

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département Génie Civil

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

Filière : Génie Civil

Spécialité : Structure

Par :

- ✚ MAHSAS Abderrahim
- ✚ LOGHRAB Fethennour
- ✚ Djarar mosab

Thème :

Étude d'un pylône électrique et un pylône de
télécommunication de hauteur de 30m

Soutenu publiquement, le 12 /07/2023, devant le jury composé de :

M. NOUI Amar	Grade	Univ-BBA	Président
M. LOGZIT Nacer	Grade	Univ-BBA	Examineur
M. ABDEMEZIANE Nabil	MAA	Univ-BBA	Encadrant
M. MEHSAS Boumediene		Univ-BBA	Co-Encadrant
M.	Grade	Univ-BBA	Examineur

Remerciement :

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu clément et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous voudrions adresser toutes nos reconnaissances à Notre encadreur, Monsieur M. ABDEMEZIANE Nabil, qui a voulu accepter de diriger ce travail, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion, et aussi tous les membres de ce jury.

Nous remercions aussi tous particulièrement M. MEHSAS Boumediene « Ingénieur Bordj Steel », pour l'aide qu'il nous a accordée pour achever ce travail.

Enfin, Nos plus vifs remerciements s'adressent à nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs patiences et à tous ceux qui nous ont aidés, encourager et nous ont soutenus.

Résumé

Le Présent travail a porté essentiellement sur l'étude de la structure métallique d'un pylône électrique à haut tension et un pylône de télécommunication selon les normes. L'objectif de cette étude est de réaliser une structure répondant aux exigences de la résistance, la stabilité d'un pylône métallique destiné au transport d'électricité et un pylône de télécommunication.

Les pylônes auxquels nous nous sommes intéressés sont de type treillis, Les pylônes électriques sont utilisés plus spécifiquement dans le transport électrique par des lignes à haute tension, et les pylônes de télécommunications sont essentiels pour assurer une fluidité du signal sans interruption. Le travail à consiste à reformuler les différents types de charges transmises aux pylônes, à savoir les charges transmises par les câbles et les actions du vent pour le pylône électrique et les charges transmises par les équipements et les actions du vent pour le pylône télécommunication.

L'application sur ordinateur s'est déroulée en plusieurs étapes :

- La modélisation des pylônes avec **Autodesk ROBOT Structural Analysis**.
- Le chargement.
- Analyse statique.
- La vérification d'assemblages.
- L'estimation de poids et de prix.

Le chargement des actions, le calcul et la vérification des assemblages ont été réalisés à l'aide du logiciel **ROBOT 2019**.

Et le dessin et la modélisation des deux pylônes et leur assemblage (électrique et télécommunication) avec logiciel **Tekla Structure 2019**.

Ce travail nous a permis de comprendre le comportement de structure spécifique que sont les pylônes en treillis. En effet même si leur calcul semble simple, ils restent, cependant, en raison de leur élancement de leur légèreté et de la faiblesse de section des barres utilisées, très sensible au phénomène d'instabilité.

Mots clés : pylône électrique HT, pylône de télécommunication, métallique, assemblage, modélisation, treillis.

ملخص:

ركز العمل الحالي بشكل رئيسي على دراسة الهيكل المعدني لعمود كهربائي عالي الجهد و برج اتصالات وفقاً للمعايير. الهدف من هذه الدراسة هو تحقيق هيكل يلبي متطلبات المقاومة ، وثبات عمود معدني مخصص لنقل الكهرباء وعمود اتصالات.

إن الأبراج التي نهتم بها هي من النوع الشبكي ، وتستخدم أبراج الكهرباء بشكل أكثر تحديداً في النقل الكهربائي عن طريق خطوط الجهد العالي ، وأبراج الاتصالات ضرورية لضمان سيولة الإشارة دون انقطاع. يتكون العمل من حساب الأنواع المختلفة للأحمال المنقولة إلى الأبراج ، أي الأحمال المنقولة بواسطة الكابلات وأعمال الرياح لبرج الكهرباء والأحمال المنقولة بواسطة المعدات وأعمال الرياح لبرج الاتصالات.

تم تطبيق الحاسوب على عدة مراحل:

- نمذجة البرجين باستخدام *Autodesk ROBOT* للتحليل الإنشائي.
- الأحمال.
- التحليل الساكن.
- التحقق من التركيب.
- تقدير الوزن والسعر.

تم تحديد و تطبيق الأحمال و الاعمال والحساب والتحقق من التركيبات باستخدام برنامج *ROBOT 2019*

ورسم ونمذجة البرجين(الكهربائي والاتصالات) و تركيبهما باستخدام برنامج *Tekla Structure 2019*

سمح لنا هذا العمل بفهم سلوك الهيكلين المحدد للأبراج الشبكية. في الواقع ، حتى لو بدا حسابهم بسيطاً ، فإنهم يظلون ، مع ذلك ، بسبب رقتهم وخفتهم وضعف قسم من القضبان المستخدمة ، حساسين جداً لظاهرة عدم الاستقرار.

الكلمات المفتاحية: برج الكهرباء العالي الجهد ، برج الاتصالات السلكية واللاسلكية ، المعادن ، التركيب ، النمذجة ، الشبكية .

Abstract:

This work focused mainly on the study of the metal structure of a high voltage electricity pylon and a telecommunications pylon according to the standards. The objective of this study is to achieve a structure that meets the requirements of the resistance, the stability of a metal pylon intended for the transmission of electricity and a telecommunication pylon.

The pylons in which we are interested are of the lattice type, Electricity pylons are used more specifically in the electrical transport by high voltage lines, and telecommunications pylons are essential to ensure a fluidity of the signal without interruption. The work consists of calculating the different types of loads transmitted to the pylons, namely the loads transmitted by the cables and the actions of the wind for the electricity pylon and the loads transmitted by the equipment and the actions of the wind for the telecommunications pylon.

The computer application took place in several stages:

- Tower modeling with *Autodesk ROBOT Structural Analysis*.
- The loadings.
- Static analysis.
- Verification of assemblies.
- Estimated weight and price.

The loading of the actions, the calculation and the verification of the assemblies were carried out using the *ROBOT 2019* software.

And the drawing and modeling of the two pylons and their assembly (electrical and telecommunications) with *Tekla Structure 2019* software.

This work allowed us to understand the specific structural behavior of lattice towers. Indeed even if their calculation seems simple, they remain, however, because of their slenderness of their lightness and the weakness of section of the bars used, very sensitive to the phenomenon of instability.

Keywords: HV electricity pylon, telecommunications pylon, metal, assembly, modelling, trellis.

TABLE DES MATIERES

I	Chapitre I	3
I.1	Pylône électrique	4
I.1.1	Définition de pylône :	4
I.1.2	Les différents types de pylône :	4
I.1.3	Les différents types de Pylône électrique :	6
I.2	Pylône télécommunication	17
I.2.1	Introduction :	17
I.2.2	Définition :	17
I.2.3	Les antennes (sources de charges) :	18
I.2.4	Les réseaux de télécommunications :	18
I.2.5	Les différents types d'antennes :	19
I.2.6	Les équipements d'un pylône télécommunications :	20
I.2.7	Le Rôle des antennes :	20
I.2.8	Les différents types des pylônes de télécommunications existantes :	21
I.2.9	Pylône installé sur le terrain naturel (green field site) :	23
I.2.10	Pylône installé sur un bâtiment (roof top site)	24
I.2.11	Éléments d'assemblages	24
I.2.12	Choix de la structure :	24
I.2.13	Choix de l'inertie de la structure :	25
I.2.14	Efforts appliqués sur le pylône :	26
I.2.15	Constitution du pylône de télécommunication :	28
I.2.16	Choix du type de cornières :	29
I.2.17	Caractéristiques des cornières :	29
I.2.18	Caractéristiques des boulons :	29
II	Chapitre II :	1
II.1	Pylône électrique :	31
II.1.1	Introduction :	31
II.1.2	Choix de la structure :	31
II.1.3	Choix des matériaux :	31
II.1.4	Présentation de la structure :	32

II.1.5	Evaluation des charges :	32
II.1.6	Définition de ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS :	33
II.1.7	Les cas de charges élémentaires :	33
II.1.8	Analyse statique (Vérification de la structure selon CM66) :	35
II.1.9	Etude d'assemblage :	39
II.1.10	Étude de fondation :	41
II.2	Pylône télécommunication :	43
II.2.1	Présentation de la structure :	43
II.2.2	Caractéristiques du pylône :	43
II.2.3	Données vent :	43
II.2.4	Les cas de charges élémentaires :	44
II.2.5	Les combinaisons des charges :	44
II.2.6	Vérification des contraintes :	44
II.2.7	Vérification des Efforts :	45
II.2.8	Vérification des Déplacements :	45
II.2.9	Le choix de cornière :	46
II.2.10	Etude d'assemblage :	48
III	Chapitre III.....	1
III.1	Introduction :	51
III.2	Définition de Météré :	51
III.3	Définition de L'avant météré :	51
III.4	But de météré et de l'avant météré :	52
III.5	Les météreur :	52
III.6	Rôle du météreur dans la construction :	52
III.7	Le météré de pylône télécommunication :	52
III.7.1	Devis quantitatif de Pylône télécommunication:	54
III.7.2	Devis estimatif :	55
III.7.3	Définition de logiciel Cutting :	55
III.7.4	Estimation des prix de pylône télécommunication (Fiche de Cout) :	58
III.8	Le mètre de pylône électrique :	59
III.8.1	Devis quantitatif de pylône électrique:	60
III.8.2	Estimation des prix de pylône électrique (Fiche de Cout) :	62
Fich techniques	65
	Pylône auto-stable à six triangles :	66
	Pylône auto-stable de télécommunication :	67

Conclusion général :	68
Références bibliographiques :	69
Partie de réalisation des deux pylônes par tekla structure :	70
Définition de Tekla structure :	70
Les avantages de logiciel :	71
Model 1 : Pylône électrique :	71
Model 2 : Pylône de télécommunication :	74
ANNEXE (1).....	75
Présentation générale du logiciel ROBOT :	76
Les étapes de travail :	76
ANNEXE (2).....	84
Description de logiciel Tekla structure :	85
Les étapes de travail :	85
ANNEXE (3).....	94
Méthode de calcul :	95
III.8.3 Calcul de l'action du vent :	95
ANNEXE (4).....	100
Etude d'assemblage :	101
III.8.4 Exemple d'un nœud de pylône électrique :	101
III.8.5 Vérification au cisaillement :	101
III.8.6 Vérification à la traction :	101
III.8.7 Vérification a la pression diamétrale :	101
III.8.8 Calcul de P1 et e1 :	101
Calcul d'assemblage par logiciel ROBOT :	102
III.8.9 Vérification d'assemblage dans nœud 2 par ROBOT:	102
GÉNÉRAL	102
GÉOMÉTRIE	103
BARRES	103
BOULONS	103
GOUSSET	104
COEFFICIENTS DE MATÉRIAU	105
EFFORTS	105
RÉSULTATS	105
BARRE 1	105
BARRE 2	106

BARRE 3	108
BARRE 4	109
BARRE 5	110
ANNEXE (5).....	112
Introduction :	113
Données du site :.....	113
III.8.10 Situation	113
III.8.11 Topographie:	113
Stabilité et classification du site :	114
Etude des fondations.....	114
III.8.12 Evaluation de la contrainte admissible du sol	114
III.8.13 Caractéristiques géotechniques des couches :.....	114
III.8.14 Rappel des formules utilisées :.....	114
Evaluation des tassements	115
III.8.15 : Caractéristiques géotechniques des couches :.....	115
III.8.16 Récapitulatifs des résultats de calcul de tassement.	115
Utilisés:.....	115
CONCLUSION	116
ANNEXE(6) :.....	117
ANNEX (7):	121
ANNEX (8):	123
I. Analyse stratégique du marché(التحليل الاستراتيجي للسوق)	124
II. Plan de production et organisation (خطة الانتاج والتنظيم).....	124
III. Plan financier (الخطة المالية)	126

INTRODUCTION

L'énergie électrique est devenue au fil des années un élément vital, c'est ainsi que les pays veillant au bien-être de leurs citoyens mettent en œuvre tous les moyens nécessaires pour fournir une électricité fiable, durable et au moindre coût. Les pays africains y compris l'Algérie s'est lancée récemment dans des projets de production d'énergie électrique, à savoir l'énergie solaire et éolienne, d'où la nécessité des réseaux de transport de cette énergie. Le présent projet vise la conception d'un pylône d'alignement en structures métalliques, pour le transport d'énergie électrique de la très haute tension.[1]

Depuis plusieurs siècles, l'homme cherche à parfaire ces constructions en se basant sur des techniques de bon sens, sur l'expérimentation ou encore en utilisant des normes qui assurent la sécurité des ouvrages. Vu les avantages que la construction métallique présente (grande rigidité, grande résistance et faible masse, l'homme l'a choisi comme solution pour plusieurs ouvrages. De ce fait on la retrouve dans plusieurs applications : Ponts, structure de toiture, structure portante, pylône, coques...[2]

Les structures à treillis sont très courantes dans notre paysage. En effet, il s'agit d'un type de structure utilisé dans plusieurs applications en génie civil comme les pylônes, les antennes de télécommunications, les structures de concentrateurs solaires et de nombreuses structures industrielles. Ce type de structure est reconnu pour sa grande résistance ainsi qu'un faible poids propre ce qui implique une utilisation économique des matériaux. Cet aspect rend son usage d'autant plus intéressant dans le cas de structures qui doivent être construites en grande quantité comme c'est le cas pour les pylônes transportant l'électricité.[3]

Les pylônes ont pour fonction de maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité du sol et des obstacles environnants, afin d'assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes. Leur forme, leur hauteur et leur robustesse, ou résistance mécanique, dépendent de leur environnement (conditions climatiques) et des contraintes mécaniques (terrain) auxquelles ils sont soumis. Leur silhouette est caractérisée par la disposition des câbles conducteurs.[2]

Ces structure en treillis est très utilise après de la révolution industrielle dans plusieurs applications en génie civil comme les pylônes qui jeu un rôle important dans le cas de structures qui doivent être construites en grande quantité comme c'est le cas pour les pylônes

transportant l'électricité. En effet, les lieux de production d'électricité sont souvent éloignés des centres urbains qui la consomment et il est donc nécessaire de la transporter sur de longues distances. Qui nécessite un très grand nombre de ces structures pour parcourir de telles distances.[4]

Nous nous proposons dans ce travail de mener une analyse statique non linéaire et une analyse dynamique sur la structure de type pylône. Le but étant d'anticiper les éventuelles instabilités d'éléments locaux composants le pylône (comme le flambement local de barre par exemple).

Cette analyse est menée au moyen d'une analyse numérique utilisant le logiciel **Autodesk ROBOT Analysis Professionnel 2019**.

Pour cela notre travail composées essentiellement en deux partie :

➤ Partie bibliographie

- Généralités sur les pylônes (électriques et télécommunications).
- Principe de la modélisation et simulation numérique de pylône.

➤ Partie calcul et analyse :

- Analyse statique et dimensionnement.
- Etude d'assemblage et fondations.
- L'estimation de poids et prix.

Finalement nous avons étudié 3 variantes, avec une conclusion générale qui résume les principaux axes de notre projet.

I CHAPITRE I

Généralités sur les pylônes

I.1 Pylône électrique

I.1.1 Définition de pylône :

Structure métallique ou en béton armé verticale destiné à porter des câbles aériens (pylône de ligne électrique), des antennes de toutes sortes (pylône GSM), les ponts suspendus, l'éclairage public.

I.1.2 Les différents types de pylône :

Il existe plusieurs types et formes de pylônes, selon les caractéristiques demandées et selon l'entreprise de fabrication.

I.1.2.1 Pylônes électriques :

Un pylône électrique est un support vertical portant les conducteurs d'une ligne à haute tension. Le plus souvent en charpente métallique, il est conçu pour supporter un ou plusieurs câbles aériens et résister aux aléas météorologiques et sismiques (y compris la foudre), et aux vibrations des câbles et/ou du pylône. Ses fondations sont adaptées au type de sol.



Fig I.1: Pylônes électriques

I.1.2.2 Pylônes de télécommunication :

Les pylônes de télécommunication, ou pylônes en treillis ou en charpente métallique sont fabriqués par des entreprises spécialisées dans ce domaine, et on les distingue suivant plusieurs critères : la capacité portante (le nombre d'équipements et d'antennes destinés à être installés sur ce pylône), le lieu d'installation (sur bâtiment, sur terrain naturel)... etc.



Fig I.2: Pylônes de télécommunication

I.1.2.3 Pylônes pour ponts :

C'est un constituant des ponts suspendus et ponts à haubans pouvant être en acier ou en béton. Il permet de former une triangulation des efforts conduisant le pylône à être soumis à d'importants efforts de compression, transmis par les câbles de suspension ou les haubans. Selon le mode de fixation des



Fig I.3 : Pylônes pour ponts

haubans et du type de liaison des pieds du pylône, il peut également être soumis à d'autres efforts :

- Effort transversal au point d'attache des haubans dans le cas de câbles discontinus.
- Effort de flexion en pied dans le cas d'un pylône encastré au sol.

I.1.2.4 Pylônes d'éclairage :

Grâce à leur structure compacte et transportable, les pylônes d'éclairage sont parfaits pour toute utilisation, telle que l'éclairage de chantiers, travaux de construction ou exploitations minières, ou pour éclairer des terrains, tels que dépôts ou parkings.

Ils sont notamment utiles pour l'éclairage d'événements ou actes publics à l'extérieur grâce à leur bas niveau de bruit.

- Tige jusqu'à 9 mètres de long, verticale ou rabattable, disponible avec levage hydraulique ou mécanique.
- Personnalisables : 4 ou 6 projecteurs, jusqu'à une puissance plus de 9.000 Watts et un flux de 180.000 lumens.
- Ils peuvent être placés sur remorque homologué pour la route.
- Une grande autonomie, grâce à leur dépôt interne.
- Système de rotation électrique ou manuel.



Fig I.4 : Pylônes d'éclairage

I.1.2.5 Pylônes téléphériques :

Ils supportent en partie centrale les sabots, porteurs des câbles, pour la voie haute et basse, afin de dégager le tirant d'air nécessaire. Les sabots assurent aussi la déviation des câbles.[5]



Fig I.5 : Pylônes téléphériques

I.1.3 Les différents types de Pylône électrique :

Les pylônes ont pour fonction de maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité du sol et des obstacles environnants, afin d'assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes.

Selon les matériaux, on distingue les pylônes métalliques, en béton, et en bois. Les pylônes électrique sont des supports vertical portant les conducteurs d'une ligne à haute tension et peuvent se subdiviser en trois (03) grandes catégories selon les contraintes engendrées : les pylônes monomodes, autoportants et haubanés.

I.1.3.1 Pylône auto-stable (en treillis) :

Les pylônes autoportants sont des structures métalliques constituées par un assemblage de membrures formant un treillis rigides fixées au sol par des fondations en béton et dotés d'une structure ouverte ou fermée. Ils sont destinés à la plupart des lignes de transport de l'électricité, sous forme de courant alternatif ou de courant continu et sont plus adapté pour les grandes hauteurs. Ces structures sont légères non encombrantes, et ne présente pas une grande surface exposée au vent. . Il comporte un fût quadrangulaire et des consoles ou des traverses. Les fondations sont généralement à pieds séparés. Les membrures du pylône sont réalisées en fer cornière laminé à chaud ou en sections de tube convenablement protégées par galvanisation à chaud. Ils conduisent à des efforts d'arrachement sur certains appuis et de compression sur d'autres ; des efforts horizontaux souvent modestes sont également à prendre en compte. Ils résistent au renversement par le poids des fondations.

Il existe plusieurs modèles de pylônes à treillis : Pylône à un triangle, Pylône à des triangles, Pylône F4 ou Beaubourg, pylône F88, pylône Trianon, Pylône portique. [4]



Fig I.6 : Pylône chat



Fig I.7 : Pylônes portique



Fig I.8 : Pylône à six triangles

I.1.3.2 Pylône haubané :

L'installation des haubans nécessite l'acquisition d'un terrain de plus grande étendue que pour un pylône auto-stable, ce qui augmente évidemment le coût et peut entraîner des retards dans les procédures.[4]

I.1.3.2.1 Pylône haubané en V :

Le pylône en V haubané est un pylône métallique en treillis. À la différence du pylône traditionnel, son fût forme un V fermé par la console. Il est fixé au sol par sa base et par quatre haubans en acier. Il a l'avantage d'être beaucoup plus léger que le pylône en treillis traditionnel.

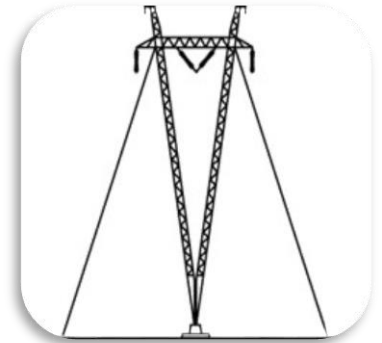


Fig I.9 : Pylône électrique haubané en V

I.1.3.2.2 Pylône haubané à chaînette :

Facile à monter et de fabrication simple, le pylône à chaînette est utilisé sur certaines sections des lignes. Il supporte des conducteurs à 735 000 Volts. Ce type de pylône nécessite moins d'acier galvanisé que le pylône haubané en V ; il est donc comparativement moins lourd et moins cher.



Fig I.10 : Pylône électrique à chaînette

I.1.3.2.3 Les pylônes monopodes :

C'est un pylône constitué d'un ensemble de tronçons sous forme de tubes creux, fabriqués en acier Galvanisé, et assemblés par boulonnage au niveau des brides. Ce type de pylône est relativement cher compte tenu du procédé de fabrication mais il est facile à monter. Les pylônes monotubulaires sont principalement utilisés dans les zones urbaines car ils offrent un encombrement réduit au niveau de leur base.



Fig I.12: Pylône électrique Muget



Fig I.11: Pylône monomode Roseau

I.1.3.3 Avantages et inconvénients :

I.1.3.3.1 Avantages :

- ✓ Faciliter de montage et démontage soit en pièces ou en éléments.
- ✓ Léger et résistant aux intempéries (neige, vent, pluie).
- ✓ Rentable (réalisation de grande distance en un temps record).
- ✓ Entretien facile.

I.1.3.3.2 Inconvénients :

- ✓ Demande de main d'œuvre qualifiée.
- ✓ Prix de revient.
- ✓ Présente un certain danger.
- ✓ Demande d'un hélicoptère spécial.

I.1.3.4 Importance de l'utilité du pylône :

- Un pylône de télécommunication, support généralement métallique utilisé pour supporter des antennes de télécommunications.
- Un pylône électrique, support généralement métallique utilisé pour les lignes de transport d'électricité par câble.
- Un pylône (remontée mécanique), support généralement métallique utilisé pour supporter les câbles de remontées mécaniques : téléskis, télésièges, télécabines, téléphériques...
- Un pylône (Égypte antique), une porte monumentale située à l'entrée d'un temple de l'Égypte antique.
- Un pylône (construction), support utilisé dans la construction de pont suspendu ou de pont à haubans.
- Pylône d'éclairage, des lanternes stylisées, des structures routières lumineuses et de signalisation, des appareils d'éclairage. [2]

I.1.3.5 Choix des matériaux :

Matériaux structuraux :

Il y a différents types des pylônes y compris le pylône en béton renforcé, en bois et en acier.

➤ **le bois :**

Ne convient pas parce que Il n'est pas assez résistant pour des hauteurs importantes et représente par ailleurs des difficultés de point de vue réalisation donc non économique.

➤ **béton armé :**

Ne convient pas parce que Vu la hauteur du pylône, le béton armé ne sera pas économique, en effet la pression du vent va entraîner des grandes sollicitations ce qui va aboutir à des sections importantes donc de poids propre plus important, ajoutant les problèmes d'exécution.

➤ **Métallique (et plus spécialement l'acier) :**

Le plus lus utilisé c'est la meilleure solution vu les avantages suivants :

- Légèreté et résistance.
- Surfaces exposées au vent sont réduites c'est un grand avantage car la structure est très élancée et par conséquent les effets du vent sont prépondérants pour le dimensionnement de la structure.
- Gain énorme sur le coffrage.
- Délai d'exécution réduit.
- Facilité de montage et de démontage.

Le métal présente toutefois un inconvénient majeur celui de la corrosion. En revanche toutes les précautions seront prises pour lutter contre.[4]

I.1.3.6 Les éléments constituent d'un pylône :

I.1.3.6.1 La tête :

Est constituée des consoles et du chevalet de câble de garde les consoles ont pour rôle de :

- Supporter conducteurs
- Assurer les distances électriques entre câbles
- Assurer les distances à la masse entre câbles et pylône
- Le chevalet de câble de garde à 2 fonctions :

Assurer l'angle de protection du câble de garde

Supporter le câble de garde

I.1.3.6.2 Le fût :

Composé du tronc, des extensions et des pieds, sa fonction est de :

- Maintenir la tête (et donc les câbles) à une certaine distance du sol.
- Transmettre au sol les efforts dus aux charges appliquées sur les câbles.

I.1.3.6.3 Le pied :

Assure la liaison entre la superstructure et la fondation.

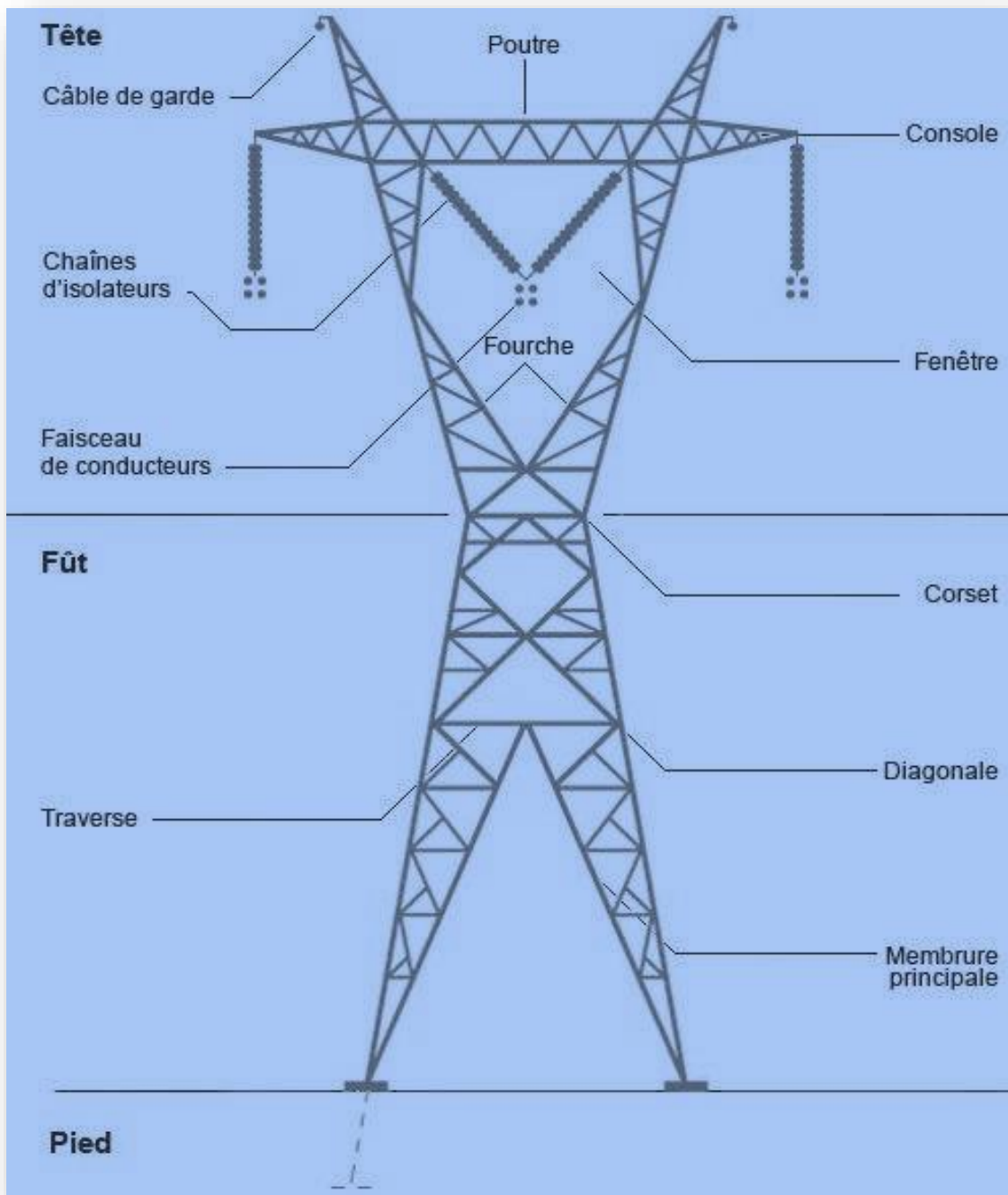


Fig I.13: Les éléments constituent d'un pylône

I.1.3.7 Les conducteurs :

Les conducteurs ont pour rôle de véhiculer l'énergie électrique ; ils peuvent être aériens ou souterrains (et parfois sous-marins).



Fig I.14: Ligne aériennes

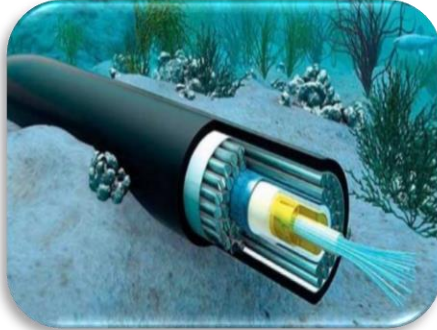


Fig I.15: Ligne sous-marins



Fig I.16: Ligne souterrains

I.1.3.7.1 Nature et section des conducteurs de phase :

Ils existent trois types de conducteurs : câblés (toronnée), massif et conducteurs creux. Actuellement les câbles les plus couramment utilisés pour les Lignes haute tension sont les conducteurs en aluminium avec âme en fils d'acier connus sous le diminutif d'ACSR, les conducteurs homogènes en alliage d'aluminium connus sous le diminutif d'AAAC et, dans une moindre mesure les Conducteurs en alliage d'aluminium avec âme en fils d'acier connus sous le Diminutif d'ACAR, Les conducteurs AAAC sont de plus en plus utilisés car ils offrent de nombreux avantages techniques sur les conducteurs ACSR .[6]



Fig I.17: Conducteurs câblés toronnée

I.1.3.7.2 Nature et section des câbles de garde :

Le choix du type et de la section du câble de garde est déterminé par des considérations mécaniques (flèche inférieure ou égale à celle des conducteurs de phase) et électriques (tenue au courant de court-circuit).

I.1.3.8 Les isolateurs :

La fixation et l'isolation entre les conducteurs et les pylônes sont assurées par des isolateurs, ils ont un rôle à la fois mécanique (porte le conducteur) et électrique (isole le conducteur par rapport au pylône) matériaux Isolant : Verre, céramique, matériaux synthétiques.



Fig I.18: Les isolateurs aériens

I.1.3.9 Les réseaux électriques :

Un réseau électrique se définit comme un ensemble de lignes électriques reliées directement entre elles et fonctionnant sous la même tension, qui est la tension nominale de ce réseau. Cette valeur nominale de tension est classée par la norme française NF C 11-201 en différentes catégories comme indiqué ci-dessous :[7]

Très basse tension		$U < 50 \text{ V}$
Basse tension	1 ^{er} catégorie (A)	$50 \text{ V} < U < 500 \text{ V}$
	2 ^{eme} catégorie (B)	$500 \text{ V} < U < 1000 \text{ V}$
Haut tension	1 ^{er} catégorie (A)	$1000 \text{ V} < U < 50000 \text{ V}$
	2 ^{eme} catégorie (B)	$U > 50000 \text{ V}$

Tableau I-1 : Différentes catégories de tension

A partir de la tension et de puissances maximales que peuvent supporter les réseaux électriques, on peut les classer en trois types différents qui sont : les réseaux de transport, de répartition et de distribution. Ils sont caractérisés comme suit : [8]

Tension	Catégorie	Types de réseaux	P_{max} de lignes
230 V /400 V	Basse tension	Réseau de distribution	Environ 250 KVA
15/20/33 KV	HTA	Réseau de distribution	Entre 10 et 15 MVA
63/90/110 KV	HTB	Réseau de répartition	De 100 à 150 MVA
225 /380 KV	THT	Réseau de transport	De 500 à 1500 MVA

Tableau I-4 : Différentes types de réseaux

I.1.3.10 Les charges transmises aux pylônes :

Les pylônes sont destinés à maintenir les conducteurs à une hauteur suffisante du sol, en tenant compte de la flèche maximum et à résister aux charges qui leur sont appliquées dans toutes les hypothèses administratives définies à partir des conditions climatiques prises en considération. Les charges transmises par les conducteurs et les câbles de garde peuvent être décomposées suivant trois directions orthogonales choisies de manière à simplifier les calculs. Par convention on appelle :

- ✓ **Face élévation**, la face perpendiculaire à l'axe de la ligne.
- ✓ **Face profil**, le plan parallèle à la ligne.

Pylône d'alignement : Il est d'usage de choisir comme charges de référence :

I.1.3.10.1 Les charges verticales (V) :

- Au poids propre du pylône, des conducteurs, des câbles de garde et des chaînes d'isolateurs.
- Eventuellement au poids du givre sur les câbles.
- A la composante verticale due à la tension des conducteurs et des câbles de garde pour les pylônes dénivelés (pylônes chargés ou déchargés).

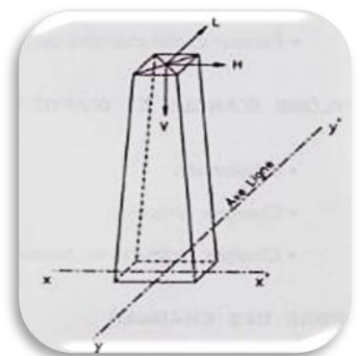


Fig I.20: Face Elévation et Axe de la Ligne

I.1.3.10.2 Les Charges horizontales transversales (H) :

Ces charges sont dues à l'action du vent soufflant perpendiculairement à la ligne et agissent sur les faces élévation du pylône, l'action du vent soufflant transversalement sur les conducteurs, les câbles de garde (avec ou sans givre) et les chaînes d'isolateurs.

I.1.3.10.3 Les Charges horizontales longitudinales (L) :

Ces charges éventuelles agissent sur les faces profils du pylône. Elles sont dues à plusieurs causes. Le cahier des charges donne les hypothèses de calcul à considérer.

- ✓ Différence de tension de part et d'autre de la chaîne d'alignement due au givre.
- ✓ Dissymétrie.
- ✓ Rupture d'un conducteur ou d'un câble de garde.
- ✓ Glissement des câbles dans la pince.
- ✓ Haubanage du pylône au cours du déroulage.
- ✓ Ancrage provisoire des câbles au relevage.

I.1.3.11 Avantages des structures en charpente métallique :

Les structures métalliques ont plusieurs avantages par rapport à d'autres formes de constructions (en béton ou en bois). Elles présentent également un large éventail d'applications possibles, ainsi que la possibilité d'avoir de nombreuses pièces standardisées. Parmi les avantages qui confèrent à la charpente métallique une place importante dans le secteur de la construction, on cite :

- **Résistance et légèreté** : Plus grande résistance à la fatigue que le béton. En plus, en raison de son rapport de résistance/poids élevé il est employé intensivement dans les bâtiments hauts et les grandes structures légères.
- **Durabilité** : avec un entretien adéquat, les structures en acier dureront assez longtemps.
- **Ductilité/Ténacité** : la propriété de ductilité des aciers structuraux leur permet de résister à de grandes déformations sans se rompre. Egalement, la ténacité leur permettra d'absorber une grande énergie lors des chocs.
- **Transport et Montage** : la structure est conçue sous forme de sections, par conséquent, le montage sera facile et rapide.
- **Uniformité** : les propriétés de l'acier ne changent pas fortement avec le temps.
- **Coût** : Les structures en acier sont généralement plus légères que celles fabriquées avec d'autres matériaux ; Cela implique moins de coût de base.
- **Ecologie** : L'acier est un matériau plus écologique, durable, recyclable et réutilisable.
- **Qualité et sécurité** : la garantie de qualité et de contrôle de la fabrication garantit la sécurité de la structure. Egalement un entretien et une protection contre la corrosion assure une durée de vie presque illimitée de la structure en acier.[5]

I.1.3.12 L'instabilité des pylônes :

Les grandes déformations affectant les zones comprimées des pièces peuvent être présentées en trois types de comportements caractéristiques dénommés phénomènes d'instabilité qui sont :

I.1.3.12.1 Le flambement :

Affectant les barres simplement comprimées ou comprimées fléchies.

➤ Le flambement simple

Affecte les pièces soumises à la flexion simple.

Lorsque l'effort normal N croît, à partir de zéro, l'état d'équilibre initial évolue vers un état curviligne fléchi.

D'après la loi fondamentale de la flexion.

➤ Flambement par flexion

S'agit dans ce cas, d'une poutre rectiligne, soumise simultanément à un effort N et à un Moment fléchissant M_0 .

En comparaison au flambement simple, il y a dans ce cas une amplification de la déformée et donc des contraintes de flexion et de compression.

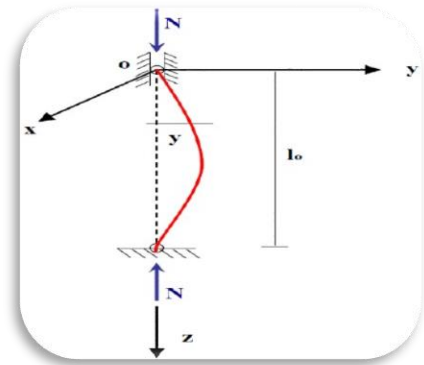


Fig I.23: Le flambement

I.1.3.12.2 Le voilement :

Qui affecte les âmes des pièces fléchies.

Expérimentalement, si l'on soumet une plaque rectangulaire à une compression uniforme sur deux côtés, parallèlement à son plan moyen, on observe que la plaque, au-delà d'une certaine charge, se déforme transversalement. Il s'agit du phénomène de voilement, qui se manifeste Par des ondulations, qui ne sont pas sans rappeler le phénomène de flambement

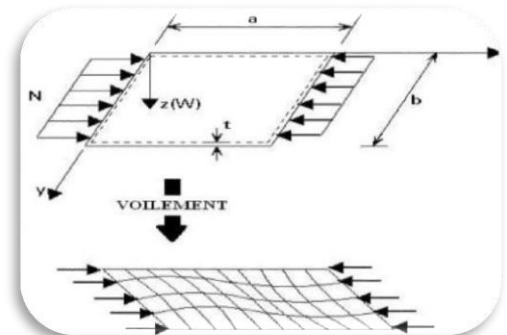


Fig I.26: Le voilement

pour des pièces à une dimension, à la différence près que le voilement se développe plus progressivement, les grandes déformations n'apparaissent pas brutalement et ne conduisant généralement pas à la ruine de la pièce.

I.1.3.12.3 Le déversement :

Qui affecte les semelles comprimées des pièces fléchies.

