



Faculté : TECHNOLOGIE
Département : GENIE CIVIL
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Filière : GENIE CIVIL
Spécialité :
CONSTRUCTION METALLIQUE ET MIXTE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Thème:

**DIMENSIONNEMENT D'UNE STRUCTURE SPATIALE
TRIDIMENSIONNELLE PYRAMIDALE**

Présenté par : * AFIA FELLA
*AYACHI AMOR NOUR EL HOUDA

Encadrant :	Grade	Université
Dr. Y.HADIDANE	MCA	UBMA

Jury de Soutenance :

KOUIDER N.	MCA	UBMA	Président
HADIDANE Y.	MCA	UBMA	Encadrant
LOUETRI L.	MCB	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

Sommaire

Chapitre 1

Introduction générale	7
I. Introduction	8
I.1.1 Avantages :.....	8
I.1.2 Inconvénients.....	8
I.2 Présentation de projet	9
I.3 Caractéristiques géométriques.....	10
I.4 Caractéristique structurale	10
➤ Ossature de la structure	10
I.4.1 Règlements utilisés.....	11
I.4.2 Actions et Combinaisons d’Action :.....	11
➤ Action permanente	11
➤ Action variable	11
I.5 Les données concernant le site	11
I.6 Logiciel utilisé.....	11
I.7 Matériaux utilisés	11
➤ Acier	11
○ Résistance	12
○ Ductilité	12
○ Propriétés mécaniques	12
II. Structure Spatiale	13
II.1 Avantages	16
II.2 Les différents types des structures spatiale	16
II.3 Le système à vecteur actif « en treillis »	16
II.3.1 Les éléments de la structure en treillis :.....	16
• Montants :.....	16
II.3.2 Ces inconvénients sont :	17
II.3.3 Les différents types de structure en treillis :.....	18
II.4 La conception des structures tridimensionnelles :.....	19
II.5 Les systèmes à surface portante	20
II.5.1 Les surfaces plissées :.....	20
II.5.2 Les coques	20

❖ Les types des coques cylindriques.....	21
➤ Les coques sphériques	22
➤ Les coques elliptiques	22
➤ Les coques complexes	23
✓ Synthèse.....	24
○ Les inconvénients	24
II.5.3 Structure textile	25
II.5.4 Domaine d'utilisation de la structure textile.....	25
II.5.5 Type de structure et lieux d'utilisation	25
III. Système mero	28
IV. 29	
V. Conclusion	30
I. Introduction	31
V.1 Actions de la neige	31
a) But	31
V.1.1 Coefficient de forme de la toiture.....	32
V.2 ETUDE AU VENT	33
V.2.1 Introduction	33
V.2.2 Principes de calcul.....	33
V.2.3 Présentation Générale.....	34
V.2.4 Coefficient de calcul.....	34
V.2.5 Coefficient de topographie	34
V.3 Calculs des pressions.....	35
V.3.1 la pression dynamique pointe (q_p)	35
V.4 Valeurs des pressions dynamiques pointe ().....	37
V.5 Détermination de la pression aérodynamique $W(z_j)$	38
I. Calculs des poids de la couverture	40
II. Les combinaisons à ELU	42
III. Les combinaisons à ELS	42
IV. Vérification des éléments de toiture.....	42
IV.1 Les Barres.....	42
IV.1.1 Vérification à la traction	42
IV.1.2 Vérification à la compression	42
IV.2 Les Poteaux	43

IV.2.1	Vérification au flambement.....	43
IV.3	LE DEPLACEMENT HORIZONTAL	43
$\delta_{MAX} = H/125$ où	H-hauteur du poteau.....	43
INTRODUCTION.....		44
I.	LES ASSEMBLAGES DES ELEMENTS DE LA STRUCTURE	44
I.1	ASSEMBLAGES DES NŒUDS DES BARRES.....	44
I.1.1	La résistance des boulons à la traction	44
I.2	ASSEMBLAGE DES BASES DE POTEAUX	44
I.2.1	La base de Poteau	44
GENERAL		45
GEOMETRIE.....		45
POTEAU		45
PLAQUE PRINCIPALE DU PIED DE POTEAU		45
PLATINE DE PRESCELLEMENT.....		45
ANCRAGE		45
BECHE		46
SEMELLE ISOLEE.....		46
BETON		46
SOUDURES.....		46
EFFORTS		46
RESULTATS		46
BETON		46
ANCRAGE		47
BECHE		48
PLATINE.....		48
PLATINE DE PRESCELLEMENT.....		49
REMARQUES		49
I.2.2	La fondation	51
I.	CONCLUSION GENERALE	63
II.	LA STRUCTURE.....	64
III.	LES CHARGES	64
IV.	Les Déformation dues aux Charges	67
V.	Tableaux des combinaisons et des charges.....	69
VI.	Vérification d'élément de structure	70

VI.1	Barre	70
VI.1.1	LES EFFORTS	70
VI.1.2	Les contrainte	70
VI.2	Poteau	72
VI.2.1	Les efforts et les reaction	72

Liste des figures

Figure 1	17
Figure 2	17
Figure 3	17
Figure 4 Structure plane	Figure
5 Structure voutées	18
Figure 6 Dôme	18
Figure 7 Double pente	19
Figure 8 Pyramide et cône	19
Figure 9 Choix de modulation	19
Figure 10 surface plissée.....	20
Figure 11 coque cylindrique.....	21
Figure 12 coque hyperbolique	21
Figure 13 coques sphériques	22
Figure 14 coque elliptique	22
Figure 15 les coques complexes.....	23
Figure 16 structure tendue.....	26
Figure 17 structure gonflable	26
Figure 19 unité standard	27
Figure 18	27
Figure 20 système Mero	28
Figure 21 détail du système Mero	29
Figure 22 Assemblage avec Mero	29
Figure 23 : coefficient de forme	31
Figure 24 : Les réaction de la neige sur la toiture	32
Figure 25 : Les déformations par la neige	32
Figure 26 : Répartition de la pression dynamique	38
Figure 27 : La réaction du vent suppression sur la structure	39
Figure 28 : la réaction du vent dépression sur la structure.....	39
Figure 29: Le poids propre	41
Figure 30 : la semelle	51
Figure 31 : le fût.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : les catégories de terrain	36
Tableau 3 : Valeur de C_e	37
Tableau 4 : Valeur de la pression dynamique	37
Tableau 2 : valeurs du coefficient de rugosités	37
Tableau 5 : Les valeurs de la pression aérodynamique $W(z_j)$	38

Introduction générale

Le but de la recherche en génie civil est de concevoir et de construire des œuvres qui peuvent résister à plusieurs phénomènes naturels (tremblement de terre, pôle, neige, etc.). Les concepts et la construction sont faits de matériaux, chacun avec concept et technologie, machines et caractéristiques formelles. Il existe de nombreuses zones de structures métalliques. Ils font d'abord attention à l'architecture et à la structure artistique. En ce qui concerne les bâtiments, la salle industrielle (acier ou usine de stockage) de lourde (usine de stockage en acier ou de stockage) constitue un champ. Dans le département, les plaques en acier sont souvent utilisées pour créer des cadres et les couvrir. L'acier apparaît au fabricant sous forme de contours. Cela comprend des fichiers de configuration standardisés, IPE (fichiers de configuration européens) et pour les éléments requis en flexion. Il (a, b) est utilisé pour compresser et composer des éléments de flexion.

I. Introduction

Les bâtiments métalliques sont les champs de construction et sont également les zones de mécanicien ou de génie civil qui s'intéressent à l'ingénierie des métaux, en particulier en acier. Cette structure est maintenue par le cadre métal

L'acier présente plusieurs avantages. C'est pourquoi il a progressivement remplacé les anciens matériaux de construction tels que les nouveaux bâtiments au cours du siècle dernier, tels que de nouvelles structures, ce qui la rendait en hauteur et plus, et peut faire différentes formes tout en conservant de bonnes tout en maintenant de bonnes. Stabilité, stabilité, Chaque matériau a également des lacunes. Les avantages et les inconvénients de l'acier sont tels que décrits ci-dessus.

I.1.1 Avantages :

- Préfabrication intégrale du bâtiment en atelier avec une haute précision et la rapidité du montage sur chantier.
- En raison de la légèreté, les éléments du bâtiment peuvent être transportés aisément voire même exportés.
- La grande résistance de l'acier à la traction offre la possibilité de franchir de grandes portées.
- Grace à sa ductilité, l'acier possède une bonne résistance aux forces sismiques.
- Transformations, adaptations, surélévations ultérieurs d'un ouvrage sont facilement Réalisables.
- Possibilités architecturales plus étendues qu'en béton.

I.1.2 Inconvénients

- Sa corrodabilité et sa faible résistance au feu du fait qu'il perd sa résistance et s'écroule rapidement sous une température relativement élevée.
- Le cout élevé.

I.2 Présentation de projet

L'ouvrage à étudier est de couvrir un espace, la structure a quatre versants isolés, elle sera implanté au niveau de la faculté des lettres et langues dans la commune d'EL BOUNI », wilaya d' « ANNABA ».

La structure a 31 m de largeur, 15m de hauteur, avec 4 versants, et poteaux de hauteur 4 m



I.3 Caractéristiques géométriques

L'ouvrage a une forme de pyramide caractérisée par les dimensions suivantes :

- Hauteur totale : 15 m
- Hauteur de versant : 11 m
- Hauteur de poteaux : 4 m
- Largeur totale : 31 m
- Angle de: 36°

I.4 Caractéristique structurale

➤ Ossature de la structure

Notre structure est composée de barre ronde liée avec des nœuds de méro, portée sur des poteaux en tubes ronds.

Toiture en deux versants

➤ Assemblage :

- La caractéristique essentielle des ossatures métalliques est d'être composée d'éléments élaborés en des lieux et des instants différents qui sont ensuite assemblés sur le site de construction. Les liaisons ont ainsi un double rôle ; permettre la construction d'une structure spatiale et assurer la fiabilité et la stabilité de cette structure. On distingue deux types d'assemblage

- ☐ Assemblages boulonnés :
- ☐ Les assemblages boulonnés servent à réunir ensemble deux ou plusieurs pièces en assurant la bonne transmission des efforts. Sans entrer dans les calculs de vérification de la résistance des assemblages, le respect de quelques règles simples et le choix de bonnes dispositions constructives donneront des résultats satisfaisants. Les valeurs nominales de la limite d'élasticité **F_{yb}** et de résistance ultime à la traction **F_{ub}** pour les boulons sont illustrées sur le tableau (1).

Classe	4.6	4.8	5.6	6.6	8.8	10.9
F_{yb}	240	302	300	360	480	900
F_{ub}	400	400	500	600	800	1000

Tableau 1 : valeurs nominales de la limite d'élasticité **F_{yb}** et de la résistance ultime à la traction **F_{ub}**

Hypothèses de calcul

I.4.1 Règlements utilisés

- RPA 99/2003 (règlement parasismique algérien).
- EUROCODE 3 (CCM97).
- D.T.R.BC.2.2 (charge permanente et charge d'exploitation).
- D.T.R.C2-4.7 (RNV « version 2013 »).

I.4.2 Actions et Combinaisons d'Action :

➤ **Action permanente**

- Poids propre des éléments de la construction.
- Poids propre des équipements fixes.
- Déplacement différentiel des appuis.

➤ **Action variable**

- Charge d'exploitation. G
- Action du vent. W
- Action de neige. S
- Action thermique. T

I.5 Les données concernant le site

Le projet sera implanté dans un terrain de la faculté d' « EL BOUNI » commune « EL BOUNI » wilaya de « ANNABA ».

Info sur le site :

Altitude : 109 m

Zone de la neige : zone B

Zone du vent : zone III

I.6 Logiciel utilisé

- AUTOCAD 2021 pour l'élaboration des différents plans et figures.
- Robot 2016 pour la modélisation de la structure

I.7 Matériaux utilisés

➤ **Acier**

L'acier est constitué d'au moins deux éléments, le fer ; très majoritaire, et le Carbone dans les proportions comprises entre 0.1% pour l'acier doux a 0.85% pour l'acier dur. Outre le fer et le Carbone, l'acier peut comporter d'autre éléments qui lui sont associés soit :

- Involontairement comme le phosphore et le soufre qui sont les impuretés qui altèrent les propriétés des aciers.

- Volontairement comme le silicium, le manganèse, le nickel, le chrome...etc. ces derniers ont pour propriétés d'améliorer les caractéristiques mécaniques des aciers (Résistance à la rupture, dureté, ductilité, résistance vis-à-vis de la corrosion,...)

❖ Propriété de l'acier

○ Résistance

Les nuances d'aciers et leurs résistances limites sont citées dans les **Eurocode 03** et **04**. Pour notre ouvrage ; notre choix s'est porté sur la nuance **S 235** qui présente les meilleures propriétés de ductilité.

○ Ductilité

L'acier de construction choisi doit satisfaire les conditions suivantes :

- Le rapport $F_u / f_y > 1,2$.
- La déformation ultime doit être supérieure à 20 fois la déformation élastique ($\epsilon_u \geq 20 \epsilon_y$).
- A la rupture, l'allongement relatif ultime ϵ_u doit être supérieur ou égal à 15%.

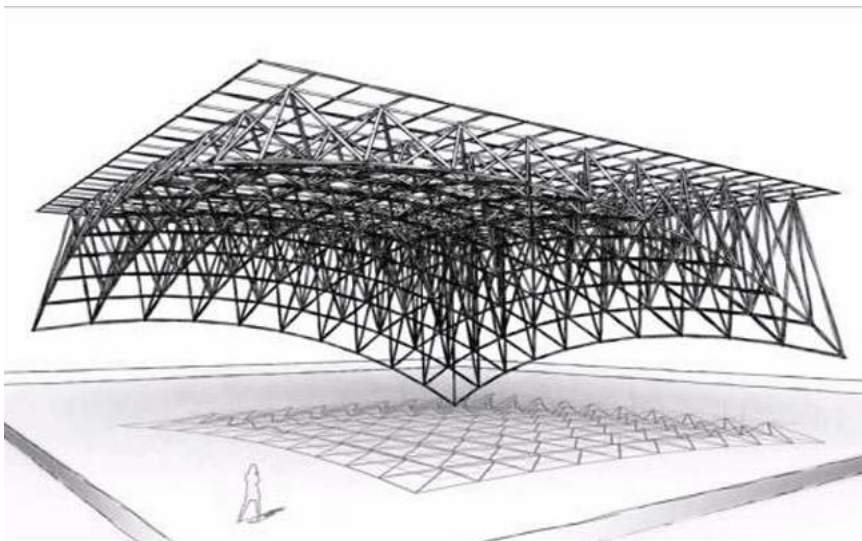
○ Propriétés mécaniques

- Masse volumique : $\rho = 7850 \text{ Kg /m}^3$
- Module d'élasticité longitudinal : $E = 210000 \text{ MPa}$.
- Module d'élasticité transversale : $G = E/2(1 + \nu) = 0,3 E$
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$
- Coefficient de dilatation thermique : $/^\circ\text{C}$

II. Structure Spatiale

Une structure spatiale se réfère à une structure spatiale dont les membres sont reliés rigidement les uns aux autres de sorte qu'ils transmettent le moment et le cisaillement en plus des forces axiales. En comparaison, les poutres spatiales sont articulées et, par conséquent, leurs membres sont en tension ou en compression et ne se transfèrent pas ou ne se cisailent pas.

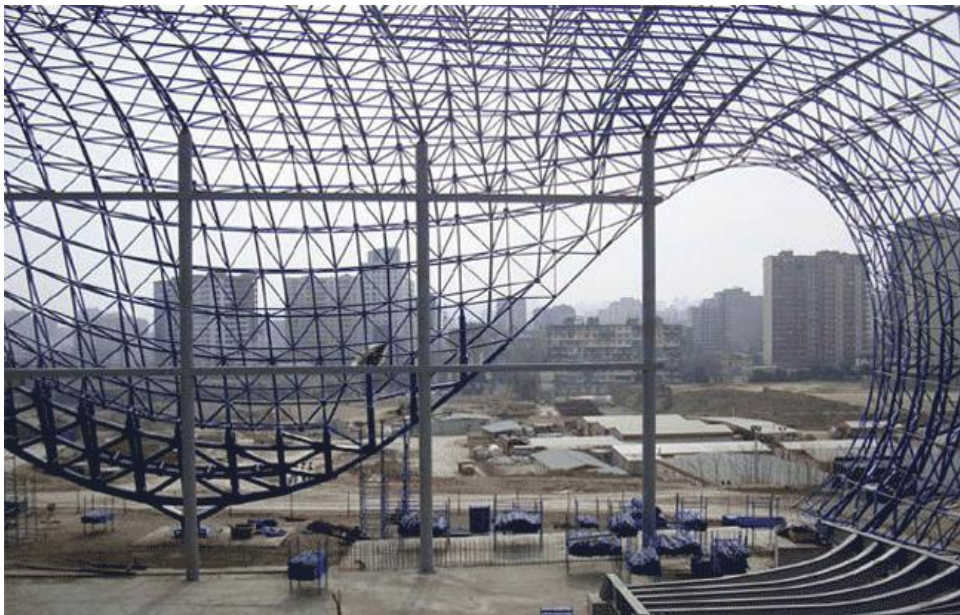
Dans la plupart des cas, la réduction supplémentaire des forces des membres et la déviation de la structure spatiale sont inférieures à 10% par rapport aux fermes spatiales. Par conséquent, le matériau supplémentaire requis pour fournir des connexions rigides ne justifie pas la réduction de la taille des éléments structurels. En conséquence, le terme «structure spatiale» est aussi le terme utilisé pour les structures tridimensionnelles articulées, telles que les fermes spatiales. Les structures spatiales sont également appelées «armatures contreventées», «structures en treillis» ou «structures réticulées».



Les structures spatiales sont construites à partir d'unités modulaires préfabriquées (système modulaire) ou d'éléments individuels assemblés ensemble en utilisant différents types de connecteurs ou de nœuds (système nodulaire). Ces systèmes sont généralement propriétaires.

Il est également possible de construire des structures spatiales par des éléments de soudage sur site les uns aux autres; c'est généralement une alternative plus coûteuse. Lors du soudage sur le terrain, les joints sont considérés comme étant reliés de manière rigide, capables de transférer le moment et le cisaillement en plus des forces axiales.

La nature a beaucoup d'exemples de configurations d'empaquetage répétitives spatiales utilisées dans les structures spatiales: Les prismes hexagonaux de nid d'abeille; Le triangle est la géométrie stable la plus simple, ce qui signifie qu'il n'est pas possible de changer de forme dans le plan parce qu'il y a trois membres interconnectés. Ce n'est pas le cas pour les polygones tels que les carrés, les rectangles, les hexagones ou les octogones. Les éléments de contreventement des cadres spatiaux créent la triangulation qui stabilise la structure.



Les structures spatiales consistent généralement en des grilles doubles et multicouches en formes plates ou libres. Les structures spatiales plates ont généralement été utilisées comme systèmes de toiture, mais elles peuvent également être utilisées pour supporter les planchers. Atriums, entrées, auvents, arènes, pavillons d'exposition, hangars, centres de congrès, mosquées, terminaux, tribunes, installations sportives, réservoirs, églises, couvertures de piscines, centres commerciaux, pavillons de stade, vitrages inclinés, entrepôts de grande envergure, tours, les stations spatiales et les plates-formes flottantes peuvent également être construites à partir de structures spatiales. (<http://fr.cnxzf.com/news/spatial-structure.html>).



