

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubakr Belkaid Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de MASTER en Génie Civil

Option : Construction Métallique

Thème :

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN SYSTEME ANTI INCENDIE
D'UNE SALLE DE SPORT**

Présenté le 15 juin 2015 par :

MERAD BOUDIA Badreddine

Devant le jury composé de :

Pr. N. ABOUBEKR
Dr. A. MISSOUM
Mr. A. RAS
Mr. D. HADJOU
Pr. N. BOUMECHRA

Président
Examinateur
Examinateur
Encadreur
Encadreur

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A ma très chère mère pour ses sacrifices et ses encouragements,

A mon regretté père,

A mes sœurs Meriem et Imene,

A mon neveu Mohamed Mehdi,

Aux familles Merad boudia et Louhibi

A mes amis

A tous ceux qui me sont chers....

Remerciements

Tout d'abord, la réalisation de ce mémoire a été possible grâce au bon DIEU le tout puissant qui ma donné la force et le courage pour effectuer ce travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à mes encadreurs Monsieur N. BOUMECHRA et Monsieur D. HADJOU pour l'inspiration, l'aide, les conseils et le temps qu'ils ont bien voulu me consacrer.

Je veux exprimer toute ma reconnaissance aux membres du jury Monsieur N. ABOUBEKR, Monsieur A. MISSOUM et Monsieur A. RAS d'avoir accepté d'examiner mon projet de fin d'étude.

Je tiens à remercier sincèrement ma famille, mes amis et mes collègues pour leur support moral pendant ma démarche.

Je souhaite adresser ici tous mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont ainsi contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Résumé

Ce projet de fin d'études consiste au dimensionnement d'une salle de sport en charpente métallique dans la wilaya de Tissemsilt conçue pour être un hangar, mais aussi à l'étude et la conception d'un système anti-incendie pour le bâtiment.

Les calculs et les dimensionnements ont été conduits suivants les règlements Algériens CCM97, RNV99 et RPA99, tout en utilisant le logiciel de modélisation en éléments finis SAP2000 afin de déterminer les différentes sollicitations dues aux chargements statiques, climatiques et sismiques sur les éléments de l'ossature.

Vu l'importance de la fonction du bâtiment (salle de sport), il était indispensable de réfléchir à la sécurité des biens et des occupants. Pour cela, un travail approfondi de conception d'un système anti-incendie du bâtiment a été réalisé en tenant compte des caractéristiques géométriques et physiques de la construction.

Mots clés : salle de sport, charpente métallique, sécurité, système anti incendie.

Abstract

This end of study project consists on dimensioning a sports hall with metal framework in the wilaya of Tissemsilt designed to be an hangar, but also the study and the conception of a fire protection system for the building.

Calculations and dimensioning were conducted following the Algerian regulations CCM97, RNV99 and RPA99, while using the finite elements modeling software SAP2000 in order to determine the various stresses due to the static, climatic and seismic loads on the framework members.

Considering the importance of the building's function (sports hall), it was necessary to think about the security of the goods and the occupants. For that, a thorough design work of a fire protection system for the building was realized bearing in mind the geometrical and physical characteristics of the construction.

Key words: sort hall ,metal frame, safety, fire protection system.

ملخص

هذا المشروع المعني بختام الدراسة، يهدف إلى إنشاء قاعة رياضية ذات هيكل معدني بولاية تيسمسيلت مصممة على شكل حظيرة، وأيضاً إلى دراسة و تخطيط نظام مضاد للحرائق خاص بها.

جميع الحسابات وتحديد أحجام العناصر المشكلة للقاعة تمت وفق قواعد CCM97 ، RNV99 ، RPA99 الجزائرية و باستخدام برنامج العناصر المنتهية النموذجي SAP2000 الذي يساعد على إستخراج مختلف الإجهادات الناجمة عن الحمولة، التأثيرات المناخية و الزلزالية على أعضاء الهيكل.

بالنظر إلى أهمية المبنى (القاعة الرياضية) كان لا بد من التفكير في سلامة المستفيد و الأجهزة. لهذا وجب إنجاز نظام مضاد الحرائق بشكل معمق ، مع الأخذ بعين الإعتبار الخصائص الهندسية و الفيزيائية المتعلقة بالمبنى.

كلمات مفتاحية : قاعة رياضية، هيكل معدني، سلامة، نظام مضاد للحرائق.

Table des matières

Chapitre I : Généralités	16
I.1.Introduction	16
I.2. Présentation du projet	16
I.3. Données géométriques de l'ouvrage	16
I.4. Règlements utilisés	17
I.5. Matériaux utilisés	17
I.5.1. Acier Fe 360	17
I.5.2. Béton armé	17
Chapitre II : Etude aux surcharges de neige et de vent.....	18
II.1. Introduction	18
II.2. Charge du vent	18
II.2.1. Calcul de la pression dynamique	18
II.2.2. Détermination du coefficient d'exposition $C_e(z_j)$	19
II.2.3. Détermination du coefficient de la rugosité C_r	19
II.2.4. Détermination de coefficient dynamique C_d	19
II.2.5. Détermination de coefficient de pression extérieure C_{pe}	20
II.2.6. Calcul de coefficient de pression intérieure C_{pi}	24
II.2.7. Calcul des surfaces des ouvertures	25
II.2.8. Calcul de la pression statique du vent q_j	25
II.2.9. Calcul de la force de frottement	29
II.3. Charge de la neige	30
Chapitre III : Conception du système anti incendie	31
III.1. Introduction	31
III.2. Généralités	31
III.2.1. Phases d'évolution d'un incendie	32
III.2.2. Potentiel calorifique d'un matériau	33
III.2.3. Les différents types de propagation du feu par la transmission de chaleur	33
III.2.3.1. Propagation par rayonnement	33
III.2.3.2. Propagation par convection	34
III.2.3.3. Propagation par conduction	34
III.2.4. Peinture intumescente	34
III.3. Notifications	35

III.4. Classifications	35
III.4.1. Classes de feu	35
III.4.2. Classification SF-PF-CF	36
III.4.3. Les classifications M	36
III.4.4. Classification T - Indice	36
III.5. Type d'établissement	37
III.6. Catégorie de l'établissement	37
III.7. Conception du système	37
III.7.1. Type d'établissement	37
III.7.2. Catégorie de l'établissement	38
III.7.3. Implantation et construction	38
III.7.4. Dégagements	40
III.7.4.1. Définition	40
III.7.4.2. Calcul du dégagement nécessaire	41
III.7.4.3. Calcul des unités de passages UP (largeur de dégagement)	41
III.7.4.4. Répartition des sorties et type de dégagement	41
III.7.5. Aménagement intérieur	42
III.7.6. Electricité et éclairage	43
III.7.6.1. Caractéristiques des câbles	43
III.7.6.2. Eclairage normale	43
III.7.6.3. Eclairage de remplacement	44
III.7.6.4. Eclairage de sécurité	44
III.7.7. Chauffage et ventilation	45
III.7.8. Gradins	47
III.8. Réseau de détection et de mise en sécurité de l'incendie	47
III.9. Moyens de secours	49
III.9.1. Robinets incendie armé (RIA)	49
III.9.1.1. Composition et caractéristiques des RIA	49
III.9.1.2. Mode d'emploi	50
III.9.2. Extincteurs	50
III.10. Conclusion	52
Chapitre IV : Calcul des éléments secondaires	53
IV.1 Calcul des pannes	53

IV.1.1 Espacement entre pannes	53
IV.1.1.1 Charge permanente (G)	54
IV.1.1.2. Charge d'entretien (P)	54
IV.1.1.3. Surcharge de neige (S)	54
IV.1.1.4. Surcharge de vent (W)	55
IV.1.1.5. Calcul de l'espacement	55
IV.1.2. Dimensionnement des pannes	55
IV.1.2.1. Combinaison des charges à ELU	55
IV.1.2.2. Calcul des moments sollicitant à ELU	56
IV.1.2.3. Combinaison des charges à ELS.....	56
IV.1.2.4. Condition de la flèche	56
IV.1.3. Classe de la section transversale	57
IV.1.4. Vérifications à ELS	58
IV.1.4.1. Condition de flèche avec poids propre inclus	58
IV.1.5. Vérifications à ELU	58
IV.1.5.1. Vérification à la flexion	58
IV.1.5.2. Vérification au cisaillement	59
IV.1.5.3. Vérification au déversement	59
IV.1.6. Stabilité au flambement de la semelle comprimée dans le plan de l'âme	60
IV.1.7. Conclusion	61
IV.2. Calcul des liernes	61
IV.2.1. Dimensionnement des liernes tendus	61
IV.3. Calcul de l'échantignolle	62
IV.4. Calcul des lisses de bardages	62
IV.4.1. Evaluation des charges et surcharges	63
IV.4.1.1. Charge permanente (G)	63
IV.4.1.2. Surcharge de vent (W)	63
IV.4.2. Vérification à ELS (condition de flèche)	64
IV.4.3. Vérification à ELU	64
IV.4.3.1. Combinaison des charges	64
IV.4.3.2. Vérification à la flexion pour les lisses des pignons	64
IV.4.3.2. Vérification au déversement	65
IV.4.4. Conclusion	65

IV.5. Calcul des liernes	65
IV.6. Calcul des potelets	66
IV.6.1. Calcul des charges et surcharges	66
IV.6.1.1. Charge permanente (G)	66
IV.6.1.2. Surcharge climatique	66
IV.6.2. Dimensionnement du potelet	66
IV.6.3. Classe de la section transversale	67
IV.6.4. Incidence de l'effort normale	67
IV.6.5. Incidence de l'effort tranchant	68
IV.6.6. Vérification de la section à la résistance	68
IV.6.7. Vérification de résistance au flambement	68
IV.6.8. Vérification de résistance au déversement	70
Chapitre V : Etude sismique	71
V.1. Introduction	71
V.2. Principe de la méthode d'analyse modale spectrale	71
V.4. Spectre de reponse de calcul	71
V.4. Analyse dynamique de la structure	73
V.5. Modélisation de la structure	73
V.6. Analyse modale	73
V.7. Vérification de la structure	74
V.7.1. Vérification de la période fondamentale de la structure	74
V.7.2. Vérification de la force sismique à la base	76
V.7.3. Vérification des déplacements	77
V.7.4. Conclusion	77
Chapitre VI : Dimensionnement des éléments structuraux	78
VI.1. Introduction	78
VI.2. Justification des poteaux HEA 200	78
VI.2.1. Caractéristiques du profilé.....	78
VI.2.2. Classe de la section transversale	78
VI.2.3. Condition de résistance « moment fléchissant+effort normal » avec un risque de déversement	79
VI.2.3.1. Détermination du coefficient de réduction χ_z	79
VI.2.3.2. Détermination de l'élanement réduit λ pour l'axe (Z-Z)	79

VI.2.4. Vérification au flambement	80
VI.2.4.1. Détermination du coefficient α	80
VI.2.4.2. Détermination de l'élançement réduit λ	80
VI.2.4.3. Détermination du coefficient de réduction χ	80
VI.3. Justification des traverses IPE 240	81
VI.3.1. Caractéristiques du profilé.....	81
VI.3.2. Classe de la section transversale	81
VI.3.3. Vérification de la flèche	81
VI.3.4. Incidence de l'effet de l'effort tranchant sur la résistance	82
VI.3.5. Condition de résistance « moment fléchissant+effort normal » avec un risque de déversement	82
VI.3.6. Vérification de résistance de la traverse au déversement	83
VI.4. Justification des contreventements 2L 45×45×5	83
VI.4.1. Résistance ultime.....	84
VI.4.2. Résistance plastique de calcul de la section brute	84
VI.4.3. Résistance plastique de calcul de la section nette	84
Chapitre VII : Etude des assemblages.....	85
VII.1. Introduction	85
VII.2. Assemblage boulonnés	85
VII.2.1. Boulons précontraints (boulons HR).....	85
VII.2.2. Boulons ordinaires	85
VII.3. Assemblage soudés	85
VII.4. Assemblage poteau-traverse :	86
VII.4.1. Soudure de la semelle tendue :.....	86
VII.4.2. Soudure de l'âme	87
VII.4.3. Disposition constructives	87
VII.4.4. Vérification de résistance des boulons sollicités en traction	87
VII.4.5. Vérification de résistance des boulons sollicités au cisaillement	88
VII.4.6. Vérification de la pression diamétrale	88
VII.5. Assemblages des contreventements 2L 45×45×5	88
VII.5.1. Disposition constructives	89
VII.5.2. Vérification de résistance des boulons sollicités au cisaillement	89
VII.5.3. Vérification à la pression diamétrale	89

VII.6. Assemblage traverse-traverse	90
VII.6.1. Disposition constructives	90
VII.6.2. Vérification de résistance des boulons sollicités en traction	91
VII.6.3. Vérification de résistance des boulons sollicités au cisaillement	91
VII.6.4. Vérification de la pression diamétrale	91
VII.7. Assemblages des pieds de poteaux HEA 120	91
VII.7.1. Cordons de soudure	92
VII.7.2. Estimation de l'aire de la plaque d'assise	92
VII.7.2.1. Détermination de la largeur d'appui additionnel C	93
VII.7.2.2. Calcul d'épaisseur de la plaque	93
VII.7.3. Vérification des tiges d'ancrages	93
VII.7.3.1. Condition d'équilibre du B.A.E.L	94
VII.7.3.2. Résistance des tiges d'ancrage au cisaillement	95
Chapitre VIII : Calcul des fondations	96
VIII.1. Introductions	96
VIII.2. Etude des semelles	96
VIII.2.1. Définition des sollicitations (SAP 2000)	96
VIII.2.2. Dimensionnement des semelles isolées	96
VIII.2.3. Calcul de la hauteur de la patine	97
VIII.2.4. Vérification de la stabilité au renversement	97
VIII.2.5. Calcul des ferrailages.....	97
VIII.2.5.1. Calcul des ferrailages à ELU	97
VIII.2.5.2. Calcul des ferrailages à ELS	97
VIII.2.6. Calcul de l'espacement	98
VIII.3. Calcul des longrines	98
VIII.3.1. Dimensionnement des longrines	98
VIII.3.2. Calcul des ferrailages	98
VIII.3.2.1. Calcul des ferrailages à ELU	98
VIII.3.2.2. Calcul des ferrailages à ELS	98
VIII.3.3. Condition de non fragilité	99
VIII.3.4. Calcul des armatures transversales	99
VIII.3.5. Calcul de l'espacement des cadres.....	99
Conclusion générale	100

Liste des figures

Figure. I.1. Plan de la salle de sport	17
Figure. II.1. Répartition des surfaces face et sous le vent.....	19
Figure. II.2. Légende pour les parois verticales	20
Figure. II.3. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur pignons 1 ; 2)	21
Figure. II.4. Légende pour les toitures	21
Figure. II.5. C_{pe} pour la toiture (vent sur pignons 1 ; 2).....	22
Figure. II.6. Légende pour les parois verticales	22
Figure. II.7. C_{pe} pour les parois verticales (vent long pan 1 ; 2).....	23
Figure. II.8. Légende pour les toitures	23
Figure. II.9. C_{pe} pour la toiture (vent sur long pan 1 ; 2)	24
Figure. II.10. C_{pi} pour les bâtiments sans cloisons intérieures	24
Figure. II.11. Pression statique du vent sur les parois verticale (vent sur pignons 1 ; 2)...	26
Figure. II.12. Pression statique du vent sur la toiture (vent sur pignons 1 ; 2)	26
Figure. II.13. Pression statique du vent sur les parois verticale (vent sur long pan 1)	27
Figure. II.14. Pression statique du vent sur la toiture (vent sur long pan 1)	27
Figure. II.15. Pression statique du vent sur les parois verticale (vent sur long pan 2)	28
Figure. II.16. Pression statique du vent sur la toiture (vent sur long pan 2)	29
Figure. II.17. Charge de la neige sur la toiture.....	30
Figure. III.1. Résistance et rigidité de l'acier	31
Figure. III.2. Triangle du feu	32
Figure. III.3. Quartes phases d'évolution d'un incendie	32
Figure. III.4. Evolution d'un incendie	32
Figure. III.5. Différents types de propagation du feu	33
Figure. III.6. Propagation par rayonnement	34
Figure. III.7. Propagation par convection	34
Figure. III.8. Propagation par conduction	34
Figure. III.9. Peinture intumescente.....	35
Figure. III.10. Notifications de feu	35
Figure. III.11. Classes de feu	35

Figure. III.12. Parois REI	36
Figure. III.13. Plan de masse de la salle de sport	38
Figure. III.14. Panneaux sandwich	39
Figure. III.15. Caractéristiques de la construction	40
Figure. III.16. Plan architectural indiquant les sorties	40
Figure. III.17. Unités de passages	41
Figure. III.18. Type de dégagements	41
Figure. III.19. Répartition des sorties	41
Figure. III.20. Mode d'ouverture des portes	42
Figure. III.21. PVC textile	42
Figure. III.22. Câbles électriques Cr1-C1/ C2	43
Figure. III.23. Caractéristiques des câbles électriques.....	43
Figure. III.24. Eclairage d'évacuation	44
Figure. III.25. Éclairage d'ambiance	44
Figure. III.26. blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES)	45
Figure. III.27. Bloc porte coupe feu.....	46
Figure. III.28. Serrures anti paniques.....	46
Figure. III.29. Intérieur de la chaufferie	46
Figure. III.30. Extérieur de la chaufferie	47
Figure. III.31. Gradins	47
Figure. III.32. Plan du système SSI (SDI et SMSI)	48
Figure. III.33. Robinet incendie armé.....	49
Figure. III.34. Extincteurs	50
Figure. III.35. Composants d'un extincteur à CO ₂	51
Figure. III.36. Positions des éléments de système anti incendie.....	52
Figure. IV.1. Disposition des pannes	53
Figure. IV.2. Diagramme des moments fléchissant	53
Figure. IV.3. Charge d'entretien sur la panne	54
Figure. IV.4. Liernes	61
Figure. IV.5. Echantignolle	61
Figure. IV.6. Lisses de bardage.....	65
Figure. IV.7. Potelets.....	66

Figure. V.1. Spectre de réponse.....	74
Figure. V.2. Premier mode propre de vibration.....	75
Figure. V.3. Deuxième mode propre de vibration	75
Figure. V.4. Troisième mode propre de vibration	76
Figure. VII.1. Assemblage poteau-traverse.....	86
Figure. VII.2. Coupe transversale de l'assemblage.....	87
Figure. VII.3. Assemblages des contreventements	88
Figure. VII.4. Disposition constructives	89
Figure. VII.5. Assemblage traverse - traverse.....	90
Figure. VII.6. Coupe transversale de l'assemblage.....	91
Figure. VII.7. Assemblage des pieds de poteau	92
Figure. VII.8. Tige d'ancrage.....	94
Figure. VIII.1. Dimensions de la semelle	97
Figure. VIII.2. Semelle isolée	97
Figure. VIII.3. Ferrailages des semelles	97
Figure. VIII.4. Ferrailages des longrines	99

Liste des tableaux

Tableau. I.1. Caractéristiques de l'acier Fe 360.....	17
Tableau. II.1. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur pignons 1 ; 2).....	20
Tableau. II.2. C_{pe} pour la toiture (vent sur pignons 1 ; 2).....	21
Tableau. II.3. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur long pan 1 ; 2)	22
Tableau. II.4. C_{pe} pour la toiture (vent sur long pan 1 ; 2).....	23
Tableau. II.5. Pression statique du vent q_j (vent sur pignons 1 ; 2).....	25
Tableau. II.6. Pression statique du vent q_j (vent sur long pan 1).....	26
Tableau. II.7. Pression statique du vent q_j (vent sur long pan 2).....	28
Tableau. III.1. Différents agents extincteurs	51
Tableau. IV.1. Différents agents extincteurs.....	57
Tableau. IV.2. Caractéristiques du profilé UAP 130	63
Tableau. IV.3. Caractéristiques du profilé IPE 240	67
Tableau. V.1. Caractéristiques sismiques de l'ouvrage.....	72
Tableau. V.2. Valeurs correspondantes aux critères « q »	72
Tableau. V.3. Éléments d'hangar métallique	73
Tableau. VI.1. Caractéristiques du profilé HEA 200.....	78
Tableau. VI.2. Caractéristiques du profilé IPE 240	81

LISTE DES NOTATIONS

Majuscules latines

A : Section brute d'une pièce.

A_{net} : Section nette d'une pièce.

A_w : Section de l'âme.

A_t : section de la semelle.

C_t : Coefficient de topographie.

C_r : Coefficient de rugosité.

C_e : Coefficient d'exposition.

C_d : Coefficient dynamique.

E : Module d'élasticité longitudinale de l'acier.

G : Module d'élasticité transversale de l'acier.

G : Charge permanente.

I : Moment d'inertie.

K_t : Facteur de la catégorie du terrain terrain.

L : Longueur.

M : Moment de flexion.

M_{sd} : Moment fléchissant sollicitant.

M_{Rd} : Moment résistant.

M_{pl} : Moment plastique.

M_{bRd} : Moment de la résistance au déversement .

N_{plRd} : Effort normal de la résistance plastique de la section transversale brute.

N_{bRd} : Effort normal d'un élément comprimé au flambement.

N_{sd} : Effort normal sollicitant.

$N_{t sd}$: Effort normale de traction.

$N_{c sd}$: Effort normal de compression.

$N_{c Rd}$: Effort normal résistant à la compression.

P : charge d'entretien.

R : Coefficient de comportement de la structure.

S : La charge de la neige.

V_{sd} : Valeur de calcul de l'effort tranchant.

W_{pl} : Module de résistance plastique.

W : Poids de la structure.

Z : Hauteur au-dessus du sol.

Z_0 : Paramètre de rugosité.

Z_{eq} : Hauteur équivalente.

ERP : Etablissement recevant du public

SF : Stable au feu

PF : Pare flamme

CF : Coupe feu

REI : Résistance mécanique, Etanchéité aux gaz et flammes, Isolation thermique

HR : haute résistance

Minuscules latines

f_u : Limite à la rupture.

f_y : Limite d'élasticité.

h : Hauteur d'une pièce.

l_f : Longueur de flambement.

t : Épaisseur d'une pièce.

t_f : Épaisseur d'une semelle de poutre.

t_w : Épaisseur de l'âme de poutre.

Minuscules grecques

χ : coefficient de réduction pour le mode de flambement approprié.

β_w : Facteur de corrélation.

γ_M : Coefficient de sécurité.

γ_b : Coefficient de sécurité du béton.

γ_s : Coefficient de sécurité de l'acier.

λ : Élancement.

λ_{LT} : Élancement de déversement.

α : Facteur d'imperfection.

\varnothing_{LT} : Rotation de déversement.

τ : Contrainte limite de cisaillement en élasticité.

ε : Coefficient de réduction élastique de l'acier.

σ_a : Contrainte de l'acier.

σ_b : Contrainte du béton.

ξ : Pourcentage d'amortissement critique.

η : Facteur de correction d'amortissement.

δ_{ek} : Déplacement dû aux forces sismiques.

μ : coefficient de forme de la charge de neige.

Chapitre I : Généralités

I.1.Introduction :

De grands progrès ont été réalisés ces dernières années dans la conception des bâtiments à ossature métallique grâce à l'évolution des techniques de l'ingénieur dans le domaine du génie civil et à la facilité de modélisation des structures par des logiciels de hautes performances.

Pour des constructions plus durables, plus fiables et plus vite construites, l'acier offre ces énormes avantages et permet de réaliser des structures avec d'incroyables formes en gardant leurs souplesses et flexibilités. Cependant les constructions métalliques sont adaptées à des bâtiments de type industriel, tel que les hangars et les bâtiments de grandes portées. Pour cela, l'étude et le dimensionnement de la salle de sport concernant ce mémoire est fait en charpente métallique.

L'étude des différentes phases de la construction de cette salle est répartie sur plusieurs chapitres qui comprennent des explications, des méthodes de calculs, des applications numériques et des figures et des tableaux.

I.2. Présentation du projet :

Le but de ce projet est de dimensionner une salle de sport omnisports, d'un seul niveau dans la wilaya de Tissemsilt, construite en charpente métallique et d'étudier la conception d'un système anti incendie compatible avec les caractéristiques du bâtiment.

Le terrain à bâtir est un terrain plat qui se situe dans un site meuble où la contrainte admissible du sol atteint les 2 bars, Il est implanté dans une zone moyennement sismique et repose sur une superficie de 608 m² dont l'altitude est égale à 850 m par rapport au niveau de la mer.

Les montagnes occupent 65 % de la surface globale de cette wilaya ainsi de 20 % par les forêts.

L'hangar métallique est tout couvert par des panneaux sandwich isolants en laine de roche, il se compose de 8 portiques de système traverses espacés de 4.3 m, de 3 potelets à chaque pignon.

La stabilité de la structure est assurée par des poutres au vent et par des palées de stabilité.

I.3. Données géométriques de l'ouvrage :

- Longueur totale : 30,4 m .
- Largeur totale : 20 m .
- Hauteur totale : 7,93 m .

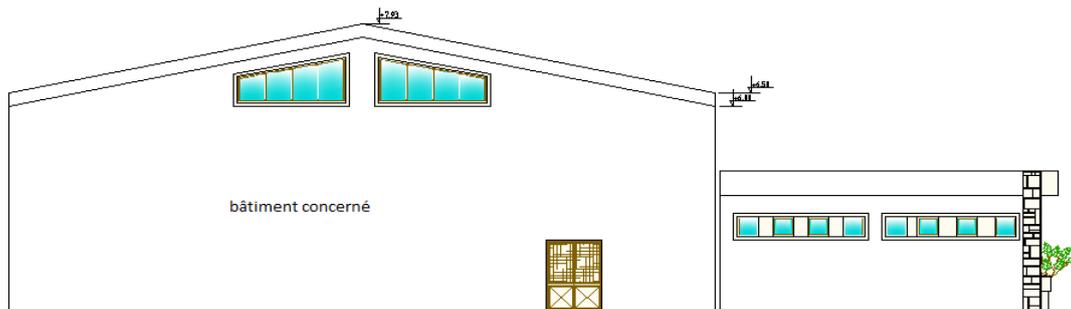


Figure. I.1. Plan de la salle de sport

I.4. Règlements utilisés :

- Règlement Neige et Vent « RNVA99 ».
- Règlement parasismique algérien « RPA99 version 2003 ».
- Charge permanente et charge d'exploitation « DTRB.C2.2 ».
- Règles, conception et calcul des structures en acier « CCM 97 ».
- Béton armé « CBA 93 ».

I.5. Matériaux utilisés :

I.5.1. Acier Fe 360 :

Nuance d'acier (EN 10025)	Epaisseur (mm) : $t \leq 40$ mm	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
Fe 360	235	360

Tableau I.1. Caractéristiques de l'acier Fe 360

- Le module de Young : $E = 210000$ MPa
- Le coefficient de poisson : $\nu = 0,3$
- Module d'élasticité transversale : $G = 84000$ MPa

I.5.2. Béton armé :

Caractéristiques du béton armé :

Le béton utilisé est dosé à 350 Kg/ m^3

Le béton de propreté est dosé à 150 kg/ m^3

La résistance à la traction : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$

La résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25$ MPa

Chapitre II : Etude aux surcharges de neige et de vent

II.1. Introduction :

Le dimensionnement d'une charpente métallique ou une autre structure en générale, nécessite une étude climatique, à fin de déterminer les différentes sollicitations agissantes tel que le vent et la neige sur les éléments de la construction. Cette étude est faite selon le règlement Algérien R.N.V.99.

II.2. Surcharge du vent :

Implantation du bâtiment : Tissemsilt

Zone du vent : I

➤ $q_{ref} = 375 \text{ N/m}^2$

Catégorie du terrain : III

➤ $K_t = 0.22$ $Z_0 = 0,3\text{m}$ $Z_{min} = 8\text{m}$ $\epsilon = 0.37$

Site plat :

➤ $C_t(z) = 1$

Dimension de l'ouvrage :

- Longueur : $d = 30,4 \text{ m}$
- Largeur : $b = 20 \text{ m}$
- Hauteur totale : $H = 7,93 \text{ m}$

Dimension des ouvertures :

Dimensions	Long pan 1	Long pan 2	Pignons 1 / 2
Fenêtres rectangulaires	$7 \times (3,1 ; 0,8) \text{ m}$	$2 \times (3,1 ; 0,8) \text{ m}$	
Fenêtres trapézoïdales			$(1,38 ; 0,8 ; 3,1) \text{ m}$
porte			$(1,6 ; 2,2) \text{ m}$

II.2.1. Calcul de la pression dynamique :

La structure est de hauteur inférieure à 10m, donc il n'y a pas eu lieu de subdivision, et elle est permanente, ce qui implique l'utilisation de la formule suivante :

$$q_{dyn}(z_j) = q_{ref} \cdot C_e(z_j)$$

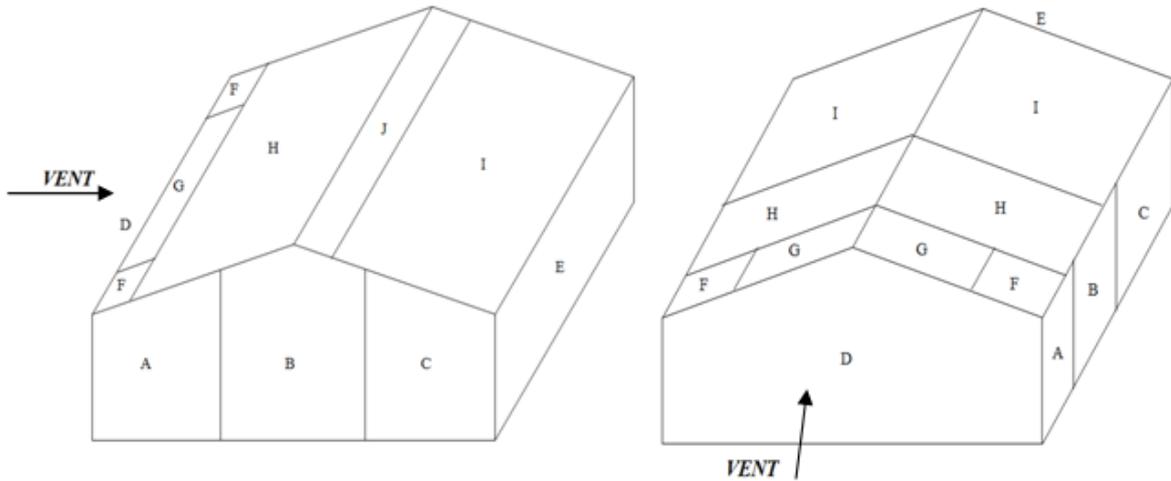


Figure II.1. Répartition des surfaces face et sous le vent

II.2.2. Détermination du coefficient d'exposition $C_e(z_j)$:

Le coefficient d'exposition $C_e(z_j)$ tient compte de la hauteur de la construction, de la nature du site et de la rugosité du terrain.