Ce phénomène d'instabilité élastique se produit, de façon générale, Lorsqu'une poutre fléchie Présente une faible inertie à la flexion transversale et à la torsion. La partie supérieure de la poutre, comprimée, flambe latéralement et il existe une valeur critique du moment de flexion (selon le plan de plus grande raideur), comme il

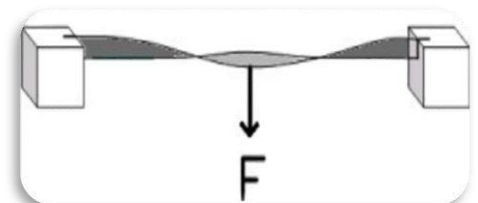


Fig I.29: Le déversement

existe un effort normal critique provoquant le flambement pour une barre comprimée, pour lequel la poutre fléchit dans le plan de sa plus faible raideur et entre en torsion. La flexion

n'est alors plus plane, mais déviée, et s'accompagne d'une torsion et d'un gauchissement de la section.[2]

I.1.3.13 Normes de dimensionnement :

Il existe un nombre important de normes de calcul et vérification des pylônes, chaque norme ayant une philosophie bien particulière. Dans ce qui suit, on va se focaliser sur les normes utilisées dans notre étude. La norme NF EN 50341-1 :2012, la norme NF EN 1993-1-8/NA, la norme NF EN 1993-3-1 :2006, la norme NF EN 1993-1-1 : 2005 et RNV2013

I.1.3.13.1 EUROCODE 3 (EC3) :

Faisant parti des EUROCODES publiés par le comité Européen de Normalisation (CEN), l'EC3 est l'ensemble des règles communes européennes de conception et de dimensionnement des structures en acier définissant les exigences de résistance, d'aptitude au service et de durabilité.

L'Eurocode3, qui peut s'apparenter à un règlement par «pondération ses charges aux états limites», apporte cependant plus de rigueur et de cohérence et surtout une approche «semi-probabiliste» identique pour tous les matériaux.

I.1.3.13.2 Règles Neige et vent R.N.V 1999 :

Le présent règlement est élaboré sous l'égide de la Commission Technique Permanente (C.T.P.) pour le contrôle technique de la construction que celle-ci a adopté lors de sa 18ème session tenue le 11 Avril 1999.

I.1.3.13.3 Règles CM66 et additif 80 :

Les règles françaises CM66 (1966) ont pour but de codifier les méthodes de calcul applicables à l'étude des projets de constructions en acier y compris les pylônes. L'additif 80 : Ce règlement, qui est issu des progrès réalisés dans l'étude du comportement élastoplastique des matériaux, adopte le critère de Von Mises et permet de mener des calculs qui se basent sur le module de plasticité des profils. Pour le calcul, l'acier est supposé avoir un comportement élastoplastique parfait.

I.1.3.13.4 Règles RPA99/version 2003 :

La réglementation parasismique est le document technique "DTR BC 2-48" dit : "REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES RPA99». La première version a été RPA81 qui fut suivie par le RPA81 version de 1983 après le séisme de Chlef du 10 Octobre 1980 .La troisième version RPA88 a été suivie par la version RPA99. Les règles RPA99

tiennent compte des errements des séismes tels que le tremblement de terre d'Oued Djer (Algérie) en octobre 1988 et celui d'Ain Témouchent en 22.12.1999. Ainsi elle introduit 4 Sites de sol au lieu des 2 sites (sol meuble et sol ferme) du RPA88. Enfin le RPA99 version 2003, est en vigueur après le séisme du 21 Mai 2003. Le RPA99 est applicable à toutes les constructions courantes. Il n'est pas directement applicable aux constructions telles que les ouvrages d'art et ceux enterrés.

I.1.3.13.5 Règles CCM97 :

Est un règlement très novateur, qui fixe des règles très pertinentes, et qui propose diverses alternatives de dimensionnement à l'ingénieur (calculs en élasticité ou en plasticité, calculs selon des analyses au premier ou au second ordre). Ces calculs sont basés sur le principe de sécurité semi-probabiliste qui conduit à une formulation plus précise des expressions de résistance, de rigidité et de stabilité.

I.2 Pylône télécommunication

I.2.1 Introduction :

Une conception de pylône de télécommunication solide constitue l'un des éléments essentiels pour assurer une fluidité du signal sans interruption. Les pylônes couramment utilisés pour réaliser une telle fonction sont nombreux, on peut citer : les pylônes monopodes, autoportants (en treillis) et haubanés. L'entreprise de télécommunication est confrontée à choisir un type de pylône à utiliser. Un tel choix est difficile et repose sur un certain nombre de critères qui sont : la hauteur du pylône, son poids, et son emplacement. Les pylônes en treillis ont l'avantage d'être rigide et stables, et peuvent supporter plusieurs antennes de grande surface. En fonction de la hauteur de la structure, un pylône en profilés cornières semble répondre aux exigences techniques recommandées par les normes de calcul et être en même temps économique. Les actions à considérer ainsi que leurs combinaisons sont définies par la norme utilisée. La méthode de calcul à utiliser sera celle des états limites (méthode élastique) : les sollicitations de service sont comparées à des valeurs prescrites et des sollicitations de service majorées, à la capacité portante de la structure.

I.2.2 Définition :

Les pylônes de télécommunication, pylônes en treillis en charpente métallique sont fabriqués par des entreprises spécialisées dans ce domaine, et on les distingue suivant

plusieurs critères : la capacité portante (le nombre d'équipements et d'antennes destinés à être installés sur ce pylône), le lieu d'installation (sur bâtiment, sur terrain naturel)... .[5]

I.2.3 Les antennes (sources de charges) :

Les antennes sont les composantes les plus visibles du réseau. On les voit un peu partout : souvent sur de hauts pylônes, sur des toits d'immeubles, contre des murs....



Fig I.32: Les antennes

I.2.4 Les réseaux de télécommunications :

Un réseau de télécommunication est un réseau d'arcs (liaisons de télécommunication) et de nœuds (commutateur, routeur,...), mis en place de façon à ce que des messages puissent être transmis d'un bout à l'autre du réseau au travers de multiples liaisons.

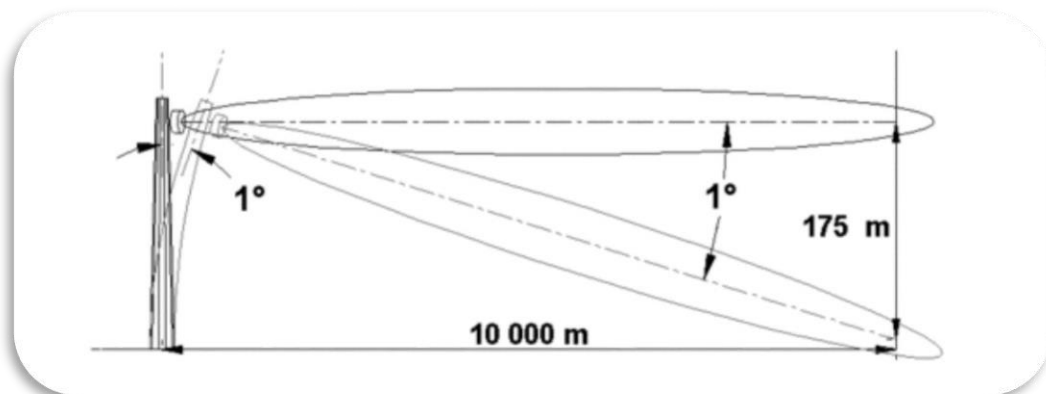


Fig I.35: Dépointage au sommet

I.2.5 Les différents types d'antennes :

I.2.5.1 Les antennes filaires (dipôle, monopole, Yagi) :

Les antennes filaires est la plus populaire des antennes utilisées par les radioamateurs, et avec raisons, sa popularité tient du fait que son cout est abordable.

Fig I.38: Antenne filaire



I.2.5.2 Les antennes à fentes (demi ou quart d'onde) :

Se caractérise par son développement vertical ou horizontal en forme de cornière, ou de guide d'ondes, avec des fentes de dimensions d'emplacements particuliers qui sont fonction de la fréquence.

Fig I.41: Antenne à fente



I.2.5.3 Les antennes patches (planaire) :

Une antenne patch est une antenne à éléments rayonnants imprimés, communément appelée antenne patch (en anglais) ou antenne planaire est une ligne microruban se forme particulière.

Fig I.44: Antenne planaire



I.2.5.4 Les antennes à ouverture (cornet) :

Une antenne cornet est composée d'une transition coaxial / guide d'onde qui respecte les standards WR, d'un cornet permettant de définir le gain ainsi que l'ouverture à -3 dB de l'antenne.

Fig I.47: Antenne cornet



I.2.5.5 Les antennes à réflecteurs (paraboles) :

L'antenne parabolique est une antenne à réflecteur utilisée essentiellement dans la réception des ondes satellites. Sa forme parabolique lui vaut d'être communément appelée parabole.

Fig I.50: Antenne parabole



I.2.6 Les équipements d'un pylône télécommunications :

L'équipement de télécommunication fait référence au matériel utilisé principalement pour les télécommunications. Comme les lignes de transmission, les multiplexeurs et les stations d'émetteur-récepteur de base. Il englobe différents types de technologies de communication, notamment les téléphones, les radios et même les ordinateurs. Depuis le début des années 90, la frontière entre les équipements de télécommunication et les équipements informatiques a commencé à s'estomper car la croissance d'internet a entraîné une importance croissante des infrastructures de télécommunications pour le transfert de données.

Les différents types d'équipements de télécommunications sont les suivants :

- ✓ Matériel de commutation public – matériel analogique et numérique.
- ✓ Equipement de transmission – lignes de transmission, station d'émission-réception de base, multiplexeurs, satellites, etc.
- ✓ Equipement des locaux du client – commutateurs privés, modems, routeurs, etc.

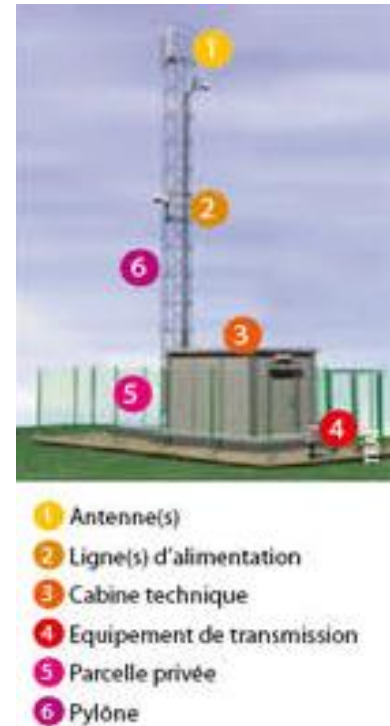


Fig I.53: Les équipements d'un pylône télécommunications

I.2.7 Le Rôle des antennes :

Dans les réseaux mobile, les antennes sont des émetteurs / récepteurs d'ondes radio qui acheminent le trafic sur un territoire donné. Tout comme la télévision et la radio fonctionnent grâce à des émetteurs, les téléphones mobiles ne pourraient pas fonctionner sans elles.

Le déploiement poursuit un double objectif : assurer la plus vaste couverture géographique possible ; et maintenir une densité suffisante de relais pour traiter tout le trafic en un point donné.[9]



Fig I.56 : Les réseaux des antennes

I.2.8 Les différents types des pylônes de télécommunications existantes :

I.2.8.1 Les pylônes à trois pieds :

Ce sont des pylônes autoportants à trois pieds constitués d'éléments de sections circulaires conçues suivant un modèle de base triangulaire. Le pylône de communication est capable de supporter des charges moyennes et lourdes. Il est conçu pour des hauteurs allant de 10 à 70 m



Fig I.59: Les pylônes à trois pieds

Les avantages de ce type :

Les éléments composant ce type sont des barres de sections circulaires. Donc l'ensemble des accessoires d'antennes peut être installé à une hauteur et une orientation souhaitées conformément aux exigences des ingénieurs de télécommunications.

Ce type du pylône a besoin seulement d'une surface égale à la surface de la fondation pour qu'il soit installé.

Au Liban, la géologie du terrain naturel comporte des montagnes. Donc on ne sera pas obligé d'utiliser des pylônes de grande hauteur, puisqu'il existe la possibilité de choisir les endroits au sommet de ces montagnes pour cette installation.

I.2.8.2 Les pylônes à quatre pieds :

Un pylône autoportant de quatre pieds est constitué d'éléments suivant un modèle de base carrée. Ce pylône est capable de supporter des charges moyennes et lourdes. Le pylône carré est conçu pour des hauteurs allant de 20 à 70m.



Fig I.62: Les pylônes à quatre pieds

I.2.8.3 Les pylônes à haubans :

Conçus pour supporter des charges légères et moyennes, ils sont stabilisés à différents niveaux sur leur hauteur par des haubans ancrés au sol (câbles tendeurs en acier). Ce type de pylône est construit lorsque le niveau des antennes est demandé à une hauteur élevée. La majorité des pylônes haubanés se présentent sous forme de treillis triangulaire. Les pylônes haubanés sont conçus pour des hauteurs allant de 50 à 150m[10]



Fig I.65: Les pylônes à haubans

I.2.9 Pylône installé sur le terrain naturel (green field site) :

Il existe plusieurs choix de fondations qui diffèrent d'un pylône à l'autre et selon le lieu et la nature du sol. Les fondations seront calculées selon les règles **BAEL 91**. Les fondations doivent assurer la stabilité de l'ouvrage vis à vis de plusieurs types de contraintes : renversement, soulèvement, glissement et poinçonnement.

Les fondations pour les pylônes ont un double rôle : d'une part de transmettre les charges concentrées au sol, et d'autre part de résister aux moments créés par les pylônes, c'est-à-dire à la force ascendante créée.

Les types de fondations utilisées dans un terrain naturel

I.2.9.1 La fondation superficielle

C'est la fondation dont la surface est du même niveau que la surface du sol, avec une épaisseur variant entre 1 et 1.5 m.

Fig I.68: La fondation superficielle



I.2.9.2 La fondation FU (ou bien radier)

Elle est utilisée lorsque le bon sol est à une profondeur moyenne de la surface du terrain ou bien lorsqu'on a une petite surface d'implantation.

Fig I.71: La fondation FU (ou bien radier)



I.2.9.3 Les fondations profondes, pieux :

Ils sont utilisés lorsque le bon sol est à une profondeur plus grande que 10 m, ou bien lorsqu'une nappe phréatique d'eau est présente. La nappe phréatique crée des effets importants sur les fondations utilisées, comme ils sont de surface importante (le minimum de dimension des fondations utilisée est de forme de carrée de 5 m de côté).

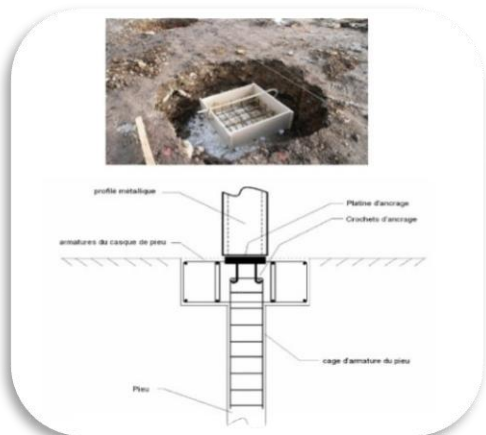


Fig I.74: La fondation profonde, pieux

I.2.10 Pylône installé sur un bâtiment (roof top site)

I.2.10.1 Pylône sur un bâtiment existant :

Il faut étudier ce bâtiment et vérifier si les colonnes existantes peuvent résister aux surcharges additionnelles qui vont être appliquées par le pylône.

I.2.10.2 Pylône sur un bâtiment sous étude structurale :

Il faut ajouter les surcharges provenant du pylône aux sollicitations calculées qui proviennent du bâtiment. Dans les deux cas, pour qu'un pylône soit installé sur un bâtiment en béton, il faut prévoir des poutres en forme de HEA. Le pylône sera fixé sur ces poutres d'une part, et d'autre part ces poutres s'appuient sur les poteaux du bâtiment et présente avec eux une continuité.[10]

I.2.11 Éléments d'assemblages

Pour installer cette charpente métallique préfabriquée sur un ouvrage en béton, plusieurs solutions peuvent être appliquées.

- Par fixation directe sur la dalle
- Solution des poutres en acier
- Solution des poutres en béton armé
- Solution d'une dalle de béton séparée

I.2.12 Choix de la structure :

Les charges auxquelles sera soumis le pylône sont :

- Les charges permanentes (ou verticales) qui sont le poids propre du pylône et celui des équipements et antennes.
- Les charges horizontales qui sont celles du vent.

Parmi les types de pylônes existant, selon le matériau (en bois, en béton, ou en acier) ou selon le type (monopodes, en treillis ou haubané), le choix est porté sur le pylône métallique en treillis pour les raisons suivantes :

- ✦ **Résistance et stabilité** : les contraintes engendrées par les charges ne doivent pas dépasser les valeurs admissibles exigées par les normes.

- ✦ **Rigidité** : la déformation de l'entête du pylône ne doit dépasser une valeur limite exigée par le cahier des charges.
- ✦ **Corrosion** : L'opération de la galvanisation à chaud de l'acier du pylône permet de lutter contre la corrosion et améliorer la durée de vie.
- ✦ **Accessibilité et sécurité** : les personnes autorisées à monter sur le pylône pour des opérations d'entretien ou de montage doivent avoir un accès facile et sécurisé.
- ✦ **Transport et installation** : les sections des pylônes en treillis peuvent être emballées et transportées facilement. Egalement, cette conception permet une installation facile et rapide.
- ✦ **Prix de revient** : le prix du pylône est évalué en fonction du poids de ses éléments, par conséquent, le choix de ses caractéristiques géométriques permet de répondre aux exigences des normes.



Fig I.77: Pylônes à trois pieds

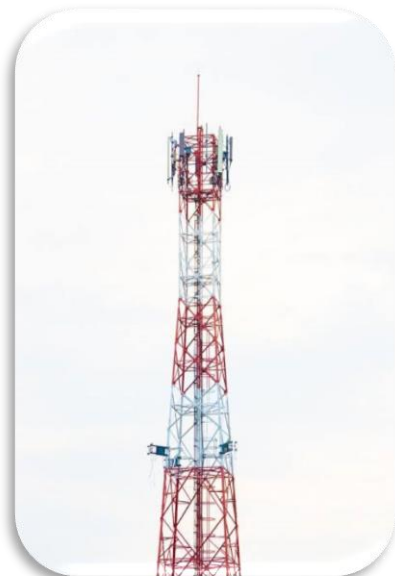


Fig I.80: Pylônes à quatre pieds

I.2.13 Choix de l'inertie de la structure :

Les pylônes auto-stables (en treillis) ou polypodes sont des structures métalliques rigides fixées au sol par des fondations en béton. La base en général carrée ou triangulaire, ce qui lui assure une très grande stabilité. La forme de la partie inférieure est pyramidale, et peut se poursuivre par une autre partie supérieure de section constante, ou légèrement décroissante. Le plus souvent, l'ensemble est démontable et assemblé par boulonnerie.

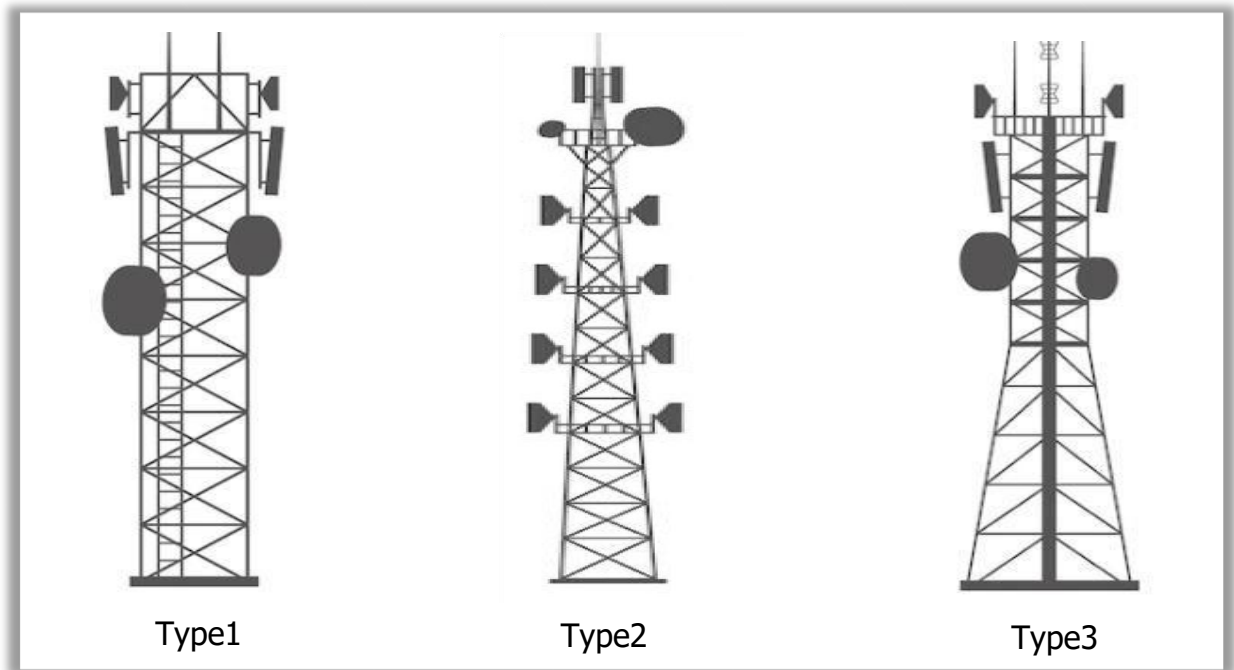


Fig I.83: Variation de l'inertie de la structure

I.2.14 Efforts appliqués sur le pylône :

- ✦ Le poids propre du pylône et des équipements, c'est un effort vertical qui provoque la compression sur toutes les barres.
- ✦ L'effort du vent ou effort de trainée (effort antennes et effort pylône), qui est un effort horizontal.
- ✦ L'effort du vent provoque un moment de renversement par rapport à la base.
- ✦ Ces efforts engendreront des réactions au niveau des appuis de fixation à la fondation, efforts d'arrachement sur certains appuis et efforts de compression sur d'autres.

Le choix du type d'inertie de la section selon la hauteur permet de garantir l'équilibre statique du pylône.

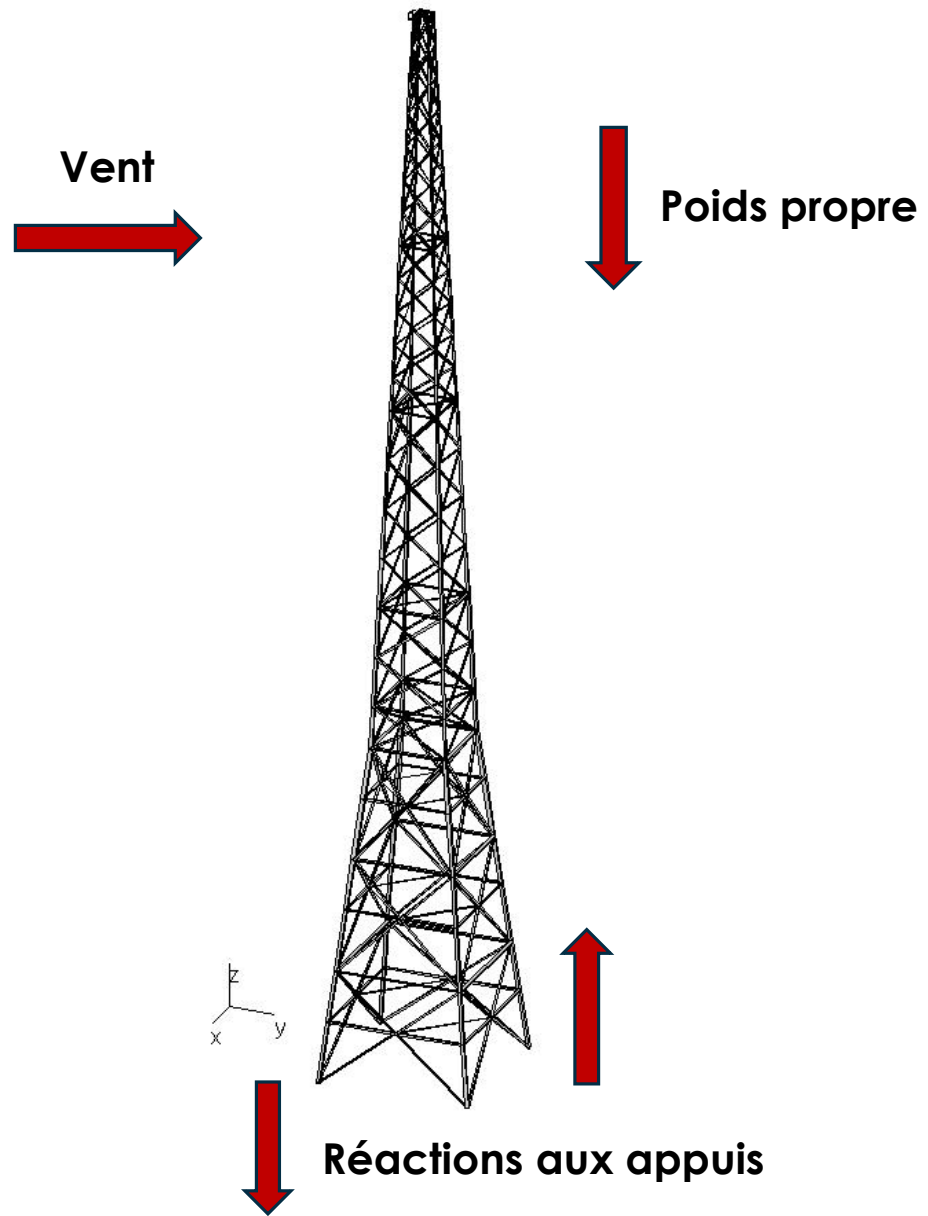


Fig I.86: Efforts appliqués sur le pylône

I.2.15 Constitution du pylône de télécommunication :

Les pylônes métalliques de télécommunication se composent de deux grandes parties : la superstructure et l'infrastructure (ou fondation). La superstructure est constituée de futs, de membrures et de contreventement.

Les membrures sont des éléments en acier constituant les éléments porteurs principaux de la structure. Le pylône est subdivisé en tronçons dans le sens vertical afin de déterminer les surfaces projetées et la traînée aérodynamique. Les tronçons sont compris entre des intersections de membrures et de contreventements principaux.

Les pylônes sont souvent munis d'une échelle intérieure, les membrures du pylône sont en cornières laminées à chaud.

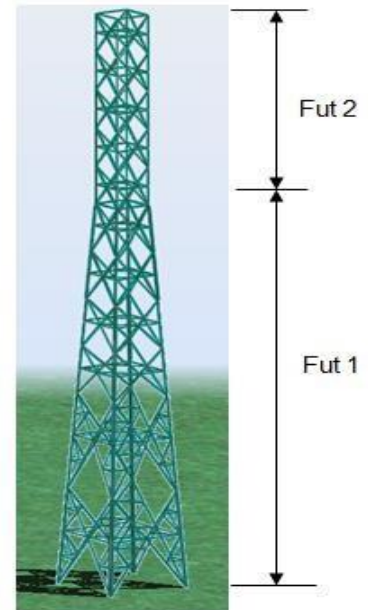


Fig I.89: Les parties d'un pylône

I.2.15.1 Panneau de base :

Sur une face, le panneau est constitué des éléments suivants :

- ✦ Les membrures,
- ✦ Les diagonales,
- ✦ Les traverses,
- ✦ Les raidisseurs de diagonales,
- ✦ Les raidisseurs de traverses.

Un tronçon est formé d'une succession de panneaux qui se ressemblent dans leurs formes et profilés. Le schéma suivant donne un aperçu sur le plan du pylône.

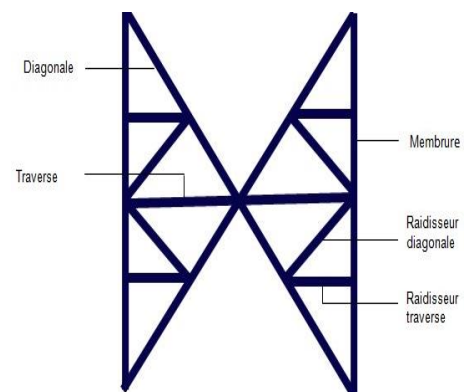


Fig I.92: Eléments du panneau de base

I.2.15.2 Le contreventement :

Le contreventement est un système statique destiné à assurer la stabilité horizontale et verticale de la structure vis-à-vis des effets des éventuelles secousses, qui ont des composantes dans les trois directions (exemple : vent, séisme, choc, etc...)

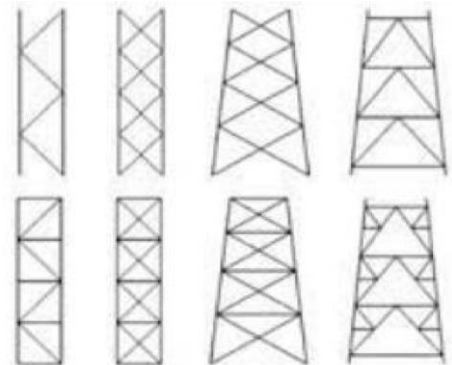


Fig I.95: Type de contreventement

Il sert également à stabiliser localement certaines parties de la structure relativement aux phénomènes d'instabilité (flambage ou déversement). [5]

I.2.16 Choix du type de cornières :

Tous les éléments constituant notre pylône seront des cornières à ailes égales en acier laminé à chaud et sont conformes à la norme **EN 10025-2**, le matériau utilisé étant l'acier **S235**. Les valeurs de la limite à la rupture et de la limite d'élasticité sont données dans le tableau ci-dessous.

Nuance de l'acier	S235
Contrainte limite de rupture en traction (MPa)	410
Limite d'élasticité (MPa)	235

Tableau I-7 : Caractéristiques de l'acier des cornières

I.2.17 Caractéristiques des cornières :

Les caractéristiques des cornières utilisées sont données dans le tableau suivant :

Élément du pylône	Type de cornière	Nuance du matériau
Membrures		
Diagonales		
Raidisseurs diagonaux	Cornières à ailes égales	S235
Traverses	CAE	
Raidisseurs traverses		

Tableau I-10 : Désignation et nuance du matériau des cornières

I.2.18 Caractéristiques des boulons :

Les boulons de fixation choisis sont des boulons à serrage ordinaire de classe 8.8, les caractéristiques mécaniques sont données dans le tableau suivant :

Classe	8.8
f_{yb} (MPa)	640
f_{ub} (MPa)	800

Tableau I-13 : Caractéristiques mécaniques

f_{yb} : contrainte limite élastique du matériau.

f_{ub} : contrainte limite de rupture.

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a effectué une description général sur les pylônes (électriques, télécommunication) et leur diffèrent éléments constituant et leurs accessoires, ainsi que sur les normes qui permettent leur dimensionnement et Efforts appliqués sur le pylône.

II CHAPITRE II :

**Evaluation des
charges et Analyse
statique**

II.1 Pylône électrique :

II.1.1 Introduction :

Les pylônes que nous nous proposons de calculer font partie des structures discrètes qui sont composées d'éléments barres assemblées par boulonnage en des points appelés «nœuds», et soumises à des forces extérieures que sont : la pression due au vent, le poids propre du pylône et des câbles pour les pylônes de transport électrique. Sous l'effet de ces forces, le pylône peut se déformer et des contraintes internes dans chaque élément peuvent se manifester. Les efforts appliqués à chaque barre sont schématisés comme charges ponctuelles. Les sollicitations résultantes sont obtenues sous la forme d'un seul effort (effort axial) en chaque point de la fibre moyenne.

II.1.2 Choix de la structure :

Le pylône en treillis aux avantages d'avoir une grande résistance, un poids léger est une faible résistance au vent comme son treillis ouvert évite de présenter la largeur totale de la structure face au vent.

Dans le cadre de notre travail, nous nous proposons d'analyser deux pylônes qui sont exploités a traversé de la ville de Bordj Bou Arreridj, **Lachbour** de Pylône d'alignement équipé de chaînes d'isolateurs de suspension et pouvant aussi être utilisé, si nécessaire.

II.1.3 Choix des matériaux :

Type Cornières

Les valeurs de la limite à la rupture et de la limite d'élasticité sont données dans le tableau suivant:

Description de l'acier	S235
f_{bu} : limite à la rupture minimale en traction	360 N/mm ²
f_y : limite d'élasticité minimale garantie	235 N/mm ²

Boulons, écrous et rondelles

Les boulons seront matés. Les boulons ordinaires M20, M22 seront utilisés pour la fixation des cornières du pylône.

Les valeurs de la limite à la rupture et de la limite d'élasticité des boulons, écrous et rondelles sont données dans le Tableau suivant :

Description des boulons	Boulons ordinaire classe 8.8
fub : Limite à la rupture minimale en traction	600 N/mm²
fy : Limite d'élasticité minimale garantie	480 N/mm²

II.1.4 Présentation de la structure :

Dans le présent travail on aura à dimensionner un exemple cet ouvrage métalliques à savoir un pylône d'électrique.

Description des pylônes étudiée et des mécanismes d'effondrement Les pylônes, en structure métallique, est autoportant, et se compose des tronçons en treillis a base carrée au niveau des fondations, et d'un mât porte les câbles

C'est un type Pylône à une forme carrée de 6 m de côté, une hauteur totale 29.20m.

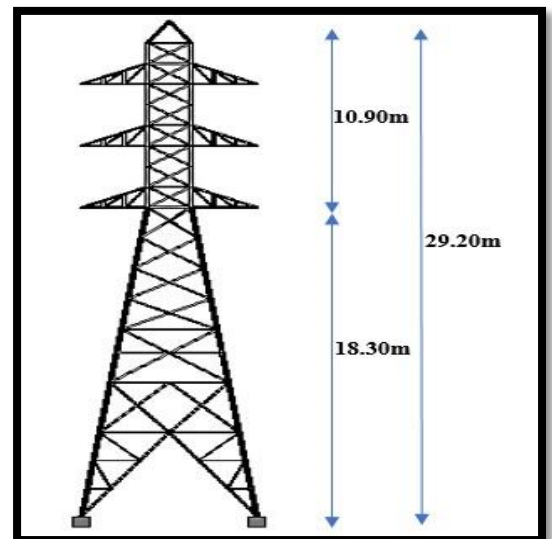


Fig II.1: La géométrie de pylône

II.1.5 Evaluation des charges :

✦ Chaque treillis plan correspondant à une face ne peut opposer aucune résistance à un effort perpendiculaire à son plan. C'est-à-dire que la rigidité est nulle dans le plan perpendiculaire au plan du treillis. Il ne reprend que l'effort exercé dans son plan.

✦ Les diagonales (comprimés et tendues) sont suffisamment très minces.

✦ Le poids propre de la structure qui sera supposé supporter par les membrures.

BORDJ BOU ARIRIDJ: ZONE II

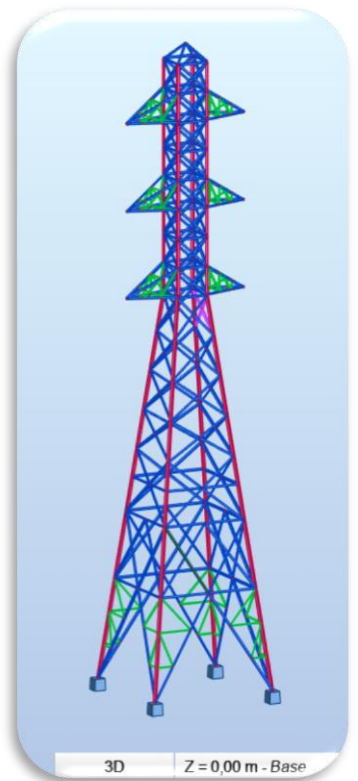
$q_{réf} = 375$ [N/m²]

II.1.6 Définition de ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS :

Le système Robot est un logiciel CAO/DAO destiné à modéliser, analyser et dimensionner les différents types de structures. Robot permet de créer les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, dimensionner les éléments spécifiques de la structure ; la dernière étape gérée par Robot est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée.

Après la modélisation :

Fig II.4: Vues en 3D du pylône modélisé



II.1.7 Les cas de charges élémentaires :

I.2.18.1 Le poids propre :

Calculé automatique par le logiciel **ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS**

I.2.18.2 Calcul de charge de câble :

Le câble qui utilisé pour notre étude un câble de type AAAC en aluminium sa section

$S_A = 288 \text{ mm}^2$ Pour le pylône, le poids propre de ce câble est de $777.60 \times 10^{-3} \text{ Kg/m}$. La distance entre pylônes est de **300m**.

Chaque câble prend demi-longueur (150 m).

Donc le poids de chaque câble est :

$$777.60 \times 10^{-3} \times 150 = 116.64 \text{ Kg} = 1166.40 \text{ N}$$

Cette flèche crée un angle petit de 4.25°

$$1166.44 \times \cos(4.25) = 1163.193 \text{ N}$$

$$1166.44 \times \sin(4.25) = 86.44 \text{ N}$$

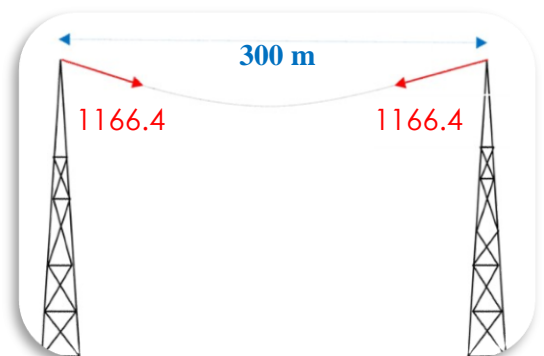
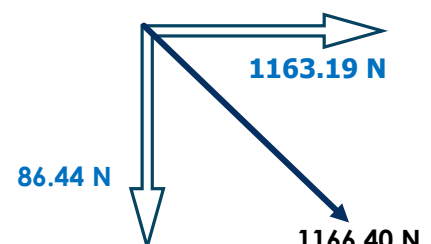


Fig II.7 : Schéma de charge du câble



Les charges dues au câble sont calculé en considérant notre pylône comme pylône en bout liaison (cas défavorable par rapport à un pylône intermédiaire) et donc le pylône subit l'action de traction des câble d'un seul côté. Les distance entre pylônes diffèrent selon leur capacité et le nombre de câbles qu'ils soutiennent. Dans notre cas la distance entre pylônes est de 300m. Ainsi pour évaluer la charge des câbles, on doit tenir compte de la longueur réelle de du câble entre deux pylônes.

