

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS

FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN
BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN
ORPHELINAT A GOMA**

Par NSHIMIYE IYAMUREMYE DEDIEU

Travail présenté et défendu en vue de l'obtention du

Diplôme de Bachelor en Sciences de l'ingénieur

Option : Génie civil

Directeur : Prof. MUHIWA BENJAMIN

Encadreur : Ir MUXHOKI TUSSI Murphy

ANNEE ACADEMIQUE 2024 - 2025

Epigraphe

« Apprenez à faire le bien, recherchez la justice, protégez l'opprimé, faites droit à l'orphelin et défendez la veuve ».

Ésaïe 1 :17

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Dédicace

A la mémoire de ma mère **NIYONSABA SABINA**

A jamais présent dans mon cœur et dans chacun de mes pas.

NSHIMIYE DEDIEU

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Remerciements

En premier lieu nous rendons grâce à Dieu pour le courage, la santé et l'intelligence qu'il nous a donnés afin d'arriver à cette fin.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères aux membres du corps enseignant de l'Université Libre des pays des Grands Lacs, particulièrement pour ceux de la faculté des sciences et technologies appliquées pour la formation donnée tout au long de ce premier cycle. Nous tenons également à exprimer notre gratitude au Directeur de ce travail, Prof. MUHIWA BENJAMIN d'avoir accepté de diriger ce mémoire malgré ses multiples tâches, ainsi qu'à l'encadreur Ir. MURPHY TUSSI de nous avoir donné les outils nécessaires pour la réalisation de ce travail et plus particulièrement de nous avoir apporté des précisions dans le domaine où nous manquions d'expérience.

Nous remercions aussi nos parents notamment à ma défunte maman qui pourrais vouloir être avec nous malheureusement limitée par la mort, que son âme repose en paix, et à mon papa IYAMUREMYE THOMAS pour leur soutien matériel, physique et moral.

Nous exprimons nos sincères remerciements également à tous nos amis, camarades de promotion particulièrement à ROGER MUKULUMANYA et AMINI MIGISHA, ainsi qu'à toute personne qui, de près ou de loin, par leurs conseils, ont contribué à notre formation en tant que future ingénieure.

NSHIMIYE DEDIEU

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Résumé

Ce travail de fin de cycle porte sur la conception et le dimensionnement structurel d'un bâtiment R+2 en bois destiné à servir d'orphelinat à Goma, qui allie la réponse sociale et ingénierie durable selon les normes de l'Eurocode 5. L'étude a permis de définir un système porteur robuste en bois de classe C30, dont les vérifications aux états limites (ELU et ELS) ont abouti à l'adoption de sections rigoureuses : des solives de 10X20 cm², des poutres de 15X25 cm² et des poteaux carrés de 25X25 cm². La charpente a été optimisée avec des arbalétriers de 8X15 cm², des entrails et contre-fiches de 15X15 cm², des fiches de 12X12 cm² et un poinçon de 10X10 cm², le tout solidarisé par des assemblages boulonnés de type 4Φ12 pour la ferme et 2 Φ 12 pour les liaisons poteau-poutre. Cette démarche technique garantit la stabilité et la sécurité de l'ouvrage, prouvant ainsi la viabilité du matériau bois pour des infrastructures collectives à étages en zone urbaine.

Mots-clés : Conception, Dimensionnement, Bois, Orphelinat, Eurocode 5.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Abstract

This undergraduate thesis focuses on the design and structural sizing of a three-story (G+2) timber building intended to serve as an orphanage in Goma, combining social response with sustainable engineering according to Eurocode 5 standards. The study led to the definition of a robust load-bearing system using C30 strength class timber, where structural verifications for ultimate and serviceability limit states (ULS and SLS) resulted in the adoption of precise sections: 10X20 cm² joists, 15X25 cm² beams, and 25X25 cm² square columns. The roof truss was optimized with 8X15 cm² rafters, 15X15 cm² tie beams and counter-struts, 12X12 cm² struts, and a 10X10 cm² king post, all secured by 4M12 bolted connections for the truss and 2M12 for the beam-column joints. This technical approach ensures the stability and safety of the structure, demonstrating the viability of timber as a material for multi-story collective infrastructure in urban areas.

Keywords: Design, Structural Sizing, Timber, Orphanage, Eurocode 5.

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Table des matières

Epigraphe	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Table des matières	vi
Liste des sigles et abréviations	ix
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xii
Introduction générale.....	1
1. Généralité	1
2. Identification et formulation du problème	1
3. Questions de recherches	2
4. Formulation des hypothèses.....	2
5. Methodologie de recherche.....	3
6. Justification du choix du sujet et motivation	3
7. Objectif général et spécifiques	3
8. Subdivision du travail	4
Chapitre 1 : Généralités.....	5
1.1 Introduction	5
1.2 Généralité sur le bois	5
1.2.1 Définition [7]	5
1.2.2 Brève historique de la construction [8]	5

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS

SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

1.2.3	Composition de la section transversale d'un tronc d'arbre [7]	6
1.2.4	Aspects du bois [9]	7
1.3.4.1	Aspects constructifs	7
1.2.5	Les propriétés du bois	10
1.3.5.1	Propriétés mécaniques	10
1.2.6	Sorte de bois [7]	13
1.2.7	Le bois massif résineux [12]	14
1.2.8	Avantages et inconvénients du bois	14
1.3	Conclusion partielle	15
Chapitre 2 : Méthodologie		16
2.1	Introduction	16
2.2	Données techniques d'étude	16
2.2.1	Conception de l'ouvrage [13] [14]	16
2.3	Analyse statique linéaire	17
2.3.1	Principe des justifications [16]	17
2.3.2	Actions et sollicitations	18
2.3.3	Pré dimensionnement des éléments structuraux et hypothèses de calcul [17].	21
2.4	Poids propre et calcul de la charpente [13]	36
2.4.1	Charges permanentes	37
2.4.2	Charges variables	38
2.4.3	Vérification des éléments de la ferme	42
2.4.4	Vérification de la flèche	44
2.5	Les assemblages	44
2.5.1	Choix du type d'assemblages pour le bâtiment étudié	45
2.5.2	Démarche méthodologique de dimensionnement des assemblages [19]	45
2.6	Conclusion partielle	48
Chapitre 3 : présentation et interprétation des résultats		49
3.1	Introduction	49
3.2	Analyse statique	49

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

3.2.1	Solive	49
3.2.2	Poutre	51
3.2.3	Poteau.....	53
3.2.4	Toiture.....	54
3.2.5	Assemblage	58
3.3	Conclusion partielle	60
	Conclusion générale.....	61
	Bibliographie.....	62
	Annexe A Abaque pour les calculs en bois.....	64
	Annexe B Plans architecturaux	65
	Annexe C Perspective	68

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Liste des sigles et abréviations

A	Aire de la section transversale
a1	Distance minimale parallèle au fil entre deux boulons
a2	Distance minimale perpendiculaire au fil
BLC	Bois lamellé-collé
BLMC	Bois lamellé multi collé
BM	Bois massif
C24	Classe de résistance du bois résineux
C30	Classe de résistance du bois résineux
d	Diamètre du boulon
Dmax	Diamètre maximal autorisé d'un organe d'assemblage
E0,05	Module d'élasticité caractéristique parallèle aux fibres
E0,mean	Module d'élasticité moyen parallèle aux fibres
EC1	Eurocode 1 : Actions sur les structures
EC5	Eurocode 5 : Calcul des structures en bois
ELS	État Limite de Service
ELU	État Limite Ultime
F	Force appliquée
Fax,Rk	Résistance caractéristique à l'arrachement
Fh,k	Résistance caractéristique en portance locale du bois
Fv,d	Effort tranchant de calcul
G	Charges permanentes
hef	Profondeur efficace d'ancrage
kdef	Coefficient de fluage
kmod	Coefficient de modification selon durée de charge
kh	Coefficient lié à la hauteur de section
L	Longueur ou portée de l'élément
M	Moment fléchissant

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS

SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

M_{Ed}	Moment de calcul
MPa	Mégapascal
N	Effort normal
N_{Ed}	Effort normal de calcul
n _{ef}	Nombre efficace de boulons
NV65	Règles Neige et Vent 1965
Q	Charges d'exploitation
R_k	Valeur caractéristique de résistance
R_d	Valeur de résistance de calcul
S	Section transversale
$\sigma_{c,d}$	Contrainte de compression de calcul
$\sigma_{m,d}$	Contrainte de flexion de calcul
τ_d	Contrainte de cisaillement de calcul
u	Déplacement ou flèche
V	Effort tranchant
V_{Ed}	Effort tranchant de calcul
γ_G	Coefficient partiel de sécurité des charges permanentes
γ_Q	Coefficient partiel de sécurité des charges variables
γ_M	Coefficient partiel de sécurité du matériau
ρ_k	Masse volumique caractéristique du bois
λ	Élancement
λ_{rel}	Élancement relatif
ψ	Coefficient de combinaison des action

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Liste des tableaux

Tableau 1.1 classification des matériaux suivant la réaction au feu [10]	9
Tableau 1.2 contraintes caractéristiques des bois massifs (résineux et peuplier) [11]	11
Tableau 1.3 contraintes caractéristiques des bois massifs (feuillus).....	11
Tableau 1.4 Conductibilité thermique des différents matériaux [11].	12
Tableau 1.5 différences principales entre les conifères et les feuillus [7]	13
Tableau 2.1 valeurs des charges d'exploitation en fonction de l'usage du bâtiment [11]	19
Tableau 2.2 : Valeurs caractéristique des bois massifs résineux	35
Tableau 3.1 : Tableau reprenant les efforts et sollicitation dans les barres	57

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS
SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Liste des figures

Figure 1.1 : coupe transversale d'un tronc d'arbre	7
Figure 2.1 : Représentation du plancher en bois.....	22
Figure 2.2 : Influence les extrémités sur la longueur de flambement.....	35
Figure 2.3 : Ferme du bâtiment étudié dans le travail.....	36

Introduction générale

1. Généralité

La ville de Goma, située à l'Est de la République Démocratique du Congo, connaît depuis plusieurs années une croissance démographique rapide combinée à des défis socio-économiques importants. Selon les rapports de UNICEF, la RDC compte un nombre élevé d'enfants vulnérables, notamment en raison des conflits armés, de la pauvreté et des crises sanitaires récurrentes. Ces facteurs contribuent à l'augmentation du nombre d'enfants en situation d'abandon ou de précarité [1].

D'après les données publiées par la Banque mondiale [2], la pauvreté structurelle en RDC affecte significativement les conditions de vie des ménages, limitant l'accès des enfants aux services sociaux de base tels que l'éducation, la santé et un logement décent. Dans ce contexte, les structures d'accueil telles que les orphelinats jouent un rôle essentiel dans la protection et l'encadrement des enfants vulnérables.

Cependant, plusieurs rapports du ministère des Affaires Sociales, Actions Humanitaires et Solidarité Nationale [3], soulignent l'insuffisance des infrastructures adaptées pour répondre aux besoins croissants d'accueil, notamment dans les zones urbaines en expansion comme Goma.

Face à cette problématique, la conception d'un bâtiment R+2 en bois destiné à servir d'orphelinat constitue une réponse technique et sociale. Le choix du bois comme matériau principal s'inscrit dans une logique de durabilité, et d'adaptation aux conditions climatiques locales. Le présent travail vise ainsi à proposer une conception architecturale et un dimensionnement structural conformes aux normes en vigueur, tout en intégrant une analyse de faisabilité technique.

2. Identification et formulation du problème

En effet, la ville de Goma comme plusieurs villes en RD Congo fait face à plusieurs problèmes d'accueil d'enfants orphelins, leurs données la possibilité d'accéder à l'instruction et d'acquérir une formation leurs permettant de devenir responsable de leur propre développement, mais aussi leurs prises en charge.

Parmi ces problèmes, on trouve que quelques orphelinats qui existent dans la ville de Goma ne suffisent pas pour accueillir et encadrer un bon nombre d'orphelins [1].

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Le nombre d'orphelins ne cesse de croître à cause des certains fléaux qui abattent la population congolaise, particulièrement à l'Est du pays, parmi lesquels d'une manière générale on peut citer : les insécurités, les épidémies, les pandémies, mouvements des populations dus aux guerres à répétition, à la recherche de la vie meilleure [2].

Dans la ville de goma selon les rapports de l'UNICEF, les infrastructures d'accueil disponible ne répondent pas toujours aux exigences de sécurité, de stabilité et durabilité requises pour un bâtiment destiné à héberger un nombre important d'enfants. Certains centres d'accueil sont aménagés dans des constructions initialement prévues pour l'habitation ordinaire, sans étude technique approfondie ni dimensionnement conforme aux normes de construction [3].

Ainsi, au-delà de l'aspect social, la problématique devient essentiellement technique : comment concevoir et dimensionner un bâtiment R+2 en bois répondant aux exigences de résistance, de stabilité et de sécurité des usagers ?

3. Questions de recherches

Dans ce présent travail, il sera question de concevoir et dimensionner une structure qui pourra servir d'un orphelinat pour accueillir les enfants vulnérables ou orphelins et leur offrir une sécurité et confort. C'est pourquoi notre travail va se fonder sur les préoccupations qui suivent :

- Comment concevoir un bâtiment en bois servant d'orphelinat qui répond aux exigences locales et aux standards internationaux ?
- Quelles sont les dimensions des différentes sections des éléments structuraux qui permettraient de résister aux différentes charges et surcharges aux quelles la structure serait soumise ?

4. Formulation des hypothèses

- Le respect des normes de sécurité, d'accessibilité et d'évacuation d'urgence prédéfini dans Neufert, permettrait de concevoir un bâtiment en bois R+2 à usage orphelinat
- Le dimensionnement d'un bâtiment R+2 en bois conformément aux prescriptions de l'EC 5 permettrait de trouver les sections des éléments structuraux pour résister

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

aux différentes charges et surcharges à fin de garantir la sécurité structurelle du bâtiment..

5. Methodologie de recherche

Pour atteindre les objectifs soulignés ci-dessus, quelques méthodes et techniques ont été d'une utilité importante entre autres :

La méthode analytique qui sera d'une utilité importante pour l'évaluation des charges de différentes composantes de notre structure ;

La technique documentaire va permettre d'appréhender les notions relatives à la réalisation de ce travail en consultant les articles et ouvrages relatifs à notre sujet de recherche ; enfin, la technique de l'analyse du contenu va également permettre d'obtenir les données existantes qui ont rapport avec le présent travail de recherche.

6. Justification du choix du sujet et motivation

Les orphelins, ayant des origines variés et souvent complexes, les causes de leurs conditions de vie précaire restent une énigme et une équation difficile à résoudre. Pour certains enfants, la situation d'orphelin passe par la mort de l'un ou de deux parents, surtout du père appelé à jouer le rôle d'éducateur et de pourvoyeur du bien-être des enfants.

Ces orphelins vivent dans des conditions qui ne présagent pas d'un lendemain meilleur. Ils sont souvent à la merci des tuteurs qui les ont adoptés et se sont engagés à leur apporter de confort nécessaire à leur épanouissement, malheureusement, privés des droits élémentaires que sont, l'éducation, la santé et une alimentation saine. Certains adolescents tombent dans les mailles de groupes pervers qui leurs inculquent des comportements dégradants. Face à ces constants nous avons initié ce travail au profil d'une nonantaine d'orphelins [1].

7. Objectif général et spécifiques

ce travail a pour objectif principal de concevoir et de dimensionner un orphelinat R+2 en bois dans la ville de Goma, pour atteindre cet objectif, nous poursuivrons les objectifs spécifique ci-après :

- concevoir une structure moderne répondant aux normes internationales sur le plan architectural ;

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- Dimensionner les éléments structuraux qui la composent entre autres les pannes, les poutres, les poteaux, les solives et la ferme.

8. Subdivision du travail

Hormis l'introduction et la conclusion ce travail est subdivisé en trois chapitres dont, le premier chapitre traite des notions sur le bois et les définitions des différents concepts ; Le deuxième chapitre traite de la méthodologie employée dans la conception et dimensionnement des éléments structuraux, et enfin le troisième chapitre présente les résultats et interprétations.

Chapitre 1 : Généralités

1.1 Introduction

Ce chapitre s'attelle à préciser les généralités sur les différents concepts qui interviennent dans la conception et le dimensionnement des ouvrages en bois. De façon caricaturale, dans cette partie il sera question de parler des différentes définitions, de différents concepts et généralité du matériaux bois.