La structure est peu sensible aux excitations dynamiques, donc on utilise la formule suivante :

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

II.2.3. Détermination du coefficient de la rugosité C_r :

- $Z = 7,93\text{m} < Z_{\min} = 8\text{ m} \implies C_r(z) = K_t \ln \frac{z_{\min}}{z_0}$
- $C_r(z = 7,93\text{m}) = 0,22 \times \ln \frac{8}{0,3} = 0,722$

Donc on obtient : $C_e(7,93\text{m}) = (1)^2 \times (0,722)^2 \times \left(1 + \frac{7 \times 0,22}{0,722 \times 1} \right) = 1,633$

Et par conséquent l'équation de la pression dynamique devient :

$$q_{\text{dyn}}(z) = 375 \times 1,633 = 612,47\text{N/m}^2$$

II.2.4. Détermination de coefficient dynamique C_d :

Pour calculer le coefficient dynamique C_d , on utilise les abaques correspondants aux structures métallique.

Vent sur pignons 1 ; 2 :

$b = 20\text{m} \quad d = 30,4\text{m} \quad H = 7,93\text{m} \implies C_d = 0,93$

Vent sur longs pans 1 ; 2 :

$b = 30,4\text{m} \quad d = 20\text{ m} \quad H = 7,93\text{m} \implies C_d = 0,91$

II.2.5. Détermination de coefficient de pression extérieure C_{pe} :

Pour les constructions à base rectangulaire, le coefficient de pression dynamique C_{pe} dépend de la dimension de la surface chargée.

- $S \leq 1m$ ⇒ $C_{Pe} = C_{Pe1}$
- $1m^2 < S < 10m^2$ ⇒ $C_{Pe} = C_{Pe1} + (C_{pe10} - C_{pe1}) \log_{10}(S)$
- $S \geq 10m^2$ ⇒ $C_{Pe} = C_{pe10}$

A) Vent sur pignons 1 ; 2 :

$b = 20m$ $d = 30,4m$ $H = 7,93m$

- pour les parois verticales:

- $e = \min[b, 2h] = \min[20 ; 15,86] = 15,86m$ ⇒ $d > e$

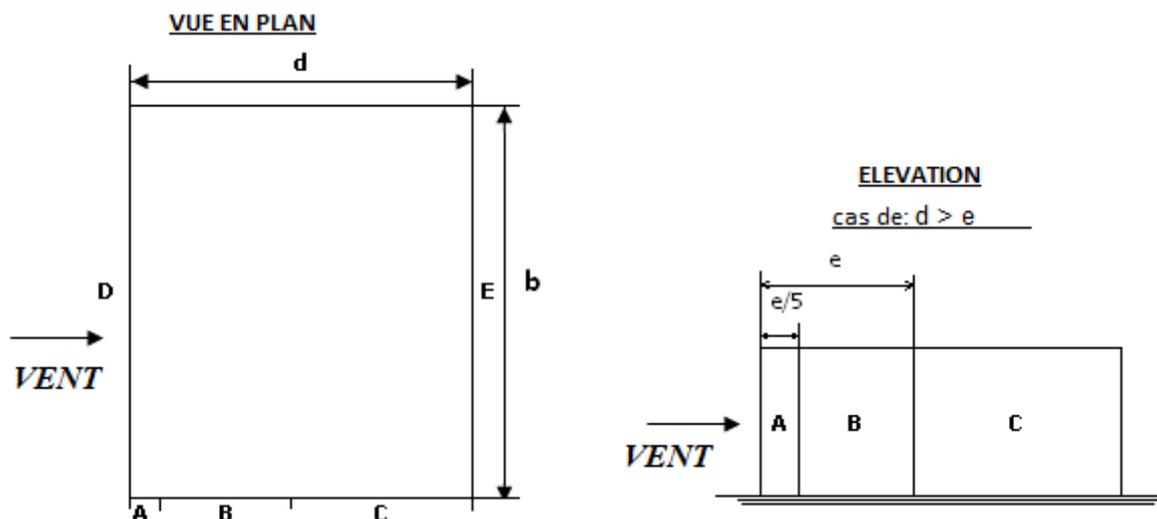


Figure II.2. Légende pour les parois verticales

Les surfaces A, B, C, D, E sont supérieures à $10 m^2$ donc on utilise les C_{pe10}

Zone (m^2)	A : 20,4	B : 81,58	C : 93,49	D : 158,6	E : 158,6
C_{pe}	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tableau II.1. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur pignons 1 ; 2)

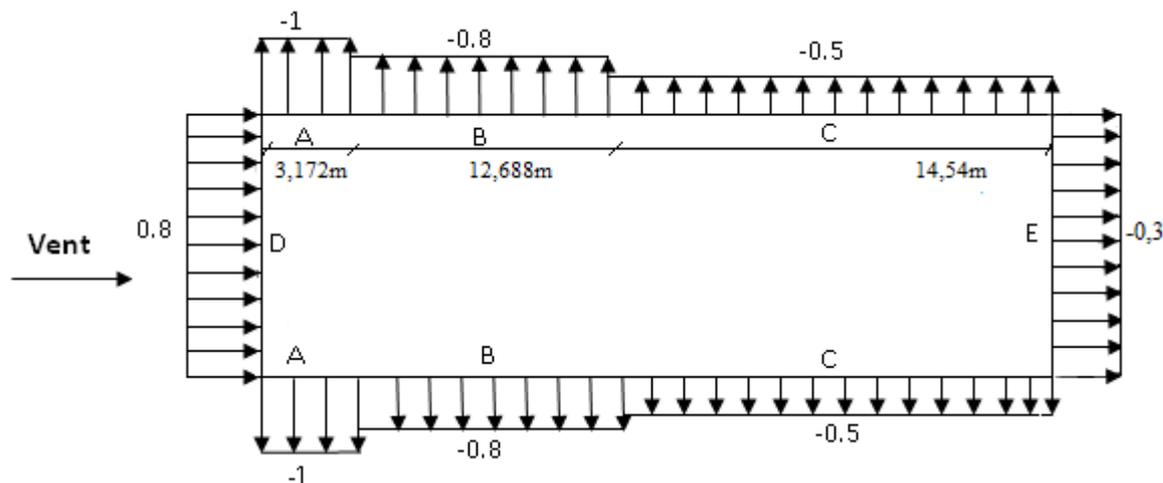


Figure II.3. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur pignons 1 ; 2)

- Pour la toiture :

• $\tan \alpha = h / 10 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 8,53^\circ$

Zone (m^2)	F : 6,29	G : 9,57	H : 63,34	I : 224,7
$C_{pe} (\alpha= 8,53^\circ)$	-1,62	-1,32	-0,65	-0,5

Tableau II.2. C_{pe} pour la toiture (vent sur pignons 1 ; 2)

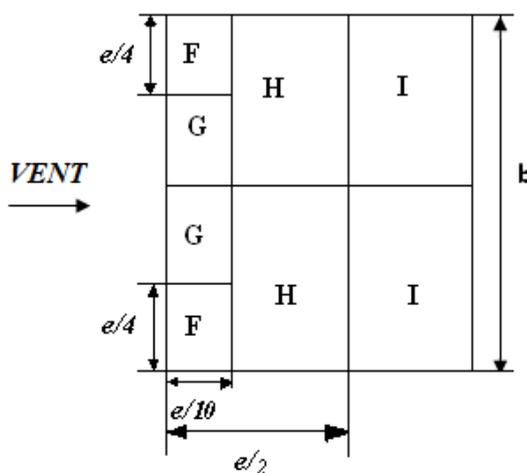


Figure II.4. Légende pour les toitures

Les surfaces F, G sont inférieure à $10 m^2$ donc on fait une interpolation pour obtenir les valeurs des C_{pe} .

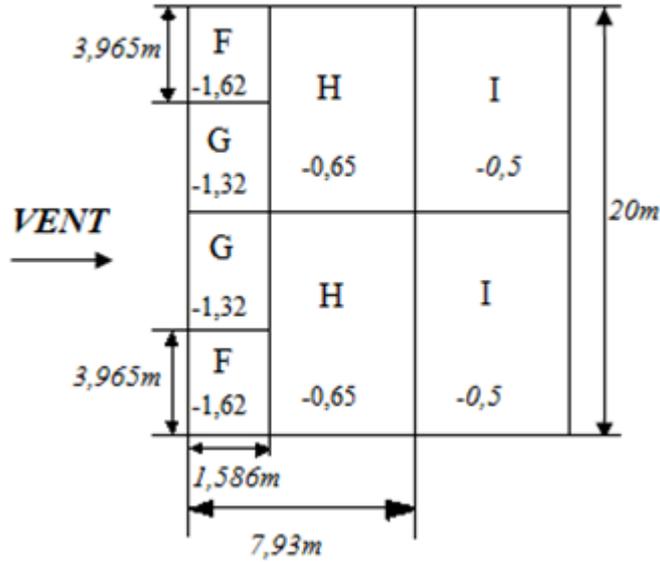


Figure II.5. C_{pe} pour la toiture (vent sur pignons 1 ; 2)

B) Vent sur longs pans 1 ; 2 : $b = 30,4m$ $d = 20m$ $H = 7,93m$

- Pour les parois verticales:

- $e = \min[b, 2h] = \min [30,4 ; 15,86] = 15,86m$ $\Rightarrow d > e$

Zone (m ²)	A : 25	B : 100,62	C : 32,83	D : 195,5	E : 195,5
C_{pe}	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tableau II.3. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur long pan 1 ; 2)

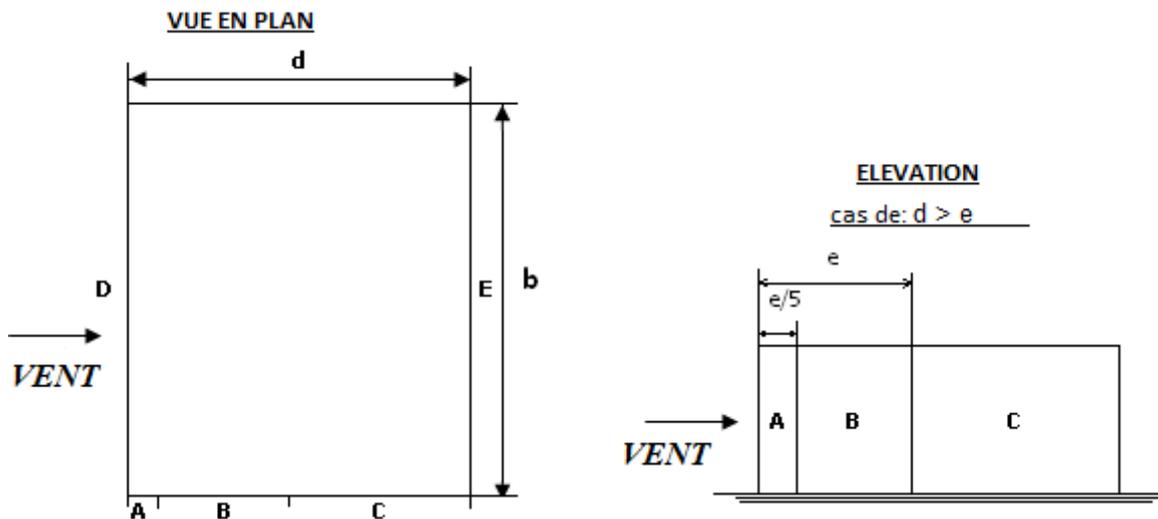


Figure II.6. Légende pour les parois verticales

les surfaces A, B, C, D, E sont supérieures à 10 m² donc on utilise les C_{pe10} .

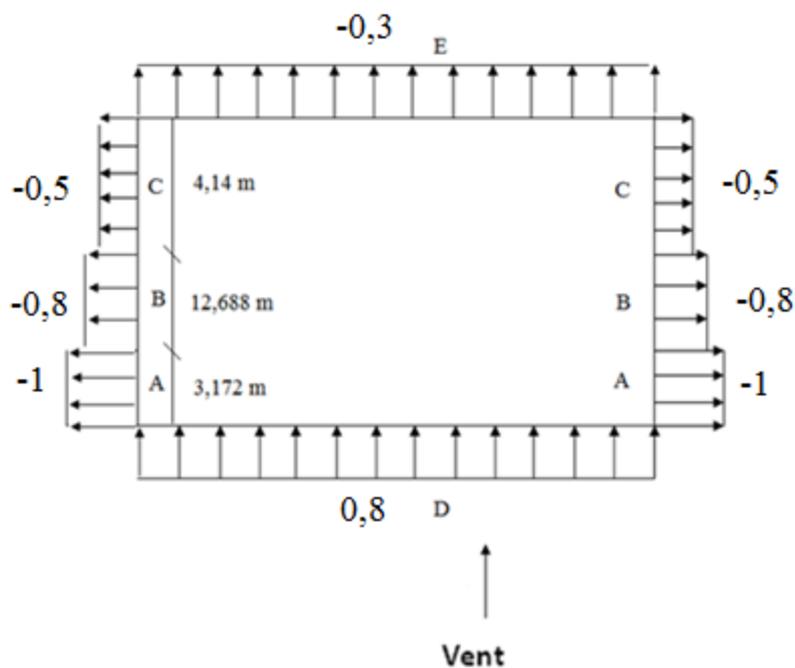


Figure II.7. C_{pe} pour les parois verticales (vent sur long pan 1 ; 2)

- Pour la toiture :

Zone (m^2)	F : 6,29	G : 35,64	H : 255,8	I : 255,8	J : 48,21
$C_{pe}(\alpha=8,53^\circ)$	-1,62	-1	-0,45	-0,35	-0,65

Tableau II.4. C_{pe} pour la toiture (vent sur long pan 1 ; 2)

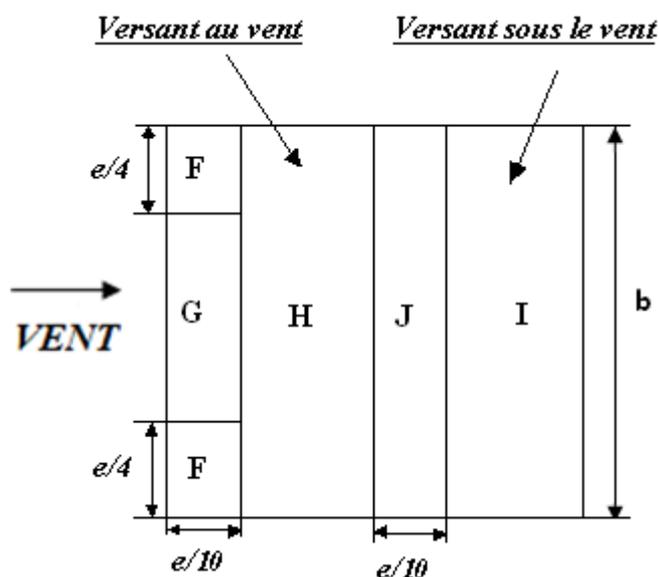


Figure II.8. Légende pour les toitures

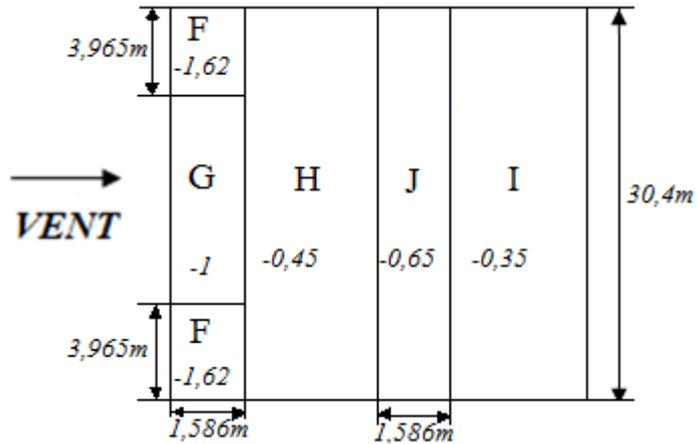


Figure II.9. C_{pe} pour la toiture (vent sur long pan 1 ; 2)

II.2.6. Calcul de coefficient de pression intérieure C_{pi} :

Le coefficient de pression intérieure C_{pi} des bâtiments sans cloisons intérieur est donné en fonction de l'indice de perméabilité μ_p , on considère que les ouvertures (portes et fenêtres) sont ouvertes. Ce coefficient est déterminé à partir de la formule suivante :

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures sous le vent et parallèles au vent}}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

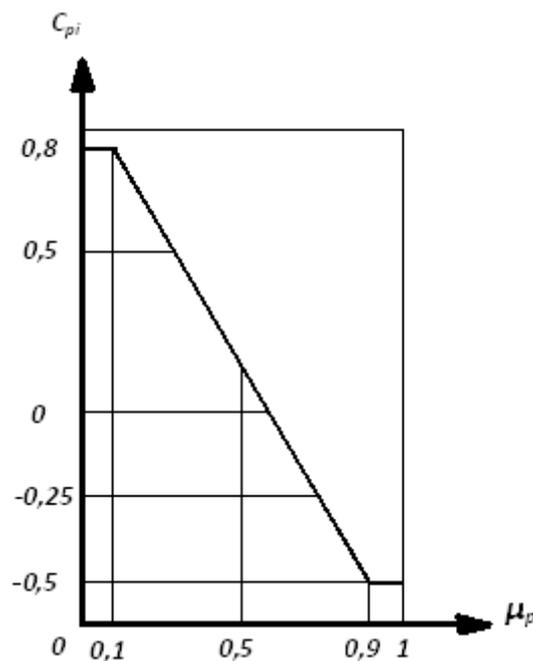


Figure II.10. C_{pi} pour les bâtiments sans cloisons intérieures

II.2.7. Calcul des surfaces des ouvertures :

Les plans de façade des pignons 1et 2 sont symétriques donc :

- $S_{\text{ouvertures pignon1}} = S_{\text{ouvertures pignon 2}} = 10,3 \text{ m}^2$
- $S_{\text{ouvertures long pan1}} = 17,36 \text{ m}^2$
- $S_{\text{ouvertures long pan2}} = 4,96 \text{ m}^2$
- $S_{\text{ouvertures totales}} = 42,92 \text{ m}^2$

A) Vent sur pignons 1 ; 2 :

$$\mu_p = \frac{32,62}{42,92} = 0,76 \quad \Rightarrow \quad C_{pi} = -0,27$$

B) Vent sur longs pans 1 :

$$\mu_p = \frac{25,56}{42,92} = 0,6 \quad \Rightarrow \quad C_{pi} = -0,01$$

C) Vent sur longs pans 2 :

$$\mu_p = \frac{37,96}{42,92} = 0,88 \quad \Rightarrow \quad C_{pi} = -0,47$$

II.2.8. Calcul de la pression statique du vent q_j :

$$q_j = q_{dyn} \cdot Cd \cdot [C_{pe} - C_{pi}]$$

VENT SUR PIGNONS 1 ; 2									
Parois verticales					toiture				
Zone	C_{pe}	C_{pi}	C_p	q_j (kgf/ m ²)	Zone	C_{pe}	C_{pi}	C_p	q_j (kgf/ m ²)
A	-1	-0,27	-0,73	-41,57	F	-1,62	-0,27	-1,35	-76,88
B	-0,8	-0,27	-0,53	-30,18	G	-1,32	-0,27	-1,05	-59,8
C	-0,5	-0,27	-0,23	-13,1	H	-0,65	-0,27	-0,38	-21,64
D	0,8	-0,27	1,07	60,94	I	-0,5	-0,27	-0,23	-13,1
E	-0,3	-0,27	-0,03	-1,71					

- Avec : $C_d = 0,93$; $q_{dyn} = 61,238 \text{ kgf/ m}^2$

Tableau II.5. pression statique du vent q_j (vent sur pignons 1 ; 2)

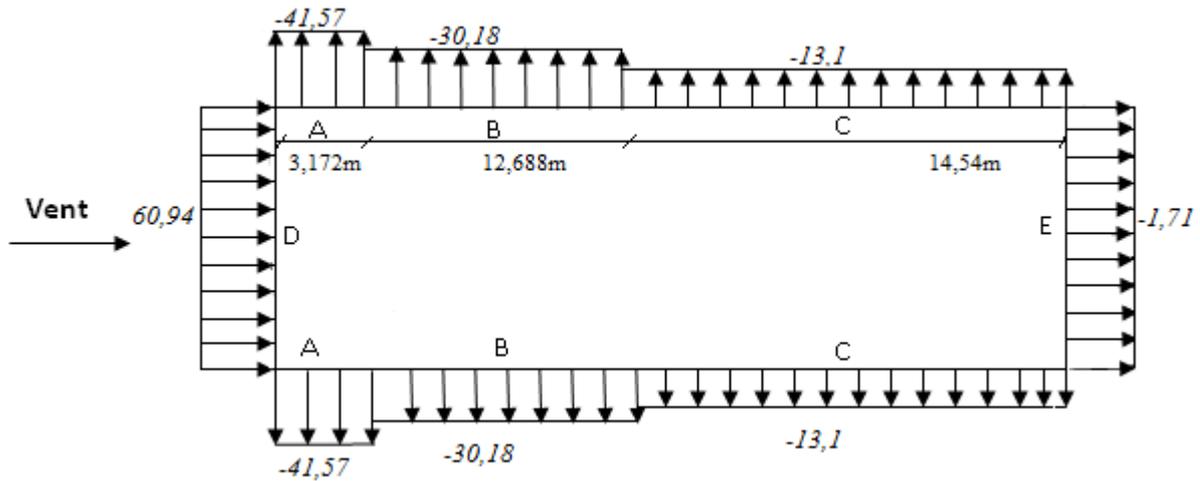


Figure II.11. Pression statique du vent q_j sur les parois verticale (vent sur pignons 1 ; 2)

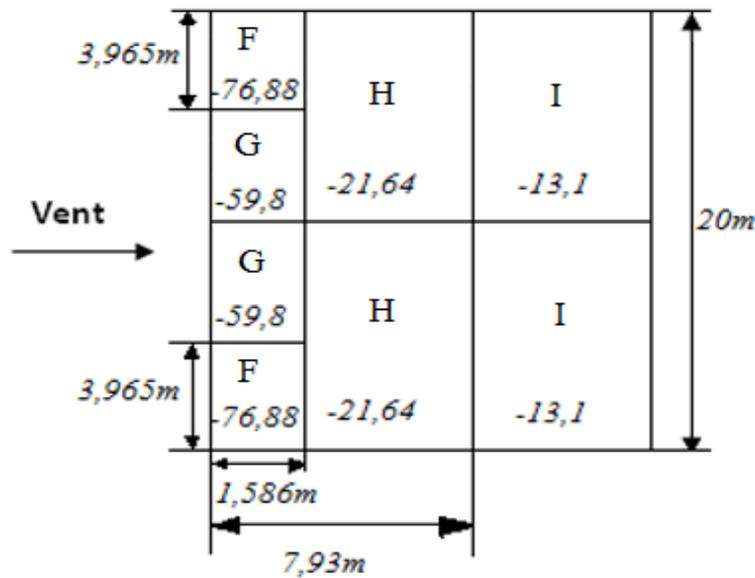


Figure II.12. Pression statique du vent q_j sur la toiture (vent sur pignons 1 ; 2)

VENT SUR LONG PAN 1									
Parois verticales					toiture				
Zone	C_{pe}	C_{pi}	C_p	q_j (kgf/m ²)	Zone	C_{pe}	C_{pi}	C_p	q_j (kgf/m ²)
A	-1	-0,01	-0,99	-55,17	F	-1,62	-0,01	-1,61	-89,80
B	-0,8	-0,01	-0,79	-44,02	G	-1	-0,01	-0,99	-55,17
C	-0,5	-0,01	-0,49	-27,31	H	-0,45	-0,01	-0,44	-24,52
D	0,8	-0,01	0,81	45,14	I	-0,35	-0,01	-0,34	-18,95
E	-0,3	-0,01	-0 ;29	-16,16	J	-0,65	-0,01	-0,64	-35,67

- Avec : $C_d = 0,91$; $q_{dyn} = 61,238 \text{ kgf/m}^2$

Tableau II.6. pression statique du vent q_j (vent sur long pan 1)

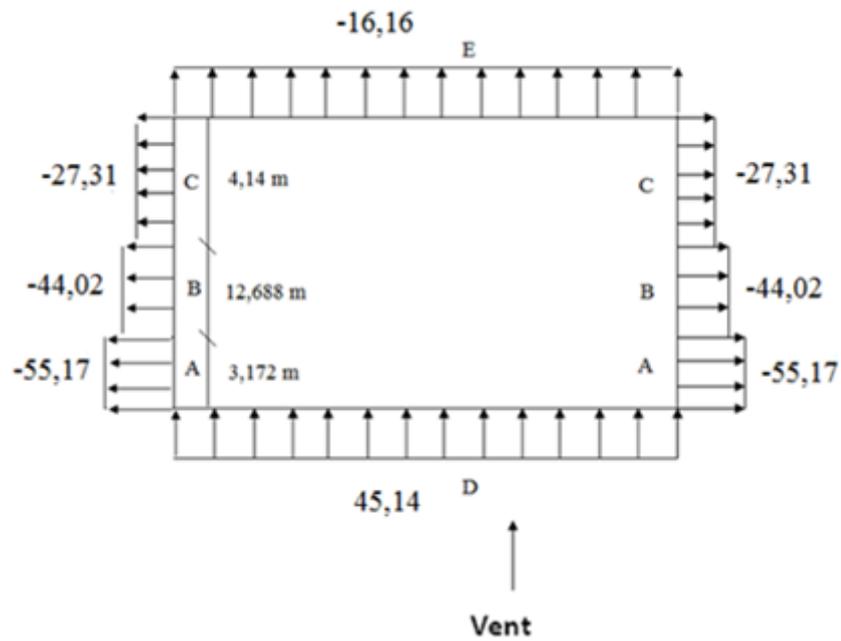


Figure II.13. Pression statique du vent q_j sur les parois verticale (vent sur long pan1)

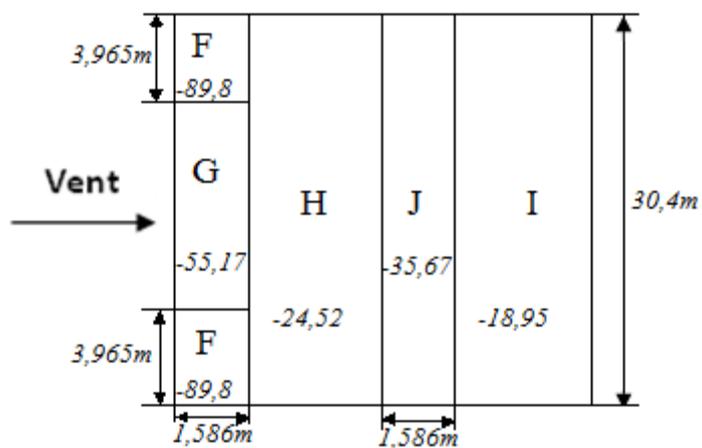


Figure II.14. Pression statique du vent q_j sur la toiture (vent sur long pan1)

VENT SUR LONG PAN 2									
Parois verticales					toiture				
Zone (m ²)	C _{pe}	C _{pi}	C _p	q _j (kgf/m ²)	Zone (m ²)	C _{pe}	C _{pi}	C _p	q _j (kgf/m ²)
A : 19,6	-1	-0,47	0,53	-29,54	F : 6,23	-1,62	-0,47	1,15	-64,08
B : 78,5	-0,8	-0,47	0,33	-18,39	G : 35,6	-1	-0,47	0,53	-29,54
C : 30,5	-0,5	-0,47	0,03	-1,67	H : 256	-0,45	-0,47	0,02	1,11
D : 195	0,8	-0,47	1,27	70,77	I : 256	-0,35	-0,47	0,12	6,69
E : 195	-0,3	-0,47	0,17	9,47	J : 48,2	-0,65	-0,47	0,18	-10,03

• Avec : $C_d = 0,91$; $q_{dyn} = 61,238 \text{ kgf/m}^2$

Tableau II.7. pression statique du vent q_j (vent sur long pan 2)

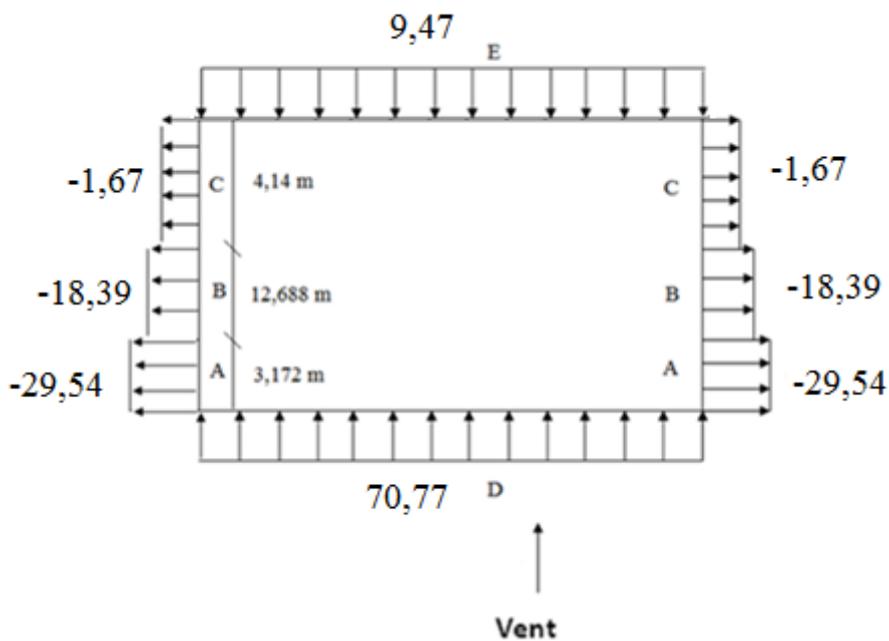


Figure II.15. Pression statique du vent q_j sur les parois verticale (vent sur long pan2)

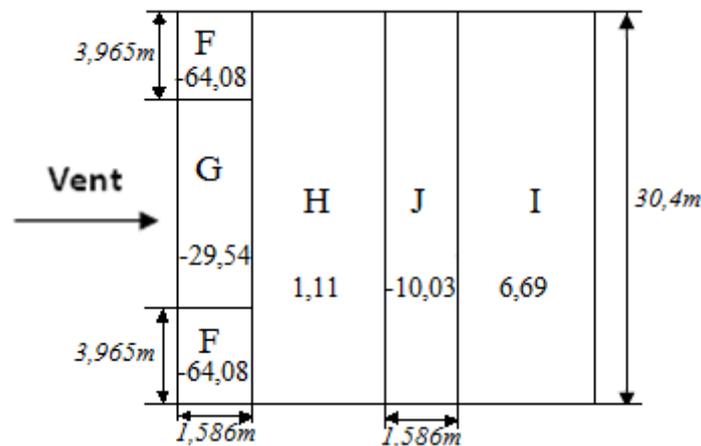


Figure II.16. Pression statique du vent q_j sur la toiture (vent sur long pan2)

II.2.9. Calcul de la force de frottement :

Vent sur long pan 1 ; 2 :

$$\frac{d}{b} = \frac{20}{30,4} = 0,66 < 3$$

$$\frac{d}{h} = \frac{20}{7,93} = 2,52 < 3$$

Les conditions ne sont pas vérifiées donc on ne considère pas les forces de frottements.