Observation :

Pour déterminer la valeur de la charge de vent, il y a plusieurs méthodes :

- A partir de la pression due au vent (on prend la valeur maximal sur les nœuds critique)
- A partir de la vitesse de vent depuis la zone

Après la Simulation des charges de vent sur **ROBOT** :

V_{rèf} = 30 m/s

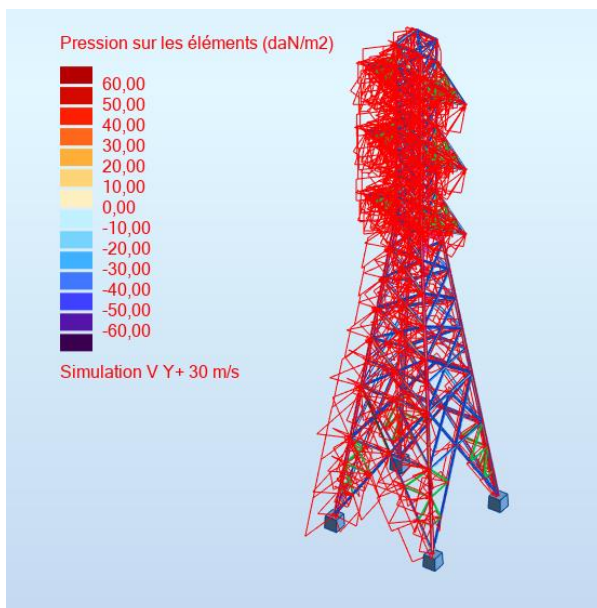


Fig II.13: La charge de vent sur le sens X+Y = 45°

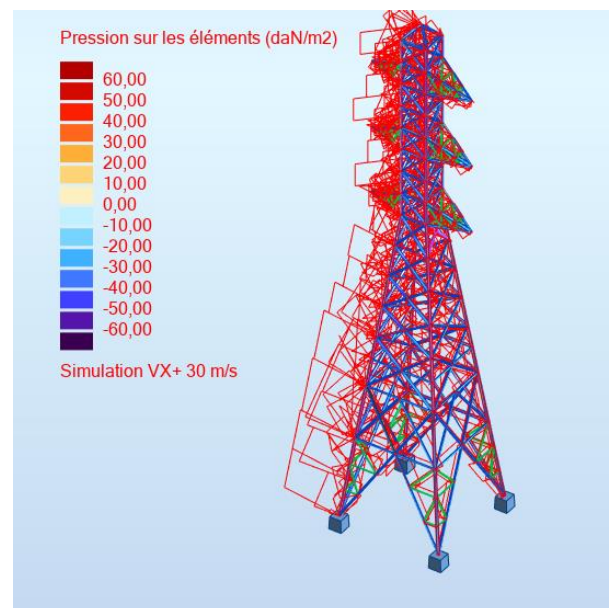


Fig II.15: La charge de vent sur le sens X

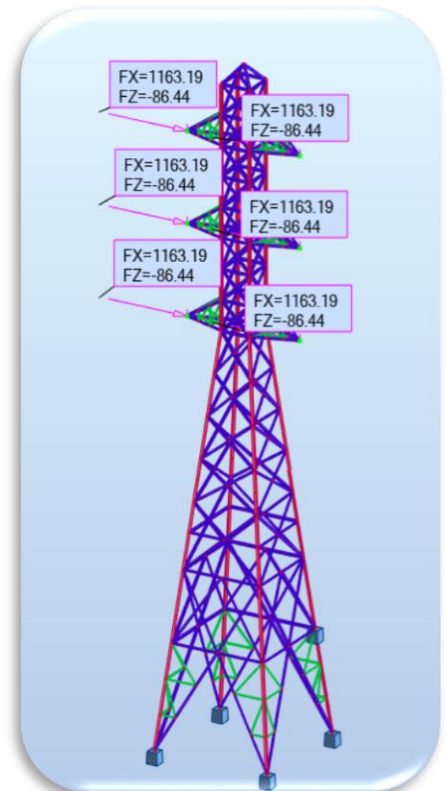


Fig II.10: Les charges dues au câble

II.1.8 Analyse statique (Vérification de la structure selon CM66) :

I.2.18.3 Les combinaisons des charges :

La vérification des éléments de la structure est établie suivant la méthode «des états limites ». Les états limites à vérifier sont :

- L'état limite ultimes ELU.
- L'état limite d'utilisation ou de service ELS.

G : Ensemble des charges permanentes.

Q : Ensemble des charges d'exploitations.

W₁ : Charges dues au vent normal (vitesse de vent de base).

W₂ : Charges dues au vent de la bissectrice (vitesse de vent de base).

On utilise une méthode automatique de (Simulation des charge de vent) pour détermine les charges de vent sur les plans ZX et ZY

I.2.18.4 Désignations des combinaisons :

Numérotation	Les charges
1(C)	G
2(C)	Q
3(C)	VX
4(C)	VY

Numérotation	ELU
5(C)	1.35G+1.5 VX
6(C)	1.35G+1.5W2
7(C)	1.35 (G+Q+W1)
8(C)	1.35 (G+Q+W2)

Numérotation	ELS
9(C)	G+0.87Q+0.67W1
10(C)	G+0.87Q+0.67W2
11(C)	G+Q

Tableau II-2 : Tableaux des états limite ultime et service

I.2.18.5 Vérification des contraintes :

Les contraintes maximales régissant notre structure sont relatives à la combinaison la plus critique de l'état limite ultime qui est la combinaison 6 (C), 1.35G+1.5W2 les résultats de ces contraintes sont regroupés dans les tableaux suivant :

	S max [MPa]	S min [MPa]	S max(My) [MPa]	S max(Mz) [MPa]	S min(My) [MPa]	S min(Mz) [MPa]	Fx/Ax [MPa]
MAX	27,98	23,84	20,08	17,00	0,0	6,86	26,44
Barre	11	2	383	367	1	311	11
Noeud	182	182	1	169	190	67	182
Cas	6 (C)	6 (C)	5 (C)	5 (C)	1	6 (C)	6 (C)
MIN	-11,27	-40,90	0,0	-6,13	-26,33	-15,05	-11,44
Barre	17	367	1	380	369	367	17
Noeud	185	169	178	110	169	169	185
Cas	4	5 (C)	1	5 (C)	5 (C)	5 (C)	4

Tableau II-5 : Contraintes maximales : (Extrêmes globaux)

On remarque que la contrainte maximale 26,44MPa est au niveau de la barre 11, celle-ci représente un montant dont le matériau est E24 qui a une limite d'élasticité égale à 235 MPa.

Ainsi, pour la barre 17 qui a une contrainte de -11,44 MPa est un montant en E24.

Puisque 26,44 MPa < 235 MPa et 11,44 MPa < 235 MPa, alors le critère de résistance est bien vérifié.

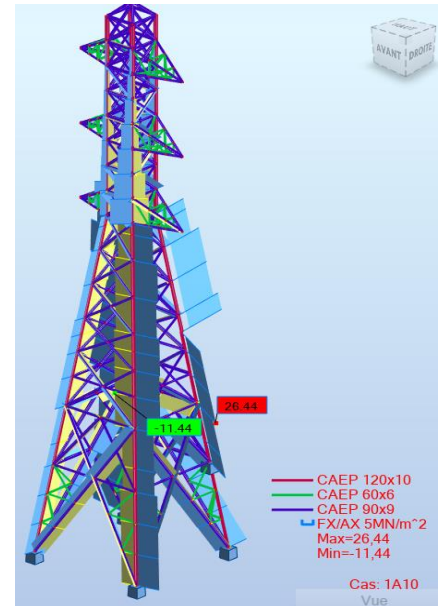


Fig II.19: diagrammes de la contrainte maximale et minimale

I.2.18.6 Calcul manuel de la contrainte :

$$\sigma = N / A_{net} < f_u = 360 \text{ MPa} \quad N : \text{Effort normal (traction ou compression)}$$

A : La section des barres des pylônes

	Nmax [daN]	Nmin [daN]	A _{brut} [cm ²]	σ _{max} [Mpa]	σ _{min} [Mpa]	σ _{max} < 235	σ _{min} < 235
Pylône électrique	6041,86	-2642,49	24,5	26,44	-11,44	C.V	C.V

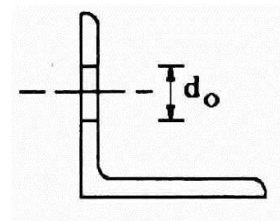
Tableau II-8 : Vérification des contraintes avec A_{brut}

On remarque que les résultantes des contraintes qui calculé plus proche que les qui donné avec logicielle.

C.V : Condition vérifiée.

II.1.8.1.1 Vérification de la contrainte avec A_{net} :

$$\sigma = \frac{N}{A_{net}} < f_u = 360 \text{ MPa} \quad ; \quad A_{net} = A_{brut} - (t \times d_{tv})$$



- ✓ **A_{net}**: L'aire nette est égale à l'aire brute diminuée des aires des trous.
- ✓ **A_{brut}**: L'aire brute est obtenue en prenant les dimensions nominales de la section sans déductions.
- ✓ **t**: L'épaisseur des barre (t=10mm pour les deux pylônes).

	Nmax [daN]	Nmin [daN]	A _{net} [cm ²]	σ _{max} [Mpa]	σ _{min} [Mpa]	σ _{max} <235	σ _{min} <235
Pylône électrique	6041,86	-2642,49	23	26,44	-11,44	C.V	C.V

Tableau II-11 : Vérification des contraintes avec A_{net}

I.2.18.7 Le déplacement du pylône :

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]
MAX	0,7	1,6	0,1
Noeud	45	45	156
Cas	5 (C)	6 (C)	2
MIN	-0,2	-0,2	-0,2
Noeud	168	37	121
Cas	6 (C)	5 (C)	5 (C)

Tableau II-14 : déplacement maximal

On remarque que le déplacement maximal est au sommet (Nœud 45), comme on l'indique dans la figure suivante :

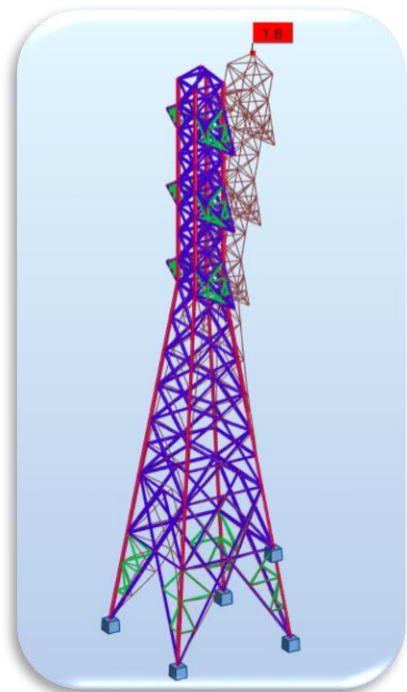


Fig II.22: le déplacement maximal du pylône

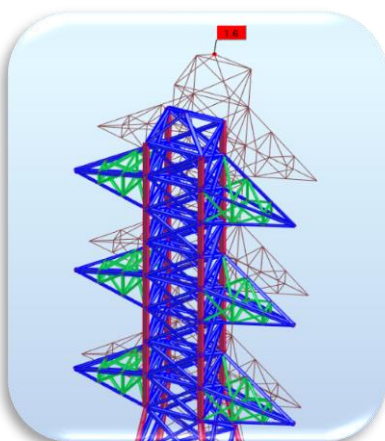


Fig II.27: Vue en 3D de déplacement maximal

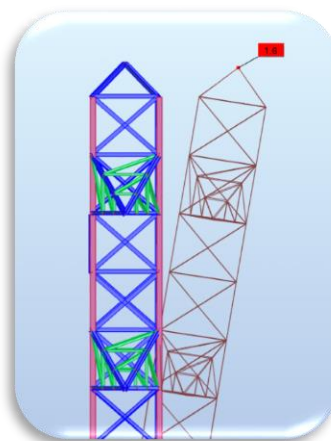


Fig II.25: le déplacement maximal sur le plan ZY

Vérification de déplacement maximal dans nœud 45 :

$$H / 200 \geq \Delta_k \text{ (le déplacement par robot)}$$

H = 30 m = 3000cm ; 3000/200 = 15cm > 2.3 cm C.V

On faire la vérification de choix de cornière par logiciel Robot (automatiquement) :

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
1 Arbalétrier_CM66_1	CAEP 120x10	ACIER	103.57	203.36	0.11	7 1,35(G+q+vy)
2 Arbalétrier_CM66_2	CAEP 120x10	ACIER	69.97	137.38	0.09	7 1,35(G+q+vy)
3 Arbalétrier_CM66_3	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.03	7 1,35(G+q+vy)
4 Arbalétrier_CM66_4	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.02	6 1.35G+1.5VY
5	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.06	7 1,35(G+q+vy)
6	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.05	7 1,35(G+q+vy)
7	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.03	7 1,35(G+q+vy)
8	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.02	7 1,35(G+q+vy)
9	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.02	7 1,35(G+q+vy)
10	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.01	6 1.35G+1.5VY
11	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.01	5 1.35G+1.5VX
12	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.01	5 1.35G+1.5VX
13	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.06	5 1.35G+1.5VX
14	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.04	5 1.35G+1.5VX
15	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.04	5 1.35G+1.5VX
16	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.03	5 1.35G+1.5VX
17	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.02	5 1.35G+1.5VX
18	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.02	5 1.35G+1.5VX
19	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.01	5 1.35G+1.5VX
20	CAEP 120x10	ACIER	29.43	57.78	0.01	5 1.35G+1.5VX
21 Arbalétrier_CM66_21	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.02	7 1,35(G+q+vy)
22 Arbalétrier_CM66_22	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.02	5 1.35G+1.5VX
23 Arbalétrier_CM66_23	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.01	7 1,35(G+q+vy)
24 Arbalétrier_CM66_24	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.01	7 1,35(G+q+vy)
25 Arbalétrier_CM66_25	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.01	7 1,35(G+q+vy)
26 Arbalétrier_CM66_26	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.02	7 1,35(G+q+vy)
27 Arbalétrier_CM66_27	CAEP 90x6	ACIER	43.22	84.46	0.01	6 1.35G+1.5VY
28 Arbalétrier_CM66_28	CAEP 90x6	ACIER	58.39	114.10	0.03	6 1.35G+1.5VY
29 Arbalétrier_CM66_29	CAEP 90x6	ACIER	58.39	114.10	0.03	7 1,35(G+q+vy)

Donc tous les cornière choisir son vérifie.

Tableau II-17: vérification de choix de cornière

- Dans cette partie nous avons vu la géométrie et la distribution de l'action du vent sur le pylône qui a été étudié, la vérification de déplacement est largement vérifiée. Cette vérification montre que le pylône est stable.

II.1.9 Etude d'assemblage :

Un assemblage est un dispositif qui permet de réunir et de solidariser plusieurs pièces entre elles, en assurant la transmission et la répartition des diverses sollicitations entre les pièces, sans générer des sollicitations parasites, notamment de torsion.

I.2.18.8 Vérification d'assemblages :

Nous avons vérifié les assemblages de ces barres selon la norme EC3, (vérification du Boulon ordinaire au cisaillement, à la traction et à la pression diamétrales). Les calculs des assemblages avec le logiciel nous donnons à l'ANNEXE (4).

On vérifié l'assemblage des quatre nœuds de pylône.

On a: M20 ($d = 20 \text{ mm}$, $d_0 = 22 \text{ mm}$, $A_s = 245 \text{ mm}^2$)

Calcul de P_1 et e_1 :

$$1,2 d_0 \leq e_1 \leq \max(12 t ; 150 \text{ mm})$$

$$26,4 \leq e_1 \leq 150 \quad \text{alors : } e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$2,2 d_0 \leq p_1 \leq \min(28t ; 400 \text{ mm})$$

$$48,2 \leq p_1 \leq 280 \text{ mm} \quad \text{alors : } p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$P_1 = p_2 = 60 \text{ mm}$$

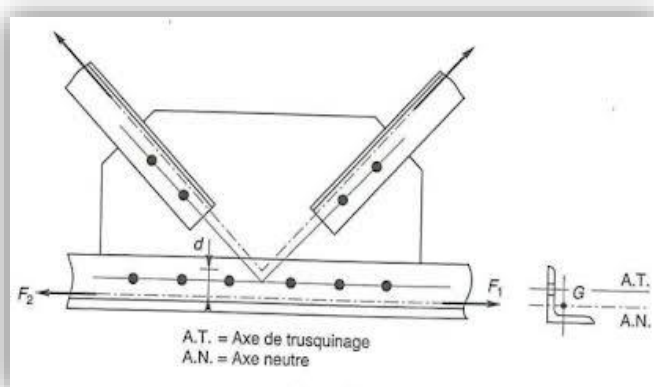
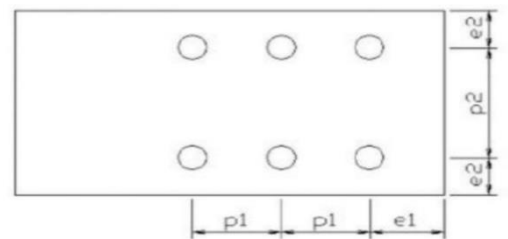


Fig II.31: Exemple de Schéma d'assemblage

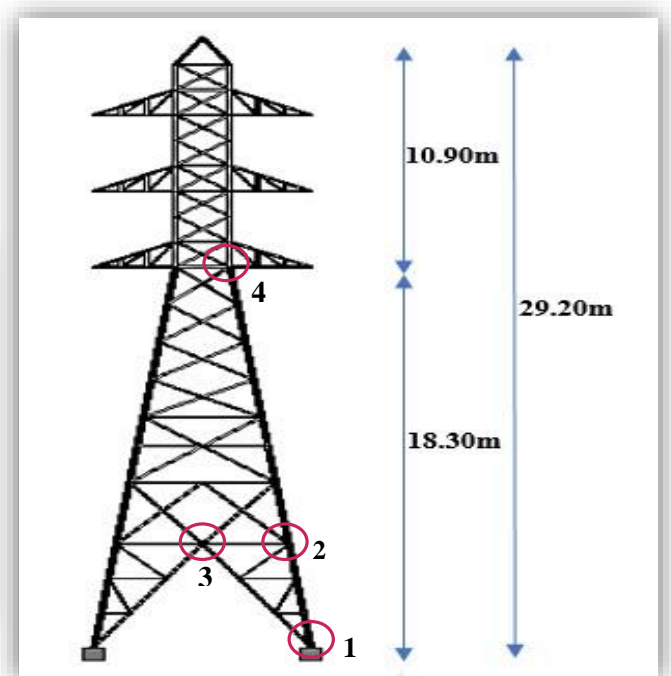


Fig II.34: Les quatre nœuds de pylône

II.1.9.1.1 Vérification au cisaillement :

Point 1 = 6 boulons ; point 2 = 3 boulons

Point 3 = 1 boulon ; point 4 = 3 boulons

F V.sd (daN)				F V.sd /nb (daN)			
1	2	3	4	1	2	3	4
3689.03	2771.97	898.27	2401.08	614.83	923.99	898.27	600.27

F v.Rd (daN) = $0.5 fub . As / \gamma Mb1$	F v.sd /nb ≤ F v. Rd			
	1	2	3	4
5880	C.V	C.V	C.V	C.V

Tableau II-20 : Vérification au cisaillement

II.1.9.1.2 Vérification à la traction :

$$\text{On a: } F_{t.Rd} = \frac{0,9 fub As}{\gamma Mb2} = 8820 \text{ daN}$$

F _{t.sd} / nb (daN)				F _{t.sd} / nb ≤ F _{t.Rd} (daN)			
1	2	3	4	1	2	3	4
614.83	923.99	898.27	600.27	C.V	C.V	C.V	C.V

Tableau II-23 : Vérification à la

II.1.9.1.3 Vérification aux pressions diamétrales :

$$F_{b.Rd} = \frac{2.5 . \alpha . fu . d . t}{\gamma . Mb1}$$

F _{b.sd} / nb (daN)				F _{b.sd} / nb ≤ F _{b.Rd} (daN)			
1	2	3	4	1	2	3	4
614.83	923.99	898.27	600.27	C.V	C.V	C.V	C.V

Tableau II-26 : Vérification aux pressions diamétrales

II.1.10 Étude de fondation :

I.2.18.9 Vérification à la résistance :

$$\sigma = \frac{Fx}{S} \leq \sigma_{\text{sol}} \quad S \geq \frac{Fx}{\sigma_{\text{sol}}} \quad S = A \cdot B \quad \text{et } A = B$$

On a $Fx = 41,85 \text{ daN}$; et la contrainte de sol est 3 Bar

$$S = \frac{41,85}{3} = 15 \text{ cm}$$

Soit $A > 60 \text{ cm}$ pour vérifier la condition prévue par M.BLAZOUGUI son guide calcul des ouvrages en béton arme, donc on prend $A = 100 \text{ cm}$.

Pour avoir à éviter la vérification au cisaillement, on a intérêt à choisir h assez grand, par exemple en prenant comme avec la méthode des bielles.

I.2.18.10 Vérification au renversement :

$$\frac{M_{\text{st}}}{M_{\text{renv}}} \geq 1,3$$

avec $M_{\text{st}} = N \left(\frac{L}{2}\right) = 7486 \times 6/2 = 22458 \text{ kg.m}$; $M_{\text{renv}} = FH \times c$

M_{st} : Moment stabilisant.

M_{renv} : Moment renversant.

FH : Effort horizontale appliqué au le fut.

N : Le poids du pylône

$$h \geq \frac{A-a}{4}$$

On prendre $a = 40 \text{ cm}$ alors $h > 15 \text{ cm}$

Donc : $h = 50 \text{ cm}$ et $h_t = h + 5 = 50 + 5 = 55 \text{ cm}$

Donc : $\frac{M_{\text{st}}}{M_{\text{renv}}} = \frac{22458}{7664} = 2,93 > 1,3$ C.V

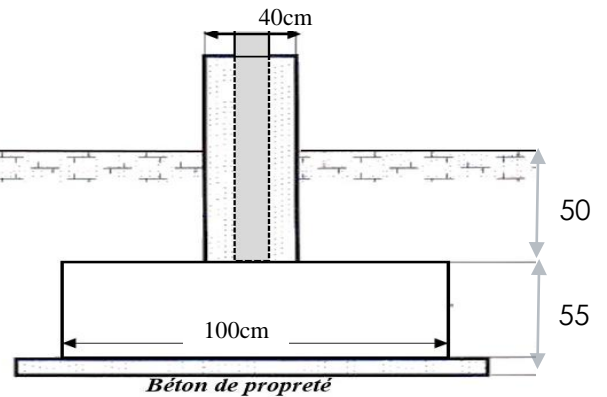
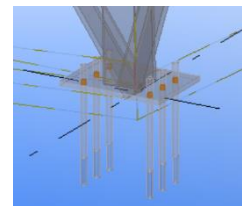


Fig II.37: Dimensionnement de la fondation

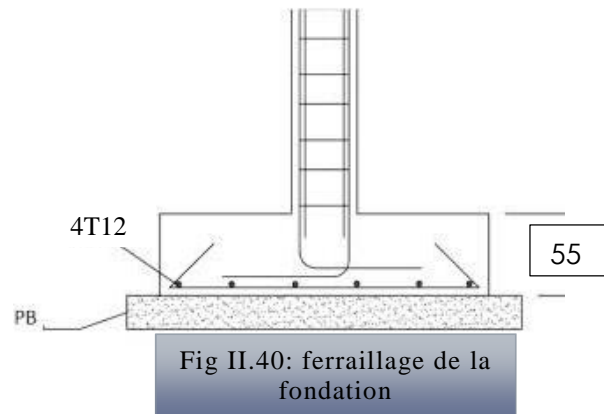


I.2.18.11 Calcul de Ferrailage :

$$A_s = \frac{Nu \cdot (A-a)}{8 \cdot h \left(\frac{f_e}{\gamma_s}\right)} = \frac{7486 \cdot (100 - 40)}{8 \cdot 50 \left(\frac{400}{1,15}\right) \cdot 10} = 0,35 \text{ cm}^2$$

Donc on utilisé 4HA 12 ; 4HA 12 = 4,52 cm²

On a obtenu un ferrailage de T8 par les résultats théoriques, mais on pratique on utiliser le T12 au lieu de T8.



I.2.18.12 Le dimensionnement de fondation (semelle isolée) par logiciel Excel :

Semelle isolée sous N [Compatibility Mode]

FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW RESULTS CONNECT FOXIT

D31

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1-Dimensionnement											
2	Le dimensionnement des semelles se fait par la combinaison suivante:											
3	G + Q											
4	Données :											
5												
6	N =	23,55	[Kn]	Effort normal agissant à l'ELS								
7	σsol =	300	[Kn/m ²]	Contrainte admissible du sol								
8	a =	0,4	[m]	Petit côté du Poteau								
9	b =	0,4	[m]	Grand côté du Poteau								
10	$\frac{a}{b}$	=	1,000									
11												
12												
13	$\sigma = \frac{N}{AB} \leq \bar{\sigma}_{sol}$	$AB \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_{sol}}$	avec	S = A x B								
14					S :	Surface de la semelle						
15					A :	Longueur de la semelle						
16					B :	Largeur de la semelle						
17	On peut considérer que											
18	$A \approx \frac{a}{b} B$											
19												
20	donc on aura :											
21	$B \geq \sqrt{\frac{N}{\frac{a}{b} \bar{\sigma}_{sol}}} = 0,28 \text{ [m]}$											
22												
23												
24												
25	Tableau récapitulatif pour les autres semelles isolées											
26												
27	Semelle	N [KN]	a [m]	b [m]	a/b	B [m]	A [m]	B(ad) [m]	A(ad) [m]	h(ad) [m]		
28	S3(68)	23,55	0,4	0,4	1	0,280	0,280	1,7	2,2	0,33		
29	S2(75)	23,55	0,4	0,4	1	0,280	0,280	1,2	1,2	0,2		

II.2 Pylône télécommunication :

II.2.1 Présentation de la structure :

Dans le présent travail on aura à dimensionner un exemple cet ouvrage métalliques à savoir un pylône de télécommunication.

Description de pylône étudiée et des mécanismes d'effondrement Le pylône, en structure métallique, est auto-stable, et se compose des tronçons en treillis à base carrée au niveau des fondations, et de l'équipement de télécommunication.

C'est un type Pylône à une forme carrée de 4 m de côté, une hauteur totale 30m.

II.2.2 Caractéristiques du pylône :

- ✓ Galvanisé à Chaud conforme à la norme NF EN ISO 1461,
- ✓ Entre-axe à la base : (3,85x3,85) m, dimensions back to back du pylône à la base: 4mx4m,
- ✓ Fut 01 (00-20) m : Fut à section variable,
- ✓ Fut 02 (20-30) m : Fut à section carrée (1.6x1.6) m,
- ✓ Plateformes (Travail/Repos) :
4 plateformes placées aux Niveaux (9 m – 19 m – 25 m – 29 m).
- ✓ Echelle à crinoline au milieu du pylône.
- ✓ Chemin de câbles vertical parallèle à l'échelle.
- ✓ Système Paratonnerre/mise à la terre.

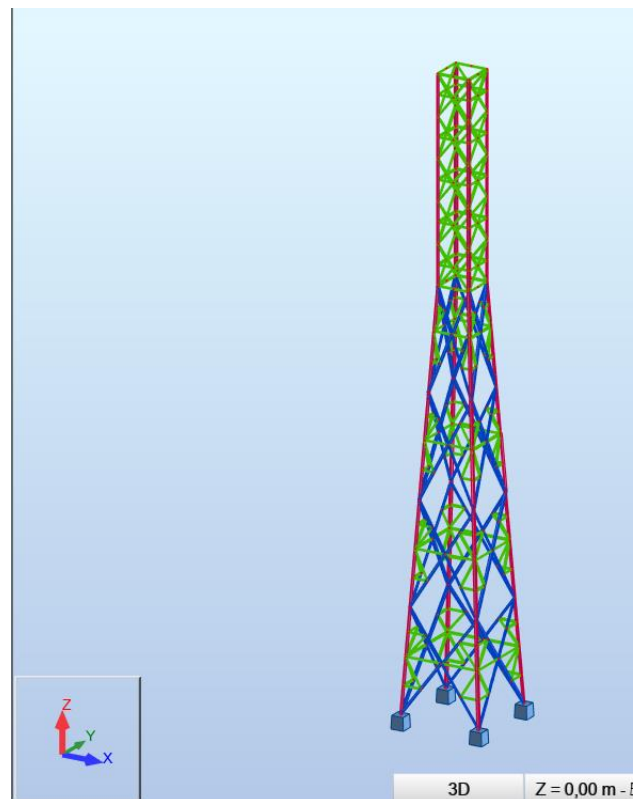


Fig II.43 : Vues en 3D du pylône modélisé

II.2.3 Données vent :

Zone I, Wilaya de Bordj Bou Arreridj (Tableau A2) page 50 (NV65).

Vitesse de référence $V_{réf} = 30 \text{ m/s}$

II.2.4 Les cas de charges élémentaires :

- **Le poids propre** : Calculé automatique par le logiciel **ROBOT**
- **La charge d'exploitation (charge d'équipements)** : 600kg
- **La charge due au vent** : sens X, et 45°

Charge de vent est générer automatiquement par (Simulation des charge de vent), pour détermine les charges de vent sur les sens X et 45°

II.2.5 Les combinaisons des charges :

Numérotation	Les charges	Numérotation	ELU	Numérotation	ELS
1(C)	G	5(C)	1.35G+1.5V _x	9(C)	G+0.87Q+0.67V _x
2(C)	Q	6(C)	1.35G+1.5V(45°)	10(C)	G+0.87Q+0.67V (45°)
3(C)	VX	7(C)	1.35 (G+Q+V _x)	11(C)	G+Q
4(C)	VY	8(C)	1.35 (G+Q+V45°)		

II.2.6 Vérification des contraintes :

	S max [MPa]	S min [MPa]	S max(My) [MPa]	S max(Mz) [MPa]	S min(My) [MPa]	S min(Mz) [MPa]	Fx/Ax [MPa]
MAX	28,65	14,81	7,55	10,68	0,0	3,22	16,49
Barre	1671	1665	38	51	1	1764	1670
Noeud	807	812	21	1	13	33	812
Cas	4	4	4	4	1	4	4
MIN	-16,75	-29,97	0,0	-2,57	-7,99	-10,33	-17,96
Barre	37	51	1	1599	1752	1671	37
Noeud	24	1	13	871	897	807	21
Cas	4	4	3	4	3	4	4

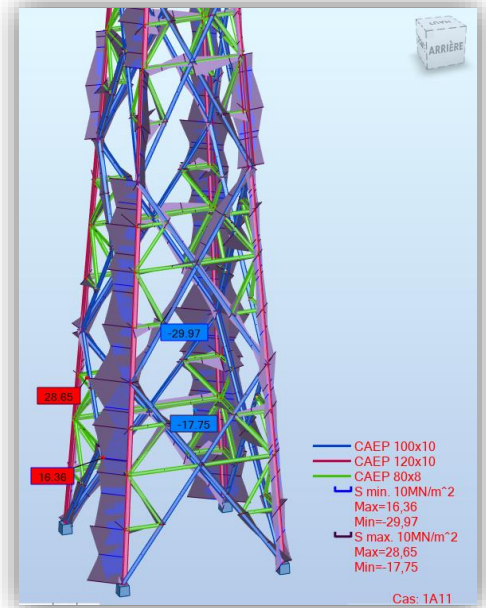
Tableau II-29 : Contraintes (Extrêmes globaux)

On remarque que la contrainte maximale 28,65MPa est au niveau de la barre 1671, celle-ci représente un montant dont le matériau est E24 qui a une limite d'élasticité égale à 235 MPa.

Ainsi, pour la barre 37 qui a une contrainte de -16,75 MPa est un montant en E24.

Puisque $28,65 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$ et $-16,75 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$, alors le critère de résistance est bien vérifié

Fig II.46 : diagrammes de la contrainte maximale et minimale



II.2.7 Vérification des Efforts :

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	3823,23	43,76	46,69	0,00	0,43	0,29
Barre	1670	1671	1611	1783	1611	51
Nœud	812	869	800	897	800	1
MIN	-4162,31	-48,40	-46,86	-0,00	-0,42	-0,28
Barre	37	51	1063	1837	1063	1671
Nœud	21	33	521	897	521	807

Tableau II-32 : Efforts (Extrêmes globaux)

II.2.8 Vérification des Déplacements :

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]	RX [Rad]	RY [Rad]	RZ [Rad]
MAX	1,0	0,8	0,1	0,000	0,001	0,001
Noeud	919	838	18	32	989	800
Cas	3	4	4	7 (C)	3	3
MIN	-0,0	-0,1	-0,1	-0,000	-0,000	-0,001
Noeud	800	26	838	43	884	1
Cas	7 (C)	3	7 (C)	4	7 (C)	3

Tableau II-35 : Déplacements (Extrêmes globaux)

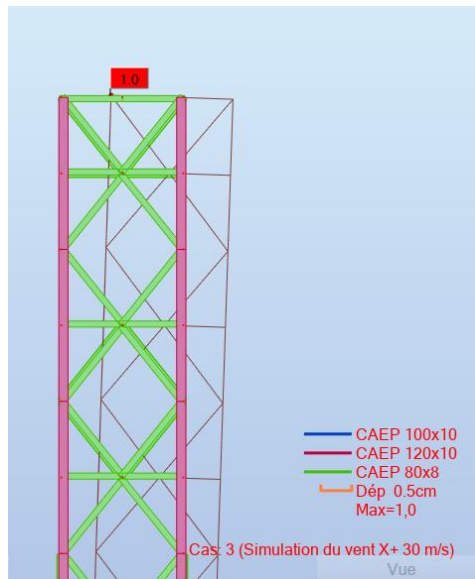


Fig II.52: Déplacements
SUR SENS X

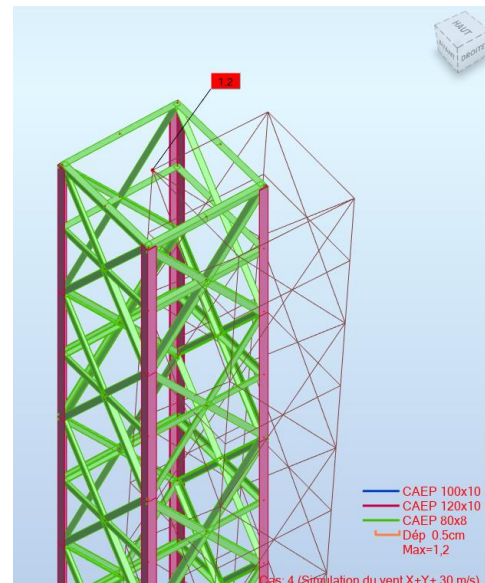


Fig II.49: Déplacements
sur sens X+Y (45°)

On remarque que le déplacement maximal est au sommet (Nœud 919), comme on l'indique dans la figure suivante :

Vérification de déplacement maximal dans nœud 45 :

$$H / 200 \geq \Delta_k \text{ (le déplacement par robot)}$$

$$H = 30 \text{ m} = 3000\text{cm} \quad ; \quad 3000/200 = 15\text{cm} > 2.3 \text{ cm} \quad \text{C.V}$$

Par logiciel Robot (automatique)

II.2.9 Le choix de cornière :

Pièce	Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas
1	CAEP 120x10	ACIER	29.29	57.51	0.08	7 1,35(G+Q+V _x)
2 Arbalétrier_CM66_2	CAEP 80x8	ACIER	20.15	39.47	0.02	7 1,35(G+Q+V _x)
3 Arbalétrier_CM66_3	CAEP 80x8	ACIER	49.07	96.11	0.01	7 1,35(G+Q+V _x)
4	CAEP 120x10	ACIER	29.72	58.35	0.09	7 1,35(G+Q+V _x)
5 Arbalétrier_CM66_5	CAEP 80x8	ACIER	60.13	117.76	0.03	7 1,35(G+Q+V _x)
6 Arbalétrier_CM66_6	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.05	7 1,35(G+Q+V _x)
7 Arbalétrier_CM66_7	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.06	7 1,35(G+Q+V _x)
8 Arbalétrier_CM66_8	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+V _x)
9	CAEP 100x10	ACIER	37.39	73.28	0.02	7 1,35(G+Q+V _x)
10	CAEP 100x10	ACIER	37.39	73.28	0.04	7 1,35(G+Q+V _x)
11	CAEP 80x8	ACIER	50.23	98.39	0.02	7 1,35(G+Q+V _x)
12 Arbalétrier_CM66_12	CAEP 80x8	ACIER	25.12	49.19	0.02	7 1,35(G+Q+V _x)
13 Arbalétrier_CM66_13	CAEP 80x8	ACIER	50.22	98.35	0.02	7 1,35(G+Q+V _x)
14 Arbalétrier_CM66_14	CAEP 80x8	ACIER	42.40	83.04	0.01	7 1,35(G+Q+V _x)
15 Arbalétrier_CM66_15	CAEP 80x8	ACIER	20.15	39.47	0.02	7 1,35(G+Q+V _x)
16	CAEP 120x10	ACIER	29.72	58.35	0.06	7 1,35(G+Q+V _x)

17 Arbalétrier_CM66_17	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
21	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
24	CAEP 120x10	ACIER	43.19	84.81	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
25	CAEP 120x10	ACIER	43.19	84.81	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
26	CAEP 120x10	ACIER	43.19	84.81	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
27	CAEP 120x10	ACIER	43.19	84.81	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
28	CAEP 120x10	ACIER	43.19	84.81	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
29	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
30	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.00	7 1,35(G+Q+Vx)
31	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.00	7 1,35(G+Q+Vx)
32	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.00	5 1,35G+1,5Vx
33	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.00	5 1,35G+1,5Vx
34	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
37	CAEP 120x10	ACIER	29.29	57.51	0.07	7 1,35(G+Q+Vx)
38 Arbalétrier_CM66_38	CAEP 80x8	ACIER	30.06	58.88	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
41	CAEP 120x10	ACIER	24.47	48.05	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
42 Arbalétrier_CM66_42	CAEP 80x8	ACIER	40.31	78.94	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
43 Arbalétrier_CM66_43	CAEP 80x8	ACIER	30.31	59.35	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
45	CAEP 80x8	ACIER	52.09	102.01	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
46 Arbalétrier_CM66_46	CAEP 80x8	ACIER	49.62	97.17	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
47	CAEP 100x10	ACIER	87.99	172.42	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
50	CAEP 120x10	ACIER	24.90	48.89	0.07	7 1,35(G+Q+Vx)
51	CAEP 120x10	ACIER	24.90	48.89	0.09	7 1,35(G+Q+Vx)
52 Arbalétrier_CM66_52	CAEP 80x8	ACIER	30.06	58.88	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
53 Arbalétrier_CM66_53	CAEP 80x8	ACIER	25.12	49.19	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
56 Arbalétrier_CM66_56	CAEP 80x8	ACIER	46.00	90.10	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
57 Arbalétrier_CM66_57	CAEP 80x8	ACIER	15.15	29.68	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
60 Arbalétrier_CM66_60	CAEP 80x8	ACIER	49.01	95.98	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
61 Arbalétrier_CM66_61	CAEP 80x8	ACIER	38.56	75.52	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
64 Arbalétrier_CM66_64	CAEP 80x8	ACIER	15.15	29.68	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
65	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
66	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
67	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
68	CAEP 120x10	ACIER	24.47	48.05	0.06	7 1,35(G+Q+Vx)
69	CAEP 100x10	ACIER	42.22	82.73	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
70	CAEP 100x10	ACIER	42.22	82.73	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
71	CAEP 100x10	ACIER	34.77	68.13	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
72	CAEP 100x10	ACIER	34.77	68.13	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
73	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
74	CAEP 120x10	ACIER	30.35	59.58	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
75	CAEP 120x10	ACIER	31.37	61.60	0.05	7 1,35(G+Q+Vx)
76	CAEP 120x10	ACIER	31.37	61.60	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
77	CAEP 120x10	ACIER	23.84	46.82	0.04	7 1,35(G+Q+Vx)
78	CAEP 120x10	ACIER	23.84	46.82	0.06	7 1,35(G+Q+Vx)
79	CAEP 120x10	ACIER	22.82	44.80	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
80	CAEP 120x10	ACIER	22.82	44.80	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
81	CAEP 100x10	ACIER	40.97	80.29	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
82	CAEP 100x10	ACIER	40.97	80.29	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
83	CAEP 100x10	ACIER	32.19	63.09	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
84	CAEP 100x10	ACIER	32.19	63.09	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
85	CAEP 100x10	ACIER	40.54	79.43	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
86	CAEP 100x10	ACIER	40.54	79.43	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
87	CAEP 100x10	ACIER	29.48	57.77	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
88	CAEP 100x10	ACIER	29.48	57.77	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
89	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	5 1,35G+1,5Vx
92	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)

94	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
95	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
98	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
99	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
102	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
103	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
106	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
107	CAEP 80x8	ACIER	41.90	82.06	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
1029	CAEP 100x10	ACIER	37.39	73.28	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
1030	CAEP 100x10	ACIER	37.39	73.28	0.04	7 1,35(G+Q+Vx)
1031	CAEP 80x8	ACIER	26.17	51.26	0.01	7 1,35(G+Q+Vx)
1032 Arbalétrier_CM66_1032	CAEP 80x8	ACIER	60.13	117.76	0.03	7 1,35(G+Q+Vx)
1034 Arbalétrier_CM66_1034	CAEP 80x8	ACIER	20.15	39.47	0.02	7 1,35(G+Q+Vx)
1035 Arbalétrier_CM66_1035	CAEP 120x10	ACIER	29.72	58.35	0.08	7 1,35(G+Q+Vx)

Donc tous les cornière choisir son vérifié.