1.2 Généralité sur le bois

Dans ce point il est donné la définition du matériaux bois selon ses différentes propriétés et les catégories qui existent.

1.2.1 Définition [7]

Le bois est une matière ligneuse élaborée par un organisme vivant au milieu d'un écosystème. Il est un peu difficile de développer le concept bois sans parler de la notion des arbres dont la croissance est directement assurée par l'ensoleillement, la nature du terrain, l'altitude, la température ambiante, la pollution atmosphérique, ...

1.2.2 Brève historique de la construction [8]

Les premières maisons en bois datent d'il y a environ 3000 ans. En effet, on peut retrouver des vestiges dans le pays de l'Europe du Nord notamment en Pologne, mais également en Finlande et en suède, où les forêts omniprésentes permettaient de faire du bois un matériau de construction important. Ces premières maisons en bois étaient faites de rondins de bois empilés. Le bois était également utilisé en Egypte pour les sépultures afin de faire des sarcophages.

En France, c'est dans le jura que l'on retrouve les plus vieux vestiges de construction en bois.

Jusqu'au XVIIIème siècle, le bois était le matériau principal dans les maisons populaires. Les maisons étaient alors construites en colombages et en pierres.

Cependant, il a été mis de côté après la seconde guerre mondiale, quand il a fallu reconstruire en masse pour reloger les personnes. Aujourd'hui, les préoccupations environnementales ont changé

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

et le « tout béton » disparaît progressivement pour faire place aux habitats plus sains et plus respectueux de l'environnement. Dans les pays Scandinaves, 60% des maisons construites aujourd'hui sont en ossature bois, ce chiffre est de 30% en Allemagne. Aux Etats Unis, ce sont 90% des nouvelles construction qui sont faites en ossature bois. Cette technique est plus développée actuellement concernant les constructions.

La maison en ossatures bois n'a donc fini d'évoluer et démontrer de nouvelles qualités.

1.2.3 Composition de la section transversale d'un tronc d'arbre [7]

La section transversale d'un tronc d'arbre est composée par les parties suivantes :

- **L'écorce** : elle est la couche protectrice du tronc ; toujours visible à l'œil nu.
- **Le liber** : est la partie interne de l'écorce. C'est l'appareil conducteur de la sève élaborée (descente) formée de glucose transformé en amidon. C'est pour quoi une blessure du liber (par exemple : gravure au couteau de poche) peut freiner ou stopper la croissance de toute une partie de l'arbre.
- **Le cambium** : est le tissu de croissance de l'arbre. Les cellules vivantes du cambium se multiplient par division, croissent jusqu'à leur taille définitive, se rigidifient (croissance des quelques parois cellulaires) et meurent. Ces vaisseaux cessent peu à peu d'alimenter l'arbre après quelques années. Ils se bouchent et s'imprègnent de déférentes substance : tanins, résines, etc. La croissance se développe principalement dans trois directions : longitudinale (croissance en hauteur), radial vers l'intérieur (xylème, formation du bois) et radiale vers l'extérieur (phloème, formation du liber).
- **L'aubier** : représente le système conducteur de la nourriture de l'arbre, des racines à la couronne. Il transporte la sève brute(montante), un mélange de sels nutritifs dissous dans l'eau que les racines prélèvent du sol. L'aubier reprend aussi l'effort principal des charges mécanique (en traction et en compression) dus aux vents, à la neige et au poids propre de la couronne.
- **Le bois de cœur** (ou le bois parfait ou **duramen**) : est l'élément de soutien central de l'arbre. En revanche, il ne remplit plus de fonction conductrice des substances nutritives. Le centre du tronc, la moelle, peut, à partir d'un certain âge, être creuse.

La figure 1-1 montre la composition transversale d'un tronc d'arbre :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

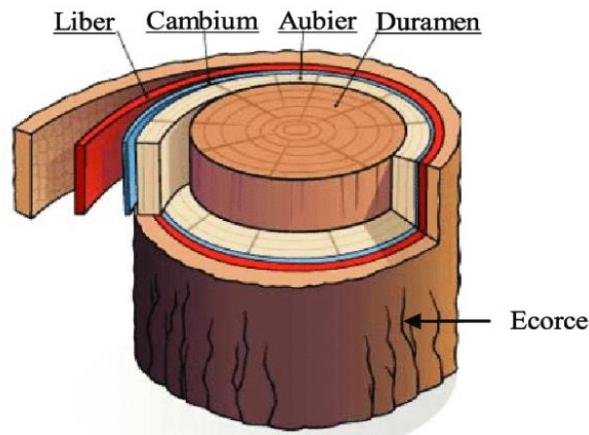


Figure 1.1 : coupe transversale d'un tronc d'arbre

1.2.4 Aspects du bois [9]

1.3.4.1 Aspects constructifs

Du point de vue aspects constructifs, le bois présente les caractéristiques suivantes :

- a. **Matériau isolant** : Le bois est un matériau subjectivement chaud car son effusivité thermique est basse ($E_F = 0,56$). C'est pour quoi un bâtiment à ossature bois s'échauffe facilement. La température des parois est proche de celle de l'air ambiant. La capacité thermique du bois est moyenne ($s = 1500 \text{Kj} \cdot \text{m}^{-3}$), c'est pourquoi il accumule moins la chaleur. A cause de toutes ces qualités citées ci-haut, le bois est un matériau de construction plus apprécié dans les pays plus froids.
- b. **Matériau léger et solide** : La densité de l'épicéa est comprise entre 430 et 470 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ lorsqu'il est sec à l'air (taux d'humidité du bois 15%) soit cinq fois moins que le béton et dix-sept fois que l'acier. Le bois est un matériau qui travaille mieux en compression et en traction, dans son sens longitudinal et en flexion transversale (surtout en lamellé collé). En compression le problème de flambement lié à la souplesse du bois doit être résolu par un hauteur-largeur relativement petit.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- c. **Matériau hygroscopique et anisotrope** : l'hygroscopie est une capacité qu'a le bois d'accumuler de l'humidité. Lors d'une charge trop rapide, les bois de section moindre, gauchissent en revanche ceux de section considérable ont tendance à se fendre. Le niveau d'humidité d'équilibre du bois est atteint après un certain délai, à la suite des variations d'humidité de l'air. Dans le cas des bois de forte section, les valeurs extrêmes d'humidité ne seront jamais atteintes et le mouvement dû aux variations d'humidité relative de l'air après séchage et mise-en-œuvre, en sera moins important.
- d. **Matériau biodégradable** : Le bois est un matériau biodégradable en cas de sa non-protection. Parmi les facteurs de biodégradation du bois nous pouvons citer : les insectes xylophages, les champignons et les bactéries, ... l'atmosphère humide et l'eau stagnante favorisent rapidement les champignons et les bactéries, qui, à leur tour préparent le travail des insectes xylophages. Notons que la protection du bois contre la biodégradation varie d'une région à une autre. Dans certaines régions, pour tuer ces insectes, on utilise les pesticides (insecticides et fongicides) car ils n'ont pas de risque sanitaire humain et environnemental. Signalons que parmi les champignons nous pouvons citer ceux qui sont destructeurs d'une part et ceux qui sont à l'origine de la modification de couleur et aspect de l'arbre d'une autre part.
- e. **Matériau chimiquement résistant** : Le bois a une résistance élevée à la corrosion et supporte bien les agressions chimiques. C'est pourquoi pour certaines usines où l'atmosphère est agressive, on souhaite utiliser le bois. Certaines catégories de bois comme le teck, l'afzélia doussié, ... sont utilisées pour fabrication des cuves contenant certains produits.
- f. **Matériau adapté aux sols** : Le bois s'adapte vite aux pentes, aux sols de faible portance, aux pergélisols (absolument imperméable), aux zones sismiques à la suite de sa légèreté et sa souplesse. Pour les pays à forte sismicité (par exemple le Japon), le bois est souvent préféré pour sa capacité à absorber les chocs sismiques au lieu de les transmettre.
- g. **Matériau durable** : les structures en bois sont remarquablement stables (facteurs de durabilité), souvent que celles en briques et béton.
- h. **Facilité de mise-en-œuvre** : les structures en bois sont faciles à transformer et à grandir ; les méthodes d'assemblage sont nombreuses et s'adaptent à toutes les situations. Le bois

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

résiste mieux à l'incendie, lors d'un incendie, le bois massif ne brûle que de 0,7mm par minute (4,2 cm par heure) et la couche carbonée forme une protection pour le cœur du bois.

Même si l'incendie dure longtemps, il se dilate et la structure reste stable.

La résistance au feu est la durée pendant laquelle un élément continue de remplir sa fonction malgré l'action de l'incendie. Cela permet de réaliser une étude de comportement au feu des éléments de structures puisque la réaction au feu ne prend pas en compte ses derniers. La résistance au feu concerne donc les éléments porteurs (poteaux, poutres, structures de toitures, planchers), avec de plus les éléments de séparation ou de protection (les cloisons, portes, plafonds, conduits, clapets, ventilateurs).

La réaction au feu est la contribution qu'un matériau peut apporter lors d'un incendie. On étudie de ce fait, la portion qu'a un produit pour participer au développement du feu du fait de son caractère plus au moins combustible. La norme française NF. 92. 507 permet de classer la réaction au feu des matériaux suivant cinq catégories. Cette classification établie par le CSTB (centre scientifique et technique du bâtiment) tel qu'indiqué dans le tableau 1-1 :

Tableau 1.1 classification des matériaux suivant la réaction au feu [10]

Classes	Combustibilité	Inflammable	Exemples
M0	Incombustible	Inflammable	Pierre, briques, ciments, ...
M1	Combustible	Non inflammable	Matériau composites, pvc, dalles minérales des faux plafonds, ...
M2	Combustible	Difficilement inflammable	Panneau des particuliers
M3	Combustible	Moyennement inflammable	Bois, revêtement sols caoutchouc, laine, ...
M4	Combustible	Facilement inflammable	Papier, polypropylène, ...

Où **M** indique les matériaux et le chiffre indique la classe.

1.2.4.2 Aspects écologiques

L'arbre en poussant, absorbe du CO₂ et libère de l'oxygène. Quand il meurt, en zone tropicale, subit une dégradation biologique par les insectes, bactéries, ... qui utilisent de l'oxygène et libère une quantité égale de CO₂ à celle absorbé par l'arbre durant sa croissance. En zone tempérée, si la forêt n'est pas détruite ou surexploitée, certaines tourbes accumulent une partie de ce carbone.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Cependant, si l'on coupe l'arbre à maturité, et qu'on l'empêche de se dégrader en l'utilisant dans la construction, le gaz carbonique reste stocké. Il y a ainsi moins de CO₂ dans l'atmosphère et ceci contribue à réduire l'effet de serre. Quand la construction brûle ou lorsqu'elle est détruite et que ses matériaux de bois se décomposent dans une décharge, le carbone est libéré sous forme de CO₂ ou de méthane (CH₄). La pollution des milieux physiques (air, sol, eau) est très faible et les déchets peuvent parfois être recyclés ou brûlés pour produire de l'énergie.

1.2.4.3 Aspects économiques

En raison de sa disponibilité, le bois est un matériau consommé jusqu'à 80% au niveau mondial. En plus d'être léger et écologique, il diminue le coût de construction d'un bâtiment.

1.2.5 Les propriétés du bois

1.3.5.1 Propriétés mécaniques

Le bois, matériau hétérogène et anisotrope, offre des résistances mécaniques différentes en fonction de la direction de l'effort par rapport à la section transversale, radial ou tangentielle.

Le bois se comporte dans la direction axiale comme une matière fibreuse, résistant, tenace, rigide et dure. En revanche, dans la direction tangentielle, le bois se comporte comme une matière plastique, déformable et de résistance relativement faible.

De plus, en testant le bois à la traction, à la compression, au poinçonnement, au cisaillement ; on trouve des différences capitales selon la direction des efforts.

Les résistances à la traction sont 2 à 4 fois plus grandes qu'à la compression. Dans les calculs de construction en bois, il faut prendre un grand coefficient de sécurité (exemple : 6 pour les constructions permanentes et 3 pour les constructions provisoires). Sa résistance est très forte dans le sens longitudinal et peut se fendre aisément dans le sens radial. Ces propriétés permettent de choisir le type de découpe selon l'utilisation souhaitée. Le bois issu de la coupe de troncs d'arbres n'est pas utilisable directement. Il est débité puis mis à séchage à l'air libre de nombreuses années afin que son eau soit éliminée et que les planches ne se déforment pas. Les tableaux 1-2 et 1-3 indiquent les contraintes admissibles pour les feuillus et résineux, suivant l'EC 5 :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Tableau 1.2 contraintes caractéristiques des bois massifs (résineux et peuplier) [11]

Classes	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Flexion	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Propriétés de résistance En MPa									
Traction axiale	8	10	11	13	14	16	18	21	24
Traction perpendiculaire	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression axiale	16	17	18	20	21	22	23	23	26
Compression perpendiculaire	2	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Cisaillement	1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8

Tableau 1.3 contraintes caractéristiques des bois massifs (feuillus)

Classes	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Flexion	30	35	40	50	60	70
Propriétés de résistance En MPa						
Traction axiale	18	21	24	30	36	42
Traction perpendiculaire	0,8	0,8	0,9	1	1,1	1,4
Compression axiale	23	25	26	29	32	34
Compression perpendiculaire	8	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Cisaillement	3	3,4	3,8	4,6	5,3	6

1.2.5.2 Propriétés thermiques [7]

- a. **La dilatation thermique :** L'allongement ou le raccourcissement Δl d'une pièce de bois de longueur l , libre se déformer et soumis à une variation de température ΔT , est donné par la relation (1-1) :

$$\Delta l = \alpha_r \times \Delta T \times l \quad (1-1)$$

Avec :

Δl : allongement en (mm)

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

α : coefficient de dilatation thermique ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

ΔT : variation de la température ($^{\circ}\text{C}$)

L : longueur de la pièce en (mm)

Souvent en construction en bois, l'effet de la dilatation thermique est négligé suites aux raisons suivantes :

- ✓ Le coefficient de la dilatation pour le bois est très faible.
- ✓ Les variations dimensionnelles dues aux effets thermiques sont négligeables par rapport à celles négatives dues au changement de teneur en eau.
- ✓ Les pièces de bois ont généralement des longueurs relativement faibles

b. **La conductibilité thermique** : notée γ_T représente l'énergie thermique E_r transmise par unité de temps (t) à travers une épaisseur b de matériau et pour une surface impliquée à une différence de température ($T_1 - T_2$). D'où la relation (1-2) :

$$\gamma_r = \frac{E_r \times b}{S \times (T_1 - T_2)} \left(\frac{W}{mk} \right) \quad (1-2)$$

Avec **S** : la section

La conductibilité du bois est élevée sur l'axe longitudinal des fibres et plus faibles sur les axes transversaux à la suite de la porosité.

Le tableau 1-4 représente la conductibilité thermique pour différents matériaux utilisés en construction.

Tableau 1.4 Conductibilité thermique des différents matériaux [11].

MATERIAUX	$\gamma_r \text{ en } \left(\frac{W}{mk} \right)$
Aluminium	200
Acier	60
Béton	1.8
Chêne	0.2
Brique en terre cuite	0.44
Sapin, épacéa, parallèles aux fibres	0.24
Sapin, épacéa, perpendiculaires aux fibres	0.15
Laine de verre	0.04
Hêtre	0.17

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

1.2.5.3 Propriétés physiques

- **La masse volumique et la densité** : dépendent de l'essence, de la teneur en eau et de la structure du bois et influencent directement la résistance mécanique et la durabilité du bois. Nous pouvons avoir les bois lourds (ébène, azobé), mi-lourds (chêne, teck), légers (sapin, peuplier).
- **L'hygroscopie ou teneur en eau** : le bois est un matériau hygroscopique, il agit comme une éponge en échangeant constamment de l'humidité avec l'air environnant. Cet échange se poursuit jusqu'à ce que le bois atteigne un point d'équilibre appelé point de saturation de la fibre (PSF). Cette propriété conditionne les phénomènes de retrait (lorsque le bois sèche, il diminue de volume) et de gonflement (en reprenant de l'humidité, il augmente de volume).
- **Porosité** : le bois est une structure hautement poreuse. Son volume est constitué en grande partie de vides (cellules, vaisseaux et trachéides) qui emprisonnent l'eau et l'air. C'est cette propriété qui confère au bois ses propriétés thermique et acoustique.
- **Perméabilité** : est la capacité avec laquelle les fluides peuvent circuler à travers les pores du bois. Elle est cruciale pour le traitement du bois. Le bois avec une perméabilité élevée, comme le bois juvénile, est facilement imprégnable ce qui le rend apte à recevoir des traitements de préservation contre les insectes ou les champignons. Une faible perméabilité rend le bois difficile aux traitements et est souvent plus résistant naturellement aux attaques, c'est le cas du chêne.
- **Couleur, odeur et texture** : dépendent de l'essence, présence de résine, tanin ou huiles qui sont spécifiques à chaque essence. Elles sont souvent utilisées comme critères d'identification.