L'extension de la structure spatiale est le faisceau de réseau conçu dans l'espace avec trois dimensions: c'est une "structure en maillage" Parce que la disposition de ses membres est organisée dans le réseau de côtes. Ces côtes sont composées de tiges droites et sont liées par les nœuds. La structure de l'espace peut être utilisée pour couvrir une grande zone de support interne. La forme la plus simple de la structure spatiale est le comprimé horizontal de la pyramide. La pyramide a un corps cross-intersection et tétragone.

II.1 Avantages

- montage : possibilité de pré assemblage au sol et de levage d'ensemble
- économie de matière
- légèreté
- transparence
- esthétique
- flexibilité

II.2 Les différents types des structures spatiale

On peut considérer comme appartenant à la famille des structure spatiales :

- Le système à vecteurs actifs « en treillis »
- Les systèmes à surface portante
- Les systèmes à forme actives

II.3 Le système à vecteur actif « en treillis »

La grille est l'une des structures les plus couramment utilisées dans la révolution industrielle. À cette époque, en raison du développement de l'informatique vectorielle, il a été constaté que l'expérience et le calcul des principes des points de dissection triangulaire ont été trouvés. C'est la tour Eiffel qui fait connaître les gens et réaliser la possibilité extraordinaire de la section du triangle.

II.3.1 Les éléments de la structure en treillis :

Montants :

Ces éléments constitués généralement des membrures reliées diagonales

Ces avantages sont constitués à :

- l'économie de poids et de matière
- la résistance au flambement et à la flexion

✚ Ferme

II.3.2 Ces inconvénients sont :

- fabrication couteuse
- utilise en cas de charge axiale seulement



Figure 2

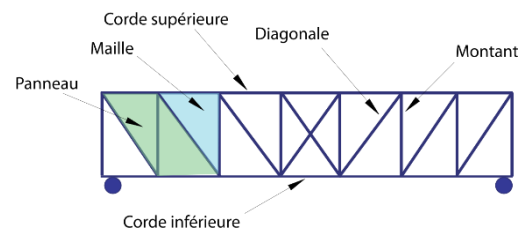


Figure 1

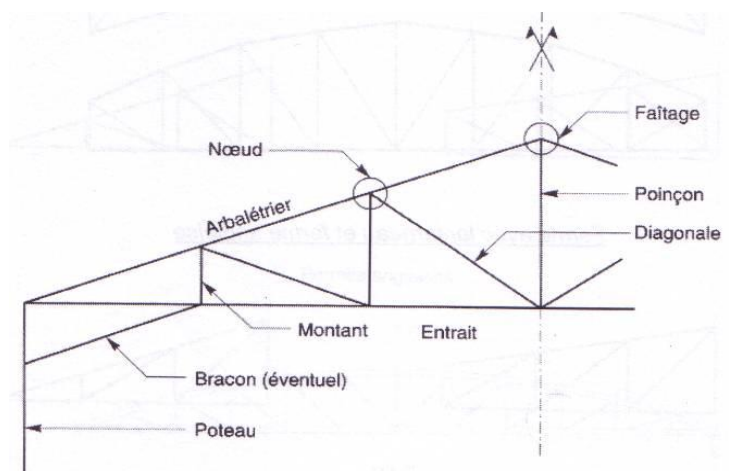


Figure 3

II.3.3 Les différents types de structure en treillis :

II.3.3.1 -structure en treillis plane

On distingue plusieurs types de poutres à treillis,

Suivant leur forme géométrique

Suivant la disposition des barres

II.3.3.2 -structure en treillis spatiaux « structure tridimensionnelle »

Les structures tridimensionnelles à l'exemple des structures créés par la nature pour assurer la rigidité des matériaux sont constituées d'un déliement capable de transmettre des efforts de traction ou de compression, reliés entre eux et organisés selon des lois dépendant de leur finalité et des sollicitations de l'ouvrage.

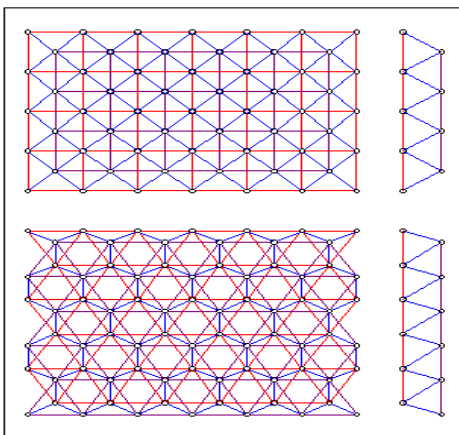


Figure 4 Structure plane

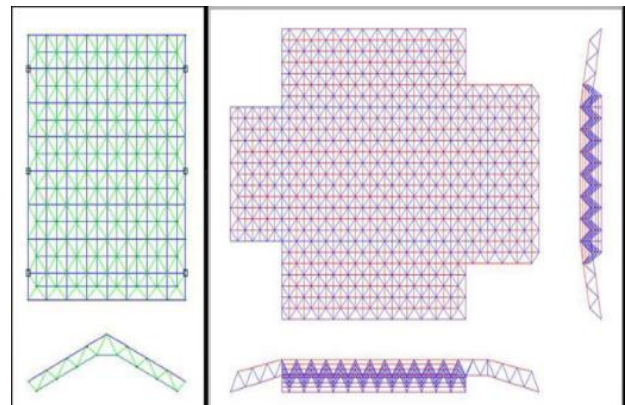


Figure 5 Structure vaultées



Figure 6 Dôme

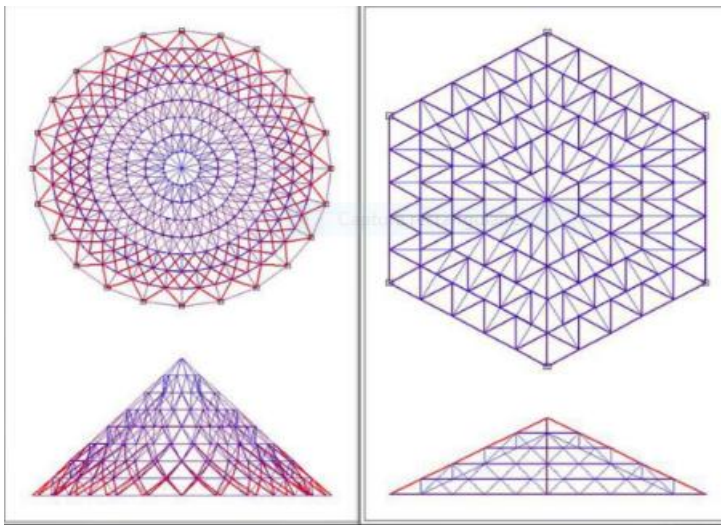


Figure 8 Pyramide et cône

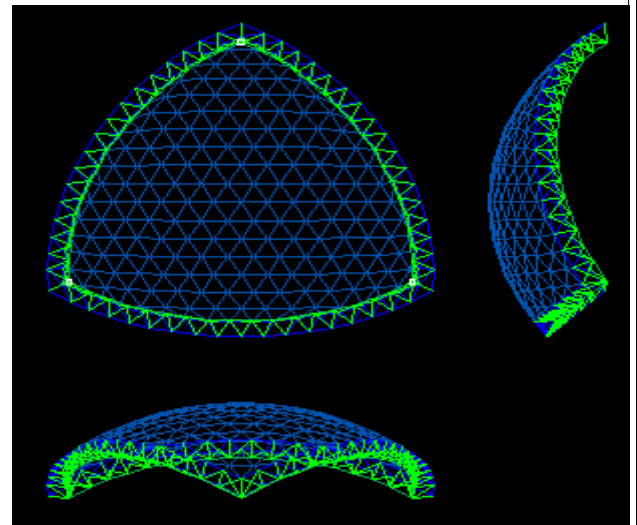


Figure 7 Double pente

II.4 La conception des structures tridimensionnelles :

La plupart des systèmes de structure tridimensionnelle permettent de réaliser tous types de géométrie, régulière ou non a modulation carré, rectangulaire, triangulaire, ou autre



Figure 9 Choix de modulation

II.5 Les systèmes à surface portante

II.5.1 Les surfaces plissées :

Dans ces systèmes la surface apparait comme élément porteur et séparateur, contrairement au treillis spatial l'élément de départ n'est plus barre, mais la surface plane développée entre deux plis.



Figure 10 Surface plissée

II.5.2 Les coques

Comme toutes les structures les coques sont des squelettes ont en commun deux propriétés fondamentales :

La courbure de leur surface et de leur extrême minceur

La réalisation des coques doit être soigneusement étudié les coques sont réalisées selon le procédés variés et classés en famille :

Les surfaces réglées, les coupoles ou les dômes

II.5.2.1 Type des coques

❖ Les coques de translation

Des toiles de translation s'obtiennent en faisant glisser verticalement une courbe plane sur une autre qui lui est généralement perpendiculaire.

- Coques cylindriques
- Coques hyperboliques

❖ Les coques cylindriques

Ce sont des éléments à simple courbe, dont la section circulaire est surtout due à une recherche de simplification d'exécution, elles s'obtiennent en faisant glisser, tout en maintenant verticale une courbe plane sur un axe qui lui est perpendiculaire

❖ Les types des coques cylindriques

On peut distinguer deux familles des coques cylindriques en fonction de leur comportement

- ✚ Les coques courtes
- ✚ Les coques longues

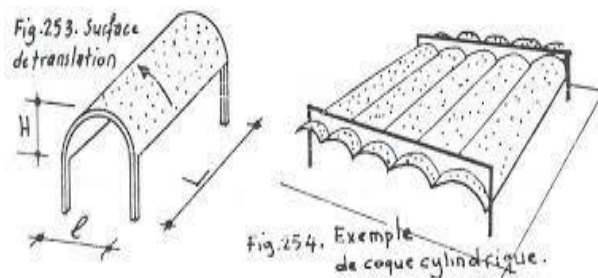


Figure 11 Coque cylindrique

➤ Les coques en forme de paraboloïde hyperbolique

Il s'agit également de surface à double courbure elles peuvent être conçues en faisant glisser une parabole incurvée vers le haut, on obtient une caractéristique en selle dont le nom abrégé est ph, Vient du fait que toutes les coupes pratiquées dans des plans verticaux sont des paraboles tandis que toutes celles effectuées suivant des plans horizontaux forment des hyperboles.

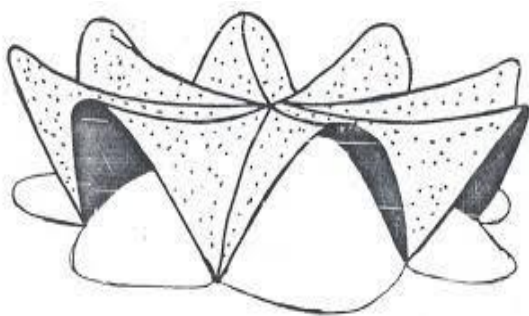


Figure 12 Coque hyperbolique

➤ **Les coques sphériques**

Elles sont engendrées par la rotation d'une courbe plane autour d'un axe verticale. La courbe plane ou courbe méridienne peut avoir des contours variés donnant ainsi naissance à tout un éventail de formes de coupoles convenant à la couverture d'une surface circulaire



Figure 13 coques sphériques

➤ **Les coques elliptiques**

Ce sont des surfaces obtenues en faisant glisser les extrémités d'un segment de droite sur deux courbes distinctes ou sur une courbe et un autre segment.



Figure 14 coque elliptique

➤ **Les coques complexes**

Les surfaces élémentaires peuvent être combinées de façon quelconque, en vue d'obtenir des grandes surfaces pour des projets plus complexes. Ou on peut obtenir des toitures ondulées de forme annulaire en réunissant des surfaces coniques à courbures alternativement vers le haut et vers le bas.



Figure 15 les coques complexes

✓ Synthèse

A partir de notre étude on peut distinguer que les coques parmi les structures qui offrent plusieurs **avantages** :

- La coque résiste aux charges non par son épaisseur mais par sa forme, ce qu'est explique la grande portée par une faible épaisseur.
- La coque avec ses différentes formes facilite la distribution des charges.
- Les coques avec la variété de ses formes possèdent raison esthétique.
- Elle est réalisable par différents tel que le béton, l'acier, le verre, et le bois.

○ Les inconvénients

- Les coques utilisées seulement pour les couvertures des espaces.
- Elle n'offre pas la possibilité des extensions verticales.
- La difficulté de la réalisation de quelques formes (coffrage)

II.5.3 Structure textile

La structure textile est une structure qui met en œuvre des membranes souples (le textile) permettant une grande liberté architecturale, un éclairage naturel intérieur et la mise en valeur de surfaces de toiture. Cette structure est conçue avec une double technologie : profilés en acier ou aluminium pour l'armature, et membrane PVC pour les couvertures et les murs, se présente sur plusieurs formes : structure tendue, structure gonflable, standard avec possibilité de dédoublement, œuvre d'art, affiche publicitaire, toiture posée sur treillis ...

II.5.4 Domaine d'utilisation de la structure textile

- Les concepteurs et les maîtres d'ouvrage sont aujourd'hui convaincus du bienfondé de l'architecture textile et cette solution s'affirme dans le monde de la construction pour multiples applications : transport, infrastructure sportives et commerciales, de loisir et qui s'étend même sur les lieux publics et les aires de jeux
- Bref, les qualités techniques et esthétiques prouvées de la structure textile lui ont ouvert des domaines d'utilisation très vastes, soit comme couverture, soit comme enveloppe ou même du mobilier

II.5.5 Type de structure et lieux d'utilisation

La structure textile est utilisée sous plusieurs formes et pour divers espaces elle présente en tant que :

- Structure tendue
- Structure gonflable
- Toile tendue sur treillis
- Unité standard

II.5.5.1 Structure tendue

La forme tendue à l'intervention de poteaux intérieurs ou extérieurs comprimés et d'ancrage soumis à la traction est toujours à double courbure inversée.

La toile est tendue par points et en ligne le long des bords à l'aide de câble et de mats.



Figure 16 structure tendue

II.5.5.2 Structure gonflable

Elle se présente sous forme d'enveloppe portée par de l'air légèrement comprimé à partir d'une soufflerie.



Figure 17 structure gonflable

II.5.5.2.1 Lieu d'utilisation

Hall d'exposition, de stockage, industriel et sportif, chantier d'hiver, salle et terrain de sport

II.5.5.3 Toile tendue sur treillis



Figure 18

II.5.5.4 Unités standard

Les unités standard peuvent être agrandies à l'infini de tous les côtés. Elle peut recouvrir différentes formes de surface.

Lieux d'utilisation : terrasse de cafés, plages, exposition temporaire

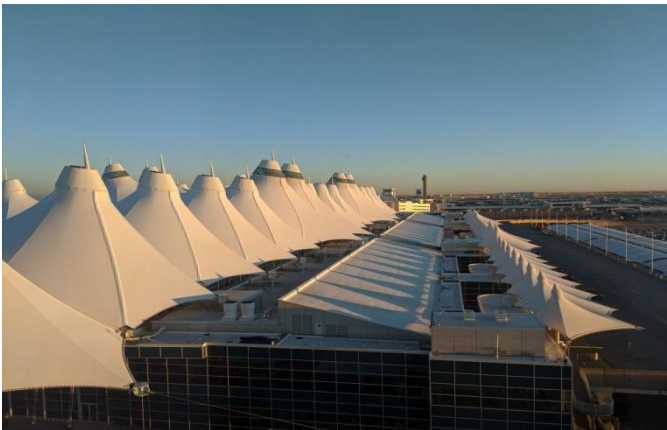


Figure 19 unité standard

III. Système mero

L'industrialisation réelle du système de structure à trois dimensions s'est produite après la seconde guerre mondiale, et la demande d'architecture était assez importante, en particulier en Europe. En raison du développement d'une série de composants industrialisés, le système Mero a contribué au développement de ces systèmes dans une large mesure, ce qui a fait une bonne réponse à la demande.

De plus, l'élégance et la légèreté de la structure Mero combinées à la simplicité de l'assemblage, qui a rapidement attiré le monde architectural. Dans de nombreux pays, en particulier ceux qui ont l'industrie sidérurgique, le système développé dans les années 1950 et 1960 est différent en raison du modèle d'assemblage, variant parfois par le type de barre. Par conséquent, nous pouvons distinguer le système avec des composants de tuyau et des nœuds d'assemblage globaux (Mero, Krupp), et avoir des nœuds d'assemblage sphériques creux (Sphérobat), avec des nœuds mécaniques (Tridi 2000).) Systèmes (Tridi 2000),

Des systèmes d'assemblage pour mégastructures (**Tridimatec**) et autres appels cités soudés (SDC). D'autres systèmes peuvent utiliser les propriétés d'autres matériaux, tels que l'aluminium et même le bois. La plupart des entreprises qui ont développé ces systèmes ont disparu ou sont absorbées par le groupe ou diversifiées dans d'autres domaines. Cependant, il est intéressant de regarder la créativité de ces systèmes. C'est la base de la fabrication actuelle de la structure spatiale dans le monde

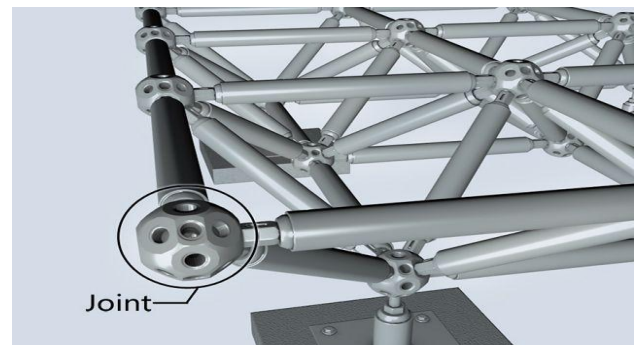


Figure 20 système Mero

U.S. Patent

Sep. 5, 1989

Sheet 1 of 3

4,863,303

7.