Tableau II-38 : vérification de choix de cornière

II.2.10 Etude d'assemblage :

On vérifié l'assemblage des trois nœuds de ce pylône.

On utilise: M20 ($d = 20 \text{ mm}$, $d_0 = 22 \text{ mm}$, $A_s = 245 \text{ mm}^2$)

Calcul de P_1 et e_1 :

$$1,2 d_0 \leq e_1 \leq \max(12 t ; 150 \text{ mm})$$

$$26,4 \leq e_1 \leq 150 \quad \text{alors : } e_1 = 50 \text{ mm}$$

$$2,2 d_0 \leq p_1 \leq \min(28t ; 400 \text{ mm})$$

$$48,2 \leq p_1 \leq 280 \text{ mm} \quad \text{alors : } p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$P_1 = p_2 = 60 \text{ mm}$$

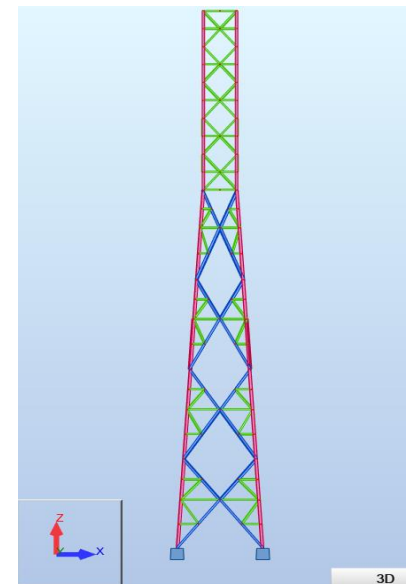
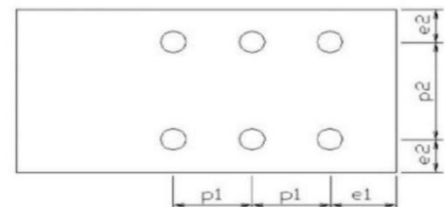


Fig II.55: Vue en plan Z-X

I.2.18.13 Vérification au cisaillement :

Point 1 = 6 boulons ; Point 2 = 3
boulon point 3 = 3 boulons



$F_{V.sd} \text{ (daN)}$			$F_{V.sd/nb} \text{ (daN)}$		
1	2	3	1	2	3
2603,5	2394	771,12	433,91	789	257,04

$F_{V,Rd} \text{ (daN)} = \frac{0.5 f_{ub} A_s}{\gamma M_b 1}$	$F_{V,sd}/nb \leq F_{V,Rd}$		
	1	2	3
5880	C.V	C.V	C.V

Tableau II-41 : Vérification au cisaillement

I.2.18.14 Vérification à la traction :

On a :
$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma M_b 2} = 8820 \text{ daN}$$

$F_{t,sd}/nb \text{ (daN)}$			$F_{t,sd}/nb \leq F_{t,Rd} \text{ (daN)}$		
1	2	3	1	2	3
433,91	789	257,04	C.V	C.V	C.V

Tableau II-44 : Vérification à la traction

I.2.18.15 Verification aux pressions diamétrales:

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_{u.d.t}}{\gamma \cdot M_b 1}$$

$F_{b,sd}/nb \text{ (daN)}$			$F_{b,sd}/nb \leq F_{b,Rd} \text{ (daN)}$		
1	2	3	1	2	3
433,91	789	257,04	C.V	C.V	C.V

Tableau II-47 : Vérification aux pressions diamétrales

Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la présentation du logiciel de modélisation et de dimensionnement de ces pylônes qui est **Robot Structural Analysis**, ainsi que la présentation de certains résultats obtenus de l'étude statique du pylône et l'étude d'assemblage et la fondation.

On remarque que les contraintes max engendrées par les efforts imposés au pylône sont largement vérifiées. Cette vérification montre que le pylône est stable.

III CHAPITRE III

Métré et Estimation de prix des pylônes

III.1 Introduction :

Tout projet de construction nécessite une estimation du cout de sa réalisation. Cette estimation permet au maitre d'ouvrage de juger sa capacité à financer les travaux en fonction du budget disponible. Quel que soit la nature des travaux prévus dans un projet, l'estimation est indispensable aussi bien pour le client que pour l'exécutant.

L'art du "métré" a toujours été inséparable de "l'acte de construire". En effet, il n'est pas d'ouvrage qui n'ait été construit sans qu'on ne se soit préoccupé de sa qualité, des quantités et des coûts des différents travaux à réaliser.

Nous noterons que le "métré" est directement lié aux différentes technologies, puisqu'il s'appuie sur une connaissance approfondie des matériaux, de leurs mises en œuvre, ainsi que de la manière dont les travaux sont conduits.

III.2 Définition de Métré :

C'est un document administratif établi par le métreur sur des feuilles spéciales. Le métré est composé de calculs de surfaces et de volumes et/ou de poids qui permettent de déterminer les quantités de matières à mettre en œuvre. Le métré a donc pour but l'évaluation des ouvrages en partant de leur mesurage suivant les cas : avant, pendant et après l'exécution des travaux.

Le métré sert à :

- ✓ L'estimation préalable des travaux.
- ✓ La conduite de l'exécution des travaux.
- ✓ La facturation des travaux

III.3 Définition de L'avant métré :

C'est une évaluation des quantités des travaux à partir des mesures indiquées sur les plans et les dessins servant à la construction de cet ouvrage dans le but d'obtenir une estimation. Elle consiste à mesurer les éléments qui entrent dans la composition d'une construction pour en connaître les longueurs : câbles électroniques, buses, plinthes..., les surfaces : enduits, carrelage, maçonneries ... les volumes : déblais, remblais, béton ... ou **le poids** : armature, ciment, **charpente métallique**... Ils sont établis en tenant compte des unités de références, mentionnés aux bordereaux des prix.

III.4 But de métré et de l'avant métré :

Le métré, comme l'avant - métré ont pour objet le calcul détaillé des diverses quantités d'ouvrages élémentaires. Ils consistent donc à analyser qualitativement et quantitativement l'ensemble des travaux nécessaires à la réalisation des projets afin de pouvoir, en fin de compte, en déterminer le prix.

III.5 Les métreurs :

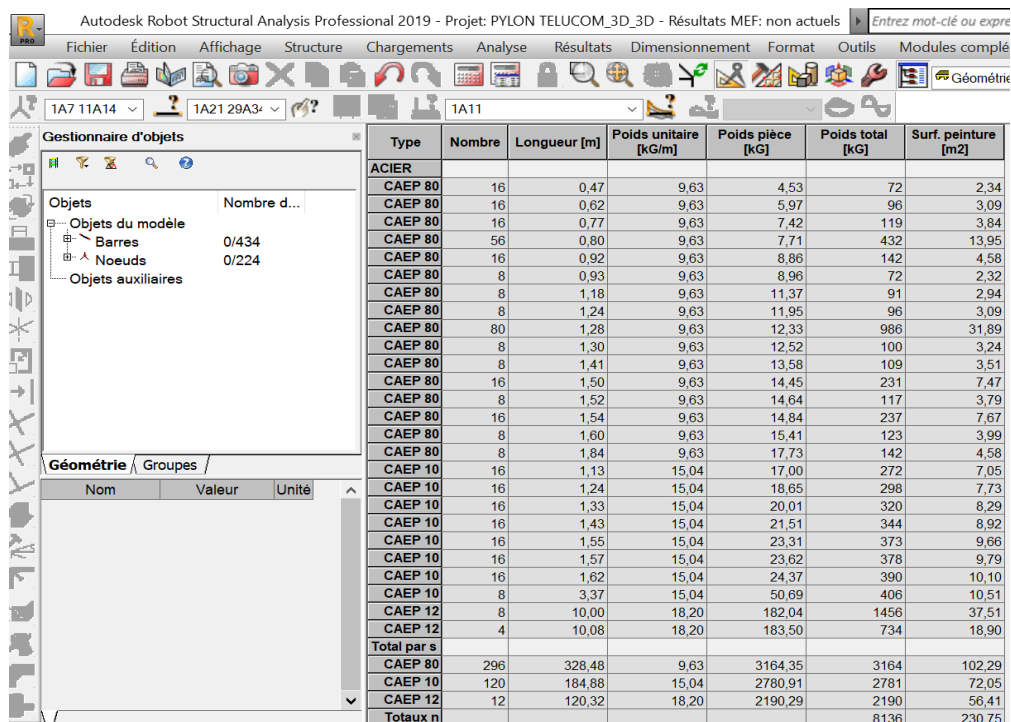
Sont des techniciens du bâtiment (et des T.P.) spécialisés en matière d'économie de la construction. Analystes, statisticiens, principalement en matière de prescription de travaux et de coût de la construction, ils sont aussi étroitement concernés par la gestion et l'économie des chantiers et des entreprises.

III.6 Rôle du métreur dans la construction :

- ✓ Calculer les futures quantités de l'ouvrage à construire.
- ✓ Calculer le prix de revient et de vente prévisionnelle de l'ouvrage à construire.
- ✓ Se faire le suivi de paiement et facturation de l'ouvrage.[11]

III.7 Le métré de pylône télécommunication :

Pour obtenir la liste des profilés de chaque projet on doit entrer dans le logiciel Robot et on clique sur le bouton droit par la souris et on choisit (tableau) et après on clique sur Métré comme il est indiqué dans la figure N, donc on obtient le tableau des profilés.



Type	Nombre	Longueur [m]	Poids unitaire [KG/m]	Poids pièce [KG]	Poids total [KG]	Surf. peinture [m2]
ACIER						
CAEP 80	16	0,47	9,63	4,53	72	2,34
CAEP 80	16	0,62	9,63	5,97	96	3,09
CAEP 80	16	0,77	9,63	7,42	119	3,84
CAEP 80	56	0,80	9,63	7,71	432	13,95
CAEP 80	16	0,92	9,63	8,86	142	4,58
CAEP 80	8	0,93	9,63	8,96	72	2,32
CAEP 80	8	1,18	9,63	11,37	91	2,94
CAEP 80	8	1,24	9,63	11,95	96	3,09
CAEP 80	80	1,28	9,63	12,33	986	31,89
CAEP 80	8	1,30	9,63	12,52	100	3,24
CAEP 80	8	1,41	9,63	13,58	109	3,51
CAEP 80	16	1,50	9,63	14,45	231	7,47
CAEP 80	8	1,52	9,63	14,64	117	3,79
CAEP 80	16	1,54	9,63	14,84	237	7,67
CAEP 80	8	1,60	9,63	15,41	123	3,99
CAEP 80	8	1,84	9,63	17,73	142	4,58
CAEP 10	16	1,13	15,04	17,00	272	7,05
CAEP 10	16	1,24	15,04	18,65	298	7,73
CAEP 10	16	1,33	15,04	20,01	320	8,29
CAEP 10	16	1,43	15,04	21,51	344	8,92
CAEP 10	16	1,55	15,04	23,31	373	9,66
CAEP 10	16	1,57	15,04	23,62	378	9,79
CAEP 10	16	1,62	15,04	24,37	390	10,10
CAEP 10	8	3,37	15,04	50,69	406	10,51
CAEP 12	8	10,00	18,20	182,04	1456	37,51
CAEP 12	4	10,08	18,20	183,50	734	18,90
Total par s						
CAEP 80	296	328,48	9,63	3164,35	3164	102,29
CAEP 10	120	184,88	15,04	2780,91	2781	72,05
CAEP 12	12	120,32	18,20	2190,29	2190	56,41
Totaux n					8136	230,75

Tableau III-1 : Tableaux de métré de pylône télécommunication

Acier	Nombre	Longeur(m)	Longeur(mm)	Poids unitaire(kg/m)	Poids piece(Kg)	Poids total(kg)	Surface peinture(m2)
L80*8	16	0,47	470	9,63	4,53	72	2,34
L80*8	16	0,62	620	9,63	5,97	96	3,09
L80*8	16	0,77	770	9,63	7,42	119	3,84
L80*8	56	0,8	800	9,63	7,71	432	13,95
L80*8	16	0,92	920	9,63	8,86	142	4,58
L80*8	8	0,93	930	9,63	8,96	72	2,32
L80*8	8	1,18	1180	9,63	11,37	91	2,94
L80*8	8	1,24	1240	9,63	11,95	96	3,09
L80*8	80	1,28	1280	9,63	12,33	986	31,89
L80*8	8	1,3	1300	9,63	12,52	100	3,24
L80*8	8	1,41	1410	9,63	13,58	109	3,51
L80*8	16	1,5	1500	9,63	14,45	231	7,47
L80*8	8	1,52	1520	9,63	14,64	117	3,79
L80*8	16	1,54	1540	9,63	14,84	237	7,67
L80*8	8	1,6	1600	9,63	15,41	123	3,99
L80*8	8	1,84	1840	9,63	17,73	142	4,58
L100*10	16	1,13	1130	15,04	17	272	7,05
L100*10	16	1,24	1240	15,04	18,65	298	7,73
L100*10	16	1,33	1330	15,04	20,01	320	8,29
L100*10	16	1,43	1430	15,04	21,51	344	8,92
L100*10	16	1,55	1550	15,04	23,31	373	9,66
L100*10	16	1,57	1570	15,04	23,62	378	9,79
L100*10	16	1,62	1620	15,04	24,37	390	10,1
L100*10	8	3,37	3370	15,04	50,69	406	10,51
L120*12	8	10	10000	18,2	182,04	1456	37,51
L120*12	4	10,08	10080	18,2	183,5	734	18,9
					Total	8136	

Avant d'injecter la liste de la matière dans le logiciel Cutting ; il faut :

- Créer un fichier Excel.
- Copie la liste des profilées de Robot a Excel.
- changer l'unité des profilés Cornières de (m) au (mm).
- modifier les noms des profils dans un fichier Excel afin de les identifier dans le fichier Cutting.

long(mm)	nbr	profil
470	16	L80*8
620	16	L80*8
770	16	L80*8
800	56	L80*8
920	16	L80*8
930	8	L80*8
1180	8	L80*8
1240	8	L80*8
1280	80	L80*8
1300	8	L80*8
1410	8	L80*8
1500	16	L80*8
1520	8	L80*8
1540	16	L80*8
1600	8	L80*8
1840	8	L80*8
1130	16	L100*10
1240	16	L100*10
1330	16	L100*10
1430	16	L100*10
1550	16	L100*10
1570	16	L100*10
1620	16	L100*10
3370	8	L100*10
10000	8	L120*12
10080	4	L120*12

On choisir le poids de la tôle comme 10% du poids de cornier net

Poids de cornier net (kg)	8136
Poids de la tole net (kg)	813,6
Poids total (kg)	8949,6

III.7.1 Devis quantitatif de Pylône télécommunication:

Donne les quantités de toutes les parties d'ouvrages, ces quantités sont déterminées par le métreur qui à partir des plans décompose le projet en éléments simples qu'il mesure. Dans notre cas on doit calculer :

- ✓ Les terrassements déblais et remblais.
- ✓ Le béton de propreté.
- ✓ Le béton armé.
- ✓ La charpente métallique.

En effet, c'est le devis quant est un élément qui résumé le métré il doit reprend seulement :

- le numéro ou la numérotation repère d'article.
- le texte désignant la prestation d'entreprise.
- l'unité de mesurage.
- la quantité finale.

N°	Description	Unité	Quantité
1	Terrassements	m3	
1.1	Terre Végétal		1,44
1.2	Terre foisonnement		6,9
2	Béton	m3	
2.1	Béton propreté	m3	0,144
2.2	Béton armé	m3	0,58
3	Charpente métallique Pylône télécommunication	kg	8949,6

Tableau III-4 : Devis quantitatif de Pylône télécommunication

I.2.18.16 Terrassements :

Terrassement de la terre végétal :

$ep = 20\text{cm}$ sur une surface de chaque semelle = $1,20 \times 1,2$

Coefficient de fusionnement = 1,25

$$T_{er.V} = A * B * 0,2 * 1,25 * 4$$

$$T_{er.F} = A * B * 1,2 * 1,42 * 4$$

I.2.18.17 Béton :

Béton propreté : $ep = 10\text{cm}$

B.P = 0, 1*1,2*1,2

B.A = $(a*a*h)+(A*B)*h_t$

- Les mêmes étapes ont été utilisées pour obtenir les quantités nets des profils (corniers) et la tôle pour le pylône électrique

III.7.2 Devis estimatif :

C'est un document donne les prix unitaires des différentes parties d'ouvrages. En multipliant ces prix par les quantités estimées et en additionnant les résultats on obtient finalement l'estimation totale du coût de l'ouvrage.

On utilise logiciel *Cutting* pour déterminer la mise on barre pour calculer les taux des chutes afin d'estimer le cout de revient de projet et d'évaluer le prix de vente [11]

III.7.3 Définition de logiciel *Cutting* :

Cutting optimisation est un logiciel utilisé pour le débitage optimal des matériaux 1D et 2D. Le logiciel permet définir des produits complexes comme des placards, des bureaux, étagères, des tables etc.



- Avant d'injecter le tableau Excel indiquer dans la figure N dans le logiciel *Cutting* il faut introduit les types des matières premières utiliser (cornières) et leur longueurs globale 12 m et on clique sur (Start) pour lance le calcul la mise en barre.

La liste des profils utilisés

Les types des matières premières

The screenshot shows the 'PIÈCES' (Parts) list in the software. It contains two tables. The first table lists profiles with columns: Longueur (Length), Largeur (Width), Quantité (Quantity), and Matière (Material). The second table lists raw material types with columns: Longueur (Length), Largeur (Width), Quantité (Quantity), and Matière (Material).

Longueur	Largeur	Quantité	Matière
470	0	16	L80*8
620	0	16	L80*8
770	0	16	L80*8
800	0	56	L80*8
920	0	16	L80*8
930	0	8	L80*8
1180	0	8	L80*8
1240	0	8	L80*8
1280	0	80	L80*8
1300	0	8	L80*8
1410	0	8	L80*8

Longueur	Largeur	Quantité	Matière
12000	0	1000	L120*12
12000	0	1000	L80*8
12000	0	1000	L100*10

Les chutes

The screenshot shows the 'Graphique: 1D' (Graph: 1D) section of the software, which displays a detailed list of waste (chutes) for various materials. The table includes columns for Longueur (Length), Matière (Material), Quantité (Quantity), and Déchet (Waste). The waste values are shown in a grid format.

Longueur	Matière	Quantité	Étiquette	Déchet	Graphique: 1D
12000	L80*8	7		0	1280 1280 1280 1280 1280 800 800 800 800 800 800 800
12000	L80*8	1		0	1280 800 800 800 800 770 770 770 770 770 770 770 770 770 770 770 620
12000	L80*8	1		0	1280 1280 1280 1280 1280 1280 770 770 770 770 620 620
12000	L80*8	1		0	800 800 800 770 770 620 620 620 620 620 620 620 620 620 620 620 620
12000	L80*8	1		90	1280 1280 1280 1280 1280 1280 470 470 470 470 470 470
12000	L80*8	1		7430	1280 470 470 470 470 470 470
12000	L100*10	1		0	1430 1330 1330 1130 1130 1130 1130 1130 1130 1130
12000	L100*10	3		0	1620 1620 1620 1620 1430 1430 1330 1330
12000	L100*10	5		0	3370 1570 1570 1570 1550 1240 1330
12000	L100*10	1		0	1550 1430 1330 1330 1330 1330 1240 1330
12000	L100*10	2		0	3370 1620 1550 1550 1430 1240 1240
12000	L100*10	1		720	3370 1620 1620 1570 1550 1550
12000	L100*10	1		80	1550 1550 1550 1550 1430 1430 1430 1430
12000	L100*10	1		190	1430 1430 1330 1330 1330 1240 1240 1240 1240

Pour obtenir la liste de la matière première la mise en barres on clique sur (Statistiques : 1D) et on choisit (Barres utilisées)

Graphique: 1D		Statistiques: 1D				
Pièces utilisées	Barres utilisées	Coupes	Déchets réutilisés	Déchets éliminés	Statistiques pour d	
Longueur	Largeur	Quantité	Matière	Texture	Étiquette	Prix
12000	0	28	L80*8			0
12000	0	16	L100*10			0
12000	0	12	L120*12			0

On doit copier ce tableau sur *l'Excel* et on insère les poids unitaires des corniers et on calcule les poids par barre et les poids totaux.

Le poids par barre = la longueur * poids unitaire

Le poids total = Le poids par barre * La quantité

Longueur (mm)	Nauace	Quantité	Profil	Poids (Kg/ml)	Poids par barre (Kg)	Poids total (Kg)
12000	S 275 JR	12	L120*12	18,2	218,4	2620,8
12000	275	16	L100*10	15,04	180,48	2887,68
12000	275	28	L80*8	9,63	115,56	3235,68
					Total	8744,16

Tableau III-7 : Les barres nettes requises

Puis on calcule le poids des chutes de profil (cornier)

poids de chute de profil	608,16
pourcentage de chute de profil	7%
poids de la tôle chute	138,312
pourcentage de chute de tôle	17%
pourcentage total de chute	9%

Le poids de chute de profil = Poids total - Poids de cornier net

$$\text{Pourcentage de chute de profil} = \frac{\text{le poids de chute de profil}}{\text{Poids de cornier net}}$$

Poids de la tôle chute = poids de la tôle net x 0,17

$$\text{Pourcentage de chute de tôle} = \frac{\text{poids de la tôle chute}}{\text{poids de la tôle net}} \times 100$$

Fig III.2 : Fiche de coût de pylône télécommunication

Fiche de Coût de pylône télécommunication															
Production (kg)	Désignation	Version	Ratio kg/t	Consommation (kg)	Coût U (kg)	Montant	Marge	Prix de Vente							
8.136 814 8.950	Profilé Brut Sans Rabotage		1070	8.706	224,7	1.828.159									
	Toile Brut		1170	952	225,8	183.719									
	Prix moyen CM				224,8	2.011.954									
	BOBINE FIL DE SOUDAGE AUTROD 2,5mm 30kg		10	81	5,4	43.934									
	OK FLUX DE SOUDURE 30KG		0	-	-	-									
	Consommable		5	45	3,0	24.408									
	Peinture Antirouille Deux Couches (Kg)		3,5	28	1,2	9.596									
	Sablage		19	155	-	-	40.680								
	Service Extérieur		0	-	5,0	-	-								
	Etrude		0	-	15,0	-	122.040								
Charge du Personnel				-	15,2	123.943									
Amortissement					15,2	123.943									
Total Sans Peinture Sans Montage						270	2.376.556								
8.950	Commission		0			-									
Prix de Vente Sans Peinture Sans Montage						302	2.702.578	12%	301,98						
8.950	Bolonerie 5%		0			-									
	Transport		0			-									
	Montage Nord		0			-									
	Suplement Montage au Sud		0			-									
Total Avec Montage						270	2.376.556								
Prix de Vente Avec Montage						301,98	2.702.578	12%	301,98						
8.950	Total Avec Peinture					270	2.376.556								
	Peinture		0	9,6		78									
Prix de Vente Avec Peinture						301,98	2.702.578	12%	301,98						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Delai MP (Mois)</td> <td style="width: 50%;">4</td> </tr> <tr> <td>Delai Production (Mois)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Delai Globale (Mois)</td> <td>7</td> </tr> </table>										Delai MP (Mois)	4	Delai Production (Mois)	3	Delai Globale (Mois)	7
Delai MP (Mois)	4														
Delai Production (Mois)	3														
Delai Globale (Mois)	7														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Coût de Revient (kg)</td> <td style="width: 50%;">270</td> </tr> <tr> <td>Marge</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>Prix de Vente</td> <td>301,98</td> </tr> </table>										Coût de Revient (kg)	270	Marge	12%	Prix de Vente	301,98
Coût de Revient (kg)	270														
Marge	12%														
Prix de Vente	301,98														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">poids de la charpente</td> <td style="width: 10%;">Prix u</td> <td style="width: 10%;">prix total</td> </tr> <tr> <td>8.949,60</td> <td>301,98</td> <td>2.702.577,76</td> </tr> </table>										poids de la charpente	Prix u	prix total	8.949,60	301,98	2.702.577,76
poids de la charpente	Prix u	prix total													
8.949,60	301,98	2.702.577,76													

III.7.4 Estimation des prix de pylône télécommunication (Fiche de Coût) :

III.8 Le mètre de pylône électrique :

Les mêmes étapes pour le pylône électrique

Tableau III-10 : Tableau de métré pylône électrique

Type	Nombre	Longueur [m]	Poids unitaire [kG/m]	Poids pièce [kG]	Poids total [kG]	Surf. peinture [m2]
CAEP 60x6	6	1,58	5,43	8,57	51	2,21
CAEP 60x6	8	1,62	5,43	8,79	70	3,02
CAEP 60x6	8	1,70	5,43	9,22	74	3,17
CAEP 60x6	8	2,13	5,43	11,56	92	3,97
CAEP 90x9	36	0,79	12,19	9,63	347	9,97
CAEP 90x9	36	0,92	12,19	11,21	404	11,61
CAEP 90x9	8	1,11	12,19	13,53	108	3,11
CAEP 90x9	8	1,29	12,19	15,72	126	3,62
CAEP 90x9	4	1,33	12,19	16,21	65	1,86
CAEP 90x9	8	1,45	12,19	17,67	141	4,07
CAEP 90x9	8	1,48	12,19	18,04	144	4,15
CAEP 90x9	36	1,50	12,19	18,28	658	18,93
CAEP 90x9	8	1,59	12,19	19,38	155	4,46
CAEP 90x9	8	1,68	12,19	20,47	164	4,71
CAEP 90x9	8	1,76	12,19	21,45	172	4,94
CAEP 90x9	8	1,83	12,19	22,30	178	5,13
CAEP 90x9	24	1,88	12,19	22,91	550	15,82
CAEP 90x9	8	1,95	12,19	23,77	190	5,47
CAEP 90x9	72	2,03	12,19	24,74	1781	51,24
CAEP 90x9	8	2,14	12,19	26,08	209	6,00
CAEP 90x9	8	2,42	12,19	29,49	236	6,79
CAEP 90x9	8	2,60	12,19	31,69	253	7,29
CAEP 90x9	8	3,81	12,19	46,43	371	10,69
CAEP 90x9	8	4,03	12,19	49,12	393	11,30
CAEP 120x1	4	0,58	18,20	10,56	42	1,09
CAEP 120x1	12	6,00	18,20	109,22	1311	33,76
CAEP 120x1	4	10,90	18,20	198,42	794	20,44
Total par secti						
CAEP 60x6	128	145,30	5,43	788,29	788	33,87
CAEP 90x9	320	545,28	12,19	6645,57	6646	191,15
CAEP 120x1	20	117,92	18,20	2146,60	2147	55,29
Totaux nets:					9580	280,31

Barres \ Panneaux \ Info

Acier	Nombre	Longeur(m)	Longeur(mm)	Poids unitaire(kg/m)	Poids piece(Kg)	Poids total(kg)	Surface pienture(m2)
L60*6	12	0,46	460	5,43	2,5	30	1,29
L60*6	12	0,5	500	5,43	2,71	33	1,4
L60*6	8	0,81	810	5,43	4,39	35	1,51
L60*6	12	0,91	910	5,43	4,94	59	2,55
L60*6	6	0,92	920	5,43	4,99	30	1,29
L60*6	12	1	1000	5,43	5,43	65	2,8
L60*6	6	1,06	1060	5,43	5,75	35	1,48
L60*6	6	1,16	1160	5,43	6,29	38	1,62
L60*6	12	1,21	1210	5,43	6,56	79	3,39
L60*6	6	1,46	1460	5,43	7,92	48	2,04
L60*6	6	1,53	1530	5,43	8,3	50	2,14
L60*6	6	1,58	1580	5,43	8,57	51	2,21
L60*6	8	1,62	1620	5,43	8,79	70	3,02
L60*6	8	1,7	1700	5,43	9,22	74	3,17
L60*6	8	2,13	2130	5,43	11,56	92	3,97
L90*9	36	0,79	790	12,19	9,63	347	9,97
L90*9	36	0,92	920	12,19	11,21	404	11,61
L90*9	8	1,11	1110	12,19	13,53	108	3,11
L90*9	8	1,29	1290	12,19	15,72	126	3,62
L90*9	4	1,33	1330	12,19	16,21	65	1,86
L90*9	8	1,45	1450	12,19	17,67	141	4,07
L90*9	8	1,48	1480	12,19	18,04	144	4,15
L90*9	36	1,5	1500	12,19	18,28	658	18,93
L90*9	8	1,59	1590	12,19	19,38	155	4,46
L90*9	8	1,68	1680	12,19	20,47	164	4,71
L90*9	8	1,76	1760	12,19	21,45	172	4,94
L90*9	8	1,83	1830	12,19	22,3	178	5,13
L90*9	24	1,88	1880	12,19	22,91	550	15,82
L90*9	8	1,95	1950	12,19	23,77	190	5,47
L90*9	72	2,03	2030	12,19	24,74	1781	51,24
L90*9	8	2,14	2140	12,19	26,08	209	6
L90*9	8	2,42	2420	12,19	29,49	236	6,79
L90*9	8	2,6	2600	12,19	31,69	253	7,29
L90*9	8	3,81	3810	12,19	46,43	371	10,69
L90*9	8	4,03	4030	12,19	49,12	393	11,3
L120*10	4	0,58	580	18,2	10,56	42	1,09
L120*10	12	6	6000	18,2	109,22	1311	33,76
L120*10	4	10,9	10900	18,2	198,42	794	20,44
						9581	

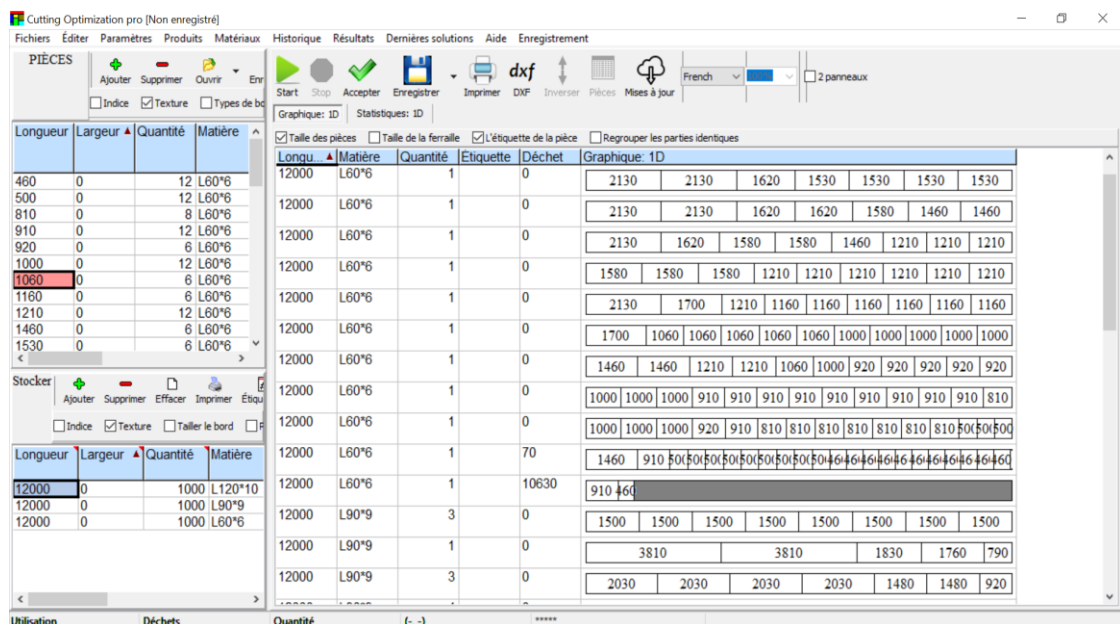
- Les mêmes étapes ont été utilisées pour obtenir les quantités nets des profils (corniers) et la tôle pour le pylône électrique

Poids de cornier net (Kg)	9581
Poids de la tôle net (Kg)	958,1
Poids total (kg)	10539,1

III.8.1 Devis quantitatif de pylône électrique:

N°	Description	Unité	Quantité
1	Terrassements	m3	
1.1	Terre Végétal		1,44
1.2	Terre foisonnement		6,9
2	Béton	m3	
2.1	Béton propretè		0,144
2.2	Béton armé		0,58
3	Charpente métallique Pylône électrique	kg	10539,1

Tableau III-13 : Devis quantitatif de Pylône électrique



Longueur (mm)	Nauace	Quantite	Profile	Poids (Kg/ml)	Poid par barre (Kg)	poid total (Kg)
12000	275	13	L60*6	5,43	65,16	847,08
12000	275	46	L90*9	12,19	146,28	6728,88
12000	275	10	L120*10	18,2	218,4	2184
					Total	9759,96



Cutting Optimization pro [Non enregistré]

Fichiers Éditer Paramètres Produits Matériaux Historique Résultats Dernières solutions Aide Enregistrement

PIÈCES

Ajouter Supprimer Ouvrir Entrée

Start Stop Accepter Enregistrer Imprimer DXF Inverser Pièces Mises à jour

French 2 panneaux

Graphique: 1D Statistiques: 1D

Taille des pièces Taille de la ferraille L'étiquette de la pièce Regrouper les parties identiques

Longueur	Largeur	Quantité	Matière	Longu.	Matière	Quantité	Etiquette	Déchet
460	0	12	L60*6	12000	L90*9	3	0	2600 2600 2030 2030 1450 1290
500	0	12	L60*6	12000	L90*9	7	0	2030 2030 2030 2030 1590 1500 790
810	0	8	L60*6	12000	L90*9	1	0	4030 2030 2030 1880 1110 920
910	0	12	L60*6	12000	L90*9	1	0	2030 2030 2030 2030 1760 1330 790
920	0	6	L60*6	12000	L90*9	1	0	2030 2030 2030 2030 1480 1290 1110
1000	0	12	L60*6	12000	L90*9	1	350	4030 3810 3810
1060	0	6	L60*6	12000	L90*9	1	40	2140 2140 2030 2030 2030 1590
1160	0	6	L60*6	12000	L90*9	1	470	2030 2030 1880 1880 1880 1830
1210	0	12	L60*6	12000	L90*9	1	220	1830 1830 1760 1680 1680 1500 1500
1460	0	6	L60*6	12000	L90*9	1	660	1500 1500 1500 1480 1450 1330 1290 1290
1530	0	6	L60*6	12000	L90*9	1	740	1110 1110 1110 1110 1110 920 920 920 920
				12000	L90*9	1	4240	920 920 920 920 790 790 790 790
				12000	L120*10	6	0	6000 6000
				12000	L120*10	4	520	10900 880

Utilisation Déchets Quantité (-, -) *****



Graphique: 1D Statistiques: 1D

Pièces utilisées Barres utilisées Coupes Déchets réutilisés Déchets éliminés Statistiques pour d

Longueur	Largeur	Quantité	Matière	Texture	Étiquette	Prix
12000	0	13	L60*6			0
12000	0	46	L90*9			0
12000	0	10	L120*10			0

Fig III.4 : Fiche de cout de pylône électrique

Fiche de Coût de pylône électrique									
Production (kg)	Designation	Version	Ratio kg/t	Consommation (kg)	Cout U (kg)	Montant	Marge	Prix de Vente	
9.581 958 10.539	Profile Brut Sans Rabotage		1020	9.773	214,2	2.052,250			
	Toile Brut		1170	1.121	225,8	216,349			
	Prix moyen CM				215,4	2.270,066			
	BOBINE FIL DE SOUDAGE AUTROD 2,5mm 30kg		10	96	5,4	51,737			
	OK FLUX DE SOUDURE 30KG		0	-	-	-			
	Consommable		5	53	3,0	28,743			
	Peinture Antirouille Deux Couches (Kg)		3,5	34	1,2	11,301			
	Sablage		0	182	-	-			
	Service Extérieur		0	-	5,0	47,905			
	Etrude		0	-	15,0	143,715			
Charge du Personnel				-	15,2	145,956			
Amortissement									
Total Sans Peinture Sans Montage						260	2.699,423		
10.539	Commission		0			-			
Prix de Vente Sans Peinture Sans Montage						291	3.071,442	12%	291,43
10.539	Bolonerie 5%		0			-			
	Transport		0			-			
	Montage Nord		0			-			
	Suplement Montage au Sud		0			-			
Total Avec Montage						260	2.699,423		
Prix de Vente Avec Montage						291,43	3.071,442	12%	291,43
10.539	Total Avec Peinture					260	2.699,423		
	Peinture		0	9,6	92	-			
Prix de Vente Avec Peinture						291,43	3.071,442	12%	291,43
Delai MP (Mois)			4			Cout de Revient (kg)	260		
Delai Production (Mois)			3			Marge	12%		
Delai Globale (Mois)			7			Prix de Vente	291,43		
poinds de la charpente			Prix u		291,43	prix total	3.071,441,66		
			10.539,10						

III.8.2 Estimation des prix de pylône électrique (Fiche de Cout) :

Dans notre projet on va estimer la partie de la charpente métallique seulement.

Devis quantitatif et Estimatif

Pylône télécommunication :

					<u>BBA le 16/03/2023</u>
Client :	Loghrab fethennour				
Objet :	Fabrication d'un pylone en charpente métallique de télécommunication : (4x4)x30m				
Devis N°: 01/2023					
<u>DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF</u>					
N°	DÉSIGNATION DES TRAVAUX	U	Q.TITÉ	P/U	MONTANT
	<u>A/ CHARPENTE MÉTALLIQUE :</u>				
A-1	F/Fabrication d un pylone métallique y compris la galvanisation	KG	8.136	301,00	2.448.936,00
MONTANT TOTAL EN HT					2.448.936,00
TVA 19%					465.297,84
MONTANT TOTAL EN TTC					2.914.233,84
<u>Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de :</u>					
<i>Deux million neuf cent quatorze mille deux cent trente trois en TTC</i>					
CONDITIONS DE VENTE					
	Les travaux seront au mètre				
	Délai de réalisation : 15 jours après la réception de l'avance et du Bon de commande.				
	Mode de Paiement: Par virement bancaire ou chèque certifié: 30% à la commande et le solde à la livraison.				
	Ce devis est donnée à titre indicatif				
	Délai de l'offre 2 jours				
	Non compris transport				

Pylône électrique :

					<u>BBA le 16/03/2023</u>
Client :	Mahsas Abderrahim				
Objet :	Fabrication d'un pylone en charpente métallique de électrique : (6x6)x30m				
Devis N°: 02/2023					
<u>DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF</u>					
N°	DÉSIGNATION DES TRAVAUX	U	Q.TITÉ	P/U	MONTANT
	<u>A/ CHARPENTE MÉTALLIQUE :</u>				
A-1	F/Fabrication d un pylone métallique y compris la galvanisation	KG	10.539	291,00	3.066.849,00
MONTANT TOTAL EN HT					3.066.849,00
TVA 19%					582.701,31
MONTANT TOTAL EN TTC					3.649.550,31
<u>Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de :</u>					
<i>Trois million six cent quarante-neuf mille cinq cent cinquante TTC</i>					
CONDITIONS DE VENTE					
	Les travaux seront au mètre				
	Délai de réalisation : 15 jours après la réception de l'avance et du Bon de commande.				
	Mode de Paiement: Par virement bancaire ou chèque certifié: 30% à la commande et le solde à la livraison.				
	Ce devis est donnée à titre indicatif				
	Délai de l'offre 2 jours				
	Non compris transport				

Conclusion :

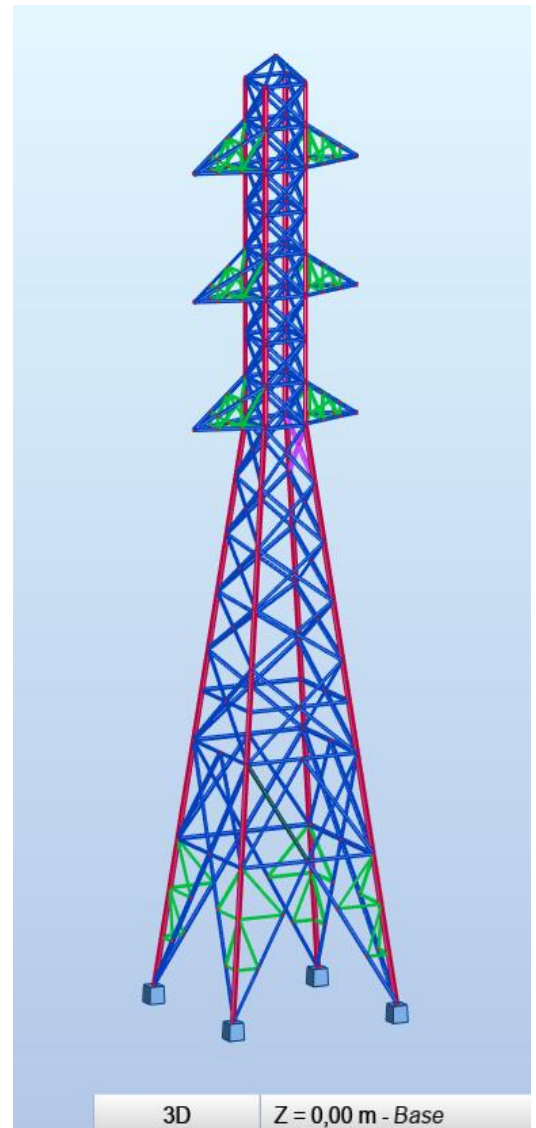
Dans ce chapitre on à vue des généralités sur le métré et l'estimation des prix et à l'aide des logiciel *Cutting* et *l'Excel* on détermine les fiches de cout et les devis quantitatif et Estimatif de chaque pylône.

