

UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**ETUDES ARCHITECTURALE ET STRUCTURALE D'UN
OUVRAGE D'ATTRACTION TOURISTIQUE**

« Application sur un musée tronconique R+4 dans la ville de GOMA »

Mémoire présenté et défendu en vue de l'obtention du

Diplôme d'Ingénieur Civil

Présenté par : **KAMOLE BACIKEBWE Bruno**

Orientation : Structures et Ouvrages d'Art

Directeur : Prof. Dr. Ir AKWIR NKIENDIEL Alain

Encadreur : Ir CIRHUZA BADESIRE Paterne

ANNEE ACADEMIQUE 2021 – 2022

EPIGRAPHE

« La plus parfaite éducation consiste à habituer le disciple à se passer de son maître »

Robert Sabatier

Artiste, écrivain, poète (1923-2012)

DEDICACE

Je dédie ce travail à mon petit frère SHUKURU BACIKEBWE Raymond.

KAMOLE BACIKEBWE Bruno

REMERCIEMENTS

La mise au point du présent travail est fruit d'un effort combiné de plusieurs personnes qui méritent bel et bien nos reconnaissances.

Nos remerciements les plus profonds s'adressent en premier lieu à l'Eternel Dieu de grâce qui est la source et le maître non seulement de notre vie mais également de toute bonne œuvre que nous puissions accomplir.

Ils s'en valent nos sentiments de pleine gratitude au Professeur AKWIR NKIEDIEL Alain qui a révérencieusement agréé la direction de ce travail en dépit de ses multiples occupations et à l'ingénieur CIRHUZA BADESIRE Paternelle pour son encadrement rigoureux.

Nos distinguées reconnaissances se méritent aux autorités académiques de l'ULPGL, de manière particulière à celles de la Faculté des Sciences et des Technologies Appliquées, Département de Génie Civil pour les efforts de bonne volonté consentis de leurs parts en vue de nous donner dans la mesure du possible une formation de qualité.

Nos loyales paroles de gratitude s'adressent à nos parents, BACIKEBWE NYAGAZA John et NANKAFU BASHIZI Claudine, à toute la famille BATUMIKE, aux couples Kelvin-Yvette et Faraja-Roxane et à nos frères : BAHIZIRE Victoire, KITUMAINI Flory et NDAGANO Primo ; pour les sacrifices accomplis afin que nous puissions être bien formés.

Nous présentons également nos sincères remerciements à nos amis, plus particulièrement à MURHULA METRE Christophe et MALEMBO BAGANDA Elie, tous deux architectes pour leurs conseils et orientations pendant l'accomplissement de ce travail.

Il serait une erreur de finir cette section sans pour autant remercier tous nos camarades étudiants pour leur impeccable soutien et esprit de solidarité, entre autres : BAGULA Deogracias, BAHATI Yvan, KAMBALE Maurice, AGANZE Daniel, Naomi MASASI, WENDI Salomon, etc...

KAMOLE BACIKEBWE Bruno

RESUME

L'attraction touristique constitue un élément important dans une ville touristique, la ville de Goma étant la ville touristique de la République Démocratique du Congo, elle est appelée à être développée afin d'agrandir l'industrie touristique au sein du pays. Dans ce travail il est proposé une étude architecturale et structurale d'un ouvrage d'attraction touristique dont l'application est faite sur un musée avec une forme tronconique, forme assimilée à celle du volcan NYIRAGONGO. D'une part, l'étude architecturale basée sur une méthode de composition centrée est faite afin de réaliser les différents plans architecturaux. D'autre part, une étude statique de la structure basée sur les méthodes usuelles de calcul des structures et une analyse dynamique sous l'action sismique donnant un spectre de réponse en accélération sont effectués afin d'assurer la stabilité de cet ouvrage. L'étude architecturale faite à l'aide de logiciel Revit, les résultats qui en découlent présentent des plans qui montrent que c'est possible d'avoir une structure avec une forme tronconique servant de musée. L'étude structurale faite à l'aide du logiciel RSA présente les sections des bétons et les armatures que doivent contenir les éléments structuraux pour sa stabilité.

Mots clés : Attraction, Tourisme, Etude, Musée, Tronconique.

ABSTRACT

The tourist attraction constitutes an important element in a tourist city, the city of Goma being the tourist city of the Democratic Republic of Congo, it is called to be developed in order to enlarge the tourist industry within the country. In this work it is proposed an architectural and structural study of a work of tourist attraction whose application is made on a museum with a frustoconical form, form assimilated to that of the NYIRAGONGO volcano. On the one hand, the architectural study based on a method of centered composition is made in order to realize the different architectural plans. On the other hand, a static study of the structure based on the usual methods of structural calculation and a dynamic analysis under the seismic action giving a response spectrum in acceleration are carried out in order to ensure the stability of this work. The architectural study being made using Revit software, the resulting results present plans that show that it is possible to have a structure with a frustoconical shape serving as a museum. The structural study being made using the RSA software presents the sections of the concretes and the reinforcements that the structural elements must contain for its stability.

Keywords: Attraction, Tourism, Study, Museum, Frustoconical.

SOMMAIRE

EPIGRAPHE.....	i
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
SIGLES ET ABREVIATIONS	xiii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I: GENERALITE SUR LES ATTRACTIONS TOURITIQUES ET LES MUSEES	4
INTRODUCTION.....	4
I.1 GENERALITE SUR L'ATTRACTION TOURISTIQUE [6]	4
I.1.1 TYPES D'ATTRACTION.....	4
I.1.2 LES ATTRACTIONS TOURISTIQUE LE PLUS CONNUS AU MONDE.....	4
I.1.3 INDUSTRIE DU TOURISME	5
I.I.3.1 L'impact- socioculturel	5
I.I.3.2 L'impact économique.....	7
I.2 GENERALITES SUR LES MUSEES	9
I.2.1 MISSION	9
I.2.2 METIERS	10
I.2.3 STATUT JURIDIQUE	10
I.2.4 TYPE DE MUSEES	10
I.2.5 LES MUSEES A L'HEURE DU NUMERIQUE	11

I.2.6 APPERCU DU MUSEE EN RDC	11
I.2.7 LES INSTITUTIONS MUSEALES	12
I.2.7.1 Secteur accueil	12
I.2.7.2 Secteur exposition	14
I.2.7.3 Secteur collection	15
I.2.7.4 Secteur administration	15
I.2.8 LA QUALITE ARCHITECTURALE	17
I.2.8.1 Les principes de la qualité architecturale	17
I.2.8.2 La qualité architecturale dans un centre culturel	17
CONCLUSION PARTIELLE.....	20
CHAPITRE II : METHODOLOGIE ET PRESENTATION DU TERRAIN D'IMPLATATION	
.....	21
INTRODUCTION.....	21
II.1 METHODE DE CALCUL DES FORCES INTERIEURES	21
II.1.1. CALCULS DES EFFORTS INTERNES PAR LA METHODE DES SECTIONS	
[12]	23
II.1.1.1. Effort Normal	23
II.1.2. METHODE DES FORCES	25
II.2 LES BASES DE CALCUL DE DIMENSIONNEMENT EN BETON ARME	27
II.2.1. PRINCIPE DES JUSTIFICATIONS.....	27
II.2.2. CARACTERISTIQUES MECANQUES DU BETON	28
II.2.2.1. Résistances caractéristiques du béton.....	28
II.2.2.3. Diagramme contrainte-déformation	29
II.3.3. CARACTERISTIQUES MECANQUES DE L'ACIER.....	30
II.3.3.1. Caractéristiques mécaniques.....	30
II.2.3.2. Module d'élasticité longitudinal	30
II.3.3.3. Diagramme contraintes-déformations	30
II.2.4. ASSOCIATION ACIER-BETON	31

II.3.4.1. Adhérence de l'acier	31
II.2.5. ACTIONS ET SOLLICITATIONS	32
II.2.5.1. Actions	32
II.2.5.2. Calcul des sollicitations	32
II.3. PRE-DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS EN BETON ARME	34
II.3.1. PRINCIPE DE PREDIMENSIONNEMENT DES POUTRES EN BA	34
II.3.1. 1. Poutre isostatique (reposant sur deux appuis)	34
II.3.1. 2. Poutres hyperstatiques (poutres continues)	34
II.3.2. PRINCIPE DE PREDIMENSIONNEMENT DES POTEAUX EN BA.....	35
II.3.3. PREDIMENSIONNEMENT DES DALLES PLEINES EN BA	35
II.3.3.1. Dalle unidirectionnelle	35
II.3.3.2. Dalle bidirectionnelle	36
II.3.4. PREDIMENSIONNEMENT DES VOILES	36
II.4. ANALYSE SISMIQUE (DYNAMIQUE)	36
II.4.1. CALCUL DES ACTIONS SISMIQUE	36
II.4.2. MODELISATION DE L'ACTION SISMIQUE.....	37
II.4.3. METHODE D'ANALYSE.....	38
II.4.3.1 Analyse par forces latérales	38
II.4.3.2 Analyse modale spectrale	38
II.4.3.4 Choix de la méthode de calcul.....	39
Figure II.7 : Etapes du calcul sismique	39
II.4.3. Méthode d'analyse modale spectrale.....	40
II.4.3.1 Méthodologie de calcul	40
II.4.3.1 Méthodologie de calcul	41
II.4.3.2 Combinaison des réponses modales	44
II.5. PRESENTATION DU TERRAIN CIBLE.....	46
II.5.1 LOCALISATION DU SITE.....	46

II.5.2 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU SITE.....	47
II.6. PRESENTATION SOMMAIRE DES OUTILS UTILISES POUR CE TRAVAIL [23]	48
II.6.1 LOGICIEL REVIT	48
II.6.2 LOGICIEL ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS	49
CONCLUSION PARTIELLE.....	49
CHAPITRE III : ANALYSES ET PRESENTATION DES RESULTATS	51
INTRODUCTION.....	51
III.1. DONNEES TECHNIQUES D’ETUDE.....	51
III.1.1 DONNEES D’ETUDE ARCHITCETURALE	52
III.1.1.1 Caractéristiques géométriques de l’ouvrage	52
III.2.3. Répartition des étages.....	52
III.2. PRESENTATION DES RESULTATS ARCHITECTURAUX	53
III.2.1 PLAN DE MASSE.....	54
III.2.2 PLAN D’ENSEMBLE	55
III.2.3 LES VUES EN PLANS COTES.....	56
III.2.4 LES COUPES	61
III.2.5 LES FAÇADES.....	63
III.3. PRESENTATION DE LA STRUCTURE DE L’OUVRAGE	64
III.3.1. DONNEES D’ETUDE STRUCTURALE	65
III.4 ANALYSE STATIQUE ET DYNAMIQUE DE L’OUVRAGE	65
III.4.1 ANALYSE STATIQUE.....	66
III.4.1.1 Pré-dimensionnement de la dalle	66
Nous prenons $h = 15 \text{ cm}$	66
III.4.1.2 Pré-dimensionnement de poutres	66
III.4.1.3 Pré dimensionnement des poteaux	66
III.4.1.4 Pré-dimensionnement du voile.....	67

III.4.2. DIMENSIONNEMENT STATIQUE DES ELEMENTS STRUCTURAUX	68
III.4.3 ANALYSE DYNAMIQUE.....	68
III.4.3.1 Modélisation de la masse	69
III.4.3.2 Résultat de l'analyse modale.....	69
III.4.3.3 Résultat de l'analyse sismique	70
III.4.3.4 Dimensionnement dynamique des éléments structuraux	72
III.5. PRESENTATION DES RESULTATS	73
CONCLUSION PARTIELLE.....	75
CONCLUSION GENERALE.....	76
BIBLIOGRAPHIE	77
LES ANNEXES	a

LISTE DES FIGURES

Figure II.II.1: Etapes d'études d'une structure en RDM.....	22
Figure II.II.2: Schéma d'une coupure dans une structure.....	23
Figure II.II.3: Sens de l'effort tranchant.....	24
Figure II.II.4: Sens du moment fléchissant.....	24
Figure II.II.5: Digramme contrainte déformation du béton.....	29
Figure II.II.6: Digramme contrainte déformation acier.....	30
Figure II.II.7 : Etapes du calcul sismique.....	39
Figure II.8 : Vue aérienne du site d'implantation.....	47
Figure III.1 : Vue en plan du schéma structural de l'ouvrage.....	64
Figure III.2 : Vue en élévation du schéma structural de l'ouvrage.....	65
Figure III.3 : Schéma structural d'une poutre.....	66
Figure III.4 : Données d'analyse sismique.....	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Exigences Urbaines.....	18
Tableau I.2 : Exigences architecturales.....	19
Tableau II.1 : Caractéristiques mécaniques des quelques types d'armatures	30
Tableau II.2 : Caractéristiques géométriques des barres à haute adhérence	30
Tableau II.3 : Coefficient d'importance γ_1	41
Tableau II.4 : a_{gr} au niveau du sol en fonction de la zone de sismicité.....	42
Tableau II.5 : Paramètres décrivant les spectres de réponse recommandés pour la sismicité 1 à 4.....	42
Tableau II.6 : Valeurs recommandées décrivant les spectres de réponse élastique verticale ..	43
Tableau II.7 : Valeurs du coefficient de pondération β	44
Tableau II.8 : Valeurs de φ pour le calcul de $\psi_{E,i}$	45
Tableau II.9 : Coordonnées du site.....	47
Tableau III.1 : Résultats de l'analyse modale	70
Tableau III.2 : Déplacements maximaux dans la structure	71
Tableau III.3 : Efforts tranchants induits dans la structure	72
Tableau III.4 : Récapitulatif des résultats.....	73

SIGLES ET ABREVIATIONS

BA	: Béton Armé
BAEL	: Béton Armé aux Etats Limites
ELU	: Etats Limites Ultimes
ELS	: Etats Limites de Service
ELUR	: Etats Limites Ultimes de Résistance
EN 1998	: Normes Européennes Eurocodes 8
FPP	: Fissuration Peu Préjudiciable
FSTA	: Faculté des Sciences et Technologie Appliquées
HA	: Haute Adhérence
PGA	: Peak Ground Acceleration
RD Congo	: République Démocratique du Congo
ULPGL	: Université Libres des Pays des Grands Lacs
RDM	: Resistance des Matériaux
RSA	: Robot Structural Analysis
TS	: Treillis Soudé
T	: Période
MN	: Méga Newton
PP	: Poids Propre
G	: Charge permanente
Q	: Charge d'exploitation

INTRODUCTION GENERALE

Les attentes des touristes lors de la visite d'un lieu particulier sont liées à plusieurs caractéristiques de la destination choisie : culture, infrastructure, gastronomie, paysage, événements, etc. ces dernières attirent les gens vers la destination et contribuent à l'expérience globale du voyage [1]. L'objectif principal ultime des sites touristiques est d'attirer l'intention du client afin qu'il puisse se rendre à un endroit précis et explorer les divers lieux en vacances. Dans l'industrie du voyage et du tourisme, les sites touristiques jouent un rôle particulièrement important car ils attirent des touristes du monde entier.

Par définition, une attraction touristique, est un lieu de destination constitué d'un ensemble d'activité et de services intégrés clairement identifiable, exploité de façon régulière comme un pôle d'intérêt naturel, culturel ou récréatif et amené dans le but d'accueillir les touristes, excursionnistes et visiteurs locaux sans réservation à l'exclusion des activités foraines ; il s'agit également des sites d'intérêt visités par les touristes [1].

Une attraction touristique peut être naturelle ou artificielle, quelques exemples incluent des lieux touristiques, des monuments, des musées, des zoos, des galeries d'art, ...

Au début du 18^{ième}, certains peuples commencent à conserver, à restaurer, à inventorier, et à étudier les objets afin de les exposer au public dans le but de raconter l'histoire d'un peuple, d'une ville ou d'un pays que les premiers musées furent créés [2].

Un musée est un lieu dans lequel sont rassemblées et classées des collections d'objets présentant un intérêt historique, technique, scientifique et artistique en vue de leur conservation et de leur présentation au public [3].

En RDC, l'histoire des musées remonte de 1970 par un projet de construction d'un musée national pour le pays sous le règne du feu président MOBUTU, mais suite à des difficultés financières que connaît le zaïre vers 1975, le projet fut abandonné, il a revu le jour sous le règne du président KABILA en 2016 et a été construit pendant 3 ans avec l'accompagnement du gouvernement coréen [4].

Vu l'étendu du pays, il a été remarqué que le musée national de la République Démocratique du Congo situé à Kinshasa seul, ne suffit pas pour la conservation, la transmission et la mise en valeur du patrimoine congolais ; raison pour laquelle nous avons remarqué la création d'autres musées à Kinshasa mais aussi dans d'autres villes comme Lubumbashi et Bukavu.

Compte tenu de la considération de la ville de Goma comme ville touristique de la RD Congo [5], de sa possession d'un aéroport international et grâce à son développement croissant,

il serait indispensable pour cette ville d'avoir certaines structures pour remplir les conditions internationales d'une ville touristique, parmi lesquelles on cite la bonne qualité d'infrastructure, d'où la construction des routes, des hôtels, la création des musées, etc.

D'une part, les musées susmentionnés dans cette liste contribuerait sûrement à l'essor touristique de la ville de Goma. D'autre part, étant des ouvrages importants, la conception des musées nécessite des études et recherches avérées en architecture et en structure. Motivé par ces raisons, ce travail de recherche porte sur « Etudes architecturales et structurales d'un ouvrage d'attraction touristique : Application sur un musée R+4 dans la ville de GOMA. ».

Afin de mener à bien cette étude, trois questions principales définissent sa problématique :

- ❖ Quelle architecture permettrait à cet ouvrage d'être attirant ?
- ❖ Quel serait le choix du terrain d'implantation de cet ouvrage compte tenu du plan urbanistique de la ville de Goma et de la vulnérabilité de la ville de Goma aux coulées de la lave ?
- ❖ Compte tenu de la forme architecturale de notre ouvrage, des charges le sollicitant et de l'utilité de celui-ci, quelle structure conviendrait pour assurer sa tenue dans le temps ?

Eu égard à ces questions de recherche ; les efforts seront mobilisés dans ce travail en vue de vérifier quelques hypothèses que voici :

- Il serait possible d'envisager une structure qui reflèterait une architecture particulière en s'inspirant de la forme du volcan NYIRAGONGO.
- Il serait ingénieux d'implanter, en cas de sa réalisation, le musée dans une zone où non seulement la coulée des laves est moins probable ; mais également, selon le plan d'urbanisme, serait très sollicitée et facilement accessible.
- Malgré la forme de cette structure, une ossature en BA respectant les bases des méthodes et règles préconisées dans BAEL ou EC2 conviendrait pour cette fin.

La ville touristique de Goma étant en croissance développement, ce travail trouve son intérêt dans le sens que pour une ville touristique, un ouvrage d'attraction s'avère d'une importance capitale. Il a été remarqué que les gens visitent soit le volcan, le lac Kivu, le lac vert, le PNV, etc. ; Raison pour laquelle nous avons été motivé de proposer un ouvrage pouvant assurer l'attraction touristique non seulement par sa forme architecturale mais aussi par sa destination.

L'objectif général assigné à ce travail est de faire une étude architecturale et structurale d'un ouvrage d'attraction touristique pouvant servir de musée dans la ville touristique de la RD Congo.

A cet objectif général, trois objectifs spécifiques y sont attachés :

- Effectuer une conception du musée du 21ème siècle en s'inspirant de la forme du volcan Nyiragongo.
- Proposer en cas de sa réalisation, un bon terrain d'implantation.
- Effectuer non seulement l'analyse statique de cet ouvrage mais aussi une analyse dynamique car Goma est un milieu sollicité par des mouvements sismiques.

Pour parvenir à atteindre ces objectifs, il sera nécessaire de rassembler une littérature par une méthode documentaire ; procéder à l'étude architecturale et structurale de cet ouvrage par une méthode numérique, à l'aide du logiciel Revit, Lumoin et robot structural analysis. A défaut des normes pour notre pays, nous utiliserons les normes étrangères non seulement pour la conception mais aussi pour les calculs de cet ouvrage. Entre autres les normes dictées par NEUFERT, les réglementations BAEL91 modifié 99 et les EC 2 et 8.

En essayant de restreindre le champ d'étude, ce travail a trois chapitres hormis l'introduction et la conclusion générales. Le premier porte sur les généralités sur l'attraction touristique et les musées, le deuxième présente la méthodologie et matériel de la recherche et le troisième chapitre fait état d'une analyse et de la présentation des résultats obtenus.

CHAPITRE I. GENERALITE SUR LES ATTRACTIONS TOURISTIQUES ET LES MUSEES

INTRODUCTION

Ce chapitre présente les généralités sur les attractions touristiques et les musées, d'une manière détaillée, il est présenté certaines notions qui montrent l'importance de créer un musée surtout dans une ville touristique mais aussi sont présentés les éléments nécessaires à prendre en compte dans la conception des musées.

I.1 GENERALITE SUR L'ATTRACTION TOURISTIQUE [6]

Une attraction touristique est composée de tous les éléments localisés ailleurs qui attirent le voyageur hors de son lieu de résidence.

Dans les lignes qui suivent l'attention est focalisée sur les types d'attraction, les attractions les plus connus au niveau mondial et l'industrie touristique et son impact socio-économique et culturel.

I.1.1 TYPES D'ATTRACTION

Les attractions touristiques peuvent être naturelles ou artificielles :

a. Les attractions touristiques naturelles

Ce sont des lieux ou espaces dont grâce à leur topographie, formation sont capable d'attirer différentes personnes de partout dans le monde pour visiter, à titre d'exemple nous pouvons citer les parcs, les lacs, les volcans, les réserves fauniques, etc.

b. Les attractions touristiques artificielles

Ce sont des lieux bien aménagés dont grâce à leurs destinations sont capable d'attirer les différentes personnes de partout dans le monde pour visiter, comme exemple nous pouvons citer les parcs d'attractions, les musées, les aquariums, infrastructure particulière, etc.

I.1.2 LES ATTRACTIONS TOURISTIQUE LE PLUS CONNUS AU MONDE

- Empire state building (New York, états unis)
- Freedom tower (New York, états unis)
- CN tower (Toronto, Canada)
- Arc de triomphe (Paris, France)
- Tour Eiffel (Paris, France)
- Musée de Louvre (Paris, France)
- Burj Khalifa (Dubai, Emirates Arabes Unies)

- Disneyland (Californie, états unis)
- Buckingham palace (Londres, Angleterre)
- Golden gate bridge (San Francisco, états unis)
- Opera de Sydney (Australie)
- Le mur de berlin (Allemagne)
- La mosquée bleue (Istanbul, Turquie)
- Le Vatican (Italie)
- La grande pyramide de Gizeh (Egypte)

I.1.3 INDUSTRIE DU TOURISME

Le tourisme international a connu au cours des dernières décennies un développement remarquable lui assurant une des premières places dans le commerce international. Entre 1950 et 1970, les recettes à ce titre ont crû au taux moyen de 11 % contre 9 % pour les exportations mondiales et seulement 6 % pour celles des produits primaires : Au terme de cette période, le tourisme international comptait pour 6,5 % des exportations mondiales contre 3,4 % en 1950. Ces performances impressionnantes convainquirent nombre de pays en développement notamment ceux d'entre eux relativement dépourvus de ressources naturelles qu'ils tenaient avec le tourisme une solution magique pour sortir du sous-développement.

Des investissements colossaux furent réalisés dans le domaine des infrastructures nécessaires tant de la part des Etats que des personnes et institutions privées.

La politique d'encouragement menée par la Banque mondiale et ses filiales dans les années 1960 en faveur de l'insertion du tourisme dans les plans de développement acheva de convaincre les pays encore' hésitants. Une partie de la dette extérieure actuelle des pays' en développement trouve son origine dans les choix effectués en faveur du tourisme.

Paradoxalement, si les effets non économiques du tourisme ont été soulignés, peu d'études ont été publiées concernant le bilan économique du tourisme lui-même à quelques exceptions près. Il est pourtant aujourd'hui possible de tirer un certain nombre d'enseignements des politiques touristiques passées et de leur impact sur le développement. Ce point s'articule autour de deux points : l'impact socioculturel et économique de l'industrie du tourisme sur le développement.

I.1.3.1 L'impact- socioculturel

Au plan socioculturel l'étude comparative de Ruth Young indique que les phénomènes économiques, politiques et sociaux nouveaux tendent à se modeler sur les caractéristiques structurelles des sociétés où ils sont introduits.

Ce problème est on le sait au cœur du changement social lui-même. La littérature anthropologique fourmille d'exemples sur la façon dont les sociétés traditionnelles rejettent

toute innovation qui pourrait mettre en cause les structures sociales de base. R. Young a dans ce contexte montré que les institutions touristiques dans les sociétés plus rigides se développent selon les mêmes principes.

A l'inverse, dans les sociétés plus flexibles ou socialement plus progressives, l'industrie touristique perd son caractère marginal, de sorte que l'on ne peut plus parler du tourisme comme une entité unique, mais comme d'un phénomène à multifacettes. Les formes révélées par le tourisme diffèrent ainsi fondamentalement selon les structures économiques et politiques de la société-hôte. L'hypothèse traditionnelle était jusque-là que des types nouveaux d'industries provoqueraient des changements fondamentaux de tout ordre. L'étude comparative de Young remet en cause cette idée et aboutit à la question suivante : dans quelles circonstances une industrie nouvelle qui provoque de tels changements peut-elle être introduite et survivre dans le pays-hôte ?

D'autres études ont mis en cause à la fois « l'ethnocentrisme » occidental et le romantisme dans son désir de « préservation » des cultures postulant par là même que mieux vaut préserver ces dernières que les modifier. L'accent mis sur ces catégories normatives ethnocentriques a découragé les analyses de changement culturel dans les pays en développement.

C'est à ce besoin de dépassement des évaluations fondées sur les idéaux romantiques occidentaux de préservation culturelle en liaison avec l'émergence des formations sociales nouvelles et du potentiel de transformation sociale que répond l'étude de Robert E. Wood sur le Sud-Est asiatique. L'étude de Wood est d'abord une réaction contre le « populisme anthropologique » qui minimise les divisions culturelles internes dans les cultures affectées par l'irruption du tourisme et qui résultent des diversités économiques, ethniques ou religieuses de ces populations, ainsi que de longues traditions d'accommodation au colonialisme précédées par des décennies sinon des siècles de contact avec le touriste.

Wood refuse de ce fait, l'image de communautés normativement statiques et promises au changement par le seul tourisme.

Les effets imputés au tourisme sont selon lui caricaturaux dans la mesure où le tourisme participe à un ensemble de facteurs et de processus de changement dont la nature et la direction sont historiquement déterminées.

Il note en outre que la réponse des communautés au tourisme peut être très activée de sorte que les descriptions de situations passives à effets diffusés peuvent être sociologiquement trompeuses. Et Wood de souligner que les cultures du Sud-Est asiatique ne sont pas inertes ; qu'elles ont été profondément transformées par le colonialisme et l'intégration au capitalisme mondial.

Ceci est encore plus vrai des cultures du pourtour de la Méditerranée : le tourisme comme institution et stratégie économique n'est qu'un élément d'une stratégie de développement orientée vers l'extérieur et qui repose sur l'aide, les investissements étrangers, l'importation de technologie et autres rapports avec les pays capitalistes ; d'où les difficultés méthodologiques à cerner les effets du tourisme. L'attention doit donc être portée sur les stratégies culturelles qui développent des communautés pour limiter, orienter, et incorporer les effets du tourisme international. La recherche doit s'axer sur les mécanismes qui permettent aux populations locales de résister au changement, et de maintenir - tout en les revitalisant - la fabrique sociale et leurs traditions. Ainsi McKean a pu montrer comment les Balinois ont pu préserver et renforcer leurs traditions culturelles. En Yougoslavie, come Allcock l'a montré, l'expansion du tourisme ne s'est pas accompagnée de « l'imposition d'effets externes » sur la société et l'économie yougoslaves.