FIG. 1

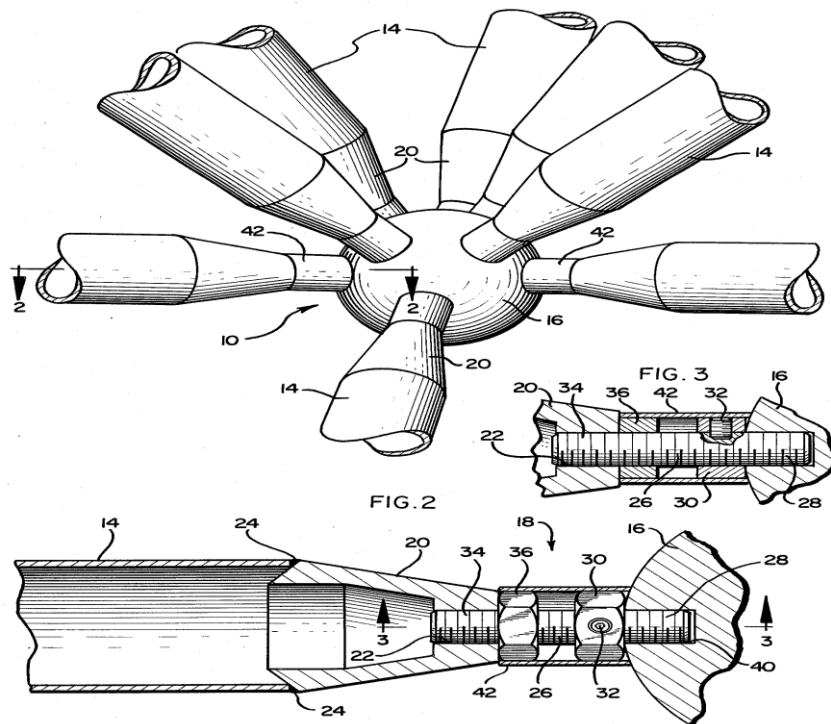
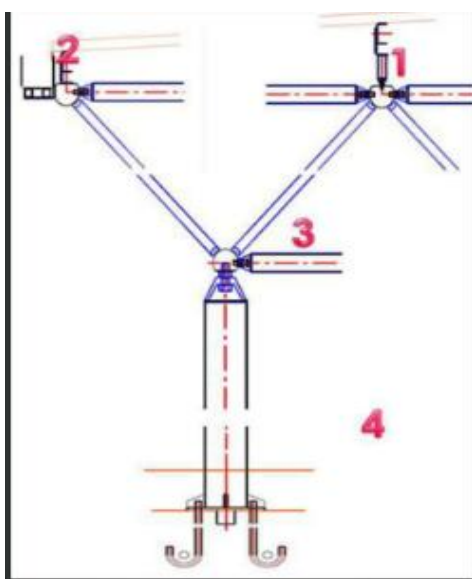


Figure 21 détail du système Mero



- 1) Attache de panne
- 2) Détail chéneau
- 3) Détail d'appui sur poteau acier
- 4) Détail pied de poteau encastré

Figure 22 Assemblage avec Mero

V. Conclusion

En plus de l'utilité des structures spatiales comme un moyen très efficace et économique pour résoudre les problèmes des structures complexes à grande portées, on trouve aussi dans ces formes structurales réticulées un moyen privilégié de création

ETUDE CLIMATIQUE

I. Introduction

Ce chapitre a pour but la détermination des différentes sollicitations agissant sur notre structure, produites par la charge dû à la neige d'un côté, et aussi par les actions dû au vent d'un autre côté sur une structure spatial en construction métallique. Le règlement sur lequel s'appuie notre étude est le RNV2013, Les caractéristiques de la structure sont : Structure implantée dans la wilaya d'Annaba.

V.1 Actions de la neigea) But

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

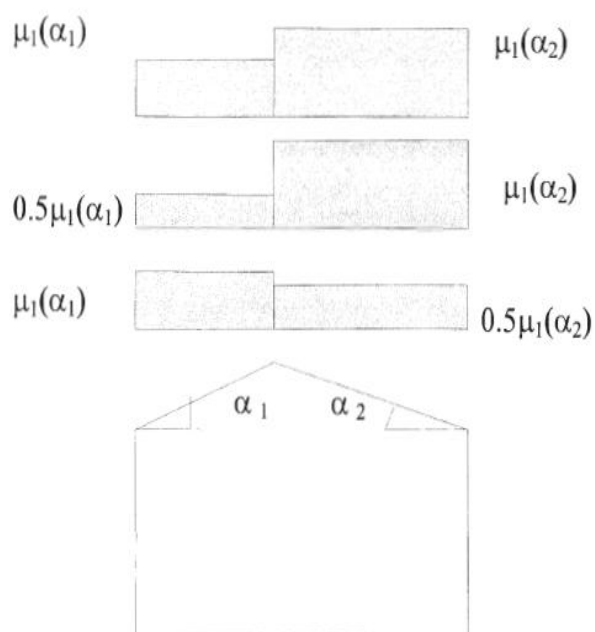


Figure 6 : Coefficient de forme - Toitures à deux versants

Figure 23 : coefficient de forme

La charge de neige sur le sol est fonction de la localisation géographique et de l'altitude du lieu considéré.

Dans notre cas :

• Le projet sera implanté à **Annaba** qui est classée en **zone B** selon la classification de **DTR C 2-47 v2013**.

• L'altitude du projet est d'environ : 109 m

Donc : S_k est donnée par la formule suivante : [DTRC2-47 V 2013, P : 21 ; PARAGRAPHE 4]

$$S_k = 0.04 \cdot H + 10/100$$

- ❖ H : altitude du site par rapport au niveau de la mer
- ❖ H = 109
- ❖ $S_k = 0.1436 \text{ Kn/m}^2$

V.1.1 Coefficient de forme de la toiture

Il est fonction de la forme de la toiture.

Dans notre cas la structure a une toiture à quatre versants avec une pente $\alpha = 36^\circ$

$$30^\circ < \alpha = 36^\circ < 60^\circ$$

D'où l'on aura le coefficient de pente (RNVA2013, P : 25, Tableau 2).

$$\mu_1 = 0.8(60 - \alpha)/30$$

$$\mu_1 = 0.64$$

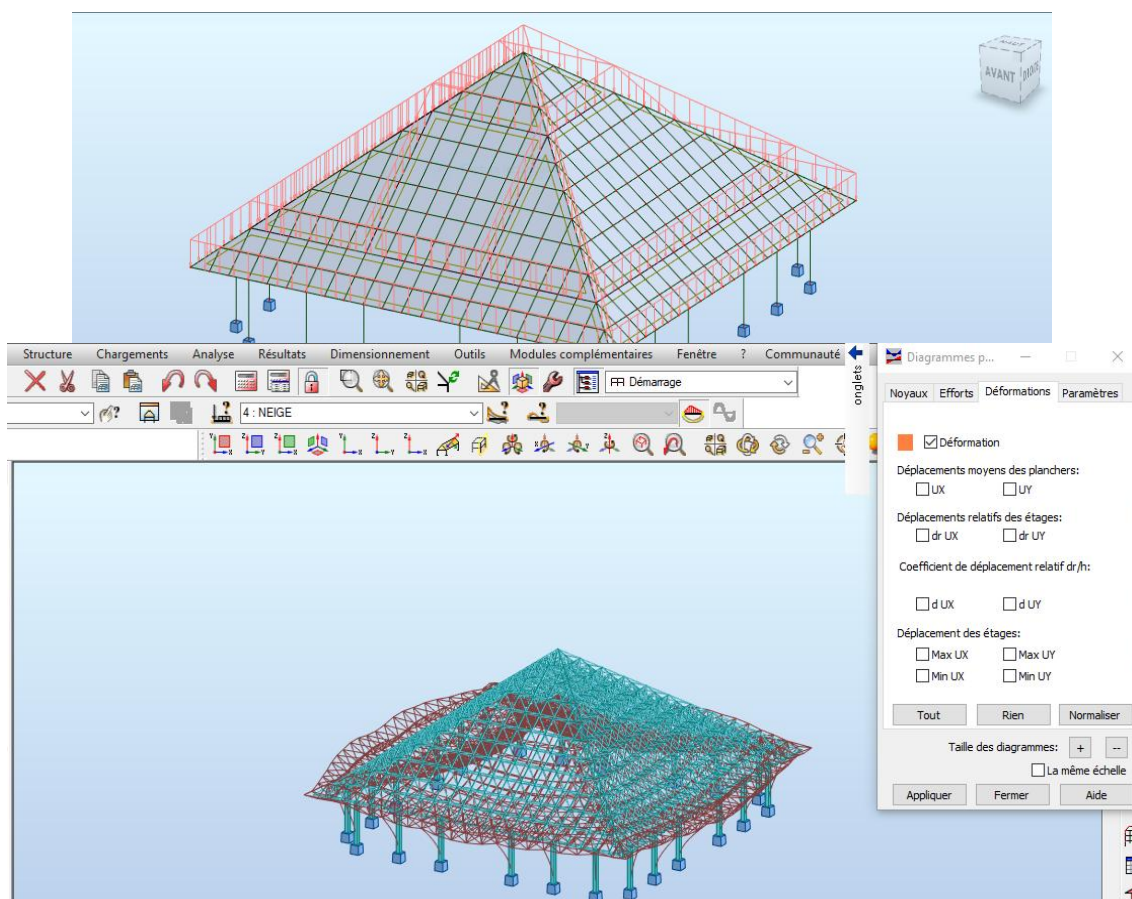


Figure 25 : Les déformations par la neige

V.2 ETUDE AU VENT

V.2.1 Introduction

L'effet du vent sur une construction métallique est généralement prépondérant, une étude approfondie doit être élaborée pour la détermination des différentes actions dues au vent et ceci dans toutes les directions possibles dont le calcul est mené conformément au règlement neige et vent **RNV2013**.

Les valeurs de pression du vent dépendent d'un certain nombre de facteurs de

- La région.
- Site d'implantation.
- La hauteur de la construction.
- La forme géométrique de la construction.
- La rigidité de la construction.

V.2.2 Principes de calcul

Le calcul doit être effectué séparément pour chacune des directions principales. La structure est considérée comme isolée

V.2.3 Présentation Générale**V.2.4 Coefficient de calcul****a) effet de la région**

Notre structure est située dans la **zone III**, dont la pression de référence comme suite:

$$q_{\text{réf}} = 500 \text{ N/m}^2 \text{ (Tableau 2-2 du DTR C2-47 V2013 Chapitre II).}$$

b) effet du site

Catégorie de **terrain est III**. (Tableau 2-4 dans le DTR C2-47 V2013, chapitre II). D'où :

- ❖ Le facteur de terrain : $K_T=0,215$.
- ❖ Le paramètre de rugosité $z=0.3$
- ❖ La hauteur minimale $z_{\min}=5\text{m}$. (Tableau 2-4, chapitre 2).
- ❖ $\varepsilon=0,61$

V.2.5 Coefficient de topographie

Chapitre II, Page 54, Paragraphe 2.4.5 (extraie de DTR C2-47V 2013).

$C_{t(z)}$ est déterminé comme suit (paragraphe 2.4.5.2 DTR C2-47V 2013, chapitre II).

$$C_t(z) = 1 \text{ pour } \phi < 0.05.$$

$$C_t(z) = 1 + S_{\max} \times \left(1 - \frac{|x|}{K_{\text{red}} \times L}\right) \times e^{-\alpha \left(\frac{z}{l}\right)} \text{ pour } \phi \geq 0.05.$$

Ou :

- ϕ est la pente du versant au vent $\phi = H/L$
- H (en m) est la hauteur du versant
- L (en m) est une longueur caractérisant le versant au vent et prenant la valeur :
 $L = \max (0.5 L_u ; 2H).$
- x (en m) est la distance horizontale entre le lieu considéré et la crête de l'obstacle ;
- z (en m) est la distance verticale mesurée à partir du niveau du sol au lieu considéré.

$$\phi = 0.5 \text{ donc } 0.5 > 0.05$$

$$C_t = 1.07$$

V.3 Calculs des pressions

V.3.1 la pression dynamique pointe (q_p)

La pression dynamique pointe q_p (ze), à la hauteur de référence Ze est donnée par

$$q_p = q_{\text{réf}} \times C_e(z_e)$$

Où

- $q_{\text{réf}}$ (en N/m^2) est la pression de référence donnée par le tableau 2.2 en fonction de la zone de vent.
- C_e est le coefficient d'exposition au vent
- Ze (en m) est la hauteur de référence donnée en 2.3.2

V.3.1.1 Coefficient d'exposition (C_e)

Le coefficient d'exposition au vent $C_e(z)$ tient compte des effets de la rugosité du terrain de la topographie du site et de la hauteur au-dessus du sol, il tient compte de nature turbulente du vent.

$C_e(z)$ est donnée par :

$$C_e(z) = C_t^2(z) * C_r^2(z) + [1 + 7I_v(z)]$$

- ❖ C_r : coefficient de topographie.
- ❖ $I_v(z)$: l'intensité de la turbulence.
- ❖ Z (en m) est la hauteur considérée.

V.3.1.2 Coefficient de rugosité

Le coefficient de rugosité $C_r(z)$ traduit l'influence de la rugosité et de la hauteur sur la vitesse moyenne du vent. Il définit par la loi logarithmique (logarithme népérien). (**Chapitre II 2.4.5 RNVA2013 p53**).

$Cr(z)=K_T \cdot \ln (Z/Z_0)$ pour $Z_{min} \leq Z \leq 200$ m.

$Cr(z)=K_T \cdot \ln (Z_{min}/Z_0)$ pour $Z \leq Z_{min}$

Avec :

- ❖ K_T : est le facteur de terrain (Tableau 2.4).
- ❖ Z_0 : (en m) est le paramètre de rugosité (Tableau 2.4).
- ❖ Z_{min} : (en m) est la hauteur minimale (Tableau 2.4).
- ❖ Z : (en m) est la hauteur considérée. (Tableau 2.4).

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

Catégories de terrain	K_T	Z_0 (m)	Z_{min} (m)	ε
0 Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer	0,156	0,003	1	0,38
I Lacs ou zone plate et horizontale à végétation négligeable et libre de tous obstacles.	0,170	0,01	1	0,44
II Zone à végétation basse telle que l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur.	0,190	0,05	2	0,52
III Zone à couverture végétale régulière ou des bâtiments, ou avec des obstacles isolés séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple des villages, des zones suburbaines, des forêts permanentes).	0,215	0,3	5	0,61
IV Zones dont au moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m.	0,234	1	10	0,67

Tableau 2.4 : Définition des catégories de terrain

Tableau 1 : les catégories de terrain

Les valeurs du coefficient de rugosité sont données par le tableau 2.5 en fonction de la catégorie du terrain et de la hauteur

Hauteur z (m)	Catégories de terrains				
	0	I	II	III	IV
≤ 1	0,906	0,783	0,701	0,605	0,539
2	1,014	0,901	0,701	0,605	0,539
3	1,078	0,970	0,778	0,605	0,539
5	1,157	1,056	0,875	0,605	0,539
10	1,285	1,173	1,087	0,724	0,539
15	1,329	1,243	1,084	0,841	0,634
20	1,374	1,303	1,128	0,951	0,701
25	1,408	1,330	1,181	0,951	0,753
30	1,437	1,361	1,215	0,990	0,796
35	1,461	1,387	1,245	1,023	0,832
40	1,482	1,410	1,270	1,052	0,863
50	1,517	1,448	1,312	1,100	0,915
60	1,545	1,479	1,347	1,139	0,958
70	1,569	1,505	1,376	1,172	0,994
80	1,590	1,528	1,402	1,201	1,025
100	1,625	1,566	1,444	1,249	1,078
125	1,659	1,604	1,487	1,297	1,130
150	1,688	1,635	1,521	1,336	1,172
175	1,712	1,661	1,550	1,369	1,209
200	1,733	1,684	1,576	1,398	1,240

Tableau 2.5 : Valeurs du coefficient de rugosité $C_r(z)$

Tableau 2 : valeurs du coefficient de rugosités

V.3.1.3 Intensité de turbulence

L'intensité de la turbulence est définie comme étant l'écart type de la turbulence divisé par la vitesse moyenne du vent et est donnée par l'équation 2.5 et a et b.

- ❖ $I_v(z) = 1/C_t(z) \cdot \ln(z/z_0)$ pour $Z > Z_{min}$.
- ❖ $I_v(z) = 1/C_t(z) \cdot \ln(Z_{min}/z_0)$ pour $Z \leq Z_{min}$

C_t	C_r	I_v	C_e
1.07	0.841	0.228	2.6758

Tableau 3 : Valeur de C_e

V.4 Valeurs des pressions dynamiques pointe ()

Selon la relation

$$q_p(z_e) = q_{réf} \times C_e(z_j) \quad (\text{Chapitre II 2.3 p50 RNVA2013}).$$

On obtient

$q_{réf}$ (N/m ²)	C_e	q_p (N/m ²)
500	2.6758	1337.9

Tableau 4 : Valeur de la pression dynamique

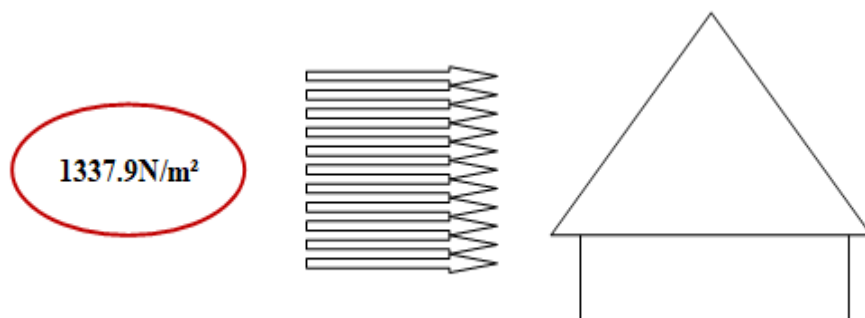


Figure 26 : Répartition de la pression dynamique

V.5 Détermination de la pression aérodynamique $W(z_j)$

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

Notre cas

Si les deux faces de la paroi sont extérieures (cas d'élément isolée tel que toitures isolées, balcon, etc...).

$$W(z_j) = q_p(z_e) \times C_{p, net} \quad [N/m^2]. \quad 2.7$$

Où

- ❖ $q_p(z_e)$ (en N/m^2) est la pression dynamique de point calculée à la hauteur z_e relative à l'élément de surface j
- ❖ $C_{p, net}$ (noté aussi C_p coefficient de pression) est le coeff de pression nette donné au chapitre 5 pour certains éléments de construction (toiture isolées, balcon, etc.)

ZONE	t	r	u	s
$q_p (N/m^2)$	1337.9			
Suppression	+1.3	+1.9	+1.6	+0.7
$W(z_j) (N/m^2)$	1739.27	2542.01	2140.64	936.53
Dépression	-1.4	-1.8	-1.4	-2
$W(z_j) (N/m^2)$	-1873.06	-2408.22	-1873.06	-2675.8

Tableau 5 : Les valeurs de la pression aérodynamique $W(z_j)$

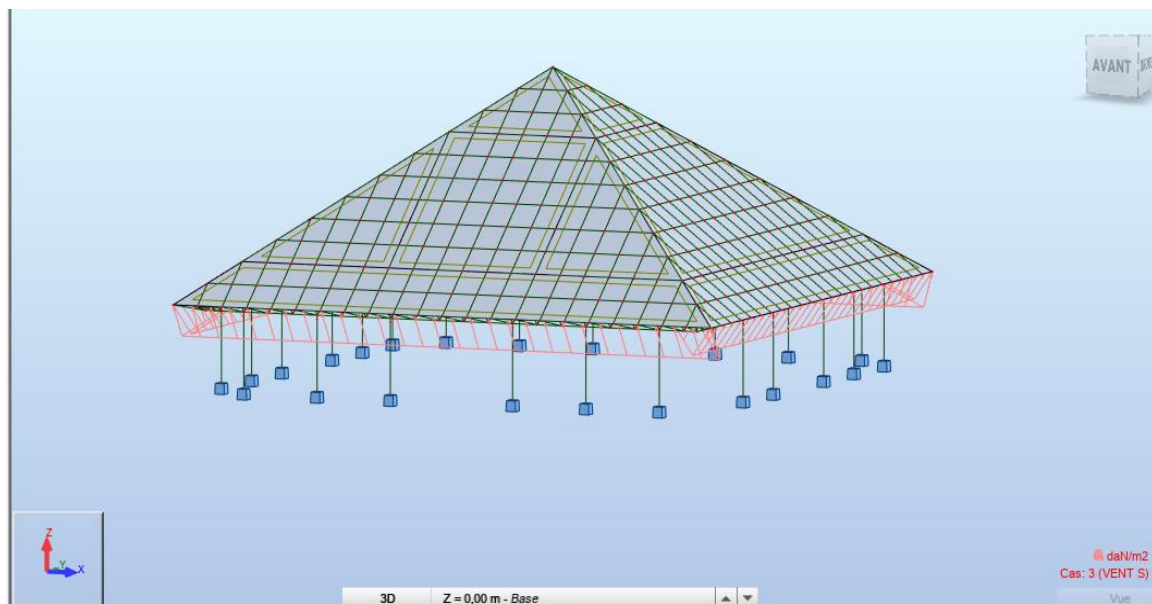


Figure 27 : La réaction du vent suppression sur la structure

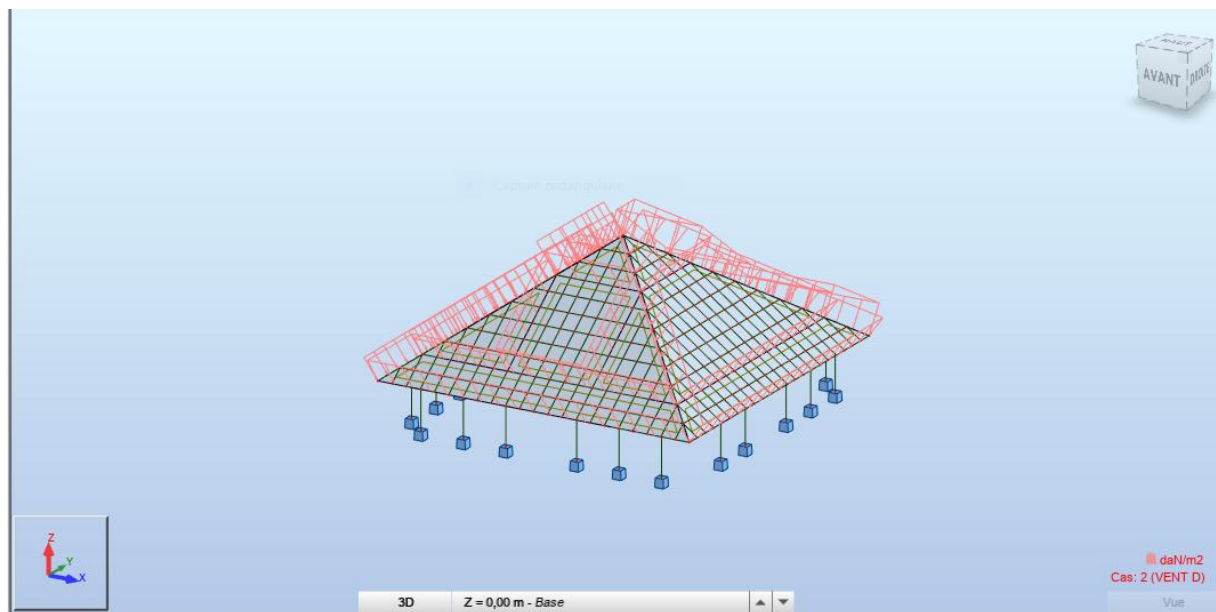
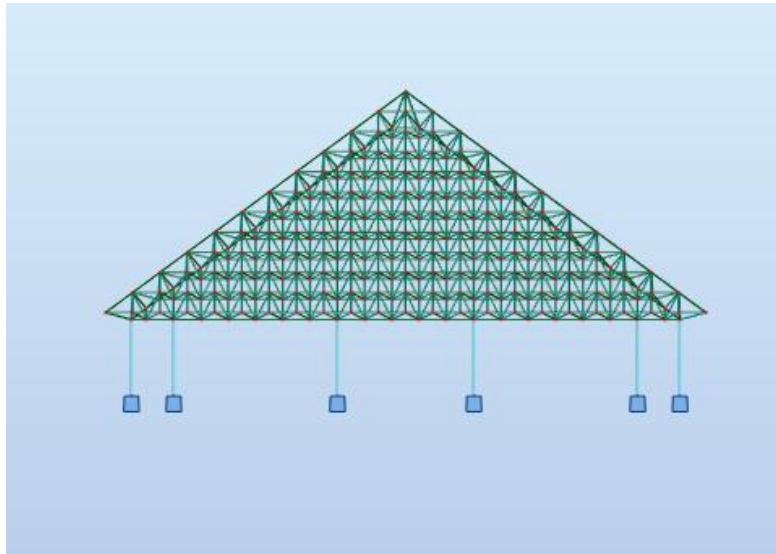


Figure 28 : la réaction du vent dépression sur la structure

CALCULS DES ELEMENTS DE LA STRUCTURE



Notre structure spatiale est une structure en treillis composée de barres en tube rond de dimensions **76×2.9mm**, Poteaux en tube carré de dimensions **350×8mm**, les barres sont reliées avec des nœuds (système Mero).

I. Calculs des poids de la couverture

$$P_1 = L_1 \times l \times e \times \rho$$

Avec :

L_1 = longueur de chaque élément

l = largeur ; $l=0.3\text{m}$

e = épaisseur ; $e=5\text{mm}$

ρ = le poids volumique de l'acier ; $\rho=7850\text{kg/m}^3$

A.N :

$$P_1 = 31.8 \times 0.3 \times 5 \times 10^{-3} \times 7850 \quad P_{TOT} = \Sigma P / \text{surface}$$

LONGUEURS	LE POIDS
L1=31.8m	P1=374kg
L2=28.9m	P2=340kg
L3=26.01m	P3=306kg
L4=23.12m	P4=272kg
L5=20.23m	P5=238kg
L6=17.34m	P6=204kg
L7=14.45m	P7=170kg
L8=11.56m	P8=136kg
L9=8.67m	P9=102kg
L10=5.78m	P10=68kg
L11=2.89m	P11=34kg
L _{tot} =191m	P _{tot} = 1870/11 = 170kg/m ² P _{tot} × 1.05 = 178.5kg/m ²

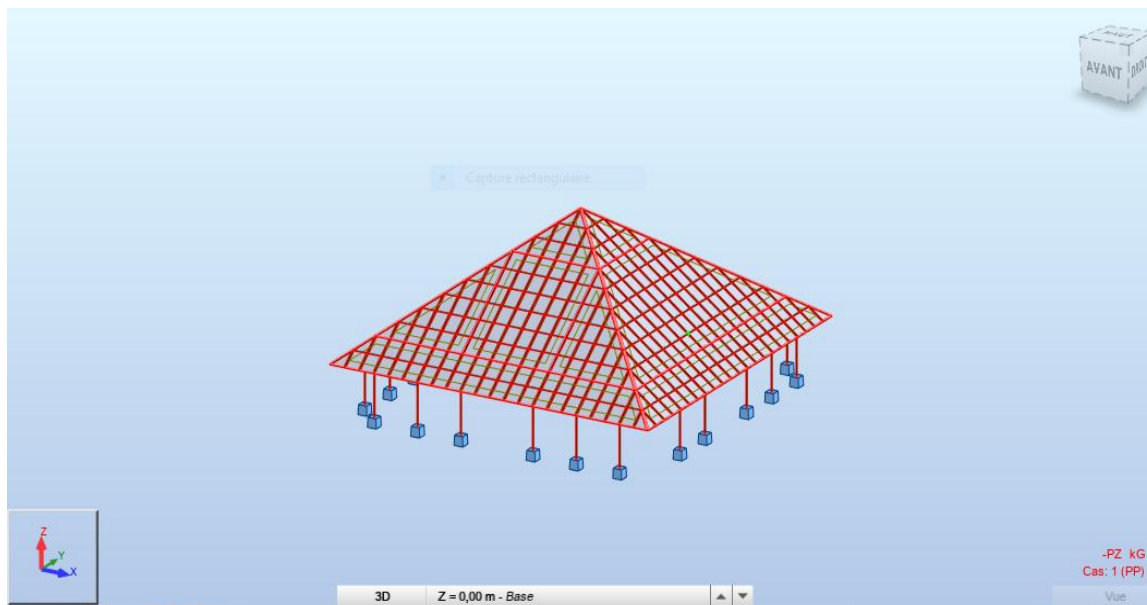


Figure 29 : Le poids propre

II. Les combinaisons à ELU

$$1.35G + 1.5 V_S + (1.5 \times 0.87) N + (1.5 \times 0.53) T$$

$$1.35G + 1.5V_D + 1.3N + 0.8T$$

$$1.35G + 1.5N + (1.5 \times 0.67) V_S + 0.8 T$$

$$1.35G + 1.5N + V_D + 0.8T$$

$$1.35G + 1.5T + V_S + 1.3N$$

$$1.35G + 1.5T + V_D + 1.3N$$

III. Les combinaisons à ELS

$$G + V_S + T$$

$$G + V_D + T$$

$$G + N + T$$

$$G + V_S + 0.9N + 0.9T$$

$$G + V_D + 0.9N + 0.9T$$

IV. Vérification des éléments de toiture**IV.1 Les Barres**

$$\text{Classe 1} \quad d/t \leq 50 \varepsilon^2$$

$$\text{Classe 2} \quad d/t \leq 70 \varepsilon^2 \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \varepsilon = 1$$

$$\text{Classe 3} \quad d/t \leq 90 \varepsilon^2$$

$$d/t = 26.20 \leq 50$$

Donc les barres sont de class 1

IV.1.1 Vérification à la traction

$$N_{SD} \leq \min \left(\left[\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} \right] ; \left[\frac{0.9 A_{nett} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} \right] \right)$$

$$\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{666.897.235}{1} = 156720.795 \text{ N}$$

$$\frac{0.9 A_{nett} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0.9.666,897.360}{1.25} = 172859.70 \text{ N}$$

$$N_{SD} = 116930 \text{ N} \leq 156720.795 \text{ N} \quad \text{Vérifié.}$$

IV.1.2 Vérification à la compression

On doit vérifier que :

$$N_{SD} \leq N_{PL, RD} = \left[\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} \right]$$

$$84160 \text{ N} \leq 156720.79 \text{ N} \quad \text{vérifié.}$$

IV.2 Les Poteaux

IV.2.1 Vérification au flambement

Soit un poteau en **Tube Carré** ayant une hauteur $L = 4\text{m}$. Il est encastré de deux coté et supporte une charge axiale pondérée $N_{SD} = 248400 \text{ N}$.

$$A = 11137 \text{ mm}^2$$

$$I_y = I_z = 21863.32 \text{ cm}^4$$

$$i_y = i_z = 14 \text{ cm}$$

$$A_y = A_z = 55.44 \text{ cm}^2$$

IV.2.1.1 L'élancement élastique

$$\lambda_l = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.41$$

IV.2.1.2 Longueur de flambement

$$l_{fy} = L = 0.5 \cdot 4 = 2\text{m}$$

IV.2.1.3 L'élancement géométrique de l'élément λ_y

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{200}{14} = 14.23$$

IV.2.1.4 L'élancement réduit $\bar{\lambda}$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_y}{\lambda_l} \sqrt{\beta} = \frac{14.23}{76.41} \cdot \sqrt{1} = 0.18 < 0.2$$

Donc il n'a pas un risque de flambement, la vérification au flambement n'est pas nécessaire.

IV.3 LE DEPLACEMENT HORIZONTAL

$$\delta_{MAX} = H/125 \quad \text{où} \quad H - \text{hauteur du poteau}$$

$$\delta_{MAX} = 400/125 \quad \delta_{MAX} = 3.2 \text{ cm}$$

INTRODUCTION

On se propose de calculer les éléments d'assemblage des différents éléments de la structure

I. LES ASSEMBLAGES DES ELEMENTS DE LA STRUCTURE

I.1 ASSEMBLAGES DES NOEUDS DES BARRES

I.1.1 La résistance des boulons à la traction

Boulons de class 8.8 ; la résistance d'un boulon à la traction $F_{t,Rd}$ est calculée avec sa section ,en fonction de sa classe . pour un boulon tendue il faut que

$$F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$$

$$F_{t,Sd} = \frac{0.9.f_u.A_s}{\gamma_{mb}} = \frac{0.9.800}{1.5} . A_s \quad A_s \geq \frac{116930.1.5}{0.9.800} \quad A_s \geq 243.4 \text{ mm}^2 \text{ soit}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2, \text{ M20.}$$

I.2 ASSEMBLAGE DES BASES DE POTEAUX

I.2.1 La base de Poteau

Les poteaux sont considérés comme encastrés à leur base.

Le calcul sur Robot a donné les résultats suivants :



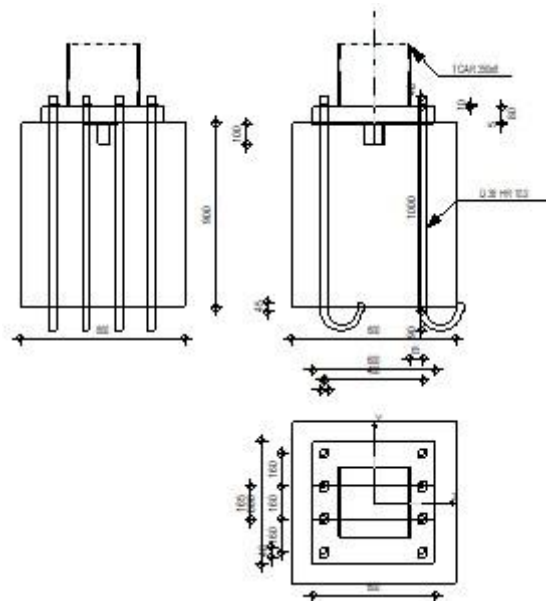
Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019

Calcul du Pied de Poteau encasté

'Les pieds de poteaux encastrés' de Y.Lescouarc'h (Ed. CTICM)



Ratio
0,88



GENERAL

Assemblage N°: 1

Nom de l'assemblage : Pied de poteau encastré

GEOMETRIE**POTEAU**

Profilé: TCAR 350x8

 $\alpha = 0,0$ [Deg] Angle d'inclinaison $h_c = 350$ [mm] Hauteur de la section du poteau $b_{fc} = 350$ [mm] Largeur de la section du poteau $t_{wc} = 8$ [mm] Epaisseur de l'âme de la section du poteau $t_{fc} = 8$ [mm] Epaisseur de l'aile de la section du poteau $r_c = 15$ [mm] Rayon de congé de la section du poteau $A_c = 107,50$ [cm²] Aire de la section du poteau $I_{yc} = 20750,00$ [cm⁴] Moment d'inertie de la section du poteau

Matériau: ACIER

 $\sigma_{ec} = 2350,00$ [daN/cm²] Résistance**PLAQUE PRINCIPALE DU PIED DE POTEAU** $l_{pd} = 600$ [mm] Longueur $b_{pd} = 600$ [mm] Largeur $t_{pd} = 80$ [mm] Epaisseur

Matériau: ACIER

 $\sigma_e = 2350,00$ [daN/cm²] Résistance**PLATINE DE PRESCELLEMENT** $l_{pp} = 600$ [mm] Longueur $b_{pp} = 165$ [mm] Largeur $t_{pp} = 5$ [mm] Epaisseur**ANCRAGE**

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

Classe = HR 10.9 Classe de tiges d'ancrage

 $d = 36$ [mm] Diamètre du boulon $d_0 = 36$ [mm] Diamètre des trous pour les tiges d'ancrage $n_H = 2$ Nombre de colonnes des boulons $n_V = 4$ Nombre de rangées des boulonsEcartement $e_{Hi} = 480$ [mm]Entraxe $e_{Vi} = 160;160$ [mm]**Dimensions des tiges d'ancrage** $L_1 = 48$ [mm] $L_2 = 1000$ [mm]

Dimensions des tiges d'ancrage

$$L_1 = 48 \text{ [mm]}$$

$$L_3 = 180 \text{ [mm]}$$

$$L_4 = 45 \text{ [mm]}$$

Platine

$$l_{wd} = 40 \text{ [mm]} \text{ Longueur}$$

$$b_{wd} = 48 \text{ [mm]} \text{ Largeur}$$

$$t_{wd} = 10 \text{ [mm]} \text{ Epaisseur}$$

BECHE

Profilé: IPE 100

$$h_w = 100 \text{ [mm]} \text{ Hauteur}$$

Matériau: ACIER

$$\sigma_e = 2350,00 \text{ [daN/cm}^2\text{]} \text{ Résistance}$$

SEMELLE ISOLEE

$$L = 800 \text{ [mm]} \text{ Longueur de la semelle}$$

$$B = 800 \text{ [mm]} \text{ Largeur de la semelle}$$

$$H = 900 \text{ [mm]} \text{ Hauteur de la semelle}$$

BETON

$$f_{c28} = 250,00 \text{ [daN/cm}^2\text{]} \text{ Résistance}$$

$$\sigma_{bc} = 141,67 \text{ [daN/cm}^2\text{]} \text{ Résistance}$$

$$n = 6,56 \text{ ratio Acier/Béton}$$

SOUDURES

$$a_p = 8 \text{ [mm]} \text{ Plaque principale du pied de poteau}$$

$$a_w = 4 \text{ [mm]} \text{ Bêche}$$

EFFORTS

Cas: Calculs manuels

$$N = 24844,00 \text{ [daN]} \text{ Effort axial}$$

$$Q_y = 4310,00 \text{ [daN]} \text{ Effort tranchant}$$

$$Q_z = 496,00 \text{ [daN]} \text{ Effort tranchant}$$

$$M_y = 1983,00 \text{ [daN*m]} \text{ Moment fléchissant}$$

$$M_z = 17243,00 \text{ [daN*m]} \text{ Moment fléchissant}$$

RESULTATS**BETON****PLAN XZ**

$d_{tz} =$	240 [mm]	Distance de la colonne des boulons d'ancrage de l'axe Y	
$z_0 =$	0 [mm]	Zone comprimée	
$p_{my} =$	0,00 [daN/cm ²]	Contrainte due à l'effort axial et au moment M_y	
$F_{ty} =$	16553,25 [daN]	Effort de traction total dans la ligne des boulons d'ancrage	$0.5*(M_y/d_{tz} + N)$

PLAN XY

$d_{ty} =$ 240 [mm] Distance de la rangée extrême des boulons d'ancrage de l'axe Z

Coefficients d'équation pour la définition de la zone de pression

A =	200 [mm]		$A=l_{pd}/3$
B =	-5964,31 [cm ²]		$B=(M_z/N -0.5*b_{pd})*l_{pd}$
C =	-12131,90 [cm ³]		$C=2*n*A_{ty}*(d_{ty}+M_z/N)$
D =	655122,43 [cm ⁴]		$D=-2*n*A_{ty}*(d_{ty}+0.5*b_{pd})*(d_{ty}+M_z/N)$
y_0 =	97 [mm]	Zone comprimée	$A*y_0^3+B*y_0^2+C*y_0+D=0$
p_{mz} =	76,69 [daN/c m ²]	Contrainte due à l'effort axial et au moment M_y	$p_{mz} = 2*(M_z+N*d_{ty}) / [l_{pd}*y_0*(d_{ty} + b_{pd}/2 - y_0/3)]$
F_{tz} =	47057,61 [daN]	Effort de traction total dans la ligne des boulons d'ancrage	$F_{tz} = (M_z-N*(b_{pd}/2 - y_0/3)) / (d_{ty} + b_{pd}/2 - y_0/3)$

VERIFICATION DU BETON POUR LA PRESSION DIAMETRALE

$p_m =$ 76,69 [daN/cm²] Contrainte maxi dans le béton $p_m = p_{mz}$

La valeur du coefficient K est calculée automatiquement

$h_b =$	800 [mm]	$h_b = 2*[(b/2 - 0.5*(n_v - 1)*a_v) + a_h]$
$b_b =$	600 [mm]	$b_b = \max(2*(b/2 - 0.5*(n_v - 1)*a_v) + a_v, b_{pd})$
$K = \max(1.1; 1 + (3 - b_{pd}/b_b - l_{pd}/h_b) * \square [(1 - b_{pd}/b_b) * (1 - l_{pd}/h_b)])$		$[Lescouarc'h (1.c)]$

$K =$ 1,0 Coefficient de zone de pression diamétrale

$$p_m \leq K * \square_{bc} \quad 76,69 < 141,67 \quad \text{vérifié} \quad (0,54)$$

ANCORAGE

$N_{ty} =$	4138,31 [daN]	Effort de traction dû à l'effort axial et au moment M_y	$N_{ty} = F_{ty}/n$
$N_{tz} =$	23528,81 [daN]	Effort de traction dû à l'effort axial et au moment M_y	$N_{tz} = F_{tz}/n$
$N_t =$	21456,12 [daN]	Force de traction max dans le boulon d'ancrage	$N_t = N_{ty} + N_{tz} - N/n$

Vérification de la semelle tendue du poteau

$s_{_1} =$	480 [mm]	$s_{_1} = \min(e_{Hi})$
$s_{_2} =$	204 [mm]	$s_{_2} = \square * a_2$
$s_{_3} =$	139 [mm]	$s_{_3} = (2*R_e) / \square [1 + 2*R_e/a_2]$
$s =$	139 [mm]	$s = \min(s_{_1}, s_{_2}, s_{_3})$
$N_t \leq s * t_{fc} * \square_{ec}$	21456,12 < 26041,05	vérifié (0,82)

Adhérence

$$N_t \leq \sigma^* d^* \sigma_s^* (L_2 + 10^* r - 5^* d) \quad 21456,12 < 24510,45 \quad \text{vérifié} \quad (0,88)$$

Vérification de la résistance de la section filetée d'une tige

$$N_t \leq 0.8^* A_s^* \sigma_e \quad 21456,12 < 58824,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,36)$$

Transfert des efforts tranchants

$$|t_z| \leq \sigma \left((A_t^2 \cdot \sigma_e^2 - N^2) / 2.36 \right) \quad |124,00| < 59495,06 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

$$|t_y| \leq \sigma \left((A_t^2 \cdot \sigma_e^2 - N^2) / 2.36 \right) \quad |1077,50| < 59495,06 \quad \text{vérifié} \quad (0,02)$$

BECHE**Béton**

$$|T_z| \leq (1 - 30) \cdot \sigma_{bc} \cdot B \quad |496,00| < 5454,17 \quad \text{vérifié} \quad (0,09)$$

$$|T_y| \leq (1-30) \cdot \sigma_{bc} \cdot H \quad |4310,00| < 9916,67 \quad \text{vérifié} \quad (0,43)$$

Ame

$$|T_z| \leq f \cdot t \cdot h / \sigma_3 \quad |496,00| < 4928,61 \quad \text{vérifié} \quad (0,10)$$

$$|T_y| \leq f \cdot t \cdot h / \sigma_3 \quad |4310,00| < 8506,97 \quad \text{vérifié} \quad (0,51)$$

Semelle

$$|T_z| \leq 3^* b^* t^* f / 1 / (1/h + 1/h_0) \quad |496,00| < 17190,25 \quad \text{vérifié} \quad (0,03)$$

$$|T_y| \leq 3^* b^* t^* f / 1 / (1/h + 1/h_0) \quad |4310,00| < 6869,40 \quad \text{vérifié} \quad (0,63)$$

Soudure âme

$$|T_z| \leq 2/k^* f \cdot t \cdot h / \sigma_3 \quad |496,00| < 13738,30 \quad \text{vérifié} \quad (0,04)$$

$$|T_y| \leq 3^* b^* t^* f / 1 / (1/h + 1/h_0) \quad |4310,00| < 13539,79 \quad \text{vérifié} \quad (0,32)$$

Semelle

$$|T_z| \leq 2^* 3^* b^* t^* f / 1 / (1/h + 1/h_0) \quad |496,00| < 24371,61 \quad \text{vérifié} \quad (0,02)$$

$$|T_y| \leq (1 - 30) \cdot \sigma_{bc} \cdot B \quad |4310,00| < 15785,09 \quad \text{vérifié} \quad (0,27)$$

Ame poteau

$$|T_z| \leq 3^* b^* t^* f / 1 / (1/h + 1/h_0) \quad |496,00| < 109689,53 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

$$|T_y| \leq 3^* b^* t^* f / 1 / (1/h + 1/h_0) \quad |4310,00| < 42431,91 \quad \text{vérifié} \quad (0,10)$$

PLATINE**Zone de traction**

$$M_{11'} = 5578,59 \text{ [daN*m]} \text{ Moment fléchissant} \quad M_{11'} = n_v^* N_t^* (d_{tz} - h_c / 2)$$

$$M_{11'} \leq \sigma_e^* b_{pd}^* t_{pd}^2 / 6 \quad 5578,59 < 15040,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,37)$$

Cisaillement

$$V_{11'} = 85824,47 \text{ [daN]} \text{ Effort tranchant} \quad V_{11'} = n_v^* N_t$$

$$V_{11'} \leq \sigma_e / \sigma_3 \cdot b_{pd}^* t_{pd} / 1.5 \quad 85824,47 < 434167,40 \quad \text{vérifié} \quad (0,20)$$

$$t_{pmin} = 29 \text{ [mm]} \quad t_{pmin} = \sigma \left[(3^* N_t^* a_2) / (\sigma_e^* (b_{pd} / \sigma_2 - R)) \right]$$

$$t_{pd} \geq t_{pmin} \quad 80 > 29 \quad \text{vérifié} \quad (0,36)$$

Traction

$$a_1 = 54 \text{ [mm]} \text{ Pince bord de la soudure de l'aile du poteau-axe du boulon d'ancrage} \quad a_1 = a_2 - \sigma_2 a_p$$

$$a_2 = 65 \text{ [mm]} \text{ Pince bord de l'aile du poteau-axe du boulon d'ancrage}$$

$$s = 13 \text{ [mm]} \quad s = \min(s_1, s_2, s_3)$$

$$N_t \text{ [daN]} \leq 375^* t_{pd} \text{ [mm]} \cdot [(a_2 / a_1) \cdot (s / (s + a_2))] \quad 21456,12 < 24721,39 \quad \text{vérifié} \quad (0,87)$$

Zone comprimée $M_{22'} = 2061,79$ [daN*m] Moment fléchissant

$$M_{22'} = p_m * b_{pd} * z_0 * [0.5 * (l_{pd} - h_c) - z_0/3]$$

$$M_{22'} \leq \sigma_e * b_{pd} * t_{pd}^2 / 6 \quad 2061,79 < 15040,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,14)$$

Cisaillement $V_{22'} = 22213,61$ [daN] Effort tranchant

$$V_{22'} \leq \sigma_e / \sqrt{3} * b_{pd} * t_{pd} / 1.5 \quad 22213,61 < 434167,40 \quad \text{vérifié} \quad (0,05)$$

$$t_{pmin} = 38 \text{ [mm]}$$

$$t_{pmin} = (b_{pd} / \sqrt{2}) - R_e * \sigma [p_m / \sigma_e]$$

$$t_{pd} \geq t_{pmin} \quad 80 > 38 \quad \text{vérifié} \quad (0,48)$$

Pression diamétrale $|t_z| = 62,00$ [daN] Effort tranchant

$$t_z = Q_z / n_v$$

$$|t_z| \leq 3 * d * t_{pd} * \sigma_e \quad |62,00| < 203040,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

 $|t_y| = 538,75$ [daN] Effort tranchant

$$t_y = Q_y / n_v$$

$$|t_y| \leq 3 * d * t_{pd} * \sigma_e \quad |538,75| < 203040,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

PLATINE DE PRESCELLEMENT**Pression diamétrale**

$$|t_z| \leq 3 * d * t_{pp} * \sigma_e \quad |62,00| < 12690,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,00)$$

$$|t_y| \leq 3 * d * t_{pp} * \sigma_e \quad |538,75| < 12690,00 \quad \text{vérifié} \quad (0,04)$$

REMARQUES

Hauteur de la fondation trop faible

$$900 \text{ [mm]} < 1000 \text{ [mm]}$$

Rayon de la crosse trop faible.

$$90 \text{ [mm]} < 108 \text{ [mm]}$$

Longueur L4 trop faible.

$$45 \text{ [mm]} < 54 \text{ [mm]}$$

Assemblage satisfaisant vis à vis de la Norme

I.2.2 La fondation

Général Fût Optimisation

Type de semelle

Forme

Type de poteau

Dimensions (m)

A : 3,30 ☒ Fixé a : 0,68

B : 3,30 ☒ Fixé b : 0,60

h1 : 0,60 ☒ Fixé ex : 0,00 ☒ Fixé

h2 : 1,40 ☒ Fixé ey : 0,00 ☒ Fixé

h4 : 0,10

Nombre d'éléments: 1

Figure 30 : la semelle

Général Fût Optimisation

Type de fût

☐ Plat

☐ Sous poteau ou voile BA

☒ Sous poteau acier

☐ Avec une réservation

☐ Avec deux réservations

☐ Avec encuvement

Dimensions (m)

a' : 0,68 Ra : 0,33 Rp : 0,70 Rc : 0,05

b' : 0,60 Rb : 0,25 Rf : 0,10 Re : 0,07

Appliquer Fermer Aide

Figure 31 : le fût

Sols

Paramètres

Hauteurs des talus: $N_1 = 0,00$ (m)

Niveau supérieur de la semelle: $N_a = 0,00$ (m)

Niveau du fond de fouille: $N_f = -2,00$ (m)

☐ Niveau d'eau:

Haut: $0,00$ (m)

Bas: $0,00$ (m)

Sol

Stratification du sol

Nom:

Enregistrer sous... Charger

Editer la base

Appliquer

Fermer

Aide

Enregistrer sous...

Supprimer

	Nom	Type	Niveau (m)	Epaisseur (m)	Couleur	Poids volumique (kg/m ³)	Poids volumique unitaire	Angle de frottement (Deg)	Coeff. de frottement
1	Argiles et limons fer	Argiles et limon	0,00			2039,43	2692,05	30,0	0,38
2									

Figure 3 : le sol

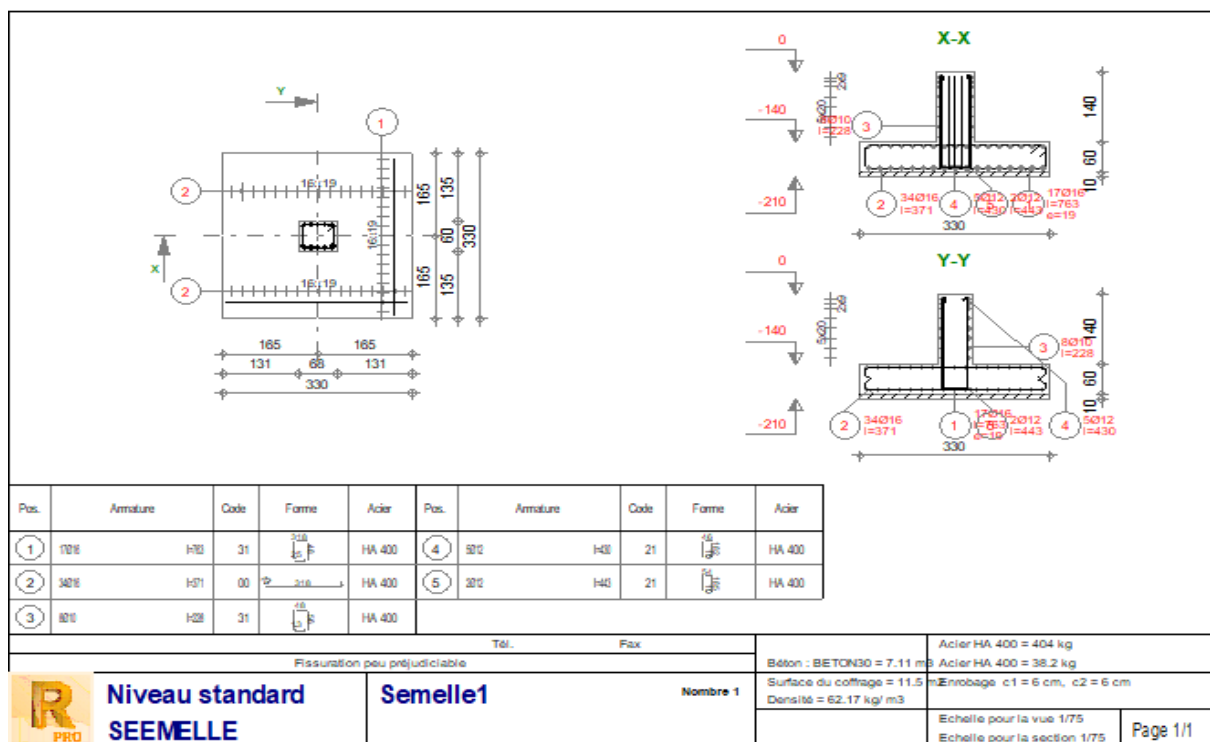
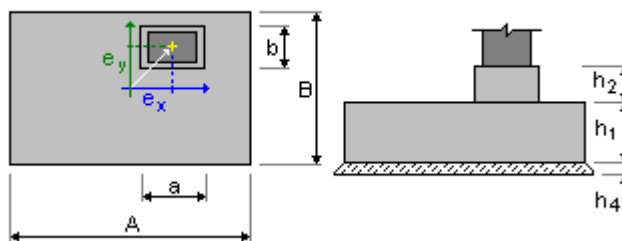


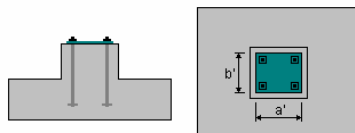
Figure 4 : plan d'exécution

1 Semelle isolée: Semelle1**Nombre: 1****1.1 Données de base****1.1.1 Principes**

- Norme pour les calculs géotechniques : NF P 94-261 (NF-EN 1997-1:2008/AC:2009)
- Norme pour les calculs béton armé : NF EN 1992-1-1/NA:2007
- Forme de la semelle : libre

1.1.2 Géométrie:

A	= 3,30 (m)	a	= 0,68 (m)
B	= 3,30 (m)	b	= 0,60 (m)
h1	= 0,60 (m)	ex	= 0,00 (m)
h2	= 1,40 (m)	ey	= 0,00 (m)
h4	= 0,10 (m)		



a'	= 68,0 (cm)
b'	= 60,0 (cm)
cnom1	= 6,0 (cm)
cnom2	= 6,0 (cm)
Écarts de l'enrobage: Cdev = 1,0(cm), Cdur = 0,0(cm)	

1.1.3 Matériaux

- Béton : BETON30; résistance caractéristique = 30,00 MPa
Poids volumique = 2501,36 (kG/m3)
répartition rectangulaire des charges
[3.1.7(3)]
- Armature longitudinale : type HA 400 résistance caractéristique = 400,00 MPa
Classe de ductilité: -
branche horizontale du diagramme
contrainte-déformation

- Armature transversale : type HA 400 résistance caractéristique = 400,00 MPa
- Armature additionnelle: : type HA 500 résistance caractéristique = 500,00 MPa

1.1.4 Chargements:

Charges sur la semelle:

Cas	Nature	GroupeN	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)	
(kN*m)							
N1	neige(Neige H<1000 m)	1	8,84	2,11	0,15	-0,60	8,43
VS	vent	1	-51,07	3,21	1,11	-4,44	12,85
VD	vent	1	134,06	-1,41	17,85	-71,40	-5,66
T1	température	1	-0,74	9,88	9,05	-36,21	39,53
PP	permanente(Poids de la fondation)			1	18,83	4,10	0,28
-1,13	16,40						
PERM	permanente(Poids de la fondation)			1	6,69	1,56	0,11
-0,44	6,25						

Charges sur le talus:

Cas	Nature	Q1 (kN/m2)
-----	--------	---------------

1.1.5 Liste de combinaisons

- 1/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS+0.75N1+0.90T1
- 2/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS+0.75N1
- 3/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS+0.90T1
- 4/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS
- 5/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM
- 6/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.75N1+0.90T1
- 7/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.75N1
- 8/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.90T1
- 9/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS
- 10/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM
- 11/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.75N1+0.90T1
- 12/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.75N1
- 13/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.90T1
- 14/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD
- 15/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD+0.75N1+0.90T1
- 16/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD+0.75N1
- 17/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD+0.90T1
- 18/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD
- 19/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+1.50N1+0.90T1
- 20/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+1.50N1
- 21/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50N1+0.90T1
- 22/ ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50N1
- 23/ ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50N1+0.90T1

24/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50N1
25/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50N1+0.90T1
26/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50N1
27/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+1.50N1+0.90T1
28/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+1.50N1
29/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+1.50N1+0.90T1
30/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+1.50N1
31/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+0.75N1+1.50T1
32/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+1.50T1
33/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.75N1+1.50T1
34/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+1.50T1
35/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+0.75N1+1.50T1
36/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50T1
37/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.75N1+1.50T1
38/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+1.50T1
39/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+0.75N1+1.50T1
40/	ELU A1 : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+1.50T1
41/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+0.75N1+1.50T1
42/	ELU A1 : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+1.50T1
43/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS+0.50N1+0.60T1
44/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS+0.50N1
45/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS+0.60T1
46/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS
47/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM
48/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.50N1+0.60T1
49/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.50N1
50/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.60T1
51/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD
52/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+1.00N1+0.60T1
53/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+1.00N1
54/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00N1+0.60T1
55/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00N1
56/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+1.00N1+0.60T1
57/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+1.00N1
58/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+0.50N1+1.00T1
59/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+1.00T1
60/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.50N1+1.00T1
61/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00T1
62/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+0.50N1+1.00T1
63/	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+1.00T1
64/	ELS QPR : 1.00PP+1.00PERM
65/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS+0.75N1+0.90T1
66/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS+0.75N1
67/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS+0.90T1
68/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VS
69/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM
70/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.75N1+0.90T1
71/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.75N1
72/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.90T1
73/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VS

74/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM
75/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.75N1+0.90T1
76/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.75N1
77/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.90T1
78/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD
79/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD+0.75N1+0.90T1
80/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD+0.75N1
81/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD+0.90T1
82/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50VD
83/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+1.50N1+0.90T1
84/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+1.50N1
85/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50N1+0.90T1
86/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50N1
87/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50N1+0.90T1
88/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50N1
89/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50N1+0.90T1
90/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50N1
91/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+1.50N1+0.90T1
92/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+1.50N1
93/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+1.50N1+0.90T1
94/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+1.50N1
95/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+0.75N1+1.50T1
96/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+1.50T1
97/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.75N1+1.50T1
98/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50T1
99/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+0.75N1+1.50T1
100/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50T1
101/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.75N1+1.50T1
102/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+1.50T1
103/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+0.75N1+1.50T1
104/*	ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VD+1.50T1
105/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+0.75N1+1.50T1
106/*	ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VD+1.50T1
107/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS+0.50N1+0.60T1
108/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS+0.50N1
109/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS+0.60T1
110/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VS
111/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM
112/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.50N1+0.60T1
113/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.50N1
114/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.60T1
115/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00VD
116/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+1.00N1+0.60T1
117/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+1.00N1
118/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00N1+0.60T1
119/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00N1
120/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+1.00N1+0.60T1
121/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+1.00N1
122/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+0.50N1+1.00T1
123/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VS+1.00T1

124/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.50N1+1.00T1
125/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+1.00T1
126/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+0.50N1+1.00T1
127/*	ELS CHR : 1.00PP+1.00PERM+0.60VD+1.00T1
128/*	ELS FRE : 1.00PP+1.00PERM
129/*	ELS FRE : 1.00PP+1.00PERM+0.20VS
130/*	ELS FRE : 1.00PP+1.00PERM+0.20VD
131/*	ELS FRE : 1.00PP+1.00PERM+0.20N1
132/*	ELS FRE : 1.00PP+1.00PERM+0.50T1
133/*	ELS QPR : 1.00PP+1.00PERM

1.2 Dimensionnement géotechnique

1.2.1 Principes

- Coefficient de réduction de la cohésion: 0,00
- Fondation préfabriquée lisse 6.5.3(10)
- Glissement avec la prise en compte de la poussée du sol: pour les directions X et Y
- Approche de calcul: 2
 $A1 + M1 + R2$
 $\square \square' = 1,00$
 $\square c' = 1,00$
 $\square cu = 1,00$
 $\square qu = 1,00$
 $\square \square = 1,00$
 $\square R_v = 1,40$
 $\square R_h = 1,10$

1.2.2 Sol:

Niveau du sol:	N_1	= 0,00 (m)
Niveau maximum de la semelle:	N_a	= 0,00 (m)
Niveau du fond de fouille:	N_f	= -2,00 (m)

Argiles et limons fermes

- Niveau du sol: 0.00 (m)
- Poids volumique: 2039.43 (kG/m³)
- Poids volumique unitaire: 2692.05 (kG/m³)
- Angle de frottement interne: 30.0 (Deg)
- Cohésion: 0.02 (MPa)

1.2.3 États limites

Calcul des contraintes

Type de sol sous la fondation: uniforme

Combinaison dimensionnante **ELS CHR** :

1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.50N1+0.60T1

Coefficients de chargement: **1.00** * poids de la fondation
1.00 * poids du sol

Résultats de calculs: au niveau du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $G_r = 467,79$

(kN)

Charge dimensionnante:

$N_r = 631,34$ (kN) $M_x = -142,49$ (kN*m) $M_y = 67,39$ (kN*m)

Méthode de calculs de la contrainte de rupture: Analytique

Excentrement de l'action de la charge:

$|e_B| = 0,23$ (m) $|e_L| = 0,11$ (m)

Dimensions équivalentes de la fondation:

$B' = B - 2|e_B| = 2,85$ (m)

$L' = L - 2|e_L| = 3,09$ (m)

Épaisseur du niveau: $D_{min} = 2,00$ (m)

Coefficients de résistance:

$N_\phi = 20.09$

$N_c = 30.14$

$N_q = 18.40$

Coefficients d'influence de l'inclinaison de la charge:

$i_\phi = 0.94$

$i_c = 0.96$

$i_q = 0.96$

Coefficients de forme:

$s_\phi = 0.72$

$s_c = 1.49$

$s_q = 1.46$

Coefficients d'inclinaison de la base de la fondation:

$b_\phi = 1.00$

$b_c = 1.00$

$b_q = 1.00$

Paramètres géotechniques:

$C = 0.02$ (MPa)

$\phi = 30,0$ (Deg)

$\gamma = 2039.43$ (kG/m³)

$q_{net} = 2,28$ (MPa)

$q_{ult} = q_{net} / \phi_{R,d,v} = 1,14$ (MPa)

$\phi_{R,d,v} = 2,00$

Butée de calcul du sol:

$q_{lim} = q_{ult} / \phi_{R,v} = 0.50$ (MPa)

$\phi_{R,v} = 2,30$

Contrainte dans le sol: $q_{ref} = 0.09$ (MPa)

Coefficient de sécurité: $q_{lim} / q_{ref} = 5.339 > 1$

Soulèvement

Soulèvement ELU

Combinaison dimensionnante **ELU A1 :**

1.35PP+1.35PERM+0.90VS+0.75N1+1.50T1

Coefficients de chargement: **1.00** * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Surface de contact: $s = 0,17$

$s_{lim} = 0,17$

Soulèvement ELS

Combinaison défavorable: **ELS CHR :**

1.00PP+1.00PERM+0.60VD+0.50N1+1.00T1

Coefficients de chargement: **1.00** * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Surface de contact $s = 0,79$

$s_{lim} = 0,50$

Glissement

Combinaison dimensionnante **ELU A1 :**

1.00PP+1.00PERM+1.50VS+0.90T1

Coefficients de chargement: **1.00** * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $G_r = 467,79$
(kN)

Charge dimensionnante:

$N_r = 416,04$ (kN) $M_x = -61,22$ (kN*m) $M_y = 116,24$
(kN*m)

Dimensions équivalentes de la fondation: $A_ = 3,30$ (m) $B_ = 3,30$
(m)

Surface du glissement: $10,89$ (m²)

Coefficient de frottement fondation - sol: $\tan(\phi_d) = 0,25$

Cohésion: $c_u = 0.02$ (MPa)

Poussée du sol prise en compte:

$H_x = 19,37$ (kN) $H_y = 10,20$ (kN)

$P_{px} = -100,98$ (kN) $P_{py} = -100,98$ (kN)

$P_{ax} = 11,22$ (kN) $P_{ay} = 11,22$ (kN)

Valeur de la force de glissement $H_d = 0,00$ (kN)

Valeur de la force empêchant le glissement de la fondation:

- su niveau du sol: $R_d = 93,64$ (kN)

Stabilité au glissement: ☐

Tassement moyen

Type de sol sous la fondation: uniforme

Combinaison dimensionnante **ELS CHR :**

1.00PP+1.00PERM+1.00VD+0.50N1

Coefficients de chargement: **1.00** * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Poids de la fondation et du sol au-dessus de la fondation: $G_r = 467,79$

(kN)

Contrainte moyenne due à la charge dimensionnante: $q = 0,06$

(MPa)

Epaisseur du sol soumis au tassement actif: $z = 1,65$ (m)

Contrainte au niveau:

- additionnelles:

$\sigma_{zd} = 0,01$ (MPa)

- due au poids du sol:

$\sigma_z = 0,07$ (MPa)

Tassement:

- primaire

$s' = 0,6$ (cm)

- secondaire

$s'' = 0,0$ (cm)

- TOTAL

$S = 0,6$ (cm) < $S_{adm} = 5,0$ (cm)

Coefficient de sécurité:

$8.558 > 1$

Différence des tassements

Combinaison dimensionnante **ELS CHR :**

1.00PP+1.00PERM+0.60VD+0.50N1+1.00T1

Coefficients de chargement: **1.00** * poids de la fondation

1.00 * poids du sol

Différence des tassements: $S = 1,8$ (cm) < $S_{adm} = 5,0$ (cm)

Coefficient de sécurité: $2.711 > 1$

1.3 Dimensionnement Béton Armé

1.3.1 Principes

- Milieu : X0
- Classe de structure : S1

1.3.2 Analyse du poinçonnement et du cisaillement

Pas de poinçonnement

1.3.3 Ferrailage théorique

Semelle isolée:

Aciers inférieurs:

ELU : $1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.75N1+0.90T1$

$M_y = 111,87$ (kN*m) $A_{sx} = 9,99$ (cm²/m)

ELU : 1.35PP+1.35PERM+1.50VD+0.75N1+0.90T1

$M_x = 163,56 \text{ (kN*m)}$ $A_{sy} = 9,99 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

$A_s \text{ min} = 9,99 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

Aciers supérieurs:

ELU : 1.35PP+1.35PERM+0.90VS+0.75N1+1.50T1

$M_y = -64,02 \text{ (kN*m)}$ $A'_{sx} = 9,99 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

ELU : 1.00PP+1.00PERM+0.90VS+1.50T1

$M_x = -41,89 \text{ (kN*m)}$ $A'_{sy} = 9,99 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

$A_s \text{ min} = 9,99 \text{ (cm}^2\text{/m)}$

Fût:

Armature longitudinale $A = 14,56 \text{ (cm}^2)$ $A_{\text{min.}} = 8,16 \text{ (cm}^2)$

$A = 2 * (A_{sx} + A_{sy})$

$A_{sx} = 2,29 \text{ (cm}^2)$ $A_{sy} = 4,99 \text{ (cm}^2)$

1.3.4 Ferrailage réel

Semelle isolée:

Aciers inférieurs:

En X:

17 HA 400 16 $l = 7,63 \text{ (m)}$ $e = 1 * -1,51 + 16 * 0,19$

En Y:

17 HA 400 16 $l = 3,71 \text{ (m)}$ $e = 1 * -1,51 + 16 * 0,19$

Fût

Armature longitudinale

En X:

5 HA 400 12 $l = 4,30 \text{ (m)}$ $e = 1 * -0,24 + 4 * 0,12$

En Y:

2 HA 400 12 $l = 4,43 \text{ (m)}$ $e = 1 * -0,20 + 1 * 0,40$

Armature transversale

8 HA 400 10 $l = 2,28 \text{ (m)}$ $e = 1 * 0,71 + 5 * 0,20 + 2 * 0,09$

2 Quantitatif:

- Volume de Béton $= 7,11 \text{ (m}^3)$
- Surface de Coffrage $= 11,50 \text{ (m}^2)$
- Acier HA 400

- Poids total = 442,08 (kG)
- Densité = 62,22 (kG/m³)
- Diamètre moyen = 15,2 (mm)
- Liste par diamètres:

Diamètre	Longueur (m)	Nombre:
10	2,28	8
12	4,30	5
12	4,43	2
16	3,71	34
16	7,63	17

I. CONCLUSION GENERALE

Ce travail trivial nous donne l'opportunité d'appliquer et d'approfondir toutes les connaissances que nous avons acquises dans notre maîtrise en génie civil. Nos projets de recherche nous permettent d'élargir nos connaissances dans le domaine de la construction métallique, qui devient de plus en plus vaste et important, et d'avoir une vue d'ensemble de la construction métallique et surtout d'appliquer les connaissances acquises à des projets pratiques.

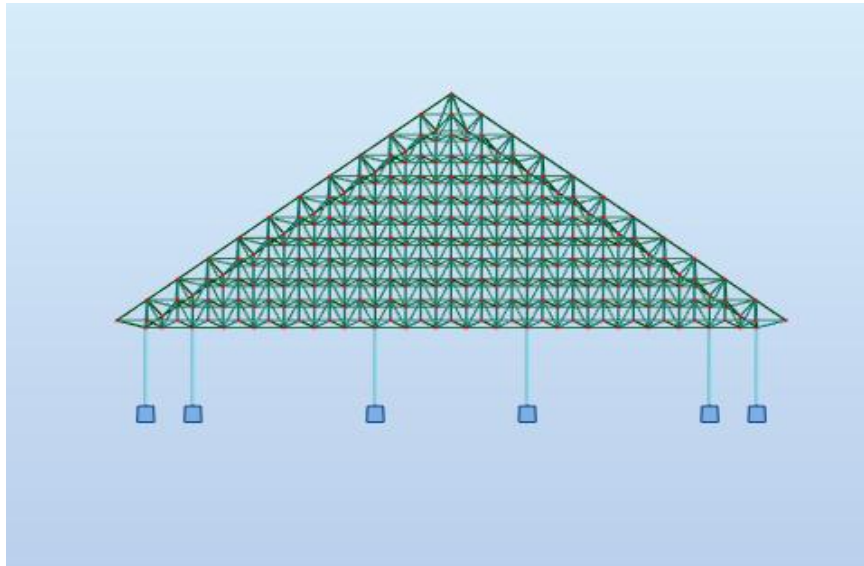
Avec cette approche, quelques points principaux doivent être soulignés, à savoir :

- ✚ L'influence du vent sur les structures métalliques est considérable. Des études intensives doivent être menées pour déterminer les différents effets du vent et toutes les directions possibles.
- ✚ Des calculs sont effectués conformément à la réglementation vent et neige (**RNV99**) pour déterminer les actions. On s'intéresse alors au pré-dimensionnement et au calcul des éléments en fonction de la raideur de ces derniers.
- ✚ L'utilisation du logiciel **ROBOT** rend les calculs plus faciles, et permet de tirer les différents efforts appliqués sur la structure et de vérifier les éléments aux différents phénomènes d'instabilité conformément aux règlements en vigueur et d'avoir une meilleure approche de la réalité ainsi qu'un gain de temps très important dans l'analyse de la structure.
- ✚ La bonne conception des assemblages est essentielle pour la stabilité des structures métalliques.

Notons enfin que ce projet qui présente pour nous une première expérience pratique, s'est fixé comme objectif, la prévention de tout risque afin de garantir la sécurité des vies et des biens, qui constituent la principale règle dans le domaine du génie civil « objectif, à savoir la sécurité et l'économie ». D'où la nécessité d'un entretien permanent et d'une protection appropriée pour les éléments métalliques contre la corrosion et le feu est fortement recommander.

Annexes 1

II. LA STRUCTURE



III. LES CHARGES

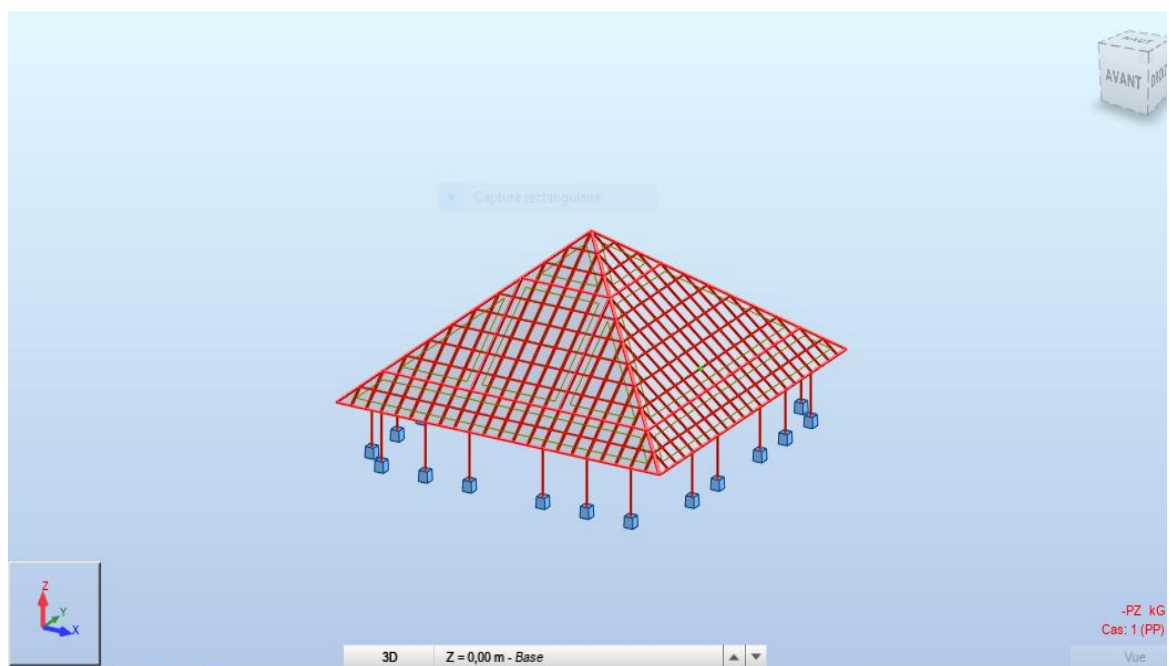


Figure 32 : Le Poids Propre

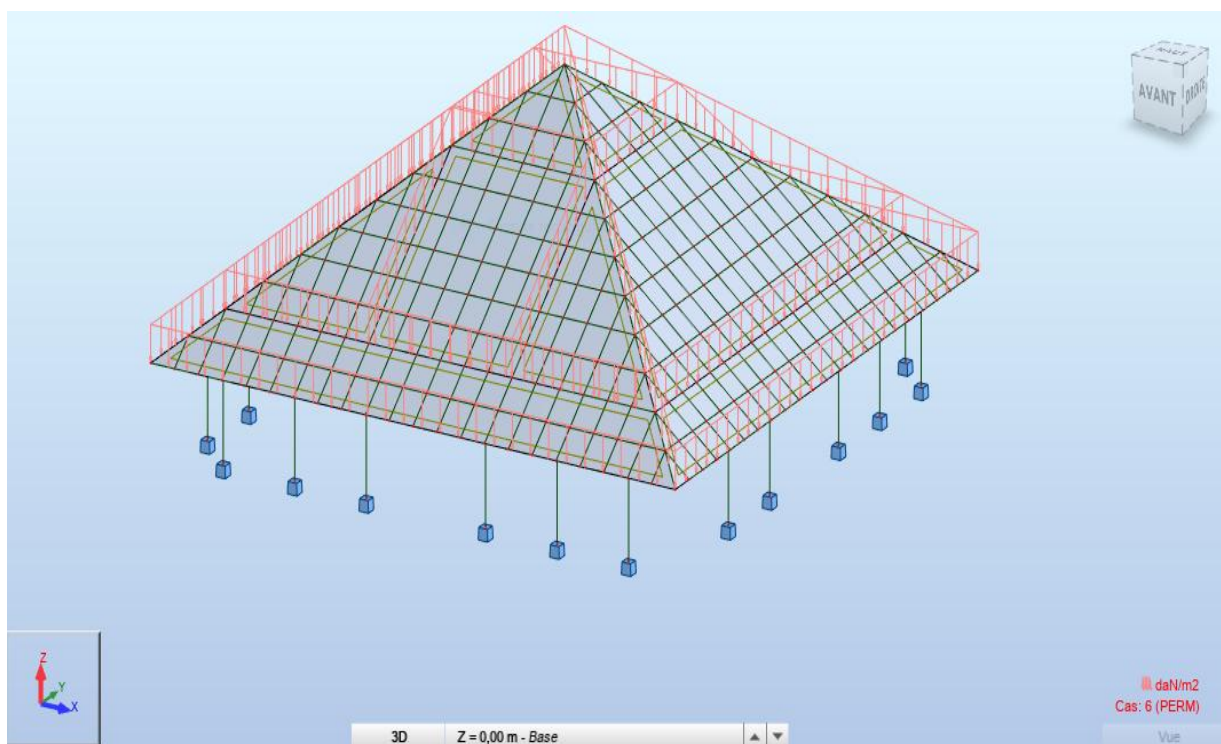


Figure 33 : La Charge Permanente

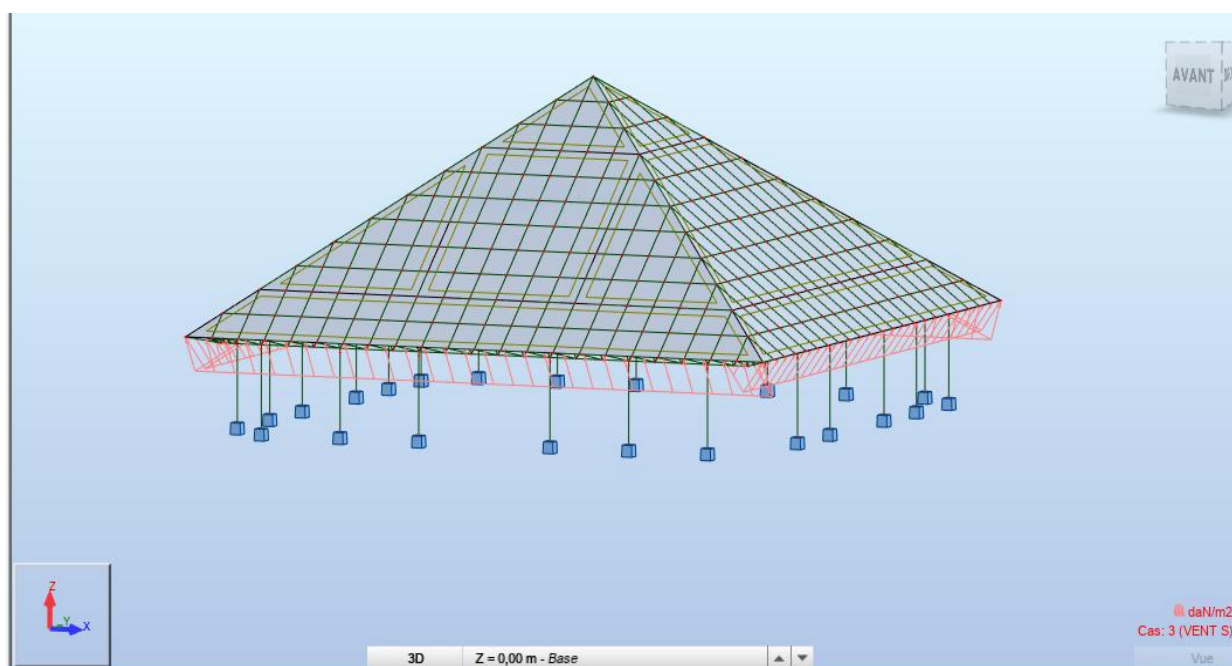


Figure 34 : La Charge du Vent Suppression

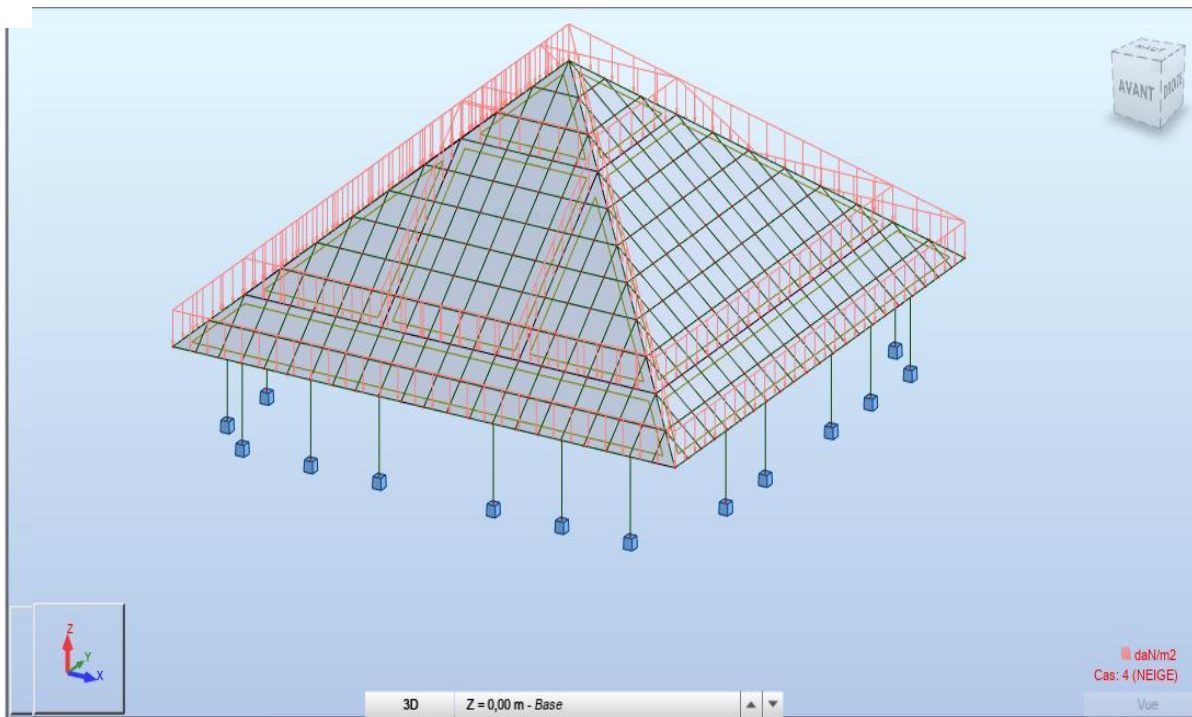


Figure 36 : La Charge du Vent Dépression

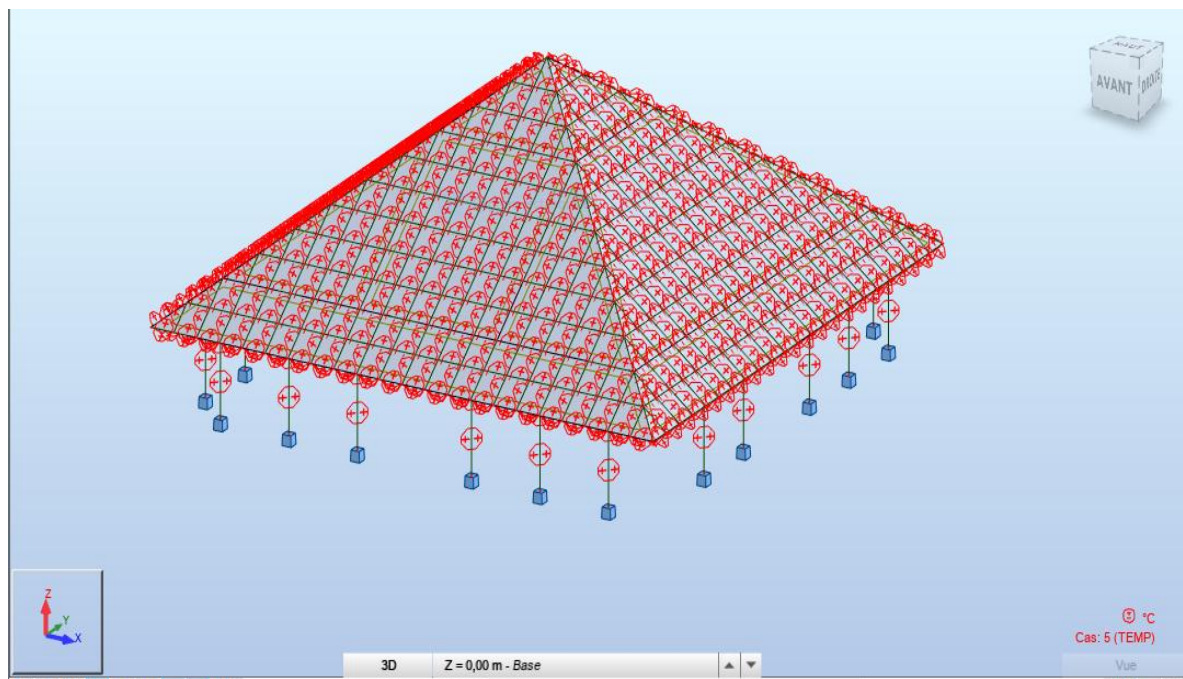


Figure 35 : La Charge de Température

IV. Les Déformation dues aux Charges

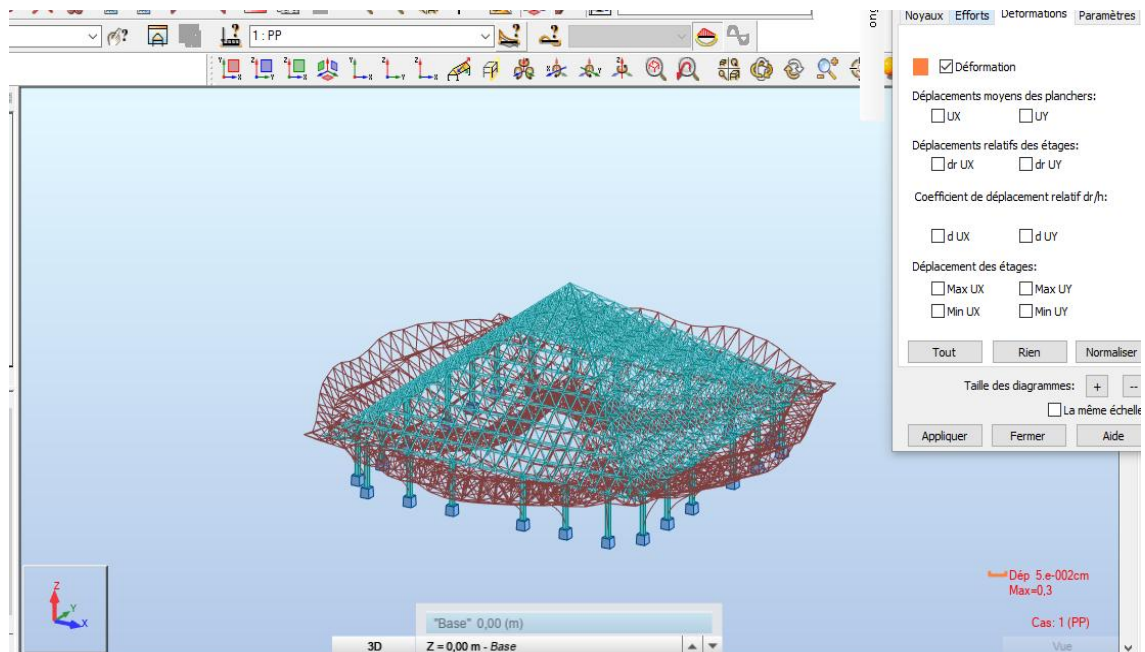


Figure 6 : Déformation due au Poids Propre

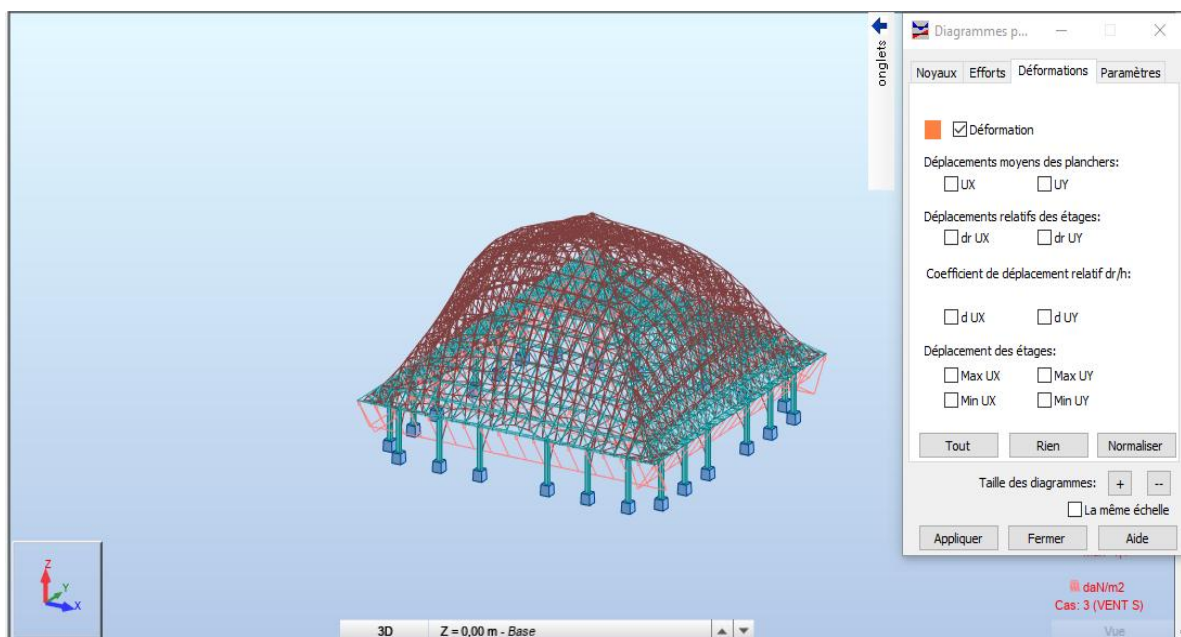


Figure 7 : Déformation Vent Suppression

Annexes

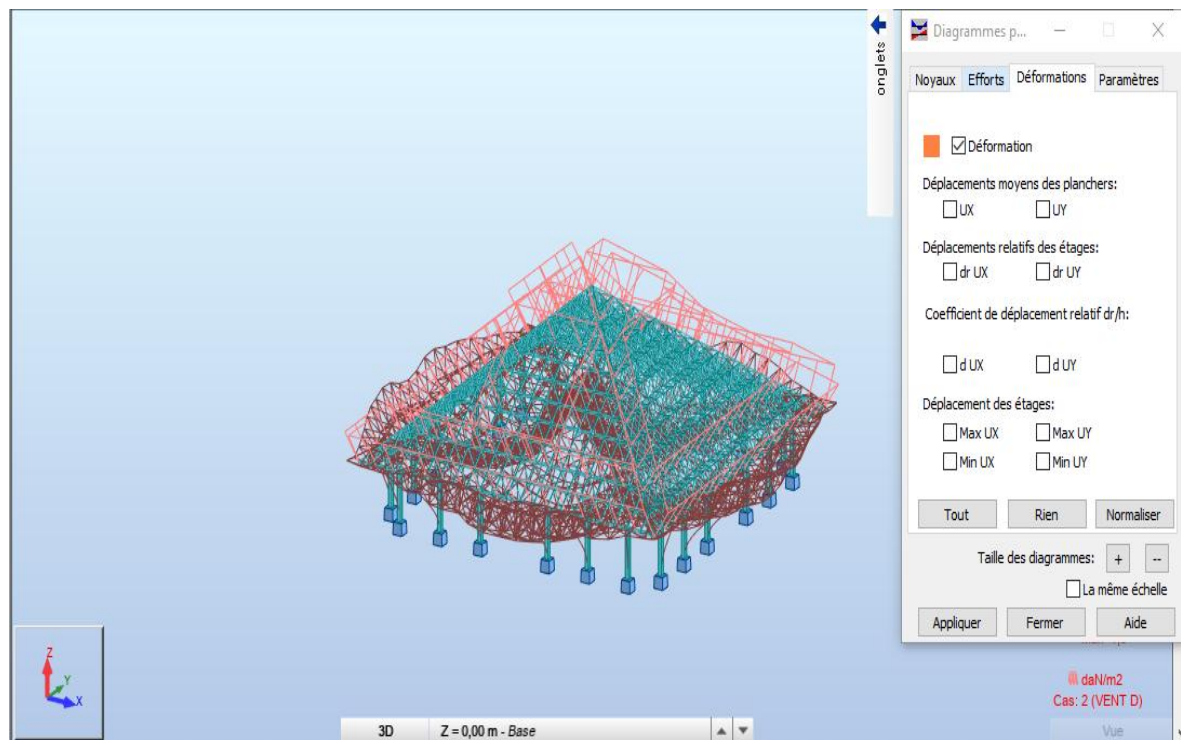


Figure 38 : Déformation Vent Dépression

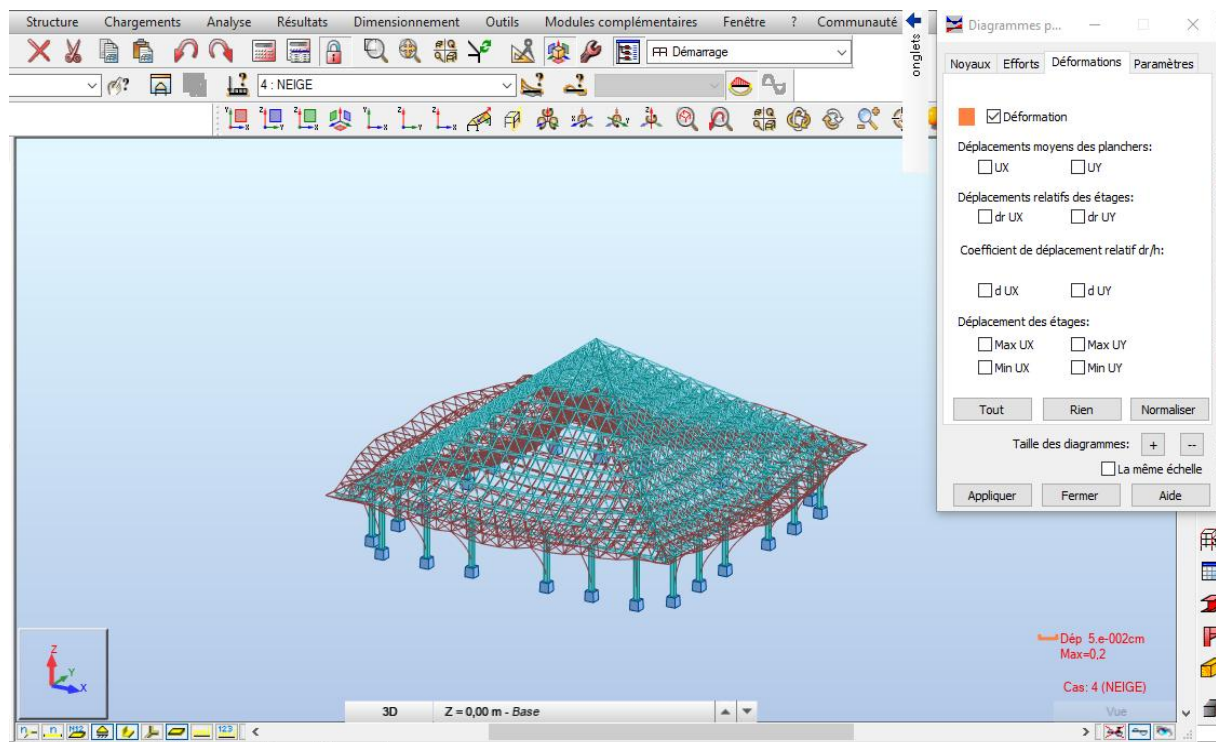


Figure 37 : Déformation Neige

V. Tableaux des combinaisons et des charges

Combinaison	Nom	Type d'analyse	Type de la	Nature du cas	Définition
7 (C)	COMB1	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+3*1.50+4*1.30+5*0.80$
8 (C)	COMB2	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+2*1.50+4*1.30+5*0.80$
9 (C)	COMB3	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+4*1.50+3*1.00+5*0.80$
10 (C)	COMB4	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+4*1.50+2*1.00+5*0.80$
11 (C)	COMB5	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+5*1.50+3*1.00+4*1.30$
12 (C)	COMB6	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+5*1.50+2*1.00+4*1.30$
13 (C)	COMB7	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+3*1.50+5*0.80+4*1.30$
14 (C)	COMB8	Combinaison lin	ELU	Structurelle	$(1+6)*1.35+2*1.50+5*0.80+4*1.30$
15 (C)	COMB9	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(1+3+5+6)*1.00$
16 (C)	COMB10	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(1+2+5+6)*1.00$
17 (C)	COMB11	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(1+4+5+6)*1.00$
18 (C)	COMB12	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(1+4+6)*1.00+(3+5)*0.90$
19 (C)	COMB13	Combinaison lin	ELS	Structurelle	$(1+4+6)*1.00+(2+5)*0.90$

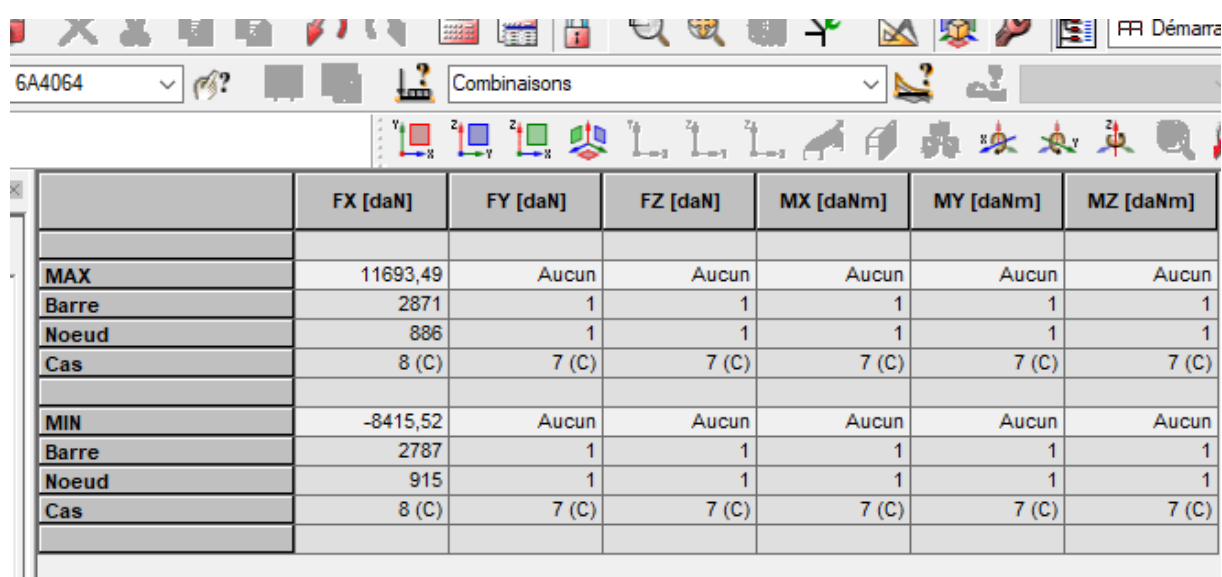
	Cas	Type de charge	Liste	Valeurs de la charge (m) (daN) (Deg)
	1:PP	poids propre	1A4 6A4064 4081A4144	' PZ Moins Coef=1,00
	5:TEMP	thermique	1A4 6A4064 4081A4112 4129A4144	' TX=35,00[°C]
	2:VENT D	(EF) surfacique uniforme	4117A4119 4123 4124 4126	' PZ=-183,71[daN/m2] local
	2:VENT D	(EF) surfacique uniforme	4113 4115	' PZ=-240,82[daN/m2] local
	2:VENT D	(EF) surfacique uniforme	4114 4116	' PZ=-187,31[daN/m2] local
	2:VENT D	(EF) surfacique uniforme	4120A4122 4125 4127 4128	' PZ=-267,58[daN/m2] local
	3:VENT S	(EF) surfacique uniforme	4117A4119 4123 4124 4126	' PZ=173,92[daN/m2] local
	3:VENT S	(EF) surfacique uniforme	4113 4115	' PZ=254,20[daN/m2] local
	3:VENT S	(EF) surfacique uniforme	4114 4116	' PZ=214,06[daN/m2] local
	3:VENT S	(EF) surfacique uniforme	4120A4122 4125 4127 4128	' PZ=93,65[daN/m2] local
	4:NEIGE	(EF) surfacique uniforme	4113A4128	' PZ=-14,36[daN/m2]
	6:PERM	(EF) surfacique uniforme	4113A4121 4123A4128	' PZ=-11,00[daN/m2]
*				

Annexe 2

VI. Vérification d'élément de structure

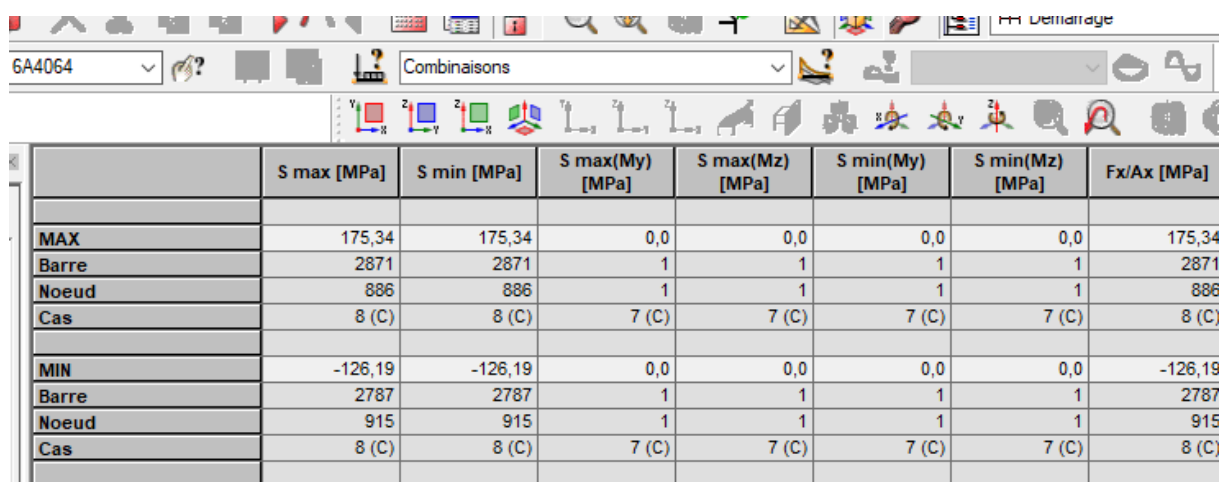
VI.1 Barre

VI.1.1 LES EFFORTS



	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
MAX	11693,49	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Barre	2871	1	1	1	1	1
Noeud	886	1	1	1	1	1
Cas	8 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)
MIN	-8415,52	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
Barre	2787	1	1	1	1	1
Noeud	915	1	1	1	1	1
Cas	8 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)

VI.1.2 Les contrainte



	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	175,34	175,34	0,0	0,0	0,0	0,0	175,34
Barre	2871	2871	1	1	1	1	2871
Noeud	886	886	1	1	1	1	886
Cas	8 (C)	8 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	8 (C)
MIN	-126,19	-126,19	0,0	0,0	0,0	0,0	-126,19
Barre	2787	2787	1	1	1	1	2787
Noeud	915	915	1	1	1	1	915
Cas	8 (C)	8 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	7 (C)	8 (C)

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 2871
1.59 m

POINT: 7

COORDONNEE: x = 1.00 L =

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 8 COMB2 (1+6)*1.35+2*1.50+4*1.30+5*0.80

MATERIAU:

S 235 (S 235) $f_y = 235.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: TRON 76x2.9

h=7.6 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

Ay=4.25 cm²

Az=4.25 cm²

Ax=6.67 cm²

tw=0.3 cm

Iy=44.74 cm⁴

Iz=44.74 cm⁴

Ix=89.48 cm⁴

Wply=15.55 cm³

Wplz=15.55 cm³

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 11693.49 daN

Nc,Rd = 15672.08 daN

Nb,Rd = 13608.68 daN

Classe de la section = 1



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



Ly = 1.59 m

Lam_y = 0.65

Lcr,y = 1.59 m

Xy = 0.87

Lamy = 61.41



Lz = 1.59 m

Lam_z = 0.65

Lcr,z = 1.59 m

Xz = 0.87

Lamz = 61.41

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

N,Ed/Nc,Rd = 0.75 < 1.00 (6.2.4.(1))

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

Lambda,y = 61.41 < Lambda,max = 210.00

Lambda,z = 61.41 < Lambda,max = 210.00 STABLE

N,Ed/Nb,Rd = 0.86 < 1.00 (6.3.1.1.(1))

Profil correct !!!

Annexes

VI.2 Poteau

VI.2.1 Les efforts et les reaction

81A4112 4129A4 Combinations

	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
MAX	24844,31	4305,73	4348,28	0,01	17393,14	17242,48
Barre	4110	4100	4083	4130	4084	4110
Noeud	1068	1079	1009	1087	1051	1068
Cas	8 (C)	8 (C)	8 (C)	8 (C)	8 (C)	8 (C)
MIN	-10893,35	-4310,62	-4369,88	-0,00	-17479,50	-17222,91
Barre	4091	4110	4092	4140	4092	4100
Noeud	564	1084	1056	1099	1056	1061
Cas	7 (C)	8 (C)	8 (C)	12 (C)	8 (C)	8 (C)

58 1A4 6A4064 4081A 7A14

Noeud/Cas	FX [daN]	FY [daN]	FZ [daN]	MX [daNm]	MY [daNm]	MZ [daNm]
1050/ 7 (C)	-680,03>>	727,97	-4162,34	-2911,87	-2720,10	0,0
1050/ 12 (C)	-2479,75<<	1794,69	9302,46	-7178,74	-9919,00	0,0
1050/ 12 (C)	-2479,75	1794,69>>	9302,46	-7178,74	-9919,00	0,0
1050/ 7 (C)	-680,03	727,97<<	-4162,34	-2911,87	-2720,10	0,0
1050/ 8 (C)	-2098,89	1292,48	12278,27>>	-5169,90	-8395,57	0,0
1050/ 7 (C)	-680,03	727,97	-4162,34<<	-2911,87	-2720,10	0,0
1050/ 7 (C)	-680,03	727,97	-4162,34	-2911,87>>	-2720,10	0,0
1050/ 12 (C)	-2479,75	1794,69	9302,46	-7178,74<<	-9919,00	0,0
1050/ 7 (C)	-680,03	727,97	-4162,34	-2911,87	-2720,10>>	0,0
1050/ 12 (C)	-2479,75	1794,69	9302,46	-7178,74	-9919,00<<	0,0
1050/ 7 (C)	-680,03	727,97	-4162,34	-2911,87	-2720,10	0,0>>
1050/ 7 (C)	-680,03	727,97	-4162,34	-2911,87	-2720,10	0,0<<
1051/ 7 (C)	-210,66>>	168,22	-10434,54	-672,90	-842,62	0,0
1051/ 8 (C)	-4348,28<<	474,42	20891,03	-1897,69	-17393,14	0,0
1051/ 12 (C)	-3968,64	591,62>>	15641,63	-2366,50	-15874,56	0,0
1051/ 7 (C)	-210,66	168,22<<	-10434,54	-672,90	-842,62	0,0
1051/ 8 (C)	-4348,28	474,42	20891,03>>	-1897,69	-17393,14	0,0
1051/ 7 (C)	-210,66	168,22	-10434,54<<	-672,90	-842,62	0,0
1051/ 7 (C)	-210,66	168,22	-10434,54	-672,90>>	-842,62	0,0
1051/ 12 (C)	-3968,64	591,62	15641,63	-2366,50<<	-15874,56	0,0
1051/ 7 (C)	-210,66	168,22	-10434,54	-672,90	-842,62>>	0,0
1051/ 8 (C)	-4348,28	474,42	20891,03	-1897,69	-17393,14<<	0,0
1051/ 7 (C)	-210,66	168,22	-10434,54	-672,90	-842,62	0,0>>
1051/ 7 (C)	-210,66	168,22	-10434,54	-672,90	-842,62	0,0<<
1052/ 7 (C)	-212,09>>	-170,76	-10430,62	683,03	-848,38	0,00
1052/ 8 (C)	-4344,74<<	-468,24	20880,74	1872,98	-17378,87	0,00
1052/ 7 (C)	-212,09	-170,76>>	-10430,62	683,03	-848,38	0,00
1052/ 12 (C)	-3966,16	-587,28<<	15634,44	2349,13	-15864,59	0,00
1052/ 8 (C)	-4344,74	-468,24	20880,74>>	1872,98	-17378,87	0,00
1052/ 7 (C)	-212,09	-170,76	-10430,62<<	683,03	-848,38	0,00
1052/ 12 (C)	-3966,16	-587,28	15634,44	2349,13>>	-15864,59	0,00

CALCUL DES STRUCTURES ACIER

NORME: NF EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYPE D'ANALYSE: Vérification des pièces

FAMILLE:

PIECE: 4110
3.80 m

POINT: 7

COORDONNEE: x = 1.00 L =

CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 8 COMB2 (1+6)*1.35+2*1.50+4*1.30+5*0.80

MATERIAU:

S 355 M (ARCELOR) $f_y = 355.00$ MPa



PARAMETRES DE LA SECTION: T CAR 350x8

h=35.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=35.0 cm	Ay=53.75 cm ²	Az=53.75 cm ²	Ax=107.50 cm ²
tw=0.8 cm	Iy=20750.00 cm ⁴	Iz=20750.00 cm ⁴	Ix=32510.00 cm ⁴
tf=0.8 cm	Wely=1185.71 cm ³	Welz=1185.71 cm ³	
	Weff,y=1185.71 cm ³	Weff,z=1112.64 cm ³	Aeff=102.19 cm ²

EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

N,Ed = 24844.31 daN	My,Ed = 1982.46 daN*m	Mz,Ed = 17242.48 daN*m	Vy,Ed = -4310.62 daN
Nc,Rd = 381625.00 daN	My,Ed,max = 1982.46 daN*m		Mz,Ed,max = 17242.48
daN*m	Vy,c,Rd = 110165.65 daN		
Nb,Rd = 350339.10 daN	My,c,Rd = 42092.86 daN*m		Mz,c,Rd = 42092.86
daN*m	Vz,Ed = 495.61 daN		
			Vz,c,Rd = 110165.65 daN
			Classe de la section = 3



PARAMETRES DE DEVERSEMENT:

PARAMETRES DE FLAMBEMENT:



en y:

Ly = 3.80 m	Lam_y = 0.35
Lcr,y = 3.80 m	Xy = 0.97
Lamy = 27.35	ky = 0.81



en z:

Lz = 3.80 m	Lam_z = 0.35
Lcr,z = 3.80 m	Xz = 0.97
Lamz = 27.35	kzz = 0.81

FORMULES DE VERIFICATION:

Contrôle de la résistance de la section:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.52 < 1.00 \quad (6.2.1(7))$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed}/f_y)^2 + 3(\tau_{z,Ed}/f_y)^2} = 0.52 < 1.00 \quad (6.2.1(5))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6(1))$$

Contrôle de la stabilité globale de la barre:

$$\lambda_{y,Ed} = 27.35 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z,Ed} = 27.35 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.46 < 1.00 \quad (6.3.3(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.46 < 1.00 \quad (6.3.3(4))$$

DEPLACEMENTS LIMITES

Annexes



Flèches (REPERE LOCAL): Non analysé



Déplacements (REPERE GLOBAL):

$$v_x = 0.2 \text{ cm} < v_{x \text{ max}} = L/150.00 = 2.5 \text{ cm}$$

Vérifié

Cas de charge décisif: 16 COMB10 (1+2+5+6)*1.00

$$v_y = 1.4 \text{ cm} < v_{y \text{ max}} = L/150.00 = 2.5 \text{ cm}$$

Vérifié

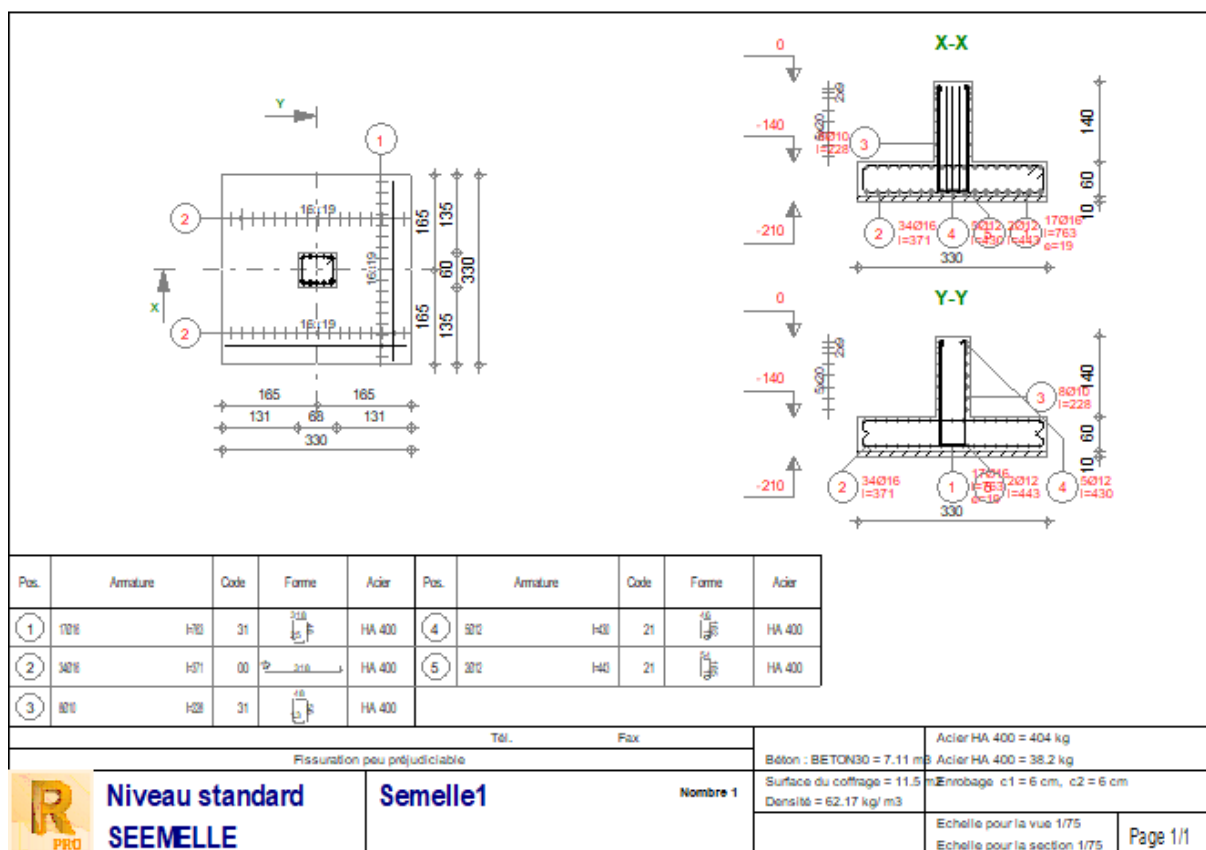
Cas de charge décisif: 16 COMB10 (1+2+5+6)*1.00

Profil correct !!!

Conformément au point 5.5.2.(9), la section de la barre a été classifiée comme section de classe 3, bien que conformément au tableau 5.2, elle satisfasse les conditions de la classe 4. Le contrôle de la stabilité sera effectuée conformément au point 5.5.2.(10) comme pour les barres de classe 4.

Annexes

Annexe 3



Plan d'exécution

Général Fût Optimisation

Type de semelle

Forme

Type de poteau

Dimensions (m)

A : 3,30 ☒ Fixé a : 0,68

B : 3,30 ☒ Fixé b : 0,60

h1 : 0,60 ☒ Fixé ex : 0,00 ☒ Fixé

h2 : 1,40 ☒ Fixé ey : 0,00 ☒ Fixé

h4 : 0,10

Nombre d'éléments: 1

La semelle

Annexes

Général Fût Optimisation

Type de fût

☐ Plat
☐ Sous poteau ou voile BA
☒ Sous poteau acier
☐ Avec une réservation
☐ Avec deux réservations
☐ Avec encuvement

Dimensions (m)

a' : 0,68 Ra : 0,33 Rp : 0,70 Rc : 0,05
 b' : 0,60 Rb : 0,25 Rf : 0,10 Re : 0,07

Appliquer Fermer Aide

Le fût

R Sols

Paramètres

Hauteurs des talus:

N1 = 0,00 (m)
 Niveau supérieur de la semelle: Na = 0,00 (m)
 Niveau du fond de fouille: NF -2,00 (m)
☐ Niveau d'eau:
 Haut: 0,00 (m)
 Bas: 0,00 (m)

Sol

Stratification du sol

Nom:

Enregistrer sous... Charger

Editer la base

Appliquer Fermer Aide

Enregistrer sous... Supprimer

	Nom	Type	Niveau (m)	Epaisseur (m)	Couleur	Poids volumique (kG/m3)	Poids volumique unitaire	Angle de frottement (Deg)	Coeff. de frottement
1	Argiles et limons fer	Argiles et limon	0,00			2039,43	2692,05	30,0	0,38
2									

Sol