FICHES TECHNIQUES

Fiches techniques

Pylône auto-stable à six triangles :

- Domaine d'utilisation/fonction : Distribution, Transport d'électricité et haute tension.
- Hauteur : 30m.
- Poids : 9580 kg.
- Matière : Acier S 235 apte à la galvanisation à chaud.
 - Traitement : Galvanisation à chaud selon la norme ISO 1461, de tous les éléments, après toute fabrication.
 - Structure métallique : Tour ou mat en treillis d'acier, cornières, en éléments démontables /transportables.
 - Boulonnerie d'assemblage : classe 8.8, galvanisée à chaud.
 - Câble : Type AAAC en aluminium sa section 288mm².
 - Section transversale du pylône : carrée.
 - Ancrage et Gabarit d'ancrage : fourni avec chaque pylône (Plaques tiges filetées, écrous et rondelles).
 - Plaque d'identification : constructeur, type, année de construction.
 - Plateforme de travail et marches de repos : à divers niveau



Vues en 3D du pylône électrique

Pylône auto-stable de télécommunication :

- Domaine d'utilisation/fonction :
Distribution,
Transport d'électricité et haute tension.

- Hauteur : 30m.
- Poids : **8136** kg.
- Matière : Acier S 235 apte à la galvanisation à chaud.
 - Traitement : Galvanisation à chaud selon la norme ISO 1461, de tous les éléments, après toute fabrication.

- Structure métallique : Tour ou mat en treillis d'acier, cornières, en éléments démontables /transportables.

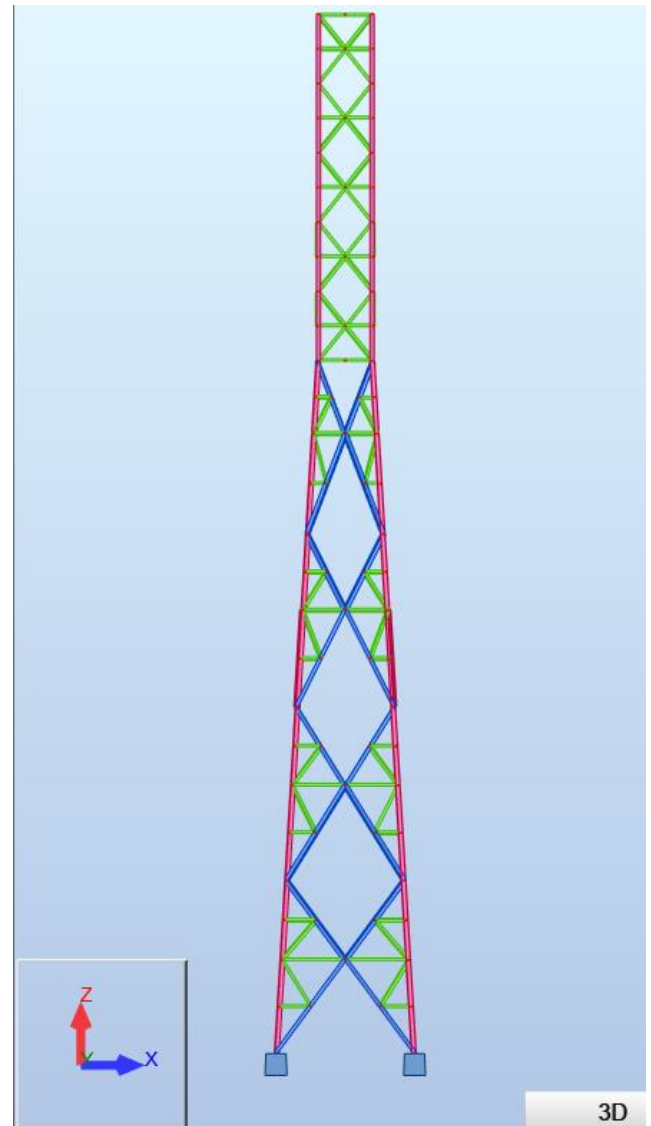
- Boulonnerie d'assemblage : classe 8.8, galvanisée à chaud.

- Section transversale du pylône : carrée.

- Equipements : antenne, ligne d'alimentation équipement de transition

- Ancrage et Gabarit d'ancrage : fourni avec chaque pylône (Plaques tiges filetées, écrous et rondelles).

- Plaque d'identification : constructeur, type, année de construction.
- Plateforme de travail et marches de repos : à divers niveau



Vues en 3D du pylône télécommunication

Conclusion général :

Ce travail concerne l'analyse de stabilité des structures de deux types des pylônes, l'un d'eux est utilisé pour le transport de l'énergie électrique par câble aérien et l'autre utilisé pour supporter les antennes de télécommunication

Lors de cette étude, nous avons abordé :

- La conception de la structure du pylône par logiciel *Robot Structural Analysis*
- Le choix des matériaux
- Evaluation des charges appliquées sur les pylônes
- Analyse statique selon CM66
- Vérification des déplacements et contrainte
- Vérification d'assemblage.
- Étude de fondation
- La vérification de choix de cornières.
- Le métré des pylônes
- Les devis quantitatif et estimatif
- L'estimation des prix des deux pylônes.

Nous affirmons que ce projet nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques en construction métallique, et ce travail a montré que le domaine étudié est très vaste, et sûrement seule l'expérience permet de contrôler les hypothèses

Au terme de ce travail, nous pouvons dire que cette étude nous a été bénéfique et nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances concernant la modélisation et le dimensionnement des pylônes sur le logiciel *Robot Structural Analysis* et *Tekla Structures* et l'estimation des charpente métalliques à l'aide de logiciel *Cutting Optimization pro*, et d'élargir nos connaissances aux concepts de construction métallique notamment les pylônes de télécommunication et pylônes électriques et de voir les difficultés rencontrées par les ingénieurs concepteurs de tels projets.

Finalement, nous espérons que ce travail servira de référence aux prochaines promotions pour l'aider à étudier ce type de structure.

Références bibliographiques :

- [1] A. A. Ouahman and A. Rai, *Étude et Conception des pylônes pour le transport d'électricité: Conception et dimensionnement d'une famille de pylône pour la ligne aérienne à très haute tension (400 KV)*. Éditions universitaires européennes, 2014.
- [2] B. Souad, "ETUDE DE LA STRUCTURE METALLIQUE D'UN PYLONE ELECTRIQUE DE HAUTE TENSION." Faculté des Sciences et Technologies, p. 184, 2019.
- [3] P.-L. Bouchard, *Calcul de la capacité de pylônes à treillis avec une approche stabilité*. Université de Sherbrooke, 2013.
- [4] H. Samia, "Analyse de la stabilité des pylônes à treillis." université BADJI MOKHTAR-ANNABA, p. 94, 2016.
- [5] N. Mouad and K. Zakaria, "Etude d'un pylône de télécommunication de hauteur 30m." faculté des sciences et de la technologie univ bba, p. 95, 2022.
- [6] M. Nihed and B. Amira, "Etude du champ électromagnétique au voisinage des lignes transmission HVDC et HVAC." faculté des sciences et de la technologie univ bba, p. 57, 2022.
- [7] N. française N. C. 11-201, "Réseaux de distribution publique d'énergie électrique," Ets Busson, 1996.
- [8] Alioum MOUSTAPHA, "Construction d'une ligne d'interconnexion HTA 33kV ET LE RESEAU HTA/BTA DE YABA." Alioum MOUSTAPHA, p. 47p, 2011.
- [9] <https://www.orange.com/fr>, "Le rôle clé des antennes-relais." <https://radio-waves.orange.com/fr/le-role-cle-des-antennes-relais/>
- [10] C. Nehme, "Pylônes de télécommunications et bâtiments," p. 173, 2016.
- [11] H. Ziani, "Cours de Métré et estimation des prix." University Mohamed El Bachir El Ibrahimy département de génie civil, p. 100, 2022.
- [12] laboratoire de mécanique des sols et géotechnique L. – Bouziane, "rapport géotechnique," Bordj Bou Arreridj, 2022.

Partie de réalisation des deux pylônes par *tekla structure* :

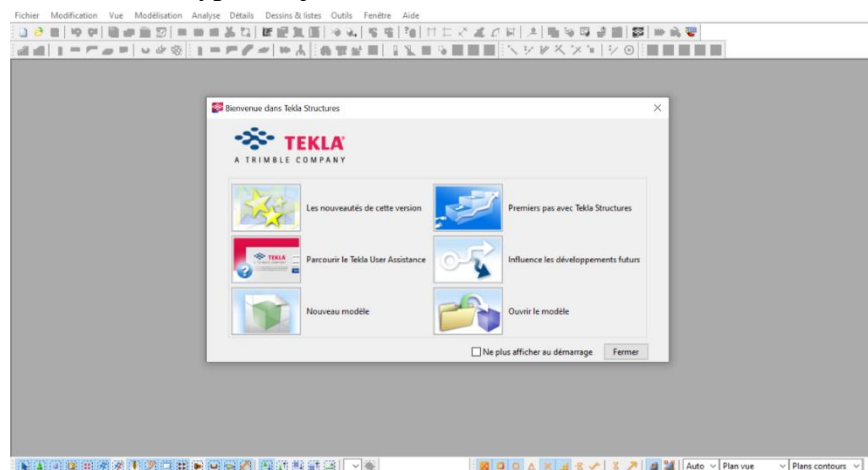
Définition de *Tekla structure* :

Tekla structure est un outil destiné aux ingénieurs de structure, aux dessinateurs de détails et aux fabrications.

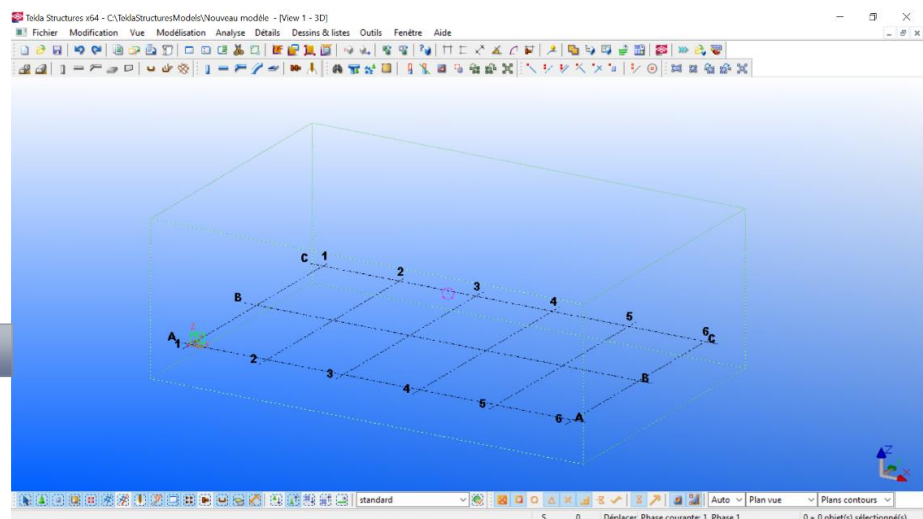
Il s'agit d'une solution 3D intégrée à base de modèles permettant d'utiliser des bases de données multi-matériaux (acier, béton, bois, etc...)

Tekla structure possède les fonctions suivantes : modélisation interactive, analyse structurelle, dessin et création automatique de dessins.

Tekla structure vous permet de créer un modèle réaliste de n'importe quelle structure incluant l'information nécessaire pour la fabrication et la construction. Le modèle de produit 3D inclut la géométrie et les dimensions de structure, et toute l'information au sujet des profils et sections. Des types de joint, des matériaux.



1- 1: La fenêtre de Bienvenue dans tekla structures s'affiche, choisir Nouveau modèle



1- 2: La fenêtre s'affiche

Les avantages de logiciel :

Tekla structure permet de mettre en place un process BIM constructible en internaliser grâce a des informations faibles et précises. En effet, les données sont dotées d'un grade précision, permettent ainsi d'éviter les erreurs parfois coûteuses.

De plus importation, l'exportation et le lien des données avec des modèles ou des logiciels tiers permettent une meilleure collaboration entre les différents métiers et les équipes présentes sur un projet.

Enfin, le logiciel est disponible en 15 langues, permettant d'avoir une compréhension et une formation commune peu importe le pays où se trouve l'utilisateur. Le fait de choisir également une licence permet d'avoir un logiciel en adéquation avec les besoins des différents utilisateurs.

Après la réalisation des deux modèles sur *tekla structure*

Model 1 : Pylône électrique :

Les cornières utiliser pour se modèle :

CAE120x 10

CAE 90x9

CAE 60x6

L'assemblage :

Les boulons (M20 et M16)

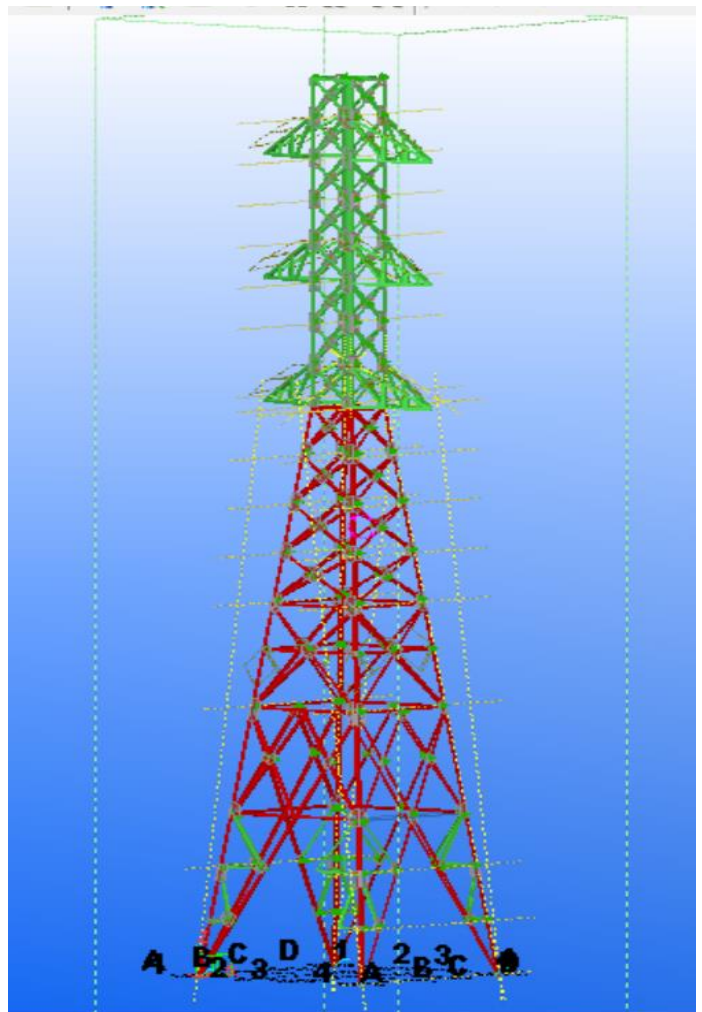
Les goussets :

(e = 10 mm ; L et h depuis les noeuds)

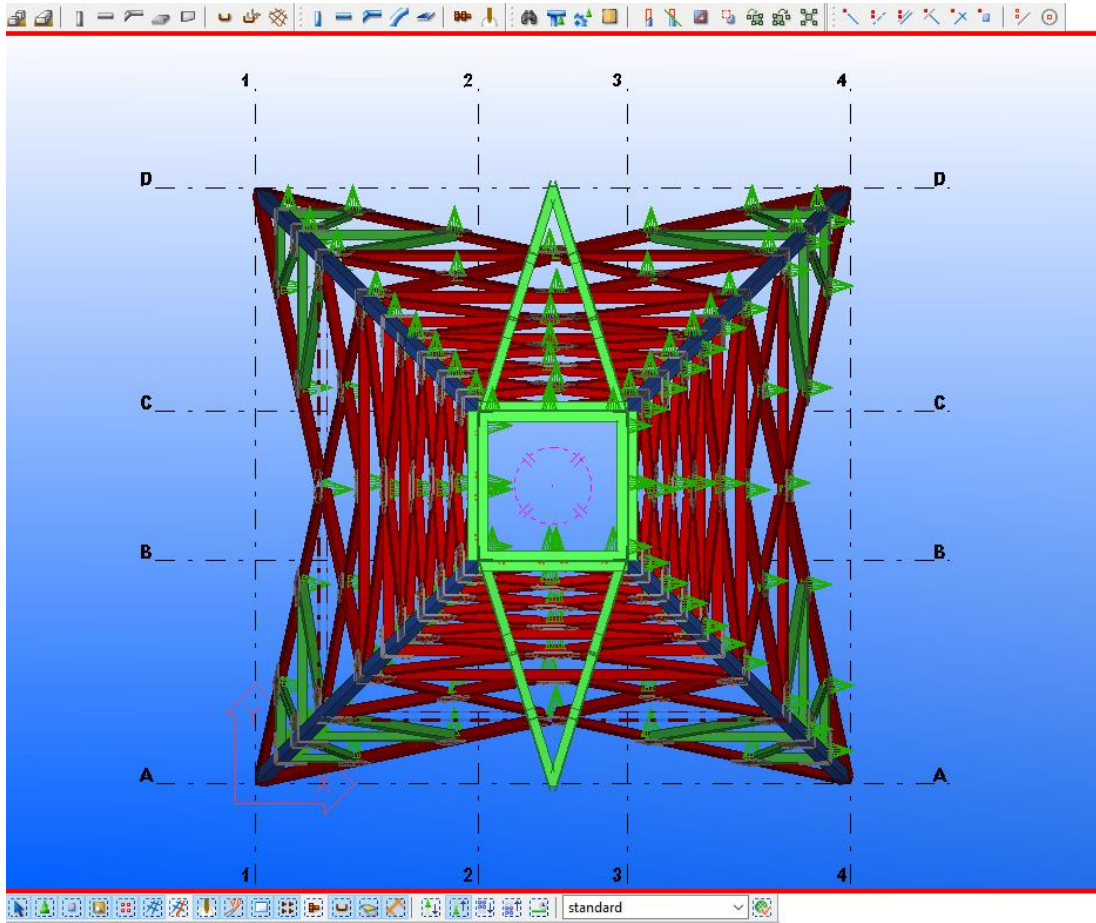
Fondation :

Platine de pieds (e = 12 mm)

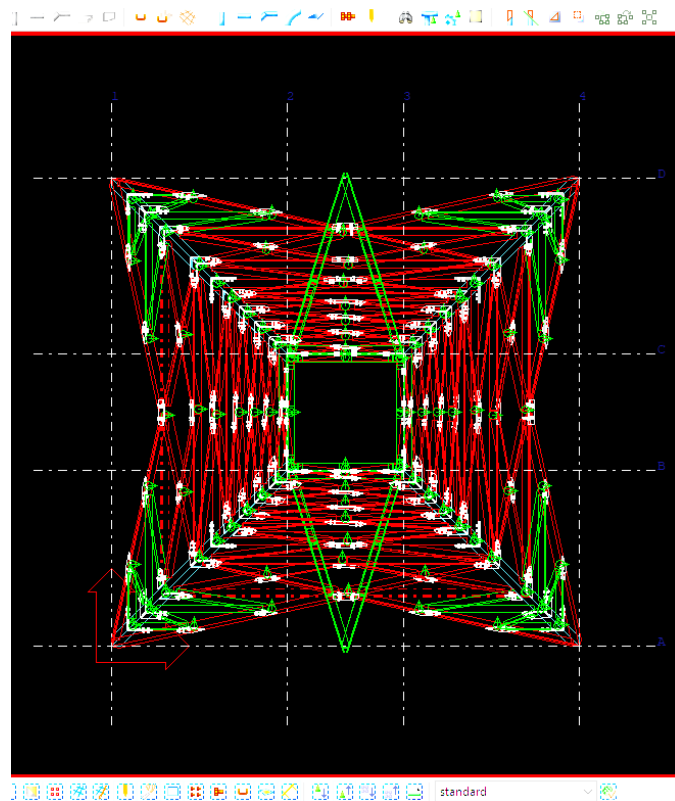
Tige d'ancrage (h = 40mm)



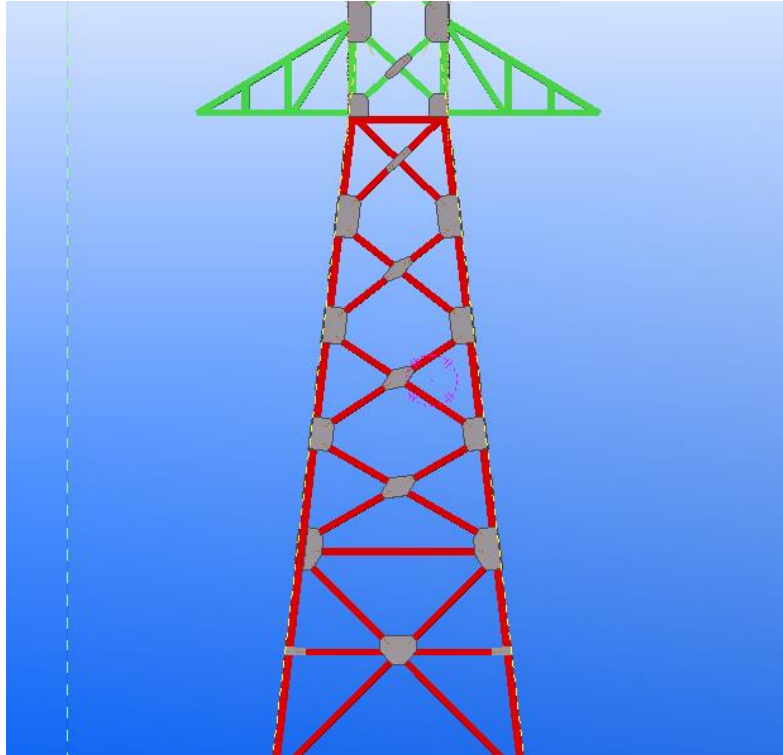
1- 3: Vue en 3D par
Logiciel Tekla structure



1- 4: Vue en Haut (plan X-Y)

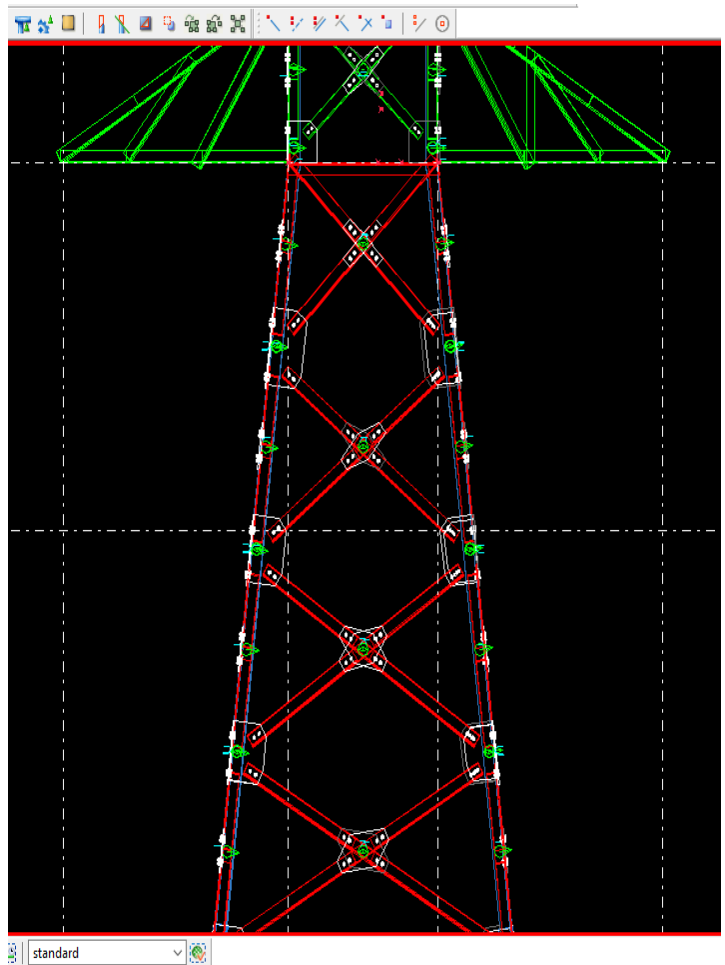


1- 5: Vue en haut par type Filaire



1- 6: Vue avant (plan X-Z)

1- 7: Vue avant (plan X-Z)
par type Filaire



Model 2 : Pylône de télécommunication :

Les corniers utilisés pour ce modèle :

CAE120x 10

CAE 90x9

CAE 60x6

L'assemblage :

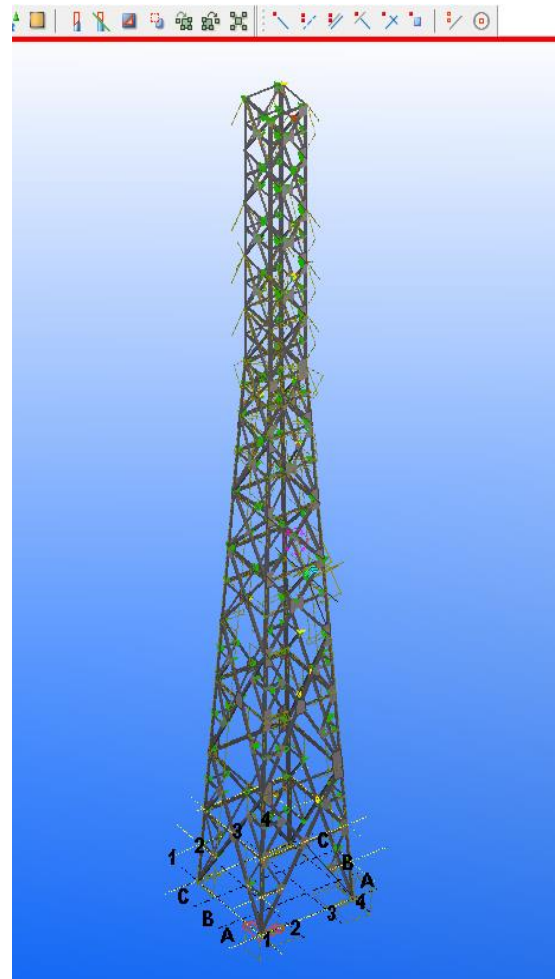
Les boulons (M20 et M16)

Les goussets :

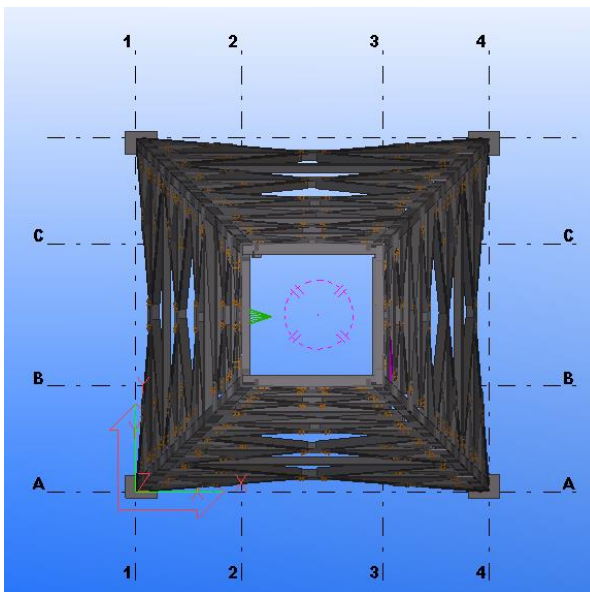
(e = 10 mm ; L et h depuis les noeuds)

Fondation :

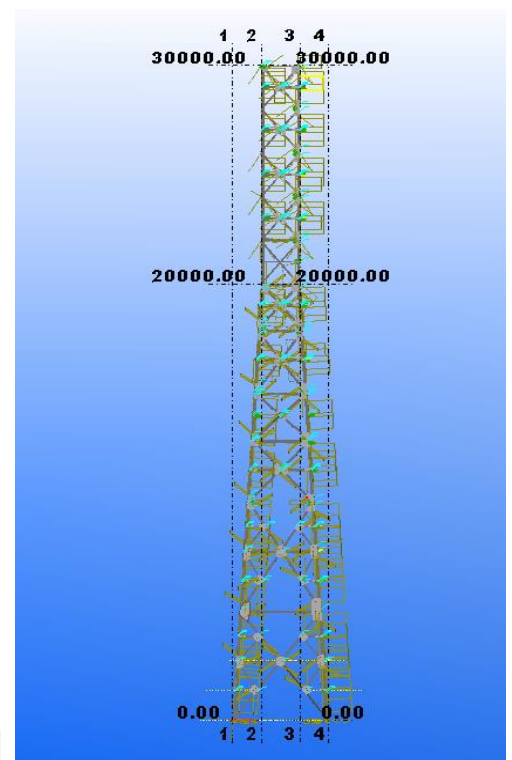
Platine de pieds (e = 12 mm)Tige
d'ancrage (h = 40mm)



1- 10: Vue en 3D par
Logiciel Tekla structure



1- 9: Vue en Haut (plan X-Y)



1- 8: Vue avant (plan X-Z)

ANNEXE (1)

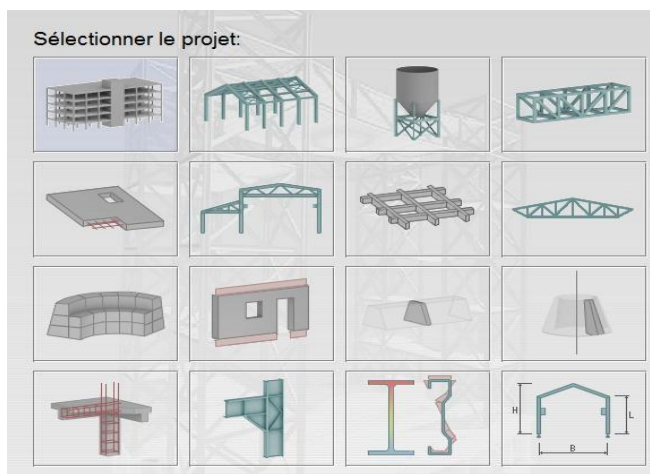
Logiciel ROBOT

Présentation générale du logiciel *ROBOT* :

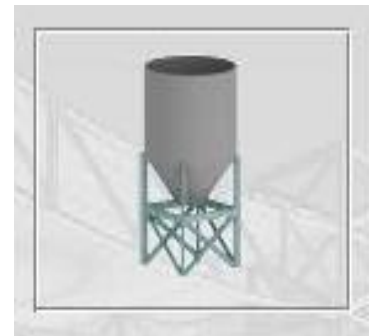
Le logiciel *Autodesk Robot Structural Analysis* permet de créer les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, dimensionner les éléments spécifiques de la structure ; la dernière étape gérée par *ROBOT* est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée.

Le logiciel *ROBOT* est aussi un logiciel collaboratif pour tester la conformité BIM d'une structure en acier, une structure en béton, du design structurel.

Les étapes de travail :

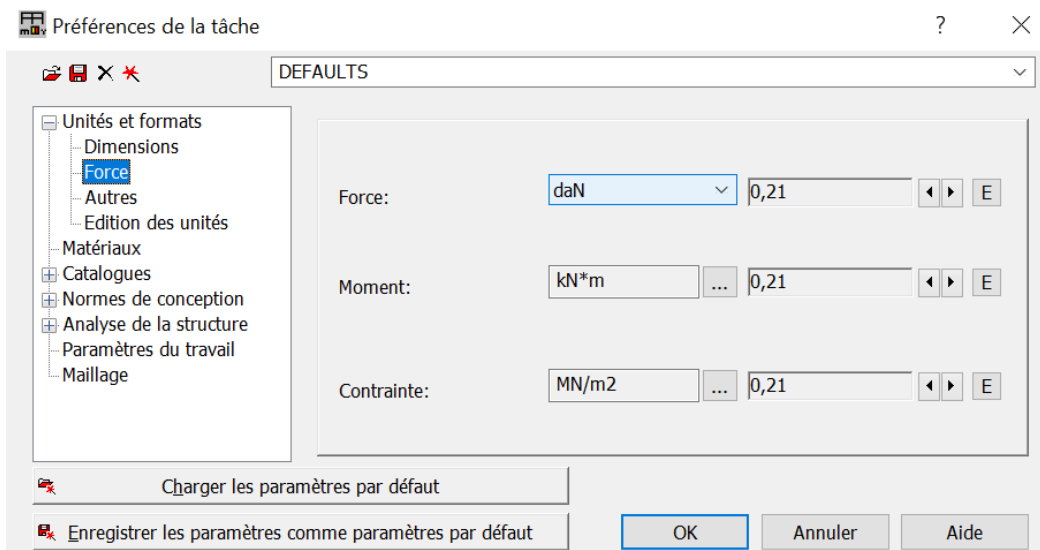


Pour notre cas, on étudiera une structure en Coque :




(1) 1: Choix de la structure

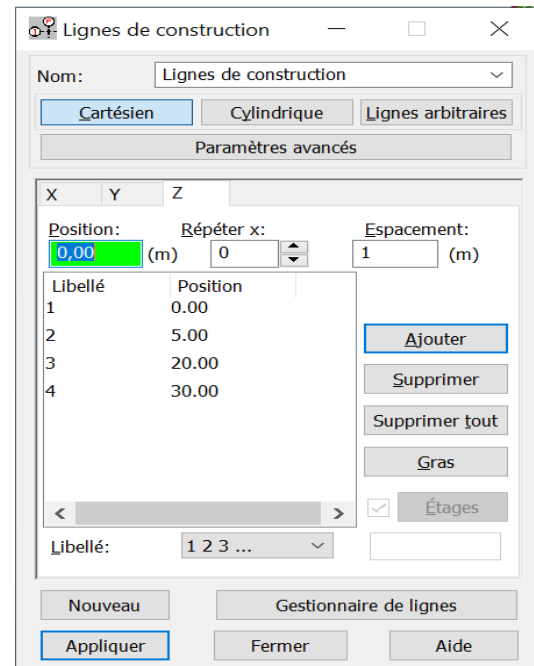
Pour définir les paramètres matériaux, unités et normes de l'affaire :




(1) 2 : Préférence de la tâche

On clique sur l'icône 

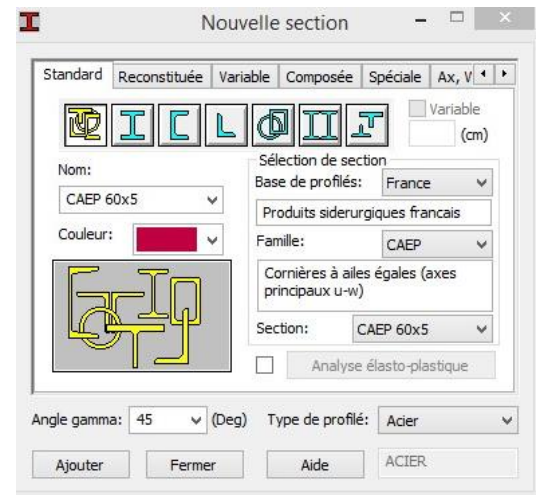
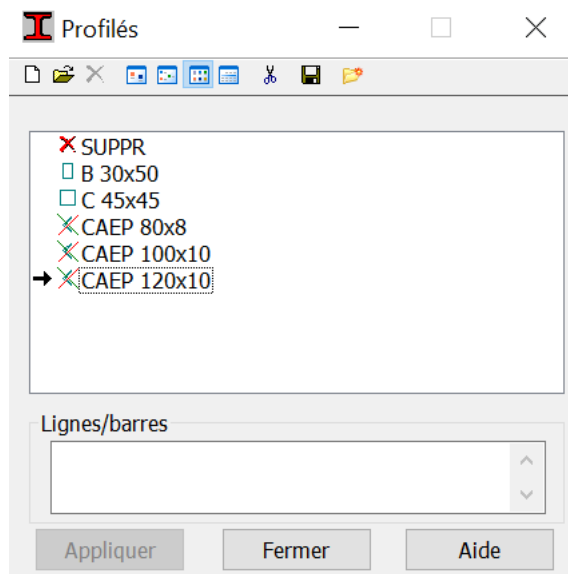
Et on définit les lignes de construction :



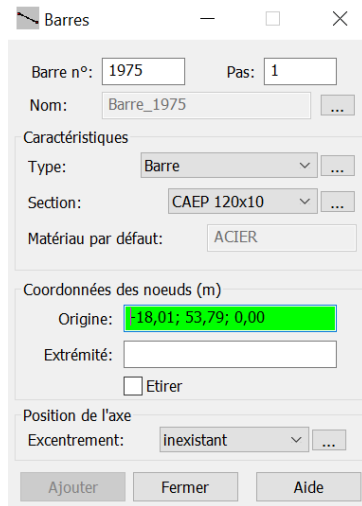
(1) 3 : les lignes de construction

On clique sur l'icône 


On choisit les types de cornier utiliser :