Une conséquence importante du tourisme international est le rôle accru de l'état. Ce rôle accru résulte en partie des formes nouvelles d'intégration que le tourisme implique à l'économies mondiale et bien entendu des financements considérables qu'impliques le tourisme. Le rôle de l'état est en outre flagrant dans la politique des visas, des importations, des infrastructures touristiques préalables (aéroport, routes, viabilisation des sites, musées, etc.), dans l'ouverture de certaines zones au tourisme de masse. Ce renforcement de la présence de l'Etat implique de nouvelles formes d'interventions culturelles dans des domaines comme l'éducation, la justice, mais aussi dans le domaine de la culture lui-même et dans sa politique de tourisme culturel. L'Etat peut être ainsi amené à jouer un rôle d'arbitre de la culture devant être préservée et présentée au touriste.

I.I.3.2 L'impact économique

L'impact de l'industrie touristique sur le développement peut être d'abord apprécié par rapport aux résultats anticipés. Ainsi dans le domaine de l'emploi, une étude comparée réalisée pour le Kenya et la Tanzanie sur la base d'une enquête effectuée auprès des hôteliers et restaurateurs de la région, souligne la relative modestie de l'emploi touristique par rapport à l'emploi global (9 000 personnes au Kenya pour un emploi total de 700 000 et 4 600 en Tanzanie pour un emploi total de 400 000 personnes). Même en multipliant ces chiffres par trois pour tenir compte de l'impact indirect sur les autres secteurs, la population concernée reste faible. Il en va autrement si on rapporte les volumes de l'emploi touristique au volume de l'emploi dans l'industrie (73 900 au Kenya et 40 300 en Tanzanie). Ceci conduit à déterminer les coûts respectifs de création d'emplois dans le tourisme et dans l'industrie manufacturière. Dans ces deux pays, les calculs effectués par Elkan montrent que les coûts sont bien plus faibles dans les

petits hôtels. En rapportant les coûts par poste de travail et le coût manufacturier similaire au Kenya, on observe que le coût de création d'un emploi touristique est deux fois plus important que celui d'un emploi dans l'industrie manufacturière. Ce résultat doit être cependant nuancé pour les raisons suivantes : Tout d'abord les activités annexes liées au fonctionnement des hôtels sont plus importantes que celles de l'industrie. En second lieu, la création d'un poste dans l'industrie requiert une part d'importation plus grande que pour un poste touristique, ce qui, si la monnaie notamment est surévaluée, sous-estime le coût réel de création du poste.

La demande supplémentaire de travail pour utilisation du capital disponible. Il reste qu'en dehors des « Lodges », le coût de création d'un emploi touristique paraît élevé au Kenya. Ces résultats doivent cependant là encore être maniés avec prudence, les effets de liaison et les effets indirects du tourisme n'ayant pas été considérées. Pour les effets indirects, l'observation a montré que le tourisme consomme plus de produits d'origine locale au Kenya qu'en Tanzanie. Ainsi, l'alimentation du touriste est totalement d'origine locale au Kenya, mais importée en Tanzanie. Ce sont donc les petits hôtels en Afrique orientale qui maximisent l'emploi.

En Turquie, les chiffres concernant la main-d'œuvre directement employée dans l'industrie touristique sont à première vue décevants. Ainsi, en 1966, 34 000 personnes étaient employées dans cette industrie sur une main-d'œuvre totale salariée hors agriculture de 3,8 millions. Phénomène confirmé par le ratio travail/capital.

Mais de même que pour la région d'Afrique orientale, il faut noter que le tourisme est une industrie « multiproduit » avec de nombreuses activités périphériques.

Il est de ce fait difficile d'identifier le volume exact de facteurs qui satisfont la demande touristique, d'autant plus que de nombreux services sont aussi utilisés par les résidents.

La comparaison des ratios sectoriels Travail/Capital montre que l'industrie touristique est fortement capitalistique en Turquie, supportant la comparaison avec l'industrie manufacturière. A l'inverse, la Dalmatie en Yougoslavie présente un tableau totalement différent puisque le tourisme fournit jusqu'à 56 % des emplois à Hvar, 38 % à Makarska, 29,7% à Dubrovnik; tableau encore plus saisissant à Chypre, où l'emploi dans le commerce, l'industrie hôtelière et la restauration était estimé en 1984 à 209 900 personnes et à 43 900 pour l'industrie. De 1983 à 1984, le rapport de la Banque centrale de Chypre estimait à 7 750 personnes dans l'industrie hôtelière et à 4 500 personnes dans la restauration le surcroît d'emplois créés par le boom touristique de l'île.

Ces faits contradictoires soulignent le caractère hétérogène du produit touristique. Le tourisme international est en effet une activité très diversifiée dans les motivations des voyageurs (loisirs,

formation, religion, affaires, etc.). Les motivations ludiques paraissent les plus répandues et sont à l'origine d'une large part de la demande touristique.

I.2 GENERALITES SUR LES MUSEES [7]

Un musée est un lieu dans lequel sont rassemblées et classées des collections d'objets présentant un intérêt historique, technique, scientifique et artistique en vue de leur conservation et de leur présentation au public.

Pour ce point, l'attention est focalisée sur certains éléments décrivant les musées, d'un aperçu des musées en RDC, et des institutions muséales.

I.2.1 MISSION

Un musée a pour mission de :

- **Conserver** : c'est-à-dire assurer la pérennité des objets. Pour cela il faut contrôler l'air (pollution, insectes), la température (risques de moisissures, craquelures...), la lumière, la poussière, les risques d'incendie, d'inondation et l'homme (vol, vandalisme) : c'est la conservation préventive. Certains objets sont présentés dans les salles d'exposition, d'autres sont conservés dans des réserves, pour des raisons de place, de choix ou de conservation, c'est le cas des œuvres graphiques particulièrement sensibles à la lumière.

- Restaurer les objets.

- Inventorier : c'est-à-dire lister, nommer, caractériser, photographier...

- Étudier les objets : qui sont-ils ? d'où viennent-ils ? qui les a fabriqués ? quand ? à quoi et à qui servaient-ils ? y en a-t-il d'autres semblables ? On peut faire appel à des scientifiques, à des laboratoires (radiographies, études sous microscope...) pour connaître la matière dont ils sont faits par exemple et d'une manière générale à des spécialistes selon le type d'objet, son origine et sa date.

- Publier les résultats des recherches.

- Enrichir la collection par des achats, en suscitant des dons ou des prêts.

- Exposer les collections et organiser des expositions temporaires, c'est-à-dire présenter, organiser, confronter les œuvres.

- Informer les visiteurs dans le musée au moyen de cartels (petites étiquettes placées près des objets), de fiches explicatives, dépliants, guides... et hors du musée par des dépliants, livres, guides et par les moyens médiatiques... L'information passe aussi par le libre accès du public à la documentation des œuvres (documentation et bibliothèque).

- Organiser la médiation des œuvres auprès des différents publics au moyen d'écrits, d'audioguides ou en organisant des visites guidées, des conférences, des animations, des ateliers...

I.2.2 METIERS

Les métiers des musées sont organisés en trois pôles

- Le pôle scientifique s'occupe de la conservation, de l'inventaire, de l'étude, de la documentation, de la communication, de la médiation auprès des publics, de la gestion des collections et de leur restauration.
- Le pôle administratif se charge du secrétariat, de la comptabilité, de la mise en œuvre et du suivi administratif de toutes les questions budgétaires liées au fonctionnement du musée.
- Le pôle technique est chargé de la sécurité, de l'accueil du public, de l'entretien, des réparations et des différents travaux matériels permettant le fonctionnement du musée. Il regroupe le personnel technique et le personnel de surveillance.

I.2.3 STATUT JURIDIQUE

La plupart des musées ne possèdent pas la personnalité juridique car ils appartiennent à des collectivités publiques : l'État, les villes, les départements ou les régions. Certains grands musées nationaux ont cependant un statut différent leur assurant une plus grande autonomie : établissement public du Grand Louvre, Centre Pompidou... Il existe aussi des musées privés et des musées d'association ou d'université.

I.2.4 TYPE DE MUSEES

Il peut exister théoriquement autant de musées que de branches de l'activité artistique. Mais, en fait, les musées spécialisés sont moins nombreux que les autres. Les grands musées nationaux comprennent en général des sections où les œuvres d'art sont groupées suivant leur provenance. Avec le développement de la civilisation industrielle, le XIX^e et le XX^e siècle ont vu s'ouvrir des musées consacrés à la technique, à la science et aux dernières découvertes. Les types des musées sont selon différentes catégories dans la suite, les musées sont cités selon leurs disciplines.

- **Musées d'art**

Ils regroupent un ensemble d'œuvres d'art ; (tableaux, sculpture...etc.) Choisies pour leurs intérêts stylistique, artistique, ou encore montrant les différentes phases de la carrière d'un artiste. Il regroupe aussi différents types.

- **Musées d'histoire**

Il abrite les grandes collections d'éléments réunis autour d'un thème historique représentatif d'une époque, et qui témoignent de l'homme, de son histoire, mais surtout qui cherchent à conserver la mémoire.

- **Musées de science**

Ce sont des musées didactiques, leur but c'est l'instruction. Ils tendent à être des musées interactifs, centrés principalement sur l'expérimentation et la pédagogie, leur objectif est de constituer des centres de cohésion culturelle et sociale.

- **Musées culturels**

Objet, dont la réunion permet de mettre en avant la particularité d'un pays, d'une région, d'une époque.

- **Musées généraux**

Musée qui regroupe (englobe) plusieurs départements qui ont chacun un thème différent (science ; art ; culture ; histoire ; ...)

- **Musées spécialisés**

Musée ou l'on se consacre particulièrement à un domaine / une chose / une branche ...etc. (ex : musée du boulon, musée de la chaise...etc.)

I.2.5 LES MUSEES A L'HEURE DU NUMERIQUE [7]

Le développement d'un monde connecté a changé la notion de communication et de médiation des musées. Tout en privilégiant le rapport à l'œuvre, la médiation numérique enrichit et aiguise le regard. Elle favorise la compréhension et le questionnement des objets et rend la découverte du musée active et vivante.

Les musées développent des ressources riches et diversifiées en ligne : ils tentent de répondre ainsi aux attentes du public et à leurs nouveaux modes d'exploration. Le numérique étend le territoire du musée. Il permet en effet une mise en réseau, un développement des liens avec le public et d'autres institutions.

I.2.6 APPERCU DU MUSEE EN RDC [8]

Le premier musée en république démocratique du Congo fut installé dans le bâtiment de l'usine de textile africaine, texal en sigle. Sous l'initiative d'une association privée dénommé « les amis de l'art indigène » vers 1930. Ce musée prendra corps en 1936 et sera dénommé musée de la vie indigène de Léopoldville, il sera installé à l'actuelle place pont Ngabi dans la

commune de KASAVUBU. Le 26 mai 1953 ce gouvernement colonial installa de musée dans l'enceinte des locaux de l'ancien hôtel de poste. Il existait à cette époque musée ; en raison de un à Léopoldville, à Élisabethville et à Luluabourg. Il convient de signaler que pendant la période coloniale, le musée de Léopoldville était rattaché au musée royal de l'Afrique centrale en Belgique ou étaient exposés divers objets et œuvres d'arts à savoir : les masques, les statues, les lances, les instruments de musique, les vêtements traditionnels en raphia en peau de bets en écorces battues, etc.

Après l'accession de notre pays à l'indépendance et grâce à la volonté déterminée du président de la république MOBUTU, le gouvernement ordonna la collecte des objets d'arts ayant échappé aux pillages systématiques des puissances coloniales, ainsi que notre tradition matérielle et immatérielle, ensuite conservés au jardin rénové de mont Ngaliema. C'est ainsi que sera créé, par ordonnance présidentielle N°0/089 du 11 mars 1970, l'institut des musées nationaux du zaïre, IMNZ en sigle.

A ce jour devenu l'institut des musées nationaux du Congo, IMNC en sigle est devenu le dépositaire du patrimoine culturel, matériel et immatériel de la république démocratique du Congo. Il gère les musées nationaux du Congo tant qu'en Kinshasa qu'en province. Il s'agit des musées nationaux de Lubumbashi, de Kananga, du centre de Butembo, de Mbandaka, de Boma, de Kikwit et du musée national d'art contemporain et de multimédia à l'échangeur de LIMITE. L'IMC projette la création des 14 musées de proximité en provinces et d'un musée panafricain à Kinshasa.

I.2.7 LES INSTITUTIONS MUSEALES [9]

Projet de musée possède une certaine particularité dans leur conception du fait que ce dernier possède différentes fonctionnalités. Afin d'assurer les différentes missions du musée, certains secteurs sont vraiment indispensables dans la conception de ce dernier.

I.2.7.1 Secteur accueil

- **Hall d'entrée** : C'est bien connu, la première impression est souvent celle qui demeure. C'est pourquoi, de toutes les composantes architecturales, le hall d'accueil occupe une place essentielle dans un complexe muséal, et il constitue sans doute l'espace le plus significatif. Le hall d'accueil porte en quelque sorte la signature du bâtiment. Son vocabulaire architectural doit donner le ton à celui de toutes les aires publiques afin d'offrir au visiteur un ensemble cohérent, de même qu'une image institutionnelle juste et adéquate. Quel que soit le style architectural du hall d'accueil, sa dimension ou ses fonctions, ce dernier doit se caractériser par une ambiance accueillante et lumineuse, ouverte sur l'extérieur et vivante. Loin d'être un lieu

de contemplation, le hall d'accueil se veut plutôt un espace chaleureux et confortable, où le bruit, les conversations et les rires sont permis et où le visiteur se sent le bienvenu. Afin de bien disposer le public à la découverte des collections, et ultimement de l'inciter à fréquenter régulièrement l'institution muséale, il s'avère primordial d'offrir un confort maximal, tant physique que psychologique. Le hall d'accueil étant un espace public, ayant parfois pignon sur rue, il arrive que des passants y entrent sans avoir l'intention de visiter les expositions ou sans avoir encore pris la décision de le faire. Le processus de séduction pour inciter le public à faire une visite doit donc être très efficace.

Ce secteur est vraiment important et doit être caractérisé par certains éléments dont l'accessibilité, la flexibilité, la clarté. Le secteur d'accueil est constitué des différents outils qui lui définis entre autres :

- **Comptoir d'information** : Il est important d'apporter une attention particulière au comptoir d'information. Son traitement, sa localisation, ses fonctions, le nombre d'employés sont autant d'éléments à soigner dans la planification. Des principes de base, tant sur le plan matériel que sur le plan humain, sont à considérer afin d'assurer une qualité d'accueil et un confort optimal au visiteur. Le fait de minimiser le temps d'attente, à titre d'exemple, constitue un élément important pour la satisfaction du visiteur. Souvent à cet outil on intègre l'outils billetterie du fait que leurs fonctions ne sont pas vraiment différentes.

- **Vestiaire** : Même si le vestiaire est davantage utilisé durant la saison froide, il demeure un service essentiel, voire obligatoire, puisqu'on invite souvent le visiteur à se départir de ses sacs avant d'entrer dans les salles d'exposition.

- **Affectation et utilisation** : Que l'institution muséale soit imposante ou modeste, il est toujours intéressant, sinon essentiel, d'offrir un large éventail d'activités éducatives afin de dynamiser la programmation. Un auditorium peut donc s'avérer fort utile. Cependant, lorsque les besoins sont très diversifiés, un seul local peut difficilement répondre à toutes les attentes. Un auditorium peut, par exemple, être à la fois une salle polyvalente, une salle éducative et une salle multimédia ; ces trois fonctions aux besoins physiques différents sont parfois conflictuelles. La première étape de planification consiste alors à déterminer le plus précisément possible les différentes utilisations envisagées pour l'auditorium, dont voici quelques exemples : projection de films, vidéos, photographies ; conférences ; vernissages ; ateliers éducatifs de dessin, sculpture, etc. ; cours, formations et colloques ; location pour des activités d'entreprises.

- **Restaurant détermination du besoin à combler** : Peu importe l'envergure et la localisation de l'institution muséale (en centre urbain ou en région), il peut être souhaitable d'offrir aux visiteurs un espace de repos où ils pourront se restaurer. La formule à choisir doit

cependant découler d'une mûre réflexion qui incombe non pas aux planificateurs, mais plutôt aux gestionnaires de l'institution. Que la fonction de restauration soit envisagée comme un service aux visiteurs ou comme un outil commercial, la formule choisie doit générer suffisamment de revenus pour s'autofinancer afin d'éviter que le budget d'exploitation de l'institution muséale ne soit mis à contribution, et ce, aux dépens de la réalisation d'expositions ou de l'acquisition d'œuvres ou d'arts.

I.2.7.2 Secteur exposition

- **Salle d'exposition** : Est sans contredit le cœur d'une institution muséale. La qualité de la présentation et la mise en valeur des collections dépendront en très grande partie de la bonne conception de ce lieu. Il est donc primordial pour le concepteur de posséder une compréhension globale des enjeux liés à la salle d'exposition.

- ✓ **Salle d'exposition permanente** : Ce type de salle sert généralement à présenter la collection qui est propre à l'institution muséale. La superficie de la salle et le nombre de salles dépendent bien sûr de l'importance de la collection. Comme l'indique son nom, la salle permanente est aménagée pour une longue période et ses installations sont relativement fixes. C'est pourquoi la flexibilité de la salle ne constitue pas un atout essentiel. La qualité des conditions climatiques ainsi que le type d'éclairage s'avèrent, quant à eux, particulièrement importants, compte tenu de la durée de présentation des œuvres ou des artefacts.

- ✓ **Salle pour exposition temporaire ou exposition itinérante** : La salle pour exposition temporaire ou itinérante permet à l'institution muséale de diversifier et de bonifier sa programmation en offrant des présentations temporaires à partir de ses collections, en accueillant les collections ou expositions d'autres institutions muséales (expositions itinérantes) ou encore d'autres projets spécifiques (d'artistes, de fondations, etc.). Puisque le contenu est appelé à varier, la plus grande flexibilité est de mise. La superficie de la salle peut dépendre des projets temporaires visés ou encore de la dimension moyenne des expositions itinérantes offertes. Ce dernier type d'exposition demande généralement entre 200 m² et 300 m² ; cette donnée n'est évidemment qu'une moyenne approximative. La vocation de la salle d'exposition a donc un impact majeur sur la planification, non seulement pour ce qui touche son traitement, mais aussi pour son emplacement. Ainsi, les salles pour expositions temporaires ou itinérantes doivent être localisées beaucoup plus près des aires d'accueil, puisque ces expositions attirent généralement plus le visiteur que les expositions permanentes.

- ✓ **Dépôts pour salles d'exposition** : Selon le type d'institution muséale et le genre d'expositions qui sont présentées, le montage d'une salle peut s'avérer une opération simple et rapide, ou encore un véritable chantier. Quelle que soit l'envergure des opérations liées aux

salles d'exposition, un minimum d'outillage et d'équipement est cependant requis, et il est important de prévoir un espace d'entreposage pour ceux-ci. On peut distinguer deux types d'entreposage liés aux salles d'exposition : celui à court terme et celui à moyen terme. Ce dernier abrite, par exemple, les socles et vitrines non utilisés, les composantes servant au cloisonnement temporaire, les équipements de levage ou encore les éléments de scénographie réutilisables. La fréquence d'utilisation de ce dépôt n'est généralement pas très élevée, ce qui fait que sa proximité avec les salles d'exposition n'est pas essentielle. Le dépôt servant à l'entreposage à court terme peut, pour sa part, être utilisé sur une base quasi quotidienne, sinon hebdomadaire. On y trouve généralement : le matériel d'éclairage (projecteurs) ; les ampoules de remplacement ; les outils servant au montage des expositions ; l'escabeau ou la plate-forme élévatrice permettant le changement d'ampoules selon la configuration de la salle ; un espace d'appoint pour les socles, vitrines, etc.

✓ **Ateliers de préparation** : La conception et la préparation matérielle des expositions demandent une somme de travail souvent colossale. Selon les institutions muséales ou les expositions, ce travail peut être effectué totalement ou partiellement par le personnel, tout comme il peut être confié à l'extérieur. Si une préparation matérielle est effectuée par des employés, des espaces précis liés à certaines activités sont à prévoir. La diversité des besoins est directement liée au type de présentations envisagé. Ainsi, l'atelier ou les ateliers de production peuvent abriter les fonctions suivantes : la menuiserie ; la peinture ; le montage de vitrines ; la préparation scénographique ; la préparation graphique ; l'encadrement.

I.2.7.3 Secteur collection

Les réserves constituent certainement, avec les salles d'exposition, le cœur d'une institution muséale. L'attention portée à la planification de ces espaces n'est donc jamais exagérée, peu importe l'importance et le volume de la collection. Les réserves doivent répondre à plusieurs exigences qu'on pourrait regrouper en quatre grandes catégories : respect des conditions de conservation ; conditions de sécurité optimales ; accessibilité ; capacité, volume. Compte tenu de la grande diversité de contenu à conserver dans les réserves, le processus de planification peut s'avérer complexe. Une approche pragmatique et une analyse systématique de chaque composante sont donc essentielles au succès de cette planification.

I.2.7.4 Secteur administration

- **Bureaux** : Il ne faut pas minimiser l'importance d'un aménagement confortable et efficace des bureaux pour la rentabilité de l'institution muséale. En effet, les bureaux abritent l'énergie intellectuelle qui permet à l'organisation de maintenir son efficacité à un niveau optimal. De toute évidence, chaque institution possède son propre contexte physique, sa propre

organisation et le nombre d'employés varie grandement de l'une à l'autre, ce qui fait qu'aucune solution unique ne peut exister. Par contre, certains principes peuvent servir de guide à la plupart des contextes. Une des particularités des institutions muséales consiste à faire cohabiter des locaux administratifs avec des aires publiques. Ainsi, une des premières préoccupations consiste à localiser les bureaux par rapport au reste des fonctions et à analyser les avantages et inconvénients du choix effectué. À moins de liens fonctionnels prioritaires pour certains employés, l'emplacement des espaces destinés aux locaux administratifs doit favoriser un regroupement de l'ensemble du personnel afin de maximiser l'efficacité des échanges ainsi que le sentiment d'appartenance. La localisation de ces espaces doit également permettre l'apport d'éclairage naturel, si important pour le confort. En effet, un simple regard vers l'horizon peut apporter autant de repos qu'une pause-café, tout comme l'absence d'éclairage naturel peut miner la motivation du personnel. S'il est impossible d'offrir une fenêtre vers l'extérieur pour chaque poste de travail, on peut disposer ces postes au périmètre d'une aire commune qui, elle, bénéficie d'éclairage naturel. La position des locaux administratifs doit aussi rendre possible une certaine isolation par rapport aux aires publiques, d'une part afin de sécuriser les documents administratifs, le matériel informatique ainsi que les biens personnels des employés, et d'autre part afin de bonifier l'expérience muséale des visiteurs.

Les locaux pour les bureaux doivent bénéficier de leur propre vestiaire, lieu d'attente ou autre espace de service requis par la fonction administrative, toujours dans le but de clarifier la frontière entre les espaces publics et privés.

- **Salle des employés** : Quel que soit le nombre de personnes qui travaillent pour l'institution muséale, l'aménagement d'une salle qui leur est réservée est toujours bénéfique au bien-être et au confort. Cet espace commun évite la consommation d'aliments ou de boissons dans les bureaux et favorise le repos durant les pauses et les heures de repas. Cet espace, profitant idéalement d'un éclairage naturel, doit offrir un four à micro-ondes, un petit réfrigérateur ainsi que quelques chaises et tables. Un système d'extraction d'air permettra d'éviter que les odeurs de cuisson se répandent dans l'édifice.

- **Salle de réunion** : Une salle réservée aux réunions est utile en de multiples occasions. Celle-ci dont la dimension peut être adaptée aux besoins servira tant à des réunions du personnel ou du conseil d'administration qu'à des rencontres avec des fournisseurs, des sous-traitants ou autres. La flexibilité d'une telle salle est évidemment importante, puisqu'elle permet d'en augmenter la rentabilité et l'efficacité. Par ailleurs, dans le cas d'institutions plus imposantes, il convient d'aménager plusieurs salles de réunion afin d'éviter toute congestion. D'autres espaces ou fonctions satellites peuvent être exigés lorsqu'un aménagement de bureaux est en

voie de planification. La meilleure garantie de succès réside dans la parfaite connaissance du fonctionnement de l'institution ainsi que dans une bonne consultation auprès de différents services.

I.2.8 LA QUALITE ARCHITECTURALE [10]

La qualité architecturale se laisse difficilement cerner. Dans une définition large, elle se réfère à l'apparence de l'œuvre autant qu'à son adéquation, dans la durée, à l'usage auquel elle est destinée. L'œuvre architecturale, c'est la mise en scène (art) et en équations (science) du « plein » (façades, planchers, murs, toit) vecteur d'esthétisme, et du « vide » (volume où nous vivons, où nous travaillons). Ne sacrifions pas tout l'un à tout l'autre. Dans ce chapitre, nous présenterons quelques notions de la qualité, la qualité architecturale et la gestion de la qualité et les méthodes d'analyse de la qualité pour évaluer la qualité dans les équipements culturels.

I.2.8.1 Les principes de la qualité architecturale [11]

Depuis Vitruve, la qualité architecturale s'appuie sur trois premiers principes incontournables qui persistent dans le temps.

- **La solidité** : c'est le choix correct du système constructif et surtout la qualité de mise en œuvre de la construction.
- **L'habitabilité** : c'est la recherche dans le projet du plus grand confort par rapport à l'usage du bâtiment (le fonctionnement, l'orientation, la distribution des espaces, les volumes, surtout les vides, les pleins, la lumière, l'acoustique, l'ergonomie, la thermique, ...).
- **La beauté** : c'est l'harmonie dans les proportions, les matières, dans la relation du bâtiment à son environnement. C'est la part qui se partage avec les autres même s'ils n'ont pas l'usage du bâtiment, c'est donc une valeur très symbolique autant pour l'usager que pour la collectivité.

I.2.8.2 La qualité architecturale dans un centre culturel

La culture est l'esprit de la société, elle est l'expression d'une identité nationale d'un pays puisqu'elle regroupe les croyances qui diversifient un peuple à un autre, elle est devenue de nos jours le point repère d'un pays. Le présent point traite des certaines exigences qui permettent d'évaluer la qualité architecturale dans un centre culturel.

- **Exigences urbaines** : les exigences urbaines sont tous ce qui sont touchées à l'étude de l'intégration urbaine du site et aussi l'échelle, qui comprend la surface et la forme du ce site, ces exigences sont présentées dans le tableau I.1.

Tableau I.1 : Exigences Urbaines [10]

Intégration urbaine	<ul style="list-style-type: none"> - Le choix entre les deux situations, périphérique ou centrale - L'impact de l'implantation du bâtiment sur l'environnement (intégration architecturale, nuisances sonores, organisation des flux, droit au soleil et à la lumière, pollution, préservation de l'écosystème. -Le traitement et l'organisation des espaces (conditions climatiques, topographie du site, pollution des sols, l'air, l'eau,).
Échelle	<ul style="list-style-type: none"> -la surface : de moins de 1 000 (petit équipement). - à plus de 10 000 (très grand équipement). - Deux écueils sont à éviter symétriquement.

- **Exigences architecturales** : Ce sont les exigences architecturales qui répondent aux exigences relatives à l'architecture comme l'accès et les espaces de stationnement et l'accès pour les personnes handicapées. Le tableau I.2 présentent les exigences architecturales.