1.2.6 Sorte de bois [7]

Parmi les sortes de bois on distingue : les feuillus et les conifères ou résineux. Leurs différences sont présentées dans le tableau 1-5 :

Tableau 1.5 différences principales entre les conifères et les feuillus [7]

	Les conifères ou résineux	Les feuillus

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Botanique	Plantes à graines, qui ne sont pas renfermées par un ovaire	Plantes dont les ovules sont protégés par un ovaire. Ces ovules évoluent en graines après fécondation
Feuilles	Feuillage persistant (sauf exception). Feuilles généralement étroites, à pointes aigues, ou petites et squamifères	Feuillage persistant ou caduc. Feuilles généralement plates, avec un réseau distinct de fines nervures
Fleurs	Sans pétales	Généralement avec pétales
Fruit	En général un cône, souvent composé d'écailles ligneuses	Très grande diversité de forme, de texture, de couleur
Terrain	Acceptent des conditions plus hostiles	Habitat moins hostile

1.2.7 Le bois massif résineux [12]

Les bois massifs sont des éléments obtenus à partir de grumes ou de pièces de bois de plus fortes dimensions par enlèvement de sciures ou plaquettes dans le sens longitudinal (sens des fibres) complétées par un usinage ou sciage dans le but d'obtenir les meilleurs sections et profils. Les sciages structuraux sont des pièces de bois dans constitution d'un ouvrage et ayant comme fonction principale la résistance aux sollicitations. Le dimensionnement se fait conformément à l'EC 5 les dimensions courantes sont :

- Largeur : de 15 à 200 mm
- Hauteur : de 25 à 300
- Longueur : jusqu'à 6.00 m

1.2.8 Avantages et inconvénients du bois

Le matériau bois présente des avantages ainsi que des inconvénients dans la construction

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- a) **Avantages** : Ressource naturelle et renouvelable, Rapidité dans l'exécution, Construction à sec, Respect des délais, Architecture sur mesure, Faculté d'adaptabilité, Légèreté, confort et bien être, ...
- b) **Inconvénients** : Mauvaise résistance au cisaillement, Recourt à des colles pour la mise en œuvre des BLC et de BLMC qui peuvent être toxiques, Possède un caractère hygroscopique, Bon comportement acoustique, ce qui provoque des bruits d'impact dans le local voire la propagation du son dans l'air ; Malgré la facilité de sa mise en œuvre, une construction en bois impose un suivi et un entretien permanent [7] ; Dans notre milieu, il subsiste encore un blocage psychologique en ce qui concerne la construction en bois. Elle est considérée comme adaptée pour une classe moyenne et non pour les riches.

1.3 Conclusion partielle

Le premier chapitre de ce travail a traité sur les généralités du matériau bois dans la construction. Il a été question de présenter le matériau bois en parlant d'une brève historique, dans la décomposition d'un tronc d'arbre, ses aspects, de ses propriétés, de sorte des bois en montrant leurs différences ce qui nous a permis de choisir le résineux comme bois que nous allons utiliser dans notre travail. Le chapitre suivant portera sur la méthodologie.

Chapitre 2 : Méthodologie

2.1 Introduction

Ce chapitre parle de l'approche utilisée pour parvenir aux objectifs fixés. Il s'articule sur les méthodes d'analyse statistique linéaire.

Ainsi, l'objectif dans ce chapitre est de présenter les données techniques d'étude selon le plan structural des bâtiments en étude, pour notre cas nous allons utiliser la méthode statique linéaire qui fait usage des calculs manuel et les principes de pré dimensionnement des éléments structuraux.

2.2 Données techniques d'étude

En général, l'étude d'un bâtiment en bois (ou de toute autre structure) se fait en deux branches:

- Une étude architectural : concerne l'organisation spatiale de l'ouvrage qui présente les formes et dimensions des espace à l'intérieur du bâtiment
- Une étude structurale : se basant sur les calculs des structures et réglementations appropriées afin de parvenir à déterminer les dimensions des éléments structuraux (solive, poutre, poteau, etc ...) Dont leurs sections, ainsi que leurs nombres et leurs espacements.

2.2.1 Conception de l'ouvrage [13] [14]

En faisant la conception de notre bâtiment on a tenu compte de la simplicité de la structure ; la résistance et la rigidité ; concernant la conception, nous allons utiliser le logiciel Archicad.

2.2.1.2 Aspect fonctionnelle

Il sera question de concevoir un bâtiment avec des bureaux administratifs, réfectoire et autres pièces publique au rez-de-chaussée et des dortoirs au 1er étage et au 2ème, pour un total de 22 dortoirs pour ces deux niveaux.

L'organigramme de ce bâtiment est présenté comme suit :

Au premier niveau il y a un réfectoire qui donne directement à la cuisine, une salle servant à l'accueil et au secrétariat, direction, comptabilité, infirmerie qui donne directement à la pharmacie, aux salles de classe et des formations, à une salle éducateur, assistant social, et des toilettes pour enfants et pour les visiteurs.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Au deuxième niveau il y a 11 dortoirs, deux chambres pour les encadreurs, deux salons, bibliothèque, une salle polyvalente, une salle de classe, soutien psychologique, et les douches pour enfants filles et garçons, des toilettes. Le troisième niveau est similaire au deuxième niveau.

Le bâtiment est en bois résineux de classe C30 ($p_k = 380/\text{m}^3$). C'est un orphelinat, il est caractérisé par la hauteur (élévation) totale de 12,5m. Ce choix s'explique par ses bonnes performances mécaniques, sa compatibilité avec les règles de dimensionnement de l'EC 5 et sa large utilisation en construction porteuse. La classe C30 a été retenue afin de garantir un niveau de sécurité élevé pour un bâtiment sensible tel qu'un orphelinat R+2, soumis à des charges d'exploitation importantes. Par ailleurs, la hauteur totale du bâtiment, estimée à environ 12,5 m, reste compatible avec une structure en bois et permet d'assurer le respect du nombre d'or de l'ouvrage tout en offrant un confort architectural et fonctionnel adapté aux besoins des enfants.

2.3 Analyse statique linéaire

On parle d'analyse statique linéaire lorsque la charge est appliquée à un ou plusieurs éléments structuraux sans variation dans le temps de son point d'application, de son intensité, de son sens; de sorte que l'on peut négliger la force d'inertie. L'objectif principal de cette analyse est l'évaluation d'un état de contrainte d'une structure soumise à une constante dans le temps [15].

2.3.1 Principe des justifications [16]

Les normes et réglementations offrent des méthodes de calcul (dimensionnement) appropriées pour chaque matériau de construction choisi. Les matériaux d'étude du présent travail étant le bois pour les poutres, les poteaux, les solives, pannes et la ferme; il est impérieux de recourir aux méthodes de calcul basé sur les règles de l'EC 5. Ces règles et les calculs justificatifs sont conduits suivant la théorie des états limites car une structure doit être vérifiée pour assurer pendant toute sa durée d'exploitation la sécurité des personnes et permettre une utilisation conforme à sa destination. Elle doit résister à toutes les actions et influences (humidité) susceptibles d'intervenir pendant sa réalisation (montage sur chantier) et sa durée d'utilisation.

Un état limite est celui pour lequel une condition requise d'une construction (ou de ses éléments) est strictement satisfaite et cesserait de l'être en cas de modification défavorable. On en distingue deux catégories : les Etat Limites Ultimes (ELU) et les Etat Limites de Service (ELS).

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- a. **Les Etat Limites Ultimes (ELU)** : les ELU sont des états au-delà desquels la structure entre en ruine. On en distingue :
- L'état Limite d'Equilibre Statique : il concerne la stabilité de l'ouvrage (non glissement, non renversement) ;
 - L'Etat Limite Ultime de Résistance (E.L.U.R) : il concerne la non rupture de l'ouvrage ;
 - L'Etat Limite Ultime de Stabilité de forme (E.L.U.S.F) : concerne les pièces élancées soumises aux efforts de compression axiale qui doivent résister au risque de flambement.
- b. **Les Etats Limites de Service (ELS)** : ils constituent les frontières au-delà desquelles les conditions normales d'exploitation et durabilité de la construction ou de ses éléments ne sont plus satisfaites soit par l'ouverture des fissures ou soit par la déformation des éléments porteurs. [7]

2.3.2 Actions et sollicitations

Dans ce point, il sera question de définir les différentes actions possibles qui s'applique sur une structure, les sollicitations engendrées et les combinaisons des actions.

2.3.2.2 Actions

Les actions sont un ensemble de forces appliquée sur une structure.

- Les actions permanentes sont essentiellement composées du poids propre de la structure et d'éventuels équipements fixes. Le poids propre d'une structure sera nommée action permanente G.
- Les charges d'exploitation et les effets de la neige et du vent sont des actions variables nommées Q.

Le tableau 2.1 présente les valeurs des charges d'exploitation en fonction de l'usage du bâtiment.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Tableau 2.1 valeurs des charges d'exploitation en fonction de l'usage du bâtiment [11]

A. Logement		
Plancher	1,5	2
Balcon	2,5	2
Escalier	3,5	2
B. Bureau		
Bureau	2,5	4
C. Locaux publics		
C1 Locaux avec tables (écoles, restaurant, etc.)	2,5	3
C2 Locaux avec sièges fixes (théâtres, cinémas, etc.)	4	4
C3 Locaux sans obstacles à la circulation (musées, salles d'exposition, etc.)	4	4
C4 Locaux pour activités physiques (dancings, salles de gymnastique, etc.)		
C5 Locaux susceptibles d'être surpeuplés (salles de concert, terrasses, etc.)	5	7
D. Commerces		
D1 Commerces de détail courants	5	4,5
D2 Grands magasins		
E. Aires de stockage et locaux industriels		
E1 Surfaces de stockage (entrepôts, bibliothèques, ...)	5	7
E2 Usage industriel	7,5	7
	Cf.CCTP	
q : charge uniformément répartie		
Q : charge ponctuelle		
q _k : charge surfacique		

- Le feu, les chocs de véhicules, le risque d'explosions, la remontée exceptionnelle de la nappe phréatique sont des exemples d'actions accidentelles nommées A.
- Enfin, le risque de tremblement de terre est pris en compte par les actions sismiques nommées AE.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

2.3.2.3 Calcul des sollicitations

Les sollicitations sont des efforts calculés à partir des actions par des méthodes appropriées. On considère les actions suivantes :

- G_{max} : l'ensemble des actions permanentes défavorables ;
- G_{min} : l'ensemble des actions permanentes favorables ;
- Q_1 : action variable de base ;
- Q_i : autres actions variables d'accompagnement ($i > \sup 1$).

Une construction peut être soumise à un grand nombre de combinaisons d'actions dont on retiendra les plus défavorables. Il faut donc procéder en deux étapes :

- Etablir les différentes combinaisons d'actions ;
- Rechercher la combinaison d'actions la plus défavorable vis-à-vis de l'état limite étudié. Les sollicitations à considérer résultent des combinaisons d'actions suivantes :

1. Combinaisons fondamentales (CF) :

$$CF = (1,35 \times G_{max}) + G_{min} \times Y_{Q1} + \sum 1,3 \times \Psi_{Q1} \times Q \quad (2-1)$$

Où Y_{Q1} vaut 1,5 dans le cas générale et 1,35 dans les cas suivants :

- Les effets de la température sont considérés ;
- Les charges d'exploitation sont étroitement bornées ou de caractère particulier (convois militaires, convois exceptionnels) ;
- Les bâtiments sont agricoles à faible densité d'occupation humaine.

2. Combinaisons d'actions accidentelles (CA) :

$$1,35 * G_{max} + G_{min} + FA + \Psi_{11} * Q_1 + \sum \Psi_{Q1} \times Q_1 \quad (2-2)$$

Avec $(\Psi_{11} * Q_1)$ valeur fréquente d'une action variable et $(\Psi_{Q1} * Q_1)$ valeur quasi permanente d'une autre action variable.

3. Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites de service

Les sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites de service résultent des combinaisons d'actions rares suivantes :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$G_{\max} + G_{\min} + Q_1 + \sum \Psi_{01} \times Q_1 \quad (2-3)$$

2.3.3 Démarche à suivre pour faire les calculs des éléments structuraux en bois et hypothèses de calcul [17]

Pour tout projet de génie civil, le pré dimensionnement des éléments d'une structure est une étape cruciale, car il consiste à fixer les dimensions de différents éléments de la structure ou de l'ouvrage en respectant certaines règles et principes pratiques de la construction. Son objectif est de calculer préalablement les dimensions approximatives des différents éléments résistants en fonction des charges appliquées, en utilisant le principe de descente de charges et suivant conformément aux règles de l'EC 5. Cette méthode permet de déterminer les efforts supportés par chaque élément.

La section qui suit expose les principes de pré dimensionnement applicables aux éléments porteurs principaux constituant une structure notamment la panne, la ferme, la solive, la poutre et le poteau.

Nous allons prendre en considération les hypothèses suivantes pour le calcul des éléments structuraux :

- ✓ La hauteur de la solive pour le bois massif est comprise entre 25mm et 300mm, prenons $h = 200\text{mm} = 20\text{ cm}$ et $b = 10\text{ cm}$
- ✓ Epaisseur sommier = 5 cm
- ✓ Classe de résistance : C30 (bois massif)
- ✓ Pour la poutre, prenons $h = 25\text{ cm}$ et $b = 15\text{ cm}$
- ✓ L'espacement entre solives = 50cm
- ✓ Charge du revêtement négligeable
- ✓ Pour le poteau, prenons $h = 25\text{ cm}$ et $b = 25\text{ cm}$

2.3.3.2 Le plancher en bois

Au sens général du terme, le plancher désigne la paroi horizontale du sol d'un étage. Le plancher bois proprement dit désigne la plate-forme recevant ou non un revêtement de sol et composée d'éléments en bois, planches ou panneaux. Cette plate-forme repose elle-même sur une structure porteuse primaire, le solivage [12]. Dans ce travail, le pré dimensionnement de plancher portera sur les solives.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Les plancher considéré dans cette étude est constitué des sommiers reposant sur des solives supportées par des poutres principales tel que représenté sur la figure 2.1.

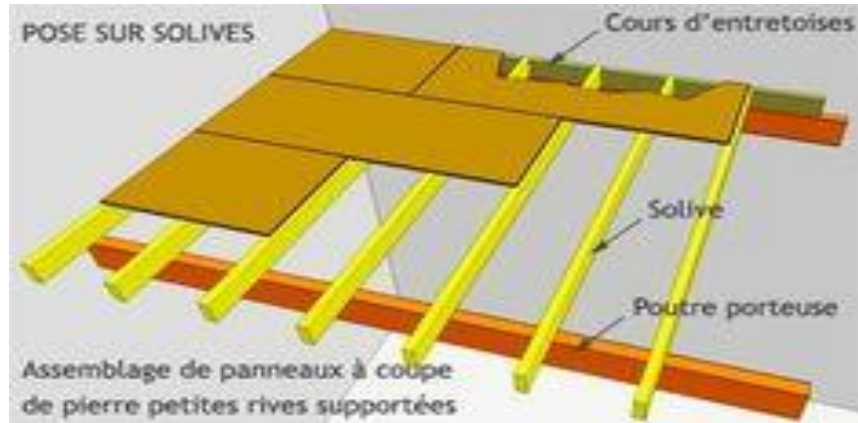


Figure 2.1 : Représentation du plancher en bois [11].

A. La solive

Le calcul des solives qui supporteront le plancher, s'effectue comme une poutre soumise à la flexion simple. On pré dimensionne la solive la plus chargée, les actions agissant sur une solive sont les suivantes selon les équations (2-4), (2-5) et (2-6) :

- Poids propre de la solive, avec $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ qui est la masse volumique du bois, h et b sont respectivement la hauteur et la base de la solive et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$:

$$G_{solive} = \rho_k \times h \times b \times g \quad (2-4)$$

Poids du sommier, en considérant l'espacement entre solive et l'épaisseur du sommier (e_{som})

- Le poids du revêtement, pour le revêtement, nous allons utiliser les panneaux OSB ayant comme $\rho_{OSB} = 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, l'épaisseur des OBS est comprise entre 9mm et 18mm [12] , on prend $e = 15\text{mm}$ et $h = 2,8\text{m}$.

$$G_{revet} = \rho_{OSB} \times e_{OSB} \times h \times g \quad (2-5)$$

$$G_{sommier} = \rho_k \times \text{espacement}_{solive} \times e_{sommier} \times g \quad (2-6)$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

La charge d'exploitation $q = 2,5 \text{ N/m}^2$ voir le tableau 2.1

La hauteur des solives pour le bois massif est comprise entre : $250\text{mm} \leq h_{\text{solive}} \leq 300\text{mm}$ et la base entre : $150\text{mm} \leq b \leq 200\text{mm}$ [12].

a) Critère de résistance (ELU)

Pour que la solive soit soumise à la flexion simple résiste, il faut que la contrainte de flexion ($\sigma_{m,d}$) soit inférieur ou égale à la contrainte caractéristique de résistance en flexion ($f_{m,d}$) selon l'équation (2-7).

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (2-7)$$

Pour éviter l'instabilité provenant du déversement de la solive (flambement latéral de la membrure comprimée) ; la contrainte caractéristique de résistance en flexion doit être majorée par un coefficient critique (k_{crit}). Alors l'équation (2-8) devient :

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \times f_{m,d} \quad (2-8)$$

La contrainte de flexion ($\sigma_{m,d}$) et la contrainte caractéristique de résistance en flexion ($f_{m,d}$) sont respectivement déterminée par les équations (2-9), (2-10), (2-11) et (2-12) :

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{fy}}{I} \quad (2-9)$$

Avec : moment de flexion :

$$M_{fy} = \frac{P_u \times l^2}{8} \quad (2-10)$$

Et $p_u = 1,35 * G + 1,5 * Q$ et l : longueur de la pièce

Module de flexion :

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (2-11)$$

Avec b : largeur de la pièce et h : hauteur de la pièce

$$f_{m,d} = f_{m,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \times k_{syst} \times k_h \quad (2-12)$$

Avec :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

k_{syst} : coefficient d'effet système

γ_m : coefficient partiel tenant compte de la dispersion des matériaux

k_h : coefficient de hauteur qui vaut pour le bois massif

$$K_h = \begin{cases} 1 & \text{si } h \geq 150mm \\ \min\left(1,3; \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}\right) & \text{si } h < 150mm \end{cases} \quad (2-13)$$

➤ Vérification de risqué de déversement K_{crit}

Le coefficient de déversement (flambement latéral de la comprimée) pour une solive soumise à la flexion, se calcule à partir de la contrainte critique de flexion ($\sigma_{m,crit}$) suivant l'équation (2-14) :

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times E_{0,05} \times e^2}{h \times l_{ef}} \quad (2-14)$$

Avec :

$E_{0,05}$: module axial au 5^{ième} pour centile

e : L'épaisseur de la solive

h : hauteur

l_{ef} : longueur efficace

$$l_{ef} = L \times k_{lef} (0,9) + 2h \quad (2-15)$$

➤ L : longueur de la solive

➤ Valeurs de k_{lef} : lorsque les appuis sont limités en torsion (sabots, encastrement dans un mur ,..) , pour une charge répartie, $k_{lef} = 0,9$ et pour une charge concentrée, $k_{lef} = 0,8$. Lorsque on a un port-à-faux : $k_{lef} = 0,5$ pour une charge repartie et 0,8 pour une charge concentrée.

➤ h : hauteur de la solive

L'élancement relatif de flexion ($\lambda_{rel,m}$) est donné par la relation (2-16)

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (2-16)$$

Avec $f_{m,k}$: contrainte caractéristique de flexion

➤ **condition d'instabilité** : vérifiée par l'équation (2-17)

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \times f_{m,d}} \leq 1 \quad (2-17)$$

Et le coefficient d'instabilité provenant du déversement k_{crit} est alors trouvé de la manière suivante suivant l'équation (2-18):

$$\begin{cases} \text{si } \lambda_{rel,m} \leq 0,75; k_{crit} = 1: \text{pas de déversement} \\ \text{si } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4; k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} \\ \text{si } 1,4 < \lambda_{rel,m}; k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (2-18)$$

b) vérifications des déformations (ELS)

Pour la majorité des poutres en bois travaillant en flexion, c'est-à-dire le plus défavorable, l'état limite de service est respecté lorsque les déformations restent inférieures aux valeurs admises. Il nous faut vérifier que la flèche provoquée par les actions appliquées, ne dépasse pas la flèche limite. Dans toutes les flèches ; L et I sont respectivement la longueur et le moment d'inertie de la solive, $E_{0,mean}$: module axial (sa valeur est dans le tableau 2.2), q_{inst} : charge instantanée (à déterminer en fonction de la combinaison prises en compte).

➤ Flèche instantanée (W_{inst}) provoquée par la combinaison des charges aux ELS [$q_{inst} = (G+Q)$] calculée selon l'équation (2-19) :

$$W_{inst} = \frac{5 \times q_{inst} \times l^4}{384 \times E_{0,mean} \times I} \quad (2-19)$$

➤ Flèche différée (W_{creep}) provoquée par la durée de la charge et de l'humidité du bois, elle est calculée par les équations (2-20) et (2-21) :

$$W_{creep} = \frac{5 \times q_{diff} \times l^4}{384 \times E_{0,mean} \times I} \quad (2-20)$$

Avec

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$q_{diff} = k_{deff} \times (G + \varphi_2 \times Q) \quad (2-21)$$

k_{deff} : coefficient de fluage qui vaut 0,6 pour le bois massif

φ_2 = coefficient de simultanéité qui vaut 0,3 pour le charge d'exploitation dans un local d'habitation.

- Flèche nette finale ($w_{net,fin}$) étant la somme de la flèche instantanée et la flèche différée, se calcule par l'équation (2-22) :

$$W_{net,fin} = (W_{inst} + W_{creep}) \quad (2-22)$$

Les conditions de vérification de la flèche sont vérifiées par les inéquations (2-23) et (2-24)

$$W_{inst} \leq W_{inst, limite} = \frac{l}{300} \quad (2-23)$$

$$W_{net, fin} \leq W_{net, fin, limite} = \frac{l}{200} \quad (2-24)$$

2.3.3.3 La poutre

La poutre principale étant sollicitée en flexion simple, et on prend souvent la plus chargée. Son principe de pré dimensionnement se fait de la manière suivante à l'aide des équations : (2-25), (2-26), (2-27), (2-28).

Les charges qui sollicitent la poutre sont :

- Poids propre de la poutre, avec $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$ qui est la masse volumique du bois, h et b sont respectivement la hauteur et la base de la poutre et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$:

$$G_p = \rho_k \times h \times b \times g \quad (2-25)$$

- Poids du sommier, en considérant l'espacement entre solive et l'épaisseur du sommier (e_{som}) :

$$G_{som} = \rho_k \times \text{espacement}_{solive} \times g \quad (2-26)$$

- Le poids des solives (P_s) : chaque solive supportant le sommier, étant reposée sur deux appuis (deux poutres principales). La charge de ces dernières sur chaque poutre est :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$G_{soliv} = P_S = \rho_k \times b \times h \times g \quad (2-27)$$

Avec b et h respectivement la base et la hauteur de la solive

- La charge d'exploitation (Q) :

$$Q = q \times \text{espacement}_{poutre} \quad (2-28)$$

$q = 2,5 \text{ N/m}^2$ voir le tableau 2.1

- La hauteur de poutre en bois $100\text{mm} \leq h_{poutre} \leq 300\text{mm}$ [21], pour notre cas on prendra $h_{poutre} = 250\text{mm}$ et c'est ce qu'on va vérifier.

A. Critère de résistance

Pour que la poutre soumise à la flexion simple résiste, il faut que la contrainte de flexion ($\sigma_{m,d}$) soit inférieure ou égale à la contrainte caractéristique de résistance en flexion ($f_{m,d}$) selon l'inéquation (2-29).

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad (2-29)$$

Pour éviter l'instabilité provenant du diversement de la poutre (flambement latéral de la membrure comprimée) ; la contrainte caractéristique de résistance en flexion doit être majorée par un coefficient critique k_{crit} . Alors l'équation (2-30) devient :

$$\sigma_{m,d} \leq K_{crit} \times f_{m,d} \quad (2-30)$$

La contrainte de flexion ($\sigma_{m,d}$) et la contrainte caractéristique de résistance en flexion ($f_{m,d}$) sont respectivement déterminées par les équations (2-31) et (2-34) :

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{f,y}}{I} \quad (2-31)$$

Moment de flexion :

$$M_{f,y} = \frac{P_u \times l^2}{8} \quad (2-32)$$

Et $P_u = 1,35 \times G + 1,5 \times Q$ et l : la longueur de la pièce

Module de flexion :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$\vartheta = \frac{b \times h^2}{6} \quad (2-33)$$

b : largeur ou épaisseur de la pièce et h : hauteur de la pièce

$$f_{m,d} = f_{m,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \times K_{syst} \times K_h \quad (2-34)$$

Avec :

k_{syst} : coefficient d'effet système

γ_m : coefficient partiel tenant compte de la disparition de la pièce

k_h : coefficient de hauteur qui vaut pour le bois massif

$$K_h = \begin{cases} 1 & \text{si } h \geq 150mm \\ \min\left(1,3; \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}\right) & \text{si } h < 150mm \end{cases} \quad (2-35)$$

a) Vérification de risqué de déversement K_{crit}

Le coefficient de déversement (flambement latéral de la comprimée) pour une solive soumise à la flexion, se calcule à partir de la contrainte critique de flexion ($\sigma_{m,crit}$) et d'élanement relatif de flexion ($\lambda_{rel,m}$) respectivement suivant les équation (2-36) et (2-38) :

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,05} * e^2}{h * l_{ef}} \quad (2-36)$$

Avec :

$E_{0,05}$: module axial au 5^{ième} pour centile

e : L'épaisseur de la poutre

h : hauteur

l_{ef} : longueur efficace

$$l_{ef} = L \times K_{lef}(0,9) + 2h \quad (2-37)$$

➤ L : longueur de la solive

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- Valeurs de k_{lef} : lorsque les appuis sont limités en torsion (sabots, encastrement dans un mur ...) , pour une charge répartie, $k_{lef} = 0,9$ et pour une charge concentrée, $k_{lef} = 0,8$. Lorsque on a un port-à-faux : $k_{lef} = 0,5$ pour une charge répartie et $0,8$ pour une charge concentrée.
- h : hauteur de la solive

L'élancement relatif de flexion ($\lambda_{rel,m}$) est donné par la relation (2-38)

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (2-38)$$

Avec $f_{m,k}$: contrainte caractéristique de flexion

b) condition d'instabilité : vérifiée par l'équation (2-39)

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \times f_{m,d}} \leq 1 \quad (2-39)$$

Et le coefficient d'instabilité provenant du déversement k_{crit} est alors trouvé de la manière suivante suivant l'équation (2-40) :

$$\begin{cases} \text{si } \lambda_{rel,m} \leq 0,75; k_{crit} = 1: \text{pas de déversement} \\ \text{si } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4; k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} \\ \text{si } 1,4 < \lambda_{rel,m}; k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (2-40)$$

c) vérification du cisaillement

la distribution des contraintes provoquées par l'effort tranchant n'est pas uniforme dans la section, elle dépend de sa forme.

Les contraintes sont induites par la charge qui est calculée aux états limites ultimes. Elles doivent rester inférieure ou égale à la contrainte de résistance déterminée selon l'inéquation (2-41)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d} \times k_v} \leq 1 \quad (2-41)$$

Il existe deux cas :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

1^{er} cas : si la poutre a une entaille, le coefficient d'entailage est calculé par l'équation (2-42):

$$K_v = \min \left(\frac{1}{k_n \times \left(1 + \frac{1,1 * i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}, \frac{\sqrt{h} \times \left(\sqrt{\alpha \times (1 - \alpha)} \right) + 0,8 \times \frac{x}{h} \times \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2}}{\sqrt{h}} \right) \quad (2-42)$$

Avec k_n : égale à 5 pour le bois massif

$i : \frac{1}{\text{pente}}$, soit 0 car l'entaille est droite

h : hauteur totale de la poutre

x : distance de l'angle de l'entaille au point d'appui

α : rapport entre $\frac{h_e}{h}$

2^{ème} cas : la poutre n'a pas d'entaille, h_e = hauteur de la pièce et $k_v = 1$

La contrainte de cisaillement induite par la combinaison d'action des ELU en MPa est calculée par la formule (2-43) :

$$\tau_d = \frac{k_f \times F_{v,d}}{b \times h_{ef}} \quad (2-43)$$

$F_{v,d}$: effort tranchant en newton, pour une poutre sur deux appuis avec un chargement uniforme, est calculé par l'équation (2-44) :

$$F_{v,d} = \frac{P_u \times l}{2} \quad (2-44)$$

Avec :

K_f : coefficient de forme de la section valant pour $\frac{3}{2}$ une section rectangulaire et $\frac{4}{3}$ pour une section circulaire

h_{ef} : hauteur exposée au cisaillement

b : épaisseur de la pièce en mm

γ_m : coefficient qui tient compte de la dispersion du matériau

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

K_{mod} : coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée et de la classe de service.

Avec $f_{v,d}$: résistance de cisaillement calculée en MPa est calculée par l'équation (2-45) :

$$f_{v,d} = f_{v,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \quad (2-45)$$

$f_{v,k}$: la contrainte caractéristique de cisaillement en MPa

B. vérification des déformations (ELS)

La plupart des poutres en bois travaillant en flexion, c'est-à-dire le plus défavorable, l'état limite de service est respecté lorsque les déformations restent inférieures aux valeurs admises. Il nous faut vérifier que la flèche provoquée par les actions appliquées, ne dépasse pas la flèche limite. Dans toutes les flèches ; L et I sont respectivement la longueur et le moment d'inertie de la poutre, $E_{0,mean}$: module axial (sa valeur est dans le tableau 2.2), q_{inst} : charge instantanée (à déterminer en fonction de la combinaison prises en compte).

➤ Flèche instantanée (W_{inst}) provoquée par la combinaison des charges aux ELS

$[q_{inst} = (G+Q)]$ calculée selon l'équation (2-46):

$$W_{inst} = \frac{5 * q_{inst} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} \quad (2-46)$$

Flèche différée (W_{creep}) provoquée par la durée de la charge et de l'humidité du bois, elle est calculée par l'équation (2-47) :

$$W_{creep} = \frac{5 * q_{diff} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} \quad (2-47)$$

Avec

$$q_{diff} = K_{def} \times (G + \varphi_2 \times Q) \quad (2-48)$$

k_{def} : coefficient de fluage qui vaut 0,6 pour le bois massif

φ_2 = coefficient de simultanéité qui vaut 0,3 pour la charge d'exploitation dans un local d'habitation.

➤ Flèche nette finale ($w_{net,fin}$) étant la somme de la flèche instantanée et la flèche différée, se calcule par l'équation (2-49) :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$W_{net,fin} = (W_{inst} + W_{creep}) \quad (2-49)$$

- Les conditions de vérification de la flèche sont vérifiées par les inéquations (2-50) et (2-51)

$$W_{inst} \leq W_{inst, limite} = l/300 \quad (2-50)$$

$$W_{net, fin} \leq W_{net, fin, limite} = l/200 \quad (2-51)$$

2.3.3.4 Les poteaux en bois

Le poteau le plus chargé c'est celui qu'on pré dimensionne. Son principe de pré dimensionnement se fait de la manière suivante selon les équation (2-52), (2-53), (2-54) et (2-55) :

Les charges qui sollicitent le poteau sont :

- Le poids propre de la poutre, avec h et b sont respectivement la hauteur et la largeur de la poutre et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $L_{influence}$ est la longueur d'influence :

$$G_p = \rho_k \times h \times b \times g \times L_{influence} \quad (2-52)$$

- Le poids du solive :

$$G_{solive} = P_s \times L_{influence} \times n \quad (2-53)$$

n: est le nombre de solives se trouvant dans la surface d'influence

- Le poids du sommier :

$$G_{sommier} = e_{sommier} \times \rho_k \times g \quad (2-54)$$

Le poids propre du poteau, avec h et b, sont respectivement la hauteur et la largeur de la poteau, l_{pot} est la longueur du poteau :

$$G_{pot} = \rho_k \times h \times b \times g \times L_{pot} \quad (2-55)$$

- Le poids propre de la toiture qui est calculé selon les relations (2-71) et (2-74)

a) Critère de résistance

Dans une structure en bois, le poteau est sollicité en compression axiale. Pour son pré dimensionnement, on doit vérifier que la contrainte de compression axial ($\sigma_{c,0,d}$) induite par la

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

charge reste inférieure ou égale à la résistance de compression axiale calculée ($f_{c,0,d}$) selon l'équation (2-56) :

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (2-56)$$

s'il y a risque de flambement, la résistance de compression sera diminuée par le coefficient de flambement ; l'équation (2-57) devient :

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} \times f_{c,0,d} \text{ ou } \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \times k_{c,z}} \leq 1 \quad (2-57)$$

1. La contrainte de compression axiale induite par la charge est calculée par l'équation (2-58)

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_u}{A} \quad (2-58)$$

Avec N_u l'effort de compression en Newton et l'aire de la section du poteau en mm^2 , il est calculé à l'aide de l'équation (2-59)

Avec :

n : le nombre des niveaux du bâtiment

$$N_u = (1,35 \times G + 1,5 \times Q) \times n \quad (2-59)$$

2. La résistance de compression axiale calculée est trouvée par la formule (2-60) :

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \times k_{mod} \times \gamma_m \quad (2-60)$$

Avec :

$f_{c,0,k}$: contrainte caractéristique de résistance en compression axiale en MPa (voir tableau 2.2)

k_{mod} : coefficient modificatif en fonction de la durée de charge et de la classe de service

γ_m : coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau

Il y a risque de flambement si l'élancement relatif maximal est supérieur à 0,3 c'est-à-dire :

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_{rel,max} > 0,3 \quad (2-61)$$

Le coefficient de flambement $k_{c,z}$ est défini comme suit :

s'il n'y a pas risque de flambement $k_{c,z} = 1$:

Et s'il y a risque de flambement :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$K_{cz} = \frac{1}{\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right)} \quad (2-62)$$

Avec

$$K_z = 0,5 \times \left[1 + B_c \times (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] \quad (2-63)$$

$$B_c = \begin{cases} 0,2 & \text{pour le bois massif} \\ 0,1 & \text{pour le lamellé – collé} \end{cases}$$

$\lambda_{rel,z}$: Elancement relatif suivant l'axe z (sens de la hauteur du poteau) est donné selon l'équation (2-64) :

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c,0,d}}{E_{0,05}}} \quad (2-64)$$

$E_{0,05}$: module axial au 5^{ème} pour centile (voir tableau 2.2).

λ_z : élancement mécanique suivant l'axe z

L'élancement mécanique est fonction du coefficient **m** (voir la figure 2.3) permettant de définir la longueur de flambement en fonction du coefficient des liaisons (encastrement-libre ; articulé-articulé ; encastrement-encastrement et encastrement-articulé) aux extrémités de la barre et vaut pour un poteau de section rectangulaire équation (2-65), pour notre cas, il s'agit des liaisons articulation-articulation, alors on a :

$$\lambda_z = l_f \times \sqrt{I_{GZ}/A} \quad (2-65)$$

L_f est la longueur de flambement et vaut :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$l_f = m \times l \quad (2-66)$$

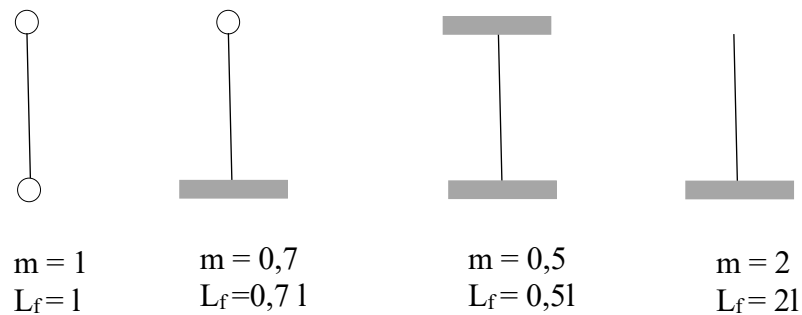


Figure 2.2 : Influence les extrémités sur la longueur de flambement

Les tableau 2.2 présente les valeurs caractéristiques des bois massifs résineux

Tableau 2.2 : Valeurs caractéristique des bois massifs résineux

Symbole	Désignation	Unité	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
$f_{m,k}$	Contrainte de flexion	N/mm^2	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm^2	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm^2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm^2	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm^2	2	2,2	2,2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8
$f_{v,k}$	Contrainte de cisaillement	N/mm^2	1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8

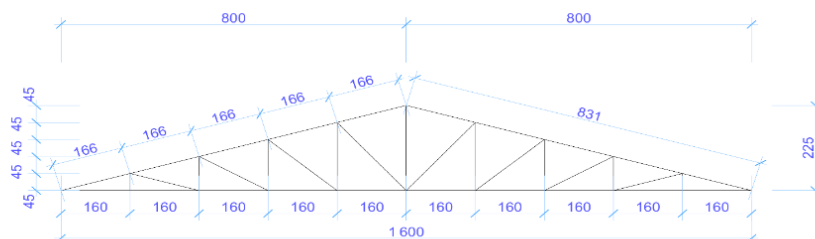
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

E _{0,mean}	Module moyen axial	N/mm^2	7	8	9	10	11	11,5	12	13	14
E _{0,05}	Module axiale au 5 ^{ième} pourcentil	KN/mm^2	4,7	5,4	6	6,7	7,4	7,7	8	8,7	9,4
E _{90,mean}	Module moyen Transversale	KN/mm^2	0,23	0,23	0,3	0,33	0,37	0,38	0,4	0,43	0,47
C _{mean}	Module de scissaillement	KN/mm^2	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88
ρ _k	Masse volumique Caractéristique	Kg/m^3	290	310	320	340	350	370	380	400	420
ρ _{mean}	Masse volumique Moyenne	Kg/m^3	350	370	380	410	420	450	460	480	500

2.4 Poids propre et calcul de la charpente [13]

Une charpente est un assemblage d'élément en bois ou en métal servant de soutenir ou couvrir des constructions. Pour notre cas, nous avons opté pour les charpentes en bois.

Compte tenu de la portée de nos charpentes, on a préféré utiliser les fermes triangulées. La figure 2.3 présente la ferme du bâtiment en étude :



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Figure 2.3 : Ferme du bâtiment étudié dans le travail

Comme hypothèses nous avons :

- BM C18
- $\rho_K = 320 \text{ kg/m}^3$ pour les C24
- L = Longueur de la pièce et V = Volume de la pièce
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ Accélération de la pesanteur
- Inclinaison $\theta = 16.01^\circ$
- La section pour les fiches 15cm x 15cm
- La section pour les contres fiches 20cm x 20cm
- La section pour les poinçons 15cm x 15cm
- La section pour les arbalétriers 20cm x 20cm
- La section pour les pannes 15cm x 15cm
- Entraxe des fermes égale à 3 m
- Entraxe des pannes égale à 1,66 m

2.4.1 Charges permanentes

a. Poids propre de la ferme

Ici nous allons déterminer les longueurs de tous les éléments de la ferme ; poinçon, entraxe, fiche, ... déduire son volume puis déterminer son poids propre.

$$v = l \times s \quad (2-67)$$

$$G_{ferme} = \rho_K \times v \times g \quad (2-68)$$

b. Charge des couvertures

Pour déterminer la charge des couvertures nous allons d'abord trouver la surface utile que reprends notre ferme, puis multiplier celle-ci à une charge surfacique g_{couv} .

$$\text{Surface Utile : } Su = \text{Entraxe ferme} \times \text{L'albaletrier} \quad (2-69)$$

$g_{couv} = 0,4 \text{ KN/m}^2$: Charge surfacique des couvertures, la charge des couvertures sera :

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$G_{couverture} = g_{couv} \times S_u \quad (2-70)$$

La charge permanente est donnée par la relation (2-71)

$$G = G_{ferme} + G_{couverture} \quad (2-71)$$

2.4.2 Charges variables

a. Charges d'entretien

$$q_{entr} = 0,8 \text{ KN} / \text{m}^2 : \text{Charge surfacique d'entretien} \quad (2-72)$$

$$Q_{entretien} = q_{entr} \times S_u \quad (2-73)$$

$$Q = q_{entr} + q_{vent} \quad (2-74)$$

b. Pression du vent

L'effet du vent est une action complexe, il convient donc de prendre des hypothèses simplificatrices sans trop s'éloigner des phénomènes réels. Les effets du vent ont pour base la mécanique des fluides. Cette action climatique engendre principalement des efforts de suppression et de dépression. Elle fait partie des actions variables dans le temps et fixe dans l'espace, ce qui peut provoquer un effet défavorable de résonance de la structure.

Selon les études au vent par la norme NV65 appliquée en France que nous utilisons dans cette partie des charges du vent pour notre travail, on admet que le vent a une direction d'ensemble moyenne horizontale mais qui peut venir de n'importe quel côté. L'action du vent sur un ouvrage et sur chacun de ses éléments dépend des caractéristiques suivantes :

- Vitesse du vent
- Configuration locale du terrain (nature du site)
- Catégorie de construction et de ses proportions d'ensemble
- Position dans l'espace (reposant sur le sol ou éloignée)

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

1. Détermination de la pression du vent

Le vent agit sur les parois d'un bâtiment sous la forme d'une pression. L'unité de la pression est le Pa (Pascal) ou N/m^2 : on le notera W_{ext} pour la pression extérieure et W_{int} pour la pression intérieure.

L'action du vent sur une paroi vaut :

$$W_{paroi} = W_{ext} - W_{int} \quad (2-75)$$

$$W_{ext} = qp(z) \times C_{pe} \quad (2-76)$$

$$W_{int} = qp(z) \times C_{pi} \quad (2-77)$$

Avec ; $qp(z)$: pression dynamique de pointe (N/m^2)

C_{pe} : coefficient de pression extérieure qui vaut +0.2.

Avec C_{pi} : coefficient de pression intérieure qui est -0.3

$$qp(z) = (1 + 7I_{V(z)}) \times \frac{1}{2} \rho v_m^2 \quad (2-78)$$

Avec ; $I_V(z)$: intensité dz turbulence.

$$\rho = 1.225 kg/m^3$$

v_b la vitesse de référence qui vaut :

$$v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,o} \quad (2-79)$$

C_{dir} est le coefficient de direction et est équivalent à 1.0 pour le cas de construction sans aucune direction dominante extrême connue

$v_{b,o}$ = 26m/s pour les zones de vent moyennes à fortes mais non cyclonique, dans la région tropicale.

Vitesse moyenne du vent

$$v_m = C_r \times C_o \times v_b \quad (2-80)$$

C_r : coefficient de rugosité $C_r = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_o}\right)$

C_o : coefficient orographique qui est 1 car on a une pente moyenne du terrain au vent

k_r : coefficient de turbulence qui dépend de la zone

z_o : longueur de rugosité qui dépend de l'environnement

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

L'action du vent W_{paroi} sera calculée pour les faces au vent et sous le vent. Nous considérerons la plus grande valeur dans le calcul de dimensionnement [18].

Les pièces de bois seront de section carrée c'est-à-dire dont la hauteur h est égale à la base b .

Ainsi, le moment d'inertie sera donné par la formule (2-81) :

$$I_{yy} = I_{zz} = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{h^4}{12} \quad (2-81)$$

2. Vérification de la panne

La condition de vérification des pannes est donnée par la formule (2-82)

$$\min \left| \frac{\sigma_{cy}}{F_{m,c,d,z}} + k_m \frac{\sigma_{cz}}{F_{m,c,d,y}} \right| \leq 1 \quad (2-82)$$

Les éléments apparaissant dans la formule (2-82) Sont définis comme suit :

- ✓ σ_{cy} : Contrainte de flexion induite par la combinaison d'action des états limites ultimes en MPa suivant y
- ✓ σ_{cz} : Contrainte de flexion induite par la combinaison d'action des états limites ultimes en MPa suivant z
- ✓ k_m : Coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée et de la classe de service.
- ✓ $F_{m,c,d,y}$: Résistance de flexion induite par la combinaison d'action des états limites ultimes calculée en MPa suivant l'axe y
- ✓ $F_{m,c,d,z}$: Résistance de flexion induite par la combinaison d'action des états limites ultimes calculée en MPa suivant l'axe z

Ainsi pour obtenir les différentes contraintes nous utiliserons les formules (2-83) et (2-84) :

$$\sigma_{cy} = \frac{M_z}{I_z} \times V \quad (2-83)$$

$$\sigma_{cz} = \frac{M_y}{I_y} \times V \quad (2-84)$$

Avec $V = \frac{h}{2}$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

En partant des formules des contraintes, déterminons les moments y associés obtenus par les formules (2-85) et (2-86) :

$$M_y = \frac{P_z \times l^2}{8} \quad (2-85)$$

$$M_z = \frac{P_y \times l^2}{8} \quad (2-86)$$

Avec : l : distance entre fermes

Notre vérification s'est portée en ELU, la charge P est obtenue par la formule (2-87)

$$P = 1,35G + 1,5Q \quad (2-87)$$

Selon les axes, nous allons utiliser les formules (2-88) et (2-89) :

$$P_y = P \times \sin \alpha \quad (2-88)$$

$$P_z = P \times \cos \alpha \quad (2-89)$$

En fin les résistances de flexions induites par la combinaison d'action des états limites ultimes calculée en MPa sont déterminées par la formule (2-90);

$$F_{m,c,d,z} = F_{m,c,d,y} = \frac{F_{m,k} \times K_{mod} \times K_s \times K_h}{\gamma} \quad (2-90)$$

4. Calcul de la ferme

a) Efforts dans les barres

La détermination des efforts dans les barres passe par les étapes suivantes :

➤ Vérification de l'isostaticité

On vérifie l'isostaticité avec la formule (2-91) :

$$2n - b = 3 \quad (2-91)$$

➤ Les réactions aux appuis

La ferme s'appuie sur un système d'appuis simple à droite et appuis double à gauche, ce qui nous conduit à l'obtention des réactions aux appuis par calcul simple d'une poutre [3].

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

➤ Détermination des efforts dans les barres

En calculant une ferme, on admet que toutes les barres sont articulées dans le nœud. Le procédé le plus facile de détermination des efforts dans les barres d'une ferme est le graphique de « Cremona ». La solution analytique est également possible. Nous pouvons également utiliser la méthode de Cullman (méthode d'isolement des nœuds successifs) pour déterminer les efforts dans les barres. Exemple illustratif de la détermination des efforts par la méthode des nœuds.

La ferme peut être considérée comme un ensemble de nœuds articulés et de barres soumises à des efforts axiaux. Comme elle est en équilibre, chaque nœud doit aussi se trouver parfaitement équilibré, cet équilibre peut être mis en évidence par le schéma du nœud isolé à partir duquel nous pouvons facilement écrire les équations d'équilibre.

Tout d'abord on calcul les réactions d'appuis et les efforts intérieurs dans chaque barre. Ensuite viendra la convention de signe, (+) Traction et (-) Compression, Enfin établir un tableau récapitulatif, dans ce tableau on y reproduira les efforts trouvés dans chaque barre, leurs sollicitations. Les calculs se feront pour tous les barres aboutissant à un nœud.

2.4.3 Vérification des éléments de la ferme

La vérification de la section en général s'effectue sur base de la formule (2-92) et (2-93) [19] :

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f_{c,o,d} \quad (2-92)$$

$$f_{c,o,d} = \frac{f_{c,o,k} \times K_{mod}}{\gamma_m} \quad (2-93)$$

Avec :

σ_{adm} : la contrainte admissible caractéristiques selon le type de sollicitation soit en traction ou en compression.

k_{mod} : Coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée et de la classe de service (humidité du bois).

γ_m : Coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau.

A : la section de la pièce

Avec cela on arrive à dimensionner toutes les barres, en faisant le calcul [20];

De l'arbalétrier, de l'entrait, des montants, des diagonaux, des panes

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

NB : On fait des calculs pour toutes ces catégories, se référant à la barre la plus sollicitée de chaque catégorie

➤ Traction axiale parallèle aux fils

Pour le bois massif on utilisera les formules (2-94) et (2-95) [21] :

$$\sigma_{t,0,d} \leq K_h \times f_{t,0,d} \quad (2-94)$$

$$\frac{N \times r_f}{A} \leq K_h \times \frac{f_{t,0,k} \times K_{mod}}{\gamma_m} \quad (2-95)$$

Avec :

f_{t,0,d} : contrainte de résistance en traction axiale en MPa.

f_{t,0,k} : contrainte caractéristique de résistance en traction axiale en MPa

k_{mod} : coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée (le vent) et de la classe de service, charpente abritée, classe 2.