On clique sur l'icône  pour créer les barres de pylône

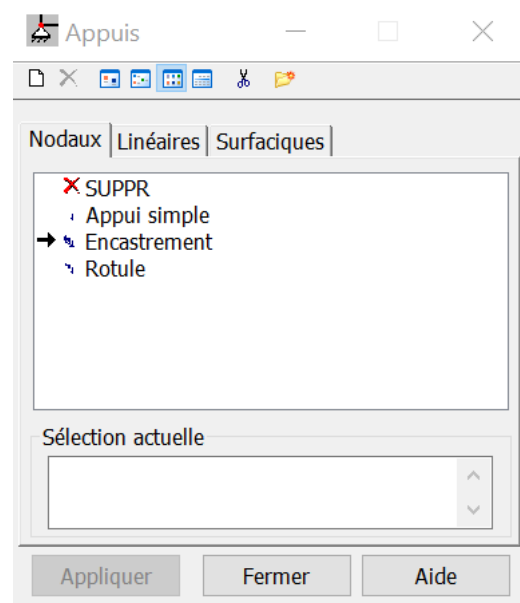


(1) 4 : Les profiles utiliser

On Définir les appuis par clique sur l'icone 

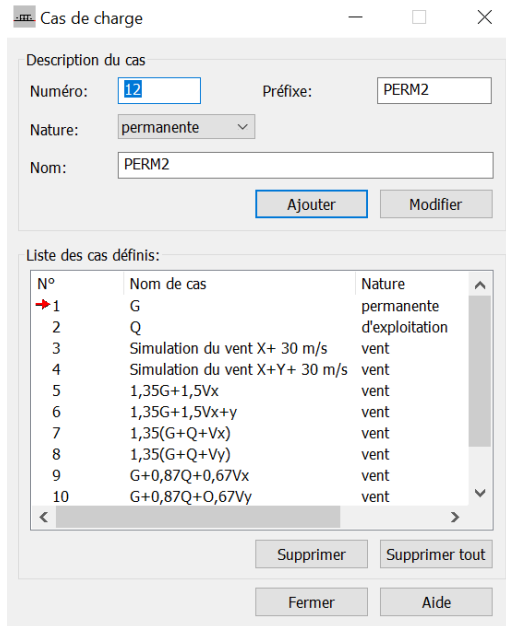
Et on choisir l'Encastrement

(1) 5 : La définition des appuis

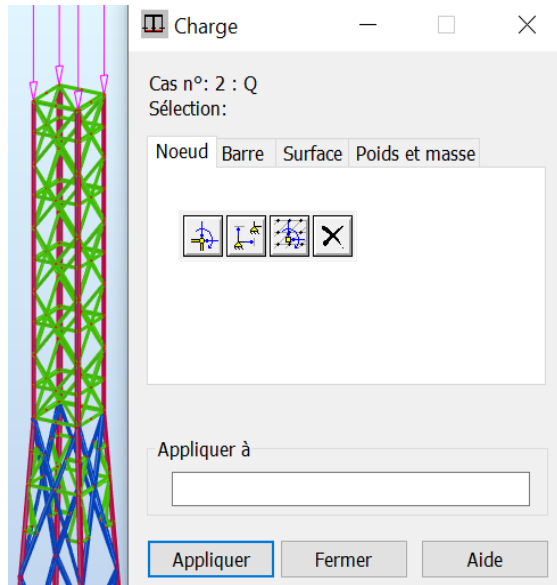


La Définition des cas de charges, Dans le menu (**chargements**) on clique sur (**Cas de charges**)

On choisit le nom et la nature de la charge puis on clique sur **Nouveau**



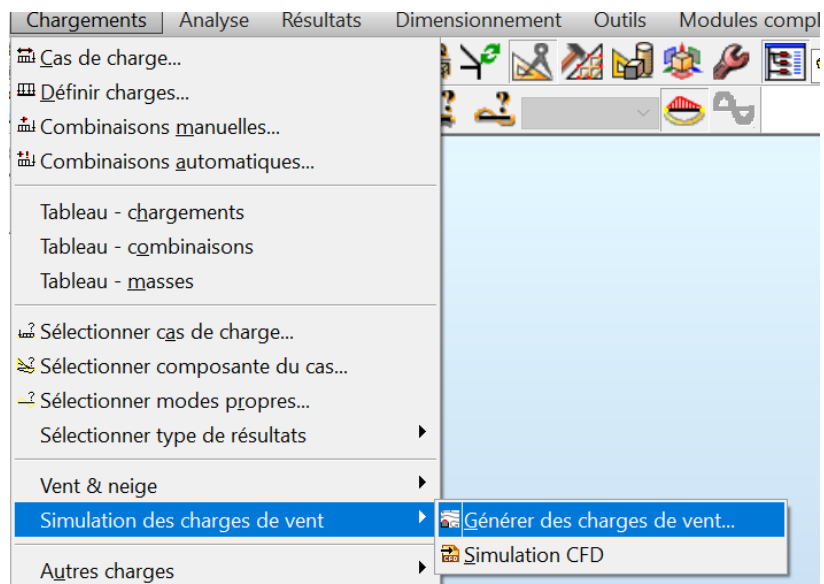
(1) 7 : Les cas de charges

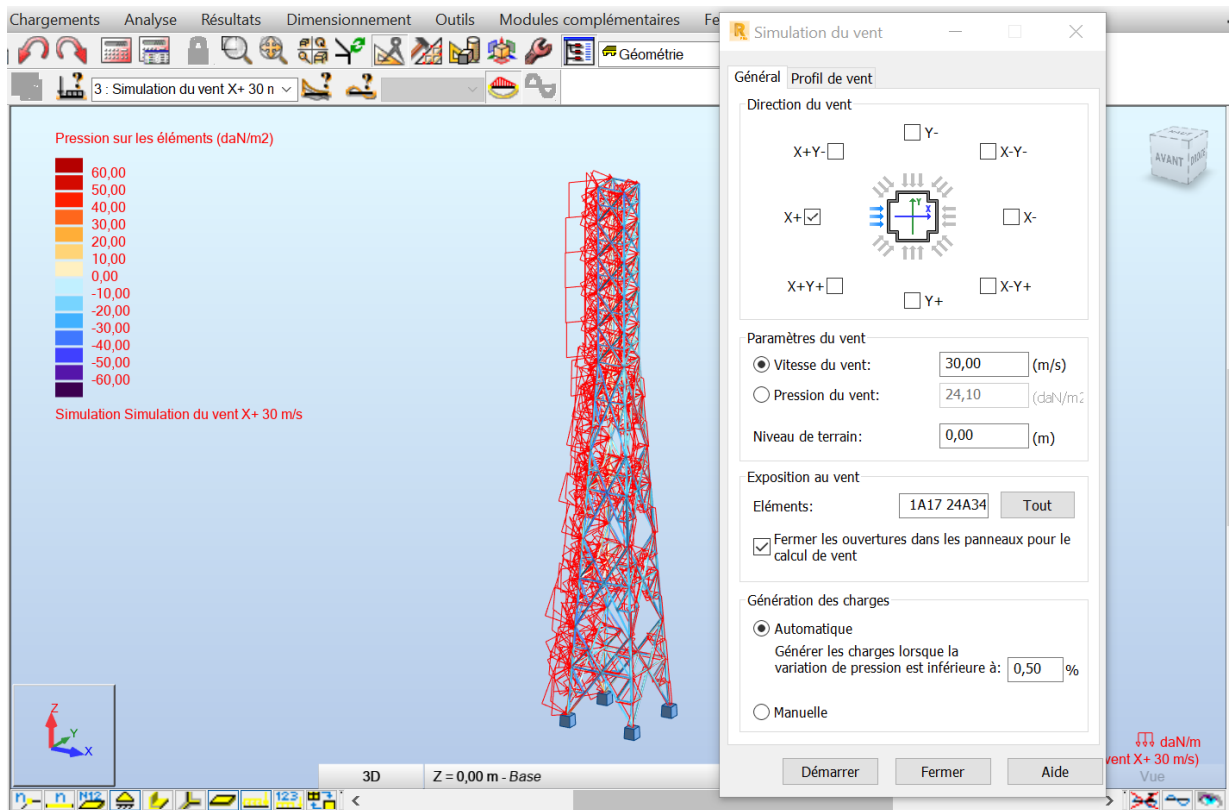


(1) 6 : La charge Q (d'exploitation)

Pour définir les charges on choisit le type de charge et dans le menu chargements on clique sur (Définir charge)

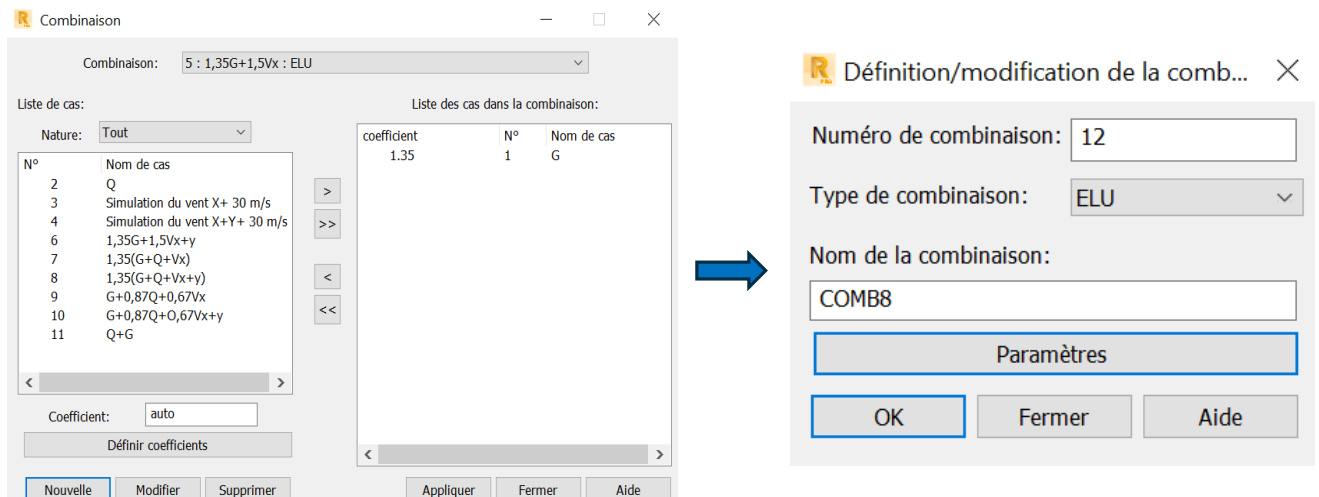
Dans le menu chargements on clique sur (simulation des charge de vents) et on choisir (Générer des charges de vent), puis on choisit la direction de et la vitesse de vent et on clique sur démarrer la simulation automatique





(1) 8: La Simulation du vent

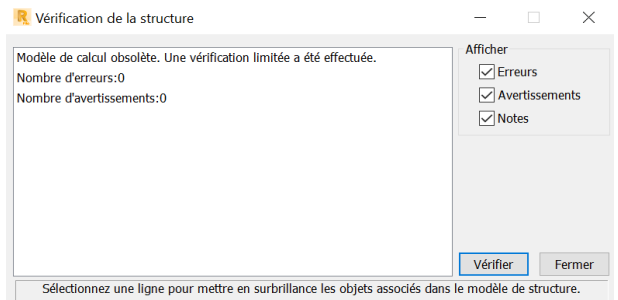
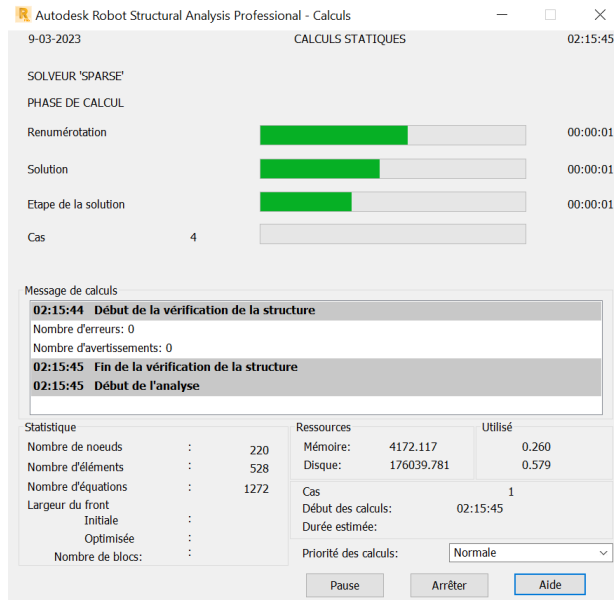
Dans le menu « **chargements** », « **combinaison manuelle** », on choisit le type de la combinaison et on clique sur « **nouvelle** » et on refait les même opérations pour les autres combinaisons.



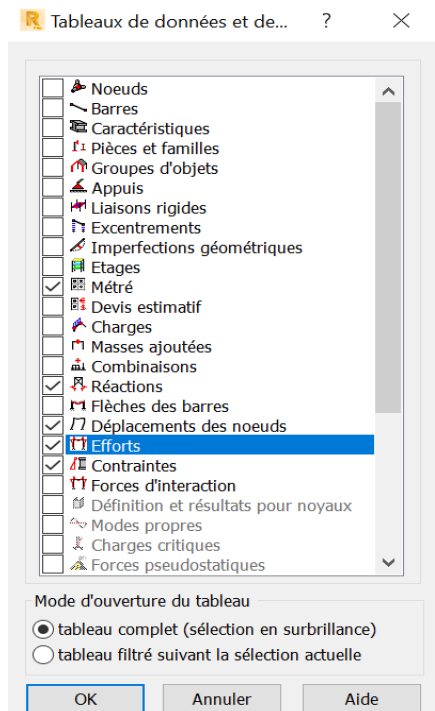
(1) 9: La définition des combinaisons de charge

Dans le menu Analyse et on clique (Vérifier la structure)

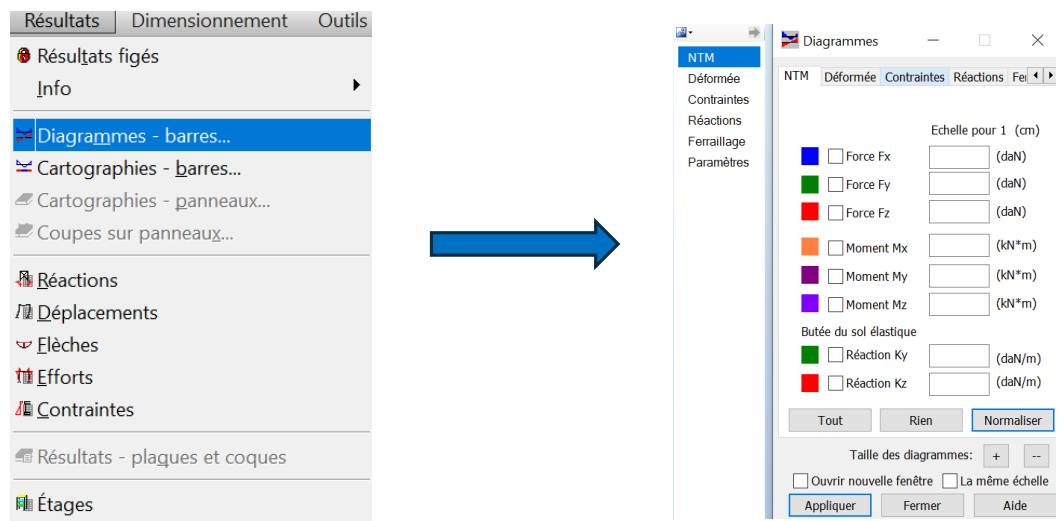
Et s'il y a des erreurs dans la modélisation de la structure



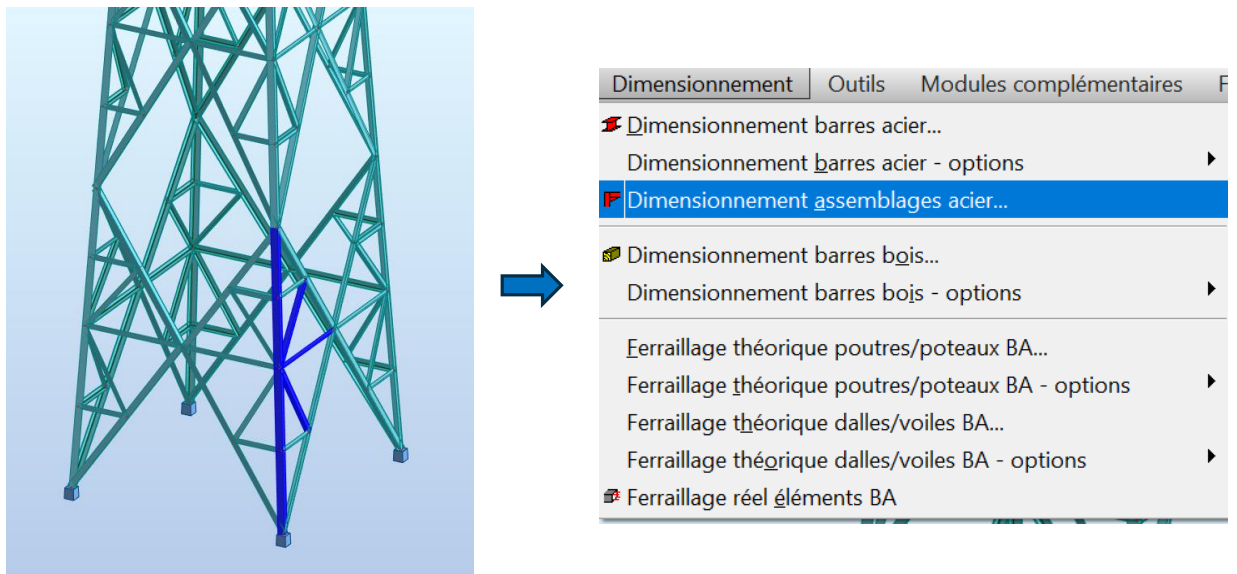
Pour afficher les différents résultats (réactions, flèches, contraintes, déplacements,...) on clique droite par la souris et on choisit Tableaux



Dans le menu Résultats on choisit diagrammes – barres

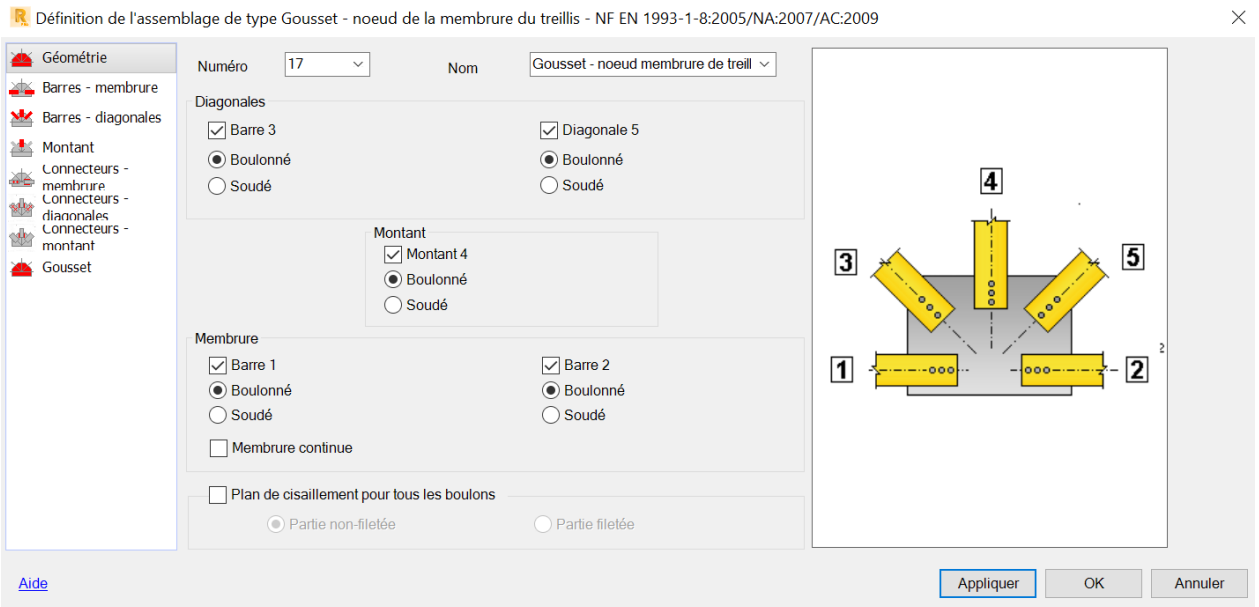


Vérification d'assemblage dans un nœud sélectionné




Dans le menu on clique sur l'icone



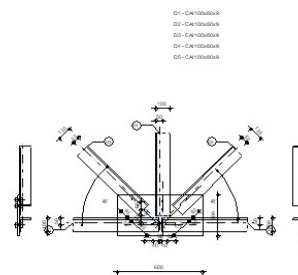


(1) 10: Définition de l'assemblage de type gousset

Puis on choisit les caractéristiques des boulons et gousset et clique sur Appliquer

Ensuite on lance le calcul par clic sur l'icône  et choisir calculer

Les résultats de calcul sont trouvés dans l'annexe (4)



ANNEXE (2)

Logiciel Tekla structure

Description de logiciel *Tekla structure* :

Tekla structure vous permet de créer un model réalisée de n'importe quelle structure, incluant l'information nécessaire pour la fabrication et la construction .le modèle de produit 3D inclut la géométrie et les dimensions de structure, et toute l'information au sujet des profils et sections. Des types de joint, des matériaux.

Les étapes de travail :

La fenêtre de sélection des paramètres de Tekla Structures s'affiche :

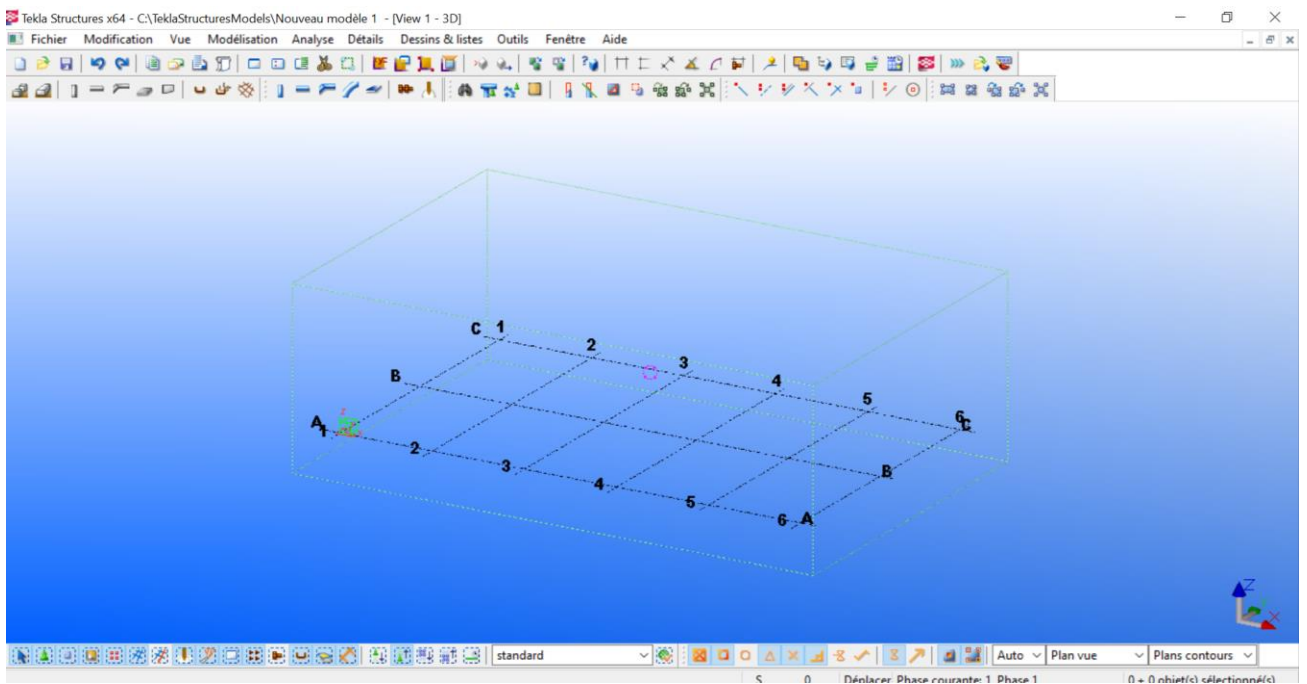
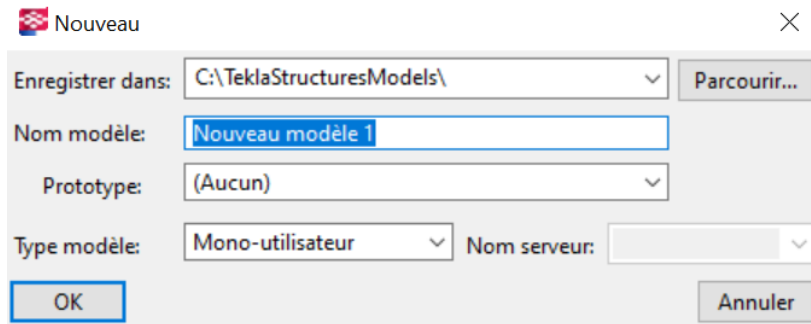
Garder les paramètres par défaut puis OK



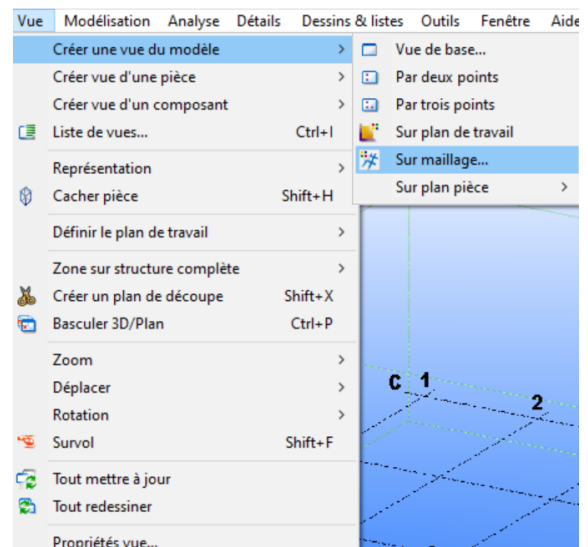
La fenêtre Bienvenue dans *Tekla Structures* s'affiche, choisir Nouveau modèle



Nommer le modèle prise en main **TEKLA** et choisir (Aucun) pour Prototype et clique OK

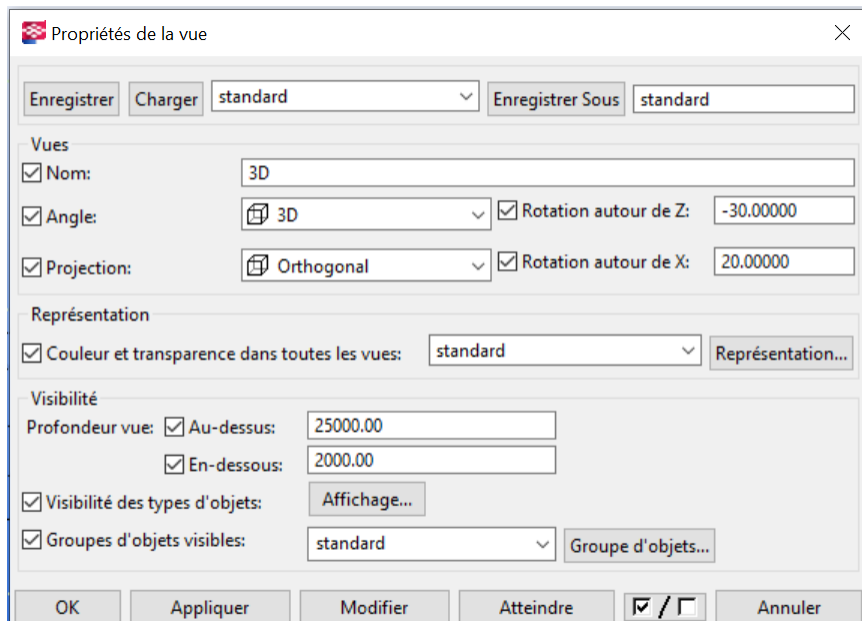


Dans l'onglet Vue sélectionner (Créer une vue du modèle) puis Vue de base...

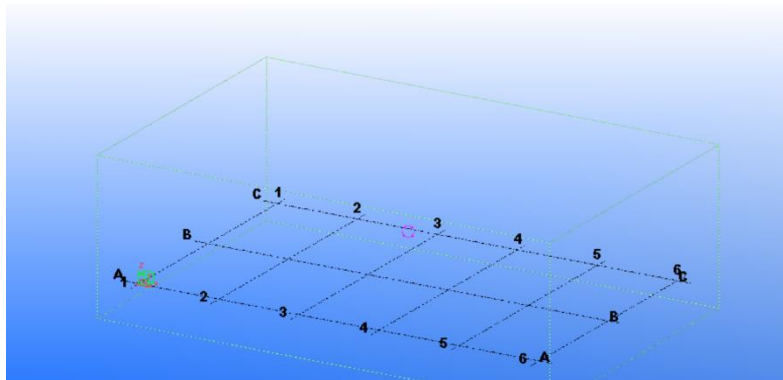


Double clic sur la fenêtre View 2 (3d)

La fenêtre Propriétés de la vue s'affiche :



Double-clic sur le maillage :



La fenêtre Maillage s'affiche avec les paramètres par défaut

Modifier les paramètres comme ci-contre :

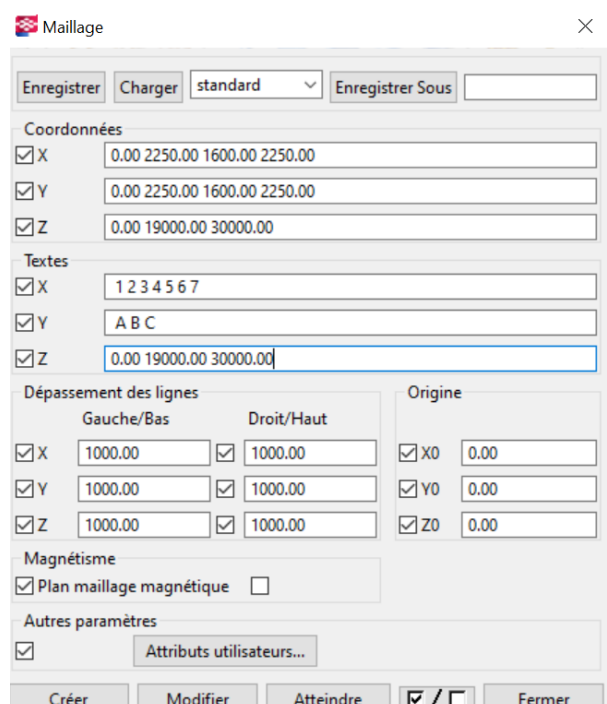
Coordonnées :

X: 0.00000 2250 16000 2250

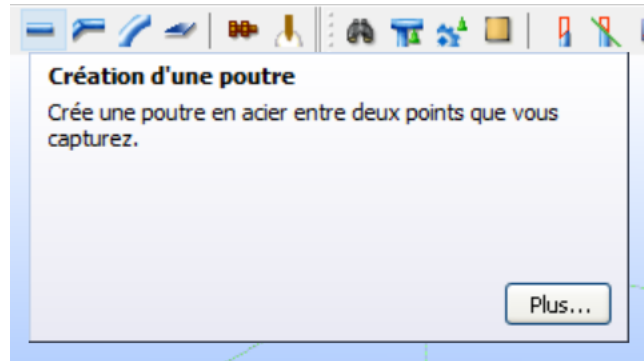
Y: 0.00000 2250 16000 2250

Z: 0.00000 19000 30000

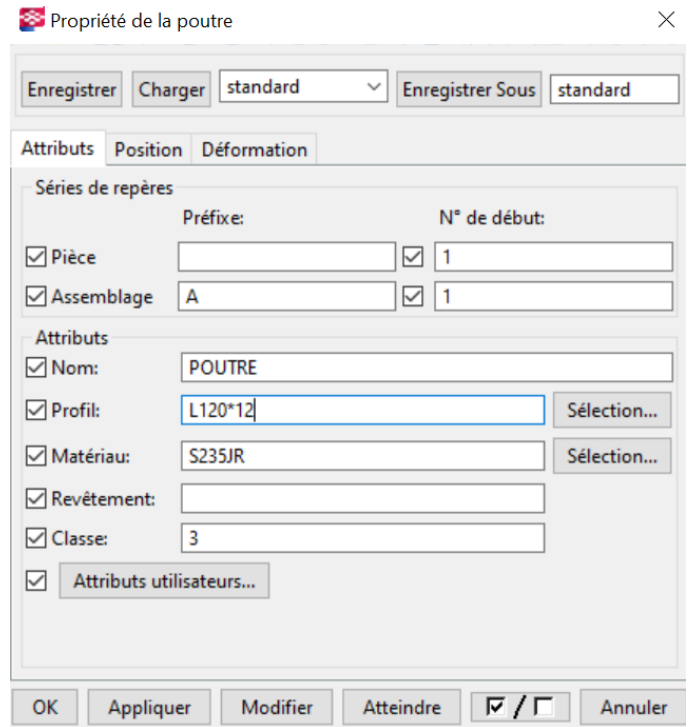
A la question Voulez-vous vraiment les changer? Répondre **Oui**



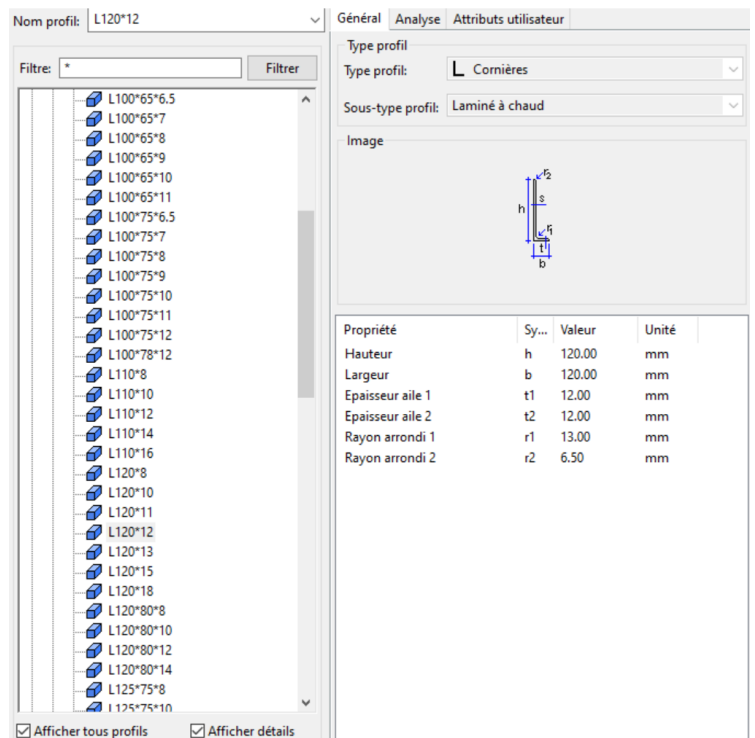
Dans la barre d'outils double-clic sur l'icône Création d'une poutre



La fenêtre Propriétés du poteau s'affiche sur l'onglet Attributs.

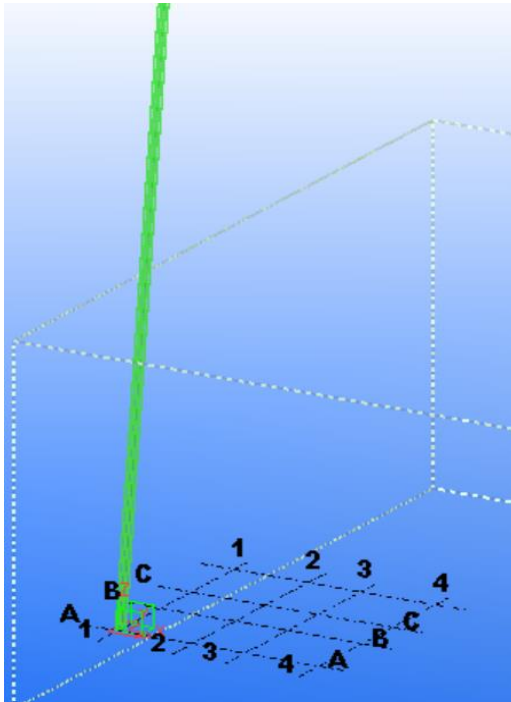


Dans la colonne attributs, sélection en face de profil l'icône Sélection...

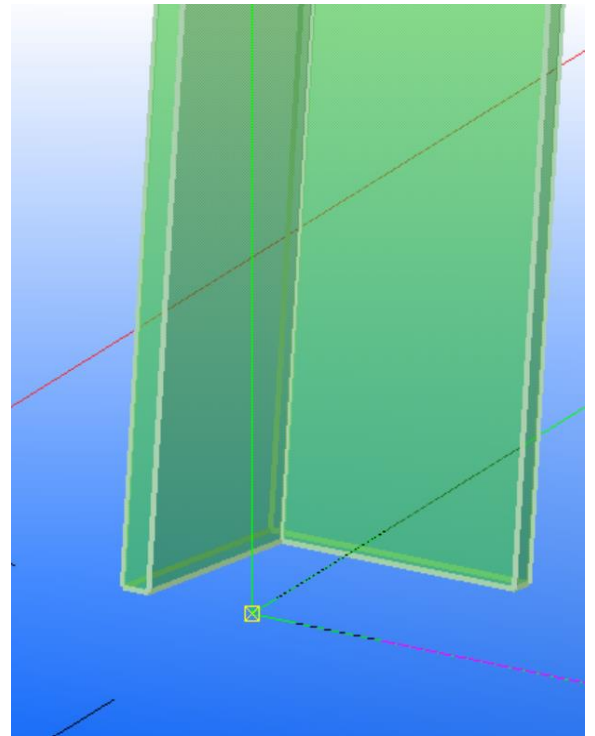


La fenêtre Sélectionner profil s'affiche, choisir comme profilé L120*12 puis OK

La poutre est positionnée à l'intersection des files.