Tableau I.2 : Exigences architecturales [10]

Accès	<ul style="list-style-type: none"> - l'accès technique à la scène qui doit être le plus direct possible depuis l'extérieur - les portes d'accès situées à 3 m de haut en façade - l'accès des services de secours, qui peut être très contraignant selon la catégorie de l'établissement et son implantation urbaine - l'accès et l'évacuation du public avec le respect des normes d'accessibilité des handicapés
Capacité de Stationnement	<p>Il n'existe pas de règle précise pour l'évaluation du nombre de places de stationnement par rapport à la nature d'un équipement culturel</p>
Accessibilité aux personnes handicapées	<p>Les espaces de circulations seront soigneusement étudiées pour permettre l'accessibilité aux personnes handicapées (mobilier, largeur de passage, sols, confort visuel, couleurs contrastées, bande de cheminement, signalisation des escaliers, hauteur des interrupteurs et des poignées de portes, Une signalisation uniquement visuelle doit notamment pouvoir être doublée de manière sonore ou tactile et sonore doit pouvoir être doublé de manière visuelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'éclairage et la qualité visuelle de la signalétique, ne pas créer d'obstacle ou de danger par l'implantation de la signalétique... La qualité de l'éclairage, artificiel ou naturel, des circulations communes intérieures et extérieures doit être telle que l'ensemble du cheminement est couvert sans créer de gêne visuelle. - Les équipements sanitaires aménagés pour les personnes handicapées, ainsi que les ascenseurs seront judicieusement répartis dans les bâtiments afin d'être rapidement et aisément accessibles -L'espace et le mobilier des sanitaires et des douches accessibles aux personnes à mobilité réduite seront

	étudiés avec attention (porte, barre d'appui, lavabo, miroir, etc.
--	--

- **Exigences techniques** : Les exigences techniques concernant les systèmes de sécurité à la fois protéger les personnes contre incendie, contre l'intrusion et le vandalisme, dans l'entretien et la maintenance ou protéger la construction à travers la protection des fondations contre l'humidité et les remontés d'eau et aussi le traitement de la façade et comment réaliser un vide sanitaire.

CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre a été consacré aux généralités sur les attractions touristiques et les musées, il présente de manière générale l'industrie du tourisme et son impact positif sur le plan socio-économique, il présente également les musées en général tout en précisant des exigences qu'il faut prendre pour assurer une bonne conception de ce genre d'ouvrage.

Eu égard aux objectifs assignés, ce premier chapitre se présente comme une revue de littérature sur laquelle s'appuie les références des chapitres suivants. Le chapitre deuxième à la suite, particularise cette étude en l'orientant suivant une méthodologie de recherche afin d'atteindre l'objectif général du travail.

CHAPITRE II.METHODOLOGIE ET PRESENTATION DU TERRAIN D'IMPLATATION

INTRODUCTION

Ce deuxième chapitre s'articule sur les méthodes de conception architecturale et celle de calcul de structure utilisées dans ce travail, il présente en plus les logiciels utilisés et le terrain cible de cet ouvrage en cas d'implantation.

En effet une méthode de conception architecturale est un processus conduisant à inventer des éléments physiques qui en réponse à une fonction à assumer, proposent un nouvel ordre physique, une nouvelle organisation, une nouvelle forme. Calculer une structure revient à déterminer les différentes sections des éléments porteurs, ce calcul peut se faire via deux analyses, une statique et l'autre dynamique. On parle d'analyse statique ou quasi-statique lorsque la charge est appliquée sans variation dans le temps de son point d'application, de son intensité, ni de son sens ; de sorte que l'on peut négliger sans peine la force d'inertie. Pour une analyse dynamique par contre ; du fait de la variation de son point d'application, son sens ou son intensité dans le temps, la charge fait vibrer une structure et la force d'inertie devient plus grande qu'elle doit nécessairement être prise en compte.

Ainsi, l'objectif dans ce chapitre est de présenter la méthode de conception architecturale, la méthode de détermination des efforts internes dans les éléments structuraux, les bases de dimensionnement et les principes de pré-dimensionnement des éléments structuraux en BA mais également présenter le terrain cible en cas d'implantation.

Par ailleurs, pour effectuer de manière efficace et efficiente l'étude architecturale et structurale de cet ouvrage, il y a nécessité de recourir à des matériels importants de dessin et de calcul des structures assisté par ordinateur, il s'agit bien entendu du logiciel Revit et Robot Structural Analysis ; logiciels qui, en dernière section de ce chapitre, sont présentés de manière sommaire.

II.1 METHODE DE CALCUL DES FORCES INTERIEURES [12]

Précisons que, pour la détermination des forces ou efforts intérieurs dans les structures, il est utilisé le logiciel Robot Structural Analysis dans ce travail, outil présenté de manière sommaire dans ce chapitre, cependant il convient d'exposer dans ce paragraphe précis le processus de calcul de ces efforts.

Après la détermination des actions agissant sur la structure, la figure II.1 à la page suivante illustre les étapes du principe d'étude d'une structure en RDM, cette étude passe par les étapes suivantes :

- ✓ Isoler la structure (Figure II.1a)
- ✓ Déterminer les réactions aux appuis (Figure II.1b)
- ✓ Calculer les éléments de réduction (forces intérieures) qu'induisent les actions agissant sur la structure et tracer les diagrammes correspondant (Figure II.1c)
- ✓ Déterminer les contraintes et les déformations dans certaines sections (Figure II.1d) et les déplacements ou déformations en certains points (Figure II.1e)
- ✓ Procéder au calcul de vérification ou dimensionnement selon les valeurs admissibles.

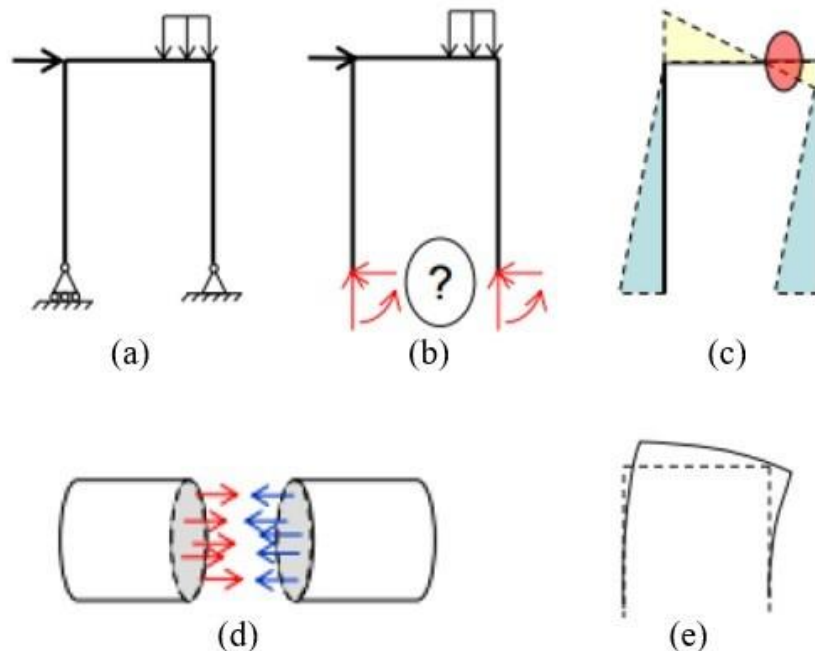


Figure.II.1: Etapes d'études d'une structure en RDM [12]

Cette section s'intéresse de manière particulière au calcul des éléments de réduction ou forces intérieures dont le moment (M), l'effort normal (N) et l'effort tranchant (Q).

Le calcul des éléments de réduction dépend d'une structure à une autre selon qu'elle est isostatique ou hyperstatique.

Pour le calcul des forces intérieures d'une structure isostatique, la méthode des sections est l'une des méthodes simples et adaptées, elle est présentée au point II.2.1. Pour une structure hyperstatique par contre, ils existent plusieurs méthodes de calcul, parmi elles, ce travail se contente de présenter la méthode de forces au point II.2.2.

II.1.1. CALCULS DES EFFORTS INTERNES PAR LA METHODE DES SECTIONS [12]

Pour déterminer les efforts internes qui apparaissent dans un élément soumis à une sollicitation, on se sert, en résistance des matériaux, de la méthode des sections. Cette méthode est basée sur le fait que si un élément est en équilibre, sous l'action des forces extérieures, alors n'importe quelle partie de cet élément sous l'action des forces qui lui sont appliquées, est équilibré par un système de forces intérieures agissant dans la section. On considère l'élément AB plan, soumis à l'action d'un système de forces extérieures. Pour calculer les efforts et moments dans n'importe quelle section, on coupe à l'endroit voulu l'élément AB en deux parties. Les valeurs numériques des efforts N, Q et M sont égaux aux sommes algébriques des projections et des moments des forces extérieures agissant sur une des parties (gauche ou droite) de l'élément sectionné, généralement sur celle où les projections et moments se calculent plus facilement. La figure II.2 schématise les forces intérieures après une coupure π réalisée sur la poutre AB.

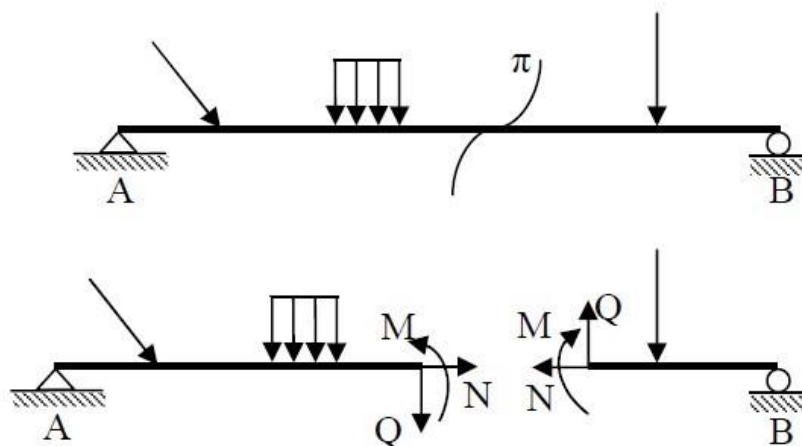


Figure.II.2: Schéma d'une coupure dans une structure [12]

II.1.1.1. Effort Normal

La composante N de la résultante F représente la somme des projections de toutes les forces intérieures agissant suivant la normale de la section (ou suivant l'axe longitudinal de l'élément). L'effort normal provoque une déformation longitudinale de l'élément. N est considéré positif s'il s'agit d'une traction et négatif dans le cas contraire. L'effort normal ne dépend que des charges, il est indépendant de la forme ou de la grosseur de la pièce.

Il convient de noter que :

- ✓ En se déplaçant sur une pièce, on doit effectuer une coupe après chaque force rencontrée si on veut connaître les efforts que la pièce supporte en tout point.

- ✓ Entre deux charges l'effort normal ne change pas, mais si on rencontre une charge en se déplaçant sur la pièce, l'effort normal varie en une valeur égale à la charge, si celle-ci est parallèle à l'axe.
- ✓ Le principe d'action réaction est respecté à chaque coupe. Que l'on conserve la partie de gauche ou de droite, l'effort normal est le même en grandeur et reste en tension.

II.1.1.2. Efforts tranchants

Les forces transversales Q_z et Q_y sont les sommes des projections de toutes les forces intérieures dans la section sur les axes centraux principaux de cette dernière. Ces efforts tranchants provoquent le cisaillement des bords de la section respectivement dans la direction des axes Z et Y. Le sens de Q sur le plan est positif par convention quand il tend à faire tourner un élément entre deux sections dans le sens des aiguilles d'une montre. La figure II.6 ci-dessous présente le sens de l'effort tranchant.

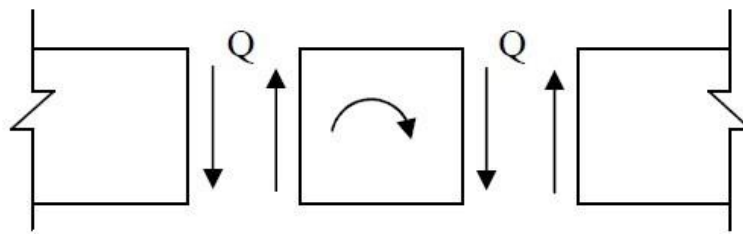


Figure.II.3: Sens de l'effort tranchant [12]

La valeur de l'effort tranchant Q change, de la valeur de la charge perpendiculaire à l'axe rencontré, en se déplaçant sur la poutre.

II.1.1.3. Moments fléchissant

Les composantes M_y et M_z du vecteur moment résultant représentent les sommes des moments de toutes les forces intérieures dans la section, par rapport aux axes d'inertie principaux de cette dernière Y et Z respectivement. Le sens positif des moments dans le plan qui par convention tend les fibres inférieures et comprime les fibres supérieures de la section. La figure II.7 ci-dessous illustre le sens du moment fléchissant.

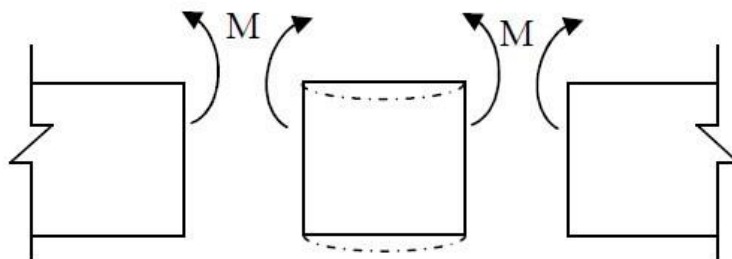


Figure.II.4: Sens du moment fléchissant [12]

La valeur du moment fléchissant varie en fonction de la position de la coupe dans une poutre lorsque celle-ci est sollicitée par des charges.

II.1.2. METHODE DES FORCES [13]

La méthode de forces s'applique pour le cas des structures hyperstatiques, pour lesquelles la méthode de sections présentée tantôt se retrouve limitée. La méthodologie pour l'application de la méthode des forces se résume en cinq principales étapes :

- (1) On détermine le degré hyperstatique de la structure h .
- (2) On supprime suffisamment d'hyperstaticité pour se ramener à un cas isostatique en ajoutant h degrés de liberté (soit au niveau des appuis, soit en créant des rotules internes).
- (3) Cette « nouvelle » structure avec le chargement réel est appelée structure isostatique associée (notée S_0) pour laquelle on calcule le moment fléchissant en tout point. Cette solution concernant les moments est appelée M_0 .
- (4) Pour chaque degré de liberté ajouté i précédemment, on calcule les moments fléchissant avec la structure isostatique associée avec pour chargement un effort unitaire en adéquation avec le degré de liberté ajouté. La valeur réelle de l'effort associé à ce degré de liberté est notée X_i et les moments fléchissant sont notés M_i .
- (5) On résout le système d'équation de degré h suivant :

$$\begin{pmatrix} \delta_{11} & \dots & \delta_{1h} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{h1} & \dots & \delta_{hh} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_h \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{01} \\ \vdots \\ \delta_{0h} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (\text{II.1})$$

La matrice $\begin{pmatrix} \delta_{11} & \dots & \delta_{1h} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{h1} & \dots & \delta_{hh} \end{pmatrix}$ est appelée la matrice de souplesse.

Détermination des termes δ_{ij} et δ_{0i} intervenant dans la relation (II.1) :

Pour un système fermé, le premier principe de la thermodynamique s'écrit comme suit :

$$\Delta U + \Delta K = W + Q \quad (\text{II.2})$$

Avec U l'énergie interne, K l'énergie cinétique (macroscopique), W le travail des forces et Q la chaleur reçue. Ainsi, dans le cadre de la RDM, les effets thermiques ne sont pas pris en compte, l'énergie globale est constante et la structure est statique. La relation (II.2) devient alors :

$$W = 0 \leftrightarrow W_{int} + W_{ext} = 0 \quad (\text{II.3})$$

La relation (II.3) traduit le fait que la somme du travail des forces intérieures et celui des forces extérieures est nulle. Elle est parfois appelée l'égalité de Clapeyron. Pour un champ de déplacement virtuel qui respecte les conditions des liaisons (cinématiquement admissible) et qui est continu et dérivable ; cette relation traduit ce qu'on appelle le principe ou théorème des travaux virtuels.

Etant fait que l'objet de ce paragraphe est la détermination des efforts intérieurs à la structure à savoir M , N et Q ; intéressons-nous de manière particulière au travail des forces internes :

En posant ε la déformation longitudinale, χ la courbure et γ la déformation de cisaillement. Le travail des forces internes (en négligeant l'effort de torsion) est égal à :

$$W_{int} = \int_{\text{structure}} N \cdot \varepsilon + M \cdot \chi + Q \cdot \gamma \quad (\text{II.4})$$

En négligeant les déformations de l'effort normal et de l'effort tranchant, la relation (II.4) se réduit à :

$$W_{int} = \int_{\text{structure}} M \cdot \chi \quad (\text{II.5})$$

Or par définition, la courbure χ est telle que :

$$\chi = \frac{M}{EI} \quad (\text{II.6})$$

Avec E le module de Young du matériau et I l'inertie de la section.

La relation (II.5) devient :

$$W_{int} = \int_{\text{structure}} \frac{M \cdot M}{EI} = \int_{\text{structure}} \frac{M^2}{EI} \quad (\text{II.7})$$

Ainsi donc par analogie à la relation (II.7), les termes δ_{ij} et δ_{0i} seront déterminés par les relations :

$$\delta_{ij} = \int_{\text{structure}} \frac{M_i \cdot M_j}{EI} \quad (\text{II.8})$$

$$\delta_{0i} = \int_{\text{structure}} EI \frac{M_0 \cdot M_i}{EI} \quad (\text{II.9})$$

Avant de calculer les efforts internes dans une structure, il est indispensable de savoir le matériau par lequel la structure est constituée.

Les matériaux utilisés pour la construction ou l'aménagement des musées doivent faire l'objet d'une attention toute particulière, car ils cohabitent avec des objets parfois sensibles et toujours précieux.

Il y a quatre principales caractéristiques touchant le choix des matériaux, soit :

- ❖ Leur résistance structurale (anti-intrusion) ;
- ❖ Leur résistance au feu ;
- ❖ Leur durabilité ;
- ❖ Leur composition chimique.

La résistance structurale de l'enceinte est évidemment primordiale, car elle contribue à augmenter la sécurité anti-intrusion ; tout doit être mis en œuvre pour compliquer l'intrusion. Une cloison sèche composée de montants métalliques et de plaques de plâtre peut être rapidement éventrée, et cela, sans bruit. Par contre, une cloison en bloc de béton ne peut être percée qu'avec un équipement lourd et bruyant.

La résistance au feu des matériaux est aussi essentielle, tout comme leur durabilité qui permettra d'éviter des travaux de rénovation salissants (plâtrage, peinture) à proximité des collections. L'inertie chimique des matériaux s'avère aussi importante afin d'éviter des émanations dangereuses pouvant nuire à la conservation des collections.

Plusieurs matériaux répondent adéquatement aux attentes, que ce soit pour la construction ou pour le revêtement des surfaces. Cependant, chacun peut demander une intervention spécifique afin de le rendre plus performant.

Dans le cadre de ce travail, la structure est faite en béton car le béton (en bloc ou coulé) est un matériau incombustible qui offre une excellente résistance structurale. Il faut cependant prendre la précaution de ne pas laisser sa surface naturelle et exposée, car le béton dégage une fine poussière qui, après avoir été en suspension dans l'air, se déposera inévitablement sur les collections. Il s'agit simplement, afin d'éviter ce problème, de peindre les surfaces de béton.

II.2 LES BASES DE CALCUL DE DIMENSIONNEMENT EN BETON ARME [14]

Grace à ces atouts, le béton est choisi comme matériau pouvant constituer la structure de cet ouvrage, ainsi les caractéristiques et les éléments de calcul de ce matériau font l'objet de la présente partie.

II.2.1. PRINCIPE DES JUSTIFICATIONS

Pour chaque matériau, il existe des méthodes de calcul (dimensionnement) appropriées que l'on retrouve sous forme des normes ou règlements. Le choix du matériau d'étude dans ce travail étant porté sur le béton armé ; il convient de recourir aux méthodes de calcul basé sur les règles du BAEL 91 modifiée 99, ces règles présentent les calculs justificatifs qui sont conduits suivant la théorie des états limites.

Un état limite est celui pour lequel une condition requise d'une construction est strictement satisfaite et cesserait de l'être en cas de modification défavorable d'une action. On distingue les états limites ultimes (E.L.U.) et les états limites de service (E.L.S.).

Les états limites ultimes correspondent à la limite :

- ✓ Soit de l'équilibre statique ;
- ✓ Soit de la résistance de l'un des matériaux acier ou béton (E.L.U.R.) ;
- ✓ Soit de la stabilité de forme (E.L.U.S.F.)

Les états limites de service sont définis compte tenu des conditions d'exploitation ou de durabilité. On distingue :

- ❖ Les états limites de service vis-à-vis de la durabilité de la structure : état limite de compression du béton et l'état limite d'ouverture des fissures.
- ❖ Les états limites de service vis-à-vis des déformations.

La méthode de calcul aux états limites est une méthode de calcul semi-probabiliste avec des coefficients de sécurité partiels. On applique des coefficients de sécurité aux valeurs caractéristiques de résistance des matériaux ainsi qu'aux actions qui s'exercent sur la structure.

Après la définition des actions selon les règles du BAEL 91 modifiée 99, nous présentons au point II.3.5 les différentes possibilités de combinaison d'action selon que l'on soit en ELU ou en ELS.

II.2.2. CARACTERISTIQUES MECANQUES DU BETON [15]

Le béton est un matériau hétérogène composé d'un mélange de liant, granulats, eau et éventuellement d'adjuvants. Sa résistance mécanique est influencée par plusieurs facteurs dont :

- La qualité du ciment ;
- Le dosage en ciment ;
- La teneur en eau ;
- L'âge du béton ;
- La température et l'humidité ;
- La durée de chargement.

II.2.2.1. Résistances caractéristiques du béton

A. Résistance caractéristique à la compression

Pour l'établissement des projets, un béton est défini par une valeur de résistance à la compression à l'âge de 28 jours, dite valeur caractéristique requise et notée f_{C28} .

Pour les sollicitations qui s'exercent sur un béton âgé de moins de 28 jours, on se réfère à la résistance caractéristique f_{Cj} . Les règles BAEL donnent, pour un âge $j \leq 28$ jours et pour un béton non traité thermiquement :

$$\begin{cases} f_{C28} \leq 40\text{MPa} \rightarrow f_{Cj} = j^{4,76 + 0,83j} \cdot f_{C28} \\ f_{C28} > 40\text{MPa} \rightarrow f_{Cj} = j^{1,40 + 0,95j} \cdot f_{C28} \end{cases} \quad (\text{II.10})$$

Au-delà de $j = 28$ jours, on admet pour les calculs que $f_{Cj} = f_{C28}$

B. Résistance caractéristique à la traction

La résistance caractéristique à la traction, à l'âge de « j » jours, notée f_{tj} , est conventionnellement définie par la formule :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06f_{cj} \quad (\text{II.11})$$

f_{Cj} et f_{tj} sont exprimées en MPa (ou N/mm²).

II.3.2.2. Déformations longitudinales du béton

L'expression ci-dessous permet de déterminer la valeur du module de déformation longitudinale instantanée du béton soumis à des contraintes d'une durée d'application inférieure à 24 heures :

$$E_{ij} = 11\,000 * f_{cj}^{\frac{1}{3}} \quad (\text{II.12})$$

Sous des contraintes de longue durée d'application, on admet que le module de déformation longitudinale différée est défini par l'expression suivante :

$$E_{vj} = 3\,700 * f_{cj}^{\frac{1}{3}} \quad (\text{II.13})$$

II.2.2.3. Diagramme contrainte-déformation

Le diagramme contraintes-déformations du béton pouvant être utilisé lors d'une justification à l'état limite ultime de résistance est donné à la figure ci-dessous, il est dit diagramme « parabole rectangle »

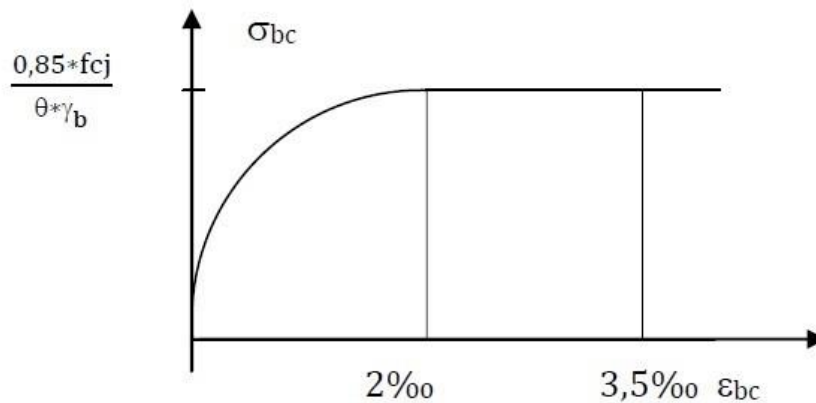


Figure II.5: Diagramme contrainte déformation du béton [15]

Le coefficient γ_b est égal à 1,5 pour les combinaisons fondamentales et à 1,15 pour les combinaisons accidentelles.

Le coefficient θ est fixé à 1 lorsque la durée probable d'application de la combinaison d'actions considérée est supérieure à 24 heures, à 0,9 lorsque cette durée est comprise entre une heure et 24 heures, et à 0,85 lorsqu'elle est inférieure à une heure.

II.3.3. CARACTERISTIQUES MECANIQUES DE L'ACIER

En génie civil, on rencontre plusieurs types d'armatures, parmi lesquels on peut citer : les armatures à haute adhérence et les treillis soudés.

II.3.3.1. Caractéristiques mécaniques

Le tableau II.1 donne les caractéristiques mécaniques des quelques types d'armatures et le tableau II.2 spécifie les caractéristiques géométriques des barres à haute adhérence (HA).

Tableau II.1 : Caractéristiques mécaniques des quelques types d'armatures [15]

Désignation	Symbole	Nuance Fe E	Limite d'élasticité f_e (MPa)	Résistance à la traction	Allongement de rupture (%)
Barres à HA	HA	400	400	480	14
	HA	500	500	550	12
Treillis soudés	TS	500	500	550	8

Tableau II.2 : Caractéristiques géométriques des barres à haute adhérence [15]

ϕ (mm)	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Section (mm ²)	28,27	50,27	78,54	113,1	153,94	201,06	314,16	490,87	804,25	1256,64
Poids (kg/m)	0,222	0,395	0,617	0,888	1,208	1,578	2,466	3,854	6,313	9,864

II.3.3.2. Module d'élasticité longitudinal

Le module d'élasticité longitudinale de l'acier noté ES est égal à $2 \cdot 10^5 \text{MPa}$.

II.3.3.3. Diagramme contraintes-déformations

Lors d'une justification à l'état limite ultime, le diagramme déformations-contraintes à considérer est conventionnellement défini par la figure II.6 à la page suivante.

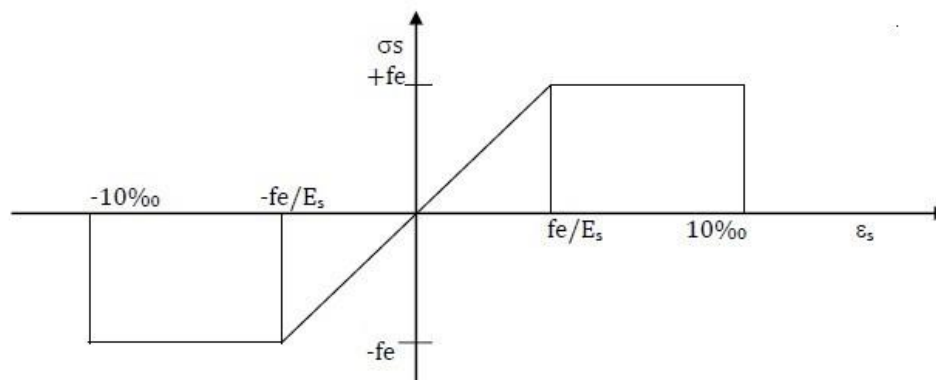


Figure.II.6: Diagramme contrainte déformation acier [15]

II.2.4. ASSOCIATION ACIER-BETON

II.2.4.1. Adhérence de l'acier

A. Contrainte d'adhérence

La liaison entre une armature et le béton est mesurée par la contrainte d'adhérence τ_s définie par la formule II.14:

$$\tau_s = \frac{dF}{u \cdot dx} \quad (\text{II.14})$$

Avec $\frac{dF}{dx}$ la variation par unité de longueur de l'effort axial exercé sur l'armature et u le périmètre utile de l'armature.

B. Ancrage des aciers en barres

On suppose que la contrainte d'adhérence est constante sur la longueur de l'ancrage et est égale à sa valeur ultime :

$$\tau_{su} = 0,6 \cdot \psi_2^S \cdot f_{tj} \quad (\text{II.15})$$

Où ψ_s est le coefficient de scellement qui caractérise l'efficacité d'une barre du point de vue de l'adhérence. Il est égal à l'unité pour les barres lisses et à 1,5 pour les armatures à haute adhérence.

La longueur de scellement varie selon qu'on ait à réaliser un ancrage rectiligne ou un ancrage courbe. Dans le cas d'ancrage rectiligne : soit on considère une armature de diamètre D , scellée dans un massif de béton et soumise à un effort de traction F_{max} . On note l_s la longueur de scellement droit de la barre.

L'équation d'équilibre de la barre permet de déterminer l'expression de la longueur de scellement droit :

$$\tau_{su} \cdot \pi \cdot D \cdot l_s = f_e \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \rightarrow l_s = \frac{f_e \cdot D}{2,4 \cdot \psi_2^S \cdot f_{tj}} \quad (\text{II.16})$$

En général, la longueur de scellement droit prend une valeur forfaitaire pour les aciers HA à défaut de calculs plus précis, telle que :

$$l_s = 50 \cdot \phi \quad (\text{II.17})$$

Pour ce qui est de l'ancrage courbe, il est nécessaire de réaliser ce type d'ancrage lorsqu'il n'y a pas suffisamment de place pour un ancrage rectiligne. La réalisation d'un ancrage courbe nécessite le façonnage de l'armature.

On définit, pour les armatures à haute adhérence, des crochets aux dimensions fixées appelés crochets normaux, pour lesquels on peut se dispenser d'effectuer un calcul d'ancrage courbe.

Le respect des prescriptions concernant le crochet normal dispense également de vérifier la condition de non-écrasement du béton.

C. Longueur de recouvrement des armatures tendues

Dans certains cas, pour assurer la continuité de la transmission des efforts, il faut réaliser une jonction par recouvrement entre deux barres identiques sur une certaine longueur appelée « longueur de recouvrement » et notée « L_r ».

Si les barres sont espacées d'une distance « c » inférieure à 5 fois leur diamètre, la longueur de recouvrement est égale à la longueur de scellement droit l_s , c'est-à-dire :

$$c \leq 5\phi \rightarrow L_r = l_s \quad (\text{II.18})$$

Si les barres sont espacées de plus de 5 fois leur diamètre, la transmission de l'effort d'une barre à l'autre se fait à travers des bielles de béton à 45° situées dans le plan des deux barres. La longueur de recouvrement est égale à la longueur de scellement droit plus la distance « c » entre les deux barres. En d'autres termes :

$$c > 5\phi \rightarrow L_r = l_s + c \quad (\text{II.19})$$

II.2.5. ACTIONS ET SOLLICITATIONS [16]

II.2.5.1. Actions

On distingue trois types d'actions appliquées à une structure dont les actions permanentes, les actions variables et les actions accidentelles.

Les actions permanentes, notées G , représentent des actions dont l'intensité est constante ou très peu variables dans le temps. Elles comprennent notamment :

- Le poids propre de la structure ;
- Le poids propre des éléments fixes ;
- Les effets dus à des terres ou des liquides dont les niveaux varient peu.

Les actions variables, notées Q , représentent des actions dont l'intensité varie fréquemment et de façon très importante dans le temps.

Les actions accidentelles proviennent des phénomènes rares et ne sont à considérer que si les documents d'ordre public ou le marché les prévoient. Elles comprennent notamment :

- Les chocs de véhicule ou de bateaux sur les appuis de ponts ;
- Les séismes ;
- Les explosions, les chutes de rochers.

II.2.5.2. Calcul des sollicitations

Les sollicitations sont les efforts (effort normal et effort tranchant) et les moments (moment fléchissant et moment de torsion) calculés à partir des actions par des méthodes appropriées.

A. Notations

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 ($i > 1$)

Dans une action donnée, G_{max} et G_{min} désignent des actions d'origine et de natures différentes, ce qui exclut de partager une même action permanente entre ces deux parties. En particulier, le poids propre d'une poutre continue est introduit avec le même coefficient sur toute la longueur.

B. Hypothèses et principe de calcul des sollicitations

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 :

- Établir les différentes combinaisons d'actions.
- Rechercher la combinaison d'actions la plus défavorable vis-à-vis de l'état limite étudié.

C. Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites ultimes de résistance

Les sollicitations à considérer résultent des combinaisons d'actions suivantes :

✓ Combinaisons fondamentales : $1,35G_{max} + G_{min} + \gamma_{Q1} + \Sigma 1,3\psi_{2i}Q_i$ (II.20)

Où γ_{Q1} vaut 1,5 dans le cas général 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.

✓ Combinaisons d'actions accidentelles :

$$1,35G_{max} + G_{min} + FA + \psi_{11}Q_i + \Sigma\psi_{2i}Q_i \quad (\text{II.21})$$

Avec FA la valeur nominale de l'action accidentelle, $\psi_{11}Q_i$ valeur fréquente d'une action variable et $\psi_{2i}Q_i$ valeur quasi permanente d'une autre action variable.

D. 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 suivantes :

$$\checkmark \text{ Combinaisons rares : } G_{max} + G_{min} + Q_1 + \sum \psi_0 i Q_i \quad (\text{II.22})$$

II.3. PRE-DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS EN BETON ARME [17]

Le pré-dimensionnement d'une structure consiste à fixer les dimensions de différents éléments de la structure ou de l'ouvrage en respectant certains principes et règles pratiques de la construction.

Etant donné que pour les bâtiments faisant objet de cette étude les superstructures sont composées des éléments en béton armé, les principes de pré-dimensionnement exposés dans cette section portent sur les poutres, les poteaux et les dalles pleines en BA.

II.3.1. PRINCIPE DE PREDIMENSIONNEMENT DES POUTRES EN BA

Une poutre peut se définir comme une structure porteuse horizontale destinée à supporter des charges entre et au-delà des points d'appuis. Elle reçoit en général des charges verticales qu'elle transmet sur ses appuis.

Dans cette partie, il est présenté quelques principes de pré-dimensionnement des poutres en béton armé de sections rectangulaires suivant qu'elles sont isostatiques ou hyperstatiques.

II.3.1. 1. Poutre isostatique (reposant sur deux appuis)

Connaissant la portée l de la poutre (portée entre axes des poteaux), la hauteur h de la poutre est pré-dimensionnée comme suit :

$$h \geq \frac{l}{10} \quad (\text{II.23})$$

II.3.1. 2. Poutres hyperstatiques (poutres continues)

Connaissant la portée l de la travée la moins longue de la poutre continue (en raison d'uniformité et d'esthétique), la hauteur h de la poutre est pré-dimensionnée comme suit :

$$h \geq \frac{l}{16} \quad (\text{II.24})$$

Dans tous les deux cas, on aura que la hauteur utile d (la hauteur entre la fibre supérieure de la poutre et l'axe de l'armature de traction) est telle que :

$$d = 0.9h \quad (\text{II.25})$$

Dans le cas où l'on est en flexion simple, la largeur b d'une poutre de section rectangulaire en béton armé est admise dans la plage :

$$0,3 \cdot d \leq b \leq 0,5 \cdot d \quad (\text{II.26})$$

II.3.2. PRINCIPE DE PREDIMENSIONNEMENT DES POTEAUX EN BA

On définit les poteaux comme des éléments porteurs verticaux qui reprennent les charges et surcharges des différents niveaux pour les transmettre au sol par l'intermédiaire de la fondation. Aussi, le rôle des poteaux ne se limite pas au fait d'assurer la reprise des charges verticales, mais également contribuent largement lorsqu'ils sont associés à des poutres pour former des portiques destinés à reprendre les actions horizontales dues aux séismes et aux vents.

Considérant que les poteaux travaillent en compression simple, on doit vérifier que la contrainte de compression σ_c reste inférieure ou égale à la résistance caractéristique à la compression du béton f_{c28} :

$$\sigma_c = \frac{Nu}{S} \leq f_{c28} \rightarrow S \geq \frac{Nu}{f_{c28}} \quad (\text{II.27})$$

Avec Nu l'effort normal ultime en MN (méga Newton), et S la section des poteaux en m^2 ($S = a \times b$).

Dans la suite de l'étude le choix du béton est tel que $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$, de cette manière la relation (II.27) s'écrit :

$$S \geq \frac{Nu}{25} \quad (\text{II.28})$$

Avec N_u : la charge ultime

S : la section du poteau

Pour tenir compte du flambement, on majore la section telle que :

$$S \geq \frac{Nu}{10} \quad (\text{II.29})$$

II.3.3. PREDIMENSIONNEMENT DES DALLES PLEINES EN BA

La dalle est une structure plate horizontale dont l'épaisseur (la hauteur h) est très petite comparativement à la largeur (l_x) et la longueur (l_y).

Pour le pré-dimensionnement d'une dalle en béton armé, on détermine sa hauteur h partant de sa largeur l_x selon que la dalle est unidirectionnelle ou bidirectionnelle.

II.3.3.1. Dalle unidirectionnelle

Une dalle est unidirectionnelle si le rapport de dimensions α est tel que :

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} < 0,4 \quad (\text{II.30})$$

Par conséquent, elle porte suivant un seul sens. La hauteur est ainsi pré-dimensionnée de cette manière ci :

$$h \geq \begin{cases} l_x / 20 \rightarrow \text{Panneau isolé} \\ l_x / 25 \rightarrow \text{Dalle continue} \end{cases} \geq h_{min} = 10 \text{ cm} \quad (\text{II.31})$$

II.3.3.2. Dalle bidirectionnelle

Une dalle est bidirectionnelle si le rapport de dimensions α est tel que :

$$0,4 \leq \alpha = \frac{l_x}{l_y} \leq 1 \quad (\text{II.32})$$

Par conséquent, elle porte suivant deux sens. La hauteur est ainsi pré-dimensionnée de cette manière ci :

$$h \geq \begin{cases} l_x / 30 \rightarrow \text{Panneau isolé} \\ l_x / 40 \rightarrow \text{Dalle continue} \end{cases} \geq h_{min} = 10 \text{ cm} \quad (\text{II.33})$$

II.3.4. PREDIMENSIONNEMENT DES VOILES [18]

Sont considérés comme voiles les éléments satisfaisant à la condition $L \geq 4a$, où L et a sont respectivement la longueur et l'épaisseur du voile.

Dans le cas contraire, ces éléments sont considérés comme des éléments linéaires.

Les voiles sont des éléments qui résistent aux charges horizontales, dues au vent et au séisme. Voile de contreventement :

Zone II : - nombre d'étages ≥ 2 .

- la hauteur $\geq 7m$.

L'épaisseur minimale est de 15cm.

De plus, l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur d'étage h_e et des conditions de rigidité aux extrémités comme suit :

$$\begin{cases} L \geq 4a \\ a \geq h_e/20 \end{cases} \quad (\text{II.34})$$

Avec :

- L : longueur du voile
- a : épaisseur des voiles (min = 15 cm)
- h_e : hauteur libre d'étage.

II.4. ANALYSE SISMIQUE (DYNAMIQUE) [19]

Le mouvement sismique est appliqué à la surface du sol. Le calcul dynamique suppose la détermination de la réponse des structures à la sollicitation sismique par la prise en compte des forces d'inertie (celles-ci n'existant que pendant la durée du séisme) mises en jeu. La connaissance de l'état de contrainte à tout instant en découle.

II.4.1. CALCUL DES ACTIONS SISMIQUE [20]

Dimensionner une structure au séisme signifie équilibrer l'action du séisme (les forces d'origine sismique exercées sur la structure) par des « forces de rappel » et par des « forces dissipées », permettant à la structure de « résister » à l'effondrement. Dans cette situation, l'étude de l'oscillateur simple est essentielle, car le calcul dynamique d'une structure élastique

comportant plusieurs degrés de liberté et plusieurs masses se ramène à celui de l'étude d'un certain nombre d'oscillateurs simples caractérisés chacun par un mode. L'action sismique n'est pas une force s'exerçant sur l'oscillateur mais plutôt un déplacement d'appuis

II.4.2. MODELISATION DE L'ACTION SISMIQUE

L'action sismique est une force qui est à la base d'un déplacement horizontal des appuis qui impose un tremblement de terre. On explique l'action sismique à l'aide d'un modèle à un degré de liberté. L'équilibre des forces d'un système à un degré de liberté s'exprime à l'aide des forces d'inertie, de l'amortissement, de la raideur et de forces externes comme indiqué sur la formule II.35 :

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = f(t) \quad (II.35)$$

Où m est la masse, c l'amortissement, k la raideur, \ddot{x} , \dot{x} , x sont respectivement l'accélération, la vitesse, le déplacement, f la force extérieure et t est la variable temps. Le mouvement dû au séisme en un point est caractérisé par son accélération \ddot{x} .

Après transformation dans le domaine fréquentiel, l'équation II.35 du domaine temporel s'exprime sous la forme indiquée sur l'équation II.36 :

$$\frac{x(\omega)}{f(\omega)} = \frac{1}{-m\omega^2 + cj\omega + k} \quad (II.36)$$

Où ω est la variable fréquence. On définit la fonction de transfert comme le rapport de la réponse d'une structure sur la force exercée. Lorsqu'on égalise le premier membre de l'équation II.35 avec zéro ; la solution de l'équation est la fréquence propre de l'exemple à un degré de liberté. La fréquence de résonance s'exprime alors sous la forme indiquée sur l'équation II.37 :

$$\omega_n = \pm \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (II.37)$$

Et le facteur d'amortissement est :

$$\xi = \frac{c}{2m\omega_n} \quad (II.38)$$

On peut étendre le concept du degré de liberté unique à un système à plusieurs degrés de liberté. Dans ce cas, on utilise une équation matricielle pour décrire le système ; utilisable pour les structures à plusieurs étages et l'équation II.35 devient :

$$[M]\{\ddot{x}(t)\} + [C]\{\dot{x}(t)\} + [K]\{x(t)\} = f(t) \quad (II.39)$$

Cette équation dans le domaine temporel et l'espace physique, avec une matrice de masse, une matrice d'amortissement et une matrice de raideur.

Il est plus facile de résoudre les équations en les transposant dans le domaine fréquentiel. La solution est un ensemble unique de valeurs propres et de vecteurs propres complexes.

La partie réelle de la valeur propre est l'amortissement, tandis que la partie imaginaire est la fréquence de résonance. Le vecteur propre représente, quant à lui, la déformée. En vibration libre non amortie l'équation de mouvement selon les différents modes de vibration est :

$$u_i(t) = \phi_i q_i(t) = \phi_i [A_i \cos(\omega_i t) + B_i \sin(\omega_i t)] \quad (\text{II.40})$$

Les inconnues sont le mode propre ϕ_i et la pulsation propre ω_i . En recherchant la vitesse et l'accélération dans l'équation précédente ensuite les éléments trouvés sont remplacés dans l'équation du mouvement on obtient un problème de vecteurs propres et des valeurs propres qui s'écrit comme suit :

$$\{dét\} - \omega^2 [M] + [K] = 0 \quad (\text{II.41})$$

Les ω_i^2 sont les solutions réelles et positives car les matrices K et M sont symétriques et définies positives. La plus faible pulsation est notée ω_1 , on l'appelle souvent pulsation fondamentale.

$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \dots < \omega_N \quad (\text{II.42})$$

L'analyse en vibration libre est importante car elle permet de comprendre le comportement vibratoire de la structure.

II.4.3. METHODE D'ANALYSE

La détermination de la réponse de la structure et son dimensionnement peuvent se faire par trois méthodes de calcul dont le choix est fonction à la fois du type de la structure et de la nature de l'excitation dynamique ; il s'agit donc de s'orienter vers l'une ou l'autre des méthodes suivantes :

II.4.3.1 Analyse par forces latérales

Cette analyse [EC8-1/4.3.3.2] est en réalité le calcul statique équivalent qui implique la substitution au calcul dynamique des équivalents statiques censés produire les mêmes effets. Le calcul statique peut être considéré comme dérivant de l'analyse modale par les simplifications suivantes :

- Le seul mode fondamental est pris en compte, les masses modales négligées étant reportées sur ce mode,
- La déformée du mode fondamental est arbitrairement assimilée à une droite pour les structures à portiques et à une parabole pour les structures à voiles ;

II.4.3.2 Analyse modale spectrale

Il s'agit de mettre en évidence les modes propres du mouvement libre (caractéristique de la structure) et d'introduire le spectre de dimensionnement qui fournit la valeur de la réponse maximale à un instant donné [EC8-1 /4.3.3.3]. De point de vue du génie parasismique, la

réponse maximale d'un ouvrage, au cours d'un séisme, importe plus que la chronologie détaillée du mouvement dans le temps ;

II.4.3.3 Analyse temporelle (transitoire)

À partir des accélérogrammes, [EC8-1/4.3.3.1(4d)P], elle donne la valeur de la réponse de la structure en fonction du temps. L'analyse transitoire est en fait une analyse modale pour laquelle l'accélération de chaque mode est déterminée en fonction du temps par l'intégrale de Duhamel de l'accélérogramme. Elle se différencie donc principalement de l'analyse modale « spectrale » par le fait que pour cette dernière méthode, le spectre de réponse d'oscillateur donne directement le maximum d'accélération pour chaque mode (mais non pas sa variation).

II.4.3.4 Choix de la méthode de calcul

Dans le choix de la méthode de calcul, les conditions d'applications de différentes méthodes sont importantes à mettre au clair (présenté dans [EC8-1 /4.2.3.1-(1)P]). Bien que les limites de leurs utilisations s'établissent soit par réglementation ; soit à partir de l'expérience acquise par l'ingénieur ; soit après l'examen des ouvrages à la suite d'un séisme ; soit, encore, à partir des essais. Dans ce travail, nous allons utiliser la méthode d'analyse modale utilisant les spectres de réponse utilisée dans tous les cas, et en particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas permise. La figure II.9 présente les étapes du calcul sismique pour chaque méthode.

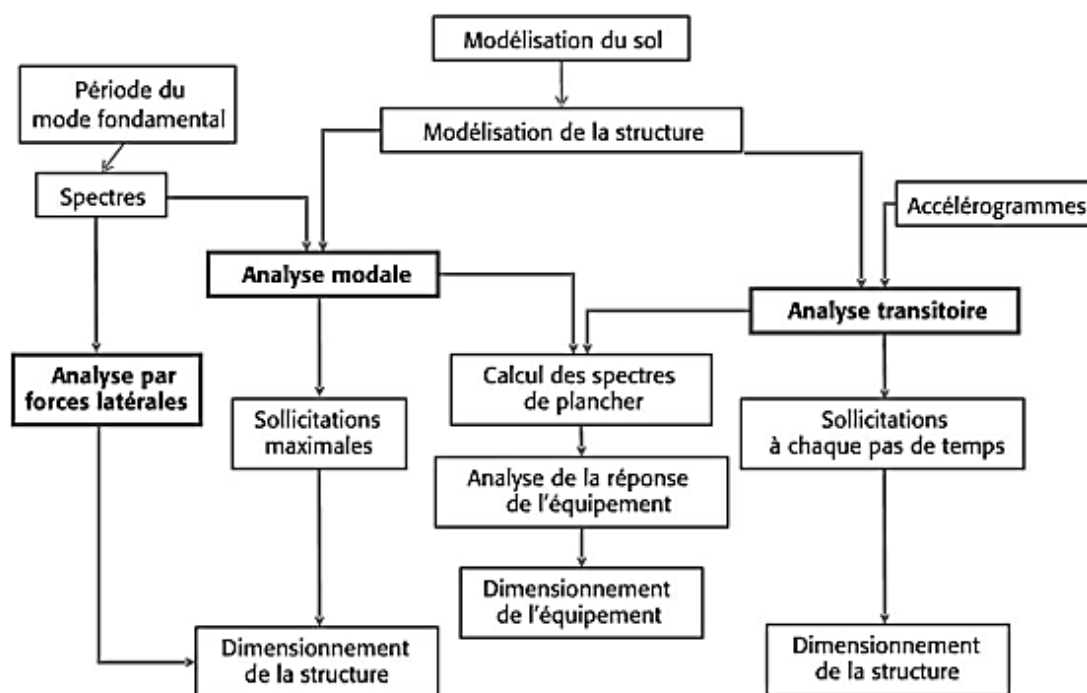


Figure II.7 : Etapes du calcul sismique [20]

II.4.3. Méthode d'analyse modale spectrale [20]

L'analyse modale spectrale désigne la méthode de calcul des effets maximaux d'un séisme sur une structure, basée sur :

- La sollicitation sismique décrite sous forme d'un spectre de réponse ;
- Le comportement supposé élastique de la structure permettant le calcul des modes propres.

II.4.3.1 Méthodologie de calcul [21]

La schématisation d'une structure réelle par un oscillateur simple ne permet d'aborder valablement qu'un nombre réduit d'ouvrages, du type masse concentrée sur un support de masse négligeable. Pour une approche plus réaliste, l'étude du comportement dynamique des structures doit donc impérativement être élargie aux systèmes à plusieurs degrés de liberté. En effet, il est possible d'interpréter le mouvement global d'une structure (oscillateur multiple) soumise à un chargement dynamique quelconque, comme une combinaison des n déformées des modes de vibration (décomposition modale), pondérées chacune de manière adéquate.

La décomposition modale permet donc de ramener l'étude d'un système à N degrés de liberté à celle de n oscillateurs simples, et reconduire ainsi les conclusions auxquelles on a abouti pour l'oscillateur simple. De ce fait, l'équation II.39 du mouvement devient :

$$MU + CU + KU = P \quad (\text{II.43})$$

Avec,

→ $M = (M_{ij})$, $C = (C_{ij})$ et $K = (K_{ij})$ respectivement les matrices ($N \times N$) des masses, d'amortissement et des rigidités ;

→ U , \dot{U} , \ddot{U} , P , $M\ddot{U}$, $C\dot{U}$ et KU respectivement les vecteurs déplacement, vitesse, accélération, forces extérieures, force d'inertie, force d'amortissement et force élastique.

Ces trois derniers étant appelés vecteurs d'influence.

Les coefficients des différentes matrices s'octroient les sens physiques suivants :

K_{ij} , C_{ij} et M_{ij} : Ils représentent physiquement la force (réaction) produite au nœud i dans la direction du degré de liberté i lorsqu'on applique dans la structure respectivement un déplacement, une vitesse et une accélération unité au nœud j dans la direction du degré j en maintenant les autres degrés de liberté nuls.

Pour la détermination des vecteurs d'influence qui sont solutions de l'équation II.43, elles sont obtenues par l'analyse modale spectrale.

Les différents calculs seront faits à partir du logiciel RSA. Mais nous savons qu'en théorie, l'analyse dynamique va nécessiter la détermination d'autant de modes propres n

(périodes et déformées modales) que la structure comporte de degrés de liberté N . Comme il n'est pas question en pratique d'extraire autant de modes propres que de degrés de liberté, il revient au calculateur de prendre deux initiatives qui témoignent l'attitude interactive qu'il doit avoir face au calcul sur l'ordinateur. Il doit choisir :

→ Le nombre de modes à retenir ;

Le nombre doit être pris de telle sorte :

- Que 90% de masse participante soit atteinte ;
- Qu'il n'ait pas de fréquence de coupure ;
- Que la période de vibration du mode k , $T_k \leq 0.20s$ soit une fréquence $f \geq 5Ht$;
- Que le nombre minimum de modes k tel que $k \geq 3\sqrt{n}$, n étant le nombre de niveaux au-dessus des fondations ou du sommet d'un soubassement rigide :

→ La précision souhaitée dans la détermination de ces modes, la méthode de calcul étant itérative.

Les réponses modales (effets élémentaires : déplacements et efforts maximaux) calculées pour les différents modes retenus sont combinées de façon à reconstituer l'ensemble des effets du séisme réel.

II.4.3.1 Méthodologie de calcul

L'Eurocode 8 pose comme principe que « le mouvement dû au séisme en un point donné de la surface du sol est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération, dénommé "spectre de réponse élastique" »

La forme du spectre de réponse élastique dépend des paramètres suivants :

1. L'accélération de calcul a_g , est égale à a_{gr} multipliée par le coefficient d'importance γ_1 (tableau II.3), soit $a_g = a_{gr} \cdot \gamma_1$

Tableau II.3 : Coefficient d'importance γ_1 [19]

Catégorie d'importance	Catégories des bâtiments	γ_1
I	Bâtiments d'importance mineure pour la sécurité des personnes. Ex : les bâtiments agricoles	0,8
II	Bâtiments courants n'appartenant pas aux autres catégories.	1
III	Bâtiments dont la résistance aux séismes est importante compte tenu des conséquences d'un effondrement. Ex : les écoles, les salles de réunions, les institutions culturelles, etc...	1,2

IV	Bâtiments dont l'intégrité en cas de séisme est d'importance vitale pour la protection civile. Ex : les hôpitaux, les casernes de pompiers, les centrales électriques, etc...	1,4
----	---	-----

2. L'accélération maximale de référence a_{gr} résultant de la situation du bâtiment par rapport à la zone sismique. Les valeurs des accélérations a_{gr} exprimées en mètres par seconde au carré, sont données par le tableau II.4.

Tableau II.4 : a_{gr} au niveau du sol en fonction de la zone de sismicité [19]

Zone de sismicité	a_{gr} (m/s^2)
(1) Sismicité très faible	0,4
(2) Sismicité faible	0,7
(3) Sismicité modérée	1,1
(4) Sismicité moyenne	1,6
(5) Sismicité élevée	3

3. De la nature du sol par l'intermédiaire du paramètre de sol S (tableau II.5).

4. TB et TC, qui sont respectivement la limite inférieure et supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante et TD, qui est la valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant. Les valeurs de TB, TC et TD, exprimées en secondes, sont données par le tableau II.5.

Tableau II.5 : Paramètres décrivant les spectres de réponse recommandés pour la sismicité 1 à 4 [19]

Catégorie du sol	S	T_B (S)	T_C (S)	T_D (S)
A	1,0	0,03	0,2	2,5
B	1, 35	0,05	0,25	2,5
C	1,5	0,06	0,4	2

D	1,6	0,1	0,6	1,5
E	1,8	0,08	0,45	1,25

L'EN 8 propose l'expression suivante pour le spectre de calcul $S_e(T)$ des composantes horizontales de l'action sismique. Les composantes horizontales de l'action sismique doivent être représentées par des spectres de réponse élastique, $S_e(T)$, calculé en utilisant les expressions de l'équation II.44 :

$$S_e(T) = \begin{cases} ag * S * [1 + \frac{T}{T_B} * (\eta * 2.5 - 1)] & \text{pour } 0 \leq T \leq T_B \\ ag * S * \eta * 2.5 & \text{pour } T_B \leq T \leq T_C \\ ag * S * \eta * 2.5 * \frac{T_C}{T} & \text{pour } T_C \leq T \leq T_D \\ ag * S * \eta * 2.5 * \frac{T_C T_D}{T^2} & \text{pour } T_D \leq T \leq 4 \text{ séc} \end{cases} \quad (II. 44)$$

- $S_e(T)$ est le spectre élastique correspondant à la pseudo-accélération
- T est la période de vibration d'un oscillateur simple (système linéaire à un seul ddl); ag est l'accélération de calcul, η est le coefficient de correction de l'amortissement, il est défini en fonction du taux d'amortissement ξ de cette manière :

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \quad (II.45)$$

Avec : Où ξ (%) est le pourcentage d'amortissement critique fonction du matériau constitutif, du type de structure et de l'importance des remplissages et quand $\xi = 5\%$ selon l'EC 8 partie 2 :4.1.3, on a $\eta = 1$.

Les valeurs recommandées des paramètres pour le spectre vertical sont rassemblées dans le tableau II.6.

Tableau II.6 : Valeurs recommandées décrivant les spectres de réponse élastique verticale [19]

Spectre	avg/ag	$T_B(S)$	$T_C(S)$	$T_D(S)$
Type 1 : pour les zones de forte sismicité	0,90	0,05	0,15	1,00
Type 2 : pour les zones de sismicité moyenne	0,45	0,05	0,15	1,00

Toute force sismique appliquée à la base de la structure, engendre successivement une masse de la section pour obtenir le poids sismique total W est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau i :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{avec } W_i = WGi + \beta WQi \quad (\text{II. 46})$$

- WGi : poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure
- WQi : charges d'exploitation
- β : coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation et donné par le tableau II.8.

Tableau II.7 : Valeurs du coefficient de pondération β [13]

Cas	Type du site	β
1	Bâtiments d'habitation, bureaux ou assimilés	0,20
2	Bâtiments recevant du publique temporairement :	0,30
	– Salles d'exposition, de sport, lieu de culte, salles des réunions avec place debout	
	– Salles de classes, restaurants, dortoirs, salle de réunions avec place assises	0,40
3	Entrepôts, hangars	0,50
4	Archives, bibliothèques, réservoirs et ouvrages assimilés	1,00
5	Autres locaux non visés ci-dessus	0,60

II.4.3.2 Combinaison des réponses modales

Le dimensionnement de l'ouvrage doit tenir compte de :

a. La multiplicité des directions (x, y et z) d'arrivée d'ondes sismiques par le cumul des réponses des composantes du mouvement sismique [EC8-1/4.3.3.5] ;

b. La combinaison de l'action sismique avec les autres actions concomitantes [EC0-2002/6.4.3.4] ; les effets d'inertie de l'action sismique de calcul doivent être évalués en prenant en compte la présence des masses associées à toutes les charges gravitaires pouvant être présentes pendant la durée du séisme [EC8-1 / 3.2.4-(2)P]:

$$\sum G_{k,j} + \sum \Psi_{E,i} \cdot Q_{k,j} \quad (\text{II. 47})$$

Avec $\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i}$ coefficient de combinaison pour les actions variables, $\psi_{2,i}$ définit dans le tableau II.1 et φ dans le tableau II.8 :

Tableau II.8 : Valeurs de φ pour le calcul de $\psi_{E,i}$ [13]

Type d'actions variable	Etages	φ
Catégories A à C	Toit	1,0
	Etages à occupation corrélées	0,8
	Etages à occupations indépendantes	0,5
Catégories D à F et archives		1,0

c. La multiplicité des modes de l'oscillateur constitué par l'ouvrage ; leur cumul. À ce stade, pour chaque paramètre de dimensionnement (moment de flexion, effort normal, effort tranchant) et pour chaque paramètre de contrôle (rotations, déplacements), on connaît le maximum de la réponse pour chacun des modes.

La combinaison des réponses des modes retenus puisque a priori les réponses des modes ne sont pas concomitantes ; différentes méthodes peuvent être adoptées pour effectuer cette combinaison pour une direction sismique. Il faut tout d'abord vérifier le rapport des périodes pour deux modes T_i et T_j , $T_j \leq T_i$:

→ $T_j/T_i \leq 0,9$: on utilise la combinaison quadratique (superposition quadratique), chaque fois que toutes les réponses modales prises en compte peuvent être considérées comme indépendantes les unes des autres, la valeur maximale E_E de l'effet d'une action sismique peut être prise égale à :

$$E_E = \sqrt{E_{Ei}^2} \quad (\text{II.48})$$

Où : E_E est l'effet de l'action sismique considéré (force, déplacement, etc.) et E_{Ei} la valeur de cet effet de l'action sismique due au mode de vibration i . → $T_j/T_i \geq 0,9$: on utilise la combinaison quadratique complète (CQC) qui fait intervenir plusieurs paramètres.

II.5. PRESENTATION DU TERRAIN CIBLE [22]

II.5.1 LOCALISATION DU SITE

Pendant la réalisation de ce travail, il est indispensable de penser où sera implanter cet ouvrage en cas de son exécution.

Pour faire un bon choix de cet endroit, nous avons sollicité l'aide au sein de la division de l'urbanisme et de l'observatoire volcanique de Goma.

Après un entretien, nous avons choisi qu'en cas de l'exécution, l'ouvrage peut être implanter dans la commune de Goma précisément dans le quartier lac vert pour les raisons suivantes :

- Pour la division de l'urbanisme
 - (1) L'extension de la ville de Goma ;
 - (2) Le fait que l'état possède encore trop des terrains vides dans ce quartier ;
 - (3) Le fait qu'il existe une attraction touristique naturelle dans ce quartier-là ;

- Pour l'OVG
 - (1) Pour ce quartier la coulée de lave est moins probable en cas d'éruption ;

La carte de probabilité d'invasion de coulées de lave de la région de Goma lors de l'éruption de NYIRAGONGO est donnée en annexe A.

Pour cette section, il est question de présenter les éléments pouvant permettre de localiser le site choisi pour l'implantation de cet ouvrage en cas de son exécution.

Ses éléments sont les parties limitrophes et les points géographiques.

Ce site est limité au Nord par le lac vert, au Sud par le lac Kivu, à l'Est par le nouveau stade de football (stade Joseph Kabila) et à l'Ouest par MUMBAMBIRO.

La figure II-8 présente la vue aérienne du site d'implantation.



Figure II.8 : Vue aérienne du site d'implantation [22]

II.5.2 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU SITE

Géographiquement le site peut être localisé grâce aux points P1, P2, P3 et P4 dont les caractéristiques X (latitude), Y (longitude), et Z (altitude) se trouvent dans le tableau II.11 et sont représentés sur la figure II.7.

Tableau II.9 : Coordonnées du site [22]

Caractéristiques	P1	P2	P3	P4
Latitude	736778.00	736925.00	736701.00	736830.00
Longitude	9821217.00	9821123.00	9821038.00	9820965.00
Altitude	1480	1482	1475	1478

En insérant ces points dans google earth, nous remarquons que notre terrain possède une forme trapézoïdale géométriquement caractérisé par :

- Périmètre : 1 275 m
- Grande base B : 341m
- Petite base b : 306m

- Hauteur H : 314m

Le profil en long et en travers de ce terrain est présenté en annexe B.

II.6. PRESENTATION SOMMAIRE DES OUTILS UTILISES POUR CE TRAVAIL [23]

II.6.1 LOGICIEL REVIT

Revit est un logiciel de conception de bâtiment édité par la société américaine Autodesk qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment pour créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...).

Revit est un logiciel de CAO, mais sa particularité est d'être un logiciel BIM multi-métiers destiné aux professionnels du BTP (ingénieurs, architectes, dessinateurs-projeteurs, entrepreneurs,...).

Revit est destiné aux ingénieurs et aux architectes et sert à modéliser des bâtiments en trois dimensions. Autrement dit, un seul fichier contient toutes les données. Ainsi, lorsqu'un élément change de place ou de fonction, il est mis à jour dans toutes les vues du modèle ainsi que dans les nomenclatures et sur le jeu de feuilles des plans. Plusieurs disciplines se rencontrent dans cette même logique, comme la structure, les réseaux, les fluides ...

Le logiciel est disponible en plusieurs versions - complète ou légère :

- ✓ Revit (inclus dans les suites logicielles *Building Design suite* et *Revit Collaboration suite* d'Autodesk)
- ✓ Revit LT (version light disponible en standalone ou dans la *Autocad Revit LT suite*)

Revit peut aussi se décliner en différentes versions métier, on peut compter :

- ✓ Revit Architecture : outil de modélisation pour la conception BIM générique.
- ✓ Revit Structure : outil de modélisation d'éléments de structure.
- ✓ Revit MEP : outil de modélisation de réseaux, qui se concentre vers la ventilation, l'électricité, les sanitaires, la plomberie, le chauffage, et la climatisation.

Ainsi, Revit travaille en plan, en coupe, en façade, en perspective, en vue orthogonale, en coupe 3D et en nomenclatures.

II.6.2 LOGICIEL ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

En effet, le logiciel Robot Structural Analysis comme le nom l'indique est un logiciel d'analyse des structures permettant de représenter une structure réelle par un modèle numérique que le logiciel peut traiter et analyser, il détermine les efforts internes (moments, efforts normal et tranchant), qui résultent des charges extérieures appliquées sur la structure par utilisation de la méthode des éléments finis.

En utilisant Robot, on peut :

- ✓ Faire l'analyse structurale pour n'importe quelle structure quel que soit la complexité, pour déterminer les différents types de résultats de calculs (efforts internes, déplacements, ...);
- ✓ Régler les préférences (langue, affichage,) et les préférences de l'affaire (unités et formats, matériaux, catalogues, normes de conception,);
- ✓ Dimensionner tous les éléments de la structure et faire le ferrailage des éléments en béton et l'assemblage des éléments en charpente selon les codes internationaux de dimensionnement ;
- ✓ Effectuer l'analyse statique et dynamique de la structure ;
- ✓ Affecter et, ou modifier le type de barres lors de la définition du modèle de la structure et pendant la simulation de calcul ;
- ✓ Faire les plans d'exécution et les notes de calcul.

CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre s'articule sur la méthodologie et le matériel d'étude architecturale et structurale des bâtiments, il présente les méthodes, matériaux et matériels utiles pour effectuer l'étude dont il est question dans ce travail. Il présente également le terrain cible pour l'implantation de cet ouvrage en cas de son exécution.

En ce qui concerne la méthodologie ; une méthode basée sur une conception architecturale centrée est développée pour la réalisation des plans architecturaux ; un exposé est fait sur la méthode de détermination des efforts internes dans les éléments structuraux ; ensuite, les bases de dimensionnement et les principes de pré-dimensionnement des éléments structuraux en BA sont exposés ; enfin une présentation a été faite sur le terrain cible pour l'implantation de cet ouvrage en cas de son exécution. Ce qui nous permis à répondre à une des préoccupations de ce travail.

Ainsi donc, dans le chapitre suivant il sera question de présenter les résultats obtenus grâce à la méthodologie et aux outils utilisés dans ce chapitre afin d'atteindre l'objectif principal du présent travail.

CHAPITRE III. ANALYSES ET PRESENTATION DES RESULTATS

INTRODUCTION

Ce chapitre fait état d'une étude pratique de la conception architecturale et structurale de cet ouvrage en fonction de la source d'inspiration et du dimensionnement en fonction de la forme et du matériau choisi en faisant recours à la méthodologie et aux matériels de recherche prédéfinis au chapitre précédent.

De ce fait, en s'inspirant à la forme du volcan Nyiragongo, ce chapitre se base d'abord sur la présentation des éléments définissant une étude architecturale (les plans architecturaux), il présente l'analyse statique de cet ouvrage ; ensuite, il présente l'analyse dynamique de cet ouvrage sous l'effet du séisme grâce aux données du site d'implantation en cas de son exécution et au matériau constituant la structure ; enfin, il étale une comparaison des résultats relatifs à ces deux cas cela par rapport à la quantité d'armatures nécessaires pour les éléments structuraux (poteaux, poutres, dalles, voile et fondation) en vue d'assurer la stabilité des bâtiments.

Ainsi donc, la présentation des données permettant ces études, la présentation des résultats de l'étude architecturale après conception, l'analyse statique et l'analyse dynamique de cet ouvrage ainsi que la présentation des résultats de l'étude structurale après dimensionnement dans RSA constituent les points essentiels du présent chapitre.

III.1. DONNEES TECHNIQUES D'ETUDE

Les données techniques sont des éléments essentiels pouvant faciliter l'étude de cet ouvrage, L'étude d'un ouvrage en béton armé se fait généralement en deux branches du fait que la première donne chemin à la seconde :

- ✓ Une étude architecturale qui présente les plans architecturaux du projet (rez-de-chaussée, étages et coupes des éléments de la construction, façades, etc...). Qui grâce à leurs dimensions la seconde étude est faisable.
- ✓ Une étude structurale : se base sur les calculs des structures et réglementations appropriées afin de parvenir à déterminer les dimensions des éléments structuraux (dalle, poutre, poteau, fondation, etc...) ainsi que les sections, nombre et espacement des armatures.

Les objectifs de la présente étude étant de faire une étude architecturale et structurale, une attention particulière est fixée sur la réalisation des différents plans architecturaux et l'analyse de la dalle (panneau), de la poutre, du poteau et de la semelle les plus sollicités de cet ouvrage.

III.1.1 DONNEES D'ETUDE ARCHITCETURALE

III.1.1.1 Caractéristiques géométriques de l'ouvrage

- Diamètre du bâtiment
 - Au premier niveau : 42,2 m
 - Au deuxième niveau : 40,6 m
 - Au troisième niveau : 36,9 m
 - Au quatrième niveau : 30,46 m
 - Au cinquième niveau : 26,42 m
 - A la toiture (atrium) : 16 m
- Hauteur totale du bâtiment : 28 m.
- Hauteur sous plafond : 4 m.
- Nombres d'étages : 4 étages

III.2.3. Répartition des étages

- Au niveau du RDC on a :
 - Hall principal
 - Restaurant
 - Exposition permanente et temporaire
 - Sanitaires
- Au R+1 :
 - Hall
 - Salles de formation
 - Galerie d'exposition
 - Sanitaires
- Au R+2 :
 - Hall
 - Administration centre culturel
 - Bibliothèque
 - Galerie d'exposition
 - Médiathèque
 - Cafeteria
 - Sanitaires
- Au R+3 :
 - Administration du musée

- Hall
 - Salle de projection (promotion du numérique)
 - Sanitaires
 - Stockage du musée
- Au R+4 :
- Hall
 - Exposition muséale

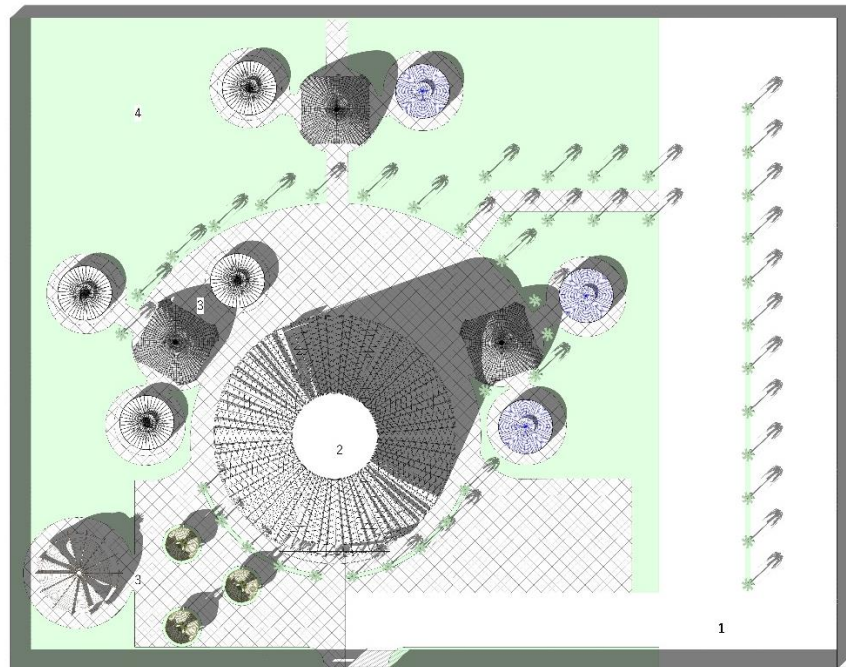
III.2. PRESENTATION DES RESULTATS ARCHITECTURAUX

En s'inspirant de la forme tronconique du volcan NYIRAGONGO, nous avons fait une conception d'un ouvrage pouvant servir de musée. Cette section présente les plans architecturaux nécessaires pour la compréhension de cette étude.

Pour la meilleure vision de ce différents plans architecturaux, nous avons pris soin de les reprendre en annexe.

III.2.1 PLAN DE MASSE

C'est une représentation graphique aérienne d'un terrain permettant de visualiser l'ensemble d'un projet.

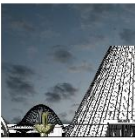


MUSEE NYIRAZA

- 0. ROUTE D'ENTREE
- 1. PARKING
- 2. MUSEE
- 3. PAILLOTES EXT
- 4. ESPACE VERT



3. FACADE NORD
1 : 500



2. FACADE SUD
1 : 500

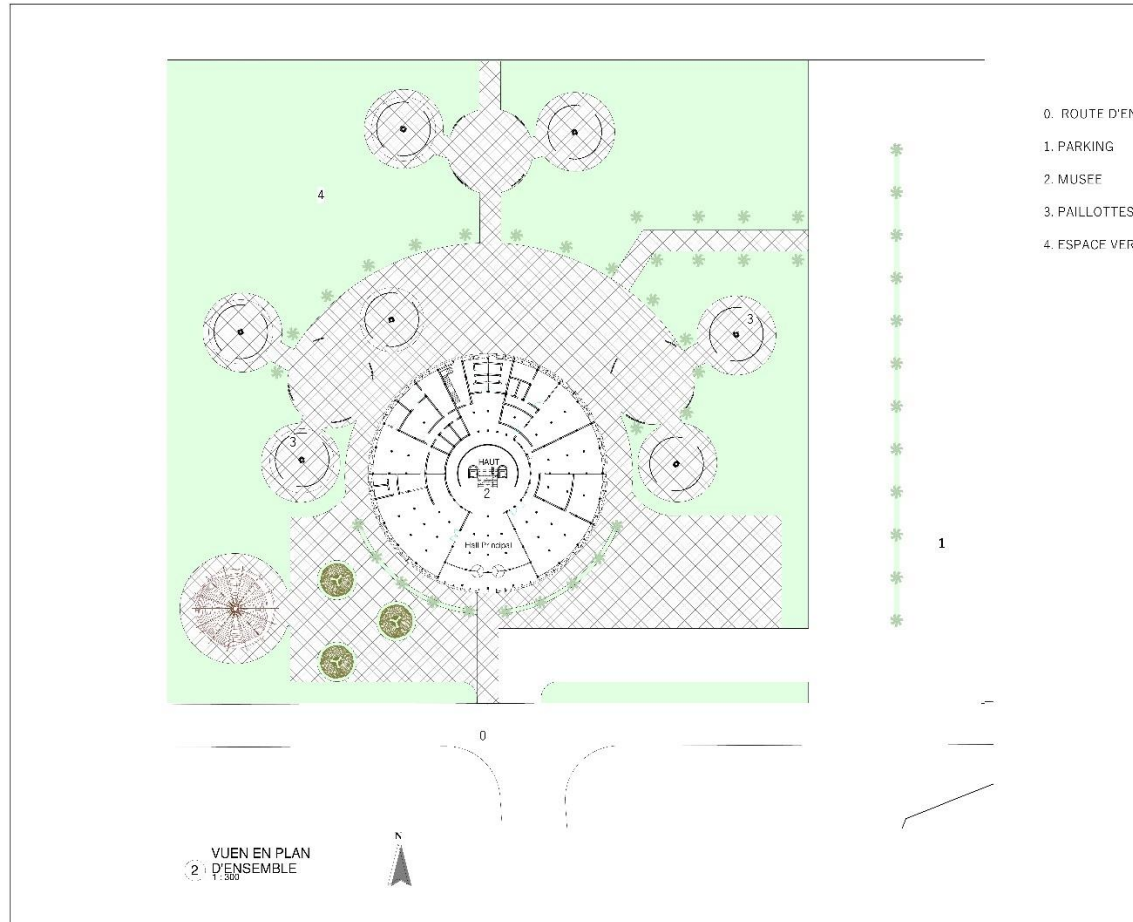
1. PLAN DE MASSE
1 : 300

KAMOLE BACIKEBWE Bruno

MEMOIRE/ULPGL/FSTA/202

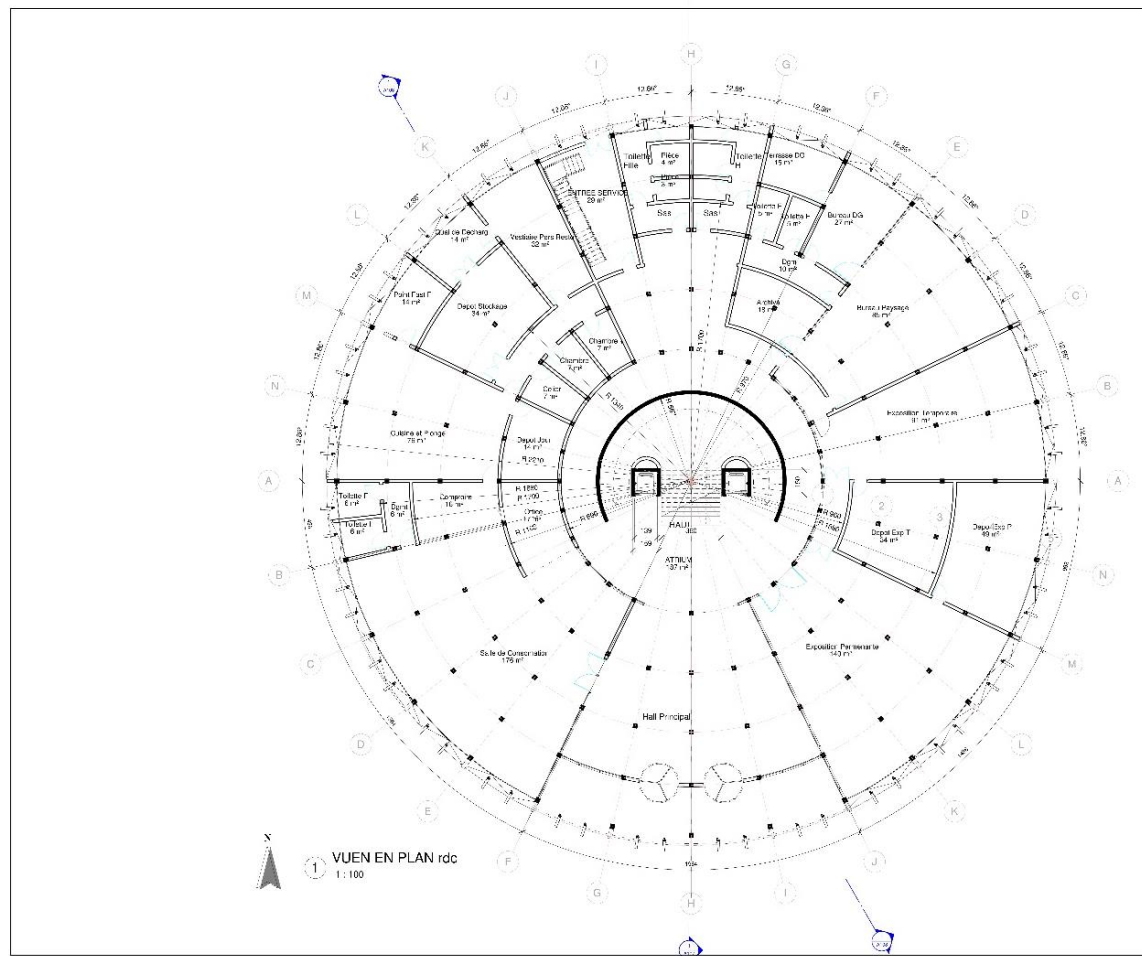
III.2.2 PLAN D'ENSEMBLE

C'est une représentation du projet complet ou partiel permettant de situer chacune pièce qui le constitue



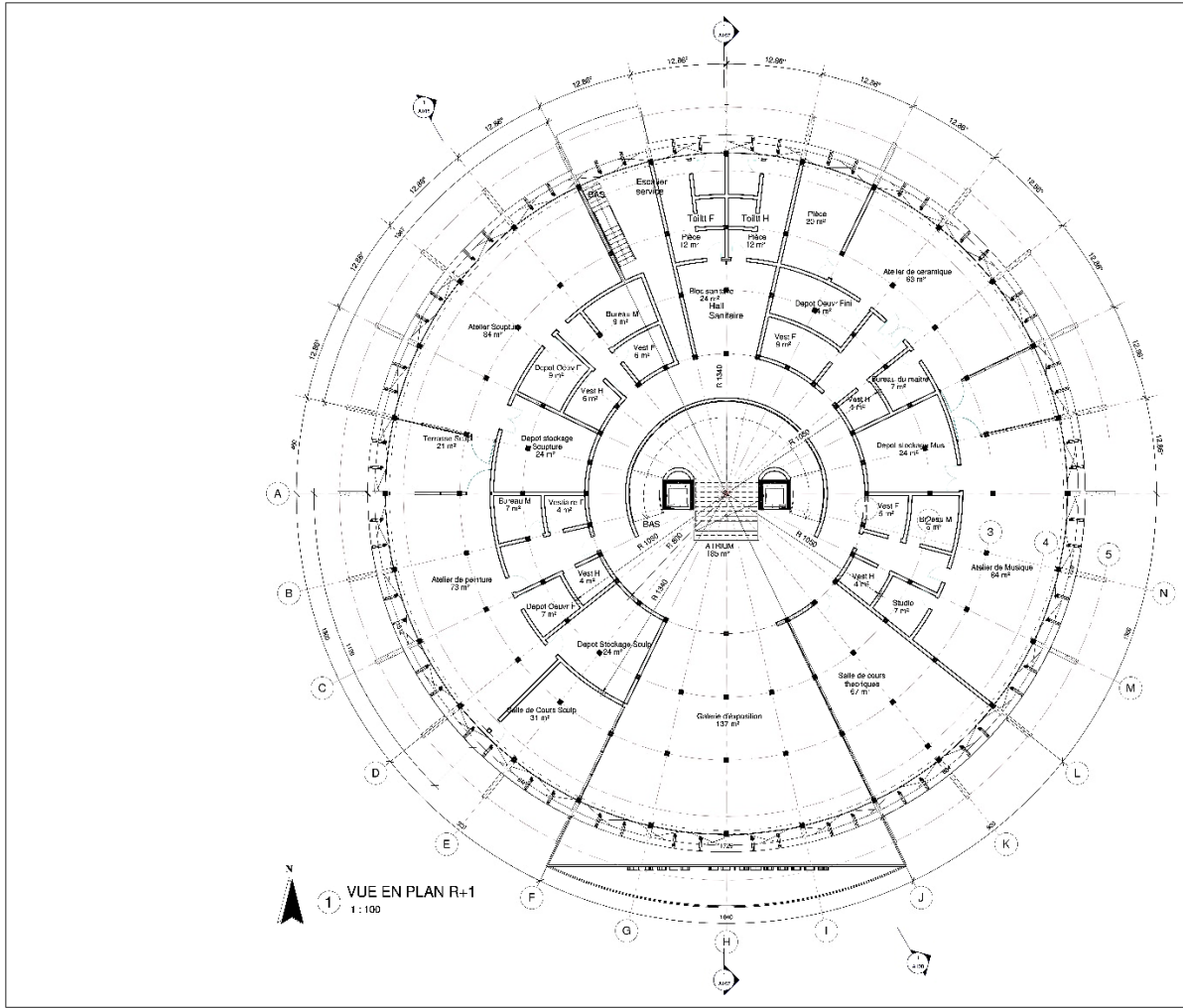
III.2.3 LES VUES EN PLANS COTES

Une vue en plan est une coupe horizontale effectuée à 1 mètre du sol fini.



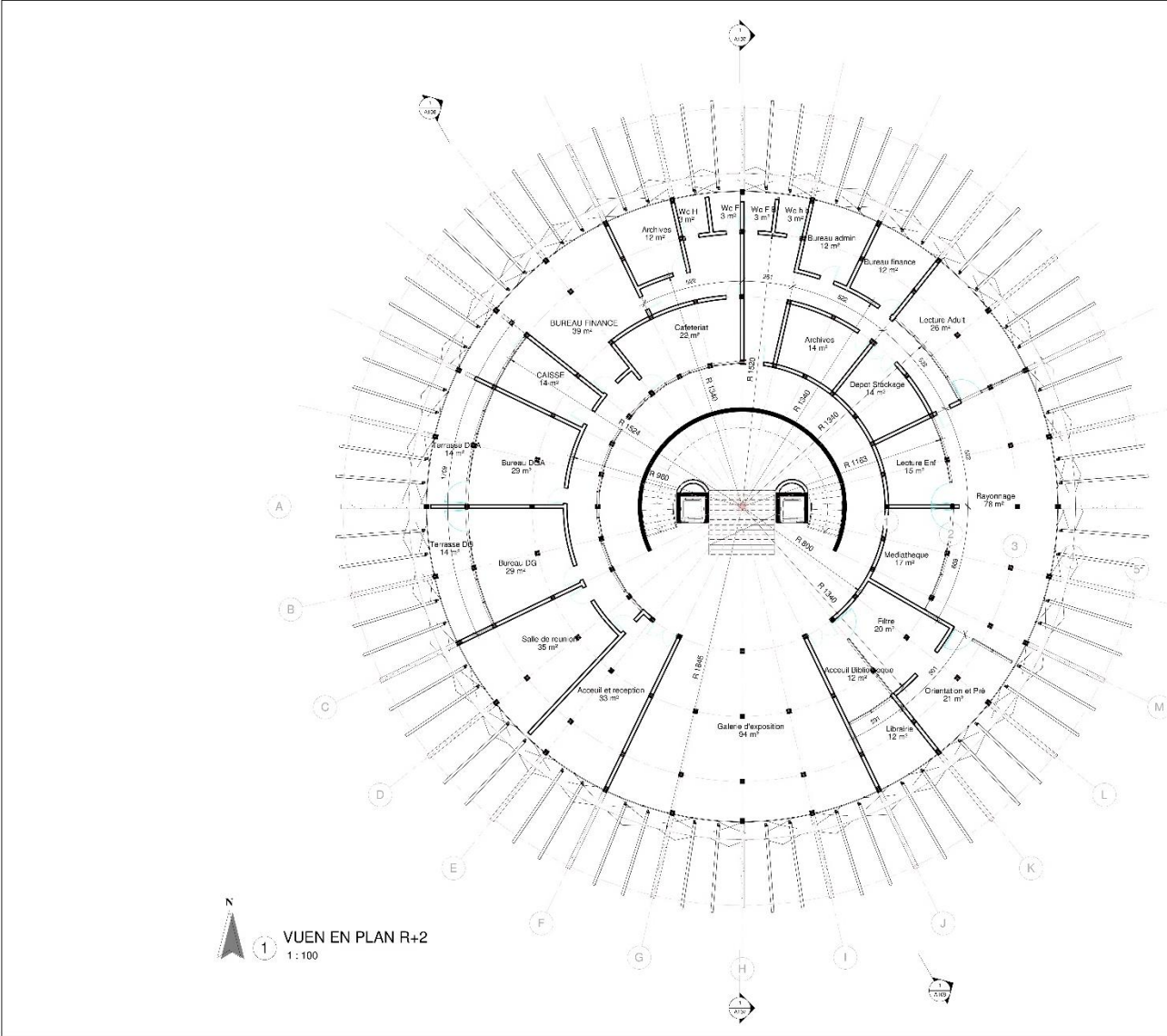
KAMOLE BACIKEBWE Bruno

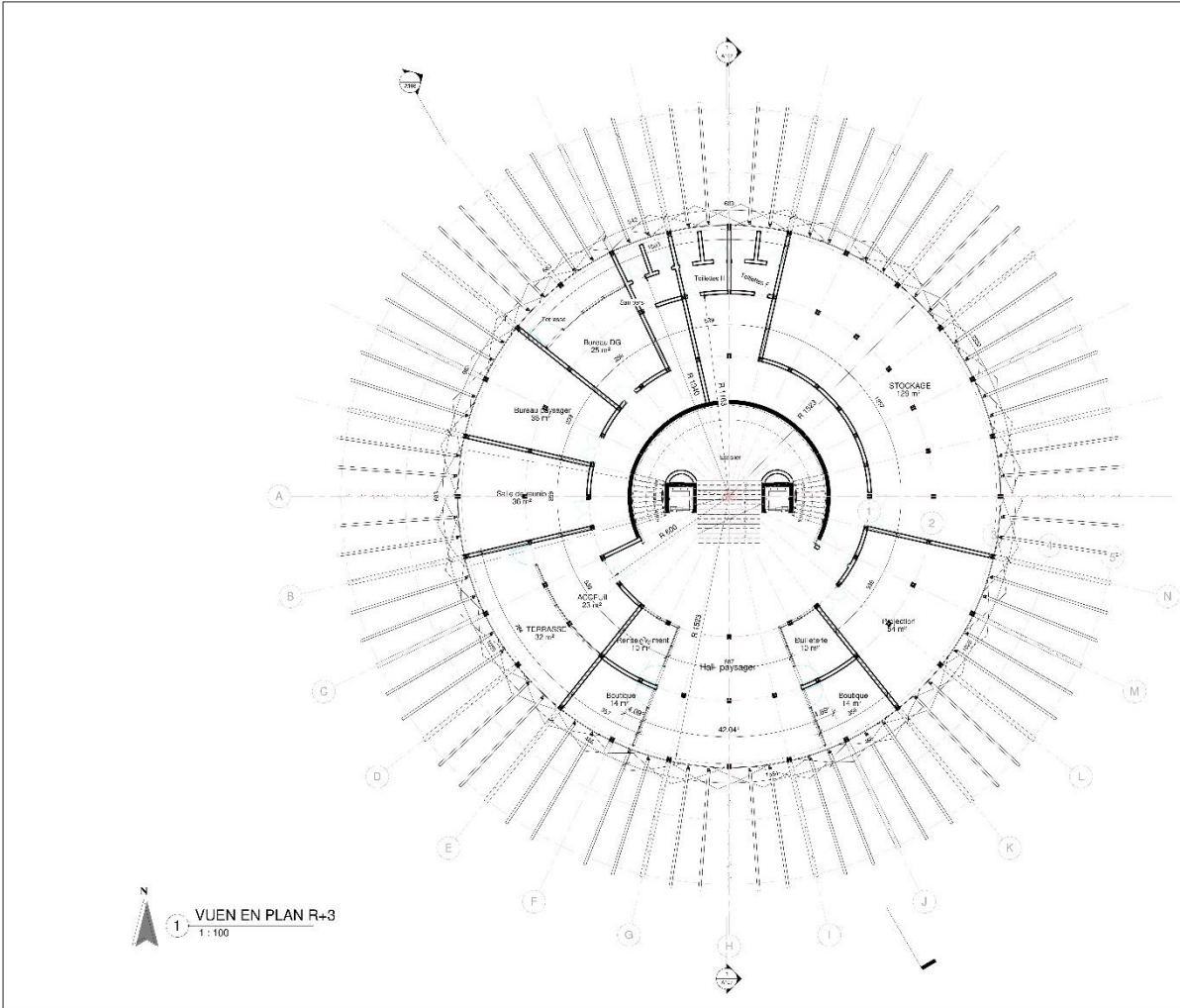
MEMOIRE/ULPGL/FSTA/2022



KAMOLE BACIKEBWE Bruno

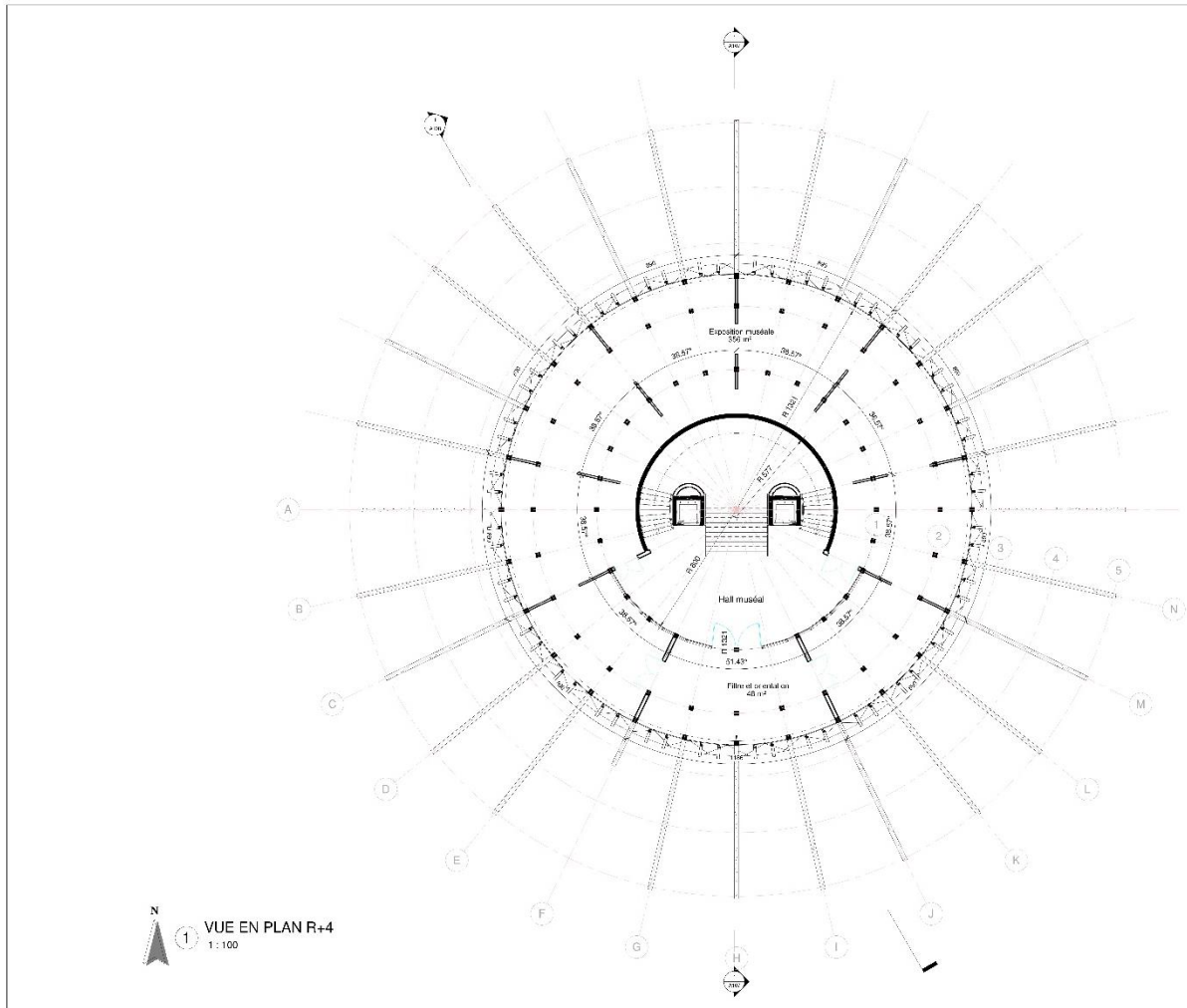
MEMOIRE/ULPGL/FSTA/2022





KAMOLE BACIKEBWE Bruno

MEMOIRE/ULPGL/FSTA/2022

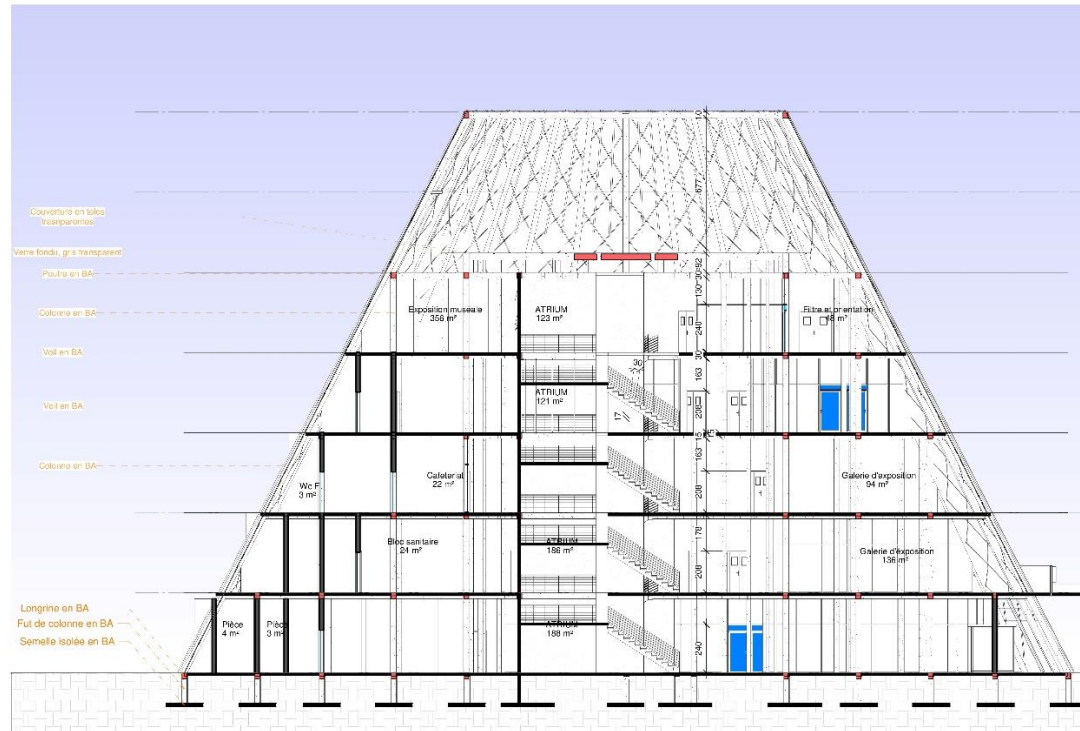


KAMOLE BACIKEBWE Bruno

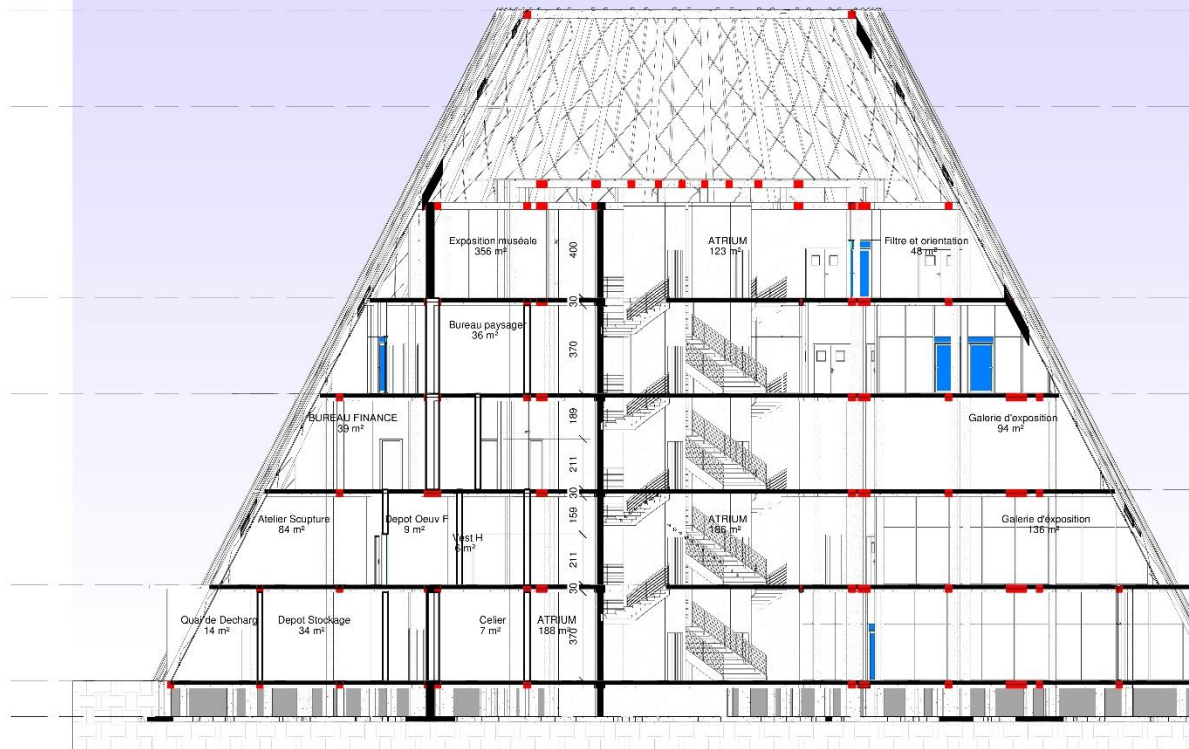
MEMOIRE/ULPGL/FSTA/2022

III.2.4 LES COUPES

Une coupe peut être transversale ou longitudinale. On appelle une coupe transversale la vue en coupe coupe longitudinale la vue en coupe d'un bâtiment dans sa longueur.



1 COUPE AA
1 : 100



1 COUPE BB
1 : 100

KAMOLE BACIKEBWE Bruno

MEMOIRE/ULPGL/FSTA/2022

III.2.5 LES FAÇADES

Une façade est une représentation de toute l'élévation d'un bâtiment et est souvent dessinée selon donner son caractère et son identité.



KAMOLE BACIKEBWE Bruno

MEMOIRE/ULPGL/FSTA/2022

III.3. PRESENTATION DE LA STRUCTURE DE L'OUVRAGE

La structure étudiée dans le cadre de ce travail n'est autre qu'un bâtiment tronconique servant de musée. Il est constitué d'un rez-de-chaussée, de quatre étages et d'un atrium centré comme présentés sur les figures III.1 et III.2 :

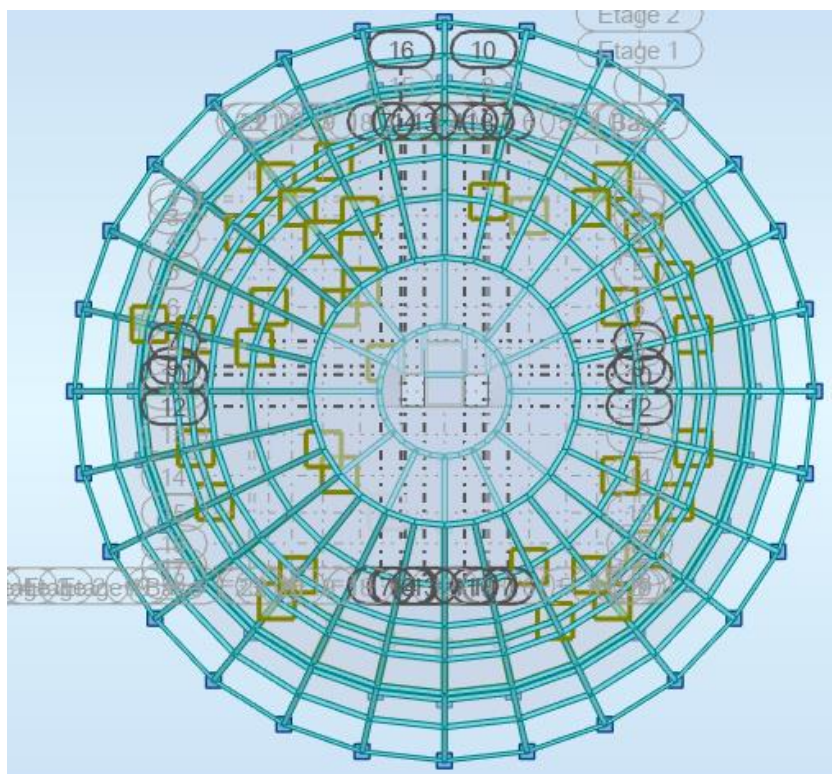


Figure III.1 : Vue en plan du schéma structural de l'ouvrage [RSAP]

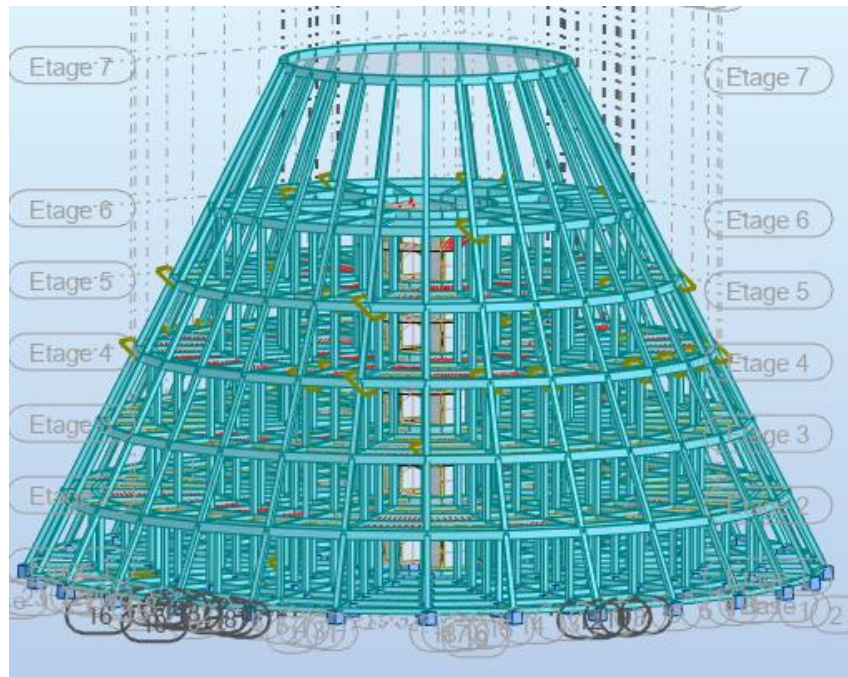


Figure III.2 : Vue en élévation du schéma structural de l'ouvrage [RSAP]

III.3.1. DONNEES D'ETUDE STRUCTURALE

Les hypothèses de base :

Dans les calculs des éléments structuraux prédéfinis ci-haut, il est considéré que :

- La résistance caractéristique du béton : $f_{C28} = 25 \text{ MPa}$
- La limite élastique de l'acier : $f_e = 400 \text{ MPa}$
- La contrainte de calcul du béton à l'ELU : $\sigma_{cu} = \frac{0,85 \cdot f_{C28}}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$
- La contrainte de calcul de l'acier à l'ELU : $\sigma_{su} = \frac{f_e}{1,15} = 347,8 \text{ MPa}$
- La longueur de recouvrement est égale à la longueur de scellement des aciers, cette dernière est définie par la relation (II.17) que nous reprenons ici : $L_r = L_s = 50 \cdot \phi$
- La fissuration est telle qu'on ait une fissuration peu préjudiciable (FPP)
- L'enrobage des aciers : $c = 30 \text{ mm}$
- Les bâtiments Publics : la charge d'exploitation q_1 est telle que $q_1 = 4 \text{ kN m}^2$.
- Le poids propre du BA est de 25 kN/m^3

III.4 ANALYSE STATIQUE ET DYNAMIQUE DE L'OUVRAGE

A partir de la méthodologie d'étude et de données précédemment définies, cette partie du présent chapitre reprend de manière pratique l'analyse statique suivie de l'analyse dynamique de cet ouvrage sous l'effet du séisme.

III.4.1 ANALYSE STATIQUE

III.4.1.1 Pré-dimensionnement de la dalle

En utilisant la théorie développée au point II.4.3, le pré-dimensionnement de la dalle ne consiste qu'à déterminer son épaisseur h .

Nous remarquons que les panneaux de cette dalle possèdent une forme irrégulière pour le pré-dimensionnement, cependant en ramenant cette forme irrégulière en une forme régulière, nous avons : $l_x=4,923\text{m}$ et $l_y=5,4833\text{m}$ pour le plus grand panneau.

Ainsi nous avons $\alpha = \frac{l_x}{l_y} = \frac{4,923\text{m}}{5,4833\text{m}} = 0,89$

La dalle est bidirectionnelle, étant donné que la dalle est continue, pour la détermination de la hauteur, on recourt à la formule II.33

$$h = \frac{l_x}{40} = \frac{493,2\text{cm}}{40} = 12,3 \text{ cm}$$

Nous prenons $h = 15 \text{ cm}$

La figure III.5 donne le schéma structural d'une poutre continue suivant la direction de l_y .



Figure III.3 : Schéma structural d'une poutre [AUTOCAD]

Pour une poutre continue, l'équation II.24 définit sa hauteur h de la manière suivante

$$h = \frac{l_x}{16} = \frac{322 \text{ cm}}{16} = 20,125 \text{ cm}$$

Pour de raison pratique, nous prenons $h = 30 \text{ cm}$

La hauteur utile d d'après la formule II.25 vaut $d = 0,9h = 0,9 \cdot 30 \text{ cm} = 27 \text{ cm}$

La largeur de la poutre est par conséquent : $0,3d \leq b \leq 0,5d \leftrightarrow 8,1 \leq b \leq 13,5$

Pour des raison pratique, nous prenons $b = 15 \text{ cm}$

III.4.1.3 Pré dimensionnement des poteaux

On pré-dimensionne le poteau le plus chargé, il s'agit du poteau nommé P se trouvant au RDC.

La section du poteau est donnée à partir de l'équation II.28 que nous reprenons

$$S \geq \frac{Nu}{10}$$

Par combinaison des charges à l'ELU : $Nu = 1,35 (G_{dalle} + G_{poutre}) + 1,5Q_1$

$$\text{Or pour R+4} \begin{cases} G_d = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 34,62 \text{ kN} \\ G_p = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 0,15\text{m} \cdot 6,15 \text{ m} = 3,46 \text{ kN} \\ Q_1 = 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 13,85 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow Nu = 1,35 (34,62 + 3,46) + 1,5 (1,5 \cdot 9,23) [kN] = 72,18 \text{ kN}$$

$$\text{Or pour R+3} \begin{cases} G_d = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 34,62 \text{ kN} \\ G_p = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 0,15\text{m} \cdot 6,15 \text{ m} = 3,46 \text{ kN} \\ Q_2 = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 13,85 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow Nu = 1,35 (34,62 + 3,46) + 1,5 (4 \cdot 9,23) [kN] = 106,79 \text{ kN}$$

$$\text{Or pour R+2} \begin{cases} G_d = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 34,62 \text{ kN} \\ G_p = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 0,15\text{m} \cdot 6,15 \text{ m} = 3,46 \text{ kN} \\ Q_3 = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 13,85 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow Nu = 1,35 (34,62 + 3,46) + 1,5 (4 \cdot 9,23) [kN] = 106,79 \text{ kN}$$

$$\text{Or pour R+1} \begin{cases} G_d = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 34,62 \text{ kN} \\ G_p = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 0,15\text{m} \cdot 6,15 \text{ m} = 3,46 \text{ kN} \\ Q_4 = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 13,85 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow Nu = 1,35 (34,62 + 3,46) + 1,5 (4 \cdot 9,23) [kN] = 106,79 \text{ kN}$$

$$\text{Or pour RDC} \begin{cases} G_d = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 34,62 \text{ kN} \\ G_p = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,15\text{m} \cdot 0,15\text{m} \cdot 6,15 \text{ m} = 3,46 \text{ kN} \\ Q_4 = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 9,23 \text{ m}^2 = 13,85 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\rightarrow Nu = 1,35 (34,62 + 3,46) + 1,5 (4 \cdot 9,23) [kN] = 106,79 \text{ kN}$$

Après cette descente des charges, nous allons faire un cumul afin d'avoir Nu total que doit supporter le poteau le plus chargé de la structure.

$$\text{Nous aurons } Nu = 499,34 \text{ kN} = 0,49934 \text{ MN}$$

$$\text{De cette manière la section } S \text{ sera : } S \geq \frac{0,49934 \text{ MN}}{10} = 0,049934 = 499,34 \text{ cm}^2$$

$$\text{Optant pour une section carrée, son côté sera } C \geq \sqrt{499,34} \text{ cm}^2 = 22,35 \text{ cm}$$

On retient $C = 25 \text{ cm}$; d'où pour les poteaux, on a une section de $(25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm})$.