γ_f : Coefficient de sécurité (1,5)

γ_m : coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau. (γ_m = 1,3) **k_h** : coefficient de hauteur ; Où

$$K_h = \min \left[1,3; \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right] \quad (2-96)$$

➤ Compression parallèle aux fils

Pour déterminer les sections des éléments de ferme en compression parallèle, les relations suivantes :

$$\sigma_{c,0,d} \leq K_h \times f_{c,0,d} \quad (2-97)$$

$$\frac{N \times r_f}{A} \leq K_h \times \frac{f_{c,0,k} \times K_{mod}}{\gamma_m} \quad (2-98)$$

Avec :

σ_{c,0,d} : contrainte de compression axiale

f_{c,0,d} : résistance de compression axiale calculée en MPa

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

2.4.4 Vérification de la flèche

La deuxième vérification concerne la déformation. Pour la majorité des poutres en bois travaillant en flexion, c'est le critère dimensionnant, c'est-à-dire le plus défavorable. L'état limite de service est respecté lorsque les déformations restent inférieures aux valeurs admises.

Il faut vérifier que la flèche provoquée par les actions appliquées à la structure reste inférieure ou égale à la flèche limite.

$$\frac{W_{inst}}{W_{limite, instantanée}} \leq 1 \quad (2-99)$$

La flèche instantanée $W_{inst}(Q)$ est provoquée par l'ensemble des charges variables au moment de leur application.

Avec W_{inst} : flèche instantanée, provoquée par l'ensemble des charges sans tenir compte de l'influence de la durée de la charge et de l'humidité du bois sur la flèche

Calcul de la flèche instantanée

$$W_{inst} = \sqrt{W_y^2 + W_z^2} \quad (2-100)$$

$$W_y = \frac{5 \times q_{z,inst} \times L^4}{384 \times E_{0,mean} \times I_{Gy}} \text{ et } W_z = \frac{5 \times q_{y,inst} \times L^4}{384 \times E_{0,mean} \times I_{Gz}} \quad (2-101)$$

Avec $q_{inst}=Q+G$

$$q_{z,inst} = q_{inst} \times \cos\alpha \text{ et } q_{y,inst} = q_{inst} \times \sin\alpha$$

Justification: $W_{inst,lim} : L/200$

2.5 Les assemblages

Dans les structures en bois, les assemblages constituent des zones sensibles où se concentrent les efforts et les déformations. En effet, contrairement aux éléments linéaires (poutres, poteaux, solives) dont le comportement mécanique est relativement bien maîtrisé, les assemblages présentent souvent une rigidité plus faible et une sensibilité aux phénomènes de glissement, de fluage et de rupture locale du bois.

La majorité des désordres observés dans les constructions en bois est généralement liée à une mauvaise conception ou à un mauvais dimensionnement des assemblages. Il est donc indispensable

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

d'accorder une attention particulière à leur conception afin d'assurer la sécurité, la durabilité et la stabilité globale de l'ouvrage.

Dans le cadre de ce travail, les assemblages sont étudiés conformément aux prescriptions de l'EC 5, en tenant compte des états limites ultimes (ELU).

2.5.1 Choix du type d'assemblages pour le bâtiment étudié

Pour notre cas, le choix des assemblages sera guidé par :

- La simplicité de mise en œuvre ;
- La disponibilité des moyens de réalisation sur le chantier ;
- La capacité à assurer un transfert correct des efforts entre les éléments structuraux.

Ainsi, nous retenons les assemblages mécanique (par tiges), car il présente une mise en œuvre facile, et un comportement ductile favorable à la distribution des efforts.

Mais aussi c'est parce que nous allons considérer l'assemblage bois-bois, bois-panneaux dérivés du bois et bois-métal (cas des sabots pour les poteaux).

2.5.2 Démarche méthodologique de dimensionnement des assemblages [19]

Le dimensionnement des assemblages par tiges est effectué suivant une démarche méthodologique rigoureuse, conforme à l'EC 5, et se déroule selon les étapes suivantes :

1. Identification des efforts transmis par l'assemblage

Les efforts sont déterminés à partir de l'analyse globale de la structure et des sollicitations calculées sur les éléments porteurs.

2. Choix du type et détermination du diamètre de tige

Le choix porte sur des tiges filetées (boulon) en fonction des efforts à transmettre et des conditions de mise en œuvre.

Pour trouver le diamètre du boulon nous utiliserons l'expression suivante :

$$\tau = \frac{F^*}{\frac{n \times \pi \times \varnothing^2}{4}} \leq \delta_r \quad (2-102)$$

$\varnothing$ est le diamètre du boulon

n est le nombre des boulons

F^* est l'effort pondéré et est donné par l'expression suivante

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$F^* = N \times \gamma_M \quad (2-103)$$

N est l'effort le plus défavorable dans le nœud considéré

γ_M est le coefficient de sécurité du matériau

δ_r est la contrainte admissible ou contrainte de rupture et est donné par l'expression suivante :

$$\delta_r = \frac{\delta_i}{\gamma_{acier}} \quad (2-104)$$

Où δ_i et γ_{acier} sont respectivement la limite élastique et le coefficient de sécurité de l'acier

3. Valeur caractéristique de la capacité de l'arrachement du boulon [22].

La valeur caractéristique de capacité de l'arrachement des boulons dépend de la résistance du boulon en traction et de la résistance du bois sous la rondelle pour l'assemblage bois-bois et est donnée par l'équation 2-106 ci-dessous :

$$F_{ax,Rd} = \min \left\{ \frac{F_{t,Rd}}{3}, f_{c,90,d} \frac{\pi (D_{rondelle}^2 - d_{rondelle}^2)}{4} \right\} \quad (2-105)$$

Avec :

$f_{c,90,d}$: valeur de calcul de résistance à la compression perpendiculaire

d : diamètre du boulon en mm

$D_{rondelle}$: diamètre extérieur de rondelle en mm qui vaut 40mm pour le boulon de 12mm.

$d_{rondelle}$: diamètre intérieur de rondelle en mm qui vaut 14mm pour le boulon de 12mm.

$F_{t,Rd}$: résistance de calcul en traction qui est donnée par l'expression suivante :

$$F_{t,Rd} = \frac{K_2 \times f_{ub} \times AS}{\gamma_{M2}} \quad (2-106)$$

Avec :

AS : section résistante en traction du boulon qui vaut 84mm² pour le diamètre de 12mm

γ_{M2} : 1,25

K_2 : c'est un coefficient qui vaut 0,9 pour les boulons à tête hexagonale

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

f_{ub} : résistance ultime de l'acier du boulon, on utilise souvent la classe 6,8 c'est pourquoi on prend souvent 600MPa

la pénétration de la tige, la portance locale (avec ou sans pré perçage), de moment d'écoulement plastique et de la résistance pour chaque mode de rupture. Ensuite il faut sélectionner la valeur la plus faible .

4. Vérification de la résistance du bois sous la plaque :

$$F_{ax,Rd} \leq 3f_{c,90,d} \frac{\pi \left[D_{maxi}^2 - (d - 2)^2 \right]}{4} \quad (2-107)$$

$$\text{Avec : } D_{maxi} = \min \left\{ \begin{array}{l} 12t \\ 4d_{boulon} \end{array} \right. \quad (2-108)$$

t : est l'épaisseur de la plaque qui vaut 6mm pour l'effort se trouvant entre 30 et 60 KN

d : diamètre du boulon

5. Nombre efficace de boulons

Lorsque l'effort est parallèle au fil du bois et que plusieurs boulons sont sur une file parallèle au fil du bois, le nombre efficace de boulons est :

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right. \quad (2-109)$$

Avec :

n_{ef} : nombre efficace de boulons dans la file

n : nombre de boulons dans la file

a_1 : distance entre les boulons dans la file (parallèle au fil du bois)

d : diamètre des boulons

6. Distances et espacements [23]

Les espacements entre les boulons et les distances aux bords du bois dépendent du diamètre de boulons et de l'orientation de la force par rapport au fil du bois qui vaut :

$(4 + |\cos\alpha|)d$ Pour les distances parallèles au fil du bois(a_1)et $4d$ pour les distances qui sont perpendiculaire au fil du bois (a_2) [24].

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Avec :

$F_{ax,Ed}$: sollicitation agissante axiale.

$F_{ax,Rd}$: capacité résistante axiale

2.6 Conclusion partielle

En conclusion, ce deuxième chapitre a permis d'établir la démarche méthodologique nécessaire pour la conception et le dimensionnement de l'orphelinat en bois, en s'appuyant sur l'analyse statique linéaire pour évaluer les charges permanentes et variables auxquelles la structure sera soumise. Le choix technique s'est porté sur un bois résineux de classe de résistance C30, retenu pour ses performances mécaniques élevées et sa conformité aux exigences de sécurité de l'Eurocode 5 pour un bâtiment R+2. En définissant ainsi les principes de justification aux états limites et les critères de vérification pour les éléments structuraux tels que les solives, les poutres et les assemblages, nous avons posé une base solide aux calculs de dimensionnement qui seront détaillés dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 : présentation et interprétation des résultats

3.1 Introduction

Dans cette partie nous allons dimensionner l'ouvrage, déterminer les sections des éléments structuraux, ce qui nous conduit au dimensionnement des éléments modulaire (poutres, solives et poteaux) et de la ferme. De ce fait, ce chapitre se base sur l'analyse statique en faisant recours à la méthodologie qui inclut les hypothèses que nous allons utiliser dans ce présent chapitre et aux matériels de recherche prédéfinis au chapitre précédent. La présentation des résultats obtenus reste l'élément clé de ce chapitre.

3.2 Analyse statique

Cette partie de ce présent chapitre porte sur l'analyse statique. Elle est faite juste pour la vérification des sections des solives, des poutres, des poteaux et des éléments constituant la ferme pour assurer la rigidité, pour ce faire, nous allons utiliser les relations prédéfinis au deuxième chapitre.

3.2.1 Solive

La longueur de la solive la plus chargée est de 4,35 m, les actions agissant sur la solive sont :

- Suivant la relation (2-4), $G_{solive} = 74,6 \frac{N}{m}$
- Suivant la relation (2-6), $G_{sommier} = 93,195 \frac{N}{m}$
- $Q = 2,5 \frac{KN}{m^2} \times 0,5m = 1,25 \frac{KN}{m} = 1250 \frac{N}{m}$

$$G = 74,6 + 372,8 = 447,38 \frac{N}{m} ; \text{ la charge devient : } q = P_u = 603,963 + 1875 = 2478,963 \frac{N}{m}$$

a. Critère de résistance

La contrainte de flexion est calculée à partir de l'équation (2-9), ensuite le calcul du moment de flexion est selon l'équation (2-10) :

$$M_{f,y} = 5863,522 Nm$$

$$\sigma_{m,d} = 8804087,087 N/m^2 = 8,8040 MPa$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

La résistance de calcul à la flexion est calculée à partir de l'équation (2-12) :

$$f_{m,d} = 20,3076 \text{ MPa}$$

Comme :

$$8,8040 \text{ MPa} < 20,3076 \text{ MPa}$$

Selon la relation donc la section (100 x 200 mm²) est vérifiée et retenue.

b. Vérification du risque de déversement K_{crit}

La contrainte critique est calculée à partir de l'équation(2-14) et la longueur efficace selon la relation (2-15) :

$$l_{ef} = 4315$$

$$\sigma_{m,crit} = 72,30596 \text{ MPa}$$

c. Calcul de l'élancement relatif de flexion $\lambda_{rel,m}$

Il est calculé à partir de l'équation :(2-16)

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{30}{72,30596}} = 0,64342$$

Comme $\lambda_{rel,m} < 0,75$ selon l'équation (2-18), il n'y a pas risque de déversement

d. Condition d'instabilité

Vérifions la contrainte de flexion d'une solive suivant l'équation (2-17), avec $K_{crit} = 1$ selon l'équation (2-18) comme il n'y a pas déversement :

Le taux de travail est :

$$0,43352 < 1 : \text{la solive est stable}$$

e. Vérification des déformations

Les déformations sont vérifiées :

➤ Suivant la relation (2-19), la flèche instantanée (W_{inst}) est égale ;

$$\text{Avec } q_{inst} = 1697,38 \frac{N}{m} ; \quad W_{inst} = 8,2433 \text{ mm}$$

➤ Calcul de la flèche différée (W_{creep}), elle calculée à partir de l'équation (2-20) :

$$\text{Suivant, la relation (2-21), } q_{diff} = 0,493428 \frac{N}{mm} ;$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

La flèche, selon l'équation(2-20) devient : $W_{creep} = 2,39mm$

Calcul de la flèche final ($W_{net,fin}$) étant la somme de la flèche instantanée et de la flèche différée, égale : $W_{net,fin} = 10,6333$

D'où la vérification est donnée par les relations (2-23) et (2-24) :

$$8,2433 \leq \frac{l}{300} = 9,5mm : \text{condition vérifiée}$$

$$10,6333 \leq \frac{l}{300} = 14,25mm : \text{condition vérifiée}$$

3.2.2 Poutre

Les actions agissant sur la poutre sont :

- Suivant la relation (2-25), $G_p = 139,79 \frac{N}{m}$
- Suivant la relation (2-26), $G_{som} = 372,8 \frac{N}{m}$
- Suivant la relation (2-5) $G_{revtm} = 0,247212 \frac{N}{m}$
- Suivant la relation (2-27) $G_{soliv} = 74,6 \frac{N}{m}$
- Suivant la relation (2-28) $Q = 2500 \frac{N}{m}$

$$G = 372,8 + 139,79 + 0,2472 + 74,6 = 587,4372 \frac{N}{m} ; \text{ la charge devient } P_u = 3375 + 881,1558 = 4256,1558 \frac{N}{m}$$

a. Vérification du critère de résistance

Calcul de la contrainte de flexion $\sigma_{m,d}$, selon l'équation (2-31) :

$$M_{f,y} = 19152,7011Nm$$

$$\sigma_{m,d} = 12,2577MPa$$

La résistance de calcul à la flexion est calculée à partir de l'équation (2-34) :

$$f_{m,d} = 20,3076 MPa$$

Comme :

$$12,2577MPa < 20,3076 MPa$$

Donc la section (1500 x 250 mm²) est vérifiée et retenue.

b. Vérification du risque de déversement K_{crit}

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

La contrainte critique est calculée à partir de l'équation (2-36) et la longueur efficace selon la relation (2-37) :

$$l_{ef} = 5900$$
$$\sigma_{m,crit} = 95,1864 \text{ MPa}$$

c. Calcul de l'élancement relatif de flexion $\lambda_{rel,m}$

Il est calculé à partir de l'équation :

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{30}{95,1854}} = 0,5613$$

Comme $\lambda_{rel,m} < 0,75$ il n'y a pas risque de déversement

d. Condition d'instabilité

Vérifions la contrainte de flexion d'une poutre suivant l'équation(2-39), avec K_{crit} = selon l'équation (2-40) comme il n'y a pas déversement :

Le taux de travail est :

$0,60360 < 1$: la poutre est stable

e. Vérification de cisaillement

On commence par le calcul de l'effort tranchant selon l'équation(2-44), ensuite on calcule la contrainte de cisaillement induite à l'aide de la formule (2-43) et enfin on passera à la vérification selon l'équation(2-41).

$$F_{v,d} = 12768,4674 \text{ N}, \tau_d = 0,5107386 \text{ MPa et } f_{v,d} = 1,846153 \text{ MPa}$$

Comme il n'y a pas d'entaille, $K_v = 1$, alors le taux de travail devient :

$$\frac{0,5107386}{1,846153} = 0,276650 < 1$$

d'où la condition est vérifiée

f. Vérification des déformations

Les déformations sont vérifiées :

➤ Suivant la relation(2-46), la flèche instantanée (W_{inst}) est égale ;

$$\text{Avec } q_{inst} = 3087,4372 \frac{\text{N}}{\text{m}} ; \quad W_{inst} = 19,5869 \text{ mm}$$

➤ Calcul de la flèche différée (W_{creep}), elle calculée à partir de l'équation (2-47):

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Suivant, la relation(2-38), $q_{diff} = 0,8024 \frac{N}{mm}$;

La flèche suivant l'équation (2-47) devient : $W_{creep} = 5,7744mm$

Calcul de la flèche final ($W_{net,fin}$) étant la somme de la flèche instantanée et de la fleche différée selon la relation(2-49) , égale : $W_{net,fin} = 25,3613$

D'où la vérification est donnée par les relations (2-50) et (2-51) :

$$19,5869 \leq \frac{l}{300} = 20mm : \text{condition vérifiée}$$

$$25,3613 \leq \frac{l}{300} = 30mm : \text{condition vérifiée}$$

3.2.3 Poteau

Dans cette partie on va appliquer l'analyse statique sur le poteau le plus chargée se trouvant au rez-de-chaussée.