Si la poutre n'est pas centré et est mal orienté, sélectionner la poutre



Double clique sur la poutre pour afficher cette fenêtre :

Puis régler sa position

Propriété de la poutre

Enregistrer Charger standard Enregistrer Sous standard

Attributs Position Déformation

Position

Dans plan: Milieu 0.00

Rotation: Haut -0.00000

Profondeur: Derrière -0.00

Décalages

■ Origine: ■ Extrémité:

Dx 0.00 0.00

Dy 0.00 0.00

Dz 0.00 0.00

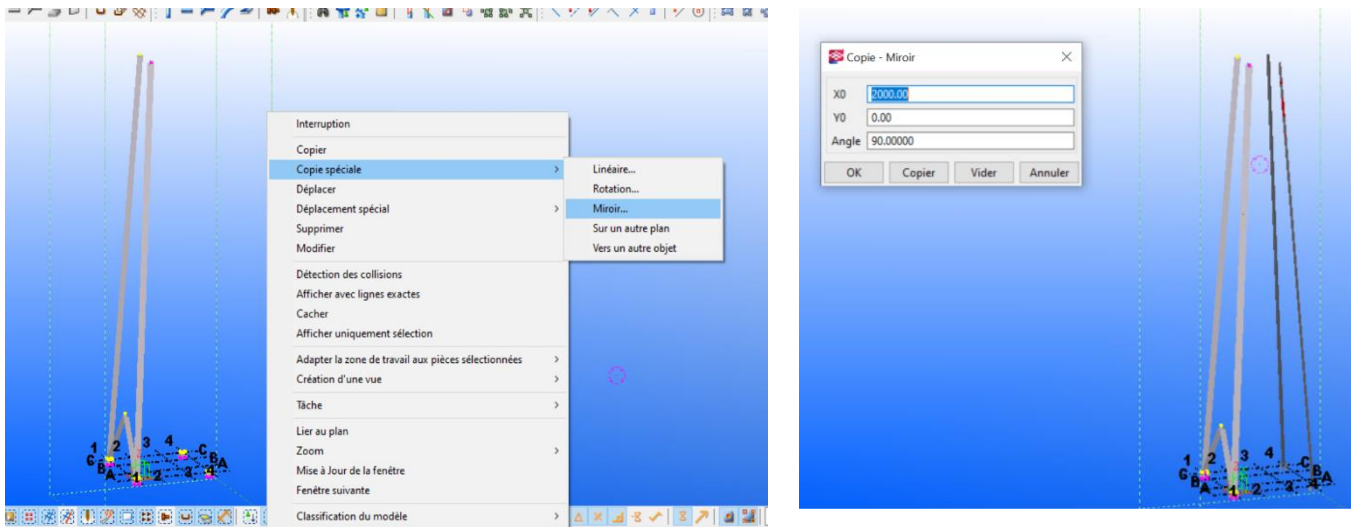
Poutre courbe

Rayon: Plan XY 0.00

Quantité de segments: 1

OK Appliquer Modifier Atteindre / Annuler

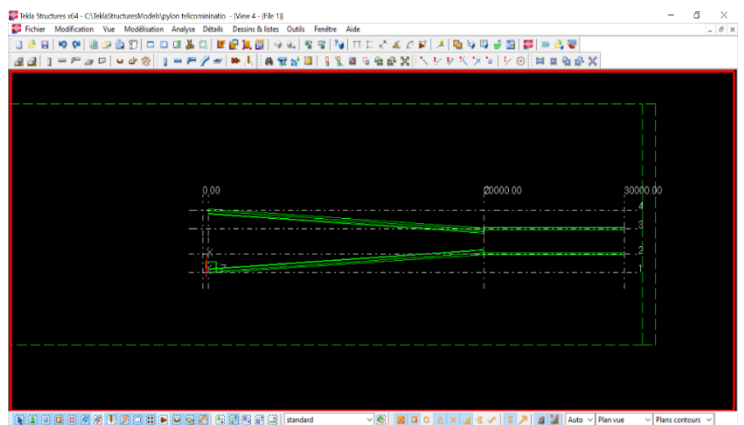
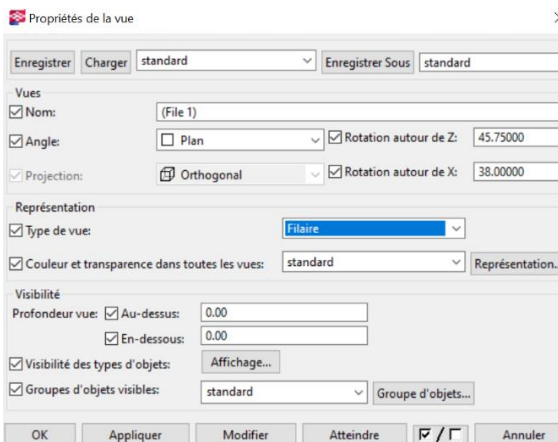
Pour copier les cornières a l'autre côté on clique droite et sélectionner (Copie spéciale)
 puis (Miroir) et copier la structure sur l'axe y



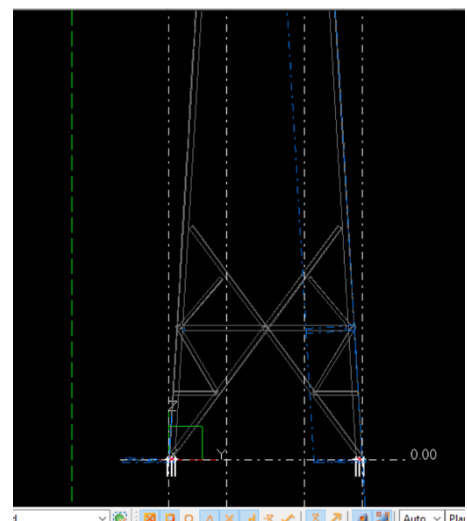
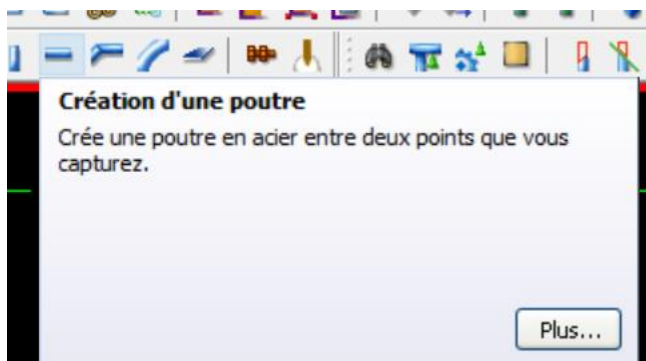
Puis on créer un plan de travail

Et on modifier les types de vue (Filaire) par Double cliques a gauche

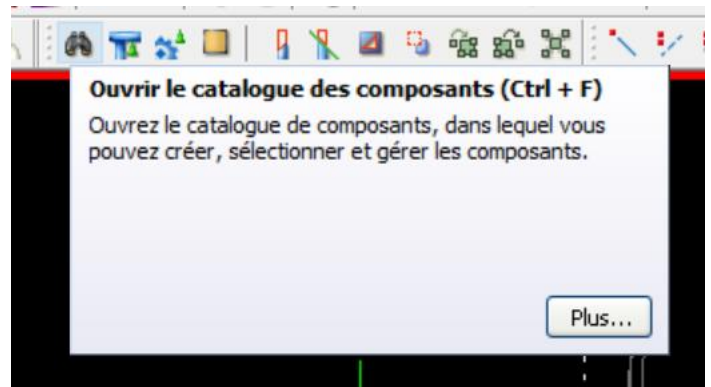
Et on dessiner les cornières intermédiaires inclinés.



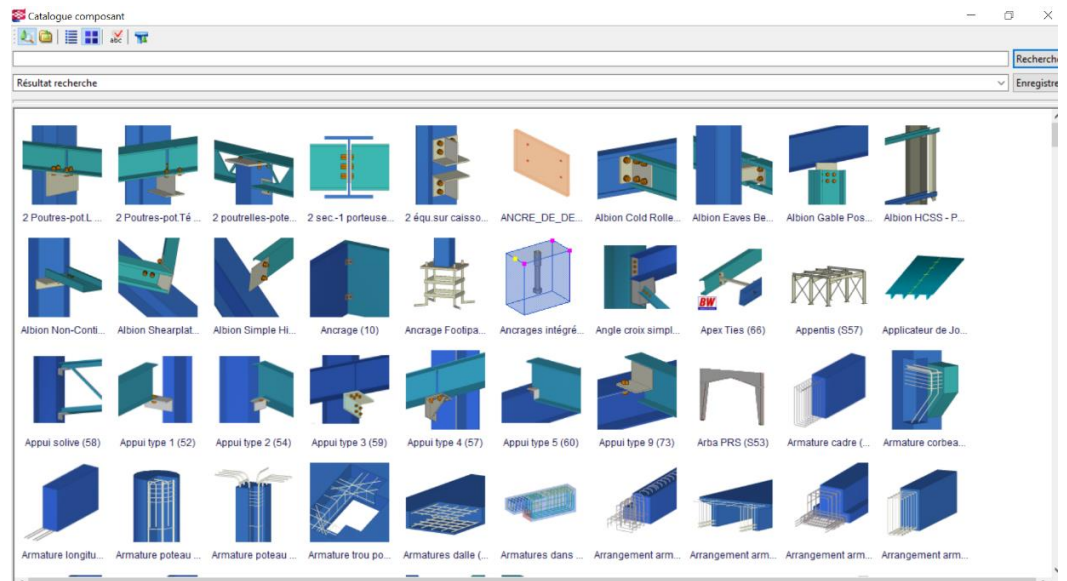
On utiliser la poutre pour dessiner les cornier intermédiaires



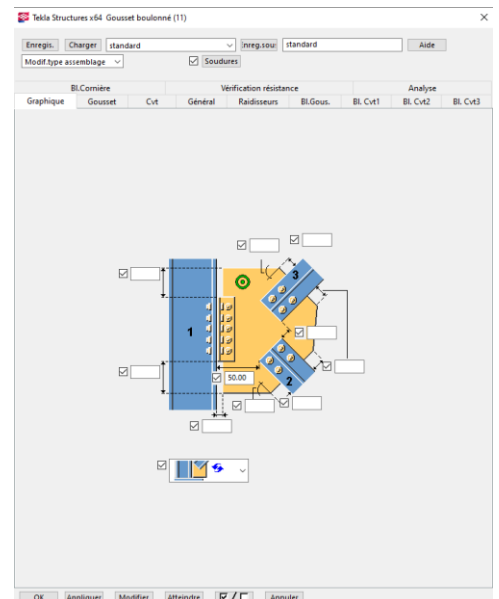
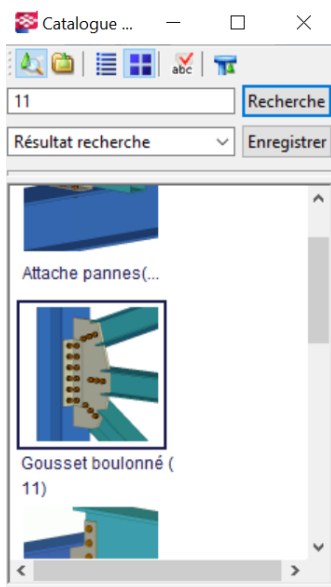
Sélectionner Ouvrir le catalogue des composants pour choisir le type d'assemblage

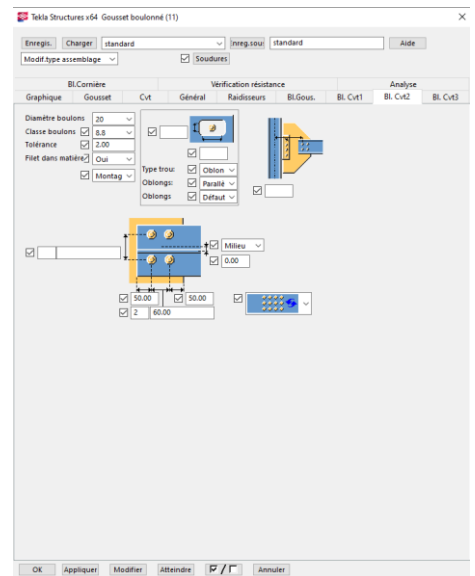
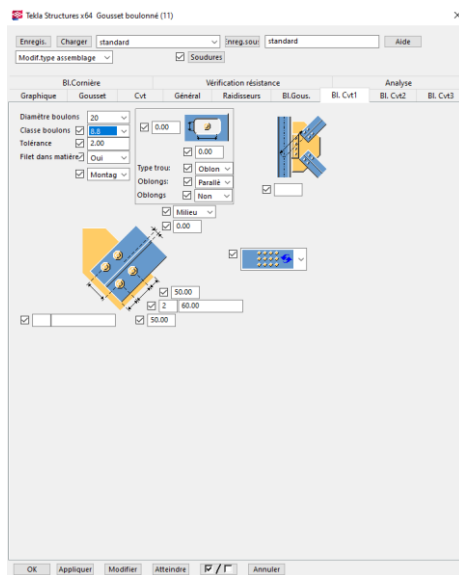
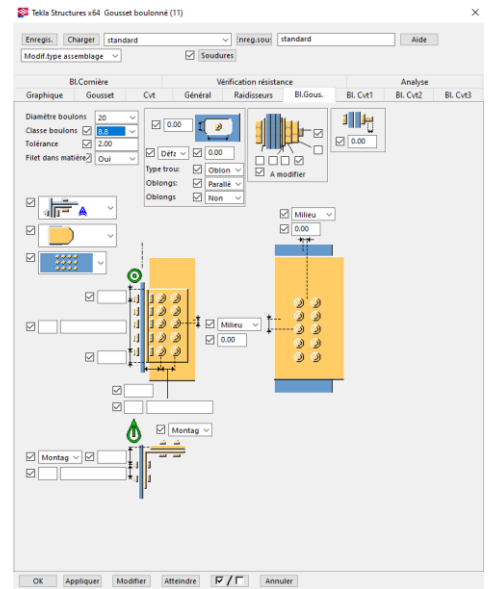
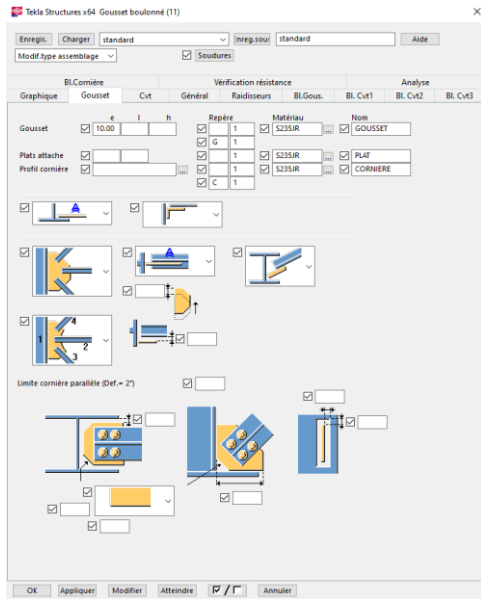


La fenêtre de la catégorie s'affiche

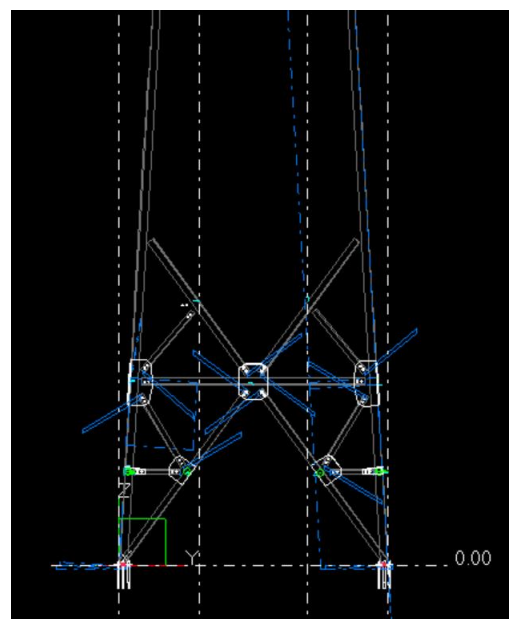
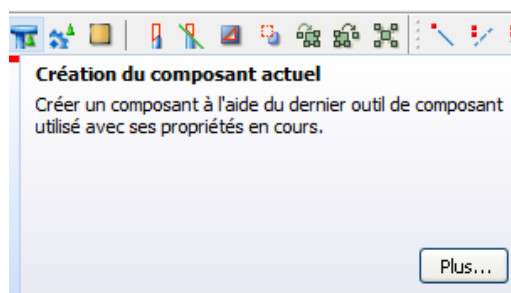


Choisir le type Gousset boulonné(11) et modifier les caractéristiques de gousset et boulons



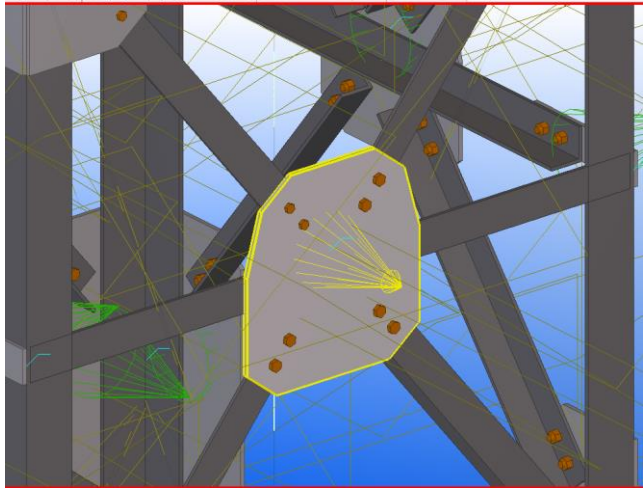


Puis sélectionner les barres d'une intersection et cliquer sur le bouton au milieu de la souris et cliquer



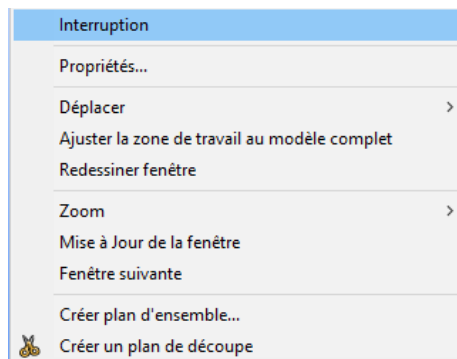
Remarque 1 :

Il est important de vérifier et de contrôler l'ensemble des paramètres afin que le gousset soit conforme « aux règles de l'art ». Le cône de sélection s'affiche en jaune c'est-à-dire que l'assemblage est tolérable mais pour réaliser un assemblage correct, il faut ajuster les différents paramètres pour que le cône s'affiche en vert. Un cône rouge signifie que l'assemblage est incorrect.



Remarques 2 :

Pour sortir d'une fonction, clic droit de la souris puis Interruption.



ANNEXE (3)

**Méthode de calcul
manuel de la pression
de vent**

Méthode de calcul :

Le pylône sera calculé tronçon par tronçon du bas vers le haut. Nous rechercherons les sollicitations les plus défavorables à la base de chaque tronçon. On supposera, pour les pressions dynamiques du vent, une distribution trapézoïdale pour chaque tronçon.

III.8.3 Calcul de l'action du vent :

D'après "R.N.V.99", la catégorie de construction qui étudier est : **Catégorie II**

Calcul de la pression due au vent :

Pour les constructions de catégorie II, la pression due au vent q_j qui s'exerce sur un élément de surface j est donnée par : $[N/m^2]$

$$\square C_d : \text{Le coefficient dynamique :} \quad C_d = \frac{1+2 \times I_V(z_{eq}) \times \sqrt{Q_0^2 + R_x^2}}{1+2 \times g \times I_V(z_{eq})} \quad (2)$$

✓ z_{eq} : la hauteur équivalente de la construction (en m)

✓ $I_V(z_{eq})$: l'intensité de la turbulence $z = z_{eq}$ pour

✓ Q_0^2 : la partie quasi-statique.

✓ R_x^2 : la partie résonnante.

✓ g : Est le facteur de pointe.

✓ a : Hauteur équivalente :

$$z_{eq} = \text{Max.} [0.6 \times h ; z_{min}] \quad (3)$$

✓ h : La hauteur de la construction(en m).

✓ z_{min} : Hauteur minimale (en m).

ZONE III : $Z_{min} = 8 \text{ m}$ $z_{eq} \text{ (m)} = 17.52 \text{ m}$

Intensité de la turbulence $I_V(z) = \frac{1}{C_t(z) \times \ln\left[\frac{z_{eq}}{z_0}\right]}$:

• $C_t(z)$: Est le coefficient de topographie, $C_t(z) = 1$

• z_0 : Est le paramètre de rugosité (en m), $z_0 = 0.3$

$I_V(z) = 0.246$

Partie quasi-statique :

$$Q_0^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \times \left(\frac{(b+h)}{L_i(z_{eq})} \right)^{0.63}}$$

b et **h** sont la largeur et la hauteur de la construction (en m).

$L_i(z_{eq})$: Est l'échelle intégrale de turbulence pour $z=z_{eq}$ (en m).

$$L_i(z_{eq}) = 300 \times (z_{eq}/300)^\varepsilon \quad \text{avec } \varepsilon = 0.37$$

Partie résonnante :

$$R_x^2 = \frac{\pi^2}{2 \times \delta} \times R_N \times R_h \times R_b$$

✓ **R_N**: Est la fonction adimensionnelle de la densité spectrale de puissance.

✓ **δ**: Est le décrément logarithmique d'amortissement des vibrations dans la direction du vent.

✓ **R_h** et **R_b**: Sont des fonctions d'admittance aérodynamique.

$$R_N = \frac{6.8 \times N_x}{(1 + (10.2 \times N_x))^{5/3}}$$

✓ **N_x**: Est la fréquence adimensionnelle dans la direction x du vent $N_x = \frac{n_{1,x} \times L_i(z_{eq})}{V_m(z_{eq})}$

✓ **n_{1,x}**: Est la fréquence fondamentale de vibration en flexion dans la direction x du vent.

✓ **L_i(z_{eq})**: Est l'échelle intégrale de turbulence pour $z = z_{eq}$.

✓ **V_m(z_{eq})**: Est la vitesse moyenne du vent pour $z = z_{eq}$ (en m/s).

$$n_{1,x} = \frac{f_m \times b}{h_{eff}^2} \times \sqrt{\frac{M_s}{M_t}}$$

✓ **h_{eff}**: Est donnée par $h_{eff} = h_1 + h_2/3$ (en m) (figure A4.2, R.N.V).

✓ **b**: Est le diamètre en tête de la cheminée (en m).

✓ **M_s**: Est la masse des éléments structuraux contribuant à la rigidité de la cheminée (en kg).

✓ **M_t**: Est la masse totale de la cheminée (en kg).

✓ f_m : Est un coefficient ; il est égal à 1000 pour les cheminées en acier, et 700 pour les cheminées en béton ou en maçonnerie.

$$\frac{M_s}{M_t} = 1$$

$$f_m = 1000$$

$$V_m(z_{eq}) = C_r(z_{eq}) \times C_t(z_{eq}) \times V_{réf} \quad [m/s]$$

✓ $C_r(z_{eq})$: Est le coefficient de rugosité.

✓ $C_t(z_{eq})$: Est le coefficient de topographie.

✓ $V_{réf}$: Est la vitesse de référence (en m/s),

$$C_r(z_{eq}) = K_T \times \ln\left(\frac{z_{eq}}{z_0}\right)$$

$$K_T = 0.22$$

$$z_0 = 0.3$$

$$C_t(z_{eq}) = 1, \text{ Bordj Bou Ariridj: ZONE I} \longrightarrow V_{réf} = 25 [m/s]$$

$$\delta = \delta_s + \delta_a$$

✓ δ_s : Est le décrétement logarithmique d'amortissement structural.

✓ δ_a : Est le décrétement logarithmique d'amortissement aérodynamique

$$\delta_s = (a_1 \times n_{1,x}) + b_1 \text{ avec } \delta_s > \delta_{min} \quad \delta_a = \frac{\rho \times b \times C_f}{2 \times n_{1,x} \times m_{1,x}} \times V_m(z_{eq})$$

✓ a_1, b_1 et δ_{min} : Sont des paramètres donné dans le tableau pour différents types de construction.

✓ ρ : Est la masse volumique de l'air ($\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$) (en kg/m^3).

✓ b : Est la dimension de la construction perpendiculaire au vent (en m).

✓ C_f : Est le coefficient de force

✓ $n_{1,x}$: Est la fréquence propre du mode fondamental dans la direction x du vent (en Hz).

✓ $m_{1,x}$: Est la masse équivalente pour le mode fondamental et dans la direction x du vent (en kg/m).

- ✓ $V_m(z_{eq})$: Est la vitesse moyenne du vent pour $z = z_{eq}$ (en m/s).

$$m_{1,x} = \frac{\int_0^h m \cdot \phi_1^2(z) \cdot dz}{\int_0^h \phi_1^2(z) \cdot dz} \quad [Kg/m]$$

- ✓ m : Est la masse par unité de longueur (en kg/m).
- ✓ h : Est soit la hauteur totale de la construction(en m).
- ✓ ϕ_1 : Est la déformée pour le mode fondamental $\longrightarrow \phi_1(z) = \left(\frac{z}{h}\right)^\xi$
- ✓ h : Est la hauteur totale de la structure par rapport au sol (en m).
- ✓ z : Est la hauteur par rapport au sol du point considéré(en m).
- ✓ ξ : Est un coefficient ($\xi=2.5$ pour les structures en treillis).
- ✓ $C_{f,0}$: Est le coefficient de force des constructions en considérant un élancement effectif infini.

- ✓ Ψ_λ : Est le facteur d'élancement.

- ✓ Ψ_r : Est un facteur de correction du coefficient de force, est égal à 1 pour l'ensemble des constructions.

Le facteur d'élancement Ψ_λ est donné par la figure V-3 en fonction de l'élancement effectif λ_e et pour différents coefficients d'opacité.

$$\delta = \delta_s + \delta_a$$

Les fonctions admittance aérodynamique R_h et R_b sont données par :

$$R_h \text{ ou } R_b = \left(\frac{1}{\eta}\right) - \left(\frac{1}{2 \times \eta^2}\right) \times (1 - e^{-2\eta}) \quad \text{Pour } \eta > 0 \quad (19)$$

$$\eta = \frac{4.6 \times N_x \times d}{L_i(z_{eq})}$$

- ✓ N_x : Est la fréquence adimensionnelle.
- ✓ $L_i(z_{eq})$: Est l'échelle intégrale de turbulence.
- ✓ $d = h$ pour le calcul de R_h , $d=b$ pour le calcul R_b .

b. Facteur de pointe :

$$g = \sqrt{2 \times \text{Ln}(v \times t)} + \frac{0.6}{\sqrt{2 \times \text{Ln}(v \times t)}}$$

- ✓ t : Est la durée sur laquelle est établie la vitesse de référence (en s) ; dans le cadre de ce D.T.R (R.N.V),
- ✓ v : Est la fréquence moyenne(en Hz).

$$v = \sqrt{\frac{v_0^2 \times Q_0^2 + n^2 \times R_x^2}{Q_0^2 + R_x^2}} \quad [\text{HZ}]$$

$$\text{Avec} \quad \frac{Vm(z_{eq})}{Li(z_{eq})} \times \frac{1}{1.11 \times 50.615} \quad [\text{HZ}]$$

$$S = 0.46 \times \left(\frac{(b+h)}{Li(z_{eq})}\right) + 10.58 \times \left(\frac{\sqrt{b \times h}}{Li(z_{eq})}\right)$$

$Cd < 1.2$ Donc la structure sera donc considérée peu sensible aux excitations dynamiques.

✓ $W(z_j)$ Est la pression exercée sur l'élément de surface j donnée par :

$$W(z_j) = q_{dyn}(z_j) \times C_{fj} \quad [\text{N/m}^2]$$

✓ $q_{dyn}(z_j)$: Est la pression dynamique du vent calculée à la hauteur z_j relative à l'élément de surface j (en N/m^2).

✓ C_{fj} : Est le coefficient de force correspondant à la section transversale de la construction au niveau de l'élément de surface j considéré.

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

✓ $q_{réf}$: Est la pression dynamique de référence pour les constructions permanentes (en N/m^2)

✓ $q_{réf}$ est donnée par le **tableau** en fonction de la zone de vent.

✓ $C_e(z)$: Le coefficient d'exposition au vent.

$$C_e(z) = C_t(z)^2 \times C_r(z)^2 \times \left[1 + \frac{7 \times K_T}{C_r(z) \times C_t(z)}\right]$$

ANNEXE (4)

Note de calcul d'assemblage

Etude d'assemblage :

III.8.4 Exemple d'un nœud de pylône électrique :

On vérifié l'assemblage des trois nœuds de ce pylône.

On utilise: M20 (d= 20 mm, d₀ = 22mm, A_s = 245 mm²)

III.8.5 Vérification au cisaillement :

$$\frac{F_{v.sd}}{n.b} \leq F_{v.Rd} = \frac{0.5 f_{ub} A_s}{\gamma.Mb1} n.p$$

Avec : nb : Nombre des boulons,

np : Nombre des plans de cisaillement

$$\frac{3689.03}{6} \leq \frac{0.5 .600.250.10^{-1}}{1,25} = 614.83 \text{ daN} \leq 58880 \text{ daN} \dots \text{ C.V}$$

III.8.6 Vérification à la traction :

$$F_{t.Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma Mb2} \geq \frac{F_{t.sd}}{n.b} = 614,83 \text{ daN}$$

$$F_{t.Rd} = \frac{0,9.600.245.10^{-1}}{1,5} = 8820 \text{ daN} \geq \frac{F_{t.sd}}{n.b} = 614,83 \text{ daN} \dots \text{C.V}$$

III.8.7 Vérification a la pression diamétrale :

$$F_{b.Rd} = \frac{2.5.\alpha.f_u.d.t}{\gamma.Mb1} \geq \frac{F_{b.sd}}{n.b} = 614,83 \text{ daN}$$

$$\alpha = \min \left[\frac{e1}{3d0} ; \frac{p1}{3d0} - \frac{1}{4} ; \frac{f_{ub}}{f_u} \right] \text{ ou } 1$$

III.8.8 Calcul de P1 et e1 :

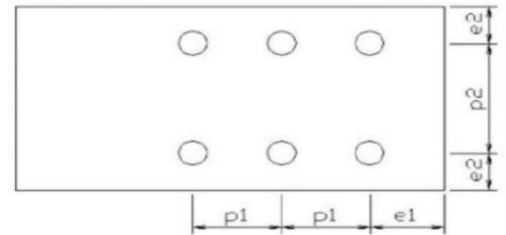
$$1,2 d_0 \leq e1 \leq \max (12 t ; 150 \text{ mm})$$

$$26,4 \leq e1 \leq 150$$

$$2,2 d_0 \leq p1 \leq \min (28t ; 400\text{mm})$$

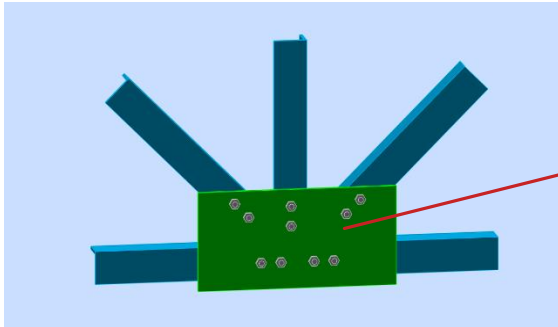
$$48,2 \leq p1 \leq 280 \text{ mm}$$

$$614,83 \text{ daN} \leq \frac{2,5.0,4.600.22.10.10^{-1}}{1,25} = 10560 \text{ daN} \dots \text{ C.V}$$

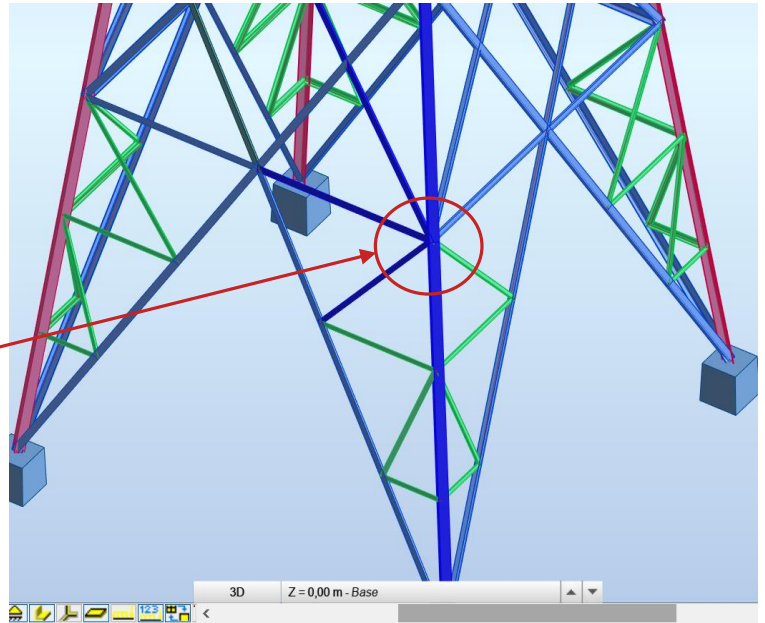


Calcul d'assemblage par logiciel ROBOT :

Pylône électrique : nœud 2

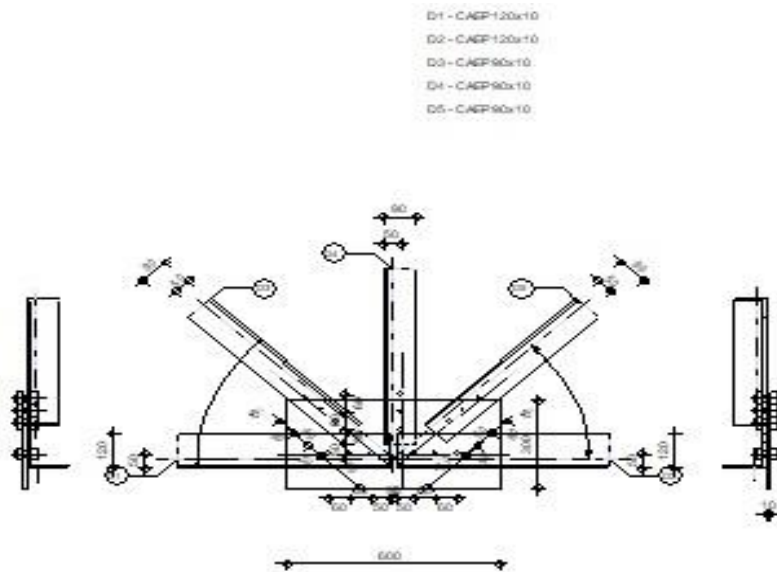


(4) 1: La position du nœud 2



III.8.9 Vérification d'assemblage dans nœud 2 par ROBOT:

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019 Calcul de l'assemblage au gousset CM 66	
		Ratio 0,16



GÉNÉRAL

Assemblage N°:

8

Nom de l'assemblage :

Gousset - noeud membrure
de treillis

GÉOMÉTRIE

BARRES

		Barre 1	Barre 2	Barre 3	Barre 4	Barre 5	
Profilé:		CAEP 120x10	CAEP 120x10	CAEP 100x10	CAEP 100x10	CAEP 100x10	
	h	120	120	100	100	100	mm
	b _f	120	120	100	100	100	mm
	t _w	10	10	10	10	10	mm
	t _f	10	10	10	10	10	mm
	r	13	13	12	12	12	mm
	A	23,18	23,18	19,15	19,15	19,15	cm ²
Matériau:		ACIER	ACIER	ACIER	ACIER	ACIER	
	f _y	235,00	235,00	235,00	235,00	235,00	MPa
	f _u	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	MPa
Angle	α	0,0	0,0	45,0	90,0	45,0	Deg

BOULONS

Barre 1

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

Classe =	8.8	Classe du boulon
d =	20 [mm]	Diamètre du boulon
d ₀ =	22 [mm]	Diamètre du trou de boulon
A _s =	2,45 [cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
A _v =	3,14 [cm ²]	Aire de la section du boulon
f _{yb} =	550,00 [MPa]	Limite de plasticité
f _{ub} =	800,00 [MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	2	Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60 [mm]

e ₁ =	50 [mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e ₂ =	50 [mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e _c =	10 [mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

Barre 2

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

Classe =	8.8	Classe du boulon
d =	20 [mm]	Diamètre du boulon
d ₀ =	22 [mm]	Diamètre du trou de boulon
A _s =	2,45 [cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
A _v =	3,14 [cm ²]	Aire de la section du boulon
f _{yb} =	550,00 [MPa]	Limite de plasticité
f _{ub} =	800,00 [MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	2	Nombre de colonnes des boulons

Espacement des boulons 60 [mm]

e ₁ =	50 [mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e ₂ =	50 [mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e _c =	10 [mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

Barre 3

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	20	[mm]	Diamètre du boulon
d ₀ =	22	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A _s =	2,45	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
A _v =	3,14	[cm ²]	Aire de la section du boulon
f _{yb} =	550,00	[MPa]	Limite de plasticité
f _{ub} =	800,00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	2		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60	[mm]	
e ₁ =	50	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e ₂ =	50	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e _c =	150	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

Barre 4

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	20	[mm]	Diamètre du boulon
d ₀ =	22	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A _s =	2,45	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
A _v =	3,14	[cm ²]	Aire de la section du boulon
f _{yb} =	550,00	[MPa]	Limite de plasticité
f _{ub} =	800,00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	2		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons			60 [mm]
e ₁ =	50	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e ₂ =	50	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e _c =	50	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

Barre 5

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

Classe =	8.8		Classe du boulon
d =	20	[mm]	Diamètre du boulon
d ₀ =	22	[mm]	Diamètre du trou de boulon
A _s =	2,45	[cm ²]	Aire de la section efficace du boulon
A _v =	3,14	[cm ²]	Aire de la section du boulon
f _{yb} =	550,00	[MPa]	Limite de plasticité
f _{ub} =	800,00	[MPa]	Résistance du boulon à la traction
n =	2		Nombre de colonnes des boulons
Espacement des boulons	60	[mm]	
e ₁ =	50	[mm]	Distance du centre de gravité du premier boulon de l'extrémité de la barre
e ₂ =	50	[mm]	Distance de l'axe des boulons du bord de la barre
e _c =	150	[mm]	Distance de l'extrémité de la barre du point d'intersection des axes des barres

GOUSSET

l _p =	600	[mm]	Longueur de la platine
h _p =	300	[mm]	Hauteur de la platine
t _p =	10	[mm]	Epaisseur de la platine

Paramètres

h ₁ =	0	[mm]	Grugeage
v ₁ =	0	[mm]	Grugeage
h ₂ =	0	[mm]	Grugeage
v ₂ =	0	[mm]	Grugeage
h ₃ =	0	[mm]	Grugeage
v ₃ =	0	[mm]	Grugeage

$h_1 = 0$ [mm] Grugeage
 $h_4 = 0$ [mm] Grugeage
 $v_4 = 0$ [mm] Grugeage

Centre de gravité de la tôle par rapport au centre de gravité des barres (0;50)

$e_v = 100$ [mm] Distance verticale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
 $e_H = 300$ [mm] Distance horizontale de l'extrémité du gousset du point d'intersection des axes des barres
 $e_0 = 0$ [mm] Distance axe membrure hor.
 Matériau: ACIER
 $f_y = 235,00$ [MPa] Résistance

COEFFICIENTS DE MATÉRIAU

$\gamma_{M0} = 1,00$ Coefficient de sécurité partiel [2.2]
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Coefficient de sécurité partiel [2.2]

EFFORTS

Cas: Calculs manuels

$N_{b1,Ed} = 1000,00$ [daN] Effort axial
 $N_{b2,Ed} = 1000,00$ [daN] Effort axial
 $N_{b3,Ed} = 1000,00$ [daN] Effort axial
 $N_{b4,Ed} = 1000,00$ [daN] Effort axial
 $N_{b5,Ed} = 1000,00$ [daN] Effort axial

RÉSULTATS

BARRE 1

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 12063,72$ [daN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2,50$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **vérifié**
 $\alpha_{bx} = 0,66$ Coefficient dépendant de l'espacement des boulons $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
 $\alpha_{bx} > 0.0$ $0,66 > 0,00$ **vérifié**
 $F_{b,Rd1x} = \frac{9622,7}{3}$ [daN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou $F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2,12$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1z} > 0.0$ $2,12 > 0,00$ **vérifié**
 $\alpha_{bz} = 0,76$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
 $\alpha_{bz} > 0.0$ $0,76 > 0,00$ **vérifié**
 $F_{b,Rd1z} = 9371,35$ [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la platine

Direction x		
$k_{1x} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_1 = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bx} = 0,66$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,66 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd2x} = 9622,7$ [daN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_1 * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_M$

Direction z		
$k_{1z} = 2,12$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,12 > 0,00$	vérifié
$\alpha_{bz} = 1,00$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié
$F_{b,Rd2z} = 12370,18$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_M$

VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

cisaillement des boulons

$e = 17$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 = 0,17$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b1,Ed} * e$
$F_{NSd} = 500,00$ [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b1,Ed} / n$
$F_{MSd} = 281,05$ [daN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * X_{max} / \sum X_i^2$
$F_{x,Ed} = 500,00$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 281,05$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Ed} = 573,58$ [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} = 9622,73$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 9371,35$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 500,00 < 9622,73$	vérifié (0,05)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 281,05 < 9371,35$	vérifié (0,03)
$F_{Ed} \leq F_{vRd}$	$573,58 < 12063,72$	vérifié (0,05)

VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_2 = 0,43$	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} = 20,98$ [cm ²]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 * t_f$
$N_{u,Rd} = 26175,41$ [daN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_2 * A_{net} * f_{u1}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 49025,70$ [daN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y1}) / \gamma_{M0}$
$ N_{b1,Ed} \leq N_{u,Rd}$	$ 1000,00 < 26175,41$	vérifié (0,04)
$ N_{b1,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	$ 1000,00 < 49025,70$	vérifié (0,02)

VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} = 5,90$ [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} = 7,70$ [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} = 19061,1$ [daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b1,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 1000,00 < 19061,15$	vérifié (0,05)

BARRE 2

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 12063,72$ [daN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
-----------------------------	---	---

Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2,50	> 0,00	vérifié
$\alpha_{bx} =$	0,66	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	0,66	> 0,00	vérifié
$F_{b,Rd1x} =$	9622,7	[daN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_M$

Direction z

$k_{1z} =$	2,12	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	2,12	> 0,00	vérifié
$\alpha_{bz} =$	0,76	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	0,76	> 0,00	vérifié
$F_{b,Rd1z} =$	9371,35	[daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_M$

Pression du boulon sur la platine

Direction x

$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8*(e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	2,50	> 0,00	vérifié
$\alpha_{bx} =$	0,66	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	0,66	> 0,00	vérifié
$F_{b,Rd2x} =$	9622,73	[daN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_M$