III.4.1.4 Pré-dimensionnement de la voile

On a d'après le plan structural de l'ouvrage que pour tous les niveaux : $L = 4 \text{ m}$; $h_e = 3,7 \text{ m}$ → $\{a \geq 3,7 / 20 = 0,185 \text{ m}$; on adopte alors $e = 20 \text{ cm}$.

III.4.2. DIMENSIONNEMENT STATIQUE DES ELEMENTS STRUCTURAUX

Comme annoncé dans le chapitre précédent le dimensionnement de la structure a été effectué à l'aide du logiciel RSA 2023 et il est présenté ici les résultats du dit dimensionnement. Il faut signaler aussi que le logiciel effectue automatiquement la descente des charges en fonction des dimensions et des matériaux définis avec leurs masses volumiques mais également en fonction du chargement introduit selon la destination de l'ouvrage, voir annexe C (charges d'exploitation dans les bâtiments).

Après pré dimensionnement, combinaison de charges, dimensionnement à l'ELU et vérification à l'ELS des éléments structuraux (la dalle, les poutres et les poteaux) les plus sollicités au moyen du logiciel Robot Structural Analysis, en termes de la nature et quantité d'armatures, les résultats suivants sont trouvés :

✓ Dalle (Par panneau)

{ Nature d'armature : $\phi 12$ FeE400
{ Quantité nécessaire : 42 barres de 10m de long

✓ Poutre

{ Nature d'armature: $\phi 12$ FeE400(longitudinales), $\phi 6$ FeE400(transversale)
{ Quantité nécessaire de barres de 10m de long: 3 barres de $\phi 12$ et 1,5 barres de $\phi 6$

✓ Poteau

{ Nature d'armature : $\phi 20$ FeE400(longitudinales), $\phi 6$ FeE400(transversale)
{ Quantité nécessaire de barres de 10m de long: 3,5 barres de $\phi 20$ et 2,5 barres de $\phi 6$

✓ Voile

{ Nature d'armature: $\phi 6$ FeE400(horizontale), 12 FeE400(verticale), $\phi 6$ FeE400(transversale)
{ Quantité d'armature: 4,5 barres de $\phi 6$, 8 barres de $\phi 12$ et 5 barres de $\phi 6$

✓ Fondation

{ Nature d'armature : $\phi 14$ FeE400(longitudinale), $\phi 14$ FeE400(repartition)
{ Quantité d'armature : 6 barres de $\phi 14$

Les schémas de ferrailages de ces éléments sont présentés dans les annexes

III.4.3 ANALYSE DYNAMIQUE

L'analyse dynamique nécessite initialement de créer un modèle de calcul représentant la structure. Ce modèle est introduit ensuite dans un programme de calcul. Le programme de

calcul utilisé est celui implémenté dans le logiciel Robot Structural Analysis Professional (RSAP).

Un musée étant un ouvrage important d'un pays, il ne suffit pas seulement de calculer sa structure d'une manière statique d'où l'importance de faire recours à une analyse dynamique de la structure de cet ouvrage, pour ce faire, les données suivantes constituent une clé de cette analyse.

Les hypothèses de calcul :

- ✓ Selon le milieu d'étude, la ville de Goma se trouve dans une zone de sismicité moyenne. Avec $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$ à lire dans le tableau II.4.
- ✓ Le bâtiment d'étude est d'usage culturelle qui fait partie de classes III selon le tableau II.3 avec $\gamma_1 = 1,2$ et coefficient de pondération des masses $\beta = 0,3$ à lire dans le tableau II.8.
- ✓ Le bâtiment est en béton armé d'où l'amortissement critique $\xi = 5 \%$ selon l'EC 8 partie 2 :4.1.3. Ainsi le coefficient de correction du taux d'amortissement $\eta = 1$.
- ✓ Le site d'implantation de l'ouvrage est rocheux avec caractéristique $S=1$, $T_B=0,03 \text{ sec}$, $T_C=0,2 \text{ sec}$ et $T_D = 2,5 \text{ sec}$. Ces valeurs sont à lire dans le tableau II.5.

III.4.3.1 Modélisation de la masse

Le principe de l'analyse dynamique est celui de convertir les efforts appliqués à la structure à des masses ainsi pour rejoindre la notion d'oscillateurs présentés au premier chapitre. Ainsi pour ce faire, dans le système on incorpore les différents efforts appliqués notamment :

→ Les charges permanentes (Le poids propre de la structure, des revêtements et des cloisons).

→ Les charges d'exploitation

La conversion de ces efforts se fait en tenant compte du coefficient de combinaison des charges variables $\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i}$ conformément au tableau II.9 , $\psi_{E,i} = 0,8 \cdot 0,6 = 0,24$ pour les charges d'exploitations et on prend 1 pour les charges permanentes

III.4.3.2 Résultat de l'analyse modale

Comme évoqué au paragraphe II.4.3. L'analyse modale permet de retrouver les fréquences naturelles ou de résonance (valeurs propres) du modèle et les déplacements relatifs de la géométrie lorsque la structure vibre à ces fréquences (modes ou vecteurs propres). Ainsi le nombre de modes à extraire pour une structure doit respecter un certain nombre de critères. Les tableaux III.1 donne la réponse de l'analyse modale (obtenues avec le logiciel RSA).

Tableau III.1 : Résultats de l'analyse modale [RSAP]

Cas/Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]	Tot.mas.UX [kg]	Tot.mas.UY [kg]	Tot.mas.UZ [kg]
21/ 1	0,83	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 2	1,04	0,96	5,94	0,30	0,00	5,94	0,30	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 3	1,05	0,95	6,32	6,88	0,00	0,38	6,58	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 4	1,09	0,92	6,82	6,89	0,00	0,50	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 5	1,11	0,90	6,85	6,89	0,00	0,04	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 6	1,29	0,77	6,88	6,98	0,00	0,02	0,09	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 7	1,45	0,69	8,38	39,56	0,00	1,50	32,58	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 8	1,49	0,67	9,68	80,10	0,00	1,29	40,54	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 9	1,49	0,67	14,09	85,74	0,00	4,42	5,64	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 10	1,50	0,67	88,50	86,03	0,00	74,41	0,28	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 11	1,54	0,65	88,53	86,03	0,00	0,03	0,01	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 12	1,71	0,59	88,64	86,27	0,00	0,11	0,24	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 13	1,71	0,58	88,67	87,05	0,00	0,03	0,77	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 14	2,00	0,50	88,68	87,06	0,00	0,01	0,01	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 15	2,12	0,47	88,68	87,06	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 16	2,21	0,45	88,68	87,06	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 17	2,62	0,38	94,52	87,08	0,00	5,84	0,02	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 18	2,75	0,36	94,54	96,36	0,00	0,01	9,28	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 19	2,92	0,34	94,54	96,36	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 20	3,07	0,33	94,54	96,36	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 21	3,16	0,32	94,56	96,36	0,00	0,02	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 22	3,84	0,26	94,56	96,36	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 23	3,85	0,26	94,56	96,37	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 24	3,91	0,26	94,56	96,37	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 25	4,06	0,25	94,56	96,37	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 26	4,07	0,25	98,28	96,37	0,00	3,72	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 27	4,16	0,24	98,32	96,37	0,00	0,04	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 28	4,36	0,23	98,33	98,85	0,00	0,01	2,49	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 29	4,61	0,22	98,33	98,86	0,00	0,00	0,01	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 30	4,87	0,21	98,75	98,86	0,00	0,41	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 31	4,99	0,20	98,75	98,86	0,00	0,00	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00
21/ 32	5,03	0,20	98,85	98,87	0,00	0,11	0,00	0,00	7534257,52	7534257,52	0,00

Interprétation :

De ces résultats, nous voyons qu'il a fallu aux moins 32 modes pour que la structure modélisée atteigne plus de de 90% de la masse cumulée suivant les axes X et Y, à une fréquence supérieure à 5Hz et à une période inférieur ou égale à 0,20 seconde.

III.4.3.3 Résultat de l'analyse sismique

Après l'analyse modale, l'analyse sismique quant à elle intervient dans la configuration des données sismiques. Ainsi pour une excitation sismique, on arrive à déduire la réponse dynamique de la structure en termes de déplacement $u(t)$.

Pour ce faire la figure III.3 montre la configuration des données sismiques présentés au paragraphe III.4.3 qui ont été insérées dans le logiciel RSA comme suit :

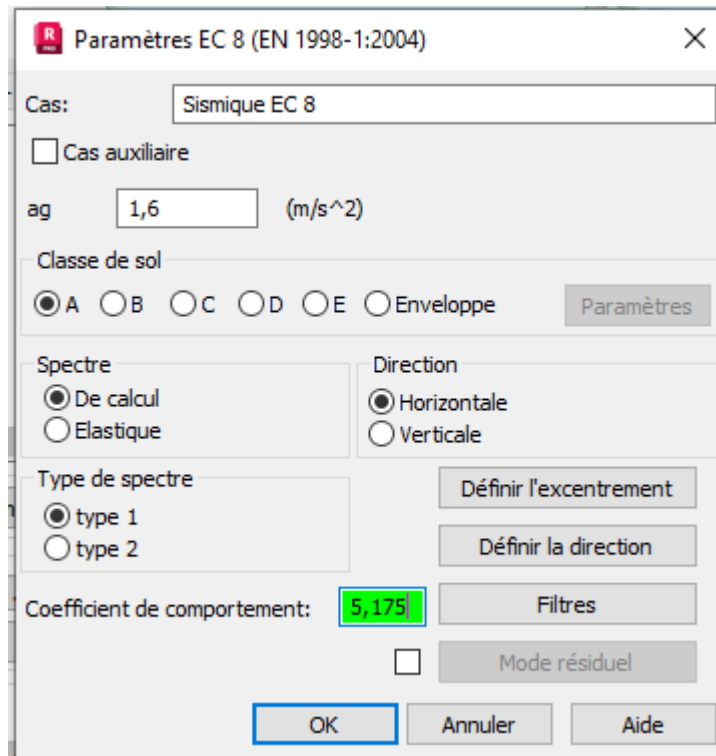


Figure III.4 : Données d'analyse sismique [RSAP]

Dans cette section, il est présenté :

1. Les déplacements relatifs et maximaux dans la structure sous excitation sismique suivant les directions des masses X et Y sous combinaison CQC ;
2. Les efforts tranchants induits dans la structure sous excitation sismique dans les deux principales directions ;

Tableau III.2 : Déplacements maximaux dans la structure [RSAP]

	UX [cm]	UY [cm]	UZ [cm]	RX [Rad]	RY [Rad]	RZ [Rad]
MAX	9,007	22,680	3,806	0,014	0,016	0,100
Noeud	1377	1377	449	398	1377	1377
Cas	ACC/23	30 (C) (CQC)	26 (C) (CQC)	ACC/23	ACC/31	30 (C) (CQC)
Mode						
MIN	-8,344	-24,203	-6,160	-0,013	-0,013	-0,103
Noeud	1377	1377	1377	435	386	1377
Cas	30 (C) (CQC)	ACC/23	ACC/23	ACC/6	ACC/19	ACC/31
Mode						

Interprétation :

Nous observons que les déplacements maximaux de la structure sont évalués à 9,007cm suivant X et 22,68cm suivant Y et cela au dernier étage du bâtiment.

Tableau III.3 : Efforts tranchants induits dans la structure [RSAP]

	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	MX [kNm]	MY [kNm]	MZ [kNm]
MAX	1678,29	149,58	8806,34	27,87	83,58	59,11
Barre	2086	3428	467	3651	2498	2092
Noeud	1650	96980	770	12860	2356	1656
Cas	3 (C)	3 (C)	3 (C)	ACC/23	3 (C)	ACC/6
Mode						
MIN	-304,77	-156,53	-5326,22	-44,18	-116,18	-61,18
Barre	219	2792	61	3414	1143	861
Noeud	209	13857	465	11741	923	923
Cas	25 (C) (CQC)	ACC/19	ACC/5	3 (C)	3 (C)	3 (C)
Mode						

III.4.3.4 Dimensionnement dynamique des éléments structuraux

On considère que l'ouvrage est sollicité par son poids propre, on y ajoute une force due a des actions sismiques, les contributions du vent sont négligées et le calcul se dimensionnement s'effectue à l'ELU.

✓ Dalle (Par panneau)

{ Nature d'armature : $\phi 12$ FeE400
 { Quantité nécessaire : 42 barres de 10m de long

✓ Poutre

{ Nature d'armature: $\phi 12$ FeE400(longitudinales), $\phi 6$ FeE400(transversale)
 { Quantité nécessaire de barres de 10m de long: 3 barres de $\phi 12$ et 5 barres de $\phi 6$

✓ Poteau

{ Nature d'armature : $\phi 20$ FeE400(longitudinales), $\phi 6$ FeE400(transversale)
 { Quantité nécessaire de barres de 10m de long: 5 barres de $\phi 20$ et 10 barres de $\phi 8$

✓ Voile

{ Nature d'armature: $\phi 6$ FeE400(horizontale), 12 FeE400(verticale), $\phi 6$ FeE400(transversale)
 { Quantité d'armature: 4,5 barres de $\phi 6$, 8 barres de $\phi 12$ et 5 barres de $\phi 6$

✓ Fondation

{ Nature d'armature : $\phi 14$ FeE400(longitudinale), $\phi 14$ FeE400(repartition)
 { Quantité d'armature : 6 barres de $\phi 14$

III.5. PRESENTATION DES RESULTATS

Le tableau III.1 fait état d'un récapitulatif des résultats de l'analyse tant statique que dynamique effectuée dans ce chapitre sur les éléments structuraux les plus sollicités de cet ouvrage.

Tableau III.4 : Récapitulatif des résultats

Elément de la structure	Résultat en analyse statique			Résultat en analyse dynamique		
	Caractéristiques Géométriques de l'élément	Nature d'armatures	Quantité nécessaire de barres de 10m de long	Caractéristiques Géométriques du poteau	Nature d'armatures	Quantité nécessaire de barres de 10m de long
1. Dalle	Section : (3,88m × 3,39m) Epaisseur = 0,15m	φ12 Fe E400	42 barres	Section : (3,88m × 3,39m) Epaisseur = 0,15m	φ12 Fe E400	42 barres
2. Poutre	Section : (0,3m × 0,15m) longueur = 3,8m	φ12 Fe E400	3 barres	Section : (0,3m × 0,25m) longueur = 3,8m	φ12 Fe E400	3 barres
		φ6 Fe E400	1,5 barres		φ6 Fe E400	5 barres
3. Poteau	Section : (0,3m × 0,3m) Hauteur = 4m	φ20 Fe E400	3,5 barres	Section : (0,3m × 0,3m) Hauteur = 4m	φ20 Fe E400	5 barres
		φ6 Fe E400	2,5 barres		φ8 Fe E400	10 barres
4. Voile	Section : (4m × 1,4m) Epaisseur = 0,15m	φ12 Fe E400	8 barres	Section : (4m × 1,4m) Epaisseur = 0,15m	φ12 Fe E400	8 barres
		φ6 Fe E400	9,5 barres		φ6 Fe E400	9,5 barres
5. Semelle	Section : (1,9m × 1,9m) longueur = 0,5m	φ14 Fe E400	6 barres	Section : (1,9m × 1,9m) longueur = 0,5m	φ14 Fe E400	6 barres
		φ6 Fe E400	2 barres		φ6 Fe E400	2 barres

Les plans de ferrailage de ces éléments sont présentés dans les annexes.

Observations :

- Pour les dalles, aucune différence se fait remarquer du dimensionnement statique par rapport au dimensionnement dynamique.
- Pour les poutres, la différence se fait remarquer sur la section de la poutre du dimensionnement statique par rapport au dimensionnement dynamique, qui passe de $h=30\text{cm}$ et $b=15\text{cm}$ en $h=30\text{cm}$ et $b=25\text{cm}$, ce qui implique aussi l'augmentation des armatures transversales de 1,5 barres à 5 barres.
- Pour les poteaux, la différence se fait remarquer sur les armatures longitudinales et transversales du dimensionnement statique par rapport au dimensionnement dynamique, cette différence est de 1,5 barres pour les armatures longitudinales et 7,5 barres pour les armatures transversales.
- Pour les voiles et les semelles, les sections des éléments ou les nombres d'armatures ne changent pas, juste des dispositions constructives parasismiques sont prises en comptes.

CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre troisième du présent travail s'intéresse à l'étude architecturale et présente les résultats de cette études (les plans architecturaux), il s'intéresse également de manière pratique aux analyses de cette structure sous chargements statique d'une part et dynamique (action sismique) d'autre part. Il présente ensuite les résultats de ces analyses.

Pour cela, sur base de la documentation du premier chapitre et de la littérature du deuxième, les résultats de ses deux analyses sont présentés dans tableau III.4 en termes des sections des éléments structuraux et de la nature ainsi que du nombre nécessaire des armatures pour ces éléments structuraux.

Ainsi donc, on remarque une différence entre les éléments structuraux pour l'analyse statique par rapport à l'analyse dynamique (action sismique).

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail s'articule sur l'étude architecturale et structurale d'un ouvrage d'attraction touristique dont l'application a été faite sur un musée ayant une forme tronconique, forme assimilée à la forme du volcan NYIRAGONGO.

Partant d'une étude architecturale pour assurer le fonctionnement de la conception de cet ouvrage et d'une étude structurale pour assurer la stabilité des éléments structuraux en considérant une action sismique, les résultats trouvés relèvent que :

En ce qui concernant la forme choisie pour cet ouvrage, le fonctionnement d'une attraction touristique (musée) du 21^{ème} siècle est assuré malgré la forme particulière de cet ouvrage.

La structure de cet ouvrage est stable statistiquement néanmoins vu la destination, la grandeur et aussi la forme de cet ouvrage, il est indispensable de vérifier aussi la stabilité dynamiquement mais il faut préciser que cette stabilité implique la modification des certains éléments structuraux afin d'être assurée.

Eu égard à ces résultats, on déduit qu'à partir d'une forme tronconique, il est possible de concevoir un ouvrage pouvant servir de musée dans la ville de GOMA afin d'agrandir l'industrie du tourisme dans le pays. Par ailleurs pour sa stabilité, il ne suffit pas seulement de se limiter sur une analyse statique du fait que c'est un ouvrage qui joue un rôle important dans la société.

Pour l'étude architecturale, les résultats sont présentés par les plans architecturaux, dans le cadre de ce travail les résultats de l'étude structurale sont présentés par les sections des éléments structuraux et la nature des armatures nécessaires ainsi que le nombre des armatures pour ferrailer un élément.

Sans aucune prétention d'avoir épuisé tous les aspects liés à ces études, il serait souhaitable que les futurs chercheurs contribuent à ce travail en réalisant soit le plan d'électricité, le plan de plomberie, les vues en plan aménagés, le métré et le devis afin que ce projet soit exécutable.

En définitif, dans l'admission de l'imperfection humaine, ce travail reste ouvert et sensible aux corrections, compléments, suggestions aussi bien que propositions de ses éventuels lecteurs.

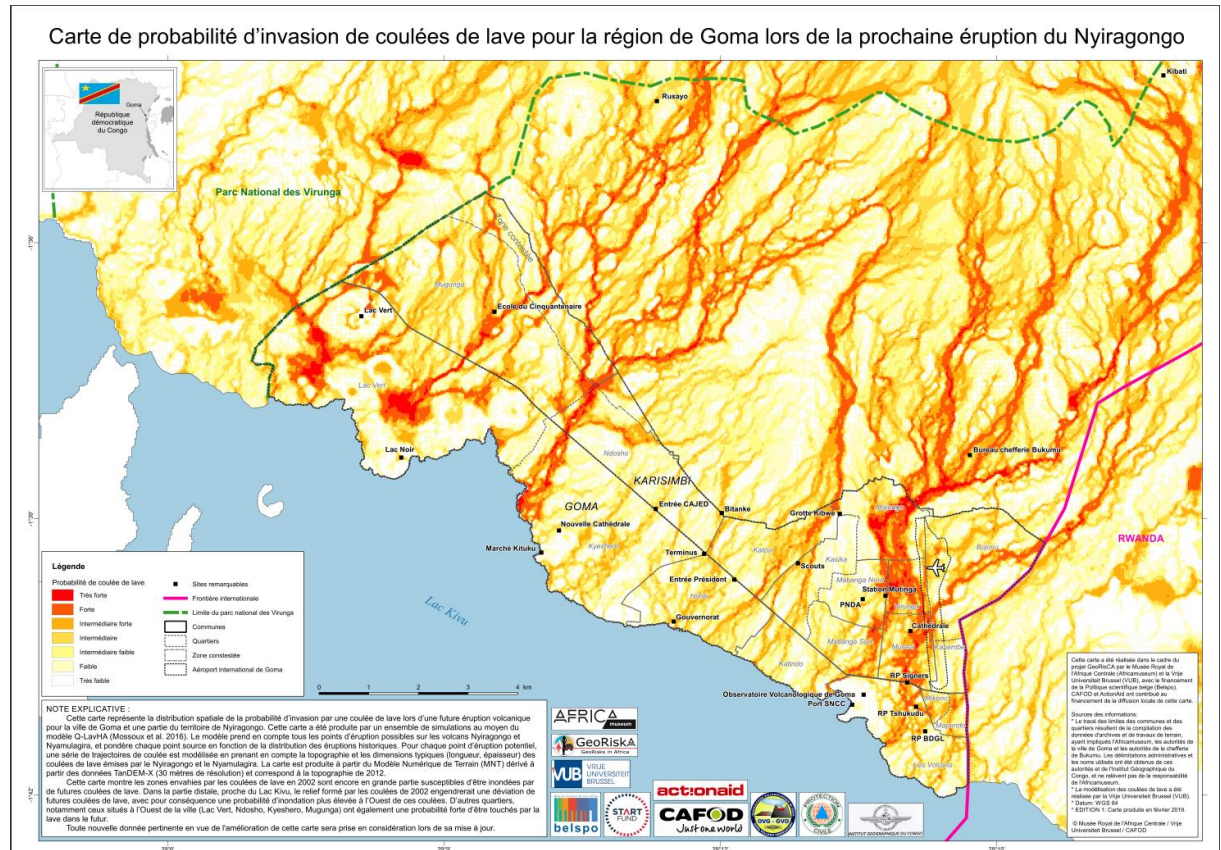
BIBLIOGRAPHIE

- [1] Wikipedia, «attraction touristique,» [En ligne]. [Accès le 3 Avril 2022].
- [2] R. Schaer, L'invention des musées, France: Découvertes Gallimard, 2007.
- [3] S. Vermeiren, QU'EST CE QU'UN MUSÉE ?, France: DUNOD, 2011.
- [4] N. Editions, «visiter la RDC,» Neocity Editions. [En ligne]. [Accès le 4 Avril 2022].
- [5] A. S. AHMED, «QUELQUES ENSEIGNEMENTS,» chez *INDUSTRIE TOURISTIQUE*, 1987, p. 395.
- [6] G. H. Riviere, LA MUSEOLOGIE, Paris: Dunod.
- [7] G. Charlène, «Du musée traditionnel au Musée du XXIe siècle, la transformation numérique de l'institution : le cas des musées lyonnais,» Lyon, 2019.
- [8] Wikipedia, «Musée national de la RD Congo,» [En ligne]. [Accès le 3 Avril 2022].
- [9] a. Pierre Bouvier, LES INSTITUTIONS MUSÉALES, Québec: Graphica impressions, 2010.
- [10] H. hamza, «Évaluation de la qualité architecturale dans les centres culturels.,» Algérie, 2017.
- [11] J. MUNDAMA, «Note de cours d'Architecture Tropicale, Tech 2 Structures et ouvrages d'Arts,» ULPGL, Goma, 2021.
- [12] D. H. Khamis, Support de cours en Résistance des matériaux, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Algérie: Inédit, 2014.
- [13] G. K. Djibril, «ETUDE DE L'INFLUENCE DES ACTIONS DYNAMIQUES DU SEISME SUR LES BATIMENTS DE LA VILLE DE BUKAVU EN FONCTION DE LEURS HAUTEURS,» Goma, 2019-2020.
- [14] P. D. F. NGAPGUE, Cours De Beton Armé 1 ULPGL, GOMA, 2020-2021.
- [15] M. M. W. M. Abdias, Cours De Beton Armé 2 ULPGL, GOMA, 2020-2021.
- [16] J.-A. Calgaro, Calcul des actions sur les batiments selon l'Eurocode 1, Paris: LE MONITEUR, 1997.
- [17] P. GUILLEMONT, Aide-memoire des OUVRAGES EN BETON ARME, Paris: LE MONITEUR, 2013.

- [18] C. Saintjean, Introduction aux regles de construction parasismique, Application courantes de l'EC 8 à la conception des batiments, Paris: EYROLLES, 2014.
- [19] V. Davidovici, Pratique du calcul sismique, Guide d'application de l'eurocode 8, Paris: EYROLLES, 2015.
- [20] K. B. Patient, «Notes de cours de complement de calcul des structures, Tech 2 Structures et ouvrages d'Arts,» ULPGL, Goma, 2022.
- [21] N. T. Ntwari, «ANALYSE SISMIQUE D'UNE TOUR CIRCULAIRE R+10 EN BETON ARME D'USAGE COMMERCIAL : Cas du Marché Alanine à Goma,» GOMA, 2021.