Les charges appliquées sur le poteau sont :

- La charge permanente (trouvée par la surface d'influence de $2,5 \times 4 \text{ m}^2$) des poutres (G_p) à l'aide de l'équation (2-52) :

$$G_p = 908,6512N$$

- Le poids De la solive est trouvé à l'aide de la relation (2-53)

$$G_{solive} = 1863,9N$$

Le poids propre du sommier est donné par la relation (2-54)

$$G_{sommier} = 7556N$$

- La charge d'exploitation de plancher est de

$$Q = \frac{2500N}{m^2} \times 10m^2 = 25000N$$

- La charge de la toiture est trouvée à l'aide de l'équation (2-71) et (2-74)

$$G_{toiture} = 16270N$$

$$Q_{toiture} = 12900N$$

- Le poids propre du poteau à l'aide de la relation (2-55)

$$G_{poteau} = 232,9N$$

$$G_{total} = (105512) \times 2 + 16270N + 232,98N = 37625,8824N$$

$$Q_{total} = 25000N + 12900N = 37900N$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$Nu = 37625,8824N \times 1,35 + 37900N \times 1,5 = 732500N$$

a) Critère de résistance

Calcul de la contrainte de compression axiale par l'équation (2-58)

$$\sigma_{c,o,d} = 11,7226MPa$$

➤ Calcul de la résistance de compression axiale d'après l'équation (2-60)

, on a :

$$f_{c,o,d} = 14,1538MPa$$

D'où

$$11,7226MPa < 14,1538MPa$$

b) Calcul de coefficient de flambement

L'élancement mécanique suivant l'axe de z, d'après la formule (2-65) et l'élancement suivant l'axe de z à l'aide de l'équation (2-64), on a :

$$\lambda_z = 41,5692$$

$$\lambda_{rel,z} = 0,3545$$

Donc il y a risque de flambement car $\lambda_{rel,z} > 0,3$

Le calcul du coefficient réducteur $K_{c,z}$ de la résistance du bois, selon l'équation (2-62) et K_z selon l'équation (2-63) est :

$$K_{c,z} = 1,3648 ; \text{ avec } K_z = 0,5863$$

D'où la condition de vérification selon l'équation (2-57) devient :

$11,7226MPa < 19,31710MPa$, comme la condition est vérifiée, nous retenons la même section 25cmx25cm

3.2.4 Toiture

Pour la toiture les éléments à dimensionner sont donc les pannes ainsi que les composants de la ferme (arbalétrier, fiche, contrefiche, poinçon, entrain) voir la [Figure 2.3](#). Nous procéderons à la dimension des éléments les plus sollicités, puis nous appliquerons ces dimensions aux autres éléments.

Les actions agissant sur les nœuds de la ferme prise en compte dans l'étude sont les suivantes :

- Actions dus aux vents : 0.49KN/m
- Poids propre des pannes : 0.0661KN/m

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- Poids propre de la ferme : 2.112KN/m
- Surcharge d'exploitation : 0.8KN/m²
- Poids propre des éléments de couverture : 0.25KN/m²

$$G_{total} = 2545,5N/m$$

$$Q_{total} = 1666N/m$$

$$Pu = 5935,425N/m$$

a. Dimensionnement de la panne

- Le moment d'inertie suivant l'axe de y est trouvé par la relation(2-81) :

$$I_{G,y} = 42187500mm^4$$

$$v = 75mm$$

- Le moment fléchissant suivant l'axe de y est calculé à partir de l'équation(2-85) :

$$M_{f,y} = 5352000Nmm$$

- La contrainte de calcul suivant l'axe de y est trouvée via l'équation(2-83) :

$$\sigma_{m,y,d} = 9,58MPa$$

- Le moment d'inertie suivant l'axe de z est trouvé par la relation (2-81) :

$$I_{G,z} = 42187500mm^4$$

$$v = 75mm$$

- Le moment fléchissant suivant l'axe de z est calculé à partir de l'équation (2-86):

$$M_{f,z} = 1630000Nmm$$

- La contrainte de calcul suivant l'axe de z est trouvée via l'équation (2-84) :

$$\sigma_{m,z,d} = 4,79MPa$$

- La résistance de calcul à la flexion est calculée par la relation 2-90 :

$$f_{m,z,d} = f_{m,y,d} = 14.21MPa$$

En appliquant la formule(2-82)., on a $\min(0.89 ; 0.78) \leq 1$

→ $0.78 \leq 1$: la condition de résistance à l'ELU est vérifiée, c'est-

à-dire que la section de la panne 150mm x 150mm est validé

b. Vérification de la déformation

- La flèche suivant l'axe de y et z est calculée suivant la relation(2-101)

$$W_y = 13.24mm$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$W_z = 6.8mm$$

- La flèche instantanée est trouvée à partir de l'équation(2-100)

$$W_{inst} = 14.8mm$$

En se référant à la justification $W_{inst,lim} : L/200$, on a une flèche instantanée limite qui est de 20mm.

Ainsi nous pouvons vérifier la formule (2-99): $\frac{14.8}{20} = 0.74 \leq 1$

c. Dimensionnement de la ferme

La ferme, étant un système triangulé, voit ses éléments soumis alternativement à la traction ou à la compression. Afin de procéder correctement au dimensionnement, il est essentiel de déterminer au préalable les efforts internes.

3.2.4.1 Détermination des efforts dans les barres

La détermination des efforts dans les barres d'un treillis isostatique peut être réalisé à l'aide de plusieurs méthodes, telles que celles présentées au chapitre précédent. Dans le cadre du présent travail, la méthode des nœuds successifs est retenue pour l'analyse des efforts dans les barres de la ferme. Cette méthode consiste à déterminer progressivement, les efforts internes dans les différentes barres en étudiant successivement l'équilibre statique de chaque nœud. L'analyse débute par le nœud comportant le plus petit nombre d'inconnues, afin de faciliter la résolution des équations d'équilibre, puis se poursuit vers les autres nœuds de la structure.

L'objectif de cette détermination est d'identifier, pour chaque élément de la ferme, la sollicitation maximale, qu'elle soit en traction ou en compression. Ces efforts maximaux constituent la base du dimensionnement, lequel est réalisé en considérant les conditions de chargement les plus défavorables.

Ainsi, après l'identification et l'analyse des différentes actions appliquées à la ferme de référence dimensionnement est effectué sur les éléments situés du côté le plus sollicité. Les sections obtenues pour ces éléments sont ensuite uniformisées et appliquées aux éléments symétriques de la ferme.

Détermination des réactions aux appuis

Comme la structure est en équilibre $R_A = R_B$ et $R_A + R_B = 4P_1 + P_2$

$$\Rightarrow R_A = R_B = 69700N$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Le système étant symétrique, ce tableau présente les efforts dans les barres qui constitue la ferme en question.

Tableau 3.1 : Tableau reprenant les efforts et sollicitation dans les barres

N° Barres	Efforts normaux (en daN)	Sollicitations	Types	Efforts à prendre pour le dimensionnement
1	-3700,58daN	Compression	Arbalétrier	
2	3165,01daN	Traction	Entrait	
3	0daN	-	Fiche ou montant	
4	2583,62daN	Traction	Arbalétrier	
5	-5963,59daN	Compression	Contre-fiche	VRAI
6	3165,01daN	Traction	Entrait	
7	2666,32daN	Traction	Fiche ou montant	VRAI
8	-2662,25daN	Compression	Arbalétrier	
9	5566,38daN	Traction	Contre-fiche	
10	-2166,44daN	Compression	Entrait	
11	-1666,97daN	Compression	Poinçon	VRAI
12	-2528,2daN	Compression	Arbalétrier	
13	-1837,97daN	Compression	Contre-fiche	
14	4453,04daN	Traction	Entrait	VRAI
15	-611,58daN	Compression	Fiche	
16	-3950,25daN	Compression	Arbalétrier	VRAI
17	1367,88daN	Traction	Contre-fiche	
18	3230,15daN	Traction	Entrait	
19	0daN	-	Fiche	
20	2634,92daN	Traction	Arbalétrier	
21	-2332,16daN	Compression	Entrait	

Vérifions les sections des éléments les plus sollicitées qui constitue la ferme suivant les relations (2-93) et (2-93)

➤ Section de l'arbalétrier

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Comme l'arbalétrier travail en compression, nous allons utiliser la formule (2-99):

$12,09MPa < 14,53MPa$ Comme la condition est vérifiée, nous retenons la section pour l'arbalétrier de 800mm x 150mm.

➤ Section entrain

Comme l'arbalétrier travail en traction, nous allons utiliser la formule(2-95)

$6,67MPa < 9,69MPa$: Comme la condition est vérifiée, nous retenons la section pour l'arbalétrier de 150mm x 150mm.

➤ Poinçon

Comme le poinçon travail en compression, nous allons utiliser la formule(2-98) :

$10,01MPa < 14,53MPa$ Comme la condition est vérifiée, nous retenons la section pour l'arbalétrier de 100mm x 100mm

➤ Fiche

Comme le fiche travail en traction, nous allons utiliser la formule(2-95) :

$6,24MPa < 9,69MPa$: Comme la condition est vérifiée, nous retenons la section pour l'arbalétrier de 120mm x 120mm.

➤ Contre-fiche

Comme le poinçon travail en compression, nous allons utiliser la formule(2-98) :

$8,94MPa < 14,53MPa$ Comme la condition est vérifiée, nous retenons la section pour l'arbalétrier de 150mm x 150mm.

3.2.5 Assemblage

3.2.5.1 Assemblage pour la ferme

Le calcul se fera en fonction du nœud H car c'est le nœud qui est plus sollicité, il reçoit cinq barres dont la plus sollicitée est la barre 14 avec un effort de 44530,4N.

1. Détermination du diamètre du boulon

D'après la formule, on sait que $F^* = N \times \gamma_M \Rightarrow F = 44530,4N \times 1.3 = 57889,52N$

La contrainte admissible du boulon est donnée par la formule (2-103) $\delta_r = \frac{\delta_i}{\gamma_{acier}} = 521,73MPa$

Par application de la formule, nous avons ce qui suit

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

$$\tau = \frac{F^*}{\frac{n \times \pi \times \phi^2}{4}} \leq \delta_r \Rightarrow 57889,52 N \times 3.14 \times \phi 24 \leq 521,73 \text{MPa}$$

Après calcul nous trouvons un diamètre de 12mm, ce qui vérifie la contrainte de cisaillement

Ainsi on aura 4 boulons M12 sur chaque nœud.

a. Vérification du boulon

- La résistance de calcul en traction est calculée suivant la relation (2-106) (2-107):

$$F_{t,Rd} = 36288 N$$

- La capacité résistante axiale est trouvée via l'équation (2-105) :

$$F_{ax,Rd} = 3813,40 N$$

- La vérification de la résistance du bois sous la plaque est calculée suivant les équations (2-107) et (2-108):

$$D_{maxi} = 48 mm$$

$$3813,40 N < 5196,92 \text{ Condition vérifiée}$$

- Le calcul du nombre efficace de boulons est fait suivant la relation (2-109):

$$n_{ef} = 2,6 \text{ avec } a_1 = 48 mm.$$

3.2.5.2 Assemblage poutre-poteau

Pour l'assemblage poutre-poteau, le calcul se fera de la même façon que pour la ferme seulement qu'ici on va plutôt considérer l'effort tranchant de la poutre qui vaut

Détermination du diamètre du boulon

$$\text{D'après la formule, on sait que } F^* = N \times \gamma_M \Rightarrow F = 12768,46 N \times 1.3 = 16598,99 N$$

$$\text{La contrainte admissible du boulon est donnée par la formule 2-102 } \delta_r = \frac{\delta_i}{\gamma_{acier}} = 521,73 \text{MPa}$$

Par application de la formule et ayant quatre plans de cisaillement, nous avons ce qui suit

$$\tau = \frac{F^*}{\frac{n \times \pi \times \phi^2}{4}} \leq \delta_r \Rightarrow \frac{16598,99 N}{\frac{4 \times 3.14 \times \phi^2}{4}} \leq 521,73 \text{MPa}$$

Après calcul nous trouvons un diamètre de 12mm, ce qui vérifie la contrainte de cisaillement

Ainsi on aura 2 boulons M12 sur chaque nœud.

Vérification du boulon

- La résistance de calcul en traction est calculée suivant la relation (2-106) :

$$F_{t,Rd} = 36288 N$$

- La capacité résistante axiale est trouvée via l'équation (2-105) :

$$F_{ax,Rd} = 3813,40 N$$

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

- La vérification de la résistance du bois sous la plaque est calculée suivant les équations (2-107) et (2-108) :

$$D_{\max i} = 48mm$$

$3813,40N < 5196,92$ Condition vérifiée

- Le calcul du nombre efficace de boulons est fait suivant la relation (2-109):

$n_{ef} = 1,4$ avec $a_1 = 48mm$.

3.3 Conclusion partielle

Ce dernier chapitre a porté sur le dimensionnement et présentation des résultats obtenus suivant la démarche présentée au chapitre précédent. Où après analyse il a été nécessaire de faire la vérification aux états limites des dimensions choisies pour les éléments résistant de la structure mais également la détermination des sections des éléments structuraux dimensionnés (poutres, poteaux, solives, pannes, fermes).

Ainsi pour les sommiers nous avons opté pour une épaisseur de 5cm, pour les poutres une section de $(15 \times 25) \text{ cm}^2$ et pour les poteaux une section carrée de $(25 \times 25) \text{ cm}^2$, pour les solives une section de $(10 \times 20) \text{ cm}^2$, pour les pannes une section de $(15 \times 15) \text{ cm}^2$.

Pour les assemblages après calcul de vérification on a ôté pour la ferme $4\Phi 12$ et pour le poteau-poutre $2\Phi 12$.

Concernant les sections des éléments constituant la ferme, voici ce qu'on a retenue après vérification :

- Arbalétrier : $(8 \times 15) \text{ cm}^2$
- Entrait : $(15 \times 15) \text{ cm}^2$
- Poinçon : $(10 \times 10) \text{ cm}^2$
- Fiche : $(12 \times 12) \text{ cm}^2$
- Contre-fiche : $(15 \times 15) \text{ cm}^2$

Pour les résultats architecturaux, les plans architecturaux se trouvent dans les annexes.

Conclusion générale

Arrivé au terme de notre étude intitulée « **Conception et dimensionnement d'un bâtiment R+2 en bois servant d'orphelinat dans la ville de Goma** ». Ce projet est né de la volonté de répondre à une problématique sociale majeure tout en promouvant l'utilisation de matériaux écologiques et durables dans le secteur de la construction en République Démocratique du Congo.

Tout au long de ce travail, nous avons articulé notre démarche autour de deux axes principaux : la conception architecturale et la vérification structurelle. Sur le plan architectural, nous avons conçu un édifice fonctionnel capable d'offrir un cadre de vie sécurisé et décent aux enfants vulnérables. Sur le plan technique, l'utilisation rigoureuse des normes de l'Eurocode 5 a permis de valider la stabilité de l'ouvrage en bois de classe de résistance C30.

Les calculs de dimensionnement aux États Limites (ELU et ELS) ont conduit à l'adoption des sections optimales suivantes :

- ✓ Des poteaux carrés de 25x25 cm² et des poutres de 15x25 cm² ;
- ✓ Des solives de 10x20 cm² pour le support des planchers ;
- ✓ Une charpente composée d'arbalétriers (8x15 cm²), d'entrants (15x15 cm²), de fiches (12x12 cm²) et d'un poinçon (10x10 cm²) ;
- ✓ Des assemblages performants utilisant des boulons de type 4M12 pour la ferme et 2M12 pour les liaisons poteau-poutre.

Il convient toutefois de souligner une limite importante de cette étude : dans le cadre de ce dimensionnement, les actions dues aux séismes n'ont pas été prises en compte. Compte tenu de la localisation du projet dans une zone à forte activité tectonique comme la ville de Goma, nous sommes conscients qu'une analyse dynamique approfondie intégrant les sollicitations sismiques constituerait une étape indispensable pour parfaire la robustesse de l'ouvrage avant toute exécution. En conclusion, ce travail démontre que le bois constitue une alternative technique viable et écologique aux matériaux conventionnels. Nous espérons que ce projet servira de base à de futures recherches, notamment sur le comportement parasismique des structures en bois, afin de contribuer à la revalorisation de ce matériau noble dans l'ingénierie civile locale.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

Bibliographie

- [1] UNICEF, Rapporty sur la situation des enfants en RDC, UNICEF, 2023.
- [2] M. d. a. sociales, Rapport annuel sur la protection sociale, Goma: Gouvernement de la RDC, 2021.
- [3] UNICEF, «reaches children daily in goma zith clean zater and sanitation after escalation in DR Congo conflict,» UNICEF, 27 Janvier 2025. [En ligne]. Available: <http://www.unicef.org/en/press-releases/unicef-reaches-364000-children-daily-goma-clean-water-and-sanitation>. [Accès le 28 février 28].
- [4] C. I. C. BISHWEKA, cours de construction en bois, GOMA: L3 GC ULPGL, 2024-2025.
- [5] K. bois, Available : <https://www.kitmaisonbois.com/histoire-maison-en-bois/>, [En ligne]: [Accès le 24 octobre 2025, 2003].
- [6] J. COMPEDON, Etudes des propriétés physiques et mécanique de quelques bois, paris , 2005.
- [7] [. ligne], classification des matériaux suivant la réaction au feu, [Qccès le 15 juin 2025].
- [8] B. L. t. Y. Benois, Calcul des structures en bois, Paris: Afnor Eurolles, 2008.
- [9] N. François, Comparaison scuturelle bois-béton: Application aux batiments d'habitation, p. 156., 2014.
- [10] NEUFERT, Les éléments des projets de construction, paris : Eyrolles, 2014.
- [11] S. MUKANYA, Cception et dimensionnement d'une maison R+2 en bois, UNH, 2020.
- [12] I. P. K. BINWA, Notes manuscites de compléments des calculs des structures, GOMA: Inédit, 2023.
- [13] G. K. Djibril, Etude de l'influence des actions dynamiques du séisme sur les batiments de la ville de Bukavu en fonction de leurs hauteurs, Goma: ulpg/Goma, 2024-2025.
- [14] C. E. 1991-1-1, Eurocode1-Qctions sur les structures, Bruxelles, 2002.
- [15] R. NV65, Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions, France: Ministère de l'équipement, 1965.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA

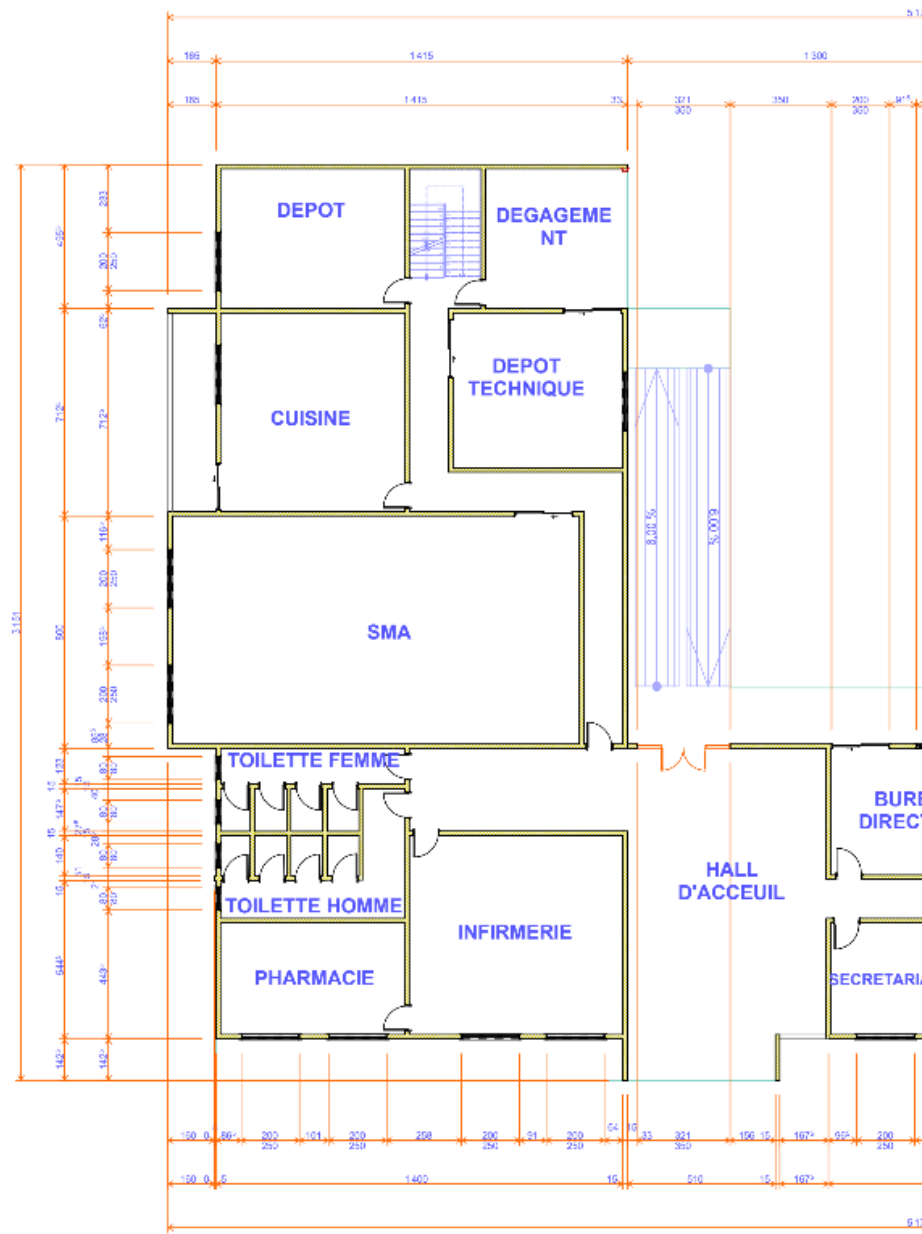
- [16] E.-1. CEN, Eurocode 5-calcul des structures en bois, Bruxelles, 2004.
- [17] N. S. Deogratias, coception et diùensionnement d'un entrepot de café en bois à
toituretranslucide, 2019-2020.
- [18] C. E. MURHIMANYI, Conception et dimensionnement d'un hangar en bois couvrant les
parkings du campus moise/ULPGL-Goma, 2017-2018.
- [19] X. E. 1995-1-1, calcul des structures en bois-partie 1-1: regles generales et regles pour les
batiments, FRANCE: AFNOR, 1995.
- [20] S. F. E. e. B. A. FUENTES, Etude de rigidité de diaphragmes en bois, FRANCE: LAMI-
polytech, 2011.
- [21] G. NOLLET, Memoire ined : Faisabilité des assemblage des structures bois, FRANCE:
Cust, 2002.
- [22] B. B. Thalés, «Conception et dimensionnement d'un batiment R+1 servant de Motel à
l'OPRP sur la RN4,» ULPGL/GOMA, GOMA, 2020-2021.
- [23] M. Ballo, «La prise en charge des orphelins en afrique subsaharienne: entre structures
formelles et informelles,» Université d'Aix-Marseille, 2018-2019.
- [24] M. D. L. S. RDC, Normes de construction des établissements d'accueil pour enfants
vulnérable, KINSHASA, 2019.
- [25] M. Ballo, la prise en charge des orphelins en afrique subsaharienne : entre structure
formelles et informelles, Marseille: Université d'AIX, 2018-2019.
- [26] Regles NV65.

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT
D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Annexe A Abaque pour les calculs en bois

Symbole	Désignation	Unité	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
$f_{m,k}$	Contrainte de flexion	N/mm ²	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm ²	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm ²	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
$f_{c,0,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm ²	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm ²	2.0	2.2	2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8
$f_{v,k}$	Contrainte de cisaillement	N/mm ²	1.7	1.8	2.0	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8
$E_{0,mean}$	Module moyen axial	kN/mm ²	7	8	9	10	11	11.5	12	13	14
$E_{0,05}$	Module axial au 5 ^e percentile	kN/mm ²	4.7	5.4	6.0	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4
$E_{90,mean}$	Module moyen transversal	kN/mm ²	0.23	0.27	0.30	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47
G_{mean}	Module de cisaillement	kN/mm ²	0.44	0.50	0.56	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88
ρ_k	Masse volumique caractéristique	kg/m ³	290	310	320	340	350	370	380	400	420
ρ_{mean}	Masse volumique moyenne	kg/m ³	350	370	380	410	420	450	460	480	500

Annexe B Plans



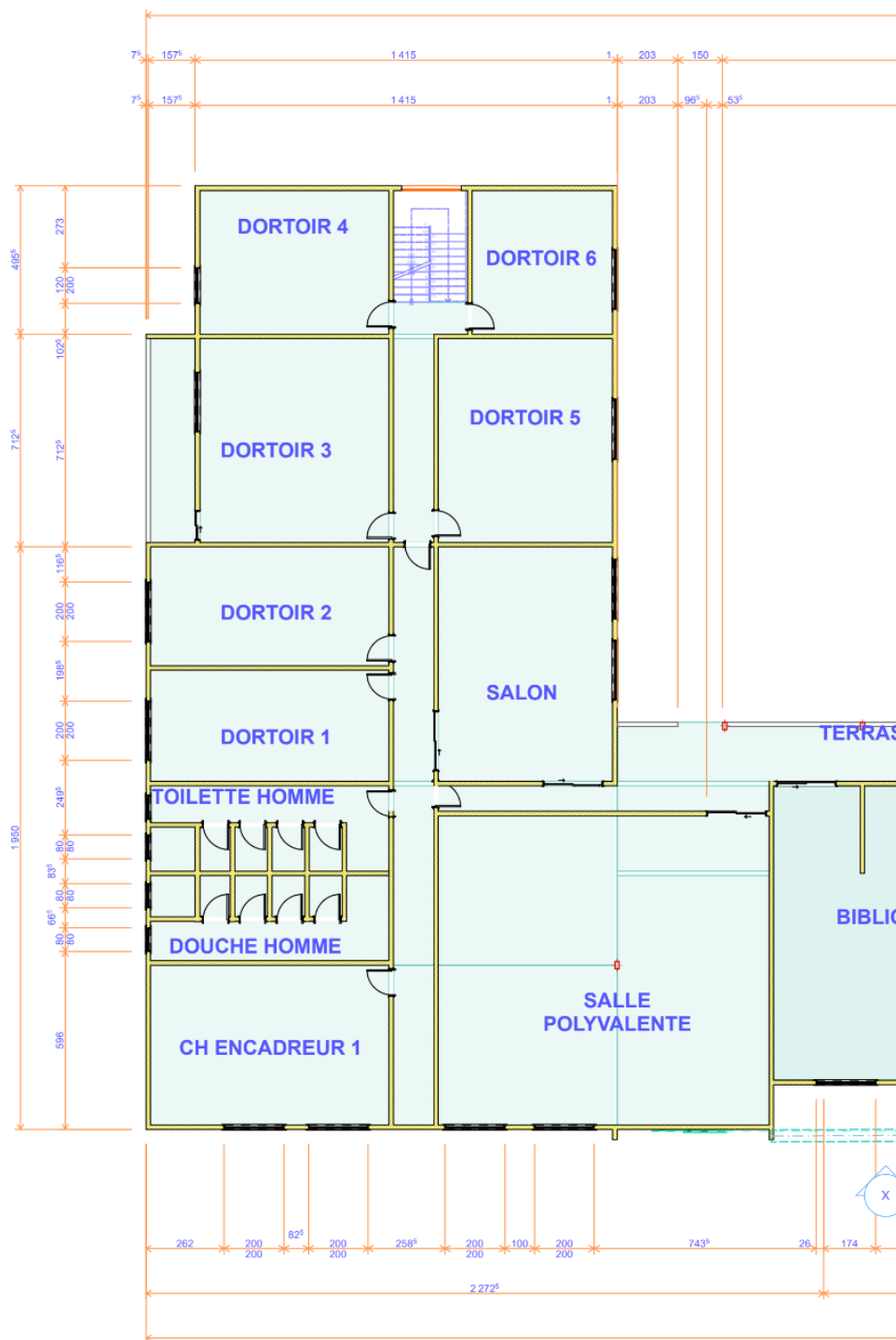
REZ - DE -

Architectural floor plan of a building with various rooms and dimensions. The plan includes the following rooms and areas:

- DORTOIR 1** (Bedroom 1)
- DORTOIR 2** (Bedroom 2)
- DORTOIR 3** (Bedroom 3)
- DORTOIR 4** (Bedroom 4)
- DORTOIR 5** (Bedroom 5)
- DORTOIR 6** (Bedroom 6)
- SALON** (Living Room)
- SALLE POLYVALENTE** (Multi-purpose Hall)
- CH ENCADREUR 1** (Bedroom 1 - Encadreur)
- TOILETTE HOMME** (Men's Toilet)
- DOUCHE HOMME** (Men's Shower)
- BIBL** (Bibliothèque - Library)
- TERRA** (Terrace)

The plan also shows a staircase, a central corridor, and various dimensions in meters (m) and centimeters (cm). The overall dimensions of the building are 19.50m by 22.72m.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT

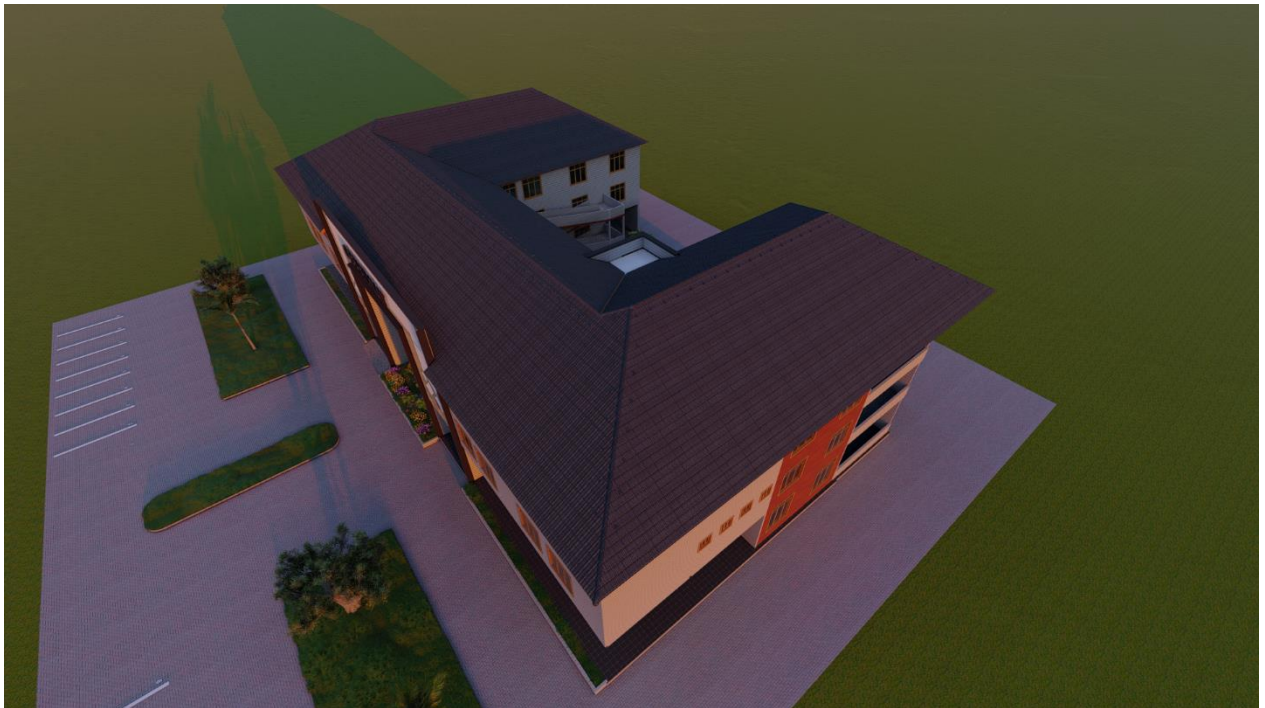


**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT
D'UN ORPHELINAT A GOMA**

Annexe C Perspective



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT D'UN ORPHELINAT A GOMA



**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN BATIMENT R+2 EN BOIS SERVANT
D'UN ORPHELINAT A GOMA**