Direction z

$k_{1z} =$	2,12	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8*(e_1/d_0) - 1.7, 1.4*(p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	2,12	> 0,00	vérifié
$\alpha_{bz} =$	1,00	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	1,00	> 0,00	vérifié
$F_{b,Rd2z} =$	12370,18	[daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_M$

VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

cisaillement des boulons

$e =$	17	[mm] Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 =$	0,17	[kN*m] Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b2,Ed} * e$
$F_{NSd} =$	500,00	[daN] Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b2,Ed} / n$
$F_{MSd} =$	281,05	[daN] Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * X_{max} / \sum X_i^2$
$F_{x,Ed} =$	500,00	[daN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} =$	281,05	[daN] Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Ed} =$	573,58	[daN] Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} =$	9622,73	[daN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{b,Rd1x}, F_{b,Rd2x})$
$F_{Rdz} =$	9371,35	[daN] Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{b,Rd1z}, F_{b,Rd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	500,00	< 9622,73	vérifié (0,05)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	281,05	< 9371,35	vérifié (0,03)
$F_{Ed} \leq F_{vRd}$	573,58	< 12063,72	vérifié (0,05)

VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_2 =$	0,43	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	20,98	[cm ²] Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 * t_f$
$N_{u,Rd} =$	26175,41	[daN] Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_2 * A_{net} * f_{u2}) / \gamma_M$
$N_{pl,Rd} =$	49025,70	[daN] Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y2}) / \gamma_M$
$ N_{b2,Ed} \leq N_{u,Rd}$	1000,00	< 26175,41	vérifié (0,04)
$ N_{b2,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	1000,00	< 49025,70	vérifié (0,02)

VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	5,90	[cm ²] Aire nette de la zone de la section en traction
$A_{nv} =$	7,70	[cm ²] Aire de la zone de la section en traction

$A_{nt} =$	5,90	[cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} =$	19061,15	[daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b2,Ed} \leq V_{effRd}$			1000,00 < 19061,15	vérifié (0,05)

BARRE 3

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 12063,72$ [daN] Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement $F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la barre

Direction x				
$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$		2,50 > 0,00	vérifié	
$\alpha_{bx} =$	0,66	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons		$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0,66 > 0,00	vérifié	
$F_{b,Rd1x} =$	9622,7	[daN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z				
$k_{1z} =$	2,12	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$		2,12 > 0,00	vérifié	
$\alpha_{bz} =$	0,76	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		0,76 > 0,00	vérifié	
$F_{b,Rd1z} =$	9371,35	[daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la platine

Direction x				
$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$		2,50 > 0,00	vérifié	
$\alpha_{bx} =$	0,66	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons		$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$		0,66 > 0,00	vérifié	
$F_{b,Rd2x} =$	9622,7	[daN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

Direction z				
$k_{1z} =$	2,12	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$		2,12 > 0,00	vérifié	
$\alpha_{bz} =$	0,68	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$		0,68 > 0,00	vérifié	
$F_{b,Rd2z} =$	8362,65	[daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

cisaillement des boulons

$e =$	22	[mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 =$	0,22	[kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b3,Ed} * e$
$F_{NSd} =$	500,00	[daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b3,Ed} / n$
$F_{MSd} =$	362,92	[daN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 * X_{max} / \sum X_i^2$
$F_{x,Ed} =$	500,00	[daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} =$	362,92	[daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Ed} =$	617,83	[daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} =$	9622,73	[daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} =$	8362,65	[daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$

$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 500,00 < 9622,73$	vérifié	(0,05)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 362,92 < 8362,65$	vérifié	(0,04)
$F_{Ed} \leq F_{vRd}$	$617,83 < 12063,72$	vérifié	(0,05)

VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_2 =$	0,43	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} =$	16,95 [cm ²]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_3$
$N_{u,Rd} =$	21147,44 [daN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_{u3}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} =$	40502,25 [daN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y3}) / \gamma_{M2}$
$ N_{b3,Ed} \leq N_{u,Rd}$	$ 1000,00 < 21147,44$	vérifié	(0,05)
$ N_{b3,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	$ 1000,00 < 40502,25$	vérifié	(0,02)

VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} =$	3,90 [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} =$	7,70 [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} =$	16141,15 [daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b3,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 1000,00 < 16141,15$	vérifié	(0,06)

BARRE 4

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} =$	12063,72 [daN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement	$F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_v \cdot m / \gamma_{M2}$
--------------	----------------	---	---

Pression du boulon sur la barre

Direction x			
$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié	
$\alpha_{bx} =$	0,66	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,66 > 0,00$	vérifié	
$F_{b,Rd1x} =$	9622,7 [daN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Direction z			
$k_{1z} =$	2,12	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,12 > 0,00$	vérifié	
$\alpha_{bz} =$	0,76	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0,76 > 0,00$	vérifié	
$F_{b,Rd1z} =$	9371,35 [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale	$F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Pression du boulon sur la platine

Direction x			
$k_{1x} =$	2,50	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié	
$\alpha_{bx} =$	0,61	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons	$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,61 > 0,00$	vérifié	
$F_{b,Rd2x} =$	8848,48 [daN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou	$F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Direction z			
$k_{1z} =$	2,12	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,12 > 0,00$	vérifié	
$\alpha_{bz} =$	1,00	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$	$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$	$1,00 > 0,00$	vérifié	
$F_{b,Rd2z} = 12370,18$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale		$F_{b,Rd2z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$

VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

cisaillement des boulons

$e = 22$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons		
$M_0 = 0,22$ [kN*m]	Moment fléchissant réel		$M_0 = N_{b4,Ed} * e$
$F_{NSd} = 500,00$ [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial		$F_{NSd} = N_{b4,Ed} / n$
$F_{MSd} = 362,92$ [daN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment		$F_{MSd} = M_0 * \chi_{max} / \sum \chi_i^2$
$F_{x,Ed} = 500,00$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x		$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 362,92$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z		$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Ed} = 617,83$ [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon		$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} = 8848,48$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x		$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 9371,35$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z		$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 500,00 < 8848,48$	vérifié	(0, 06)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 362,92 < 9371,35$	vérifié	(0, 04)
$F_{Ed} \leq F_{vRd}$	$617,83 < 12063,72$	vérifié	(0, 05)

VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_2 = 0,43$	Coefficient de réduction		[Tableau 3.8]
$A_{net} = 16,95$ [cm ²]	Aire de la section nette		$A_{net} = A - d_0 * t_i4$
$N_{u,Rd} = 21147,44$ [daN]	Résistance de calcul de la section nette		$N_{u,Rd} = (\beta_2 * A_{net} * f_{u4}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 40502,25$ [daN]	Résistance de calcul plastique de la section brute		$N_{pl,Rd} = (0.9 * A * f_{y4}) / \gamma_{M2}$
$ N_{b4,Ed} \leq N_{u,Rd}$	$ 1000,00 < 21147,44$	vérifié	(0, 05)
$ N_{b4,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	$ 1000,00 < 40502,25$	vérifié	(0, 02)

VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} = 3,90$ [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction		
$A_{nv} = 7,70$ [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction		
$V_{effRd} = 16141,15$ [daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous		$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b4,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 1000,00 < 16141,15$	vérifié	(0, 06)

BARRE 5

RÉSISTANCE DES BOULONS

$F_{v,Rd} = 12063,72$ [daN]	Résistance de la tige d'un boulon au cisaillement		$F_{v,Rd} = 0.6 * f_{ub} * A_v * m / \gamma_{M2}$
-----------------------------	---	--	---

Pression du boulon sur la barre

Direction x

$k_{1x} = 2,50$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1x} = \min[2.8 * (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1x} > 0.0$	$2,50 > 0,00$	vérifié	
$\alpha_{bx} = 0,66$	Coefficient dépendant de l'espacement des boulons		$\alpha_{bx} = \min[e_1/(3*d_0), p_1/(3*d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bx} > 0.0$	$0,66 > 0,00$	vérifié	

$F_{b,Rd1x} = 9622,73$ [daN]	Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou		$F_{b,Rd1x} = k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
------------------------------	--	--	---

Direction z

$k_{1z} = 2,12$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$k_{1z} = \min[2.8 * (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 * (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
$k_{1z} > 0.0$	$2,12 > 0,00$	vérifié	
$\alpha_{bz} = 0,76$	Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$		$\alpha_{bz} = \min[e_2/(3*d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
$\alpha_{bz} > 0.0$	$0,76 > 0,00$	vérifié	

$F_{b,Rd1z} = 9371,35$ [daN]	Résistance d'un boulon en pression diamétrale		$F_{b,Rd1z} = k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i / \gamma_{M2}$
------------------------------	---	--	---

Pression du boulon sur la platine

Direction x

$k_{1x} = 2,50$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **vérifié**

$\alpha_{bx} = 0,66$ Coefficient dépendant de l'espacement des boulons $\alpha_{bx} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$ $0,66 > 0,00$ **vérifié**

$F_{b,Rd2x} = 9622,7$ [daN] Résistance de calcul à l'état limite de plastification de la paroi du trou $F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

Direction z

$k_{1z} = 2,12$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$ $2,12 > 0,00$ **vérifié**

$\alpha_{bz} = 0,68$ Coefficient pour le calcul de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$ $0,68 > 0,00$ **vérifié**

$F_{b,Rd2z} = 8362,65$ [daN] Résistance d'un boulon en pression diamétrale $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i / \gamma_{M2}$

VÉRIFICATION DE L'ASSEMBLAGE POUR LES EFFORTS AGISSANT SUR LES BOULONS

cisaillement des boulons

$e = 22$ [mm]	Excentricité de l'effort axial par rapport à l'axe des boulons	
$M_0 = 0,22$ [kN*m]	Moment fléchissant réel	$M_0 = N_{b5,Ed} \cdot e$
$F_{NSd} = 500,00$ [daN]	Force résultante dans le boulon due à l'influence de l'effort axial	$F_{NSd} = N_{b5,Ed} / n$
$F_{MSd} = 362,92$ [daN]	Effort composant dans le boulon dû à l'influence du moment	$F_{MSd} = M_0 \cdot x_{max} / \sum x_i^2$
$F_{x,Ed} = 500,00$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction x	$F_{x,Ed} = F_{NSd}$
$F_{z,Ed} = 362,92$ [daN]	Effort de calcul total dans le boulon sur la direction z	$F_{z,Ed} = F_{MSd}$
$F_{Ed} = 617,83$ [daN]	Effort tranchant résultant dans le boulon	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} = 9622,73$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 8362,65$ [daN]	Résistance résultante de calcul du boulon sur la direction z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 500,00 < 9622,73$	vérifié (0,05)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 362,92 < 8362,65$	vérifié (0,04)
$F_{Ed} \leq F_{vRd}$	$617,83 < 12063,72$	vérifié (0,05)

VÉRIFICATION DE LA SECTION DE LA POUTRE AFFAIBLIE PAR LES TROUS

$\beta_2 = 0,43$	Coefficient de réduction	[Tableau 3.8]
$A_{net} = 16,95$ [cm ²]	Aire de la section nette	$A_{net} = A - d_0 \cdot t_f$
$N_{u,Rd} = 21147,44$ [daN]	Résistance de calcul de la section nette	$N_{u,Rd} = (\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_{u5}) / \gamma_{M2}$
$N_{pl,Rd} = 40502,25$ [daN]	Résistance de calcul plastique de la section brute	$N_{pl,Rd} = (0.9 \cdot A \cdot f_{y5}) / \gamma_{M2}$
$ N_{b5,Ed} \leq N_{u,Rd}$	$ 1000,00 < 21147,44$	vérifié (0,05)
$ N_{b5,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	$ 1000,00 < 40502,25$	vérifié (0,02)

VÉRIFICATION DE LA BARRE POUR LE CISAILLEMENT DE BLOC

$A_{nt} = 3,90$ [cm ²]	Aire nette de la zone de la section en traction	
$A_{nv} = 7,70$ [cm ²]	Aire de la zone de la section en traction	
$V_{effRd} = 16141,15$ [daN]	Résistance de calcul de la section affaiblie par les trous	$V_{effRd} = 0.5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b5,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 1000,00 < 16141,15$	vérifié (0,16)

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme

Ratio 0,16

Le ratio $0,16 < 1$ donc C.V

Même vérification pour les autres nœuds (1, 3,4)

ANNEXE (5)

Rapport de sol

Introduction :

A la demande de du client, concernant l'étude géotechnique d'un terrain réservé à la réalisation des hangars à ladite localité **Lachbour Wilaya de Bordj Bou Arreridj**, le laboratoire de mécanique des sols et géotechnique LMSG – Bouziane- ; s'est intervenu sur le terrain envisagé pour y effectuer la reconnaissance géotechnique, dont il donne les résultats obtenus avec commentaire, conclusion et recommandations, dans le présent rapport. [12]

Données du site :

III.8.10 Situation

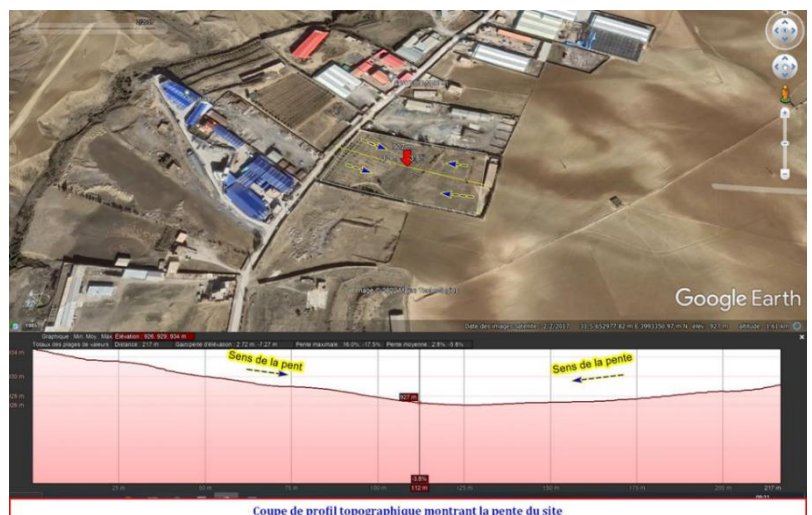
Le site retenu à la réalisation du projet se situe à ladite localité Lachbour, pas loin de la RN5, comme le montre la photo satellitaire ci-dessous :



III.8.11 Topographie:

Lors de notre intervention, on a constaté qu'il s'agit d'un terrain en pente douce dont un petit ravin qui ne draine à priori que des eaux pluviales le traverse.

Le sens de la pente est Nord-ouest/Sud est et Sud est/Nord-ouest



Stabilité et classification du site :

Le site retenu à la réalisation du projet se caractérise par une topographie régulière et une pente douce, elle s'agit d'une assiette en pente où la stabilité ne pose aucun problème, elle est composée essentiellement par des formations sédimentaire (des marnes qui renferment des passages en calcaires marneux, et une mince couverture de 0,5 à 0,8m en limon encrouté jaunâtre), la classification basée sur les critères du document DTR BC 2.48-basant sur les résistances à la compression- permettent d'inclure ce site dans la catégorie **S2**.

Du point de vue sismique, la région est classée dans une zone de sismicité moyenne **IIa** d'où l'impérieuse nécessité d'en tenir sérieusement en incluant dans le calcul des structures du futur ouvrage les règles parasismiques définies dans le document **RPA**.

Etude des fondations

III.8.12 Evaluation de la contrainte admissible du sol

La reconnaissance in situ menée aux sondages et complétée par les essais de pénétration dynamique a mis en évidence un terrain constituée par un substrat en marne de forte compacité.

Ainsi, en proposant comme type de fondation des **semelles superficielles isolées**, et sur la base des caractéristiques physiques et mécaniques de la couche considérée, on calcule la contrainte admissible du sol en utilisant la relation de Terzaghi.

En substituant les valeurs à la relation suivante, le calcul a abouti aux résultats ci-après:

Profondeur d'ancrage : 1,5 mètres

Largeur de la fondation : 1,5 mètres

III.8.13 Caractéristiques géotechniques des couches :

Profondeur (m)	Phi	Cu (bars)	Densité (t/m ³)
0 _ 10	15	0,5	2

III.8.14 Rappel des formules utilisées :

La capacité portante d'une semelle carrée est donnée par la formule:

$$Q_{adm} = \gamma \cdot D + (0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} + \gamma \cdot D \cdot (N_q - 1) + (1,3 \cdot C \cdot N_c)) / F_s$$

Avec :

N_{γ} , N_q , N_c : Facteurs de portance B = Largeur de la fondation.

D = Profondeur d'ancrage. C = Cohésion du sol support.

Gama = Densité du sol. Fs = Facteur de sécurité.

Resultats des calculs pour chaque couche :

Couche 1

Facteurs de portance d'après A.Caquot et J.Kérisel :

$$N_g = 2,33 \quad N_q = 3,94 \quad N_c = 10,97$$

Capacité portante de la couche (Qad) = 3,2 Bars

Contrainte admissible retenue = 3 Bars

Evaluation des tassements

Compte tenu des caractéristiques de compressibilités de la couche considérée, L'ampleur des tassements (sur la fondation induite par l'ouvrage à une profondeur par la méthode des tranches dont le calcul se présente ainsi :

$$*.\Delta H = H \frac{C_g}{1 + e_0} \lg \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma}{\sigma'_{v0}}, \text{ si } \sigma'_{v0} + \Delta\sigma < \sigma'_v$$

$$*.\Delta H = \frac{C_g}{1 + e_0} \lg \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} + H \frac{C_g}{1 + e_0} \lg \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma}{\sigma'_p}, \text{ si } \sigma'_{v0} + \Delta\sigma > \sigma'_v$$

Profondeur d'ancrage : 1.5 mètres

Largeur de la fondation : 2 mètres

Contrainte de service : 3 bars

III.8.15 : Caractéristiques géotechniques des couches :

Profondeur (m)	eo	Pc (bars)	Densité (t/m3)	Cc (%)
0 _ 10	0,613	3	2	14,62

III.8.16 Récapitulatifs des résultats de calcul de tassement.

Prof (m)	Cc (%)	eo+1	Pc (bars)	Ds (bars)	So (bars)	Iz	DH (cm)
1,5 _ 2	14,62	1,604	3	2,88	0,35	0,96	0,601
2 _ 4	14,62	1,602	3	1,347	0,6	0,449	0,638
4 _ 6	14,62	1,599	3	0,39	1	0,13	0,178
6 _ 8	14,62	1,598	3	0,174	1,4	0,058	0,063
8 _ 10	14,62	1,597	3	0,096	1,8	0,032	0,028

TASSEMENT TOTAL = 1,5 cm NOTATIONS

Utilisés:

Cc = Coefficient de compressibilité déterminé à partir de l'essai œdométrique.

e_0 = Indice des vides initiale (avant application de la surcharge).

P_c = Pression de consolidation du sol.

D_s = Accroissement de contrainte dans le sol induit par la superstructure.

S_0 = Contrainte initiale dans le sol, due au poids des terres.

I_z = Facteur d'influence déterminé à mi-hauteur de la couche.

DH = Tassement élémentaire d'une tranche de sol de faible épaisseur.

CONCLUSION

L'étude de sol du site destiné à recevoir le projet de réalisation d'hangars à Lachbour wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ, nous a conduits à la conclusion et aux recommandations suivantes :

Le projet est implanté sur un terrain en pente faible où la stabilité ne pose aucun problème.

La reconnaissance in situ menée au moyen de sondages carottés a mis en évidence une lithologie homogène constituée par un substrat de marne de couleur brune verdâtre à grisâtre, qui renferme des passes en calcaires marneux, sachant que la couverture est en limon encrouté jaunâtre d'environ 0,5 à 0,8m d'épaisseur.

Les essais PDL ont montré qu'il s'agit d'un terrain de forte compacité en profondeur, en enregistrant des résistances supérieures à 80 bars et des refus autour de 1.4 à 1.8m

Les essais au laboratoire ont révélé des caractéristiques bonnes, en effet cette marne très dense, sur consolidée, moyennement compressible et ayant une faible tendance au gonflement en contact avec l'eau.

Quant à la marne indurée en profondeur, elle s'agit d'une roche tendre de faible résistance à la compression simple de l'ordre de 6 à 8MPa.

Comptes tenus de ces données lithologiques et en basant sur les caractéristiques mécaniques des formations en question, le site est classé dans la catégorie **S2** selon R.P.A.

A partir de ces données, nous recommandons de fonder le projet sur des semelles isolées à une profondeur de **D=1.5m** à partir de la surface.

A cette profondeur, le sol pourra travailler avec une contrainte admissible limitée à **Qadm = 3 bars**, compatible avec des tassements acceptables.

Le sol support est d'une agressivité faible, donc l'utilisation du ciment ordinaire suffit pour la confection du béton des fondations.

Compte tenu de l'altérabilité rapide de la marne en contact avec les agents atmosphériques, nous recommandons de veiller sur le coulage du BP sitôt si possible après ouverture de fouille, et ce pour la permettre de garder ses bonnes caractéristiques.

ANNEXE(6) :

List des figures

List des figures:

Fig I.1:Pylônes électriques.....	4
Fig I.2: Pylônes de télécommunication.....	4
Fig I.3 : Pylônes pour ponts	4
Fig I.4 : Pylônes d'éclairage	5
Fig I.5 : Pylônes téléphériques.....	5
Fig I.7 : Pylône chat.....	6
Fig I.8 : Pylônes portique.....	6
Fig I.6 : Pylône à six triangles	6
Fig I.9 : Pylône électrique haubané en V	7
Fig I.10 : Pylône électrique à chaînette.....	7
Fig I.11: Pylône monomode Roseau	7
Fig I.12: Pylône électrique Muget	7
Fig I.13: Les éléments constituent d'un pylône	10
Fig I.16: Ligne aériennes	11
Fig I.14: Ligne sous-marins	11
Fig I.15: Ligne souterrains.....	11
Fig I.17: Conducteurs câblés toronnée	11
Fig I.18: Les isolateurs aériens	12
Fig I.19: Face Elévation et Axe de la Ligne	13
Fig I.20: Le flambement	15
Fig I.21: Le voilement	15
Fig I.22: Le déversement	15
Fig I.23: Les antennes	18
Fig I.24: Dépointage au sommet.....	18
Fig I.25: Antenne filaire.....	19
Fig I.26: Antenne à fente	19
Fig I.27: Antenne planaire	19
Fig I.28: Antenne cornet	19
Fig I.29: Antenne parabole	19
Fig I.30: Les équipements d'un pylône télécommunications	20
Fig I.31 : Les réseaux des antennes	20
Fig I.32: Les pylônes à trois pieds	21
Fig I.33: Les pylônes à quatre pieds	22
Fig I.34: Les pylônes à haubans.....	22
Fig I.35: La fondation superficielle	23
Fig I.36: La fondation FU (ou bien radier)	23
Fig I.37: La fondation profonde, pieux.....	23
Fig I.39: Pylônes à trois pieds.....	25

Fig I.38: Pylônes à quatre pieds.....	25
Fig I.40: Variation de l'inertie de la structure	26
Fig I.41: Efforts appliqués sur le pylône.....	27
Fig I.42: Les parties d'un pylône	28
Fig I.43: Eléments du panneau de base.....	28
Fig I.44: Type de contreventement	28
Fig II.1: La géométrie de pylône	32
Fig II.2: Vues en 3D du pylône modélisé	33
Fig II.3 : Schéma de charge du câble.....	33
Fig II.4: Les charges dues au câble.....	34
Fig II.5: La charge de vent sur le sens X	34
Fig II.6: La charge de vent sur le sens $X+Y = 45^\circ$	34
Fig II.7: diagrammes de la contrainte maximale et minimale	36
Fig II.8: le déplacement maximal du pylône	37
Fig II.10: le déplacement maximal sur $X+Y= 45^\circ$	37
Fig II.9: le déplacement maximal sur le sens Y.....	37
Fig II.11: Exemple de Schéma d'assemblage.....	39
Fig II.12: Les quatre nœuds de pylône	39
Fig II.13: Dimensionnement de la fondation	41
Fig II.14: ferrailage de la fondation.....	42
Fig II.15 : Vues en 3D du pylône modélisé	43
Fig II.16 : diagrammes de la contrainte maximale et minimale	45
Fig II.17: Déplacements sur sens $X+Y (45^\circ)$	46
Fig II.18: Déplacements SUR SENS X	46
Fig II.19: Vue en plan Z-X	48
Fig III.1 : Fiche de cout de pylône télécommunication	58
Fig III.2 : Fiche de cout de pylône électrique	62
1- 1: La fenêtre de Bienvenue dans tekla structures s'afficher, choisir Nouveau modèle...	70
1- 2: La fenêtre s'affiche.....	70
1- 3: Vue en 3D par Logiciel Tekla structure	71
1- 4: Vue en Haut (plan X-Y)	72
1- 5: Vue en haut par type Filaire	72
1- 6: Vue avant (plan X-Z)	73
1- 7: Vue avant (plan X-Z) par type Filaire	73
1- 10: Vue avant (plan X-Z)	74
1- 8: Vue en Haut (plan X-Y)	74
1- 9: Vue en 3D par Logiciel Tekla structure	74

(1) 1: Choix de la structure	76
(1) 2 : Préférence de la tache	76
(1) 3 : les lignes de construction	77
(1) 4 : Les profils utiliser.....	78
(1) 5 : La définition des appuis	78
(1) 6 : La charge Q (d'exploitation).....	79
(1) 7 : Les cas de charges.....	79
(1) 8: La Simulation du vent.....	80
(1) 9: La définition des combinaisons de charge	80
(1) 10: Définition de l'assemblage de type gousset.....	83
(4) 1: La position du nœud 2.....	102









List des tableaux:

Tableau I-1 : Différentes catégories de tension	12
Tableau I-2 : Différentes types de réseaux	12
Tableau I-3 : Caractéristiques de l'acier des cornières	29
Tableau I-4 : Désignation et nuance du matériau des cornières	29
Tableau I-5 : Caractéristiques mécaniques des boulons	29
Tableau II-1 : Tableaux des états limite ultime et service	35
Tableau II-2 : Contraintes maximales : (Extrêmes globaux).....	35
Tableau II-3 : Vérification des contraintes avec A_{brut}	36
Tableau II-4 : Vérification des contraintes avec A_{net}	37
Tableau II-5 : déplacement maximal	37
Tableau II-6: vérification de choix de cornière	38
Tableau II-7 : Vérification au cisaillement	40
Tableau II-8 : Vérification à la traction	40
Tableau II-9 : Vérification aux pressions diamétrales	40
Tableau II-10 : Contraintes (Extrêmes globaux)	44
Tableau II-11 : Efforts (Extrêmes globaux).....	45
Tableau II-12 : Déplacements (Extrêmes globaux)	45
Tableau II-13 : vérification de choix de cornière	48
Tableau II-14 : Vérification au cisaillement	49
Tableau II-15 : Vérification à la traction	49
Tableau II-16 : Vérification aux pressions diamétrales	49
Tableau III-1 : Tableaux de métré de pylône télécommunication	52
Tableau III-2 : Devis quantitatif de Pylône télécommunication.....	54
Tableau III-3 : Les barres nettes requis	57
Tableau III-4 : Tableau de métré pylône électrique.....	59
Tableau III-5 : Devis quantitatif de Pylône électrique.....	60

ANNEX (7):

Business Model Canvas

انشاء تصميم جمالي نحيف و سريع التركيب لعمود كهربائي عالي الاجهاد والاتصالات السلكية واللاسلكية

 <p>الشركات الرئيسية</p> <p>مصانع الحديد المحلية مثل (شركة برج ستيل، مجمع الحجار...) مؤسسات النقل هيئات حكومية مؤسسات الانشغال العمومية</p>	<p>الأنشطة الرئيسية</p> <p>التصميم والدراسة والإرسال لشركات التصنيع التركيب المتابعة</p> 	<p>القيمة المقترحة أو المقدمة</p> <p>عمود كهربائي عالي الاجهاد اوالاتصالات السلكية واللاسلكية و يتميز ب: ✓ جمالية المنظر (يعتبر كعظم، مجسم جمالي) ✓ وزن خفيف ✓ سهل و سريع التركيب ✓ اقل تكلفة ✓ متعدد الاستعمالات ✓ قابل للتطوير</p> 	<p>العلاقات مع الزبائن</p> <p>مباشرة (علاقة شخصية مع ممثل المؤسسة) غير مباشرة (الموقع الالكتروني، ايميل خاص بالمؤسسة، مواقع التواصل الاجتماعي، رقم الهاتف)</p> 	<p>شرائح العملاء</p> <p>✓ شركات اتاج و توزيع الكهرباء ✓ شركات الاتصالات ✓ شركات الانشاءات المعدنية</p> 
<p>غير مباشرة</p> <p>تكاليف الإصلاح وصيانة المعدات</p> 	<p>هيكل التكاليف</p> <p>مباشرة ✓ تكاليف شراء المواد الأولية وتصنيعها ✓ أجور الموظفين والإدارة ✓ تكاليف محل العمل ✓ تكاليف الآلات والمعدات</p>	<p>مصادر الإيرادات</p> <p>✓ البيع ✓ رسوم الترخيص (السمح للاستغلال المنتج المبكر تحت شروط مؤسستنا)</p> 	<p>القنوات</p> <p>✓ مقر المؤسسة ✓ التسويق الالكتروني(موقع الكتروني، الإشهارات، صفحات في مواقع التواصل الاجتماعي) ✓ التسويق عن طريق العملاء</p> 	

ANNEX (8):

Guide du projet

I. Analyse stratégique du marché (التحليل الاستراتيجي للسوق)

Le segment du marché :

- Le marché potentiel est la société de production et transport d'énergie SONALGAZ

Car il est le premier producteur et fournisseur d'électricité et le premier distributeur de gaz en Algérie

- Le marché ciblé est le marché global pour l'exportation.

Mesure de l'intensité de la concurrence : المنافسين الاساسيين

Fabricants des éléments de charpentes métalliques. Sociétés des pylônes électriques. ...

La stratégie marketing :

Dépend généralement à :

Une stratégie des prix : avec des prix compétitifs ;

Une stratégie de distinction : Nous nous distinguons par une nouvelle forme qui :

- ✓ répond aux besoins esthétiques et techniques ;
- ✓ La production est moins cher par rapport les autre modèles par 35% ;
- ✓ Il à Une tête composée par des signes inspirés de notre patrimoine et culture, (étoile, Zelij, Hilal, triangle,...) ;
- ✓ Réalisation rapide (80% en atelier et 20% sur site).
- ✓ Multi fonction Pylône électrique (Faible, Moyenne, Haute et Très haute tension), télécommunication, antenne, éclairage spéciale, téléphérique et même comme un monument ;
- ✓ Haute résistance avec différents types des profils sont utilisées (Cornière, tubulaire de type rond ou carré) ;
- ✓ Choix de la taille (variabilité de taille : Hauteur = 15 m jusqu'au 55 m) ;
- ✓ Caractérisé par la possibilité d'ajouter de jeux de lumière (surtout dans les zones urbaines) ;
- ✓ Modifiable et développable.

II. Plan de production et organisation (خطة الانتاج والتنظيم)

Le Processus de production :

Il y a plusieurs étapes pour que le pylône entre en service :

En BET (bureaux d'études techniques):

Etape d'études des pylônes:

Estimation des prix et de temps

En usine:

1. Préparation de membrures principales composées en treillis (pliage, façonnage, soudure ...).
2. Contrôle de soudure et redressage des pièces < Préparation des trous pour la fixation.
3. Montage avec des boulons et écrous.
4. Peinture de protection ou galvanisation.

En chantier:

1. Préparation du terrain (décapage de la terre végétale est nécessaire) et plate-forme de travail.
2. Préparation des tiges d'ancrage dans le ferrailage de fondation (semelle, longrine...).
3. Préparation des outils de montage, poteau tubulaire provisoire, vérins et de sécurité.
4. Placement du mât provisoire et câble de tirage.
5. Installation des pieds principaux et fixation aux têtes.
6. Montage des contreventements horizontaux et de fixation.
7. Montage de la tête en morceaux (fourches) et les consoles selon le type et le nombre des conducteurs ou l'utilisation de télécommunication (cas antennes).
8. Montage des chaînes d'amortisseur puis les conducteurs...

L'Approvisionnement : التموين

مؤسسات الانشاءات المعدنية مثل : شركة برج ستيل , بورنان , مشري, سارل ميناليك و توسيالي الجزائر. وهم مكلفين بطلب المادة الاولية الحديد من وحدات انتاج الحديد كمركب الحجار.

Les établissements des construction métallique comme : les société de Bordj

Steel, Bourenan, Mechri, Sarl Métallique, Tosyali Algérie. Et sont accusés d'avoir commandé la matière première Le fer à partir des unités de productions de fer tel que complexe El hadjar.

La main d'œuvre : اليد العاملة

مشروعنا يخلق حوالي 15 مناصب عمل مباشر و 35 منصب عمل غير مباشر منهم 4 مهندسين مدنيين للدراسة و المتابعة الميدانية للمشروع.

Notre projet crée environ 15 emplois directs et près de 35 emplois indirects. Parmi eux, des ingénieurs civils pour l'étude et le suivie sur chantier des projets.

Les Principaux partenaires : الشراكات الاساسية

نتعامل في مشاريعنا مع مؤسسات الانشاءات المعدنية وشركات النقل و البنوك مباشرة.

Les partenariats les plus importants dans notre cas sont les établissements des constructions métalliques, les établissements de transport et les banques.

III. Plan financier (الخطة المالية)

Les Coûts et charges: التكاليف و الاعباء

La main d'œuvre : العمال

Coût annuel	Salaire mensuel	Nombre	
2520000	70000	3	Les ingénieurs
7200000	50000	12	La main d'œuvre
un seul pylône 16000	4000 DA / m ³	2	Le maçon (la fondation)
50000	Par projet	/	Control Technique Et Construction
/	Total		

Coût annuel DA	Cout d'un seul pylône	Prix Unitaire	Nombre	
720000	/	60000 DA / للشهر	1	Louer un local
حسب المشروع 150000	50000 DA	600 km = 50000 DA	2 او اكثر	Louer un véhicule pour le transport
حسب المشروع 280000	280000 DA	40000 DA لليوم	2	Louer un véhicule pour les Terrassements
حسب المشروع 450000	450000 DA	30000 DA لليوم	2	Louer une machine de levage
1200000	1200000	400000	3	Les ordinateurs de bureau avec leur équipement
6000000	6000000	3000000	2	un véhicule de transport d'ouvriers
7000000	7000000	/	/	Les équipements de montage
/	44000	11000	BA et BP	Le Béton
/	25000	6000	Ø12	L'armature

15.750.000	/	Total
------------	---	-------

Les équipements les appareils et matériaux : المعدات والاجهزة والمواد

Fiche de Coût de pylone innovante						
Production (kg)	Désignation	Version	Ratio kg/t	Consommation (kg)	Cout U (kg)	Prix de Vente
6 573	Profile Brut Sans Rabotage		1045	6 869	219,5	1 442 445
657	Tole Brut		1170	769	225,8	148 425
7 230	Prix moyen CM				220,1	1 591 319
	BOBINE FIL DE SOUDAGE AUTROD 2,5mm 30kg		10	66	5,4	35 494
	OK FLUX DE SOUDURE.30KG		0	-	-	-
	Consumable		5	36	3,0	19 719
	Peinture Antirouille Deux Couches (kg)	1	3,5	23	1,2	7 753
	Sablage	0	19	125	-	-
	Service Exterieur			-	5,0	32 865
	Etude	0		-	-	-
	Charge du Personnel			-	15,0	98 595
	Amortissement			-	15,2	100 132
	Total Sans Peinture Sans Montage				265	1 885 878
7 230	Commission		0		-	-
	Prix de Vente Sans Peinture Sans Montage				291	2 106 867
7 230	Bolonerie 5%	0				-
	Transport	0				-
	Montage Nord	0				-
	Suplement Montage au Sud	0				-
	Total Avec Montage				265	1 885 878
	Prix de Vente Avec Montage				291	2 106 867
7 230	Peinture	0	9,6	63	-	-
	Total Avec Peinture				265	1 885 878
	Prix de Vente Avec Peinture				291	2 106 867

Delai MP (Mois)	4
Delai Production (Mois)	3
Delai Globale (Mois)	7

Cout de Reviet (kg)	265
Marge	10%
Prix de Vente	291

poids de la charpente	Prix u	prix total
7 230,30	295,00	2 132 938,50

تكاليف انتاج وحدة عمود للاتصالات : Frais de la production d'un seul pylône de télécommunication : السلكية واللاسلكية

سعر انتاج وحدة 30m : 2132938,5 DA

طرق ومصادر الحصول على التمويل:

- اعانات الدولة والدعم
- قروض بنكية
- مستثمرين
- رأس مال خاص
- الموردون والحسابات الدائنة

كيفية استرداد الاموال:

Comment obtenir un remboursement :

Les clients (Nombre de ventes) ;

عدد المبيعات (زبائن)

Réserves.

مخزونات

Le Chiffre d'affaires : رقم الاعمال

تكلفة العمود الكهربائي الواحد يقدر ب 4.500.000 DA

رقم الاعمال خارج الرسم = مجموع الاعمال x 1.15

4.500.000 x 1, 15 = 5.175.000 DA

Prix d'un seul pylône électrique estimé de 4.500.000 DA

Chiffre d'affaires HT = Total des affaires x 1,15

REALISATION		PREVISION			
Produit A destiné Client	N	N+1	N+2	N+3	N+4
Quantité produit A	5	31	70	100	150
Prix HT produit a	5.175.000 DA				
Ventes produit A	3	25	56	78	137
Chiffre d'affaires global DA	15.525.000	129.375.000	289.800.000	403.650.000	708.975.000

4.500.000 x 1, 15 = 5.175.000 DA

جدول الحسابات المتوقعة : Les Comptes de résultats escomptés :

مجموع الاعباء لعمود كهربائي واحد قدر ب 4.500.000 DA .

Frais de la production d'un seul pylône de télécommunication estimée par 4.500.000 DA

تم بناء 5 اعمدة كهربائية خلال السنة الاولى من نشاط المؤسسة.

5 pylônes ont été construits au cours de la première année

	N	N+1	N+2	N+3	N+4
<u>Frais de l'établissement</u>					
✓ Louer le centre avec ses fardeaux	720.000	720.000	720.000	720.000	720.000
✓ Les ordinateurs de bureau avec leur équipement	1.200.000	-	-	-	-
✓ un véhicule de transport d'ouvriers	6.000.000	-	-	-	-
✓ Les équipements de montage	7.000.000	-	-	-	-
<u>Frais de fonctionnements</u>					
<u>Salaire d'ouvriers</u>					
✓ Les ingénieurs	2.520.000	2.520.000	2.520.000	2.520.000	2.520.000
✓ La main d'œuvre	7.200.000	7.200.000	7.200.000	7.200.000	7.200.000
✓ Le maçon 4000 DA / m ³	80.000	496.000	1.120.000	1.600.000	2.400.000
<u>Louer des matériels</u>					
✓ Un véhicule pour les Terrassements	40.000	240.000	480.000	800.000	1.000.000
✓ Une machine de levage	900.000	3.600.000	5.400.000	7.200.000	9.000.000
✓ Un véhicule pour le transport	750.000	4.650.000	10.500.000	15.000.000	22.500.000
<u>L'achat de matériaux</u>					
✓ Le Béton	220.000	1.364.000	3.080.000	4.400.000	6.600.000
✓ L'armature	125.000	775.000	1.750.000	2.500.000	3.750.000
Prix d'un seul pylône électrique estimée de 2132938,5DA	10.664.692,5	66.121.093,5	149.305.695	213.293.850	319.940.775
La somme	48.219.692,5	87.686.093,5	182.075.695	255.233.850	364.230.775

Prototype:

