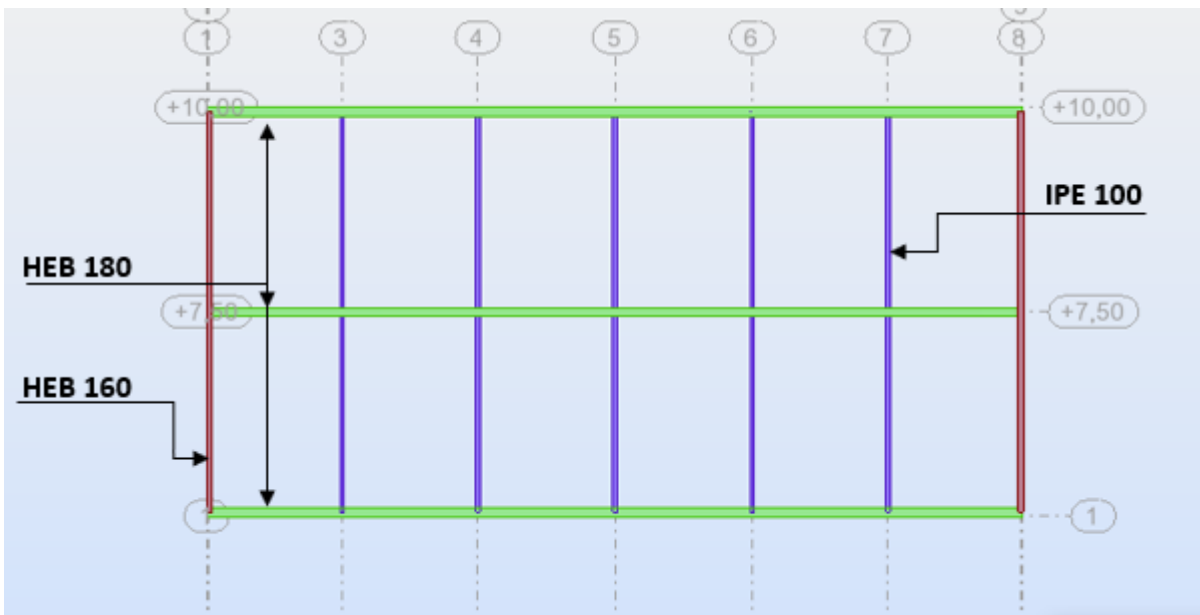
$$V_{plrd} = Av \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 508 \frac{355 \times 10^{-3}}{1 \times \sqrt{3}} = \mathbf{104.119 \text{ KN}}$$

**Calcul de  $V_{sd}$  :**

$$V_{sd} = Qu \times L = 1.5 \times 1.32 \times 2.5 = \mathbf{4.95 \text{ KN}}$$

$$V_{sd} = 4.95 < V_{plrd} = 104.119 \text{ KN} \dots \dots \mathbf{CV}$$

Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant donc il n'est pas nécessaire de réduire les résistances à la flexion. Donc on adopte un les lisse.



**Figure III3: Structure du panneau.**

### III.2.4. Le poteau

Les dimensions du panneau sont :  $L= 10\text{m}$  ;  $h=5 \text{ m}$

$$\delta_{admi} = \frac{L}{150} = \frac{10000}{150} = 66.66\text{mm}$$

- **Charges du vent (V)**

$$V = q_j \times h = 790.305 \times 5 = 3951.525 \text{ N/m} = 395.1525 \text{ daN/m}$$

#### ➤ **Combinaison de charge à l'ELS**

- **Vérification de la condition de flèche**

$$Q_{sd} = 39.52 \text{ N/mm}$$

$$f = \frac{Q_s L^4}{8EI_y} < \delta_{adm} = \frac{L}{150} = \frac{10000}{150} = 66.66 \text{ mm.}$$

$$I_y > \frac{39.52 \times 10000^3 \times 150}{8 \times 210000} = 3528571428.571 \text{ mm}^4 = 352857.1428 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 359100 > 352857.1428 \text{ cm}^4 \dots\dots\dots \text{CV}$$

Donc il suffit de prendre le **HEB 800** comme poteau.

➤ **Vérification à l'état limite ultime**

$$M_{y,sd} \leq M_{pl,y} R_d$$

**Calcul de  $M_{pl,y} R_d$  :**

$$M_{pl,y} = \frac{W_{pl,y} \times F_y}{\gamma_{m0}} = \frac{10230 \times 35.5}{1} = 363165 \text{ daN.m}$$

**Calcul de  $M_{y,sd}$  :**

$$M_{y,sd} = \frac{3 \times 1.5 \times Q_{sd} L^3}{8} = \frac{3 \times 1.5 \times 395.1525 \times 10^3}{8} = 222273.28 \text{ daN.m}$$

$$M_{y,sd} = 222273.28 < M_{pl,y} = 363165 \text{ daN.m} \dots\dots\dots \text{CV}$$

• **Vérification de la résistance au flambement**

$$N_{sd} \leq N_{b,Rd}$$

**Calcul de  $N_{sd}$  :**

$$N_{sd} = 1.35G + 1.5Q = (1.35 \times 8036.262) + (1.5 \times 100) = 10998.953 \text{ daN} = \mathbf{109.989 \text{ KN}}$$

**Calcul de  $N_{b,Rd}$  :**

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \beta_A A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$\gamma_{M1}$ : le coefficient partiel de sécurité pour la résistance des éléments aux instabilités  $\gamma_{M1} = \mathbf{1,1}$

$\beta_A$ : coefficient qui est fonction de la classe de la section, pour les sections de Classe 2 (HEB de classe 2) donc :  $\beta_A = \mathbf{1}$

$$f_y = \mathbf{355}$$

$\chi$ : est le coefficient de réduction pour le sens de flambement à considérer. Ce coefficient doit être calculé à partir de l'élanement réduit  $\bar{\lambda}$ .

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A}$$

$$\lambda_1 = 93.3 \varepsilon$$

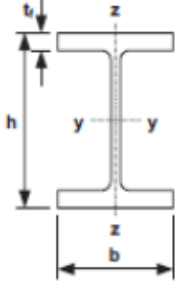
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.838$$

$$\lambda_1 = 93.3 \times 0.838 = 78.1854$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i_z} = \frac{2000}{6.68} = 299.401$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{299.401}{78.1854} \sqrt{1} = 3.829$$

Tableau III.6: Courbe de flambement pour déformé profiler.

Section	Limites	Axe de flambement	S235 S275 S355	S420	S460
	$h / b > 1,2$ $t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a b	a a	a <sub>0</sub> a <sub>0</sub>
	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	b b	a a
	$h / b \leq 1,2$ $t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	b b	a a
	$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d	d d	c c

$h/b = 1.66 > 1.2$  ;  $t_f = 28 < 40 \text{ mm}$  ; axe de flambement y – y

Donc : courbe de flambement « a »

$$\chi = \frac{1}{\phi + [\phi^2 - \bar{\lambda}^2]^{0.5}}$$

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

$\alpha$  : le facteur d'imperfection, paramètre caractéristique de la courbe de flambement qui est donné au tableau

Tableau III.7: Facteurs d'imperfection en fonction des courbes.

Courbe de flambement	a <sub>0</sub>	a	B	C	d
A	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

On a courbe de flambement « a » donc :  $\alpha = 0.21$

$$\phi = 0.5 \times [1 + 0.21 \times (3.829 - 0.2) + 3.829^2] = 8.212$$

$$\chi = \frac{1}{8.212 + [8.212^2 - 3.829^2]^{0.5}} = 0.0646$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \beta_A A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.0646 \times 1 \times 334,2 \times 10^2 \times 355}{1.1} = 696746.236 \text{ N} = 696.746 \text{ KN}$$

$N_{sd} = 109.989 < N_{brd} = 696.746 \text{ KN}$ ..... **Condition vérifiée.**

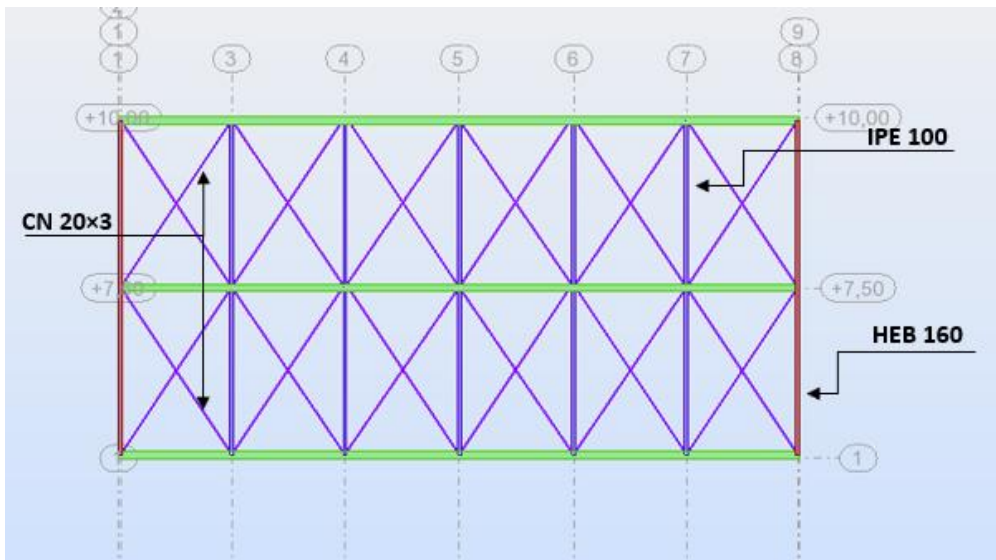


Figure III4: Système de contreventement.

**Conclusion :**

En conclusion, le dimensionnement des éléments de la structure (poutres, poteaux) est un aspect essentiel du projet qui doit être réalisé selon les règles de l'art et les réglementations en vigueur. Une analyse détaillée des efforts et une conception optimisée des sections et assemblages permettront d'obtenir une structure sûre et économique



### III.3. Etude sismique

L'action sismique consiste en un mouvement vibratoire du sol de forte amplitude et de durée brève (de quelques dixièmes de seconde à quelques dizaines de secondes) dans lequel chaque point du sol est animé dans les trois directions de l'espace de déplacements de translations de caractère aléatoire.

#### III.3.1. RPA99/2003

En Algérie, le code parasismique utilisé pour les Bâtiments est le règlement parasismique algérienne RPA 99/v2003 « DTR BC 2-48 ». Ce code a été approuvé par la commission technique permanente (CTP) lors de sa réunion du 4 Décembre 1999.

L'objectif de RPA est de Protéger les vies humaines en évitant l'effondrement sous l'effet d'un séisme majeur ou rare, et de Limiter les dommages dans les éléments secondaires dus à des séismes modérés, plus fréquent.

Les objectifs de la détermination des sections d'acier afin d'assurer les critères relatifs à la résistance, la ductilité, et la stabilité des éléments constructifs de notre ouvrage.

Pour la détermination du ferrailage, on considère le cas le plus défavorable. À l'aide d'outils informatiques via les deux logiciels d'analyse structurelle (*Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014*) et (*EXPERT BA 2010*), nous pouvons déterminer les différents efforts internes de chaque section et des sections du ferrailage de chaque élément pour différentes combinaisons de calcul.

##### III.3.1.1. Calcul de la valeur de l'effort sismique globale selon le RPA/2003

Conformément à l'article 4.2.3 des règles RPA/2003, les forces sismiques de calcul  $V$  dans les 2 directions seront déterminées d'après la formule :

$$V = \left( \frac{A \times D \times Q}{R} \right) W$$

Avec :

A : coefficient d'accélération de zone donné par le tableau :

**Tableau III8: coefficient d'accélération.**

Groupe	I	IIa	IIb	III	Classification des ouvrages selon leur importance
1A	0.15	0.25	0.3	0.40	Importance vitale : sécurité-Hôpitaux
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	Grande importance : scolaire et culte
2	0.10	0.15	0.20	0.25	Courants : habitations-Bureaux
3	0.07	0.10	0.14	0.18	Fiable importance : Hangars

Notre structure est dans la zone IIa et dans le Groupe 3 faible importance :  $A=0.10$

D : facteur d'amplification dynamique moyen, fonction de la catégorie de site, du facteur de correction d'amortissement ( $\eta$ ) et de la période fondamentale de la structure (T)

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & \text{Si : } 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & \text{Si : } T_2 \leq T \leq 3.0 \\ 2.5\eta(T_2/3.0)^{\frac{2}{3}}(3.0/T)^{\frac{5}{3}} & \text{Si : } T \geq 3.0 \end{cases}$$

T : la période fondamentale de la structure

$$T = C_T \times h_N^{3/4}$$

$C_T$  : coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage et donné par le tableau suivant : ( $C_T = 0.085$ )

**Tableau III9: valeurs du coefficient  $C_T$**

Cas n°	Système de contreventement	$C_T$
1	Portiques auto stables en béton armé sans remplissage en maçonnerie	0.075
2	Portiques auto stables en acier sans remplissage en maçonnerie	0.085
3	Portiques auto stables en béton armé ou en acier avec remplissage en maçonnerie	0.050
4	Contreventement assuré partiellement ou totalement par des voiles en béton armé, des palées triangulées et des murs en maçonnerie	0.050

$h_N$  : hauteur en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau (10 m)

Donc :  $T = 0.085 \times 10^{3/4} = 0.478$

$T_1, T_2$  : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site, tableau suivant :

**Tableau III10: Périodes caractéristiques associées à la catégorie de site.**

Site	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
T <sub>1(sec)</sub>	0.15	0.15	0.15	0.15
T <sub>2(sec)</sub>	0.30	0.40	0.50	0.70

Donc on a :  $0 \leq T = 0.478 \leq T_2 = 0.50$

$\eta$  : facteur de correction d'amortissement

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+\xi}}$$

$\xi$  : pourcentage d'amortissement critique ,les valeur montré dans le tableau suivant :

**Tableau III11: Pourcentage d'amortissement critique  $\xi$**

Remplissage	Portiques		Voiles ou murs
	Béton armé	Acier	Béton armé / maçonnerie
Léger	6	4	10
Dense	7	5	

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2+4}} = 1.08$$

Alors que :  $D = 2.5 \times \eta = 2.5 \times 1.08 = 2.7$

Q : facteur de qualité ;  $Q = 1 + \sum_1^5 P_q$

Détermination la valeur de  $P_q$  depuis le tableau suivant :

**Tableau III12: la valeur de pénalités  $P_q$**

Critère q	$P_q$	
	Observé	N/observé
1. Conditions minimales sur les filles de contreventement	0	0.05
2. Redondance en plan	0	0.05
3. Régularité en plan	0	0.05
4. Régularité en élévation	0	0.05
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0	0.05
6. contrôle de la qualité de l'exécution	0	0.1
<b>Totale</b>	0.2	

$$Q = 1 + 0.2 = 1.2$$

R : coefficient de comportement global de la structure

Les valeurs du coefficient du comportement R sont données par la réglementation en fonction du type de structure (mode de contreventement), des matériaux utilisés et des dispositions constructives adoptées pour favoriser la ductilité des éléments et assemblages, c'est-à-dire leur aptitude à supporter des déformations supérieures à la limite élastique. Selon le tableau IV des RPA99/2003.

**Tableau III13: Coefficient de Comportement Global de la Structure R.**

Cas	Système de contreventement	Valeur de R
<b>B</b>	ACIER	
<b>1a</b>	Portiques auto stables ductiles	6
<b>1b</b>	Portiques auto stables ordinaires	4
<b>2</b>	Ossature contreventée par palées triangulées en X	4
<b>3</b>	Ossature contreventée par palées triangulées en V	3
<b>4a</b>	Mixte portiques/palées triangulées en X	5
<b>5b</b>	Mixte portiques/palées triangulées en V	4
<b>5</b>	Portiques en console verticale	2

Portiques en console verticale donc R=2

W : Poids total de la structure, Nous avons pris le poids total calculé par le logiciel Robot structural 2018

$$W = 81.36 \text{KN}$$

• **Effort tranchant à la base :**

$$V = \frac{A.D.Q}{R} \times W = \frac{0.1 \times 2.7 \times 1.2}{2} \times 81.36 = \mathbf{13.18 \text{KN}}$$

Nous avons faites une vérification des calculs avec logicielles Robot structural 2018, et nous avons extrait une note de calcul comme suit :

**III.3.1.2. Note de calcule**

**✚ Les différents cas de chargement :**

Cas	Préfixe	Nom du cas	Nature	Type d'analyse
1	Perm1	PP	permanente	Statique linéaire
2	Perm2	G	permanente	Statique linéaire
3	Exp11	Q	exploitation	Statique linéaire
4	Modale	Modale		Modale
5	EX (sismique)	Ex	sismique	Sismique RPA99(2003)
6	EY (sismique)	Ey	sismique	Sismique RPA99(2003)

**✚ Les combinaisons de calculs sont :**

Combinaison	Nom	Type d'analyse	Nature de la combinaison	Nature du cas	Définition
7 (C)	G+Q	Combinaison linéaire	ELS	permanente	(1+2+3)*1.00
8 (C)	1.35G+1.5Q	Combinaison linéaire	ELU	permanente	(1+2)*1.35+3*1.50
9 (C) (CQC)	G+Q+EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3+5)*1.00
10 (C) (CQC)	G+Q-EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3)*1.00+5*-1.00
11 (C) (CQC)	G+Q+EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3+6)*1.00
12 (C) (CQC)	G+Q-EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3)*1.00+6*-1.00
13 (C) (CQC)	G+Q+1.2EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3)*1.00+5*1.20
14 (C) (CQC)	G+Q-1.2EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3)*1.00+5*-1.20
15 (C) (CQC)	G+Q+1.2EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3)*1.00+6*1.20
16 (C) (CQC)	G+Q-1.2EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2+3)*1.00+6*-1.20
17 (C) (CQC)	0.8G+EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2)*0.80+5*1.00
18 (C) (CQC)	0.8G-EX	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2)*0.80+5*-1.00
19 (C) (CQC)	0.8G+EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente	(1+2)*0.80+6*1.00
20 (C) (CQC)	0.8G-EY	Combinaison linéaire	ACC	permanente	6*-1.00+ (1+2)*0.80

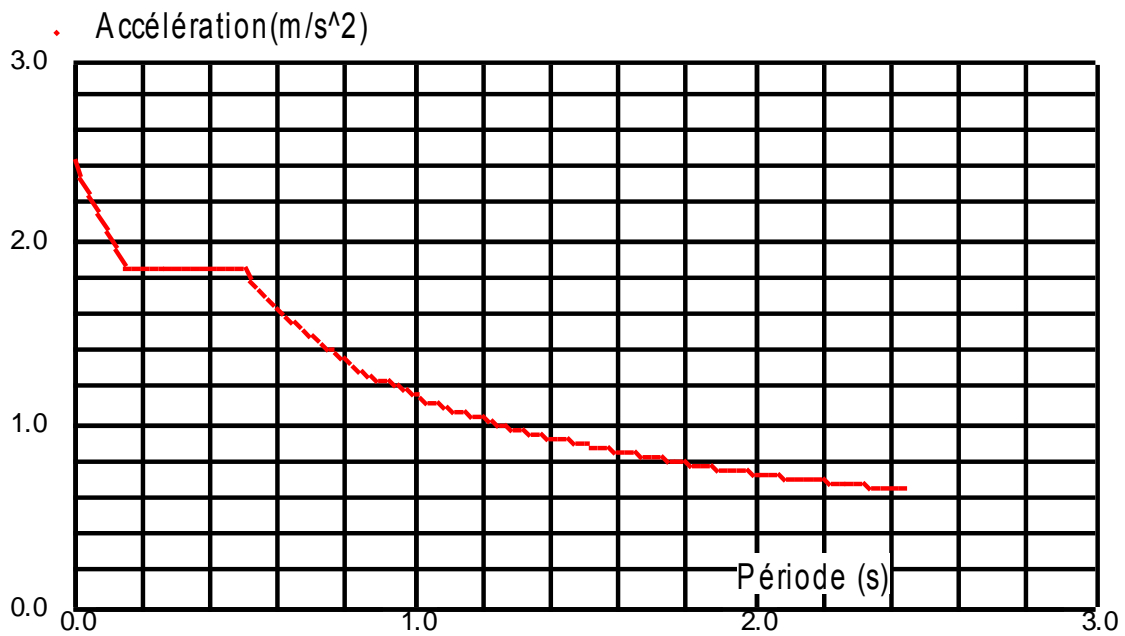
 Les différents résultats de l'analyse modale :

-tableau mode propre :

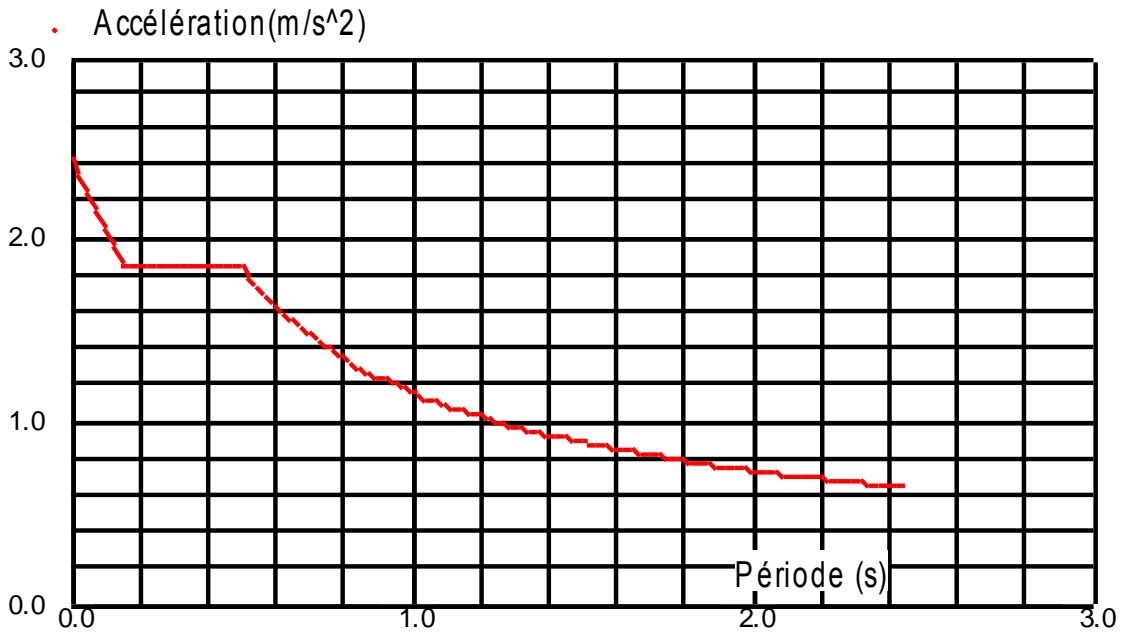
Cas/Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]	Tot.mas. UX [t]	Tot.mas. UY [t]	Tot.mas. UZ [t]
4/ 1	0,26	3,88	0	3,19	0	0	3,19	0	8.13	8.09	8.10
4/ 2	0,8	1,24	64,38	3,19	0,66	64,38	0	0,66	8.13	8.09	8.10
4/ 3	1,26	0,79	64,38	3,3	0,66	0	0,11	0	8.13	8.09	8.10
4/ 4	2,33	0,43	64,38	52,94	0,66	0	49,64	0	8.13	8.09	8.10
4/ 5	3,28	0,3	64,38	52,97	0,66	0	0,03	0	8.13	8.09	8.10
4/ 6	4,66	0,21	64,38	62,26	0,66	0	9,29	0	8.13	8.09	8.10
4/ 7	4,8	0,21	64,38	62,45	0,66	0	0,19	0	8.13	8.09	8.10
4/ 8	4,91	0,2	64,38	62,45	0,66	0	0	0	8.13	8.09	8.10
4/ 9	4,93	0,2	64,38	64,12	0,66	0	1,67	0	8.13	8.09	8.10
4/ 10	4,95	0,2	64,38	66,27	0,66	0	2,15	0	8.13	8.09	8.10
5/ 1	0,26	3,88	0	3,19	0	0	3,19	0	8.13	8.09	8.10
5/ 2	0,8	1,24	64,38	3,19	0,66	64,38	0	0,66	8.13	8.09	8.10
5/ 3	1,26	0,79	64,38	3,3	0,66	0	0,11	0	8.13	8.09	8.10
5/ 4	2,33	0,43	64,38	52,94	0,66	0	49,64	0	8.13	8.09	8.10
5/ 5	3,28	0,3	64,38	52,97	0,66	0	0,03	0	8.13	8.09	8.10
5/ 6	4,66	0,21	64,38	62,26	0,66	0	9,29	0	8.13	8.09	8.10
5/ 7	4,8	0,21	64,38	62,45	0,66	0	0,19	0	8.13	8.09	8.10
5/ 8	4,91	0,2	64,38	62,45	0,66	0	0	0	8.13	8.09	8.10
5/ 9	4,93	0,2	64,38	64,12	0,66	0	1,67	0	8.13	8.09	8.10
5/ 10	4,95	0,2	64,38	66,27	0,66	0	2,15	0	8.13	8.09	8.10
6/ 1	0,26	3,88	0	3,19	0	0	3,19	0	8.13	8.09	8.10
6/ 2	0,8	1,24	64,38	3,19	0,66	64,38	0	0,66	8.13	8.09	8.10
6/ 3	1,26	0,79	64,38	3,3	0,66	0	0,11	0	8.13	8.09	8.10
6/ 4	2,33	0,43	64,38	52,94	0,66	0	49,64	0	8.13	8.09	8.10
6/ 5	3,28	0,3	64,38	52,97	0,66	0	0,03	0	8.13	8.09	8.10
6/ 6	4,66	0,21	64,38	62,26	0,66	0	9,29	0	8.13	8.09	8.10
6/ 7	4,8	0,21	64,38	62,45	0,66	0	0,19	0	8.13	8.09	8.10
6/ 8	4,91	0,2	64,38	62,45	0,66	0	0	0	8.13	8.09	8.10
6/ 9	4,93	0,2	64,38	64,12	0,66	0	1,67	0	8.13	8.09	8.10
6/ 10	4,95	0,2	64,38	66,27	0,66	0	2,15	0	8.13	8.09	8.10

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]	RX [Rad]	RY [Rad]	RZ [Rad]
MAX	15,2333	0,0004	9,8351	0	0,02	0
Nœud	10	287	10	59	135	77
Cas	5	5	5	5	5	5
Mode	2	CQC	CQC	CQC	2	CQC
MIN	0	-0,0003	-9,8351	0	0	0
Nœud	10	287	10	59	135	106
Cas	5	5	5	5	5	5
Mode	6	5	2	5	6	7

- : direction X (EX) :



-  
- : direction Y (EY) :



	V <sub>t</sub> (daN)	V (daN)	80% V	V <sub>t</sub> > 0.8V
Sens-x	10640.00	1318	1054.40	Condition vérifié
Sens-y	8710.00	1318	1054.40	Condition vérifié

Cas 5 – EX (T)

Mode CQC

Somme totale	0,51	0	0,05	0	4,8	0
Somme réactions	0,51	0	0,05	0,03	0,41	0,32
Somme efforts	0,51	0	0,05	0,03	0,42	0,32
Vérification	1,03	0	0,1	0,06	0,83	0,64
Précision	3,73E-02	6,87E-02				

Cas 6 – EY (T)

Mode CQC

Somme totale	0	0,76	0	5,81	0	0,13
Somme réactions	0	0,76	0	1,76	0,01	11,35
Somme efforts	0	<b>0,76</b>	0	1,76	0	11,35
Vérification	0	1,51	0	3,52	0,01	22,69
Précision	3,73E-02	6,87E-02				



Pièce	Profil	Matériau	Lav	Laz	Ratio	Cas
<b>Famille : 1 poteaux</b>						
80 80	HEB 200	ACIER E24	29.27	9.87	1.24	13 G+Q+1.2EX
	HEB 220		26.52	8.95	0.97	
	HEB 240		24.26	8.22	0.77	
<b>Famille : 2 poutre principal</b>						
57	HEB 100	ACIER E24	120.33	197.26	0.72	15 G+Q+1.2EY
	HEB 120		99.17	163.63	0.45	
<b>Famille : 3 poutre secondaire</b>						
80 80	HEB 200	ACIER E24	29.27	9.87	1.24	13 G+Q+1.2EX
	HEB 220		26.52	8.95	0.97	
	HEB 240		24.26	8.22	0.77	
<b>Famille : 4 lisse</b>						
67	IPE 80	ACIER E24	77.21	237.22	0.10	16 G+Q-1.2EY
	IPE 100		61.42	201.32	0.06	
	IPE 120		50.97	172.74	0.04	
<b>Famille : 5 contreventement</b>						
11	CAE 30x3	ACIER E24	167.12	167.12	1.17	16 G+Q-1.2EY
	CAE 35x3.5		141.16	141.16	0.71	
	CAE 40x4		124.52	124.52	0.48	
<b>Famille : 6 poteaux</b>						
80 80	HEB 200	ACIER E24	29.27	9.87	1.24	13 G+Q+1.2EX
	HEB 220		26.52	8.95	0.97	
	HEB 240		24.26	8.22	0.77	
<b>Famille : 7 poutre principal</b>						
57	HEB 100	ACIER E24	120.33	197.26	0.72	15 G+Q+1.2EY
	HEB 120		99.17	163.63	0.45	
<b>Famille : 8 poutre secondaire</b>						
1	HEB 200	ACIER E24	29.27	9.87	1.24	13 G+Q+1.2EX
	HEB 220		26.52	8.95	0.97	
	HEB 240		24.26	8.22	0.77	
<b>Famille : 9 lisse</b>						
67	IPE 80	ACIER E24	77.21	237.22	0.10	16 G+Q-1.2EY
	IPE 100		61.42	201.32	0.06	
	IPE 120		50.97	172.74	0.04	
<b>Famille : 10 contreventement</b>						
11	CAE 30x3	ACIER E24	167.12	167.12	1.17	16 G+Q-1.2EY
	CAE 35x3.5		141.16	141.16	0.71	
	CAE 40x4		124.52	124.52	0.48	

### Conclusion :

En conclusion, l'étude sismique est un aspect déterminant du dimensionnement de la structure du panneau publicitaire. Elle permet de s'assurer de la sécurité et de la tenue au séisme de l'ouvrage, en appliquant les méthodes d'analyse et les règles de dimensionnement appropriées. Une conception parasismique adaptée, combinée à un choix judicieux des matériaux et des dispositions constructives, garantira un comportement satisfaisant de la structure sous sollicitations sismiques.

### III.4. Les assemblages

Après avoir présenté les composants métalliques dans leur conception et leur dimensionnement, nous nous intéressons ici à la liaison ou la continuité de ces composants. Pour réaliser une ossature métallique, les composants élémentaires « **poutre, poteaux, barre** » doivent être réalisés entre eux par des dispositifs particuliers appelés assemblages.

Les classes principales d'assemblages sont les suivantes :

- Assemblages où se produit un changement de direction ; assemblages **poutre-poteau**, assemblages **poutre - poutre** et assemblages entre éléments de structures en treillis.
- Assemblages d'éléments différents incluant l'assemblage de la structure en acier à d'autres parties du bâtiment comme par exemple **les pieds de poteaux, les assemblages au noyau en béton et les assemblages avec des panneaux.**

Les assemblages sont définis en fonction du mode de liaison « **soudés, boulonnés, rivetés et collés** » de la géométrie des pièces à attacher, et des efforts à transmettre d'une pièce à l'autre. Pour conduire les calculs selon les schémas classiques de la résistance des matériaux, il y a lieu de distinguer, parmi les assemblages :

- Les assemblages **articulés**, qui transmettent uniquement les efforts normaux et tranchants.
- Les assemblages **rigides**, qui transmettent en outre les divers moments.
- Les assemblages **semi-rigides**.

Dans notre étude, l'**assemblage boulonné** est le mode largement utilisé, présente en général l'avantage d'une démontrabilité facile, avec récupération intégrale des composants initiaux.

#### III.4.1. Vérification des assemblages

Pour vérifier tous les assemblages de notre structure nous les calculons à l'aide de logiciel robot structural analysis 2018 et les résultats sont les suivants :

- **Note calcule**

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
<b>Famille : 1 poteaux</b>						
59	HEB 320	ACIER E24	18.09	6.61	1.00	8 (g+pp)+1.5v
	HEB 340		17.07	6.64	0.90	
	HEB 360		16.17	6.67	0.81	
<b>Famille : 2 poutre principal</b>						
57	HEB 160	ACIER E24	73.77	123.50	1.12	8 (g+pp)+1.5v
	HEB 180		65.25	109.41	0.82	
	HEB 200		58.54	98.71	0.62	
<b>Famille : 3 poutre secondaire</b>						
60	HEB 100	ACIER E24	60.16	98.63	0.37	8 (g+pp)+1.5v
	HEB 120		49.59	81.81	0.23	
<b>Famille : 4 lisse</b>						
66	IPE 80	ACIER E24	77.21	237.22	0.41	8 (g+pp)+1.5v
	IPE 100		61.42	201.32	0.26	
	IPE 120		50.97	172.74	0.17	
<b>Famille : 5 contreventement</b>						
30	CAE 45x4.5	ACIER E24	111.23	111.23	1.10	8 (g+pp)+1.5v
	CAE 45x5		111.57	111.57	0.99	
	CAE 50x3		97.91	97.91	1.27	

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
<b>Famille : 1 poteaux</b>						
59	HEB 800	ACIER E24	7.63	7.49	0.22	8 (g+pp)+1.5v
<b>Famille : 2 poutre principal</b>						
57	HEB 180	ACIER E24	65.25	109.41	0.82	8 (g+pp)+1.5v
<b>Famille : 3 poutre secondaire</b>						
60	HEB 160	ACIER E24	36.89	61.75	0.11	8 (g+pp)+1.5v
<b>Famille : 4 lisse</b>						
66	IPE 100	ACIER E24	61.42	201.32	0.26	8 (g+pp)+1.5v
<b>Famille : 5 contreventement</b>						
30	CAE 60x6	ACIER E24	82.92	82.92	0.45	8 (g+pp)+1.5v

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** CM66  
**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des familles

**FAMILLE:** 1 poteaux  
**PIECE:** 59                      **POINT:** 1                      **COORDONNEE:** x = 0.00 L = 0.00 m

**CHARGEMENTS:**  
*Cas de charge décisif:* 8 (g+pp)+1.5v (1+2)\*1.00+4\*1.50

**MATERIAU:**  
 ACIER E24      fy = 335000000.00 Pa



**PARAMETRES DE LA SECTION : HEB 800**

ht=80.0 cm			
bf=30.0 cm	Ay=198.00 cm <sup>2</sup>	Az=140.00 cm <sup>2</sup>	Ax=334.18 cm <sup>2</sup>
ea=1.8 cm	Iy=359084.00 cm <sup>4</sup>	Iz=14903.70 cm <sup>4</sup>	Ix=949.12 cm <sup>4</sup>
es=3.3 cm	Wely=8977.10 cm <sup>3</sup>	Welz=993.58 cm <sup>3</sup>	

**CONTRAINTES:**      SigN = 76960.77/334.18 = 2302973.55 Pa  
                                  SigFy = 444543.75/8977.10 = 49519750.25 Pa



**PARAMETRES DE DEVERSEMENT :**

**PARAMETRES DE FLAMBEMENT :**



en y:

Ly=5.00 m	Muy=15472.68
Lfy=2.50 m	k1y=1.00
Lambda y=7.63	kFy=1.00



en z:

Lz=5.00 m	Muz=16054.76
Lfz=0.50 m	k1z=1.00
Lambda z=7.49	

**FORMULES DE VERIFICATION :**

$k1 \cdot \text{SigN} + kFy \cdot \text{SigFy} = 1.00 \cdot 2302973.55 + 1.00 \cdot 49519750.25 = 51827729.59 < 335000000.00 \text{ Pa}$  (3.521)  
 $1.54 \cdot \text{Tauz} = 1.54 \cdot 4233750.00 = 6519975.00 < 335000000.00 \text{ Pa}$  (1.313)

**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: **CM66**

TYPE D'ANALYSE: **Vérification des familles**

FAMILLE: **2 poutre principal**

PIECE: **57**

POINT: **3**

COORDONNEE: **x = 1.00 L = 5.00 m**

### CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif:  $8 (g+pp)+1.5v (1+2)*1.00+4*1.50$

### MATERIAU:

ACIER E24  $f_y = 335000000.00 \text{ Pa}$



### PARAMETRES DE LA SECTION: **HEB 180**

ht=18.0 cm

bf=18.0 cm

ea=0.9 cm

es=1.4 cm

Ay=50.40 cm<sup>2</sup>

Iy=3831.13 cm<sup>4</sup>

Wely=425.68 cm<sup>3</sup>

Az=15.30 cm<sup>2</sup>

Iz=1362.85 cm<sup>4</sup>

Welz=151.43 cm<sup>3</sup>

Ax=65.25 cm<sup>2</sup>

Ix=45.10 cm<sup>4</sup>

### CONTRAINTES:

SigN =  $-926.96/65.25 = -142060.17 \text{ Pa}$

SigFy =  $-465.45/425.68 = -1093422.13 \text{ Pa}$

SigFz =  $-29033.26/151.43 = -191730059.64 \text{ Pa}$



### PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

z=1.00

ID\_inf=5.00 m

B=1.00

C=1.00

D=2.23

kD=1.00

Sig D=226322782.31 Pa

### PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:



en z:

### FORMULES DE VERIFICATION:

$\text{SigN} + kD * \text{SigFy} + \text{SigFz} = -142060.17 + 1.00 * -1093422.13 + -191730059.64 = |-192965541.94| < 335000000.00 \text{ Pa} (3.731)$

$1.54 * \text{Tauy} = 1.54 * 2259642.80 = 3479849.91 < 335000000.00 \text{ Pa} (1.313)$

$1.54 * \text{Tauz} = |1.54 * -517215.61| = |-796512.04| < 335000000.00 \text{ Pa} (1.313)$

**Profil correct !!!**

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** CM66

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des familles

**FAMILLE:** 3 poutre secondaire

**PIECE:** 60

**POINT:** 3

**COORDONNEE:**  $x = 1.00$   $L = 2.50$  m

### CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif:  $8(g+pp)+1.5v(1+2)*1.00+4*1.50$

### MATERIAU:

ACIER E24  $f_y = 335000000.00$  Pa



### PARAMETRES DE LA SECTION: HEB 160

ht=16.0 cm

bf=16.0 cm

ea=0.8 cm

es=1.3 cm

$A_y=41.60$  cm<sup>2</sup>

$I_y=2492.00$  cm<sup>4</sup>

$W_{ely}=311.50$  cm<sup>3</sup>

$A_z=12.80$  cm<sup>2</sup>

$I_z=889.23$  cm<sup>4</sup>

$W_{elz}=111.15$  cm<sup>3</sup>

$A_x=54.25$  cm<sup>2</sup>

$I_x=32.20$  cm<sup>4</sup>

### CONTRAINTES:

$\text{SigN} = 617.01/54.25 = 113731.15$  Pa

$\text{SigFy} = 36.93/311.50 = 118558.86$  Pa

$\text{SigFz} = 2894.52/111.15 = 26040592.49$  Pa



### PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

$z=1.00$

$lD_{inf}=2.50$  m

$B=1.00$

$C=1.00$

$D=1.54$

$kD=1.00$

$\text{Sig D}=315804798.67$  Pa

### PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y=2.50$  m

$L_{fy}=2.50$  m

$\text{Lambda } y=36.89$

$M_{uy}=13393.58$

$k_{1y}=1.00$

$k_{Fy}=1.00$



en z:

$L_z=2.50$  m

$L_{fz}=2.50$  m

$\text{Lambda } z=61.75$

$M_{uz}=4779.30$

$k_{1z}=1.00$

$k_{Fz}=1.00$

### FORMULES DE VERIFICATION:

$k_1 \cdot \text{SigN} + kD \cdot k_{Fy} \cdot \text{SigFy} + k_{Fz} \cdot \text{SigFz} = 1.00 \cdot 113731.15 + 1.00 \cdot 1.00 \cdot 118558.86 + 1.00 \cdot 26040592.49 = 26281351.02 < 335000000.00$  Pa (3.731)

$1.54 \cdot \text{Tau}_y = |1.54 \cdot -234122.32| = |-360548.37| < 335000000.00$  Pa (1.313)

$1.54 \cdot \text{Tau}_z = |1.54 \cdot -24102.22| = |-37117.42| < 335000000.00$  Pa (1.313)

*Profil correct !!!*

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** CM66

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des familles

**FAMILLE:** 4 lisse

**PIECE:** 66

**POINT:** 3

**COORDONNEE:** x = 1.00 L = 2.50 m

### CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif:  $8(g+pp)+1.5v(1+2)*1.00+4*1.50$

### MATERIAU:

ACIER E24  $f_y = 335000000.00$  Pa



### PARAMETRES DE LA SECTION: IPE 100

ht=10.0 cm

bf=5.5 cm

ea=0.4 cm

es=0.6 cm

$A_y=6.27$  cm<sup>2</sup>

$I_y=171.01$  cm<sup>4</sup>

$W_{ely}=34.20$  cm<sup>3</sup>

$A_z=4.10$  cm<sup>2</sup>

$I_z=15.92$  cm<sup>4</sup>

$W_{elz}=5.79$  cm<sup>3</sup>

$A_x=10.32$  cm<sup>2</sup>

$I_x=1.10$  cm<sup>4</sup>

### CONTRAINTES:

$\text{SigN} = 214.30/10.32 = 207586.21$  Pa

$\text{SigFy} = 8.64/34.20 = 252669.69$  Pa

$\text{SigFz} = 351.58/5.79 = 60736727.00$  Pa



### PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

### PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y=2.50$  m

$L_{fy}=2.50$  m

$\text{Lambda } y=61.42$

$\text{Muy}=2646.38$

$k_{ly}=1.00$

$k_{Fy}=1.00$



en z:

$L_z=2.50$  m

$L_{fz}=2.50$  m

$\text{Lambda } z=201.32$

$\text{Muz}=246.34$

$k_{1z}=1.00$

$k_{Fz}=1.01$

### FORMULES DE VERIFICATION:

$k_1 \cdot \text{SigN} + k_{Fy} \cdot \text{SigFy} + k_{Fz} \cdot \text{SigFz} = 1.00 \cdot 207586.21 + 1.00 \cdot 252669.69 + 1.01 \cdot 60736727.00 = 61527024.81 < 335000000.00$  Pa (3.731)

$1.54 \cdot \text{Tau}_y = 1.54 \cdot 876184.39 = 1349323.96 < 335000000.00$  Pa (1.313)

$1.54 \cdot \text{Tau}_z = |1.54 \cdot -32127.83| = |-49476.86| < 335000000.00$  Pa (1.313)

*Profil correct !!!*

## CALCUL DES STRUCTURES ACIER

**NORME:** CM66

**TYPE D'ANALYSE:** Vérification des familles

**FAMILLE:** 5 contreventement

**PIECE:** 30

**POINT:** 3

**COORDONNEE:** x = 1.00 L = 1.51 m

### CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif:  $8(g+pp)+1.5v (1+2)*1.00+4*1.50$

### MATERIAU:

ACIER E24  $f_y = 335000000.00$  Pa



### PARAMETRES DE LA SECTION: CAE 20x3

ht=2.0 cm

bf=2.0 cm

ea=0.3 cm

es=0.2 cm

$A_y=0.96$  cm<sup>2</sup>

$I_y=22.79$  cm<sup>4</sup>

$W_{ely}=5.29$  cm<sup>3</sup>

$A_z=1.60$  cm<sup>2</sup>

$I_z=22.79$  cm<sup>4</sup>

$W_{elz}=5.29$  cm<sup>3</sup>

$A_x=1.13$  cm<sup>2</sup>

$I_x=0.82$  cm<sup>4</sup>

### CONTRAINTES:

$\text{SigN} = 1738.50/6.91 = 2516396.11$  Pa

$\text{SigFy} = 7.00/13.49 = 519142.31$  Pa

$\text{SigFz} = 534.96/5.29 = 101171298.56$  Pa



### PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

### PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

$L_y=1.51$  m

$L_{fy}=1.51$  m

$\text{Lambda } y=82.92$

$\text{Muy}=119.79$

$k1y=1.00$

$kFy=1.01$



en z:

$L_z=1.51$  m

$L_{fz}=1.51$  m

$\text{Lambda } z=82.92$

$\text{Muz}=119.79$

$k1z=1.00$

$kFz=1.01$

### FORMULES DE VERIFICATION:

$k1*\text{SigN} + kD*kFy*\text{SigFy} + kFz*\text{SigFz} = 1.00*2516396.11 + 1.00*1.01*519142.31 + 1.01*101171298.56 = 105543426.29 < 335000000.00$  Pa (3.731)

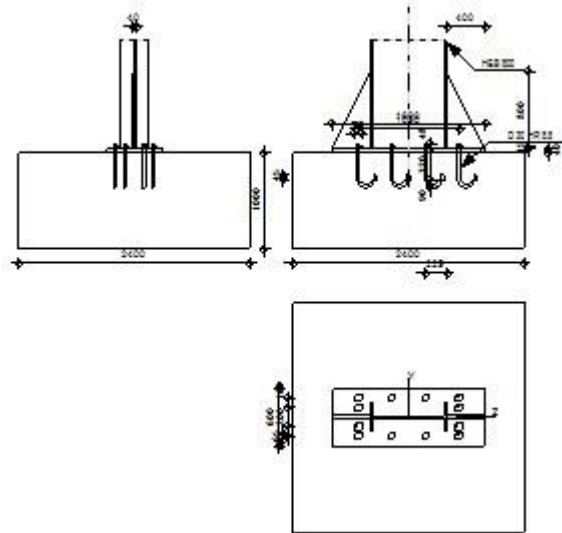
$1.54*\text{Tauy} = 1.54*1485049.54 = 2286976.30 < 335000000.00$  Pa (1.313)



$$1.54 * T_{auz} = |1.54 * -66858.48| = |-102962.06| < 335000000.00 \text{ Pa} \quad (1.313)$$

**Profil correct !!!**

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018	
	<b>Calcul du Pied de Poteau encastré</b> 'Les pieds de poteaux encastrés' de Y.Lescouarc'h (Ed. CTICM)	



## GENERAL

Assemblage N°: 1  
 Nom de l'assemblage : Pied de poteau encastré  
 Noeud de la structure: 3  
 Barres de la structure: 59

## GEOMETRIE

### POTEAU

Profilé: HEB 800  
 Barre N°: 59  
 $\alpha = 0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_c = 800$  [mm] Hauteur de la section du poteau  
 $b_{fc} = 300$  [mm] Largeur de la section du poteau  
 $t_{wc} = 18$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau

Profilé: HEB 800

$t_{fc} = 33$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau

$r_c = 30$  [mm] Rayon de congé de la section du poteau

$A_c = 334,18$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du poteau

$I_{yc} = 359084,00$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau: S 355 M

$\sigma_{ec} = 355000000,00$  [Pa] Résistance

### **PLAQUE PRINCIPALE DU PIED DE POTEAU**

$l_{pd} = 1600$  [mm] Longueur

$b_{pd} = 600$  [mm] Largeur

$t_{pd} = 40$  [mm] Epaisseur

Matériau: ACIER E24

$\sigma_e = 335000000,00$  [Pa] Résistance

### **ANCORAGE**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = HR 8.8 Classe de tiges d'ancrage

$d = 30$  [mm] Diamètre du boulon

$d_0 = 30$  [mm] Diamètre des trous pour les tiges d'ancrage

$n_H = 4$  Nombre de colonnes des boulons

$n_V = 4$  Nombre de rangées des boulons

Ecartement  $e_{Hi} = 350; 350$  [mm]

Entraxe  $e_{Vi} = 200; 100$  [mm]

### **Dimensions des tiges d'ancrage**

$L_1 = 48$  [mm]

$L_2 = 320$  [mm]

$L_3 = 180$  [mm]

$L_4 = 45$  [mm]

### **Platine**

$l_{wd} = 75$  [mm] Longueur

$b_{wd} = 65$  [mm] Largeur

### **Platine**

$l_{wd} = 75$  [mm] Longueur

$t_{wd} = 15$  [mm] Epaisseur

### **RAIDISSEUR**

$l_r = 400$  [mm] Longueur

$h_s = 800$  [mm] Hauteur

$t_s = 40$  [mm] Epaisseur

### **SEMELLE ISOLEE**

$L = 2400$  [mm] Longueur de la semelle

$B = 2400$  [mm] Largeur de la semelle

$H = 1000$  [mm] Hauteur de la semelle

### **BETON**

$f_{c28} = 20000000,00$  [Pa] Résistance

$\sigma_{bc} = 11333333,33$  [Pa] Résistance

$n = 7,00$  ratio Acier/Béton

### **SOUDURES**

$a_p = 24$  [mm] Plaque principale du pied de poteau

$a_s = 20$  [mm] Raidisseurs

### **EFFORTS**

---

Cas: 6:  $1.35(g+pp)+1.5q (1+2)*1.00+3*1.50$

$N = -76960,77$  [N] Effort axial

$Q_y = 0,00$  [N] Effort tranchant

$Q_z = 0,00$  [N] Effort tranchant

$M_y = -0,00$  [N\*m] Moment fléchissant

$M_z = 0,00$  [N\*m] Moment fléchissant

## RESULTATS

### BETON

#### PLAN XY

$$d_{ty} = 200 \text{ [m Distance de la rangée extrême des boulons d'ancrage m] de l'axe Z}$$

$$y_0 = 600 \text{ [m Zone comprimée m]} \quad y_0 = b_{pd}$$

$$p_{mz} = 80167,47 \text{ [Pa] Contrainte due à l'effort axial et au moment } M_y \quad p_{mz} = (6 \cdot M_z + N \cdot b_{pd}) / (l_{pd} \cdot b_{pd}^2)$$

$$F_{tz} = 0,00 \text{ [N] Effort de traction total dans la ligne des boulons d'ancrage}$$

#### VERIFICATION DU BETON POUR LA PRESSION DIAMETRALE

$$p_m = 80167,47 \text{ [Pa] Contrainte maxi dans le béton} \quad p_m = p_{mz}$$

La valeur du coefficient K est calculée automatiquement

$$h_b = 2950 \text{ [mm]} \quad h_b = z_0 + 2 \cdot [b/2 - 0.5 \cdot (n_v - 1) \cdot a_v]$$

$$b_b = 1550 \text{ [mm]} \quad b_b = \max(2 \cdot (b/2 - 0.5 \cdot (n_v - 1) \cdot a_v) + a_v, b_{pd})$$

$$K = \max(1.1; 1 + (3 - b_{pd}/b_b - l_{pd}/h_b) \cdot \sqrt{[(1 - b_{pd}/b_b) \cdot (1 - l_{pd}/h_b)]}) \quad [\text{Lescouarc'h (1.c)}]$$

$$K = 2,10 \quad \text{Coefficient de zone de pression diamétrale}$$

$$p_m \leq K \cdot \sigma_{bc} \quad 80167,47 < 23761042,80 \text{ vérifié} \quad (0,00)$$

### PLATINE

#### Zone comprimée

$$p = 60125,60 \text{ [Pa] Contrainte de pression diamétrale dans la section étudiée}$$

$$M_{22'} = 1322,76 \text{ [N}\cdot\text{m] Moment fléchissant} \quad M_{22} = l_{pd}/24 \cdot (b_{pd} - b_{fc})^2 \cdot (p + 2 \cdot p_m)$$

$$M_{22'} \leq \sigma_e \cdot b_{pd} \cdot t_{pd}^2/6 \quad 1322,76 < 2445,53 \text{ vérifié} \quad (0,54)$$

#### Cisaillement

$$V_{22'} = 16835,17 \text{ [N] Effort tranchant} \quad V_{22'} = 0.25 \cdot l_{pd} \cdot (b_{pd} - b_{fc}) \cdot (p + p_m)$$

$$V_{22'} \leq \sigma_e / \sqrt{3} \cdot h_r \cdot t_r \cdot n_r / 1.5 \quad 16835,17 < 2894449,35 \text{ vérifié} \quad (0,01)$$

$$t_{pmin} = 0 \text{ [mm]} \quad t_{pmin} = V_{22'} \cdot 1.5 \cdot \sqrt{3} / (\sigma_e \cdot b_{pd})$$

$$t_{pd} \geq t_{pmin} \quad 40 > 0 \quad \text{vérifié} \quad (0,01)$$

**Section oblique dans la zone de la dalle comprimée**

$l_1 =$	862	[mm]	Distance horizontale (section 55' ou 66')	
$l_2 =$	280	[mm]	Distance verticale (section 55' ou 66')	
$l_3 =$	906	[mm]	Longueur de la section 55'	$l_3 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$
$M_{55'} =$	858,29	[N*m]	Moment fléchissant	$M_{55'} = p_m * (l_1 * l_2)^2 / (6 * l_3)$
$M_{55'} \leq \sigma_e * (l_3 * t_{pd}^2) / 6$	858,29	<	56769,52	<b>vérifié</b> (0,02)

**Cisaillement**

$V_{55'} =$	2904,94	[N]	Effort tranchant	$V_{55'} = p_m * l_3 * t_{pd}$
$V_{55'} \leq \sigma_e / \sqrt{3} * l_3 * t_{pd} / 1.5$	2904,94	<	3277589,52	<b>vérifié</b> (0,00)

**RAIDISSEUR**

$V_1 =$	0,00	[N]	Effort tranchant	$V_1 = \max(1.25 * N_j, 2 * N_j / [1 + (a_4/a_2)^2])$
$M_1 =$	0,00	[N*m]	Moment fléchissant	$M_1 = V_1 * a_2$
$V_m =$	16835,17	[N]	Effort tranchant du raidisseur	$V_m = \max(V_1, V_{22})$
$M_m =$	1322,76	[N*m]	Moment fléchissant du raidisseur	$M_m = \max(M_1, M_{22})$

**Epaisseur**

$t_{r1} =$	0	[mm]	Epaisseur minimale du raidisseur	$t_{r1} = 2.6 * V_m / (\sigma_e * h_r)$
$t_{r2} =$	0	[mm]	Epaisseur minimale du raidisseur	$t_{r2} = \sqrt{[h_r^2 * V_m^2 + 6.75 * M_m^2] / (\sigma_e * h_r * l_r)}$
$t_{r3} =$	36	[mm]	Epaisseur minimale du raidisseur	$t_{r3} = 0.04 * \sqrt{[l_r^2 + h_r^2]}$
$t_r \geq \max(t_{r1}, t_{r2}, t_{r3})$	40	>	36	<b>vérifié</b> (0,89)

**Soudures**

$a'_r =$	0	[mm]	Epaisseur min de la soudure du raidisseur avec la plaque principale	$a'_r = k * \sqrt{[(0.7 * V_m)^2 + (1.3 * M_m / h_r)^2]} / (l_r * \sigma_e)$
$a''_r =$	0	[mm]	Epaisseur min de la soudure du raidisseur avec le poteau	$a''_r = k * \max(1.3 * V_m, 2.1 * M_m / h_r) / (h_r * \sigma_e)$
$a_r \geq \max(a'_r, a''_r)$	20	>	0	<b>vérifié</b> (0,00)

**POTEAU**

**Ame**

$t_w \geq 3 * M_m / (\sigma_{ec} * h_r^2)$	18	>	0	<b>vérifié</b> (0,00)
--	----	---	---	-----------------------

$t_w \geq 3 * M_m / (\sigma_{ec} * h r^2)$       18 > 0      **vérifié**      (0,00)

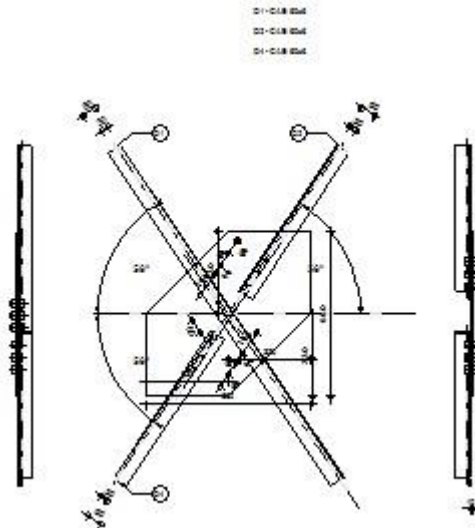
**Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme**      Ratio 0,89



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018  
**Calcul de l'assemblage au gousset**  
 CM 66



Ratio  
**0,02**



## GENERAL

Assemblage N°: 2  
 Nom de l'assemblage : Gousset - contreventement  
 Noeud de la structure: 21  
 Barres de la structure: 29, 31, 30, 32,

## GEOMETRIE

### BARRES

	Barre 1-3	Barre 2	Barre 4		
<b>Barre N°:</b>	29	31	32		
<b>Profilé:</b>	CAE 60x6	CAE 60x6	CAE 60x6		
h	60	60	60		mm
b <sub>f</sub>	60	60	60		mm
t <sub>w</sub>	6	6	6		mm
t <sub>f</sub>	6	6	6		mm
r	8	8	8		mm

		Barre 1-3	Barre 2		Barre 4		
	A	6,91	6,91		6,91		cm <sup>2</sup>
<b>Matériau:</b>		ACIER E24 Soudé	ACIER E24 Soudé		ACIER E24 Soudé		
	$\sigma_e$	335000000,00	335000000,00		335000000,00		Pa
	$f_u$	365000000,00	365000000,00		365000000,00		Pa
<b>Angle</b>	$\alpha$	56,1	56,1		56,1		Deg
<b>Longueur</b>	l	0,00	0,00		0,00		m

## **BOULONS**

### **Barre 1-3**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 4.8                      Classe du boulon  
d = 16 [mm]                      Diamètre du boulon  
d<sub>0</sub> = 18 [mm]                      Diamètre du trou de boulon  
A<sub>s</sub> = 1,57 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section efficace du boulon  
A<sub>v</sub> = 2,01 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section du boulon  
f<sub>yb</sub> = 280000000,00 [Pa]                      Limite de plasticité  
f<sub>ub</sub> = 400000000,00 [Pa]                      Résistance du boulon à la traction  
n = 3                                      Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons                      60; 60 [mm]

e<sub>2</sub> = 30 [mm]                      Distance de l'axe des boulons du bord de la barre

### **Barre 2**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

Classe = 4.8                      Classe du boulon  
d = 14 [mm]                      Diamètre du boulon  
d<sub>0</sub> = 15 [mm]                      Diamètre du trou de boulon  
A<sub>s</sub> = 1,15 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section efficace du boulon  
A<sub>v</sub> = 1,54 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section du boulon  
f<sub>yb</sub> = 280000000,00 [Pa]                      Limite de plasticité  
f<sub>ub</sub> = 400000000,00 [Pa]                      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> = 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 = 4.8                      Classe du boulon  
d = 14 [mm]                      Diamètre du boulon  
d<sub>0</sub> = 15 [mm]                      Diamètre du trou de boulon  
A<sub>s</sub> = 1,15 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section efficace du boulon  
A<sub>v</sub> = 1,54 [cm<sup>2</sup>]                      Aire de la section du boulon  
f<sub>yb</sub> = 280000000,00 [Pa]                      Limite de plasticité  
f<sub>ub</sub> = 400000000,00 [Pa]                      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> = 100 [mm]                      Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

## GOUSSET

$l_p = 660$  [mm] Longueur de la platine  
 $h_p = 660$  [mm] Hauteur de la platine  
 $t_p = 10$  [mm] Epaisseur de la platine

### Paramètres

$h_1 = 330$  [mm] Grugeage  
 $v_1 = 330$  [mm] Grugeage  
 $h_2 = 0$  [mm] Grugeage  
 $v_2 = 0$  [mm] Grugeage  
 $h_3 = 330$  [mm] Grugeage  
 $v_3 = 330$  [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)

$e_v = \begin{matrix} 33 \\ 0 \end{matrix}$  [mm] Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

$e_H = \begin{matrix} 33 \\ 0 \end{matrix}$  [mm] Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres

Matériau: ACIER

$\sigma = 235000000,00$  [Pa] Résistance

## EFFORTS

Cas: 7:  $1.35(g+pp)+1.5n$  (1+2) \*1.35+5\*1.50

$N_1 = -1821,71$  [N] Effort axial  
 $N_2 = 825,52$  [N] Effort axial  
 $N_3 = -2257,19$  [N] Effort axial  
 $N_4 = 1250,39$  [N] Effort axial

## RESULTATS

### PLATINE

Section gousset

$N_1 < N_{res}$   $|-1821,71| < 1472943,95$  vérifié (0,00)

Attache gousset

$N_2 < N_{res}$   $|825,52| < 1472943,95$  vérifié (0,00)

### BARRES

$T_{1-3} = 109670,14$  [N] Résistance des boulons au cisaillement

$M_{1-3} = 162353,74$  [N] Résistance de la barre

$|N_{1-3}| < \min(T_{1-3}; M_{1-3})$   $|-1821,71| < 109670,14$  vérifié (0,02)

$T_2 = 83966,20$  [N] Résistance des boulons au cisaillement

$M_2 = 89160,49$  [N] Résistance de la barre

$|N_2| < \min(T_2; M_2)$   $|825,52| < 83966,20$  vérifié (0,01)

$T_4 = 83966,20$  [N] Résistance des boulons au cisaillement

$M_4 = 89160,49$  [N] Résistance de la barre

$|N_4| < \min(T_4; M_4)$   $|1250,39| < 83966,20$  vérifié (0,01)

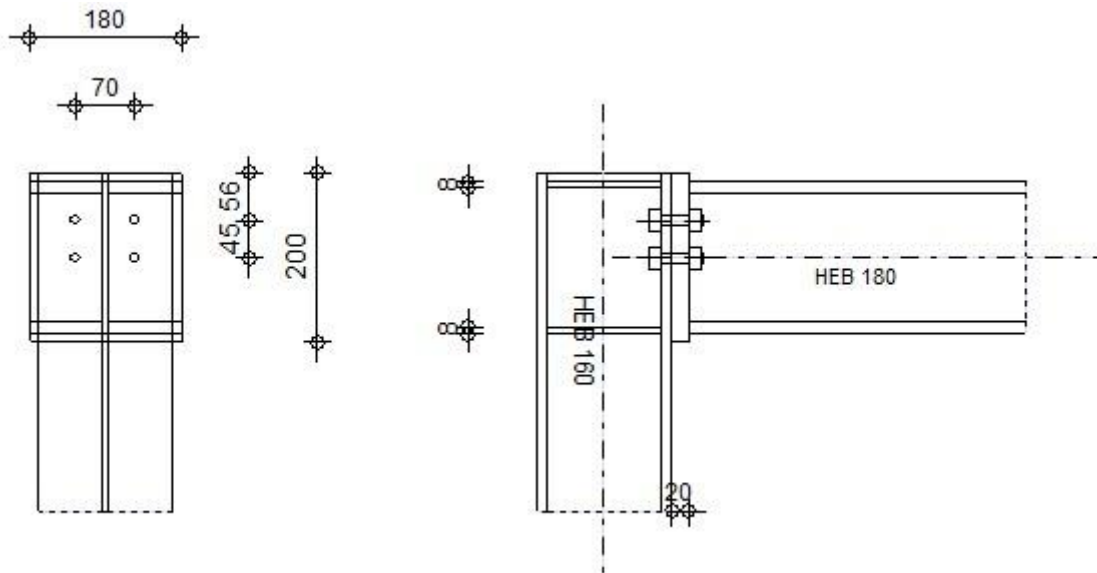


## REMARQUES

Boulon hors de la platine pour la barre 1  
 Boulon hors de la platine pour la barre 3

<b>Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme</b>	Ratio	0,02
--	-------	------

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018	<div style="background-color: green; color: white; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">OK</div>
	<b>Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau</b> NF P 22-430	



## GENERAL

Assemblage N°: 3  
 Nom de l'assemblage : Angle de portique  
 Noeud de la structure: 10  
 Barres de la structure: 60, 8

## GEOMETRIE

### POTEAU

Profilé: HEB 160  
 Barre N°: 60  
 $\alpha = -90,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_c = 160$  [mm] Hauteur de la section du poteau  
 $b_{fc} = 160$  [mm] Largeur de la section du poteau  
 $t_{wc} = 8$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau  
 $t_{fc} = 13$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau

**Profilé:** HEB 160  
 $r_c = 15$  [mm] Rayon de congé de la section du poteau  
 $A_c = 54,25$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du poteau  
 $I_{xc} = 2492,00$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la section du poteau  
**Matériau:** ACIER  
 $\sigma_{ec} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

## POUTRE

**Profilé:** HEB 180  
**Barre N°:** 8  
 $\alpha = -0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_b = 180$  [mm] Hauteur de la section de la poutre  
 $b_f = 180$  [mm] Largeur de la section de la poutre  
 $t_{wb} = 9$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre  
 $t_{fb} = 14$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre  
 $r_b = 15$  [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 $r_b = 15$  [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 $A_b = 65,25$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la poutre  
 $I_{xb} = 3831,13$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la poutre  
**Matériau:** ACIER E24  
 $\sigma_{eb} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

## BOULONS

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

$d = 14$  [mm] Diamètre du boulon  
**Classe =** 8.8 Classe du boulon  
 $F_b = 50600,00$  [N] Résistance du boulon à la rupture  
 $n_h = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $n_v = 2$  Nombre de rangées des boulons  
 $h_1 = 56$  [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about  
**Ecartement  $e_i = 70$**  [mm]  
**Entraxe  $p_i = 45$**  [mm]

## PLATINE

$h_p = 200$  [mm] Hauteur de la platine  
 $b_p = 180$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_p = 20$  [mm] Epaisseur de la platine  
**Matériau:** ACIER  
 $\sigma_{ep} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

## RAIDISSEUR POTEAU

### Supérieur

$h_{su} = 134$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{su} = 76$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hu} = 8$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
**Matériau:** ACIER

$\sigma_{esu} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

### Inférieur

$h_{sd} = 134$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{sd} = 76$  [mm] Largeur du raidisseur

$h_{sd} = 134$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $t_{hd} = 8$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
Matériau: ACIER  
 $\sigma_{esu} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

### **SOUDURES D'ANGLE**

$a_w = 6$  [mm] Soudure âme  
 $a_f = 10$  [mm] Soudure semelle  
 $a_s = 6$  [mm] Soudure du raidisseur

## EFFORTS

Cas: 7:  $1.35(g+pp)+1.5n(1+2)*1.35+5*1.50$   
 $M_y = 168,38$  [N\*m] Moment fléchissant  
 $F_z = 595,23$  [N] Effort tranchant  
 $F_x = 719,80$  [N] Effort axial

## RESULTATS

### DISTANCES DE CALCUL

Boulon N°	Type	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a' <sub>1</sub>	a' <sub>2</sub>	a' <sub>3</sub>	a' <sub>4</sub>	a' <sub>5</sub>	a' <sub>6</sub>	s	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>
1	Intérieurs	22	31			18	32	16	31			30	38			
2	Centraux	22	31					16	31							45

x = 64 [mm] Zone comprimée

$x = e_s * \sqrt{(b/e_a)}$

### EFFORTS PAR BOULON - EFFORTS PAR BOULON - METHODE PLASTIQUE

Boulon N°	d <sub>i</sub>	F <sub>t</sub>	F <sub>a</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>p</sub>	F <sub>b</sub>	F <sub>i</sub>	p <sub>i</sub> [%]
1	127	170780,45	0,00	281183,54	125835,77	50600,00 >	647,82	100,00
2	82	61534,55	42300,00	64094,18	55926,19	50600,00 >	482,04	100,00

d<sub>i</sub> – position du boulon

F<sub>t</sub> – effort transféré par la platine de l'élément aboutissant

F<sub>a</sub> – effort transféré par l'âme de l'élément aboutissant

F<sub>s</sub> – effort transféré par la soudure

F<sub>p</sub> – effort transféré par l'aile du porteur

F<sub>b</sub> – effort transféré par le boulon

F<sub>i</sub> – effort sollicitant réel

$F_i \leq \min(F_{ti}, F_{si}, F_{pi}, F_{bi})$  647,82 < 50600,00 **vérifié** (0,01)

Traction des boulons

$1.25 * F_{imax} / A_s \leq \sigma_{red}$  |7041507,75| < 550000000,00 **vérifié** (0,01)

Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon

$\sqrt{[F_{imax}^2 + 2.36 * T_i^2] / A} \leq \sigma_{red}$  |4462637,64| < 550000000,00 **vérifié** (0,01)

T<sub>1</sub> = 148,81 [N] Effort tranchant dans le boulon

T<sub>b</sub> = 54977,87 [N] Résistance du boulon au cisaillement

Effort tranchant

[9.2.2.1]

$T_1 \leq T_b$  148,81 < 54977,87 **vérifié** (0,00)

### VERIFICATION DE LA POUTRE

F<sub>res</sub> = 820,11 [N] Effort de compression

$F_{res} = 2 * \sum F_i - 2 * N$

Compression réduite de la semelle

[9.2.2.2]

N<sub>c adm</sub> = 721227,45 [N] Résistance de la section de la poutre

$N_{cadm} = A_{bc} * \sigma_e + N * A_{bc} / A_b$

$F_{res} \leq N_{c adm}$  820,11 < 721227,45 **vérifié**

(0,00)

**VERIFICATION DU POTEAU**

Compression de l'âme du poteau		[9.2.2.2.2]
$F_{res} \leq F_{pot}$	820,11 < 703120,00 <b>vérifié</b>	(0,00)
Cisaillement de l'âme du poteau - (recommandation C.T.I.C.M)		
$V_R = 194297,01$ [N] Effort tranchant dans l'âme		$V_R = 0.47 \cdot A_v \cdot \sigma_e$
$ F_{res}  \leq V_R$	820,11  < 194297,01 <b>vérifié</b>	(0,00)

<b>Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme</b>	Ratio	0,01
--	-------	------

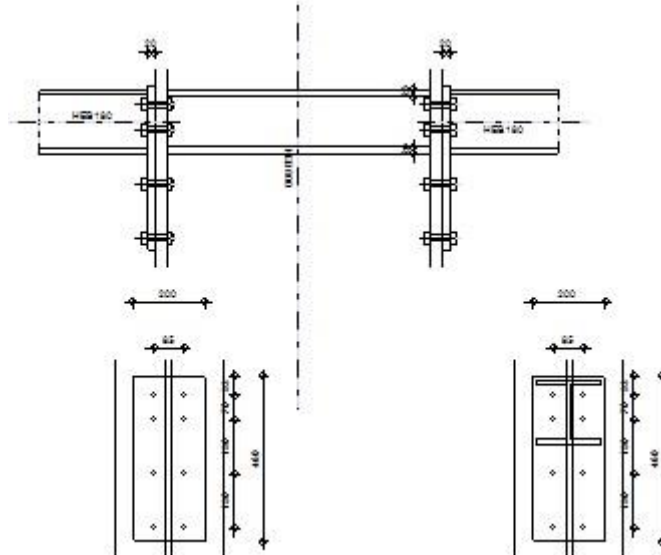


Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018

## Calcul de l'Encastrement Traverse-Poteau NF P 22-430



Ratio  
0,83



### GENERAL

Assemblage N°: 4  
Nom de l'assemblage : Poteau - poutre - bilatéral

### GEOMETRIE

#### POTEAU

Profilé: HEB 800  
 $\alpha = -90,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_c = 800$  [mm] Hauteur de la section du poteau  
 $b_{fc} = 300$  [mm] Largeur de la section du poteau  
 $t_{wc} = 18$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau  
 $t_{fc} = 33$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau  
 $r_c = 30$  [mm] Rayon de congé de la section du poteau  
 $A_c = 334,18$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section du poteau  
 $I_{xc} = 359084,00$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la section du poteau  
 Matériau: ACIER  
 $\sigma_{ec} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

#### DROITE

#### POUTRE

Profilé: HEB 180  
 $\alpha = 0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_{br} = 180$  [mm] Hauteur de la section de la poutre  
 $b_{fbr} = 180$  [mm] Largeur de la section de la poutre

Profilé: HEB 180  
 $\alpha = 0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $t_{wbr} = 9$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre  
 $t_{fbr} = 14$  [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre  
 $r_{br} = 15$  [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 $A_{br} = 65,25$  [cm<sup>2</sup>] Aire de la section de la poutre  
 $I_{xbr} = 3831,13$  [cm<sup>4</sup>] Moment d'inertie de la poutre  
Matériau: ACIER  
 $\sigma_{eb} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

### **BOULONS**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

$d = 16$  [mm] Diamètre du boulon  
Classe = 8.8 Classe du boulon  
 $F_b = 69080,00$  [N] Résistance du boulon à la rupture  
 $n_h = 2$  Nombre de colonnes des boulons  
 $n_v = 4$  Nombre de rangées des boulons  
 $h_1 = 53$  [mm] Pince premier boulon-extrémité supérieure de la platine d'about  
Ecartement  $e_i = 85$  [mm]  
Entraxe  $p_i = 70;150;150$  [mm]

### **PLATINE**

$h_p = 460$  [mm] Hauteur de la platine  
 $b_p = 200$  [mm] Largeur de la platine  
 $t_p = 20$  [mm] Epaisseur de la platine  
Matériau: ACIER  
 $\sigma_{ep} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

### **RAIDISSEUR POTEAU**

#### **Supérieur**

$h_{su} = 734$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{su} = 141$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hu} = 20$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
Matériau: ACIER  
 $\sigma_{esu} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

#### **Inférieur**

$h_{sd} = 734$  [mm] Hauteur du raidisseur  
 $b_{sd} = 141$  [mm] Largeur du raidisseur  
 $t_{hd} = 20$  [mm] Epaisseur du raidisseur  
Matériau: ACIER  
 $\sigma_{esu} = 235000000,00$  [Pa] Résistance

### **GAUCHE**

### **POUTRE**

Profilé: HEB 180  
 $\alpha = 0,0$  [Deg] Angle d'inclinaison  
 $h_b = 180$  [mm] Hauteur de la section de la poutre  
 $b_{fb} = 180$  [mm] Largeur de la section de la poutre  
 $t_{wb} = 9$  [mm] Epaisseur de l'âme de la section de la poutre

Profilé: HEB 180  
 alpha = 0,0 [Deg] Angle d'inclinaison  
 t<sub>fb</sub> = 14 [mm] Epaisseur de l'aile de la section de la poutre  
 r<sub>b</sub> = 15 [mm] Rayon de congé de la section de la poutre  
 Matériau: ACIER  
 σ<sub>eb</sub> = 235000000,00 [Pa] Résistance

### **BOULONS**

Le plan de cisaillement passe par la partie NON FILETÉE du boulon

d = 16 [mm] Diamètre du boulon  
 Classe = 8.8 Classe du boulon  
 F<sub>b</sub> = 69080,00 [N] Résistance du boulon  
 n<sub>n</sub> = 2,00 Nombre de colonnes des boulons  
 n<sub>v</sub> = 4,00 Nombre de rangées des boulons  
 h<sub>1</sub> = 53 [mm] Niveau du premier boulon  
 Ecartement e<sub>i</sub> = 85 [mm]  
 Entraxe p<sub>i</sub> = 70;150;150 [mm]

### **PLATINE**

h<sub>p</sub> = 460 [mm] Hauteur de la platine  
 b<sub>p</sub> = 200 [mm] Largeur de la platine  
 t<sub>p</sub> = 20 [mm] Epaisseur de la platine  
 σ<sub>ep</sub> = 235000000,00 [Pa] Résistance

### **SOUDURES D'ANGLE**

a<sub>w</sub> = 6 [mm] Soudure âme  
 a<sub>f</sub> = 11 [mm] Soudure semelle  
 a<sub>s</sub> = 12 [mm] Soudure du raidisseur

### **EFFORTS**

Cas: Calculs manuels

M<sub>yR</sub> = 15000,00 [N\*m] Moment fléchissant  
 F<sub>zR</sub> = 595,23 [N] Effort tranchant  
 F<sub>xR</sub> = 719,80 [N] Effort axial  
 M<sub>yL</sub> = 15000,00 [N\*m] Moment fléchissant  
 F<sub>zL</sub> = 595,23 [N] Effort tranchant  
 F<sub>xL</sub> = 719,80 [N] Effort axial

### **RESULTATS**

#### **DROITE**

#### **DISTANCES DE CALCUL**

Boulon N°	Type	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a' <sub>1</sub>	a' <sub>2</sub>	a' <sub>3</sub>	a' <sub>4</sub>	a' <sub>5</sub>	a' <sub>6</sub>	s	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>
1	Intérieurs	30	38			14	29	4	34			5	23			

x = 64 [mm] Zone comprimée

$$x = e_s \cdot \sqrt{(b/e_a)}$$



**EFFORTS PAR BOULON - EFFORTS PAR BOULON - METHODE PLASTIQUE**

Boulon N°	d <sub>i</sub>	F <sub>t</sub>	F <sub>a</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>p</sub>	F <sub>b</sub>		F <sub>i</sub>	p <sub>i</sub> [%]
1	130	173855,79	0,00	303709,08	1381067,08	69080,00	>	57649,45	100,00

d<sub>i</sub> – position du boulon

F<sub>t</sub> – effort transféré par la platine de l'élément aboutissant

F<sub>a</sub> – effort transféré par l'âme de l'élément aboutissant

F<sub>s</sub> – effort transféré par la soudure

F<sub>p</sub> – effort transféré par l'aile du porteur

F<sub>b</sub> – effort transféré par le boulon

F<sub>i</sub> – effort sollicitant réel

$F_i \leq \min(F_{ti}, F_{si}, F_{pi}, F_{bi})$       57649,45 < 69080,00 **vérifié**      (0,83)

Traction des boulons

$1.25 \cdot F_{i\max} / A_s \leq \sigma_{red}$       |458992461,21| < 550000000,00 **vérifié**      (0,83)

Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon

$\sqrt{[F_{i\max}^2 + 2.36 \cdot T_i^2] / A} \leq \sigma_{red}$       |286725420,81| < 550000000,00 **vérifié**      (0,52)

T<sub>1</sub> = 74,40 [N] Effort tranchant dans le boulon

T<sub>b</sub> = 71807,83 [N] Résistance du boulon au cisaillement

Effort tranchant

[9.2.2.1]

T<sub>1</sub> ≤ T<sub>b</sub>      74,40 < 71807,83 **vérifié**      (0,00)

**VERIFICATION DE LA POUTRE**

F<sub>res</sub> = 113859,31 [N] Effort de compression

F<sub>res</sub> = 2 \* ΣF<sub>i</sub> - 2 \* N

Compression réduite de la semelle

[9.2.2.2.2]

N<sub>c adm</sub> = 721227,45 [N] Résistance de la section de la poutre

N<sub>cadm</sub> = A<sub>bc</sub> \* σ<sub>e</sub> + N \* A<sub>bc</sub> / A<sub>b</sub>

F<sub>res</sub> ≤ N<sub>c adm</sub>      113859,31 < 721227,45 **vérifié**      (0,16)

**GAUCHE**

**DISTANCES DE CALCUL**

Boulon N°	Type	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a' <sub>1</sub>	a' <sub>2</sub>	a' <sub>3</sub>	a' <sub>4</sub>	a' <sub>5</sub>	a' <sub>6</sub>	s	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>
1	Intérieurs	30	38			14	29	4	34			5	23			

x = 64 [mm] Zone comprimée

x = e<sub>s</sub> \* √(b/e<sub>a</sub>)

**EFFORTS PAR BOULON - EFFORTS PAR BOULON - METHODE PLASTIQUE**

Boulon N°	d <sub>i</sub>	F <sub>t</sub>	F <sub>a</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>p</sub>	F <sub>b</sub>		F <sub>i</sub>	p <sub>i</sub> [%]
1	130	173855,79	0,00	303709,08	1381067,08	69080,00	>	57649,45	100,00

d<sub>i</sub> – position du boulon

F<sub>t</sub> – effort transféré par la platine de l'élément aboutissant

F<sub>a</sub> – effort transféré par l'âme de l'élément aboutissant

F<sub>s</sub> – effort transféré par la soudure

F<sub>p</sub> – effort transféré par l'aile du porteur

F<sub>b</sub> – effort transféré par le boulon

F<sub>i</sub> – effort sollicitant réel

$F_i \leq \min(F_{ti}, F_{si}, F_{pi}, F_{bi})$	57649,45 < 69080,00	vérifié	(0,83)
Traction des boulons			
$1.25 \cdot F_{imax} / A_s \leq \sigma_{red}$	458992461,21  < 550000000,00	vérifié	(0,83)
Action simultanée de l'effort de traction et de cisaillement dans le boulon			
$\sqrt{[F_{imax}^2 + 2.36 \cdot T_i^2]} / A \leq \sigma_{red}$	286725420,81  < 550000000,00	vérifié	(0,52)
$T_1 = 74,40$ [N]	Effort tranchant dans le boulon		
$T_b = 71807,83$ [N]	Résistance du boulon au cisaillement		
Effort tranchant			[9.2.2.1]
$T_1 \leq T_b$	74,40 < 71807,83	vérifié	(0,00)

### VERIFICATION DE LA POUTRE

$F_{res} = 113859,31$ [N]	Effort de compression	$F_{res} = 2 \cdot \sum F_i - 2 \cdot N$	
Compression réduite de la semelle		[9.2.2.2]	
$N_{c adm} = 721227,45$ [N]	Résistance de la section de la poutre	$N_{c adm} = A_{bc} \cdot \sigma_e + N \cdot A_{bc} / A_b$	
$F_{res} \leq N_{c adm}$	113859,31 < 721227,45	vérifié	(0,16)

### VERIFICATION DU POTEAU

Cisaillement de l'âme du poteau - (recommandation C.T.I.C.M)			
$Q = 0,00$ [N]	Effort tranchant	$Q =  Q_G - Q_D $	
$Q_{adm} = 1786583,97$ [N]	Effort tranchant dans l'âme	$Q_{adm} = 0.47 \cdot A_v \cdot \sigma_e$	
$Q \leq Q_{adm}$	0,00 < 1786583,97	vérifié	(0,00)
Compression de l'âme du poteau			
$N \leq N_{pot}$	113859,31 < 2446937,50	vérifié	(0,05)

<b>Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme</b>	Ratio	0,83
--	-------	------

## **III.5. Etude de fondation**

On appelle fondation la partie inférieure d'un ouvrage reposant sur un terrain d'assise au quelles sont transmise toutes les charges et surcharges supportées par l'ouvrage. Donc elles constituent la partie essentielle de l'ouvrage.

### **III.5.1. Définition**

La fondation est un élément de structure qui a pour objet de transmettre au sol les efforts apportés par la structure. Dans le cas le plus général, un élément déterminé de la structure peut transmettre à sa fondation: Un effort normal : charge verticale centrée dont il convient de connaître les valeurs extrêmes.

Une force horizontale résultant, par exemple, de l'action du vent ou du séisme, qui peut être variable en grandeur et en direction.

Compte tenu de ces sollicitations, la conception générale des fondations doit assurer la cohérence du projet vis-à-vis du site, du sol, de l'ouvrage et interaction sol structure.

### **III.5.2. Classification des fondations**

Fondé un ouvrage consiste essentiellement à répartir les charges qu'ils supportent sur le sol ou dans le sol suivant l'importance des charges et la portance du terrain. Il existe plusieurs types de fondations :

- **Fondations superficielles**
  - Semelles isolées sous poteau.
  - Semelles filantes continue sous mur.
  - Semelles filantes sous plusieurs poteaux
  - Radier général ou nervuré.
- **Fondations profondes**
  - Fondations sur puits (semi profondes).
  - Fondations sur pieux (profondes).

### **III.5.3. Choix des fondations**

Le choix de type des fondations dépend essentiellement des facteurs suivants :

- La capacité portante du sol d'assise.

- La distance entre axes des poteaux.
- Les charges transmises au sol.
- La profondeur du bon sol.

Toute en tenant compte de la sécurité et de l'économie, On commence notre choix de fondation par les semelles isolées, chaque étape fera l'objet de vérification.

### III.5.3.1. Dimensionnement des semelles sous poteaux

Le dimensionnement se fera sous charges pondérées.

Le poteau étant de forme carrée, on optera pour une semelle carrée. Soit A le côté de la semelle, on doit s'assurer que l'effort normal ramené par le poteau à l'état-limite ultime n'induit pas la rupture du sol. Cette condition s'écrit :

$$\frac{1,35N_G + 1,5N_Q + 1,35Poidssemelle}{Surfacesemelle} \leq \sigma_{sol}$$

Avec :

- $\sigma_{sol}$  : Contrainte du sol 2 bars
- N : Effort normal appliqué sur la fondation
- S : surface de la fondation.

Dans un premier temps, négligeons le poids de la semelle, dans ce cas l'expression précédente devient :

$$\frac{1,35N_G + 1,5N_Q}{S} = \frac{1,35N_G + 1,5N_Q}{S} \leq \sigma_{sol}$$

$$S \geq \frac{1,35N_G + 1,5N_Q}{\sigma_{sol}} = \frac{109989,5}{0,2} = 549947,5 \text{ mm}^2 = 0,55 \text{ m}^2$$

$$A = \sqrt{S} = 0,74 \text{ m}$$

On adopte une longueur de semelle de 240 cm (valeur supérieure à la longueur de le profiler HEB800 qui est égal 80 cm)

Et pour la largeur on adopte 240cm (valeur supérieure à la largeur de le profiler HEB800 qui est égal 30 cm)

La hauteur de la semelle sera déduite de la condition de rigidité qui s'écrit :

$$H \geq \left( \frac{A - a}{4} \right) + c = \left( \frac{240 - 30}{4} \right) + 5 = 57,5 \text{ cm}$$

Soit une hauteur adoptée de 100cm

- **Vérification de la contrainte réelle dans le sol**

Maintenant que les dimensions de la semelle sont connues, on doit vérifier que la contrainte dans le sol et ce en tenant compte de son poids (masse volumique du béton armé prise égale à 2,5 t/m<sup>3</sup>).

$$\frac{N_u + 1.35 \times P_{\text{semelle}}}{S_{\text{semelle}}} = \frac{109989.5 + 1.35 \times (2.4 \times 2.4 \times 1 \times 2500) \times 10^{-8}}{2400 \times 2400} = 0.019 \text{ MPa} < \sigma_{\text{sol}} = 0.2 \text{ MPa}$$

Condition vérifiée.

- **Ferraillage de la semelle isolée**

Les combinaisons d'action à considérer pour la détermination des sollicitations de calcul sont :

- 1.35 G + 1.5 Q
- G + Q

Donc  $N_u = 109989.5 \text{ N}$

Section d'armatures selon la méthode des bielles :

$$A_u = N_u \frac{(A-a)}{8(h-c) \frac{f_e}{\gamma_s}} = 109989.5 \times \frac{(2400 - 800)}{8(1000 - 50) \frac{400}{1.15}} = 29.12 \text{ mm}^2 = 0.3 \text{ cm}^2$$

La section de ferraillage est très petit donc on va ferrailler avec la condition de ferraillage minimale de le RPA99/2003 :  $\emptyset_{\text{min}} = 12$

Donc on adopté un ferraillage en forme de cage 54HA16/S<sub>t</sub>10 = 6.79 cm<sup>2</sup>

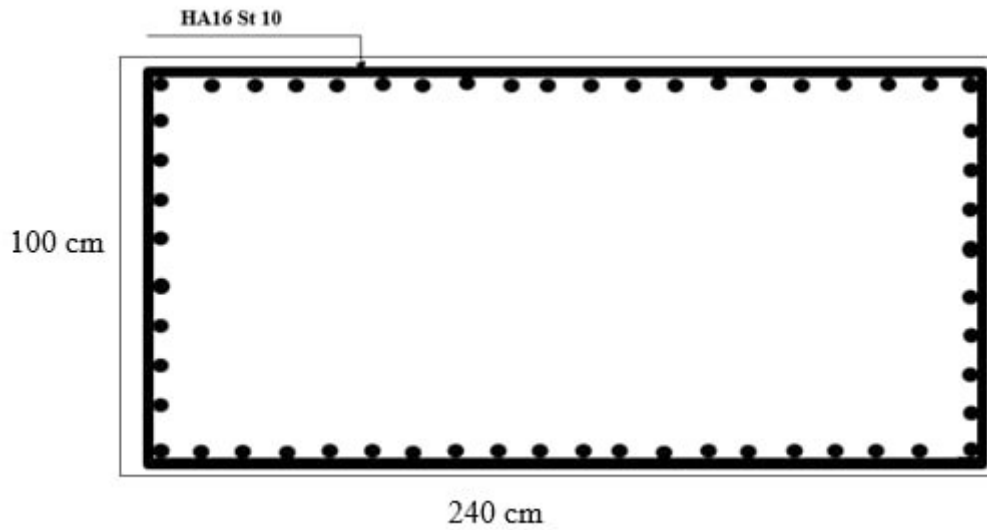


Figure III.5: Schéma de ferrailage de la semelle

### Conclusion :

L'étude des charges a permis d'identifier les principales sollicitations agissant sur la structure du panneau publicitaire :

- Les charges permanentes (poids propre de la structure et du revêtement)
- Les charges d'exploitation (vent, neige, séisme)

L'évaluation de ces charges a été réalisée conformément aux normes et réglementations en vigueur.

Le pré dimensionnement de la structure métallique a permis de définir les sections des principaux éléments structuraux (poteaux, poutres, contreventements) en fonction des efforts calculés.

Les vérifications de résistance et de stabilité ont ensuite été effectuées selon les prescriptions de l'Eurocode 3 relatif à la conception et au calcul des structures en acier.

Une attention particulière a été portée à l'étude des assemblages, éléments clés pour le bon fonctionnement de la structure globale. Les différents types d'assemblages (boulonnés, soudés) ont été dimensionnés en tenant compte des efforts transmis.

Enfin, l'étude du comportement de la structure sous charges exceptionnelles (vent, séisme) a permis de s'assurer de sa stabilité et de sa résistance dans ces conditions.

L'étude des fondations a permis de dimensionner les semelles en béton armé nécessaires pour assurer la stabilité de l'ensemble de la structure. Les efforts transmis par les poteaux ont été pris en compte pour déterminer les dimensions et armatures des fondations.

Les calculs ont montré que la structure métallique conçue est en mesure de supporter les différentes sollicitations auxquelles elle sera soumise, tout en respectant les exigences de sécurité et de serviabilités.

L'ensemble de ces études structurelles a permis d'aboutir à un dimensionnement optimal de la charpente métallique du grand panneau publicitaire, garantissant sa fiabilité et sa pérennité dans le temps.

## **Chapitre IV**

# **Étude de prix d'un panneau publicitaire en charpente métallique en Algérie**



## IV.1. Introduction

Le prix d'un panneau publicitaire en charpente métallique en Algérie peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que :

- **La taille du panneau** : Les panneaux publicitaires sont généralement disponibles dans une variété de tailles, allant de quelques mètres carrés à plusieurs dizaines de mètres carrés. Plus le panneau est grand, plus son prix sera élevé.
- **Le type de structure** : Il existe différents types de structures de panneaux publicitaires, tels que les panneaux monopole, les panneaux portiques et les panneaux muraux. Le type de structure choisi aura un impact sur le prix du panneau.
- **Les matériaux utilisés** : Les panneaux publicitaires en charpente métallique peuvent être fabriqués à partir de différents matériaux, tels que l'acier, l'aluminium et le galvanisé. Le choix du matériau aura un impact sur le prix du panneau.
- **Les options supplémentaires** : Les panneaux publicitaires peuvent être équipés d'options supplémentaires, telles que l'éclairage, l'impression numérique et les systèmes de changement de face. Ces options supplémentaires augmenteront le prix du panneau.
- **Le lieu d'installation** : Le prix d'installation d'un panneau publicitaire peut varier en fonction du lieu d'installation. Les panneaux installés dans des zones à forte circulation piétonne ou automobile seront généralement plus chers que les panneaux installés dans des zones moins fréquentées.

## IV.2. Prix indicatifs

Voici quelques prix indicatifs pour les panneaux publicitaires en charpente métallique en Algérie :

- **Panneau monopole de 3m x 2m** : 100 000 à 200 000 DA
- **Panneau portique de 6m x 3m** : 500 000 à 1 300 000 D
- **Panneau mural de 10m x 4m** : 1 300 000 à 3 400 000 DA

Il est important de noter que ces prix sont indicatifs et peuvent varier en fonction des facteurs mentionnés ci-dessus. Il est toujours recommandé de demander des devis à plusieurs fabricants de panneaux publicitaires avant de prendre une décision.

### IV.3. Facteurs influençant le prix

Outre les facteurs mentionnés ci-dessus, plusieurs autres facteurs peuvent influencer le prix d'un panneau publicitaire en charpente métallique en Algérie, tels que :

- **Le coût des matériaux :** Le prix des matériaux utilisés pour fabriquer le panneau publicitaire peut fluctuer en fonction de la demande et de l'offre sur le marché.
- **Le coût de la main-d'œuvre :** Le coût de la main-d'œuvre pour la fabrication et l'installation du panneau publicitaire peut varier en fonction de la région et du niveau de qualification des travailleurs.
- **Les frais de transport :** Les frais de transport du panneau publicitaire du site de fabrication au site d'installation peuvent être importants, surtout si le site d'installation est situé loin du site de fabrication.
- **Les marges bénéficiaires des fabricants :** Les fabricants de panneaux publicitaires appliquent généralement une marge bénéficiaire sur le coût de production et d'installation du panneau.

### IV.4. Conseils pour obtenir le meilleur prix

Voici quelques conseils pour obtenir le meilleur prix pour un panneau publicitaire en charpente métallique en Algérie :

- **Comparez les devis de plusieurs fabricants :** Il est important de demander des devis à plusieurs fabricants de panneaux publicitaires avant de prendre une décision. Cela vous permettra de comparer les prix et de choisir le meilleur rapport qualité-prix.
- **Négociez le prix :** N'hésitez pas à négocier le prix avec le fabricant. Vous pouvez obtenir une réduction si vous commandez plusieurs panneaux ou si vous êtes prêt à payer en espèces.

- **Choisissez un fabricant local** : Les fabricants locaux peuvent souvent proposer des prix plus bas que les fabricants internationaux, car ils ont des frais de transport et de main-d'œuvre moins élevés.
- **Renseignez-vous sur les garanties** : Assurez-vous que le fabricant offre une garantie sur le panneau publicitaire et sur son installation.

#### IV.5. L'estimation du prix du panneau de 10m×5m a deux face

N°	Destination des travaux	Unité	Quantité	P/U	Montant
1	Acier laminé NF EN 10025 S355JR, pour panne constituée d'une pièce simple, de profilés laminés à chaud des séries IPE, HEB, et CN, fini avec impression antioxydante, travaillé en atelier, fixé mécaniquement sur site, y compris accessoires, visserie et éléments d'ancrage.	Kg	4886.26	250	1221650
2	Fourniture et pose d'une plaque de bardage d'épaisseur de 4 mm y compris fixation en soudure, peinture anti roué.	M <sup>2</sup>	100	21000	2100000
3	Fouille en puit y compris décapage de la terre, transport le déblai a la D/P	M <sup>3</sup>	8.75	800	7000
4	F/P gros béton épaisseur de 10 cm dosé a 150 kg/m <sup>3</sup> y compris nettoyage et tous sujétions de bonne exécutions	M <sup>2</sup>	2.7	6000	16200
5	F/P béton armé a fondation dosée a 350 Kg/m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	5.76	38000	218880
				<b>ST</b>	<b>3563730</b>
	Frais de chantier des unités d'ouvrage			<b>2%</b>	<b>71274.6</b>
				<b>HT</b>	<b>3635004.6</b>
				<b>TVA19%</b>	<b>690650.87</b>
				<b>TTC</b>	<b>4325655.74</b>

La somme a arrêté a : quatre million trois cents vingt cinq milles six cent cinquante-cinq dinars et soixante centimes.

## **IV.6. Conclusion**

Le prix d'un panneau publicitaire en charpente métallique en Algérie peut varier en fonction de plusieurs facteurs. Il est important de comparer les devis de plusieurs fabricants et de négocier le prix pour obtenir le meilleur rapport qualité-prix.

## **Conclusion générale**

## *Conclusion générale*

---

Ce projet a pour objectif de développer un modèle de calcul structurel pour un grand panneau publicitaire en charpente métallique. Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté une approche combinant les méthodes numériques et les logiciels de simulation pour analyser les performances de la structure sous différents types de charges.

En utilisant des outils tels que Robot structural analysis 2018, nous avons pu modéliser et analyser la structure métallique, évaluer ses performances en termes de résistance et de stabilité, et estimer les coûts de construction. Les résultats obtenus montrent que la structure métallique peut supporter des charges importantes sans se déformer significativement, ce qui confirme l'efficacité de notre modèle de calcul.

En ce qui concerne l'estimation des coûts, nous avons pris en compte les différents éléments de la structure, tels que les poutres, les poteaux, les assemblages et les fondations, et avons évalué les coûts de matériaux et de main-d'œuvre. Les résultats montrent que les coûts de construction sont relativement élevés, mais que la structure métallique offre une durée de vie prolongée et une résistance aux intempéries, ce qui justifie son coût.

En résumé, ce mémoire de fin d'étude a démontré que le calcul structurel et l'estimation des coûts sont des étapes clés dans le développement d'un grand panneau publicitaire en charpente métallique. Les résultats obtenus montrent que la structure métallique est robuste et résistante, et que les coûts de construction sont justifiés par la durée de vie prolongée et la résistance aux intempéries

**Références**  
**Bibliographiques**

## *Références bibliographiques*

---

### **Cour**

- ❖ Cours de modélisation des structures (**Dr LAFIFI Brahim**)

### **Thèses**

- ❖ Conception d'un hangar industriel en charpente métallique (**EL CHALOUHY Georges 2010**)
- ❖ Etude et dimensionnement d'un bâtiment R+3 en charpente métallique à usage multiples (**Djaba abdeljalil et Guerras kheireddine 2021**)
- ❖ ETUDE COMPARATIVE D'UNE STRUCTURE METALLIQUE DE TYPE HALL SELON LES REGLEMENTS (**Benmiloud Amine et Mehiaoui Abdessamad 2021**)

### **Logiciels**

- ❖ Robot Structural Analysis Professionnel 2018

### **Règlements**

- ❖ RPA99 version 2003
- ❖ CCM97 RNV99 version 2013
- ❖ DTR B.C.2.44

### **Cites internet**

- ❖ <https://www.ncdor.gov/2024-billboard-structures-valuation-guide-final-securedpdf/open> ;consulté le 06/03/2024 à 01:12
- ❖ <https://www.bibliocad.com/fr/library/structure-du-panneau-publicitaire- 123060/> ; consulté le 14/04/2024 a 09 :50
- ❖ <https://www.bibliocad.com/fr/library/affiches-publicitaires- 9288/> ; consulté le 5/5/2024
- ❖ <https://www.tolery.io/article/decoupe-laser-plier-en-ligne-pour-la-metallurgie-tolery> ; consulté le 14/04/2024 à 10:17
- ❖ [https://www.reddit.com/r/StructuralEngineering/comments/n0ex7z/anyone\\_here\\_use\\_robot\\_sa/?rdt=45122](https://www.reddit.com/r/StructuralEngineering/comments/n0ex7z/anyone_here_use_robot_sa/?rdt=45122) ; consulté le 29/04/2024