Vent sur pignons 1 ; 2 :

$$\frac{d}{b} = \frac{30,4}{20} = 1,52 < 3$$

$$\frac{d}{h} = \frac{30,4}{7,93} = 3,83 > 3$$

L'une des conditions est vérifiée, donc on tient compte d'une force complémentaire due aux frottements qui s'exercent sur les parois parallèles à la direction du vent. Cette force est déterminée comme suivant :

$$F_{fr} = \sum (q_{dyn} \cdot C_{fr} \cdot S_{fr})$$

avec :

- $C_{fr}=0,01$
- $q_{dyn} = 61,238 \text{ kgf/m}^2 = 61,238 \text{ daN}$

Pour la toiture :

$$S_{fr} = 10,1 \times 30,4 \times 2 = 614,08 \text{ m}^2$$

$$F_{fr} = 0,01 \times 61,238 \times 614,08 = 376,05 \text{ daN}$$

Pour les parois verticales :

$$S_{fr} = 30,4 \times (7,93 - 1,5) \times 2 = 390,94 \text{ m}^2$$

$$F_{fr} = 0,01 \times 61,238 \times 390,94 = 239,40 \text{ daN}$$

Force de frottement résultante :

$$F_{fr} = 376,05 + 239,40 = 615,45 \text{ daN}$$

II.3. Charge de la neige :

- Zone de neige : B
- Altitude géographique : $H = 850 \text{ m}$

La charge de la neige sur la toiture est donnée par la formule suivante :

$$S = \mu \cdot S_K$$

Avec :

$$S_k = \frac{0,04 \times H + 10}{100} = 0,44 \text{ KN/m}^2$$

- $0^\circ \leq \alpha = 8,53^\circ \leq 15^\circ \quad \Rightarrow \quad \mu = 0,8$

donc :

$$S = 0,8 \times 0,44 = 0,352 \text{ KN/m}^2$$

$$S = 35,2 \times \cos 8,53^\circ = 34,81 \text{ kgf/m}^2$$

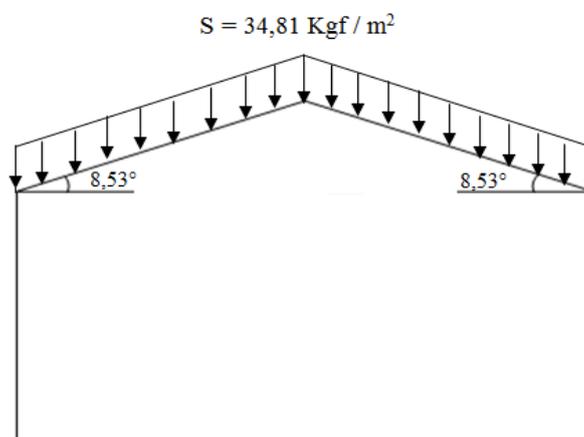


Figure II.17. charge de la neige sur la toiture

Chapitre 3 : Conception du système anti incendie

III.1. Introduction :

La sécurité contre l'incendie a pour but de protéger les personnes et les équipements d'un bâtiment ou d'un établissement à fin de prévenir le risque et limiter aux maximum les dégâts.

Chaque construction suit des règlementations spécifiques selon des exigences et des normes correspondantes aux différents types de la conception et de la fonctionnalité de l'ouvrage.

En plus de ses meilleures caractéristiques mécaniques et physiques, l'acier est un matériau incombustible qui n'incite pas le développement du feu, il est étanche aux gaz et aux flammes et offre des solutions techniques performantes pour construire des structures avec des différentes formes voulues. Par contre, dans un cas d'incendie et lorsque la température atteint les 500° C, l'acier perd progressivement la moitié de sa résistance et sa rigidité, ce qui nécessite de chercher des solutions supplémentaires pour améliorer ces deux caractéristiques du matériau au feu et donc maintenir la stabilité du bâtiment.

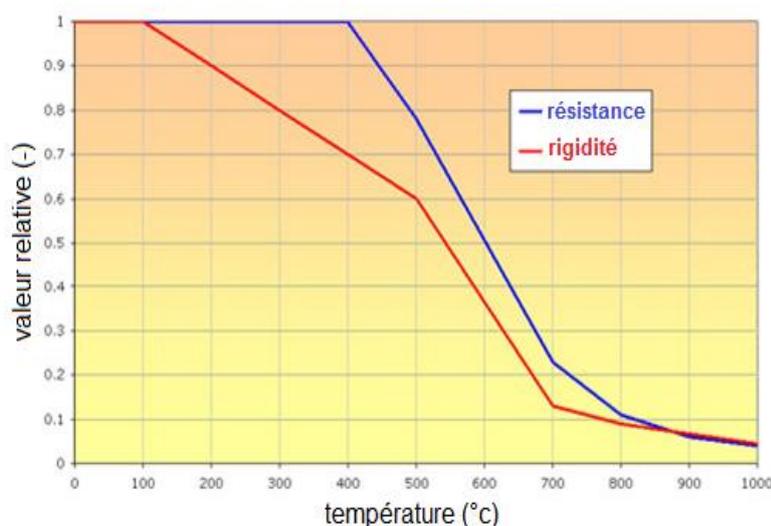


Figure III.1. résistance et rigidité de l'acier Fe 360

III.2. Généralités :

Le feu est un phénomène physique qui peut représenter sur un triangle à trois éléments essentiels :

- ❖ Élément combustible (papier, bois, gaz,...)
- ❖ Élément comburant (oxygène)
- ❖ Energie (chaleur)



Figure III.2. triangle du feu

Lorsque la température d'inflammation est atteinte et sous l'action d'une énergie d'activation, les éléments de combustibles et de comburants entrent en réaction exothermique de combustion et résultent un début incendie.

III.2.1. Phases d'évolution d'un incendie :

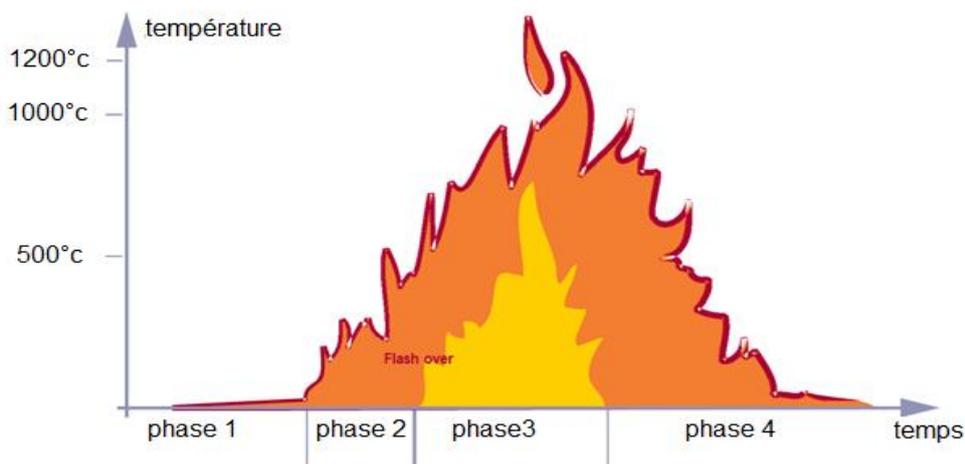


Figure III.3. les quartes phases d'évolution d'un incendie

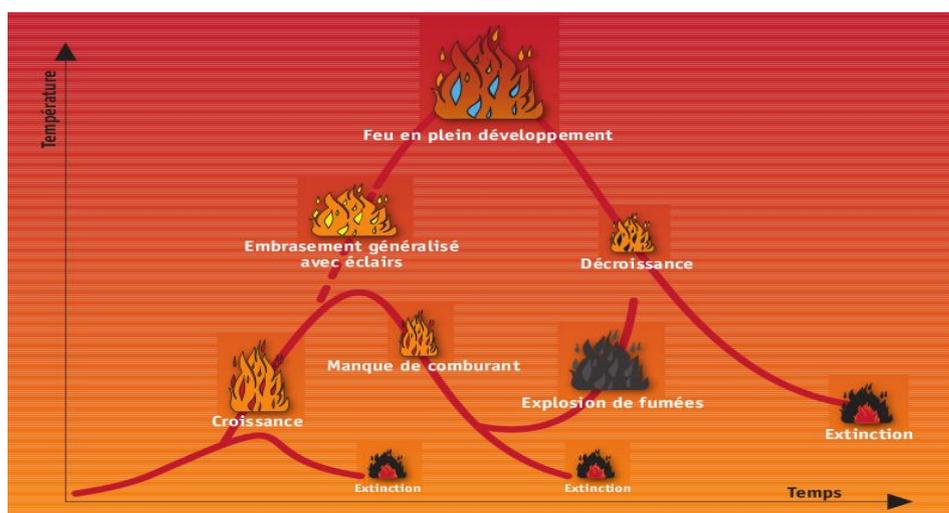


Figure III.4. évolution d'un incendie

Phase 1 : Démarrage du feu :

Apparition des premiers gaz et des fumées due au contact de l'oxygène avec le combustible.

Phase 2 : Déclenchement de l'incendie :

Dans cette phase les flammes se mettent en contact avec les matières proches et par conséquent les gaz chauds se dégagent et emplissent un volume localisé.

Phase 3 : Embrassement généralisé :

La température augmente rapidement et l'incendie n'est plus localisé. L'ensemble du volume s'embrase brutalement à cause de l'accumulation des gaz chauds dans l'espace, les gaz inflammables peuvent provoquer des explosions violentes.

Phase 4 : Extinction et retombée du feu :

L'intensité d'un incendie diminue, lorsqu'une grande quantité de combustible est brûlée. La durée de l'incendie dépend donc de la rapidité de consommation du celui-ci.

III.2.2. Potentiel calorifique d'un matériau :

- Pouvoir calorifique (MJ/Kg) : énergie produite par une combustion complète de 1 Kg.
- Charge calorifique (MJ) : énergie produite par une combustion complète de tous les matériaux.
- Potentiel calorifique (MJ/m^2) : est la subdivision de la charge calorifique sur la surface du plancher du locale.

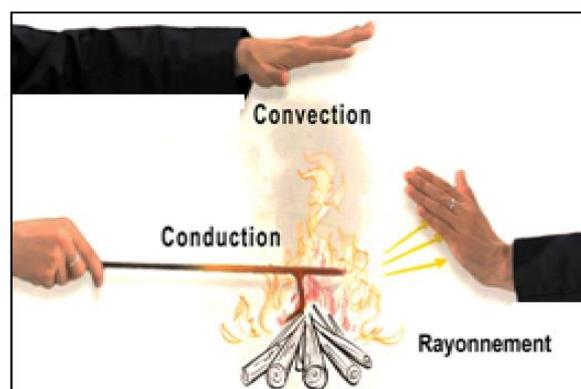
III.2.3. Les différents types de propagation du feu par la transmission de chaleur :

Figure III.5. Différents types de propagation du feu

III.2.3.1. Propagation par rayonnement :

Emission d'énergie sous forme des ondes électromagnétiques (infrarouges) absorbé par les

matériaux à proximité sous forme d'énergie thermique. Ce phénomène se propage dans l'espace et il est simulé à un rayonnement solaire.

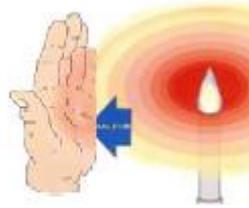


Figure III.6. . Propagation par rayonnement

III.2.3.2. Propagation par convection :

La chaleur dégagée par les matériaux brûlés se transmet par l'intermédiaire des mouvements d'un fluide (l'air).

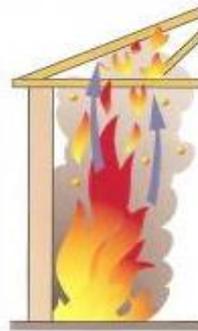


Figure III.7. Propagation par convection

III.2.3.3. Propagation par conduction :

C'est le seul phénomène qui permet la transmission de la chaleur entre les matériaux solide en contact.

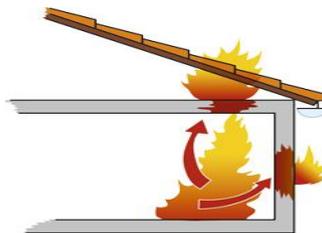


Figure III.8. Propagation par conduction

III.2.4. Peinture intumescente :

La peinture intumescente est une peinture de protection et d'esthétique applicable parfaitement sur les éléments de la structure d'acier (poteaux, poutres, traverse,...). Elle gonfle à cause de la chaleur et crée une couche isolante qui ralentit le réchauffement de l'acier.

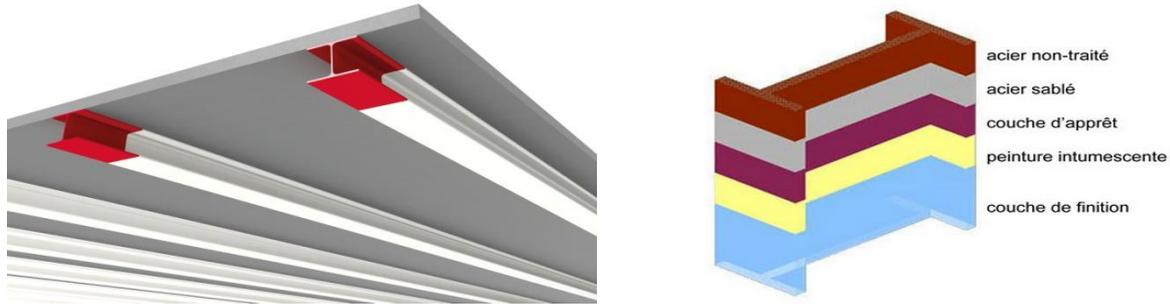


Figure III.9. Peinture intumescente

III.3. Notifications :

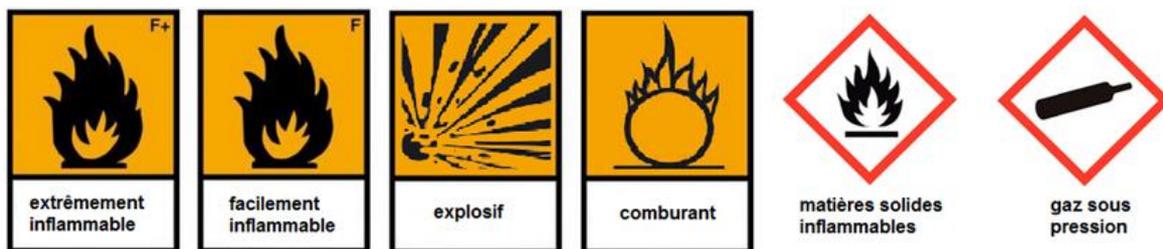


Figure III.10. Notifications de feu

III.4. Classifications (euroclasses) :

III.4.1. Classes de feu :



Figure III.11. Classes de feu

A : Feux de matériaux solides (bois, papier, carton, tissu,...).

B : Feux de liquides et de solides liquéfiables (essence, peinture, alcool, PVC, caoutchouc, polyéthylène,...).

C : Feux de gaz (gaz de ville, hydrogène, propane, butane,...).

D : Feux de métaux (Lithium, aluminium, Sodium, Potassium,...).

F : Feux liés aux auxiliaires de cuisson (huile alimentaires, graisses,...).

Remarque :

Un feu d'origine électrique n'a pas de classe.

III.4.2. Classification SF-PF-CF :

SF : " Stable au feu " : correspond à une résistance mécanique.

PF : " Pare-flammes " : correspond à une résistance mécanique et d'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ou inflammables.

CF : " Coupe-feu " : correspond à une résistance mécanique, d'étanchéité aux flammes et au gaz chaud ou inflammables et d'isolation thermique.

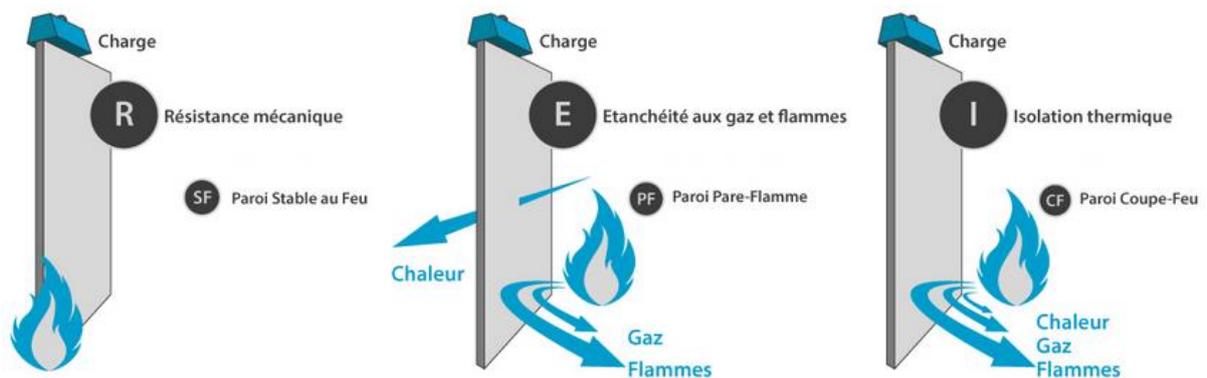


Figure III.12. Les parois REI

III.4.3. Les classifications M :

M0 : produit non combustible (béton, pierre, acier, verre, aluminium, brique, plâtre,...).

M1 : produit non inflammable (plaques de plâtres cartonnés, bois ignifuge, pvc,...).

M2 : produit difficilement inflammable (moquette murale, profilés PVC textiles,...).

M3 : produit moyennement inflammable (bois massif résineux, panneaux dérivés du bois, nylon, polyester,...).

M4 : produit facilement inflammable (papier, carton, coton,...).

III.4.4. Classification T - Indice :

Temps du passage du feu :

Classe T 30 : supérieur à 30 minutes.

Classe T 15 : compris entre 15 et 30 minutes.

Classe T 5 : compris entre 5 et 15 minutes.

Temps de propagation du feu :

Indice 1 : supérieur à 30 minutes.

Indice 2 : compris entre 10 et 30 minutes.

Indice 3 : inférieur à 10 minutes.

III.5. Type d'établissement :

- Bains à vapeur et douches publiques	L
- Magasins de vente, centres commerciaux,...	M
- Restaurants, cafés, brasseries, débits de boissons, bars	N
- Hôtels à voyageurs, hôtels meublés, pensions de famille	O
- Bals ou dancings, salles de réunions, salles de jeux	P
- Salles de conférences	Q
- Etablissements d'enseignement public et d'enseignement privé	R
- Bibliothèques et archives, centre de documentation, musées publics et privés	S
- Halls et salles d'expositions	T
- Etablissements sanitaires publics ou privés	U
- Etablissements de culte	V
- Banques, administrations publiques ou privées	W
- Piscines	X

III.6. Catégorie de l'établissement :

Les établissements recevant du public sont classés en cinq catégories selon l'effectif habituel :

1^{ère} catégorie : au dessus de 1500 personnes.

2^{ème} catégorie : de 701 à 1500 personnes.

3^{ème} catégorie : de 301 à 700 personnes.

4^{ème} catégorie : 300 personnes et moins sauf les établissements de la 5^{ème} catégorie.

5^{ème} catégorie : établissement définie par type d'exploitation dans lesquelles l'effectif n'atteint pas le seuil spécifique.

III.7. Conception du système :**III.7.1. Type d'établissement :**

La salle de sport est considérée comme un établissement recevant du public (ERP) de type 'p'

III.7.2. Catégorie de l'établissement :

Calcul d'effectif :

L'effectif théorique dans cet établissement est calculé sur la base d'une personne par mètre carré multiplié par le deux tiers de la surface exploitée.

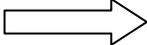
Surface totale de la salle = 608 m²

Aire du jeu = 580 m²

Espace qui reste = 28 m²

Donc :

L'effectif = 580 × (2 / 3) = 387 personnes

Effectif arrondi = 400 personnes  établissement de 3^{ème} catégorie

Le système anti incendie doit reprendre aux paramètres suivants :

III.7.3. Implantation et construction :

Décret 76/36 du 20 février 1976 relatif à la protection contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public :

Les bâtiments et les locaux où sont installés les établissements recevant du public doivent être construits de manière à permettre l'évacuation rapide et en bon ordre de la totalité des occupants.

Ils doivent avoir une ou plusieurs façades en bordure de voies ou d'espaces libres permettant l'évacuation du public, l'accès et la mise en service des moyens de secours et de lutte contre l'incendie.

- La salle de sport possède 2 façades en bordure de voies Condition vérifiée

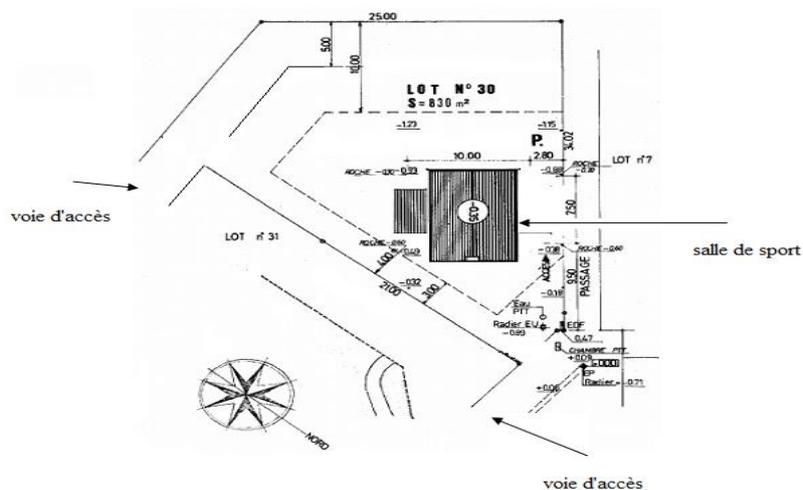


Figure III.13. Plan de masse de la salle de sport

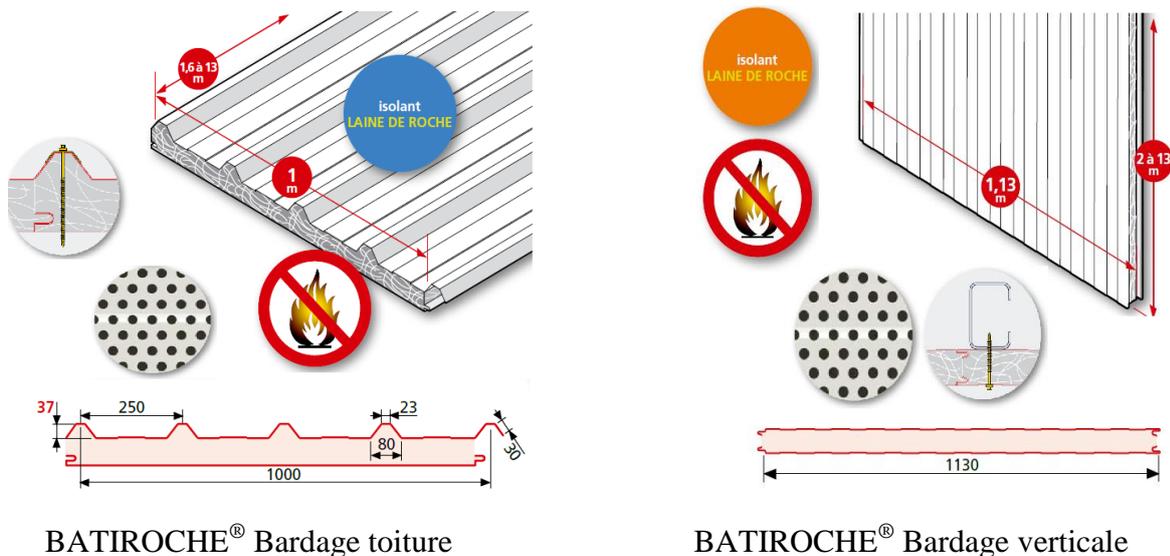
Ces établissements ne doivent comprendre au maximum qu'un seul étage de sous sol accessible au public (Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public).

- La salle de sport ne contient aucun étage de sous sol Condition vérifiée
- Dans cet établissement, la hauteur libre des passages ne doit pas être inférieure à 2,6m ($H_{poteaux} = +6 \text{ m} > 2,6 \text{ m}$) Condition vérifiée

- La structure porteuse doit être stable au feu pendant ½ heure :

Cette condition est assurée par l'effet de la peinture intumescente appliquée sur les poteaux et les traverses.

Les parois et la toiture formant le bardage de la construction, sont des panneaux sandwich de type coupe feu ½ heure, constituée de parement intérieur, bac en acier légèrement nervuré à l'extérieur, et une âme isolante en laine de roche à forte densité. Ces panneaux sont très recommandés aux nouvelles réglementations d'incendie pour les établissements recevant du public grâce à des multiples avantages qu'ils présentent comme l'isolation acoustique, la résistance à l'humidité et aux termites, la facilité de mise en œuvre ainsi qu'une excellente durabilité.



BATIOCHE® Bardage toiture

BATIOCHE® Bardage verticale

Figure III.14. Panneaux sandwich

- Utilisation des portes métallique CF ½ heure vitrée à leur partie supérieure en verre non coloré.

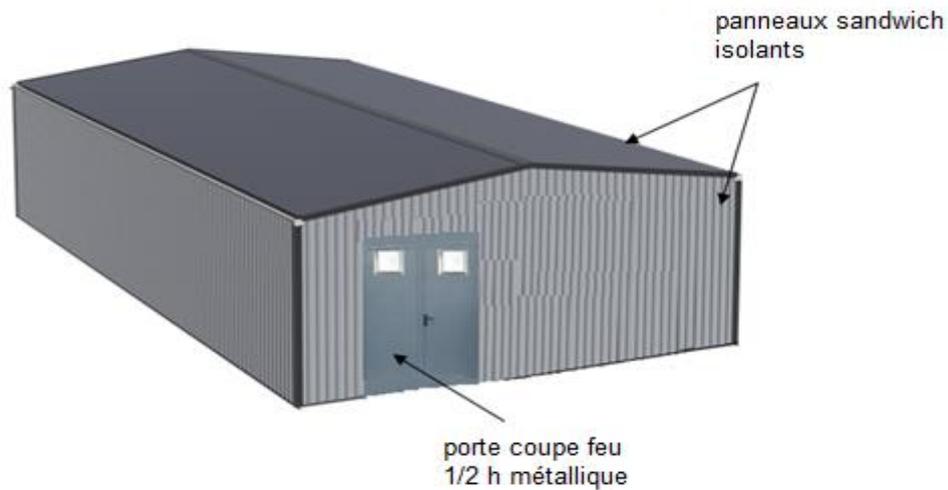


Figure III.15. Caractéristiques de la construction

III.7.4. Dégagements :

III.7.4.1. Définition :

Les dégagements signifient tous les éléments permettant l'évacuation vers les voies principales ou vers l'extérieur de la construction tels que : les portes, les issues, les chemins de circulation, les escaliers, les couloirs,...

Art. CO38..CO69 : Décret 76/36 du 20 février 1976 :

Les sorties et les dégagements intérieurs qui y conduisent doivent être aménagés et répartis de telle façon qu'ils permettent l'évacuation rapide et sûre des personnes. Leur nombre et leur largeur doivent être proportionnés au nombre de personnes appelées à les utiliser.

- Tout établissement doit disposer de deux sorties au moins Condition vérifiée

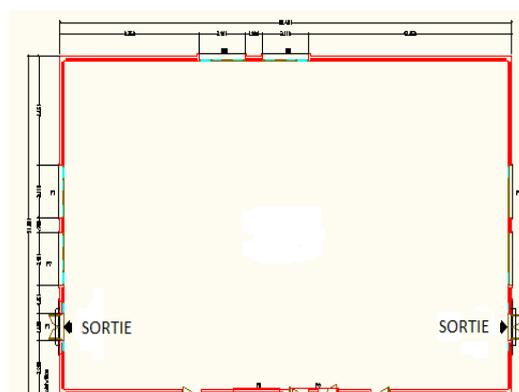


Figure III.16. Plan architectural indiquant les sorties

III.7.4.2. Calcul du dégagement nécessaire :

Le nombre de dégagement est calculé à partir de la formule suivante :

$$S = (\text{effectif arrondi} / 500) + 1 = (400 / 500) + 1$$

$S = 1,8 = 2$ dégagements Condition vérifiée

III.7.4.3. Calcul des unités de passages UP (largeur de dégagement) :

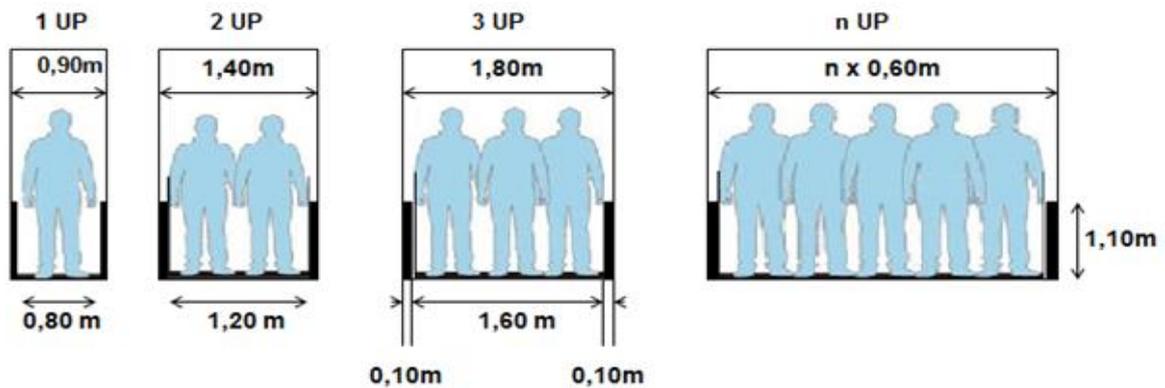


Figure III.17. Les unités de passages

Le nombre des unités de passage est calculé à partir de la formule suivante :

$$n \text{ UP} = (\text{effectif arrondi} / 100) + 1 = (400 / 100) + 1 = 5 \text{ UP}$$

On sait que pour $n > 2 \implies 1 \text{ UP} = 0,6\text{m}$ donc : $5 \text{ UP} = 5 \times 0,6 = 3\text{m}$

La salle de sport est constituée de deux porte de sortie, dont la largeur de ces portes doit être égales à 1,5m au minimum : $(3\text{m} / 2 = 1,5\text{m})$.

La largeur des portes de la salle de sport est égale à 1,6m Condition vérifiée

III.7.4.4. Répartition des sorties et type de dégagement :

- DEGAGEMENTS NORMAUX
- DEGAGEMENTS DE SECOURS
- DEGAGEMENTS ACCESSOIRES
- DEGAGEMENTS SUPPLEMENTAIRES

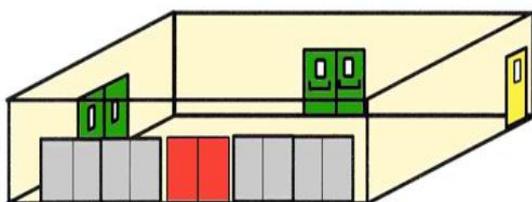


Figure III.18. Type de dégagement

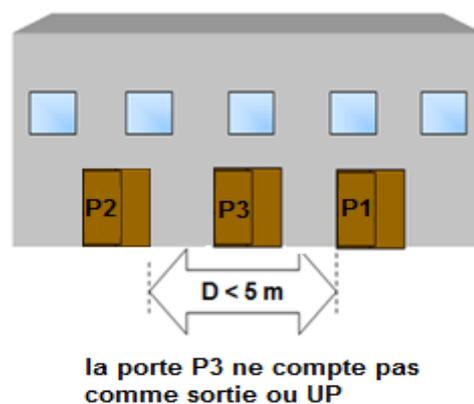


Figure III.19. Répartition des sorties

- Si la distance D entre deux portes est supérieure ou égale à 5m les portes ou batteries de portes comptent à la fois dans le nombre de sorties et d'unités de passage.

- Une répartition non judicieuse des sorties exige des différents modes de dégagements des personnes qu'un mode normale à fin d'éviter une mauvaise circulation entre eux et assurer un bon ordre d'évacuation vers l'extérieur du bâtiment.

La distance entre les portes est égale à 30m, donc elles sont comptées comme deux sorties d'un dégagement du type normal. Ces dégagements sont suffisants et ne nécessitent pas des sorties de secours ou des dégagements accessoire.

- l'effectif habituel des personnes dans cette salle de sport est supérieur à 50, ce qui impose d'utiliser des portes ouvrantes vers l'extérieur.

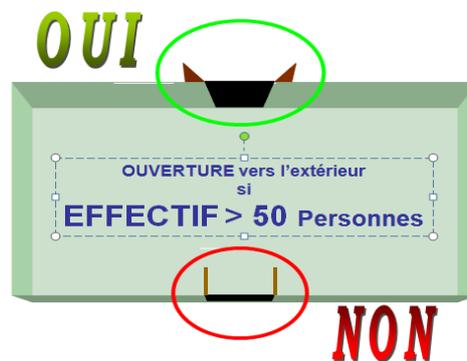


Figure III.20. mode d'ouverture des portes

III.7.5. Aménagement intérieur :

La salle de sport est aménagée comme suit :

Sol : M 4 : bois ignifuge.

Mur : M 2 : profilés PVC textiles.

Plafond : M 1: plaques de plâtres.

Gros mobilier : M 3 : bois massif résineux.

- Les tables et les sièges sont éventuellement fixés au sol de façon rigide et disposés de manière à ne pas gêner la circulation des personnes dans les chemins ramenant vers les portes de sortie.



Figure III.21. PVC textile

III.7.6. Electricité et éclairage (Art. CO70..CO69 : Décret 76/36 du 20 février 1976) :

- Utilisation des câbles électriques du type Cr1-C1/ C2 pour les différents travaux de l'éclairage, installation d'alarmes, balisage, pompes d'incendie,...
- Cr1 : résistant au feu.
 - C1 : non-propagateurs de l'incendie.
 - C2 : ne dégagent pas des gaz inflammables.

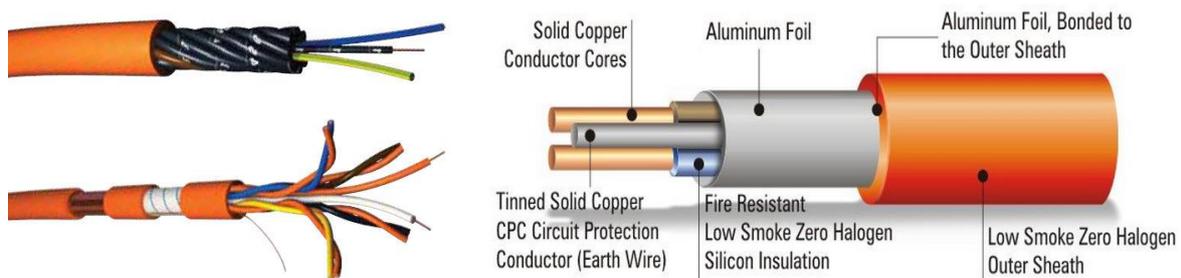


Figure III.22. Câbles Cr1-C1/ C2

III.7.6.1. Caractéristiques des câbles :



Figure III.23. Caractéristiques des câbles électriques

Matière d'isolation : élastomère de silicone sans utilisation d'halogène. (L'halogène est un élément chimique comme le chlore, l'iode, le fluor qui peut représenter un risque d'incendie lorsqu'il atteint une température élevée).

Nature de l'âme du conducteur : cuivre.

Tension de service : 300/500V.

Température ambiante : -20°C à 60°C.

Température maximum au conducteur = 90 °C.

III.7.6.2. Eclairage normale :

Les fenêtres de grandes dimensions réparties sur les quatre faces des parois assurent une bonne propagation d'éclairage naturel dans la salle du sport, aussi bien que les lampes jouent leur rôle d'exploitation en présence d'un système électrique alimenté.

III.7.6.3. Eclairage de remplacement :

En cas de coupure de l'éclairage normale, l'éclairage de remplacement permet encore d'illuminer le lieu.

III.7.6.4. Eclairage de sécurité :

L'éclairage de sécurité est fait dans des zones précises selon des règlements définies dans les paragraphes suivantes :

Art. EC10..24 : Décret 76/36 du 20 février 1976 :

Une installation d'éclairage de sécurité est obligatoire dans tous les établissements recevant du public.

L'éclairage de sécurité est mis en service moins de 15s après une disparition de l'éclairage normale ou du remplacement. Il doit être en état de veille pendant leur fonctionnement.

On trouve deux types d'éclairage de sécurité, et cela dépend du nombre des personnes présentes dans l'établissement et la superficie de ce dernier.

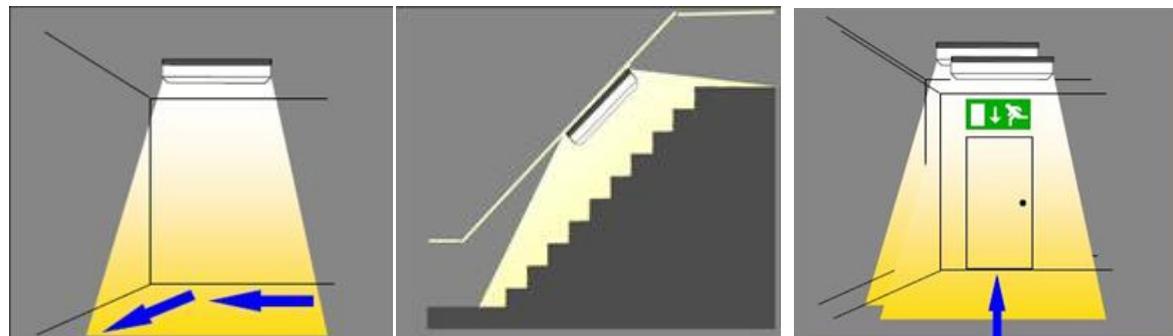
A) Eclairage d'évacuation :

Figure III.24. Éclairage d'évacuation

Il permet l'évacuation des personnes à l'extérieur en assurant l'éclairage des cheminements, les sorties, les indications de balisage, les obstacles. Il s'applique aux locaux recevant plus de cinquante personnes et aux locaux d'une superficie supérieure à 300 m² en RDC et étage et 100 m² en sous sol.

B) Eclairage d'ambiance ou anti panique :

L'éclairage d'ambiance maintient un éclairage uniforme pour assurer la visibilité et éviter les risques de panique, il s'applique aux locaux ou hall recevant 100 personnes en étage et RDC ou 50 personnes en sous sol.



Figure III.25. Éclairage d'ambiance

Il faut toujours, de n'importe quel point situé dans la salle, la personne aperçoit au moins une sortie.

Les blocs de balisage des dégagements contiennent exclusivement des signaux blanc sur un fond vert. Ils doivent être visible jour et nuit et même en cas d'affluence.

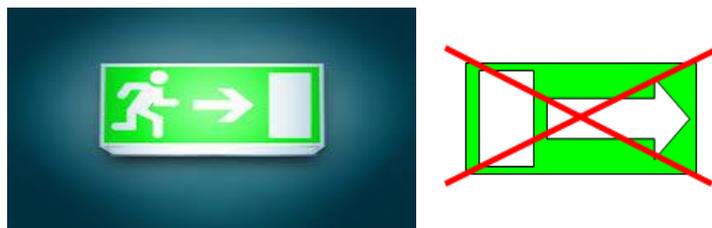


Figure III.26. blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES)

- Pour la salle de sport, on utilise des blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES) ½ heure.

III.7.7. Chauffage et ventilation :

Art. CVRC1..70 : Décret 76/36 du 20 février 1976 :

La ventilation d'une chaufferie est obligatoire quel que soit le combustible utilisé.

A fin d'isoler la chaufferie, et pour qu'elle soit inaccessible au public, elle est construite sur la terrasse et exploitée uniquement par les chaudières et leurs accessoires. Les murs de la chaufferie sont réalisés par des murs de doubles parois pour canaliser le souffle ainsi que la chambre est équipée de quatre fenêtres rectangulaires qui offrent une ventilation naturelle de l'espace et une porte CF ½ heure ouvrante dans le sens de la sortie, munie d'une ferme porte et une serrure anti panique.



Figure III.27. Bloc porte coupe feu



Figure III.28. serrures anti panique

Les ventilateurs de chaudière sont installés à sa partie basse et en présence des orifices posés en diagonal sur les murs, ils permettent d'amener de l'air extérieur c.à.d. l'air de combustion dans le locale.

La hauteur de la chaufferie est égale à 3,4 m donc elle vérifie la condition de

$H > 2.20$ m.

Selon la réglementation de l'installation des chaudières dans la chaufferie, les deux chaudières sont espacées entre eux avec les murs d'une distance supérieure à 0,5 m et d'une hauteur des socles de 10 cm.

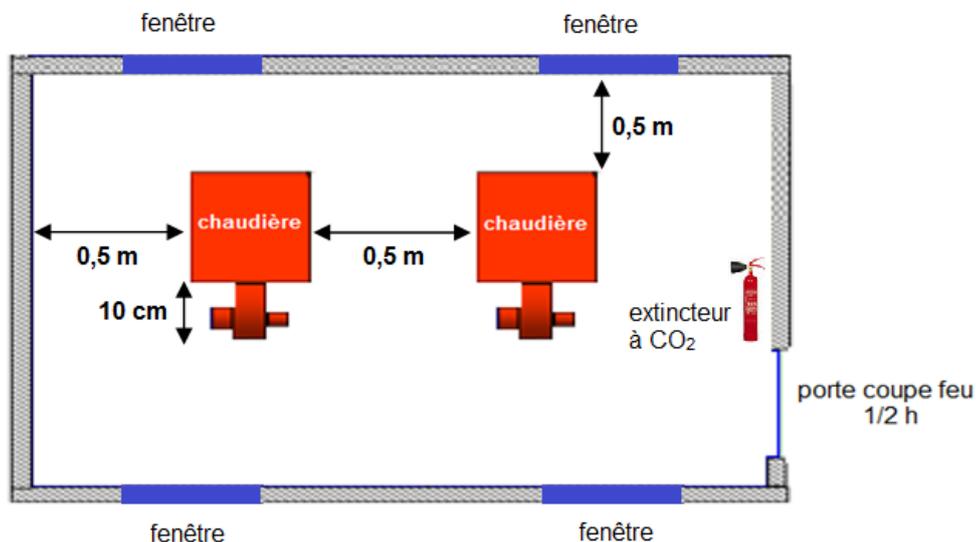


Figure III.29. Intérieur de la chaufferie

Les prises de courants sont alimentées sous une tension de 220V à travers un transformateur de séparation sécurisé.

On réalise des boîtes de coupures électriques à l'extérieur de la chaufferie qui permettent d'arrêter le circuit pour les câbles d'alimentation du combustible.

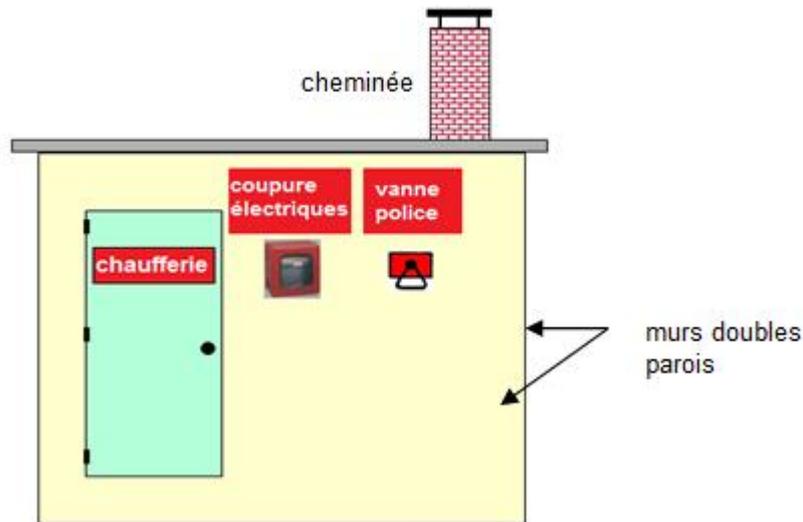


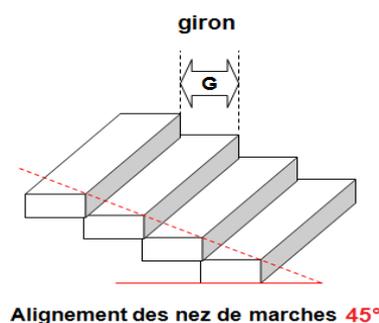
Figure III.30. Extérieur de la chaufferie

III.7.8. Gradins :



Figure III.31. Gradins

Selon les réglementations des gradins non démontables, les gradins sont espacés de chaque 16 places par 2 circulations dont le giron des marches des escaliers est égale à 25 cm et l'alignement des nez est égale à 45° puisque les gradins ne dépassent pas 5 rangs.



III.8. Réseau de détection et de mise en sécurité de l'incendie :

Le réseau de détection et de mise en sécurité de l'incendie (S.S.I.) est l'ensemble des moyens et des matériels servant à traiter toutes les informations liés à la sécurité incendie et effectuer les fonctions de la mise en protection d'un établissement.

Il se compose de deux sous systèmes principaux reliés entre eux par un ordre de certaines opérations.

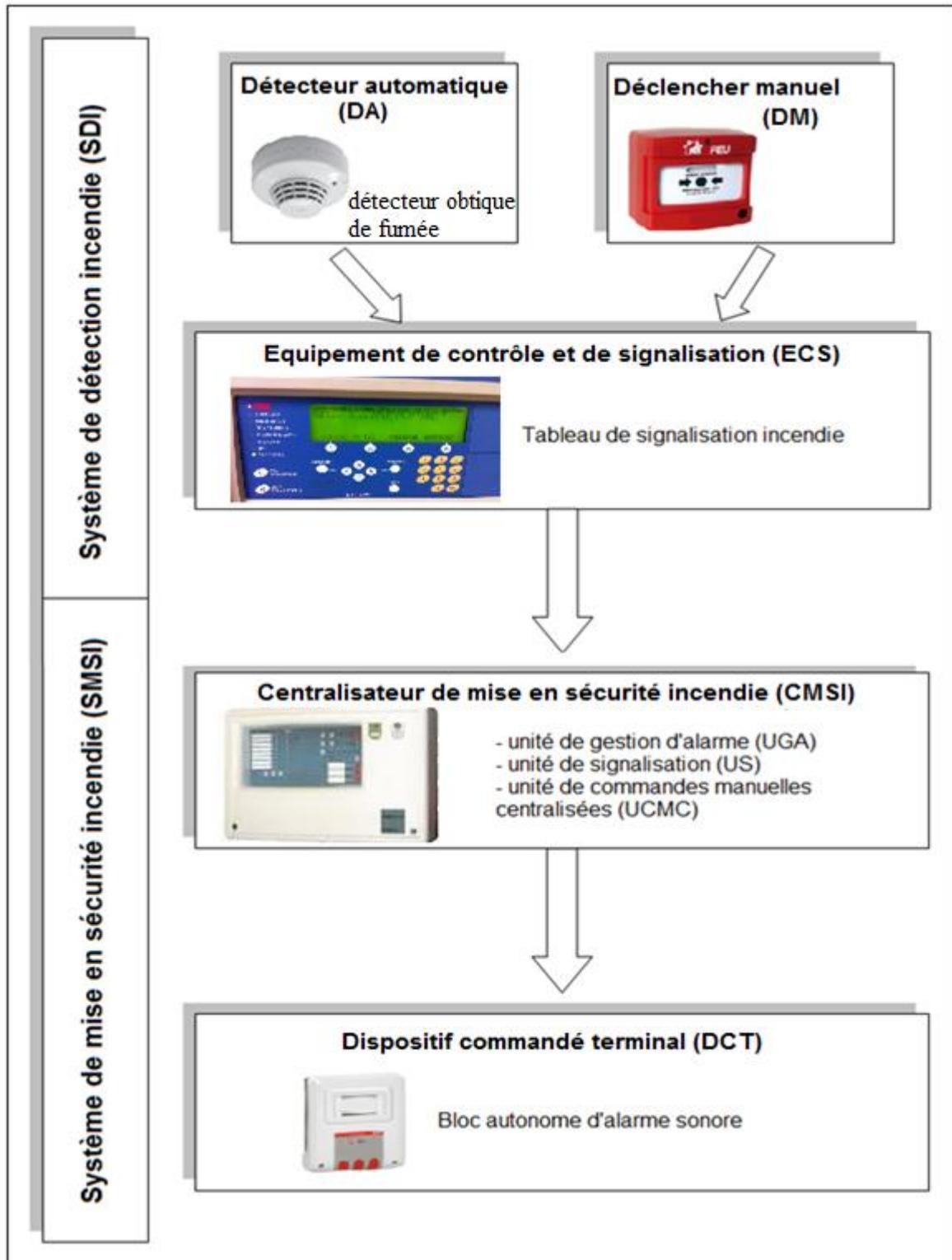


Figure III.32. Plan du système SSI (SDI et SMSI)

III.9. Moyens de secours :

III.9.1. Robinets incendie armé (RIA) :

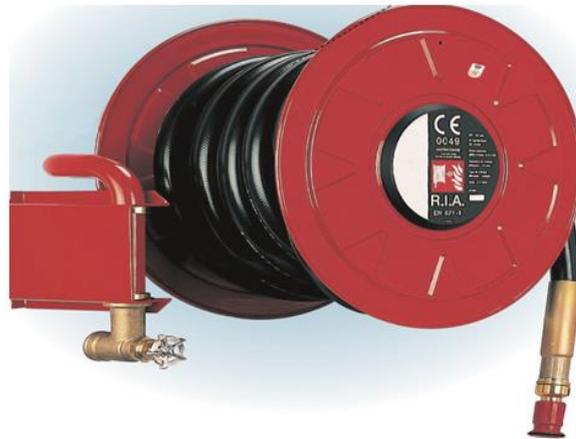
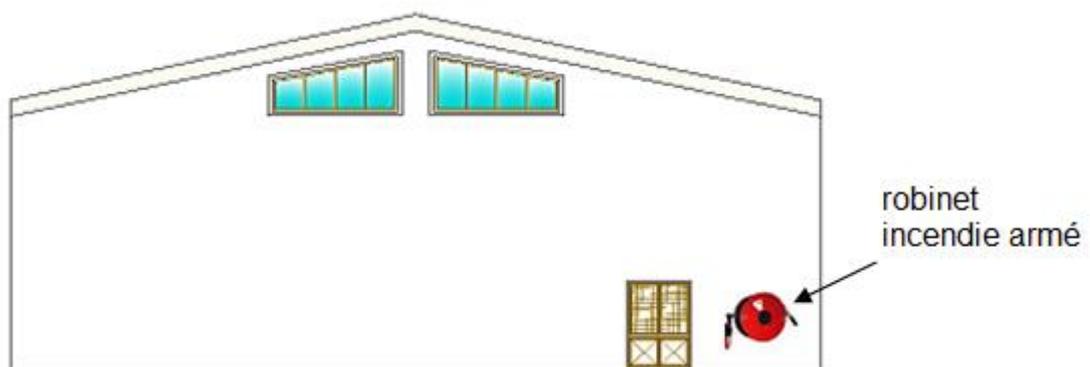


Figure III.33. Robinet incendie armé

Le robinet incendie armé est un équipement de premier secours pour la lutte contre le feu, utilisable même par des personnes non qualifiées. Il est alimenté en permanence par un réservoir ou une bache d'eau spéciale pour cette intervention.

Vu la construction, l'implantation et les dimensions géométriques de la salle de sport, il est préférable d'installer deux robinets d'incendie armé de 19/6 mm de diamètre, placé à l'extérieur de la salle (à côté de chaque porte) pour bien gérer la manœuvre en cas d'un incendie.

Ces robinets sont alimentés par une bache d'eau de 10 m³ située à l'extérieur du bâtiment.



III.9.1.1. Composition et caractéristiques des RIA :

Vanne d'ouverture.

Dévidoir.

Tuyau semi-rigide de 20 m de longueur.

Lance avec robinet ou diffuseur.

Couleur du dévidoir : rouge.

Couleur des tuyaux : rouge, noir, vert,...

Distance de sécurité : 3 à 10 m selon le mode d'ouverture du diffuseur.

La distance entre le sol et l'axe du RIA doit être compris entre 1m 20 et 1m 80.

III.9.1.2. Mode d'emploi :

- Ouverture de la vanne d'eau.
- Déroulement du tuyau.
- Ouverture du robinet en position diffusée.
- Intervention sur le feu par refroidissement.

III.9.2. Les extincteurs :



Figure III.34. Extincteurs

L'extincteur est un appareil de première intervention, sert à maîtriser un début incendie. Il est utilisé pour les différents types d'incendie.

On met deux extincteurs à poudre ABC de 9 Kg et deux extincteurs à CO₂ de 6 Kg dont l'un est placé à proximité de la porte de chaufferie.

La poudre ABC est composée de phosphate mono-ammoniaqué permet de former un vernis isolant par étouffement sur les feux. Cette poudre est capable d'éteindre les feux de type A, B et C sans dégagement des produits toxiques, elle garde sa fluidité grâce au traitement d'enrobage qui lui rend hydrofuge.

D'autre part le CO₂ est un agent extincteur propre qui éteint le feu par diminution de la concentration d'oxygène contenue dans l'air et ne laisse aucune trace sur les surfaces traités, il est très efficace pour le feu de type B dans les locaux fermés et même pour les feux d'origine électrique puisqu'il n'est pas un conducteur d'électricité.

Agent extincteur	Classe A (solides)	Classe B (liquides)	Classe C (gaz)	Feu d'origine électrique	Portée en mètres
Eau pulvérisée	Très efficace	Inefficace	Inefficace	Danger	2 à 3 m
Eau pulvérisée + additifs	Très efficace	Peu efficace	Inefficace	Danger	2 à 3 m
Poudre BC	Inefficace	Très efficace	Très efficace	Dégâts	3 à 4 m
Poudre polyvalente ABC	Peu efficace	Très efficace	Très efficace	Dégâts	3 à 4 m
CO ₂	Inefficace	Efficace	Efficace	Très efficace	0,5 m

Tableau III.1. Différents agents extincteurs

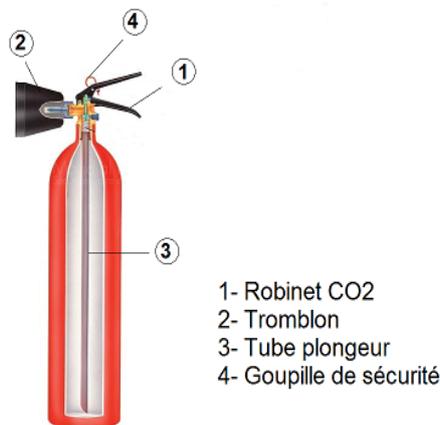


Figure III.35. composants d'un extincteur à CO₂

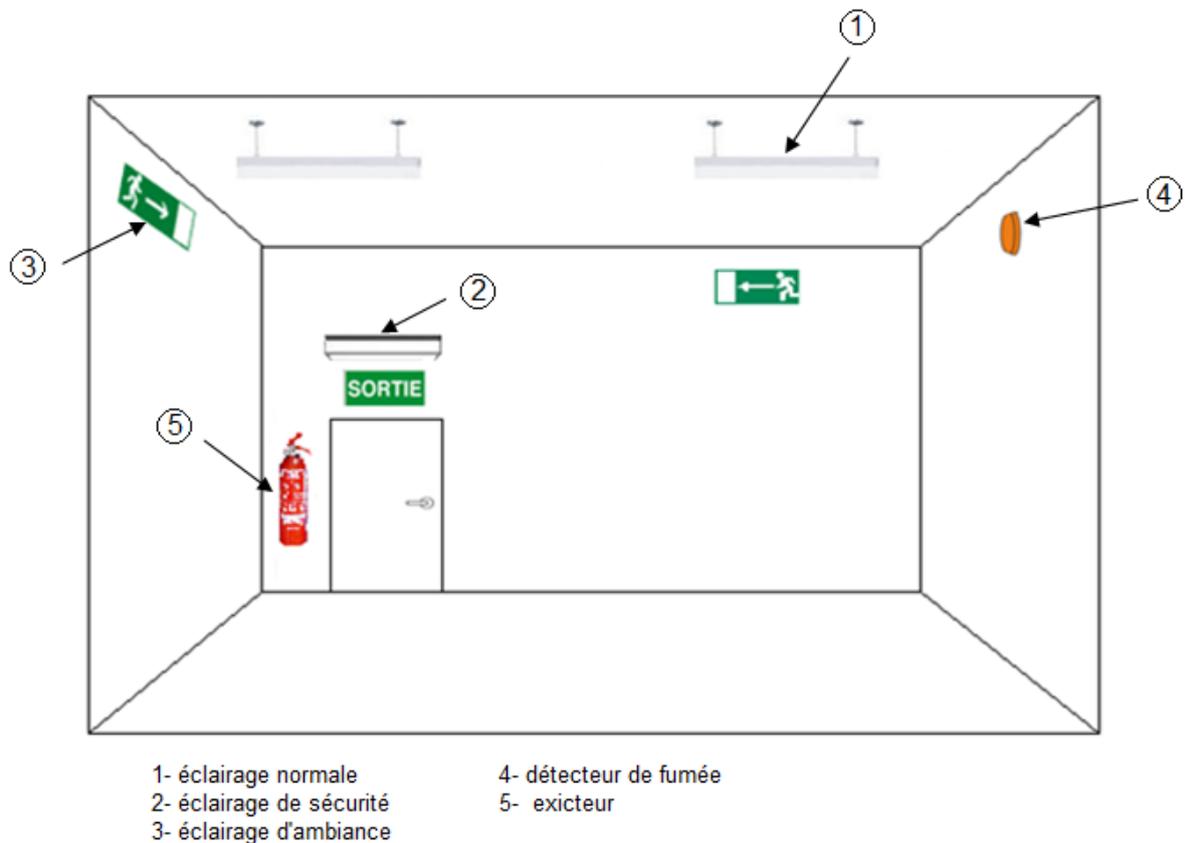


Figure III.36. Positions des éléments de système anti incendie

III.10. Conclusion :

La sécurité incendie est un facteur très important dans la construction des bâtiments, elle touche tous les établissements recevant du public allant de la conception générale jusqu'au choix des matériaux.

Indépendamment de leur coûts financiers, les systèmes anti incendie permettent d'augmenter la durabilité de la construction en diminuant le pourcentage des risques et chocs.

En fin la sécurité incendie est une responsabilité de chaque personne qu'il doit être d'abord préventif, et puis savant comment se comporter face à un incendie.

Chapitre IV : Calcul des éléments secondaires

IV.1 Calcul des pannes :

Les pannes sont des poutrelles laminées généralement en profilés ' I ' qui transmettent les charges et surcharges s'appliquant sur la couverture à la traverse, elles sont soumises donc à la flexion bi axiale.

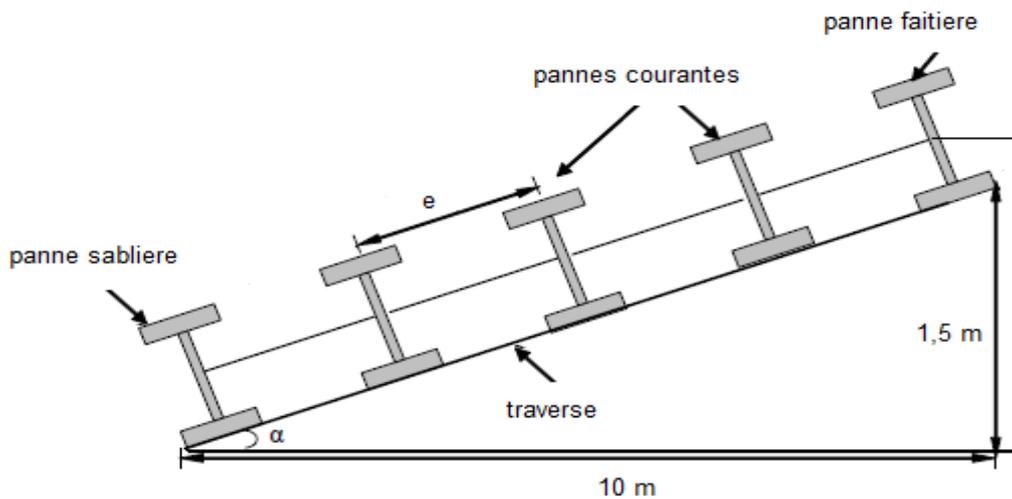


Figure IV.1. Disposition des pannes

IV.1.1 Espacement entre pannes :

L'espacement entre pannes est déterminé en fonction de la portée admissible de la couverture.

On suppose que la longueur de la couverture est de 6m et elle est appuyée sur 4 appuis.

Donc : $e = 6/4 = 1,5\text{m}$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} < f_y \quad \Longrightarrow \quad M_{\max} < f_y \times W$$

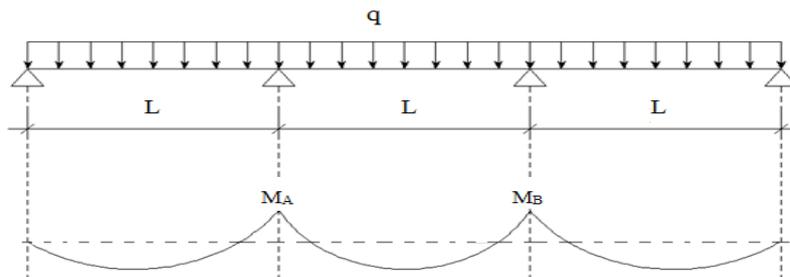


Figure IV.2. Diagramme des moments fléchissant

Avec :

W: module de résistance = 5 cm³

$$M_{\max} = M_A = M_B = 0,1q L^2 \quad \longrightarrow \quad 0,1q L < f_y \times W$$

$$\text{donc : } L \leq \sqrt{\frac{f_y \times W}{0,1 \times q}}$$

q : charge la plus défavorable appliquée sur la panne.

Calcul de la charge la plus défavorable q :

IV.1.1.1 Charge permanente (G) :

Poids du panneau sandwich : 0,17 KN /m²

Poids propre de la panne (par estimation entre les poids des IPE 120, IPE 140) : 0,13 KN / ml

$$G = 0,17 \times 1,5 + 0,13 = 0,385 \text{ KN /ml}$$

IV.1.1.2. Charge d'entretien (P) :

2 charges de 1.5 KN placées en 1/3 et 2/3 de la longueur de la panne.

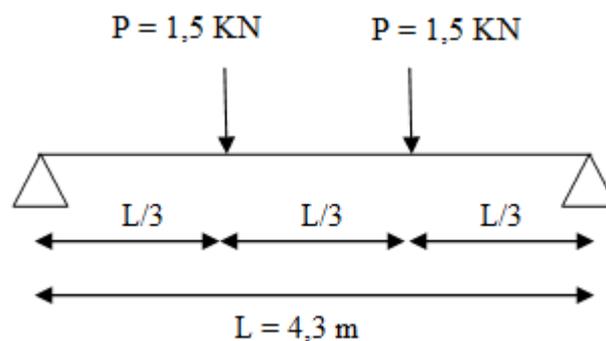


Figure IV.3. Charge d'entretien sur la panne

$$M_{\max} = \frac{PL}{3} = P_{\text{eq}} \frac{L^2}{8} \quad \longrightarrow \quad P_{\text{eq}} = \frac{8P}{3L} = \frac{8 \times 150}{3 \times 4,3} = 0,93 \text{ KN /ml}$$

On prend $P = 1 \text{ KN /ml}$

IV.1.1.3. Surcharge de neige (S) :

La surcharge de la neige est fonction de la région du site, son altitude et la forme de la toiture du hall.

$$S = 35,2 \text{ Kgf /m}^2 = 0,35 \text{ KN / m}^2$$

IV.1.1.4. Surcharge de vent (W) :

La charge du vent est fonction aussi de l'implantation du site et la forme de la construction, ces charges agissent en soulèvement de la couverture de la toiture.

$$W = -89,8 \text{ Kgf/m}^2 = -0,9 \text{ KN / m}^2$$

Combinaison des charges à ELU:

$$q_1 = 1,35 G + 1,5 P$$

$$q_1 = 1,35 \times 0,385 + 1,5 \times 1 = 2 \text{ KN /ml}$$

$$q_2 = 1,35 G + 1,5 S$$

$$q_2 = 1,35 \times 0,385 + 1,5 \times [(0,35 \times \cos 8,53) \times 1,5] = 1,3 \text{ KN /ml}$$

$$q_3 = 1,35 G + 1,5 W$$

$$q_3 = 1,35 \times 0,385 + 1,5 \times (-0,9 \times 1,5) = -1,51 \text{ KN /ml}$$

donc : la charge la plus défavorable appliquée sur la panne est : $q = 2 \text{ KN /ml}$

IV.1.1.5. Calcul de l'espacement :

$$L \leq \sqrt{5,875} \quad \longrightarrow \quad L \leq 2,42 \text{ m}$$

On prend $e = 2 \text{ m}$

IV.1.2. Dimensionnement des pannes :

$$G = 0,17 \times 2 = 0,47 \text{ kN /ml}$$

$$P = 1 \text{ KN /ml}$$

$$S = 0,35 \times 2 = 0,7 \text{ KN /ml}$$

$$W = -0,9 \times 2 = -1,8 \text{ KN /ml}$$

IV.1.2.1. Combinaison des charges à ELU:

$$q_1 = 1,35 G + 1,5 P$$

$$q_1 = 1,35 \times 0,47 + 1,5 \times 1 = 2,13 \text{ KN /ml}$$

$$q_2 = 1,35 G + 1,5 S$$

$$q_2 = 1,35 \times 0,47 + 1,5 \times 0,7 = 1,68 \text{ KN /ml}$$

$$q_3 = 1,35 G + 1,5 W$$

$$q_3 = 1,35 \times 0,47 + 1,5 \times -1,8 = -2,07 \text{ KN /ml}$$

donc : la charge la plus défavorable est $q_{sd} = 2,13 \text{ KN/ml}$.

IV.1.2.2. Calcul des moments sollicitant à ELU :

Plan (y-y) :

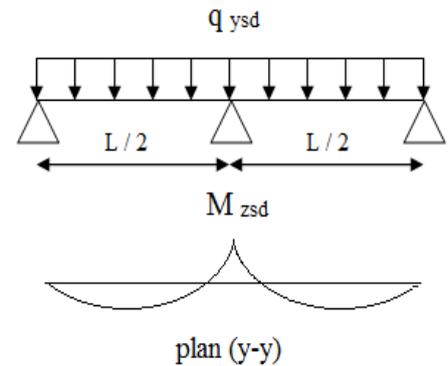
$$q_{y\text{sd}} = q_{sd} \sin \alpha = 2,13 \times \sin 8,53 = 0,32 \text{ KN/ml}$$

$$M_{z\text{sd}} = \frac{q_{y\text{sd}} \times \left(\frac{L}{2}\right)^2}{8} = \frac{0,32 \times 2,15^2}{8} = 0,18 \text{ KN.m}$$

$$M_{z\text{sd}} \leq M_{z\text{rd}} = \frac{W_{plz} \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$W_{plz} \geq M_{z\text{rd}} = \frac{0,18 \times 1,1 \times 10^6}{235}$$

$$W_{plz} \geq 0,84 \times 10^3 \text{ mm}^3$$



Plan (z-z):

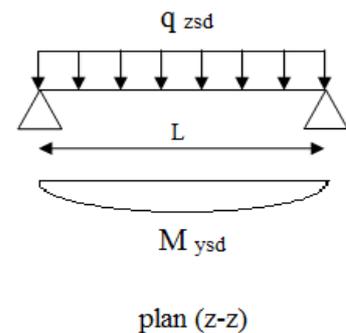
$$q_{z\text{sd}} = q_{sd} \cos \alpha = 2,13 \times \cos 8,53 = 2,11 \text{ KN/ml}$$

$$M_{y\text{sd}} = \frac{q_{z\text{sd}} \times L^2}{8} = \frac{2,11 \times 4,3^2}{8} = 4,88 \text{ KN.m}$$

$$M_{y\text{sd}} \leq M_{y\text{rd}} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$W_{ply} \geq M_{y\text{rd}} = \frac{4,88 \times 1,1 \times 10^6}{235}$$

$$W_{ply} \geq 22,84 \times 10^3 \text{ mm}^3$$



IV.1.2.3. Combinaison des charges à ELS:

$$q_1 = G + P = 0,47 + 1 = 1,47 \text{ KN/ml}$$

$$q_2 = G + S = 0,47 + 0,7 = 1,17 \text{ KN/ml}$$

$$q_3 = G + W = 0,47 - 1,8 = 1,33 \text{ KN/ml}$$

$$q_{y\text{sd}} = q_{sd} \sin \alpha = 1,47 \times \sin 8,53 = 0,22 \text{ KN/ml}$$

$$q_{z\text{sd}} = q_{sd} \cos \alpha = 1,47 \times \cos 8,53 = 1,45 \text{ KN/ml}$$

IV.1.2.4. Condition de la flèche:

$$\delta \leq \delta_{\text{max}}$$

Plan (y-y) :

$$\delta_{\max} = \frac{L/2}{200} = 10,75 \text{ mm}$$

$$\frac{5 q_{ysd} \times \left(\frac{L}{2}\right)^4}{384 \times E \times I_z} \leq \frac{L/2}{200} \quad \Rightarrow \quad \frac{5 \times 0,22 \times 2150^4}{384 \times 210000 \times I_z} \leq 10,75 \text{ mm}$$

$$I_z \geq \frac{2,35 \times 10^{13}}{80,64 \times 10^6 \times 10,75} = 2,71 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Plan (z-z) :

$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = 21,5 \text{ mm}$$

$$\frac{5 q_{zsd} \times L^4}{384 \times E \times I_y} \leq \frac{L}{200} \quad \Rightarrow \quad \frac{5 \times 1,45 \times 4300^4}{384 \times 210000 \times I_y} \leq 21,5 \text{ mm}$$

$$I_y \geq \frac{2,48 \times 10^{15}}{80,64 \times 10^6 \times 21,5} = 143,04 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Donc : Le profilé qui satisfait les deux conditions à l'ELU et l'ELS est un IPE 100

Caractéristiques du profilé IPE 100 :

	G (Kg/m)	A × 10 ² (mm ²)	h (mm)	b (mm)	d (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _z × 10 ⁴ (mm ⁴)
Profilé IPE 100	8,1	10,3	100	55	74,6	5,7	4,1	171	15,9
	I _t × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _w × 10 ⁹ (mm ⁶)	W _{ply} × 10 ³ (mm ⁶)		W _{plz} × 10 ³ (mm ⁶)		laminé à chaud		
	1,2	0,35	39,4		9,2				

Tableau IV.1. Caractéristiques du profilé IPE 100

IV.1.3. Classe de la section transversale :

Classe de l'âme fléchie :

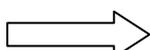
$$\frac{d}{t_w} = \frac{74,6}{4,1} = 18,2 \leq 72\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc : l'âme est de classe I

Classe de la semelle comprimée :

$$\frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} = \frac{27,5}{5,7} = 4,82 \leq 10\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc : la semelle est de classe I

 La section du IPE 100 est de classe I

IV.1.4. Vérifications à ELS :**IV.1.4.1. Condition de flèche avec poids propre inclus :**

$$q_{\max} = G + P = 0,17 \times 2 + 0,087 + 1 = 1,44$$

$$q_{ysd} = q_{\max} \times \sin \alpha = 1,44 \times \sin 8,53 = 0,21 \text{ kN/ml}$$

$$q_{zsd} = q_{\max} \times \cos \alpha = 1,44 \times \cos 8,53 = 1,42 \text{ kN/ml}$$

Plan (z-z) :

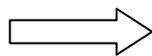
$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = 21,5 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{5 q_{zsd} \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1,44 \times 4300^4}{384 \times 210000 \times 171 \times 10^4} = 17,85 \text{ mm} \leq 21,5 \text{ mm}$$

Plan (y-y) :

$$\delta_{\max} = \frac{L/2}{200} = 10,75 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{5 q_{ysd} \times \left(\frac{L}{2}\right)^4}{384 \times E \times I_z} = \frac{5 \times 0,21 \times 2150^4}{384 \times 210000 \times 15,9 \times 10^4} = 1,75 \text{ mm} < 10,75 \text{ mm}$$



La condition de flèche est vérifiée

IV.1.5. Vérifications à ELU :**IV.1.5.1. Vérification à la flexion :**

$$\left(\frac{M_{ysd}}{M_{ny rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{zsd}}{M_{nz rd}} \right)^\beta \leq 1$$

Avec :

$\alpha = 2$ et $\beta = 1$: Pour les profilés en I, des sections de classe 1

$$M_{ny rd} = M_{ply rd} \frac{1 - n}{1 - 0,5 a} \quad \text{avec :} \quad a = \min \left[\frac{A_w}{A} ; 0,5 \right] \quad \text{et} \quad A_w = A - 2bt_f$$

$$A_w = 10,3 \times 10^2 - 2 [55 \times 5,7] = 403 \quad a = \min [0,39 ; 0,5] = 0,39$$

$$n = \frac{N_{sd}}{N_{pl rd}} = 0 \quad \text{car :} \quad N_{sd} = 0$$

$$M_{nz rd} = M_{plz rd}$$

Calcul des moments sollicitants :

$$q_{\max} = 1,35 G + 1,5 P = 1,35 (0,17 \times 2 + 0,087) + 1,5 \times 1 = 2,08 \text{ KN /ml}$$

$$q_{y\text{sd}} = q_{\max} \times \sin \alpha = 2,08 \times \sin 8,53 = 0,31 \text{ kN /ml}$$

$$q_{z\text{sd}} = q_{\max} \times \cos \alpha = 2,08 \times \cos 8,53 = 2,06 \text{ kN /ml}$$

$$M_{y\text{sd}} = \frac{q_{z\text{sd}} \times L^2}{8} = \frac{2,06 \times 4,3^2}{8} = 4,76 \text{ KN.m}$$

$$M_{z\text{sd}} = \frac{q_{y\text{sd}} \times \left(\frac{L}{2}\right)^2}{8} = \frac{0,31 \times 2,15^2}{8} = 0,18 \text{ KN.m}$$

$$M_{ny\text{rd}} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{m0}} \times \frac{1}{1 - 0,5 a} = \frac{39,4 \times 10^3 \times 235}{1,1} \times \frac{1}{1 - 0,5 \times 0,39}$$

$$M_{ny\text{rd}} = 10,44 \text{ KN.m}$$

$$M_{nz\text{rd}} = \frac{W_{plz} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{9,2 \times 10^3 \times 235}{1,1}$$

$$M_{nz\text{rd}} = 1,97 \text{ KN.m}$$

$$\left(\frac{4,76}{10,44}\right)^2 + \left(\frac{0,18}{1,97}\right) = 0,31 < 1 \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

IV.1.5.2. Vérification au cisaillement :

$$\frac{d}{tw} = \frac{74,6}{4,1} = 18,2 \leq 69\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc, Il n'est pas nécessaire de vérifier le voilement par cisaillement.

IV.1.5.3. Vérification au déversement:

Le déversement est un phénomène d'instabilité qui désigne un flambement latéral du profilé et une rotation de la section transversale.

$$M_{\text{sd}} \leq M_{\text{brd}}$$

$$M_{\text{brd}} = \frac{\chi_{LT} \times \beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \quad ; \quad \text{Pour les sections de classe 1} \quad ; \quad \gamma_{M1} = 1,1$$

$$\chi_{LT} : \text{coefficient de réduction} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

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

$$\alpha_{LT} = 0,21 \quad : \text{Pour les profilés laminés}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda_{LT}}{93,9\epsilon} = \frac{\lambda_{LT}}{93,9}$$

$$\lambda_{LT} = \frac{L \times \left[\frac{W_{ply}^2}{I_z \times I_w} \right]^{0,25}}{C_1^{0,5} \times \left[1 + \frac{L^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_w} \right]^{0,25}}$$

$$c_1 = \text{Facteur dépendant des conditions de charge et d'encastrement} = 1,132$$

$$G = 80,8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

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

I_t : Moment d'inertie de torsion

I_w : Moment d'inertie de gauchissement

$$\Rightarrow \lambda_{LT} = 83,7$$

donc :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{83,7}{93,9} = 0,89 ; \quad \phi_{LT} = 0,968 ; \quad \chi_{LT} = 0,74$$

$$M_{b\text{rd}} = \frac{0,74 \times 1 \times 60700 \times 235}{1,1} = 39,2 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 4,92 \text{ KN.m} < M_{b\text{rd}} = 9,6 \text{ KN.m}$$

... .. la stabilité au déversement est vérifiée

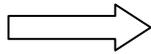
IV.1.6. Stabilité au flambement de la semelle comprimée dans le plan de l'âme :

$$\frac{d}{tw} \leq K \times \frac{E}{f_{yt}} \times \sqrt{A_w/A_{fc}}$$

A_w : aire de l'âme	$A_{fc} = b \times t_f$: aire de la semelle comprimée	E : module d'élasticité	f_{yt} : limite d'élasticité de la semelle comprimée	K : Coefficient pour semelle de classe 1
513,6 mm ²	403,2 mm ²	210000 M _{pa}	235 M _{pa}	0,3

$$\frac{d}{tw} = \frac{93,4}{4,4} = 21,23$$

$$K \times \frac{E}{f_{yt}} \times \sqrt{A_w/A_{fc}} = 0,3 \times \frac{210000}{235} \times \sqrt{513,6/403,2} = 302,57 > 21,23$$



... .. condition vérifiée

IV.1.7. Conclusion :

Le profilé IPE 100 convient pour les pannes.

IV.2. Calcul des liernes :

Les liernes sont des tirants formés généralement de barres rondes et fonctionnent en traction, leur rôle est d'éviter la déformation latérale des pannes.

$$q_{ysd} = 0,32 \text{ KN/ml}$$

$$R = 1,25 \times q_{ysd} \times L/2$$

$$R = 1,25 \times 0,32 \times 2,15 = 0,86 \text{ KN}$$

$$T_1 = R/2 = 0,43 \text{ KN}$$

$$T_2 = R + T_1 = 1,29 \text{ kN}$$

$$T_3 = R + T_2 = 2,15 \text{ kN}$$

$$T_4 = R + T_3 = 3 \text{ kN}$$

$$2T_5 \sin \theta = \arctg 2 / 2,15 = 42,93^\circ$$

$$T_5 = T_4 / 2 \sin \theta = 3 / 2 \sin 42,93 = 2,2 \text{ KN}$$

$$T_{max} = T_4 = 3 \text{ KN}$$

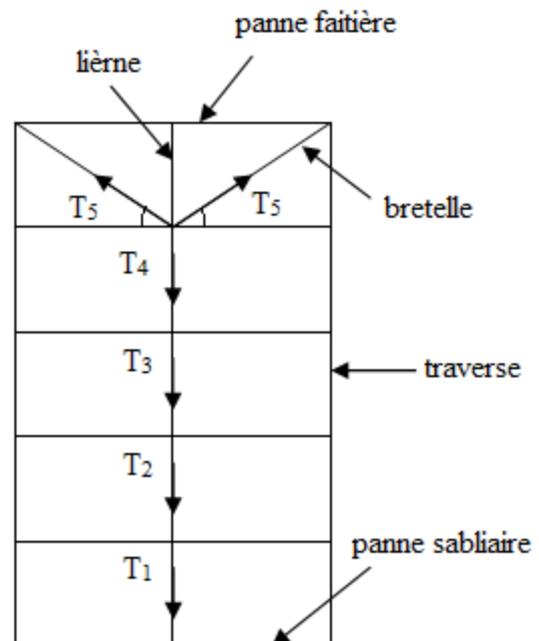


Figure IV.4. Liernes

IV.2.1. Dimensionnement des liernes tendus :

$$N_{sd} \leq N_{pl rd}$$

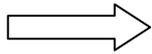
Avec :

$$N_{sd} = 3 \text{ KN}$$

$$N_{pl,rd} = \frac{A_s \times f_y}{\gamma_{m0}} \quad A_s \geq \frac{3 \times 10^3 \times 1,1}{235} = 14,04 \text{ mm}^2$$

Soit une barre ronde de diamètre \emptyset

$$A = \frac{\pi \emptyset^2}{4} \quad \emptyset = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{14,04 \times 4}{3,14}} = 4,23 \text{ mm}$$



On prend une barre de $\emptyset = 10 \text{ mm}$

IV.3. Calcul de l'échantignolle :

On peut ne pas dimensionner l'élément échantignolle on ajoutant un raidisseur qui relie les deux extrémités de cet élément.

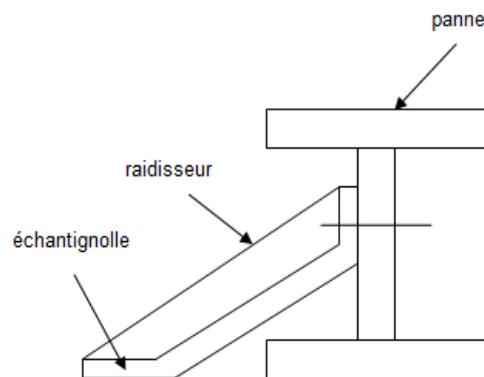


Figure IV.5. Échantignolle

IV.4. Calcul des lisses de bardages :

Les lisses de bardages utilisées sont des profilés UAP disposées horizontalement et portent sur les poteaux de portique et sur les potelets intermédiaires. Elles sont destinées à reprendre les efforts du vent sur le bardage en présentant leur inertie dans le plan horizontal.

Les lisses de bardages sont calculées pour résister à leur poids propre, au poids de la couverture, et les surcharges du vent

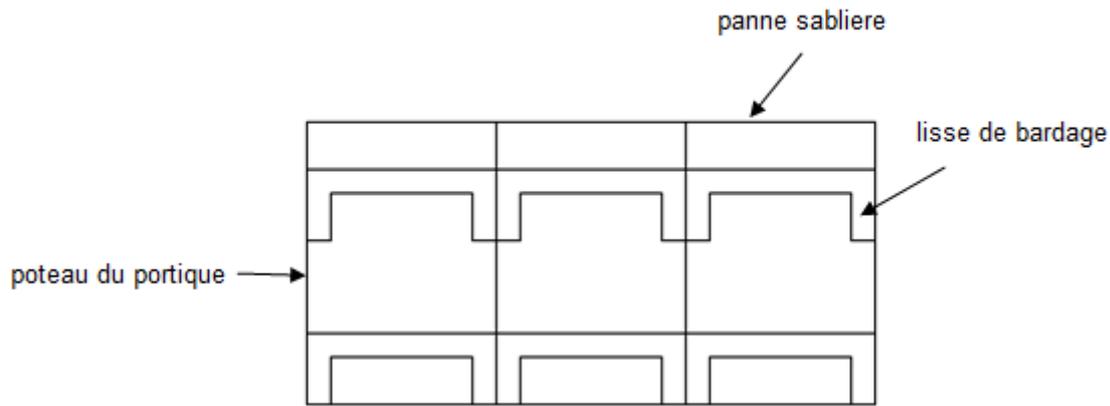


Figure IV.6. Lisses de bardage

Espacement entre lisses = 1,6 m

Hauteur du poteau = 6,43 m \Rightarrow $6,43 / 1,6 = 4$ lisses

IV.4.1. Evaluation des charges et surcharges :

IV.4.1.1. Charge permanente (G) :

Poids du panneau sandwich + accessoires de pose : 0,17 KN /m²

Poids propre de la lisse de bardage (UAP100) : 0,105 KN /m

$G = 0,17 \times 1,6 + 0,105 = 0,376$ KN /ml

IV.4.1.2. Surcharge de vent (W) :

$W = 0,71 \times 1,6 = 1,14$ KN /ml

Caractéristiques du profilé UAP 130 :

Profilé UAP 130	G (Kg /m)	$A \times 10^2$ (mm ²)	h (mm)	b (mm)	d (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	$I_y \times 10^4$ (mm ⁴)	$I_z \times 10^4$ (mm ⁴)
	13,7	17,5	130	55	92	9,5	6	459,6	51,34
	$I_t \times 10^4$ (mm ⁴)	$I_w \times 10^9$ (mm ⁶)	$W_{ply} \times 10^3$ (mm ⁶)		$W_{plz} \times 10^3$ (mm ⁶)		laminé à froid		
4,15	1,22	83,51		25,55					

Tableau IV.2. Caractéristiques du profilé UAP 130

IV.4.2.Vérification à ELS (condition de flèche) :

$$q = G + W = 0,376 + 1,14 = 1,52 \text{ KN /ml}$$

$$f \leq f_{ad}$$

Plan (z-z) :

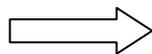
$$f_{ad} = \frac{L}{200} = 30 \text{ mm}$$

$$f = \frac{5 W \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 1,136 \times 6000^4}{384 \times 210000 \times 459,6 \times 10^4} = 19,86 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm}$$

Plan (y-y) :

$$f_{ad} = \frac{L/2}{200} = 15 \text{ mm}$$

$$f = \frac{2,05 \times G \times (\frac{L}{2})^4}{384 \times E \times I_z} = \frac{2,05 \times 0,376 \times 3000^4}{384 \times 210000 \times 51,34 \times 10^4} = 2,36 \text{ mm} < 15 \text{ mm}$$



La condition de flèche est vérifiée

IV.4.3.Vérification à ELU :

IV.4.3.1. Combinaison des charges:

$$q = 1,35 G + 1,5 W$$

$$q = 1,35 \times 0,376 + 1,5 \times 1,14 = 2,22 \text{ KN /ml}$$

IV.4.3.2. Vérification à la flexion pour les lisses des pignons :

$$\left(\frac{M_{ysd}}{M_{ply rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{zsd}}{M_{plz rd}} \right)^\beta \leq 1$$

Avec :

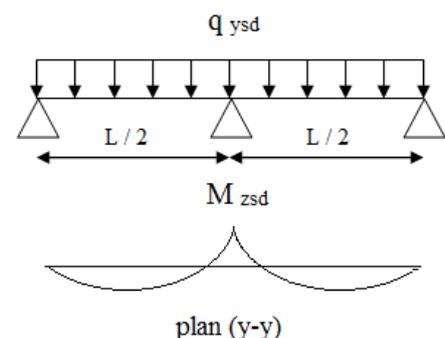
$\alpha = 2$ et $\beta = 1$: Pour les profilés en I, des sections de classe 1

Calcul des moments sollicitant :

Plan (y-y) :

$$q_{ysd} = 1,35 \times G = 1,35 \times 0,376 = 0,51 \text{ KN /ml}$$

$$M_{zsd} = \frac{q_{ysd} \times (\frac{L}{2})^2}{8} = \frac{0,51 \times 3^2}{8} = 0,57 \text{ KN.m}$$



$$M_{plz\ rd} = \frac{W_{plz} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{25,55 \times 10^3 \times 235}{1,1} = 5,46 \text{ KN.m}$$

Plan (z-z) :

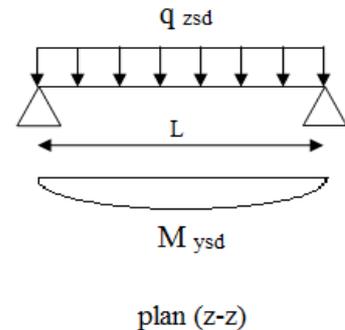
$$q_{zsd} = 1,5 \times W = 1,5 \times 1,14 = 1,71 \text{ KN /ml}$$

$$M_{ysd} = \frac{q_{zsd} \times L^2}{8} = \frac{1,71 \times 6^2}{8} = 7,7 \text{ KN.m}$$

$$M_{ply\ rd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{83,51 \times 10^3 \times 235}{1,1} = 17,84 \text{ KN.m}$$

$$\left(\frac{7,7}{17,84}\right)^2 + \left(\frac{0,57}{5,46}\right) = 0,3$$

< 1 condition vérifiée



IV.4.3.2. Vérification au déversement :

Il n'y a pas lieu de vérifier le déversement puisque la semelle comprimée est soutenue latéralement sur toute sa longueur.

IV.4.4.Conclusion :

Les profilés UAP 130 sont vérifiés pour le dimensionnement des lisses de bardages.

IV.5. Calcul des liernes :

$$T = 1,35 \times G \times S$$

Avec :

$$S : \text{surface chargée en zone des liernes} = 6,43 \times 2,15 = 13,82 \text{ m}^2$$

$$G = 0,17 + 0,104 / 1,6 = 0,235 \text{ KN / m}^2$$

$$\Rightarrow T = 1,35 \times 0,235 \times 13,82 = 4,38 \text{ KN}$$

$$A \geq \frac{T \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{4,38 \times 1000 \times 1,1}{235} \quad A \geq 20,5 \text{ mm}^2$$

Soit une barre ronde de diamètre \varnothing :

$$A = \frac{\pi \varnothing^2}{4} \geq 20,5 \quad \varnothing = \sqrt{\frac{20,5 \times 4}{3,14}} = 5,11 \text{ mm}$$

\Rightarrow On prend une barre de $\varnothing = 10 \text{ mm}$

IV.6. Calcul des potelets :

Les potelets sont des profilés laminés en I ou en H destinés à rigidifier le bardage et à résister aux efforts horizontaux du vent.

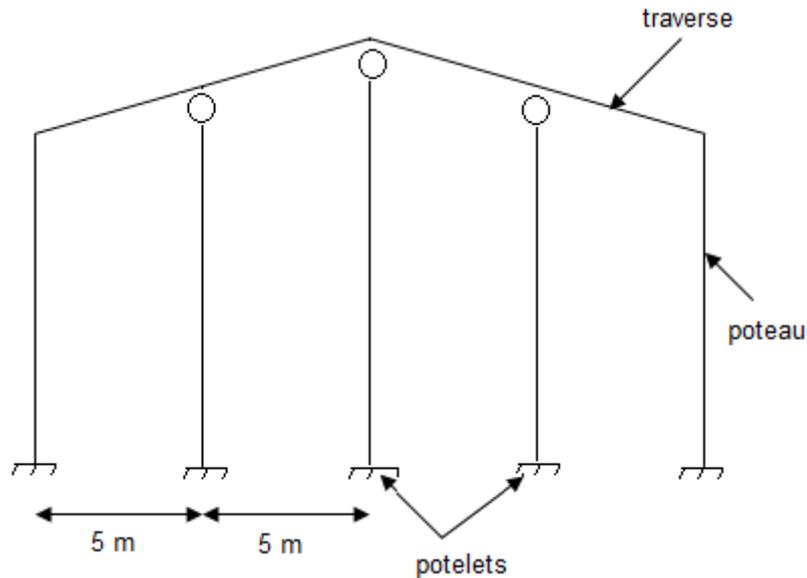


Figure IV.7. potelets

IV.6.1. Calcul des charges et surcharges :

IV.6.1.1. Charge permanente (G) :

Poids propre du bardage : $0,17 \text{ KN/m}^2$

Poids propre de la lisse (IPE120) : $0,104 \text{ KN/ml}$

Longueur de la lisse (pignon) : 5 m

On a 4 lisses supportées par potelets donc :

$$G = 0,17 \times 7,93 \times 5 + 0,104 \times 5 \times 4 = 8,82 \text{ KN (potelet le plus sollicité)}$$

IV.6.1.2. Surcharge climatique :

$$W = 0,61 \times 5 = 3 \text{ KN/ml}$$

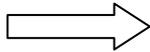
IV.6.2. Dimensionnement du potelet :

$$f_z \leq f_{ad}$$

$$f_{ad} = \frac{L}{200} = \frac{7,93 \times 10^3}{200} = 39,65 \text{ mm}$$

$$f_z = \frac{5 W \times L^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 3 \times 7930^4}{384 \times 210000 \times I_y} \leq 39,65 \text{ mm}$$

donc : $I_y \geq 18,86 \times 10^6 \text{ mm}^4$



Le choix du profilé est un IPE 240

Caractéristiques du profilé IPE 240 :

	G (Kg/m)	A × 10 ² (mm ²)	h (mm)	b (mm)	d (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _z × 10 ⁴ (mm ⁴)
Profilé IPE 240	36,1	45,9	270	135	219,6	10,2	6,6	5790	420
	I _t × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _w × 10 ⁹ (mm ⁶)	W _{ply} × 10 ³ (mm ⁶)		W _{plz} × 10 ³ (mm ⁶)		laminé à chaud		
	15,9	70,6	484		97				

Tableau IV.3. Caractéristiques du profilé IPE 240

IV.6.3. Classe de la section transversale :

Classe de l'âme fléchie :

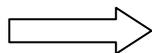
$$\frac{d}{t_w} = \frac{219,6}{6,6} = 33,27 \leq 72\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc : l'âme est de classe I

Classe de la semelle comprimée :

$$\frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} = \frac{67,5}{10,2} = 6,62 \leq 10\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc : la semelle est de classe I



La section de l'IPE 240 est de classe I

IV.6.4. Incidence de l'effort normale :

$$N_{sd} \leq \min (0,25 N_{pl rd} ; 0,5 \frac{A_w f_y}{\gamma_{M0}})$$

$$N_{sd} = 1,35 \times G = 1,35 \times 8,82 = 11,9 \text{ KN}$$

$$N_{pl rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{45,9 \times 10^2 \times 235}{1,1} = 980,59 \text{ KN}$$

$$A_w = A - 2bt_f = 4590 - 2 \times 135 \times 10,2 = 1836 \text{ mm}^2$$

$$\min \left(0,25 N_{pl\,rd} ; 0,5 \frac{A_w f_y}{\gamma_{M0}} \right) = \min (245,15 ; 166,42) = 196,12$$

$$N_{sd} = 11,9 \text{ KN} \leq 196,12 \text{ kn}$$

⇒ On peut négliger l'incidence de l'effort normale sur le moment résistant

IV.6.5. Incidence de l'effort tranchant :

$$V_{sd} \leq 0,5 V_{plz\,rd}$$

$$V_{zsd} = \frac{1,5 \times W \times L}{2} = \frac{1,5 \times 3 \times 7,93}{2} = 17,84 \text{ KN}$$

$$V_{plz\,rd} = \frac{A_{vz} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{m0}} \quad ; \quad A_{vz} = 2210 \text{ mm}^2$$

$$V_{plz\,rd} = \frac{2210 \times (235 / \sqrt{3})}{1,1} = 272,59 \text{ kn}$$

$$V_{sd} = 17,84 \text{ KN} \leq 0,5 V_{plz\,rd} = 136,29 \text{ KN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

⇒ On peut négliger l'incidence de l'effort tranchant sur le moment résistant.

IV.6.6. Vérification de la section à la résistance :

$$M_{ysd} \leq M_{n\,rd}$$

$$M_{ysd} = \frac{q_{zsd} \times L^2}{8} = \frac{4,5 \times 7,93^2}{8} = 35,37 \text{ KN.m}$$

$$M_{n\,rd} = M_{ply\,rd} \frac{1-n}{1-0,5a} \quad \text{avec :} \quad a = \min \left[\frac{A_w}{a} ; 0,5 \right] \quad \text{et} \quad A_w = A - 2bt_f$$

$$A_w = 45,9 \times 10^2 - 2 [135 \times 10,2] = 1836 \quad a = \min [0,4 ; 0,5] = 0,4$$

$$n = \frac{N_{sd}}{N_{pl\,rd}} = \frac{11,9}{980,59} = 0,012$$

$$M_{n\,rd} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{m0}} \times \frac{1-0,012}{1-0,5a} = \frac{484 \times 10^3 \times 235}{1,1} \times \frac{1-0,012}{1-0,5 \times 0,4} = 127,7 \text{ KN.m}$$

$$M_{ysd} = 35,57 \text{ KN.m} \leq M_{n\,rd} = 127,7 \text{ KN.m} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

IV.6.7. Vérification de résistance au flambement :

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

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

Avec :

$\beta_A = 1$: Pour les sections de classe I

$$\chi : \text{coefficient de réduction} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda}{93,9\varepsilon} = \frac{\lambda}{93,9} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i}$$

Détermination du coefficient α :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{h}{b} = \frac{270}{135} = 2 > 1,2 \text{ mm} & \text{axe (y - y): courbe a} \rightarrow \alpha = 0,21 \\ t_f = 10,2 < 40 \text{ mm} & \text{axe (z - z): courbe b} \rightarrow \alpha = 0,34 \end{array} \right.$$

Détermination de l' élancement réduit $\bar{\lambda}$:

Axe (y-y) :

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{L/\sqrt{2}}{112} = \frac{7930/1,41}{112} = 50,21 \quad \text{donc } \bar{\lambda}_y = 0,53$$

Axe (z-z) :

$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{L/\sqrt{2}}{30,2} = \frac{7930/1,41}{30,2} = 186,23 \quad \text{donc } \bar{\lambda}_z = 1,98$$

$$\Rightarrow \bar{\lambda} = \max(0,53 ; 1,98) = 1,98$$

Détermination du coefficient de réduction χ :

A partir de la courbe b, et pour $\bar{\lambda} = 1,98 \Rightarrow \chi = 0,22$

$$\text{donc : } N_{b\text{ Rd}} = \frac{0,22 \times 1 \times 4590 \times 235}{1,1} = 413,36 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow N_{sd} = 47,8 \text{ KN} < N_{b\text{ Rd}} = 215,73 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

IV.6.8. Vérification de résistance au déversement :

$$M_{sd} \leq M_{b,rd}$$

$$M_{b,rd} = \frac{\chi_{LT} \times \beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \quad ; \quad \text{Pour les sections de classe 1} \quad ; \quad \gamma_{M1} = 1,1$$

$$\chi_{LT} : \text{coefficient de réduction} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

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

$$\alpha_{LT} = 0,21 \quad ; \quad \text{Pour les profilés laminés}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda_{LT}}{93,9\epsilon} = \frac{\lambda_{LT}}{93,9}$$

$$\lambda_{LT} = \frac{L \times \left[\frac{W_{ply}^2}{I_z \times I_w} \right]^{0,25}}{C_1^{0,5} \times \left[1 + \frac{L^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_w} \right]^{0,25}}$$

$$c_1 = \text{Facteur dépendant des conditions de charge et d'encastrement} = 1,132$$

$$G = 80,8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \lambda_{LT} = 139,07$$

donc :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{139,07}{93,9} = 1,48 ; \quad \phi_{LT} = 1,73 ; \quad \chi_{LT} = 0,38$$

$$M_{b,rd} = \frac{0,38 \times 1 \times 484000 \times 235}{1,1} = 39,29 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 35,37 \text{ KN.m} < M_{b,rd} = 39,29 \text{ KN.m} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

Chapitre V : Etude sismique

V.1. Introduction :

Le séisme est un phénomène naturel terrestre provoquant des vibrations en surface du sol, il provient de la fracturation des roches en profondeur due à une grande accumulation d'énergie et résulte des dommages environnementaux et matériels.

Pour cela, l'étude sismique par l'ingénieur est une étape très importante dans le domaine de la construction des bâtiments à fin de rendre la structure résistante aux efforts sismiques et assurer sa stabilité.

Le règlement parasismique « RPA99 » nous permet de faire cette étude suivant l'une de ces trois méthodes :

- La méthode statique équivalente.
- La méthode d'analyse modale spectrale.
- La méthode d'analyse dynamique par accélérographe.

Les conditions de la méthode statique équivalente sont vérifiées pour le cas de cette structure, mais puisque la méthode d'analyse modale spectrale peut être utilisée dans tous les cas d'après le « RPA99 » et elle est dotée par la facilité du calcul, le choix est porté sur cette méthode.

V.2. Principe de la méthode d'analyse modale spectrale :

Le principe de cette méthode est basé sur le calcul des modes propres de vibrations de la structure à fin de déterminer les effets extrêmes engendrés par l'action sismique. Ces modes dépendent de la masse de la structure, de son effet d'amortissement et de ses forces d'inertie à travers un spectre de réponse de calcul.

V.3. spectre de réponse de calcul

D'après le règlement RPA99 l'action sismique est représentée par le spectre suivant :

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1,25 A \left(1 + \frac{T}{T_1} \left(2,5 \eta \frac{Q}{R} - 1\right)\right) & \dots\dots\dots 0 \leq T \leq T_1 \\ 2,5 \eta \left(1,25 A\right) \left(\frac{Q}{R}\right) & \dots\dots\dots T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2,5 \eta \left(1,25 A\right) \left(\frac{Q}{R}\right) \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & \dots\dots\dots T_2 \leq T \leq 3,0 \text{ s} \\ 2,5 \eta \left(1,25 A\right) \left(\frac{Q}{R}\right) \left(\frac{T_2}{3}\right)^{2/3} \left(\frac{3}{T}\right)^{5/3} & \dots\dots\dots T > 3,0 \text{ s} \end{cases}$$

Zone sismique	Classification de l'ouvrage	Système de contreventement	Type d'acier	Catégorie du site
II a (sismicité moyenne)	1B (Ouvrages de grande importance)	Portiques en acier sans remplissage en maçonnerie, contreventée par palées triangulées en X	Acier dense	Site meuble (S3)
A = 0,2		R = 4 C _t = 0,085	ξ = 5 %	T ₁ = 0,15 s T ₂ = 0,50 s

Tableau V.1. Caractéristiques sismiques de l'ouvrage

Avec :

A : coefficient d'accélération de zone, donné suivant la zone sismique et le groupe d'usage du bâtiment

R : coefficient de comportement global de la structure

η : facteur de correction d'amortissement = $\sqrt{\frac{7}{(2+\xi)}} \geq 0,7 \implies \eta = 1$

ξ: Pourcentage d'amortissement critique

Q : facteur de qualité = $1 + \sum_1^5 Pq$. Il est retiré depuis le tableau suivant :

Critère « q »	Pq
Conditions minimales sur les files de contreventement	0,05
Redondance en plan	0,05
Régularité en plan	0
Régularité en élévation	0
Contrôle de la qualité des matériaux	0
Contrôle de la qualité de l'exécution	0,1
$\sum Pq$	0,2

Tableau V.2. Valeurs correspondantes aux critères « q »

Remarque :

La valeur « 0 » indique les critères qui sont observées lors des travaux de construction du bâtiment.

Donc : Q = 1 + 0,2 = 1,2

V.4. Analyse dynamique de la structure :

Elle permet de déterminer les efforts et les déplacements maximums d'une structure lors d'un séisme par l'étude de son comportement en vibrations libres non amorties tenant compte de ses caractéristiques dynamiques propres.

V.5. modélisation de la structure :

La modélisation de la structure a été faite par le logiciel SAP2000 selon les étapes suivantes :

- Choisir un système d'unités (kN ; m).
- Définition de la géométrie de base (coordonnées : X ; Y ; Z).
- Définition des matériaux.
- Définition des sections :

Eléments du l'hangar métallique	Section du profilé
Poteaux	HEA 140
Traverses	HEA 240
pannes	IPE 120
contreventements	2 × L45×45×6

Tableau V.3. Éléments d'hangar métallique

- Définition des charges à appliquer.
- Introduction du spectre de réponse.
- Définition des combinaisons des charges.
- Définition des conditions aux limites.
- Analyse numérique de la structure.

V.6. Analyse modale :

L'analyse modale spectrale désigne la méthode de calcul des effets maximums d'un séisme sur une structure, elle est caractérisée par une sollicitation sismique décrite sous forme d'un spectre de réponse.

Le spectre est caractérisé par les données suivantes :

- Zone : II a
- Groupe d'usage : 1B
- Coefficient de comportement : 4
- Amortissement $\xi = 5 \%$
- Facteur de qualité 1,2
- Site meuble S3

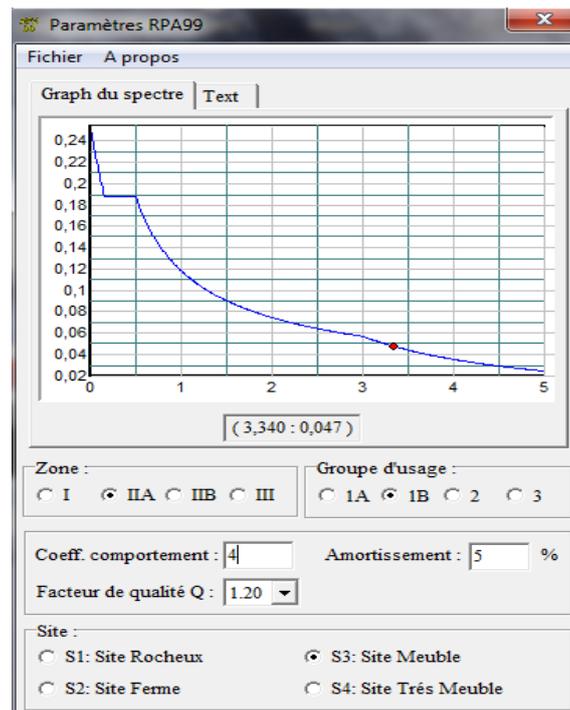


Figure V.1. Spectre de réponse

V.7. Vérification de la structure :

La valeur de T calculé par le logiciel SAP 2000 ne doit pas dépasser celle estimée à partir de la formule empirique appropriée de plus de 30 %.

V.7.1. vérification de la période fondamentale de la structure :

$T = 0,27$ s. (SAP 2000).

La période empirique est donnée par la formule suivante : $T = C_t \times h_n^{\frac{3}{4}}$.

Avec :

C_t : coefficient dépend du système de contreventement et du type de remplissage.

D'après le « RPA99 » : $C_t = 0,085$ (portique auto stable en acier sans remplissage en maçonnerie).

h_n : est la hauteur maximale entre la base de la structure jusqu'au point le plus haut.

$$h_n = 7,93 \text{ m}$$

$$\Rightarrow T = 0,085 \times 7,93^{\frac{3}{4}} = 0,4 \text{ s} < T + 30 \% T = 0,523 \text{ s}$$

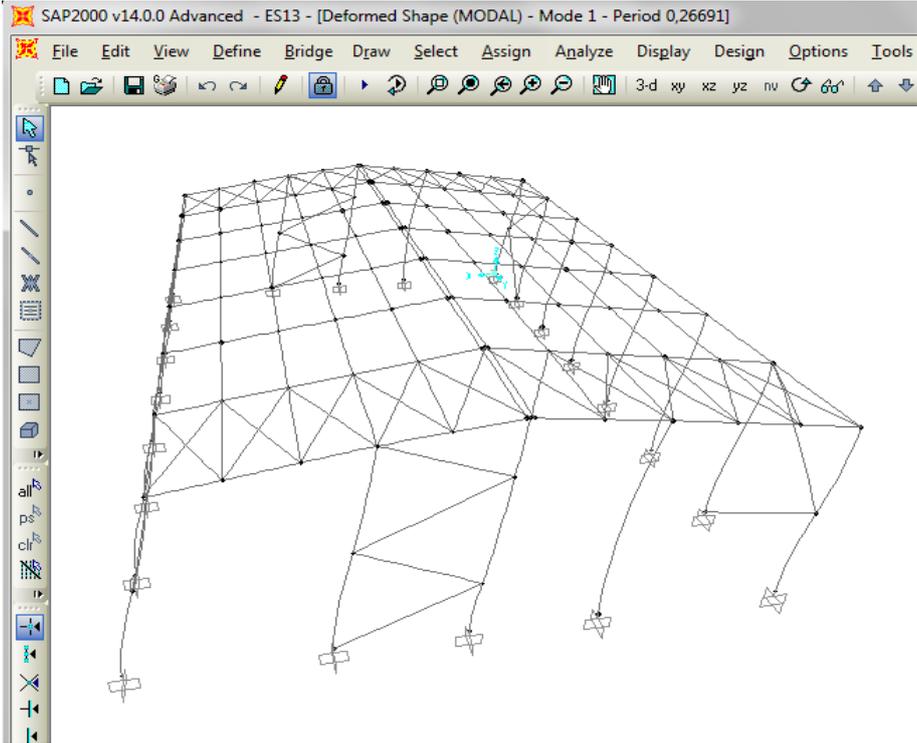


Figure V.2. Premier mode propre de vibration.

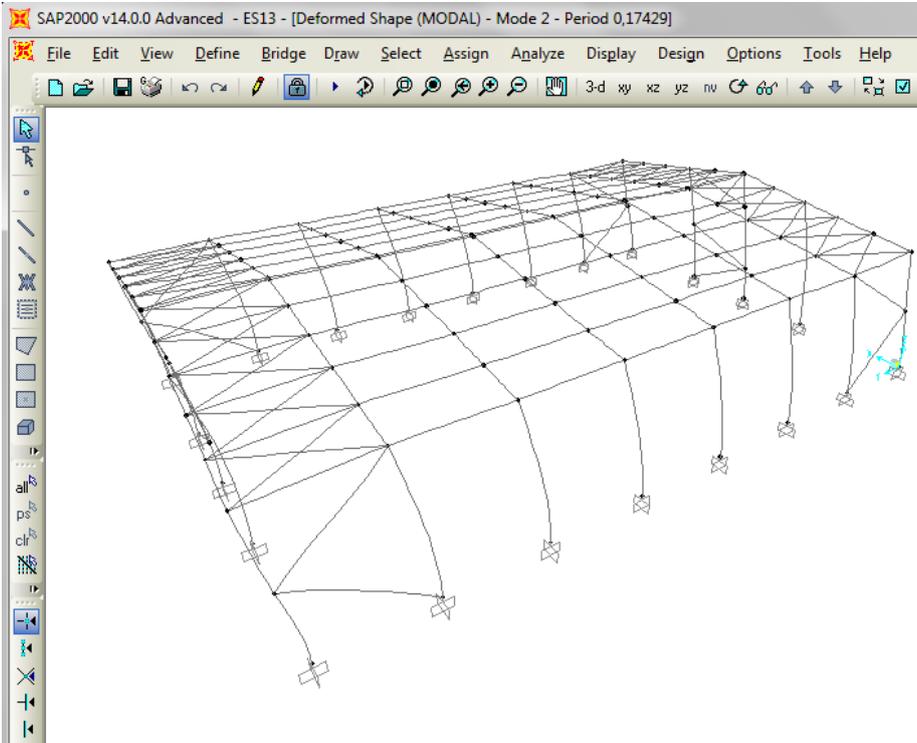


Figure V.3. Deuxième mode propre de vibration

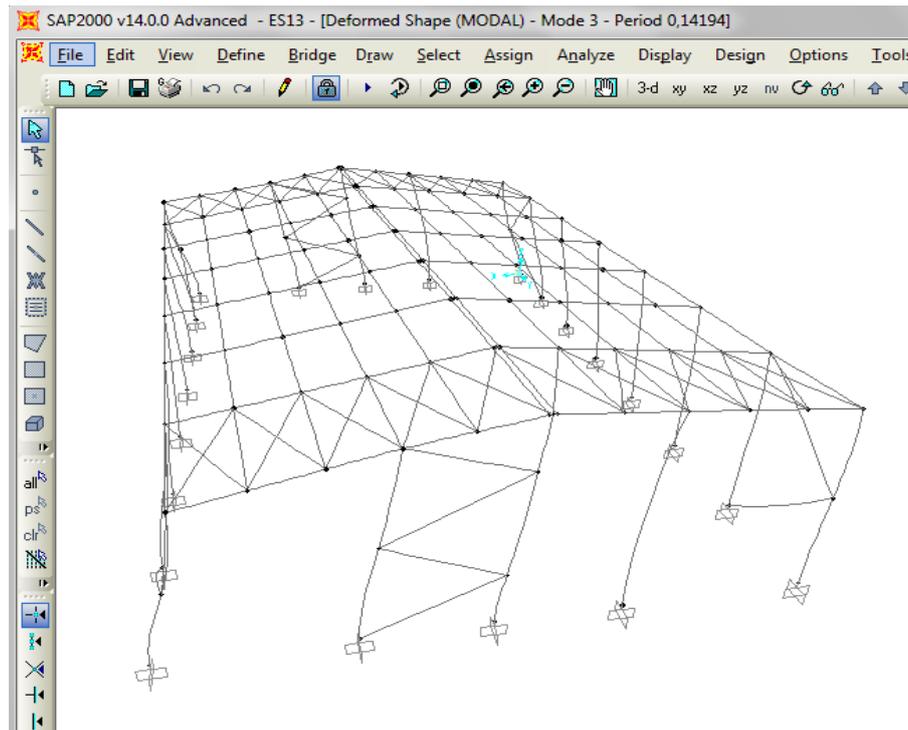


Figure V.4. Troisième mode propre de vibration

V.7.2. Vérification de la force sismique à la base :

$$V_t > 0,8V$$

Avec :

Effort sismique dans le sens (X) : $V_t = 54,13$ kN

Effort sismique dans le sens (Y) : $V_t = 53,81$ kN

$$V = \frac{A \times D \times Q}{R} \times W$$

W : Poids propre de la structure, d'après le SAP 2000 = 257 kN

On a: $0 \leq T = 0,27 \text{ s} \leq T_2 = 0,5 \text{ s}$ donc : $D = 2,5 \times \eta = 2,5 \times 1$

$$V = \frac{0,2 \times 2,5 \times 1,2}{4} \times 257 = 38,55 \text{ KN}$$

	Vt (KN)	V (kN)	80% V(KN)	Vt > 80% V
Vx (KN)	54,13	38,55	30,84	vérifiée
Vy (KN)	53,81	38,55	30,84	vérifiée

V.7.3. vérification des déplacements :

Le déplacement horizontal à chaque niveau (k) est calculé par la formule suivante :

$$\delta_k = R \times \delta_{ek} < 0,01 \times H$$

Avec :

δ_{ek} : déplacement dû aux forces sismiques (d'après le SAP 2000).

R : coefficient de comportement = 4

$$\Rightarrow 0,01 \times H = 0,01 \times 7,93 \text{ m} = 7,93 \text{ cm}$$

Déplacement selon le sens X-X :

$$\delta_{ek} = 1,38 \text{ cm}$$

$$\delta_k = 4 \times 1,38 = 5,52 \text{ cm} < 6,43 \text{ cm} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

Déplacement selon le sens Y-Y :

$$\delta_{ek} = 0,76 \text{ cm}$$

$$\delta_k = 4 \times 0,76 = 3,04 \text{ cm} < 6,43 \text{ cm} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

V.7.4. Conclusion :

La condition des déplacements est vérifiée dans les deux sens (X-X) et (Y-Y).

Chapitre VI : Dimensionnement des éléments structuraux

VI.1. Introduction :

Le dimensionnement d'une structure nécessite l'application des principes définissant la vérification à effectuer pour assurer la stabilité des ses éléments, en tenant compte toutes les combinaisons des charges et surcharges sollicitant les portiques.

Le calcul de ces éléments est fait selon le règlement « CCM97 ».

VI.2. Justification des poteaux HEA 200 :

VI.2.1. Caractéristiques du profilé:

	G (Kg /m)	A × 10 ² (mm ²)	h (mm)	b (mm)	d (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _z × 10 ⁴ (mm ⁴)
Profilé HEA 200	42,3	53,8	190	200	134	10	6,5	3692	1336
	I _t × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _w × 10 ⁹ (mm ⁶)	W _{ply} × 10 ³ (mm ⁶)		W _{plz} × 10 ³ (mm ⁶)		laminé à chaud		
	47,59	108	429,5		203,8				

Tableau VI.1. Caractéristiques du profilé HEA 200

$$M_{sd} = 71,48 \text{ KN.m}$$

$$N_{sd} = 82,92 \text{ KN}$$

VI.2.2. Classe de la section transversale :

Classe de l'âme fléchie :

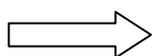
$$\frac{d}{t_w} = \frac{134}{6,5} = 20,61 \leq 33\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc : l'âme est de classe I

Classe de la semelle comprimée :

$$\frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} = \frac{100}{10} = 10 \leq 10\varepsilon \quad \text{avec : } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$$

Donc : la semelle est de classe I



La section du HEA 200 est de classe I

VI.2.3. Condition de résistance « moment fléchissant+effort normal » avec un risque de déversement :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y, sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Avec :

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \quad \text{mais :} \quad k_{LT} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \times \bar{\lambda}_z \times \beta_{MLT} - 0,15 \quad \text{mais :} \quad \mu_y \leq 0,9$$

β_{MLT} : facteur de moment uniforme équivalent pour le déversement

$$\chi_z = \chi_{LT}$$

On prend $k_{LT} = 1$

VI.2.3.1. Détermination du coefficient de réduction χ_z :

$$\bar{\lambda} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda}{93,9 \varepsilon} = \frac{\lambda}{93,9}$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i}$$

Détermination du coefficient α :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{h}{b} = \frac{190}{200} = 0,95 < 1,2 \text{ mm} & \text{axe (y - y): courbe b} \rightarrow \alpha = 0,34 \\ t_f = 10 < 100 \text{ mm} & \text{axe (z - z): courbe c} \rightarrow \alpha = 0,49 \end{array} \right.$$

VI.2.3.2. détermination de l'élancement réduit $\bar{\lambda}$ pour l'axe (Z-Z) :

Axe (z-z) :

$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{0,5L}{49,8} = \frac{0,5 \times (6430/2)}{49,8} = 32,28 \quad \text{donc} \quad \bar{\lambda}_z = 0,34$$

A partir de la courbe c , et pour $\bar{\lambda} = 0,34$ \Rightarrow $\chi_z = 0,93$

Donc :

$$\frac{82,92 \times 1000}{0,93 \cdot \frac{235 \times 5380}{1,1}} + \frac{1 \times 71,48 \times 10^6}{0,93 \cdot \frac{235 \times 429,5 \times 10^3}{1,1}} = 0,84 \leq 1 \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VI.2.4. Vérification au flambement :

$$N_{sd} \leq N_{bRd}$$

$$N_{bRd} = \frac{\chi \times \beta_A \times A \times f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$\beta_A = 1$: Pour les sections de classe I

$$\chi : \text{coefficient de réduction} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda}{93,9\varepsilon} = \frac{\lambda}{93,9} = \max(\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z)$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i}$$

VI.2.4.1. détermination du coefficient α :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{h}{b} = \frac{133}{140} = 0,95 < 1,2 \text{ mm} & \text{axe (y-y): courbe b} \rightarrow \alpha = 0,34 \\ t_f = 8,5 < 100 \text{ mm} & \text{axe (z-z): courbe c} \rightarrow \alpha = 0,49 \end{array} \right.$$

VI.2.4.2. détermination de l'élancement réduit $\bar{\lambda}$:

Axe (y-y) :

$$\lambda_y = \frac{l_f}{i_y} = \frac{0,5L}{82,8} = \frac{0,5 \times 6430}{82,8} = 38,83 \quad \text{donc } \bar{\lambda}_y = 0,41$$

Axe (z-z) :

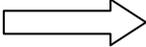
$$\lambda_z = \frac{l_f}{i_z} = \frac{0,5L}{49,8} = \frac{0,5 \times 6430}{49,8} = 64,56 \quad \text{donc } \bar{\lambda}_z = 0,67$$

$$\Rightarrow \bar{\lambda} = \max(0,41 ; 0,67) = 0,67$$

VI.2.4.3. Détermination du coefficient de réduction χ :

A partir de la courbe c , et pour $\bar{\lambda} = 0,97 \Rightarrow \chi = 0,74$

$$\text{donc : } N_{bRd} = \frac{0,74 \times 1 \times 5380 \times 235}{1,1} = 375,66 \text{ KN}$$


 $N_{sd} = 82,92 \text{ KN} < N_{b,Rd} = 850,52 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$

VI.3. Justification des traverses IPE 240 :

VI.3.1. Caractéristiques du profilé:

Profilé	G (Kg/m)	A × 10 ² (mm ²)	h (mm)	b (mm)	d (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)	I _y × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _z × 10 ⁴ (mm ⁴)
IPE 240	30,7	39,1	240	120	190,4	9,8	6,2	3892	284
	I _t × 10 ⁴ (mm ⁴)	I _w × 10 ⁹ (mm ⁶)	W _{ply} × 10 ³ (mm ⁶)		W _{plz} × 10 ³ (mm ⁶)		laminé à chaud		
	12,9	37,4	367		73,9				

Tableau VI.2. Caractéristiques du profilé IPE 240

$N_{sd} = 165,05 \text{ KN}$

$M_{sd} = 34,28 \text{ KN.m}$

$V_{sd} = 8,49 \text{ KN}$

VI.3.2. Classe de la section transversale :

Classe de l'âme fléchie :

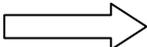
$\frac{d}{t_w} = \frac{190,4}{6,2} = 30,71 \leq 72\varepsilon$
 avec : $\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$

Donc : l'âme est de classe I

Classe de la semelle comprimée :

$\frac{c}{t_f} = \frac{b/2}{t_f} = \frac{60}{10} = 6 \leq 10\varepsilon$
 avec : $\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$

Donc : la semelle est de classe I


 La section de l'IPE 240 est de classe I

VI.3.3. Vérification de la flèche

$\delta \leq \delta_{max}$

$\delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{10000}{200} = 50 \text{ mm.}$
 et $\delta = 41 \text{ mm}$ (calculé par le SAP2000)

Donc : $\delta = 41 \text{ mm} \leq \delta_{max} = 50 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$

VI.3.4. Incidence de l'effet de l'effort tranchant sur la résistance :

$$V_{pl\ rd} = \frac{A_v \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{m0}}$$

Avec:

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

$$A_v = 3910 - (2 \times 120 \times 9,8) + (6,2 + 2 \times 12) \times 9,8$$

$$A_v = 1853,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{donc : } V_{pl\ rd} = \frac{1853,96 \times (235 / \sqrt{3})}{1,1} = 228,67 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 8,49 \text{ KN} < 0,5 \times V_{pl\ rd} = 114,37 \text{ KN}$$

Donc : les vérifications de résistances ne considèrent pas l'impact de l'effort tranchant

VI.3.5. Condition de résistance « moment fléchissant+effort normal » avec un risque de déversement :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y\ sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Avec :

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \quad \text{mais :} \quad k_{LT} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \times \bar{\lambda}_z \times \beta_{MLT} - 0,15 \quad \text{mais :} \quad \mu_y \leq 0,9$$

β_{MLT} : facteur de moment uniforme équivalent pour le déversement

On prend $k_{LT} = 1$

$$\bar{\lambda} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda}{93,9\varepsilon} = \frac{\lambda}{93,9}$$

$$\lambda_{LT} = \frac{L \times \left[\frac{W_{ply}^2}{I_z \times I_w} \right]^{0,25}}{C_1^{0,5} \times \left[1 + \frac{L^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_w} \right]^{0,25}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{LT} = \frac{67,11}{1,185} = 56,63$$

donc :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{56,63}{93,9} = 0,6 ; \quad \phi_{LT} = 0,72 ; \quad \chi_{LT} = 0,89$$

$$\frac{165,05 \times 1000}{0,89 \cdot \frac{235 \times 3910}{1,1}} + \frac{1 \times 34,28 \times 10^6}{0,89 \cdot \frac{235 \times 367 \times 10^3}{1,1}} = 0,7 \leq 1 \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VI.3.6. Vérification de résistance de la traverse au déversement :

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

$$M_{b rd} = \frac{\chi_{LT} \times \beta_w \times W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \quad : \text{Pour les sections de classe 1} \quad ; \quad \gamma_{M1} = 1,1$$

$$\chi_{LT} : \text{coefficient de réduction} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

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

$$\alpha_{LT} = 0,21 \quad : \text{Pour les profilés laminés}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \text{élancement réduit} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{\lambda_{LT}}{93,9\epsilon} = \frac{\lambda_{LT}}{93,9}$$

$$\lambda_{LT} = \frac{L \times \left[\frac{W_{ply}^2}{I_z \times I_w} \right]^{0,25}}{C_1^{0,5} \times \left[1 + \frac{L^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_w} \right]^{0,25}}$$

$$c_1 = \text{Facteur dépendant des conditions de charge et d'encastrement} = 1,132$$

$$G = 80,8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \lambda_{LT} = 56,63$$

donc :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{111,86}{93,9} = 0,6 ; \quad \phi_{LT} = 0,72 ; \quad \chi_{LT} = 0,89$$

$$M_{b rd} = \frac{0,89 \times 1 \times 367000 \times 235}{1,1} = 69,78 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 34,28 \text{ KN.m} < M_{b rd} = 69,78 \text{ KN.m} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VI.4. Justification des contreventements 2L 45×45×5 :

$$N_{sd} \leq N_{t rd} = \min (N_{pl rd} ; N_{net rd} ; N_{u rd})$$

Avec :

$$N_{sd} = 53,57 \text{ KN}$$

$$A = 430 \text{ mm}^2$$

VI.4.1. Résistance ultime:

$$N_{u,rd} = 0,9 \times \frac{A_{net} \times f_u}{1}$$

$$A_{net} = A - \sum A_{vide}$$

$$A_{vide} = d \times t = 18 \times 5 = 90 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = 430 - 90 = 340 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,rd} = 0,9 \times \frac{2 \times 340 \times 360}{1,25} = 176,26 \text{ kN}$$

VI.4.2. Résistance plastique de calcul de la section brute :

$$N_{pl,rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2 \times 430 \times 235}{1,1} = 183,73 \text{ kN}$$

VI.4.3. Résistance plastique de calcul de la section nette :

$$N_{net,rd} = \frac{A_{net} \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2 \times 340 \times 235}{1,1} = 145,27 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 53,57 \text{ KN} \leq N_{t,rd} = \min (183,73 ; 145,27 ; 176,26) \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 53,57 \text{ KN} < 145,27 \text{ KN} \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

Chapitre VII : Etude des assemblages

VII.1. Introduction :

L'assemblage des éléments d'une construction métallique est la liaison entre deux pièces et en plus par un mode d'exécution qui permet de les solidariser en assurant une bonne transmission des efforts entre eux.

Un assemblage mal conçu peut produire des sollicitations parasites et conduire à l'effondrement de la structure, de ce fait l'étude des assemblages est importante tel que le dimensionnement des différents éléments constructif.

Aujourd'hui, l'assemblage par soudure et boulonnage sont les modes les plus utilisées dans le monde grâce au multiples avantages qu'ils offrent pendant et après l'exécution.

VII.2. Assemblage boulonnés :

Le boulonnage est un moyen économique qui autorise une grande rapidité de montage sur le chantier. Il est utilisé pour la majorité d'assemblage des pièces de la construction.

On trouve deux types de boulon couramment utilisés :

VII.2.1. Boulons précontraints (HR) :

Sont des boulons pour lesquels l'effort de serrage empêche le glissement entre les pièces assemblées.

VII.2.2. Boulons ordinaires :

Les boulons ordinaires travaillent en traction et au cisaillement par butée.

VII.3. Assemblage soudés :

Le soudage est un procédé d'assemblage permanent obtenu par fusion localisée du métal des pièces à assembler dans la zone du joint, dont l'arc électrique est le mode opératoire le plus utilisé pour relier les éléments de construction en acier.

Il existe différents type de soudures :

- soudures bout à bout
- cordon d'angle
- soudures par points

VII.4. Assemblage poteau-traverse :

Cette liaison se fait à l'aide d'une platine soudée sur la semelle du poteau et à l'extrémité de la traverse avec des boulons d'attache solidarissant les deux éléments.

On ajoute aussi un renfort de jarret à fin d'augmenter la résistance à la flexion de la traverse dans la zone où le moment est très important.

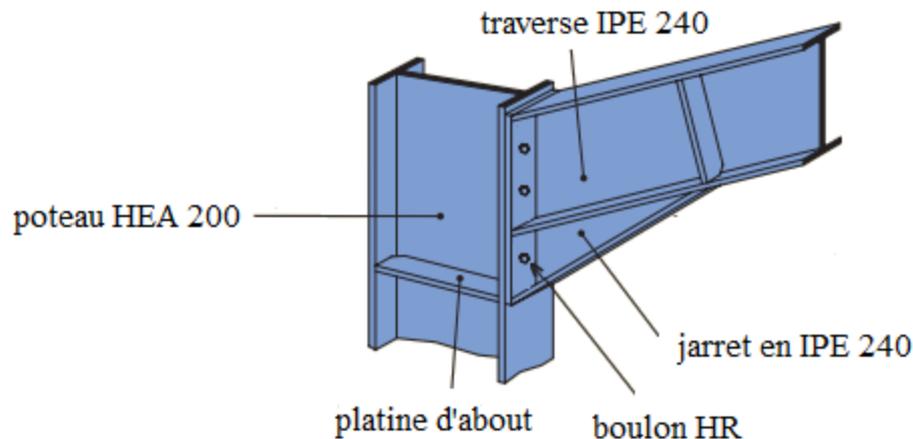


Figure VII.1. Assemblage poteau-traverse

Les efforts les plus défavorables donnés par le logiciel SAP2000 sont :

$$M_{sd} = 50,85 \text{ KN.m}$$

$$N_{sd} = 45,42 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 26,64 \text{ KN}$$

Épaisseur de la platine : $e_p = 20 \text{ mm}$

$$18\text{mm} \leq e_p \leq 25\text{mm}$$

$$\Rightarrow a_{\min} = 5 \text{ mm} \quad \text{et} \quad a_{\max} = 0,7 = 14 \text{ mm}$$

donc : on prend un cordon de soudure $a = 10 \text{ mm}$

VII.4.1. Soudure de la semelle tendue :

$$N_d \leq R_s$$

$$N_d = M_{sd} / h + N_{sd} = 50,85 / 0,22 + 45,42 = 276,56 \text{ KN}$$

$$R_s = (0,7 \cdot a \sqrt{2} \cdot L \cdot f_y) / \gamma_{m1} = (0,7 \times 10 \sqrt{2} \times 168 \times 235) / 1,1$$

$$R_s = 355,3 \text{ KN}$$

$$N_d = 276,56 \text{ KN} \leq R_s = 355,3 \text{ KN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.4.2. Soudure de l'âme :

$$V_{sd} \leq R_s$$

$$R_s = (0,7 \times 10 \sqrt{2} \times L \times f_y) / \gamma_{m1}$$

$$R_s = (0,7 \times 10 \sqrt{2} \times 263 \times 235) / 1,1 = 556,21 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 26,64 \text{ KN} \leq R_s = 556,21 \text{ KN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.4.3. Disposition constructives :

Après plusieurs simulations on opte pour un assemblage formé de 2 files de 3 boulons H.R 8.8 de diamètre $\phi = 16$.

Pince longitudinale e_1 :

$$1,2 d_0 \leq e_1 \leq 12 t \quad \text{avec : } d_0 = \phi + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$21,6 \text{ mm} \leq e_1 \leq 240 \text{ mm}$$

On prend $e_1 = 50 \text{ mm}$

Pince transversale e_2 :

$$1,5 d_0 \leq e_2 \leq 12 t \quad \text{avec : } d_0 = \phi + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$27 \text{ mm} \leq e_2 \leq 240 \text{ mm}$$

On prend $e_2 = 40 \text{ mm}$

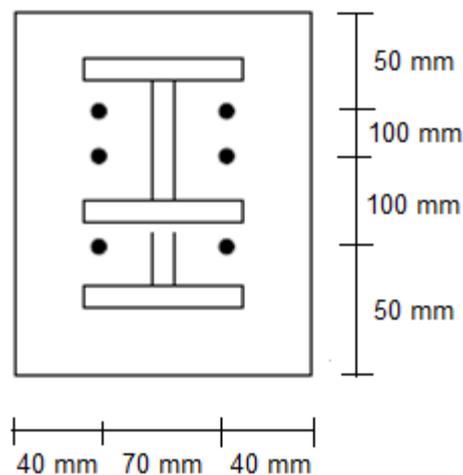


Figure VII.2. Coupe transversale de l'assemblage

VII.4.4. Vérification de résistance des boulons sollicités en traction :

$$M_{sd} < M_R$$

$$M_R = 2 T_R (0,25 + 0,15 + 0,05)$$

$$T_R = 0,8 \times F_{ub} \times A_s = 0,8 \times 800 \times 157 = 100,48 \text{ kN}$$

$$M_R = 2 \times 100,48 \times (0,25 + 0,15 + 0,05) = 90,43 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = 50,85 \text{ kN.m} \leq M_R = 90,43 \text{ kN.m} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.4.5. Vérification de résistance des boulons sollicités au cisaillement :

$$\frac{V_R}{\gamma_m} > V_d$$

$$V_R = 0,4 \times F_{ub} \times A_s = 0,4 \times 800 \times 157 = 50,24 \text{ kN}$$

$$V_d = \frac{V_{sd}}{6} = \frac{26,64}{6} = 4,44 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$\frac{V_R}{\gamma_m} = \frac{50,24}{1,25} = 40,19 \text{ kN} > V_d = 4,44 \text{ kN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.4.6. Vérification de la pression diamétrale :

$$V_d \leq L_R / \gamma_{M1}$$

$$L_R = 2,4 F_u \times d \times t = 2,4 \times 360 \times 16 \times 8 = 110,59 \text{ KN}$$

$$\frac{L_R}{\gamma_{M1}} = \frac{110,59}{1,25} = 88,47 \text{ KN} > V_d = 4,44 \text{ kn} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.5. Assemblages des contreventements 2L 45×45×5 :

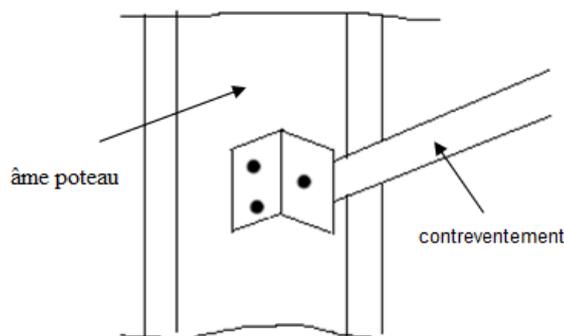


Figure VII.3. Assemblages des contreventements

Caractéristiques du boulon : boulon ordinaire 4.6 de diamètre $\phi = 14 \text{ mm}$

VII.5.1. Disposition constructives :**Pince longitudinale e_1 :**

$$1,2 d_0 \leq e_1 \leq 12 t \quad \text{avec : } d_0 = \phi + 2 = 16 \text{ mm}$$

$$19,2 \text{ mm} \leq e_1 \leq 96 \text{ mm}$$

On prend $e_1 = 20 \text{ mm}$

Pince transversale e_2 :

$$1,5 d_0 \leq e_2 \leq 12 t \quad \text{avec : } d_0 = \phi + 2 = 16 \text{ mm}$$

$$24 \text{ mm} \leq e_2 \leq 240 \text{ mm}$$

On prend $e_2 = 40 \text{ mm}$

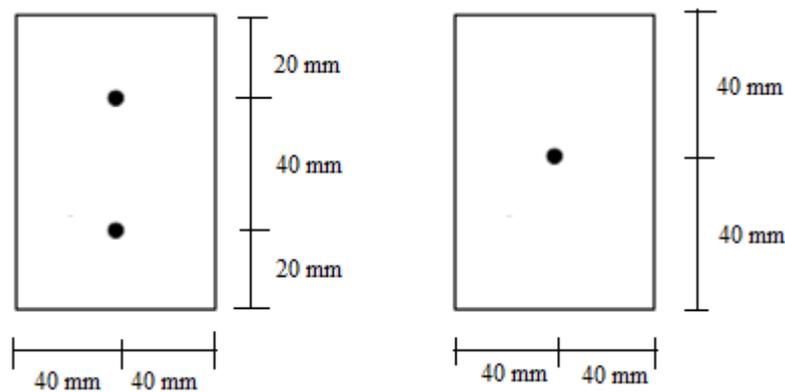


Figure VII.4. Disposition constructives

VII.5.2. Vérification de résistance des boulons sollicités au cisaillement :

$$V_{sd} = 20,75 \text{ kN}$$

$$V_R = 0,4 \times F_{ub} \times A_s = 0,4 \times 400 \times 115 = 18,4 \text{ kN}$$

$$V_d = \frac{V_{sd}}{6} = \frac{20,75}{6} = 3,46 \text{ kN}$$

$$\frac{V_R}{\gamma_m} = \frac{18,4}{1,25} = 14,72 \text{ kN} > V_d = 3,46 \text{ kN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.5.3. Vérification de la pression diamétrale :

$$V_d \leq L_R / \gamma_{M1}$$

$$L_R = 2,4 F_u \times d \times t = 2,4 \times 360 \times 14 \times 8 = 96,77 \text{ kN}$$

$$\frac{L_R}{\gamma_{M1}} = \frac{96,77}{1,25} = 77,42 \text{ KN} > V_d = 3,46 \text{ kn} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.6. Assemblage traverse-traverse :

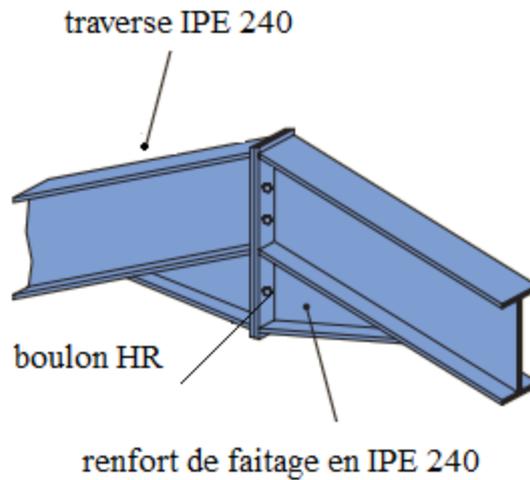


Figure VII.5. Assemblage traverse - traverse

Les efforts les plus défavorables donnés par le logiciel SAP2000 sont :

$$M_{sd} = 33,68 \text{ KN.m}$$

$$N_{sd} = 42,34 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 20,75 \text{ KN}$$

Épaisseur de la platine : $e_p = 20 \text{ mm}$

VII.6.1. Disposition constructives :

on opte pour un assemblage formé de 2 files de 3 boulons H.R 8.8 de diamètre ($\phi = 16$).

Pince longitudinale e_1 :

$$1,2 d_0 \leq e_1 \leq 12 t \quad \text{avec : } d_0 = \phi + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$21,6 \text{ mm} \leq e_1 \leq 240 \text{ mm}$$

On prend $e_1 = 50 \text{ mm}$

Pince transversale e_2 :

$$1,5 d_0 \leq e_2 \leq 12 t \quad \text{avec : } d_0 = \phi + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$27 \text{ mm} \leq e_2 \leq 240 \text{ mm}$$

On prend $e_2 = 40 \text{ mm}$

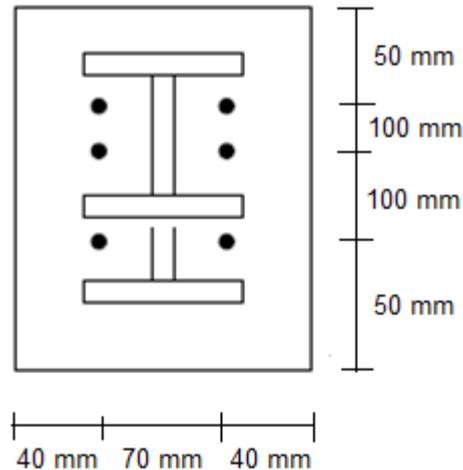


Figure VII.6. Coupe transversale de l'assemblage

VII.6.2. Vérification de résistance des boulons sollicités en traction :

$$T_R = 0,8 \times F_{ub} \times A_s = 0,8 \times 800 \times 157 = 100,48 \text{ kN}$$

$$M_R = 2 T_R (0,25 + 0,15 + 0,05) = 90,43 \text{ kN.m}$$

$$M_{sd} = 33,68 \text{ kN.m} < M_R = 90,43 \text{ kN.m} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.6.3. Vérification de résistance des boulons sollicités au cisaillement :

$$V_R = 0,4 \times F_{ub} \times A_s = 0,4 \times 800 \times 157 = 50,24 \text{ kN}$$

$$V_d = \frac{V_{sd}}{6} = \frac{20,75}{6} = 3,46 \text{ kN}$$

$$\frac{V_R}{\gamma_m} = \frac{50,24}{1,25} = 40,19 \text{ kN} > V_d = 3,46 \text{ kN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.6.4. Vérification de la pression diamétrale :

$$V_d \leq L_R / \gamma_{M1}$$

$$L_R = 2,4 F_u \times d \times t = 2,4 \times 360 \times 16 \times 8 = 110,59 \text{ kN}$$

$$\frac{L_R}{\gamma_{M1}} = \frac{110,59}{1,25} = 88,47 \text{ kN} > V_d = 3,46 \text{ kN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.7. Assemblages des pieds de poteaux :

Les assemblages des pieds de poteau jouent le rôle de transmettre toutes les charges verticales et horizontales exercées sur la construction aux fondations et participent à la

stabilité et la souplesse de l'ossature. Cet assemblage est réalisé par un encastrement de la semelle du poteau avec une plaque d'assise soudée sur le pourtour du profilé.

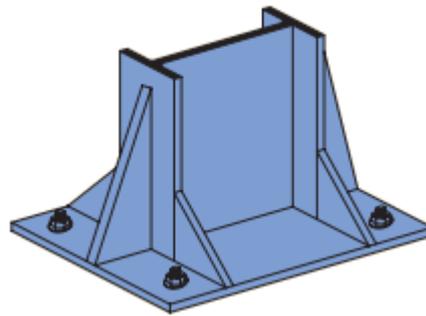


Figure VII.7. Assemblage des pieds de poteau

N_{sd} : effort de compression = 42,94 KN

VII.7.1. Cordons de soudure :

Pour l'âme :

$$a_a = 0,7 \times t_w = 0,7 \times 5 = 3,5 \text{ mm} \quad \text{donc : on prend } a_a = 5 \text{ mm}$$

Pour la semelle :

$$a_s = 0,7 \times t_f = 0,7 \times 8 = 5,6 \text{ mm} \quad \text{donc : on prend } a_s = 10 \text{ mm}$$

VII.7.2. Estimation de l'aire de la plaque d'assise :

Pour déterminer la section de la plaque d'assise il faut prendre la grande valeur de ces deux équations :

$$A_{C0} = \frac{1}{h \times b} \times \left(\frac{N_{sd}}{f_{cd}} \right)^2 = \frac{1}{0,114 \times 0,12} \times \left(\frac{42,94}{0,0167} \right)^2 = 483,29 \text{ mm}^2$$

$$A_{C0} = \frac{N_{sd}}{f_{cd}} = \frac{42,94}{0,0167} = 2571,26 \text{ mm}^2 > 483,29 \text{ mm}^2$$

avec :

$$f_{cd} : (\text{résistance du béton à la compression}) = \alpha f_{ck} / \gamma_c \quad ; \alpha = 1$$

$$f_{ck} : (\text{classe de béton C25 / 30}) = 25 \text{ N / mm}^2 \quad ; \gamma_c (\text{béton}) = 1,5$$

$$\text{donc : } f_{cd} = 16,7 \text{ N / mm}^2$$

les dimensions de la plaque sont choisies comme suit :

$$b_p > b + 2t_f = 120 + 2 \times 8 = 136 \text{ mm} \quad b_p = 200 \text{ mm}$$

$$h_p > h + 2t_f = 114 + 2 \times 8 = 130 \text{ mm} \quad h_p = 150 \text{ mm}$$

$$\text{donc : } A_{C0} = 200 \times 150 = 30000 \text{ mm}^2$$

VII.7.2.1. Détermination de la largeur d'appui additionnel C :

$$c = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

avec :

$$B = -(b - t_w + h) = -(120 - 5 + 114) = -229 \text{ mm}$$

$$A = 2$$

$$C = \frac{0,5 \times N_{sd}}{F_{jd}} - (2 \times b \times t_f + 4 \times t_f^2 + 0,5h \times t_w - t_f \times t_w)$$

F_{jd} : (résistance de calcul à l'écrasement du matériau de scellement) = $\alpha \cdot \beta_j \cdot f_{cd}$

$\beta_j = 2/3$: (valeur du coefficient du matériau de scellement).

$\alpha = 1,5$ (fondation en béton de dimension inconnue).

donc :

$$F_{jd} = 16,7 \text{ N/mm}^2$$

$$C = -1131 \text{ mm}^2$$

$$c = \frac{229 - \sqrt{229^2 - 4 \times 2 \times (-1131)}}{2 \times 2} = -4,74 \text{ mm}$$

VII.7.2.2. calcul d'épaisseur de la plaque :

$$t_p \geq \frac{C}{\sqrt{f_y / (3 \times f_{jd} \times \gamma_{m0})}} = 1,12 \text{ mm}$$

L'épaisseur calculée théoriquement est faible. Pour des raisons de pratique on doit prendre une épaisseur plus grande pour assurer la facilité de l'assemblage.

$$t_p = 20 \text{ mm.}$$

VII.7.3. Vérification des tiges d'ancrages :

Les tiges d'ancrages sont ancrées dans les fondations par un crochet noyé dans le béton, elles doivent être calculées pour résister à la traction due aux efforts de soulèvement et au moment de flexion.

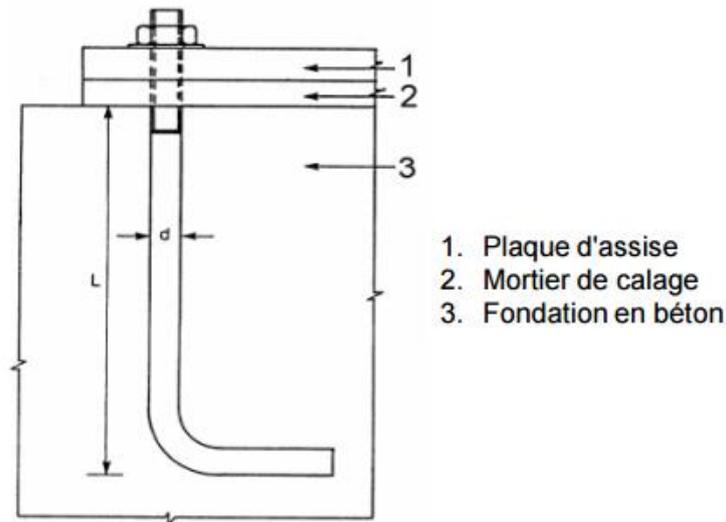


Figure VII.8. Tige d'ancrage

$$N_a = 0,1 \left(1 + 7 \frac{g_c}{1000} \right) \frac{\phi}{\left(1 + \frac{\phi}{d_1} \right)^2} (L_1 + 6,4 r + 3,5L_2) \leq \frac{N}{4} = \frac{33,987}{4} = 8,5 \text{ KN}$$

Avec :

N_a : L'effort admissible par tige

g_c : dosage en ciment du béton = 350 kg/m³

N : l'effort de soulèvement dû aux efforts sismiques sous la combinaison G+P+1.2E

d_1 : distance entre la tige et la paroi la plus proche

$$L_1 = 20 \phi$$

$$L_2 = 2 \phi$$

$$R = 3 \phi$$

$$\Rightarrow \phi = 14 \text{ mm}$$

on choisi 4 tiges de diamètre $\phi = 20 \text{ mm}$

VII.7.3.1. Condition d'équilibre :

$$\frac{N}{4} \leq F_A = \pi \tau_{su} \phi L_1$$

Avec :

$$\tau_{su} = 0,6 \phi_s^2 f_{tj} \quad \text{et } f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1 \text{ Mpa}$$

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$$

coefficient de scellement droit, pour les rend lisse $\phi_s = 1$

donc :

$$\tau_{su} = 0,6 \times 1 \times 2,1 = 1,26 \text{ MPa}$$

$$F_A = 3,14 \times 1,26 \times 20 \times 20 \times 20 = 31,65 \text{ KN}$$

$$\frac{N}{4} = 8,5 \text{ KN} \leq F_A = 31,65 \text{ KN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VII.7.3.2. Résistance des tiges d'ancrage au cisaillement

$$V_{sd} \leq F_{v,rd}$$

Avec :

$$F_{v,rd} = F_{f,rd} + N_b \times F_{vb,rd}$$

N_b : Nombre de tige = 4

$F_{f,rd} = 0,2 N_{sd}$. (résistance de calcul par frottement)

$$F_{f,rd} = 0,2 \times 42,94 = 8,59 \text{ KN}$$

$$F_{vb,rd} = \frac{\alpha_{cb} \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{m2}} \quad (\text{Résistance de calcul d'une tige d'ancrage au cisaillement})$$

$$\alpha_{cb} = 0,44 - 0,0003 f_{yb} \quad 235 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yb} \leq 640 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = \text{mm}^2$$

$$F_{vb,rd} = \frac{0,35 \times 400 \times 245}{1,25} = 27,44 \text{ KN}$$

$$F_{v,rd} = 8,59 + 4 \times 27,44 = 118,35 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 40,72 \text{ KN} \leq F_{v,rd} = 118,35 \text{ KN} \quad \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

Chapitre VIII : Calcul des fondations

VIII.1. Introductions :

L'étude concernant le choix du type de fondation pour le quel on peut construire la structure, dépend tout d'abord de la contrainte admissible du sol à bâtir et les charges les plus défavorable exercés sur cette structure.

Les fondations superficielles de la construction sont les fondations qui reposent sur le sol et travaillent essentiellement grâce à sa résistance sous la base.

Le calcul de cette partie est fait suivant le « C.B.A.93 ».

VIII.2. Etude des semelles :

σ_{sol} : contrainte admissible du sol = 2 bars (d'après le rapport géotechnique).

VIII.2.1. Définition des sollicitations (SAP 2000) :

ELU : $N_{sd} = 285,47$ KN

ELS : $N_{sd} = 368,72$ KN

VIII.2.2. Dimensionnement des semelles isolées :

Le dimensionnement des semelles se fait à E.L.S.

$$\bar{\sigma}_{sol} \geq \sigma_{sol} = \frac{N_s}{A \times B}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} = A = B \quad \text{avec : } a = b = 50 \text{ cm}$$

$$A \geq \sqrt{\frac{N_s}{\sigma_{sol}}} = \sqrt{\frac{368,72}{200}} = 1,36 \text{ m}$$

$$\Rightarrow A = 1,5 \text{ m} \quad ; B = 1,5 \text{ m}$$

$$\frac{B-b}{4} \leq d \leq A-a$$

$$\frac{1,50-0,50}{4} = 25 \text{ cm} \leq d \leq 1,5 - 0,5 = 100 \text{ cm}$$

on prend : $d = 50$ cm

$$\Rightarrow h = d + 5 = 50 + 5 = 55 \text{ cm}$$

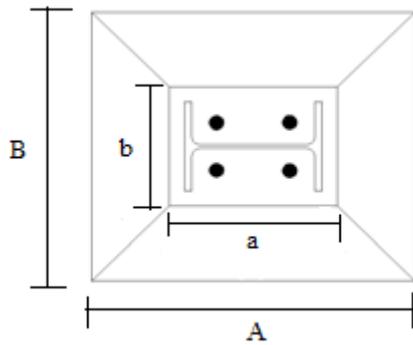


Figure VIII.1. Dimensions de la semelle

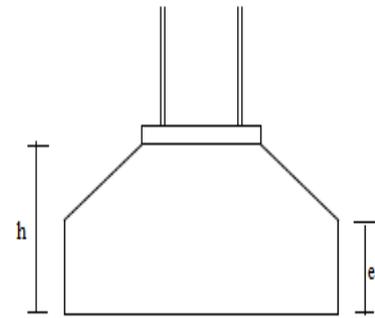


Figure VIII.2. Semelle isolée

VIII.2.3. Calcul de la hauteur de la patine :

$$e \geq \max (6 \varnothing + 6 \text{ cm} , 15 \text{ cm})$$

$$e \geq \max (13,2 ; 15 \text{ cm}) \text{ donc on prend } e = 20 \text{ cm}$$

VIII.2.4. Vérification de la stabilité au renversement :

$$e = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = \frac{78,3}{368,72} = 0,21 \text{ m}$$

$$6 \times e = 1,26 \text{ m} < A = 1,5 \text{ m} \quad \dots\dots\dots \text{condition vérifiée}$$

VIII.2.5. calcul des ferrillages

VIII.2.5.1. calcul des ferrillages à ELU :

$$A_U = \frac{N_U \times (A - a)}{8 \times d \times \sigma_{st}}$$

Avec :

$$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,82 \text{ MPa}$$

$$A_U = \frac{N_U \times (A - a)}{8 \times d \times \sigma_{st}} = \frac{285470 \times 1000}{8 \times 550 \times 347,82}$$

$$A_U = 1,86 \text{ cm}^2$$

VIII.2.5.2. calcul des ferrillages à ELS :

$$A_S = \frac{N_S \times (A - a)}{8 \times d \times \bar{\sigma}_{sol}}$$

$$N_S = 368,7 \text{ KN}$$

Avec :

$$\bar{\sigma}_{sol} = \min \left(\frac{2}{3} f_e, 110 \sqrt{n \times f_{c28}} \right) = 201,63 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{368720 \times 1000}{8 \times 550 \times 201,63} = 4,16 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4,16 \text{ cm}^2 > A_u = 1,86 \text{ cm}^2$$

Donc : on prend un ferrailage de 4T12 = 4,52 cm²

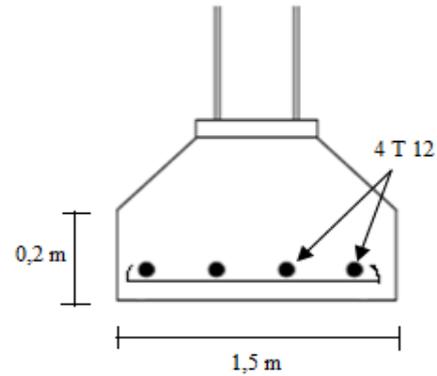


Figure VIII.3. Ferrailages des semelles

VIII.2.6. Calcul de l'espacement

$$s_t = \frac{1,5 - 0,20}{7} = 0,19 \text{ m} \text{ on prend } s_t = 15 \text{ cm}$$

VIII.3. Calcul des longrines :

VIII.3.1. Dimensionnement des longrines :

Selon le RPA 99 version 2003, les dimensions minimales sont de (25x30) cm².

On prend des longrines de dimensions (30x35) cm².

VIII.3.2. Calcul des ferrailages :

$$F = \frac{N}{\alpha} \geq 20 \text{ KN}$$

N : la valeur maximale des charges verticales de gravité apportées par les points d'appuis solidarisés

$$\alpha = 15 \text{ (sol S3)}$$

VIII.3.2.1. Calcul des ferrailages à ELU :

$$F_U = \frac{47,8}{15} = 3,19 \text{ KN}$$

Avec :

$$N_U = 47 \text{ KN} \quad ; \quad \sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,82 \text{ Mpa}$$

$$A_{st} = \frac{3190}{347,82} = 0,1 \text{ cm}^2$$

VIII.3.2.2. Calcul des ferrailages à ELS :

$$F_S = 33,4 / 15 = 2,23 \text{ KN}$$

Avec :

$$N_s = 33,4 \text{ KN} \quad ; \quad \bar{\sigma}_{sol} = \min \left(\frac{2}{3} f_e, 110 \sqrt{n \times f_{c28}} \right) = 201,63 \text{ Mpa}$$

$$A_{st} = \frac{2230}{201,63} = 0,12 \text{ cm}^2$$

La section du ferrailage calculée est trop petite et presque négligeable, le moment où le RPA 99 exige un ferrailage minimum 0,6 % de la section.

$$\text{Donc : } A_{\min} = 0,06 \times 30 \times 35 = 6,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{On prend } A_{st} = 6T12 = 6,79 \text{ cm}^2$$

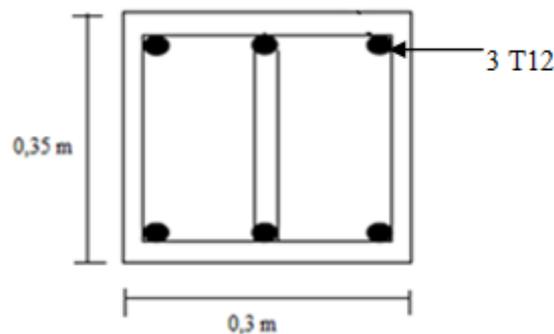


Figure VIII.3. Ferrailages des longrines

VIII.3.3. Condition de non fragilité :

$$A_{ST \min} \geq 0,23 b \times d \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$0,23 \times 30 \times 35 \times \frac{2,1}{400} = 12,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{ST \min} = 6,3 \text{ cm}^2 < 12,68 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots \text{condition vérifiée}$$

VIII.3.4. Calcul des armatures transversales :

$$\varnothing t \leq \text{Min} \left(\frac{h}{35}; \varnothing_l; \frac{b}{10} \right)$$

$$\varnothing t \leq \text{Min} \left(\frac{35}{35}; 12\text{mm}; \frac{30}{10} \right) \quad \text{avec : } \varnothing t \leq 12 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \varnothing t = 8\text{mm}$$

VIII.3.5. Calcul de l'espacement des cadres

Selon le RPA 99 l'espacement des cadres ne doit pas dépasser : 20 cm ; 15 \varnothing .

$$s_t \leq (20 \text{ cm} ; 15 \times 8) = 12 \text{ cm}$$

donc : on prend un espacement de $s_t = 15 \text{ cm}$

Conclusion générale

Tout projet dans le domaine du génie civil nécessite de l'ingénieur une grande analyse préliminaire de données correspondantes à l'ouvrage et son environnement. Il doit être prêt pour gérer les différentes contraintes rencontrées dans la phase d'étude ou dans le chantier et de trouver des solutions adéquates et économiques.

L'étude et la conception d'un système anti incendie d'une salle de sport comme un thème de ce projet de fin d'étude a été une très bonne occasion pour appliquer les connaissances théoriques acquises durant les années de formation , d'améliorer la recherche scientifique et aussi de maîtriser les outils informatiques en comparant les résultats obtenue avec les résultats des calculs manuels.

La construction métallique est largement utilisée pour les bâtiments de type hangar, en introduisant les éléments structuraux (poteaux, traverses, lisses,..) et les systèmes de revêtement, dont la stabilité de la structure est assurée par la rigidité des connexions et par les systèmes de contreventements (poutres aux vent, palée de stabilité).

Une large variété de profilés laminés à chaud et à froid sont disponibles pour les éléments structuraux à fin de garder leur souplesses et flexibilité et de choisir un meilleur dimensionnement.

En fin ce modeste travail est une première expérience pratique et une phase préparatoire importante pour les prochains projets.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de paniques dans les établissements recevant du public ministère de l'intérieur et des collectivités locales.

Charges et surcharges (DTR B.C 2.2) ministère de l'habitat et de l'urbanisme (ALGERIE).

Règlement neige et vent « RNV99 » (DTR .C2-4.7) ministère de l'habitat et de l'urbanisme.

Règles de conception et de calcul des structures en acier « CCM97 » ministère de l'habitat et de l'urbanisme,(ALGERIE).

Règles parasismiques algériennes « RPA99 VERSION 2003 » ministère de l'habitat et de l'urbanisme.

LAHLOU.D (2012) CALCUL DES ELEMENTS DE CONSTRUCTION METALLIQUE SELON L'EUROCODE3 (Office Des Publications Universitaires).

Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et des constructions en béton armé « BAEL91 » suivant la méthode des états limites ministère de l'habitat et de l'urbanisme.

DIDIER Arval le guide des solutions feu, Juin 2008.

Nexans Des solutions de câblage innovantes pour des bâtiments plus sûrs, performants et durables, Septembre 2008

Marc JOUBERT La sécurité incendie, 2009.

D-DIXNEUF Une approche globale de la sécurité incendie,1987- 2007.

Mariène LAURENT, Audrey MARTIN, Maryline POULAT Conception et exploitation des locaux de travail : risque incendie, 2010.

Philippe HIVERT Règlement Sécurité incendie ERP Eclairage normal et de sécurité, 2010.

Mick-LULU Les robinets d'incendie armés.

Clusif la sécurité incendie des équipements techniques, Avril 2002.

Liens internet :

[1] Calcul des éléments d'un hangar sur <http://fr.scribd.com/doc/116126242/Calcul-Halle-Metallique>, 2006.

[2] **legrand** : Les différents type d'éclairage sur http://www.legrand.fr/professionnels/baes_2791.html

[3] **Infosteel** : Sécurité incendie sur http://www.infosteel.be/fr/feu01_notionsdebase.php, 2014.

[4] **ROCKWOOL** : Evolution d'un incendie sur <http://www.fr.rockwool.be/services/physique+du+b%C3%A2timent/protection+incendie/qu'est-ce+qu'un+incendie-c7-/evolution+d'un+incendie>, 2012.

Annexes

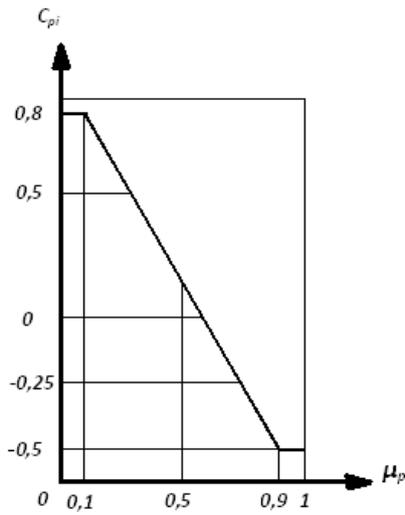


Fig. A. 1. C_{pi} pour les bâtiments sans cloisons intérieures

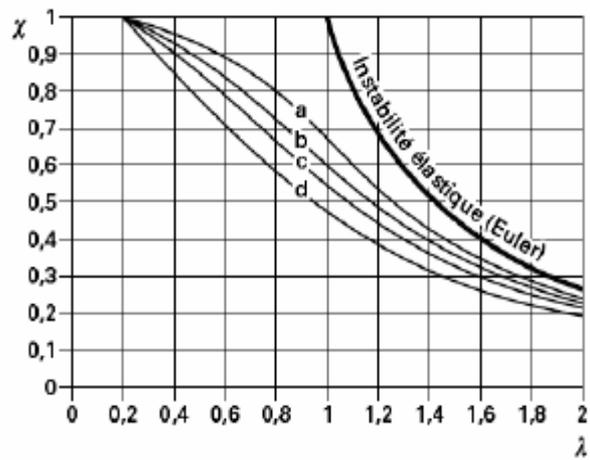


Fig. A. 2. Coefficient de réduction χ en fonction de l'élançement réduit $\bar{\lambda}$

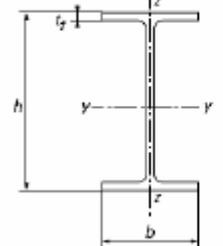
Type de section	Limites	Axe de flambement	Courbe de flambement
Sections en I laminées 	$h/b > 1,2$: $t_f \leq 40$ mm	$y-y$ $z-z$	a b
	40 mm $< t_f \leq 100$ mm	$y-y$ $z-z$	b c
	$h/b \leq 1,2$: $t_f \leq 100$ mm $t_f > 100$ mm	$y-y$ $z-z$ $y-y$ $z-z$	b c d d

Tableau. A.1. Choix de la courbe de flambement correspondant à une section en double T

Courbe de flambement	a_0	a	b	c	d
Facteur d'imperfection α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

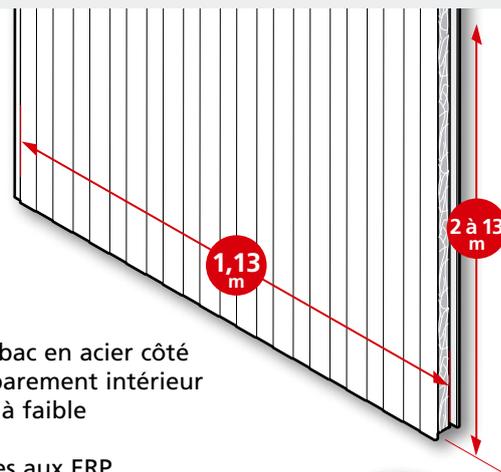
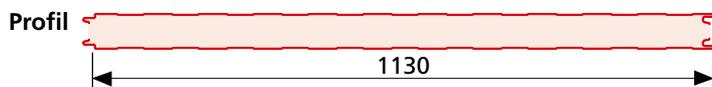
Tableau. A.2. Facteurs d'imperfection

Courbe de déversement	a	b	c	d
Facteur d'imperfection α_{LT}	0.21	0.34	0.49	0.76

Tableau. A.3. Facteurs d'imperfection α_{LT} pour les courbes de déversement

Tableau 5.5.2 : Coefficient de réduction χ				
$\bar{\lambda}$	Courbe de flambement			
	a	b	c	d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100
0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

Tableau. A.4. Coefficient de réduction χ



Description et domaines d'application

BATIROCHE® B est un panneau isolant de type sandwich constitué d'un bac en acier côté extérieur, d'une âme isolante en **laine de roche à forte densité** et d'un parement intérieur en acier légèrement nervuré. Il peut être utilisé pour tous les bâtiments à faible ou moyenne hygrométrie.

Il convient parfaitement aux nouvelles réglementations incendie relatives aux ERP et installations classées et permet une minoration de la prime d'assurance dommage.

Caractéristiques des matériaux

- parement extérieur :
 - acier disponible en 0,63 mm,
 - revêtement laqué POLYESTER 25 µ sur support galvanisé Z 275 (275 g/m²).



• isolant

- nature : laine de roche de densité 100 kg/m³



(attention au poids : par exemple, un panneau de 13 m en épaisseur 80 mm pèse 260 kg),

- épaisseur : 50 à 200 mm,
- valeur lambda : 0,04 W/m².°C,
- classement au feu : M0 (selon CECMI de avril 1993).



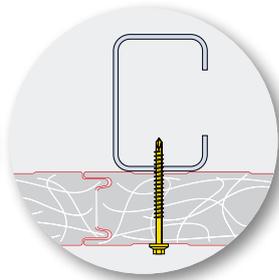
• parement intérieur (plafond) ; deux qualités sont disponibles :

face en acier

- tôle d'acier légèrement nervurée, d'une épaisseur de 0,4 mm,
- revêtement : galvanisation Z 275 (275 g/m²) suivant la norme NF EN 10147 et laqué POLYESTER 15 µ suivant les normes P 34-301,
- coloris : blanc gris 9002

face en acier acoustique

- tôle d'acier légèrement nervurée d'une épaisseur de 0,63 mm **avec une perforation de 23%** visible ci-contre en taille réelle
- revêtement : galvanisation Z 275 (275 g/m²) suivant la norme NF EN 10147 et laqué POLYESTER 15 µ (normes P 34-301),
- coloris : blanc



Normes de référence

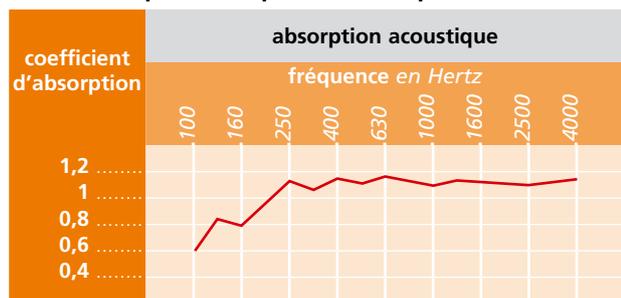
Fabrication, étude et mise en œuvre doivent respecter les règles en vigueur : DTU 40-35, NF A 36-322, NF P 34-301, NF P 34-401, NF P 34-503, règles professionnelles CITAG, normes ECCA.

Dimensions

Largeur utile : 1,13 m.

Longueur sur mesure : 2 à 13 m (commande au minimum de 5 bacs si la longueur dépasse 9 m).

Caractéristiques de l'option acoustique



Charges admissibles en daN/m²

épaisseur de l'isolant en mm	(2 appuis)						(3 appuis)					
	portées en m						portées en m					
	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7
50	107	50,5	27,5	15,5			115	64,5	39,5	26		
60	117	59	33	20	13		121	70	45	30,5	21	
80	128	70	43	27,5	18,5		127	77	52	37	27	
100	145	84	53	35,5	24,5	17,5	136	85	59	43	32,5	25
120	158	94	61,5	42,5	30	22	143	90,5	64	47,5	27	29
140	169	102	68,5	48,5	35,5	26,5	148	94,5	67,5	51	40	32

Caractéristiques

épaisseur de l'isolant en mm	pois de l'isolant en kg/m ²	coef. de conductivité thermique ⁽¹⁾	résistance au feu	isolation acoustique
	épaisseur 0,4 et 0,63 mm	en W/m ² .°C	en minutes	en dB
50	15,3	0,7	non déterminée	32
60	16,3	0,6	30	32
80	18,3	0,46	60	32
100	20,3	0,37	90	32
120	22,3	0,32	120	32
150	25,3	0,27	non déterminée	32

(1) selon NFT 56-201, DTU règles ThK.77.

La Réglementation Thermique 2000* exige un coefficient Ubat (Ub) de 0,47 W/m².C, ce qui correspond à un panneau BATIROCHE T de 100 mm d'épaisseur (*bâtiment d'activité chauffé à plus de 12°C).

Instructions de pose

BATIROCHE® B se pose à l'avancement par emboîtement des panneaux les uns dans les autres.

- largeur minimale des surfaces d'appuis : lisses en acier : 40 mm, lisses en bois : 60 mm,
- recouvrements transversaux : 100 mm minimum,
- fixation : 3 fixations par largeur de panneau et par lisse,
- sciage : utiliser une scie sabre (scie sauteuse avec lame en acier) ou une grignoteuse (meule et tronçonneuse sont à proscrire),
- vissage : le serrage des vis de fixation, effectué avec des outils appropriés comme préconisé par les DTU, ne doit pas être excessif afin de permettre la libre dilatation des plaques.

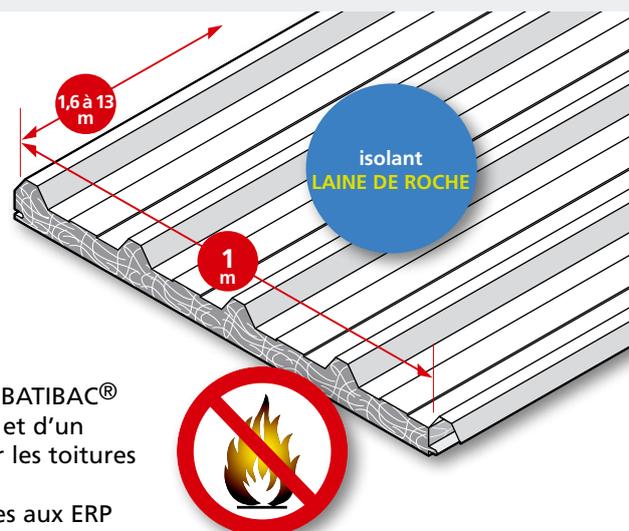
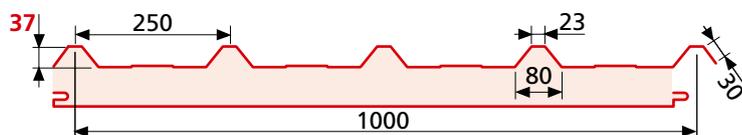
Stockage et manutention

Il est préférable d'effectuer le transport et le stockage du **BATIROCHE® B** à l'abri de la pluie et dans une atmosphère aussi sèche que possible. Si le **BATIROCHE® B** est exposé aux intempéries, veillez à isoler les paquets du sol par des cales de hauteur variable afin de créer une pente facilitant l'écoulement de l'eau.

La manutention des colis de **BATIROCHE® B** se fera soit au chariot élévateur (il faut que l'écartement des fourches soit proportionnel à la longueur du fardeau) soit à la grue de levage avec utilisation d'un palonnier pour les grandes longueurs.

La manipulation des panneaux sur le chantier doit se faire avec précaution. Le panneau **BATIROCHE® B** doit se porter sur la tranche par un nombre suffisant de personnes afin d'éviter qu'il ne prenne pas trop de flèche.

Profil 1000-37-250



Description et domaines d'application

BATIROCHE® T est un panneau isolant de type sandwich constitué d'un BATIBAC® 37T côté extérieur, d'une âme isolante en **laine de roche à forte densité** et d'un parement intérieur en acier légèrement nervuré. Il peut être utilisé pour les toitures chaudes de tous les bâtiments à faible ou moyenne hygrométrie.

Il convient parfaitement aux nouvelles réglementations incendie relatives aux ERP et installations classées et permet une minoration de la prime d'assurance dommage.

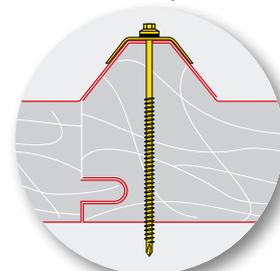
Caractéristiques des matériaux

- parement extérieur :
 - acier disponible en 0,63 et 0,75 mm,
 - revêtement laqué POLYESTER 25 µ sur support galvanisé Z 275 (275 g/m²).
- isolant : laine de roche de densité 100 kg par m³ (**attention au poids : par exemple, un panneau de 13 m en épaisseur 80 mm pèse 260 kg**), épaisseur : 50 à 200 mm, valeur lambda : 0,04 W/m².°C, classement au feu : Euroclasse A2.S1,d0 suivant PV du 27 octobre 2005 du CSTB.



- parement intérieur (plafond) ; deux qualités sont disponibles :
 - **plafond en acier** : tôle d'acier légèrement nervurée, d'une épaisseur de 0,50 mm, revêtement : galvanisation Z 275 (275 g/m²) suivant la norme NF EN 10147 et laqué POLYESTER 15 µ, suivant les normes P 34-301, coloris : blanc gris 9002
 - **plafond en acier acoustique** : tôle d'acier légèrement nervurée d'une épaisseur de 0,63 mm **avec une perforation de 23%** visible ci-contre en taille réelle, revêtement : galvanisation Z 275 (275 g/m²) suivant la norme NF EN 10147 et laqué POLYESTER 15 µ (normes P 34-301), coloris : blanc.

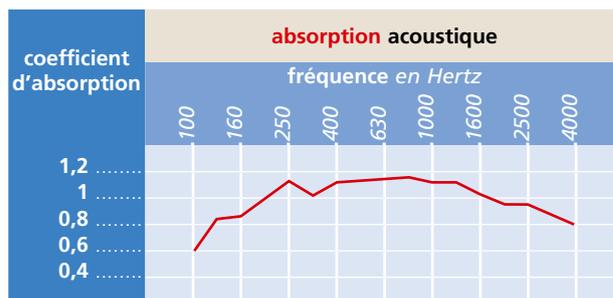
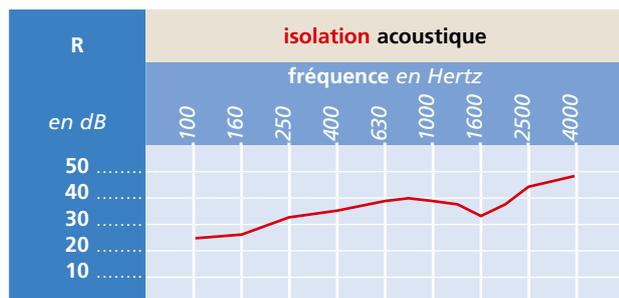
L'emboîtement s'effectue de façon rainurée-bouvetée. Un système de rainure-languettes permet de réduire les ponts thermiques.



Avantages du BATIROCHE T

- 1) Panneau incombustible (classement M0) préconisé dans les Bâtiments recevant du public.
- 2) Son amortissement phonique (averse de pluie par exemple) lui confère des qualités supérieures aux autres isolants, il conviendra particulièrement aux logements.

Caractéristiques de l'option acoustique



Charges admissibles en daN/m²

épaisseur de l'isolant en mm	(plaque sur 2 appuis)						(plaque sur 3 appuis)					
	Δ		Δ		Δ		Δ		Δ		Δ	
	portées en m						portées en m					
	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7
50	140,50	61,00	30,50	17,00	-	-	159,50	84,50	49,50	30,50	-	-
60	170,50	77,50	40,50	23,00	15,50	-	182,50	100,00	60,50	39,00	26,00	-
80	222,00	109,50	60,50	36,00	23,00	-	218,00	126,00	80,50	54,00	37,50	-
100	252,00	133,00	77,50	48,00	31,50	21,50	230,00	138,50	92,00	64,50	46,50	34,50
120	274,00	151,50	92,50	59,50	40,00	28,00	238,00	146,50	100,00	72,00	53,50	41,00
160	274,00	151,50	92,50	59,50	40,00	28,00	238,00	146,50	100,00	72,00	53,50	41,00

Ce tableau donne les surcharges admissibles pour une portée admissible donnée en fonction de l'épaisseur de l'isolation et du nombre d'appuis. Les valeurs de surcharge sont données avec un coefficient de sécurité égal à 2, valable pour un panneau avec une face extérieure de 0,63 mm et intérieure de 0,4 mm d'épaisseur. Flèche : L/120. Essais du CRIF1-2113 suivant la norme NF P 34-503.

Caractéristiques d'isolation thermique (selon NFT 56-201, DTU règles ThK.77)

épaisseur de l'isolant en mm	valeur d'isolation thermique (R en m ² .°C/W)	coef. de conductivité thermique (en W/m ² .°C)	Poids spécifique	
			épais. 0,63 mm (en kg/m ²)	épais. 0,75 mm (en kg/m ²)
50	1,39	0,82	15,5	16,5
60	1,63	0,68	16	17
80	2,12	0,51	18	19
100	2,61	0,41	20	21
120	3,1	0,34	22	23
140	3,58	0,29	24	25
160	4,07	0,26	26	27
180	4,56	0,23	28	29
200	5,05	0,21	30	31

La Réglementation Thermique 2000* exige un coefficient Ubat (Ub) de 0,47 W/m².C, ce qui correspond à un panneau BATIROCHE T de 100 mm d'épaisseur (*bâtiment d'activité chauffé à plus de 12°C).

Instructions de pose

BATIROCHE® T se pose à l'avancement, la nervure longitudinale du panneau à poser venant recouvrir la nervure du panneau déjà posé. Le sens de pose s'effectue dans le sens inverse des vents de pluie dominants. A l'égout, un démoussage de 10 cm au moins est préconisé.

- largeur minimale des surfaces d'appuis : pannes en acier et pannes en bois : 60 mm, recouvrements transversaux : 100 mm,
- fixation : en sommet d'onde, 1 fixation par onde et par panne (fixations page 35),
- sciage : utiliser une scie sabre (scie sauteuse avec lame en acier) ou une grignoteuse (meule et tronçonneuse sont à proscrire),
- vissage : le serrage des vis de fixation, effectué avec des outils appropriés comme préconisé par les DTU, ne doit pas être excessif afin de permettre la libre dilatation des plaques,
- sens de pose : opposé au sens des vents et pluies dominants, de l'égout vers le faitage, ondes ou nervures dans le sens de la plus grande pente,
- pente minimale sans recouvrement : 5% (avec recouvrement : 7%),
- recouvrement transversal (au droit d'un appui) :
 - 300 mm pour une pente entre 7 et 10%,
 - 200 mm pour une pente entre 10 et 15%,
 - 150 mm pour une pente supérieure à 15%,
- portées et charges d'utilisation en fonction des charges applicables sur le site,
- complément d'étanchéité (transversal et longitudinal) : suivant la pente, le site et la zone climatique.

Stockage et manutention

Il est préférable d'effectuer le transport et le stockage du BATIROCHE® T à l'abri de la pluie et dans une atmosphère aussi sèche que possible. Si le BATIROCHE® T est exposé aux intempéries, veiller à isoler les paquets du sol par des cales de hauteur variable afin de créer une pente facilitant l'écoulement de l'eau.

La manutention des colis de BATIROCHE® T se fera soit au chariot élévateur (il faut que l'écartement des fourches soit proportionnel à la longueur du fardeau) soit à la grue de levage avec utilisation d'un palonnier pour les grandes longueurs.

La manipulation des panneaux sur le chantier doit se faire avec précaution. Le panneau BATIROCHE® T doit se porter sur la tranche par un nombre suffisant de personnes afin d'éviter qu'il ne prenne pas trop de flèche.