LES ANNEXES

A. Carte de probabilité des coulées de lave pour la région de Goma de la prochaine éruption du Nyiragongo



B. Profils en long et en travers du terrain cible



C. Catégorie d'usages

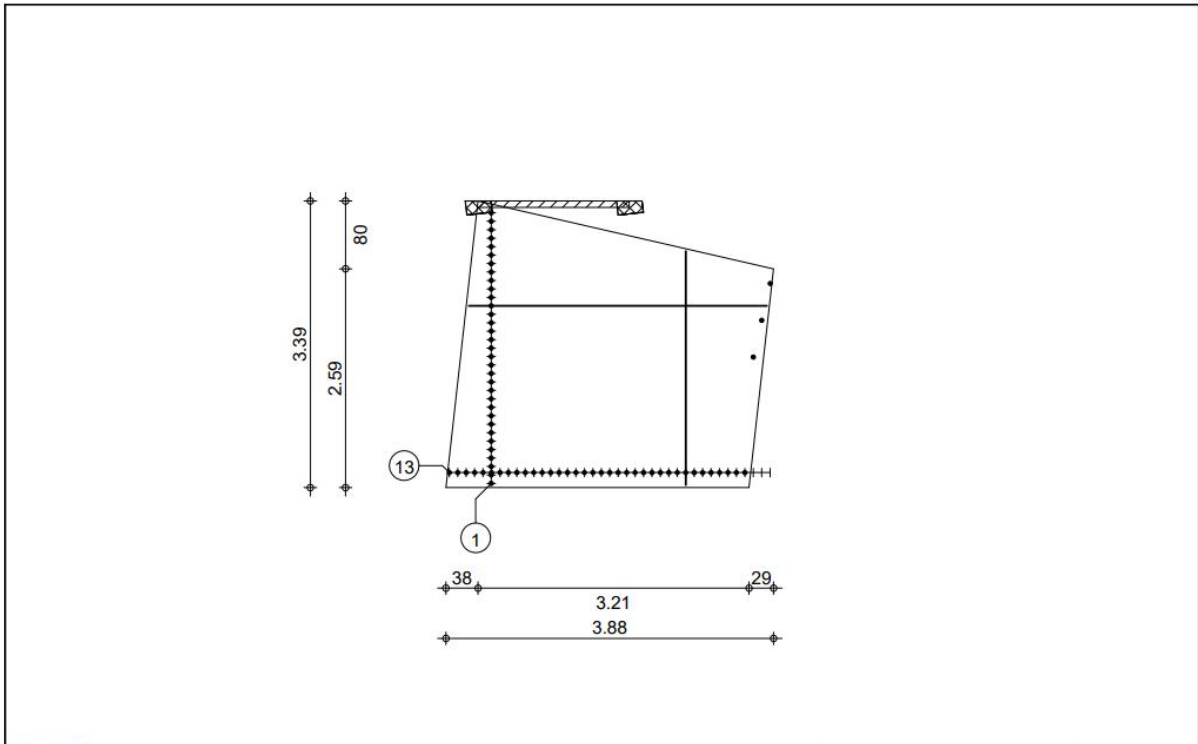
Catégorie	Usage spécifique	Exemples
A	Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; chambres et salles des hôpitaux ; chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires
B	Bureau	
C	Lieux de réunion (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D a)	<p>C1 : Espaces équipés de tables etc., par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de Réception</p> <p>C2 : Espaces équipés de sièges fixes, par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente</p> <p>C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacles à la circulation des personnes, par exemple : salles de musée, salles d'exposition etc. et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares</p> <p>C4 : Espaces permettant des activités physiques, par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes</p> <p>C5 : Espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes, par exemple : bâtiments destinés à des événements publics tels que salles de concert, salles de sport y compris tribunes, terrasses et aires d'accès, quais de gare</p>
D	Commerces	D1 : Commerces de détail courants D2 : Grands magasins

D. Charges d'exploitation sur les planchers, balcons et escaliers dans les bâtiments

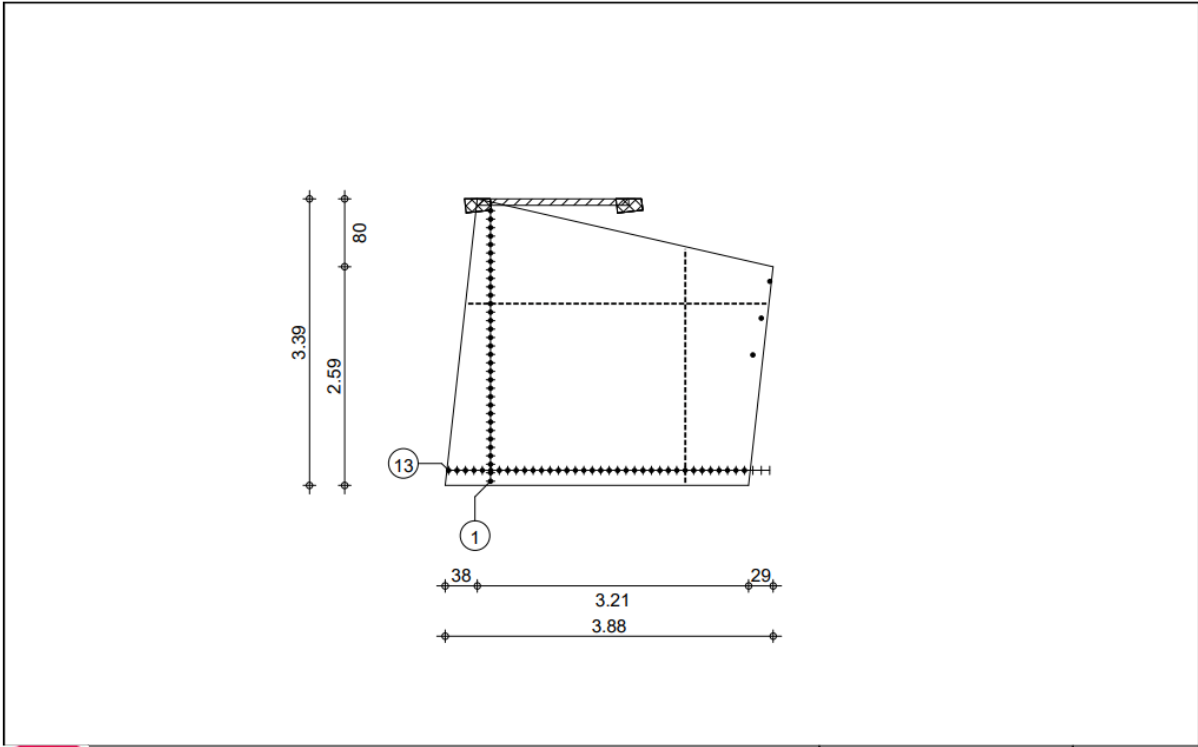
Catégorie de la surface chargée	qk [kN/m ²]	Qk [kN]
Catégorie A		
— Planchers	1,5 à 2,0	2,0 à 3,0
— Escaliers	2,0 à 4,0	2,0 à 4,0
— Balcons	2,5 à 4,0	2,0 à 3,0
Catégorie B	2,0 à 3,0	1,5 à 4,5
Catégorie C		
— C1	2,0 à 3,5	3,0 à 4,0
— C2	3,0 à 4,0	2,5 à 7,0 (4,0)
— C3	3,0 à 5,0	4,0 à 7,0
— C4	0 4,5 à 5,0	3,5 à 7,0
— C5	5,0 à 7	3,5 à 4,5
Catégorie D		
— D1	4,0 à 5,0	3,5 à 7,0 (4,0)
— D2	4,0 à 5,0	3,5 à 7,0

E. Plans de ferrailage en analyse statique

- Dalle



R PRO	Niveau	Etage 2	Tél.	Fax	Béton : BETON = 1.61 m3	Enrobage supérieur = 3 cm inférieur = 3 cm
	Sujet:	P.B	Elément:	Dalle3381	Ferrailage : HA 400 = 373 kg	
			Dessin:	FERRAILAGE INFERIEUR	Echelle : 1/50	Date : 16/11/22 Page 2/4

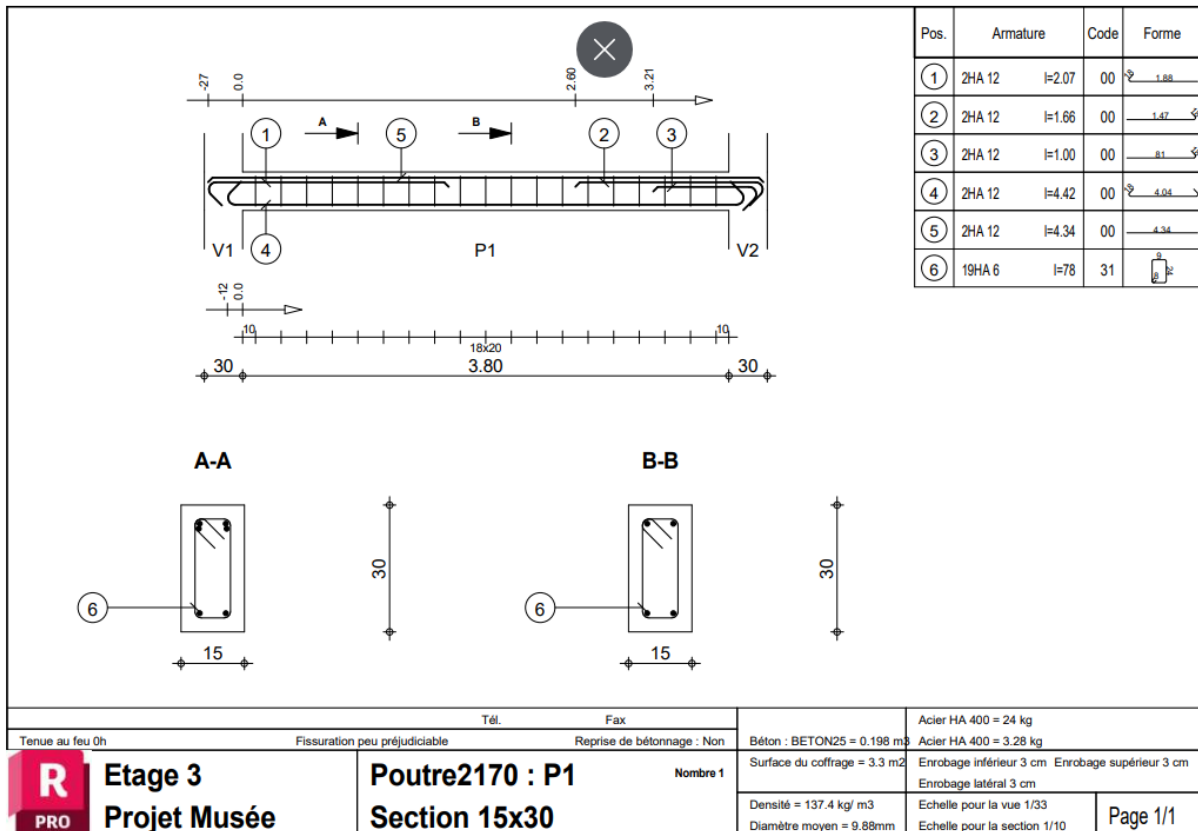


R PRO	Niveau	Etage 2	Tél.	Fax	Béton : BETON = 1.61 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	P.B	Elément:	Dalle3381	Ferrailage : HA 400 = 373 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin:	FERRAILLAGE SUPERIEUR	Echelle : 1/50	Date : 16/11/22
						Page 3/4

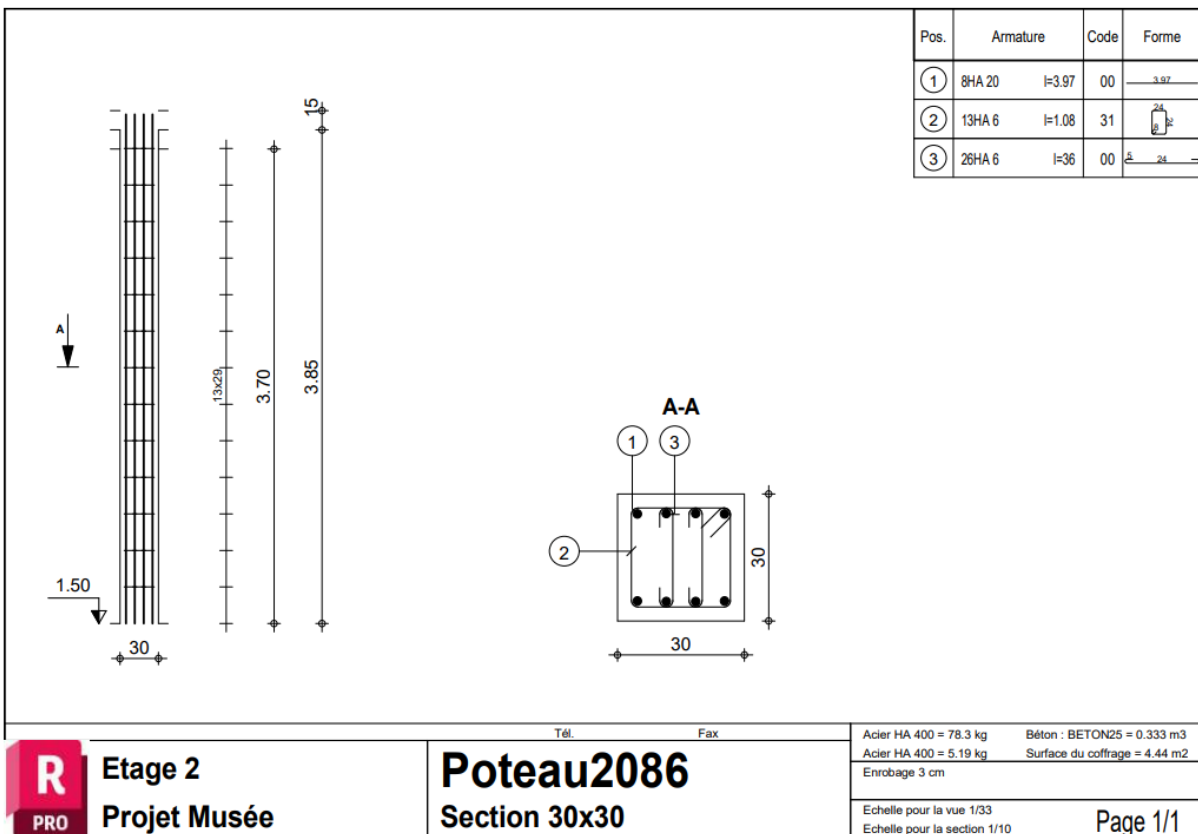
Pos.	Armature	Code	Forme
①	66HA 12	l=3.19*	00 — 57
⑬	78HA 12	l=2.69*	00 — 30

R PRO	Niveau	Etage 2	Tél.	Fax	Béton : BETON = 1.61 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	P.B	Elément:	Dalle3381	Ferrailage : HA 400 = 373 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin:	NOMENCLATURE	Date : 16/11/22	Page 4/4

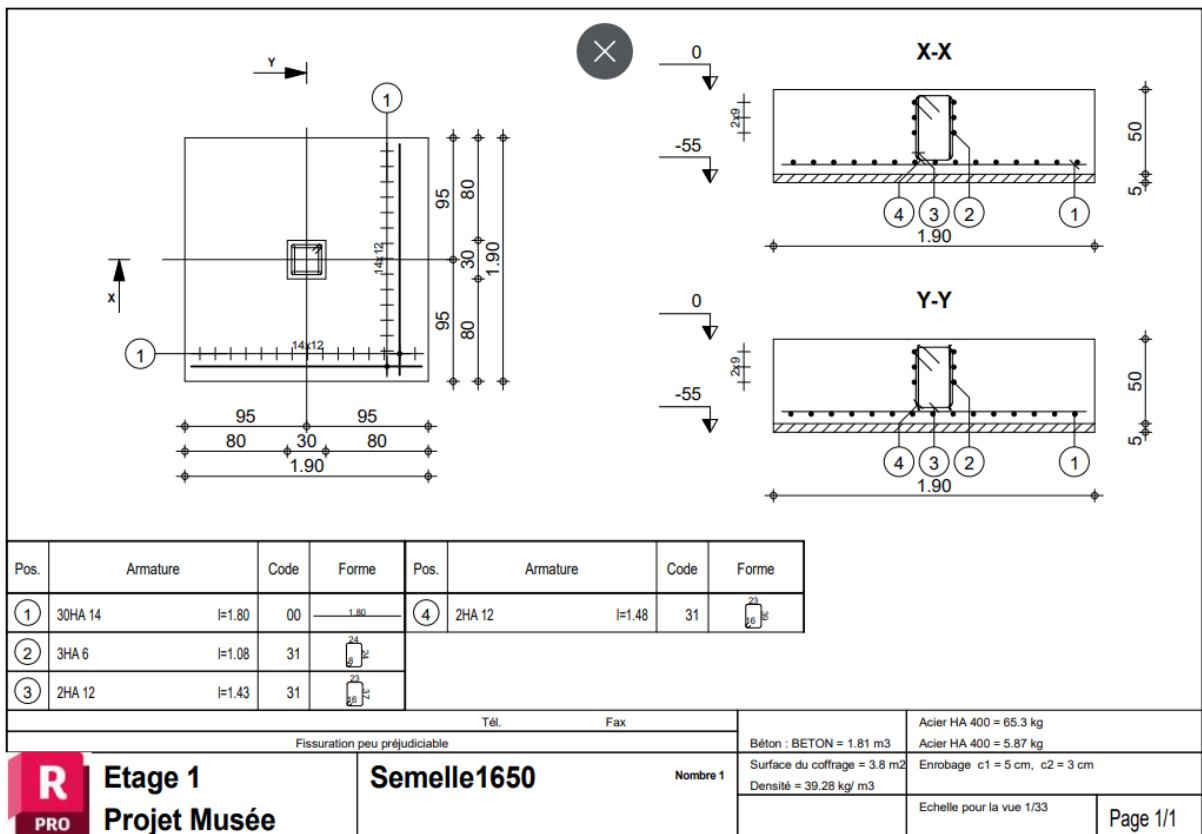
- Poutre



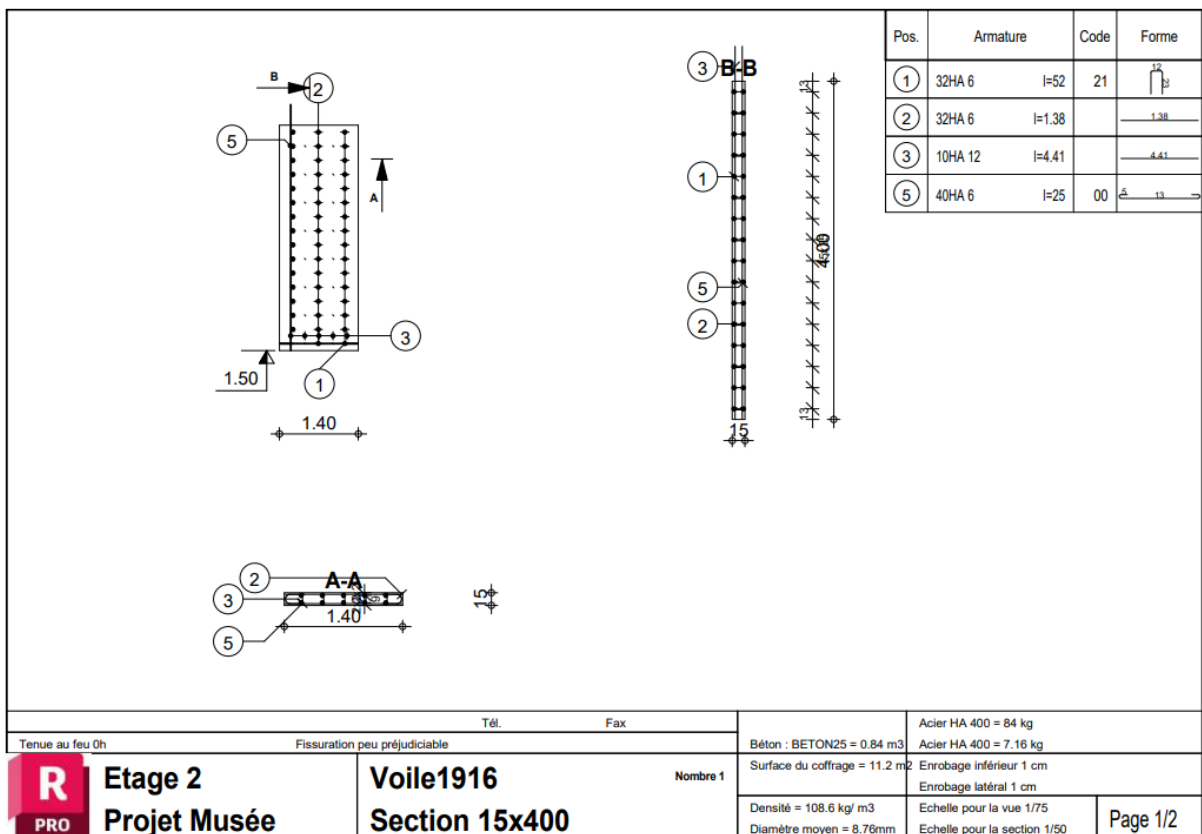
- Poteau

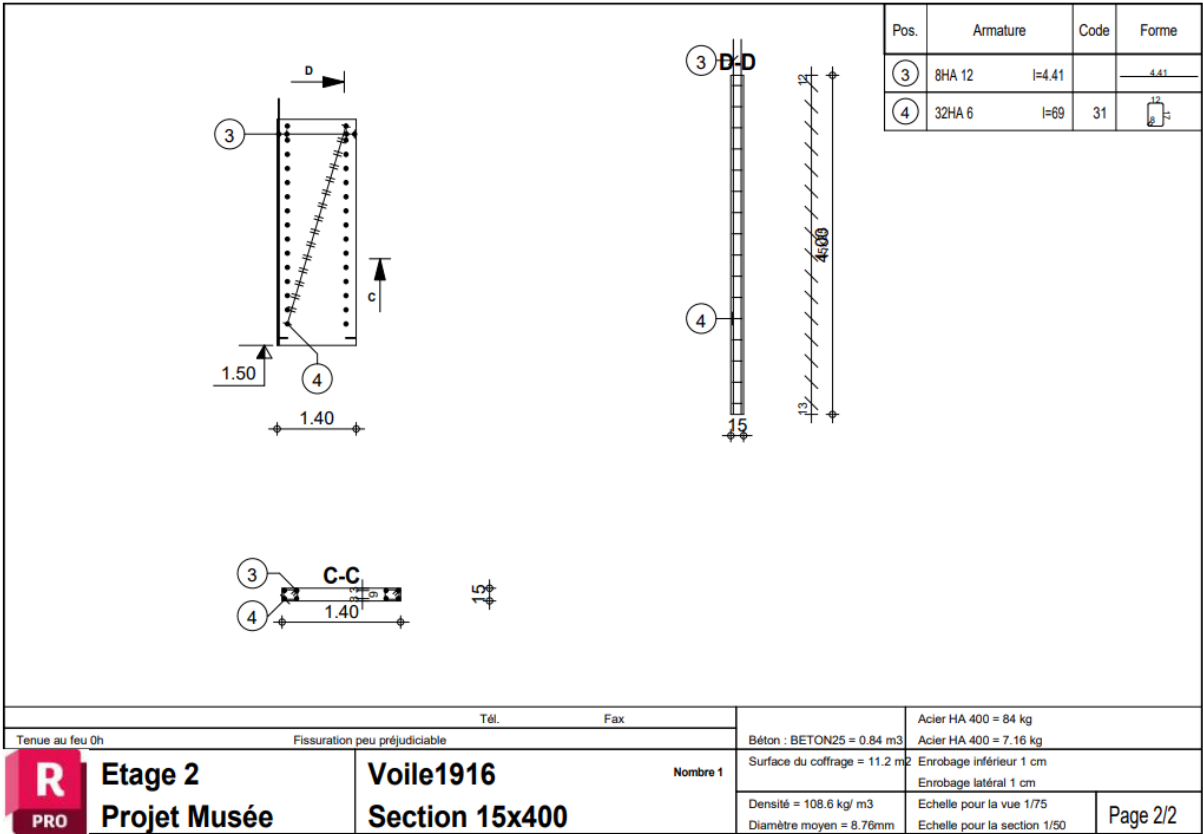


- Semelle



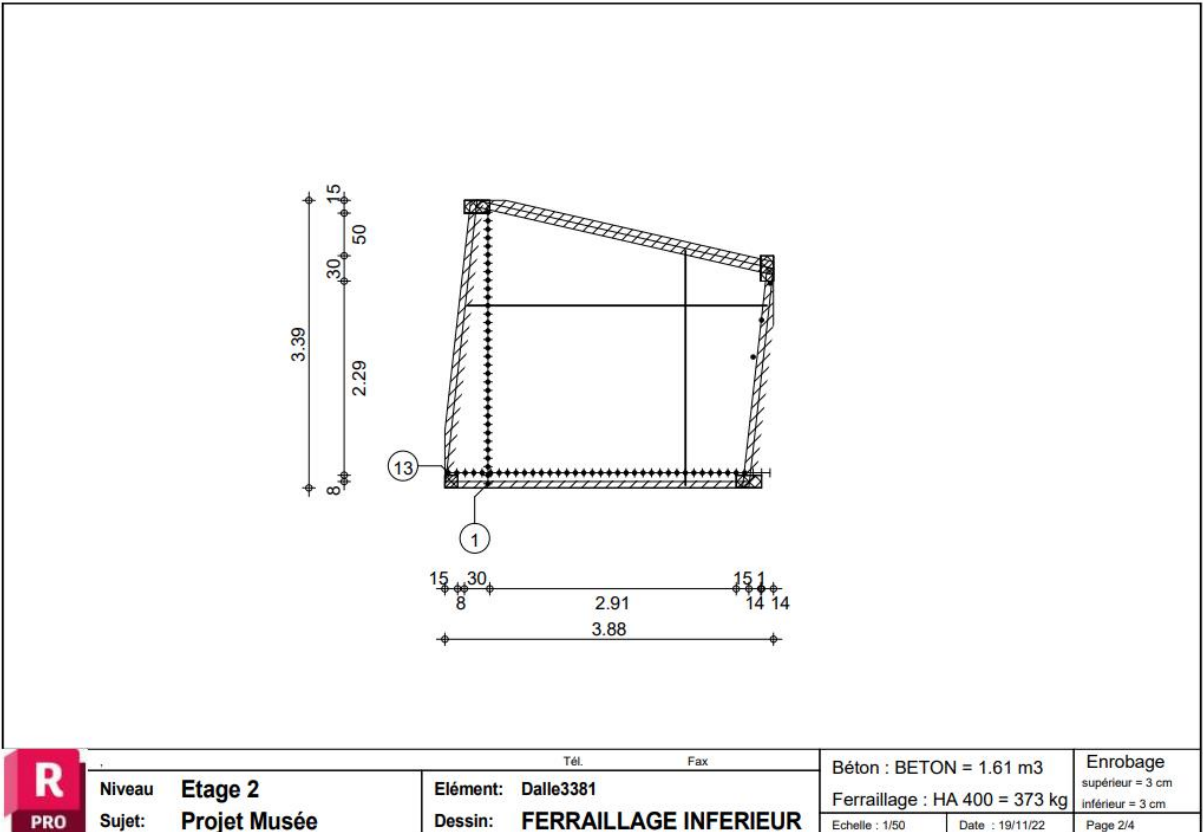
- Voile

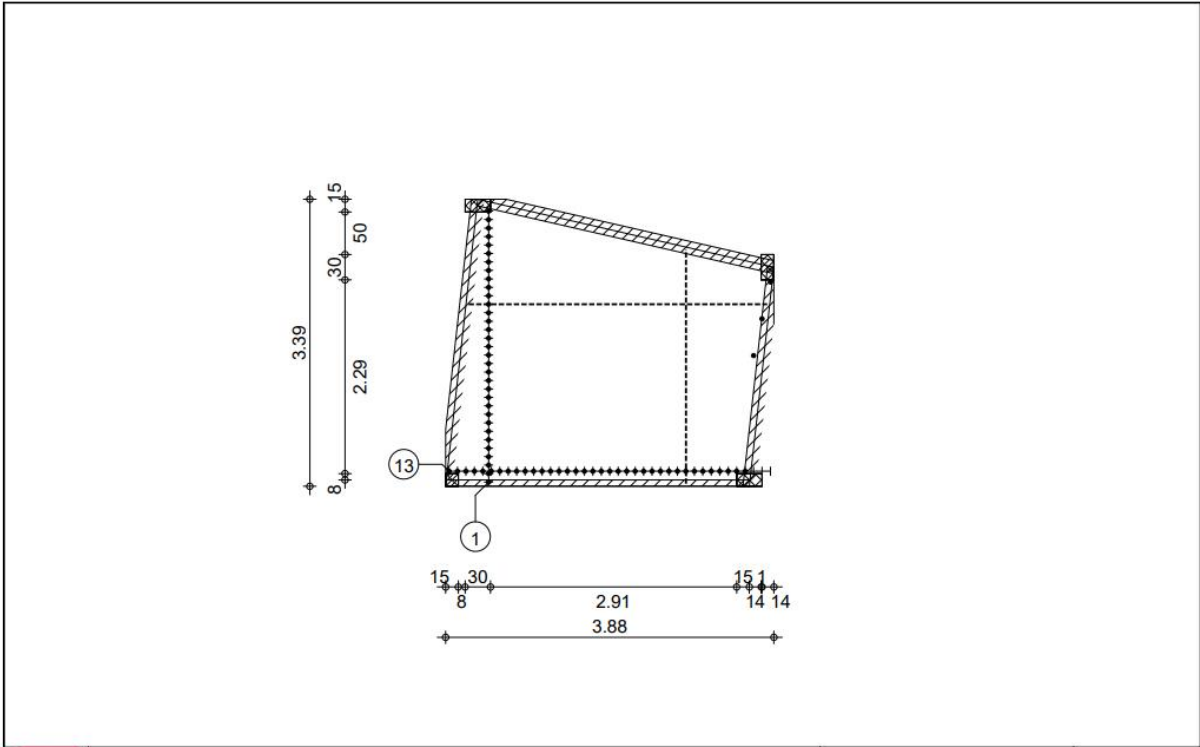




F. Plans de ferrailage en analyse dynamique

- Dalle



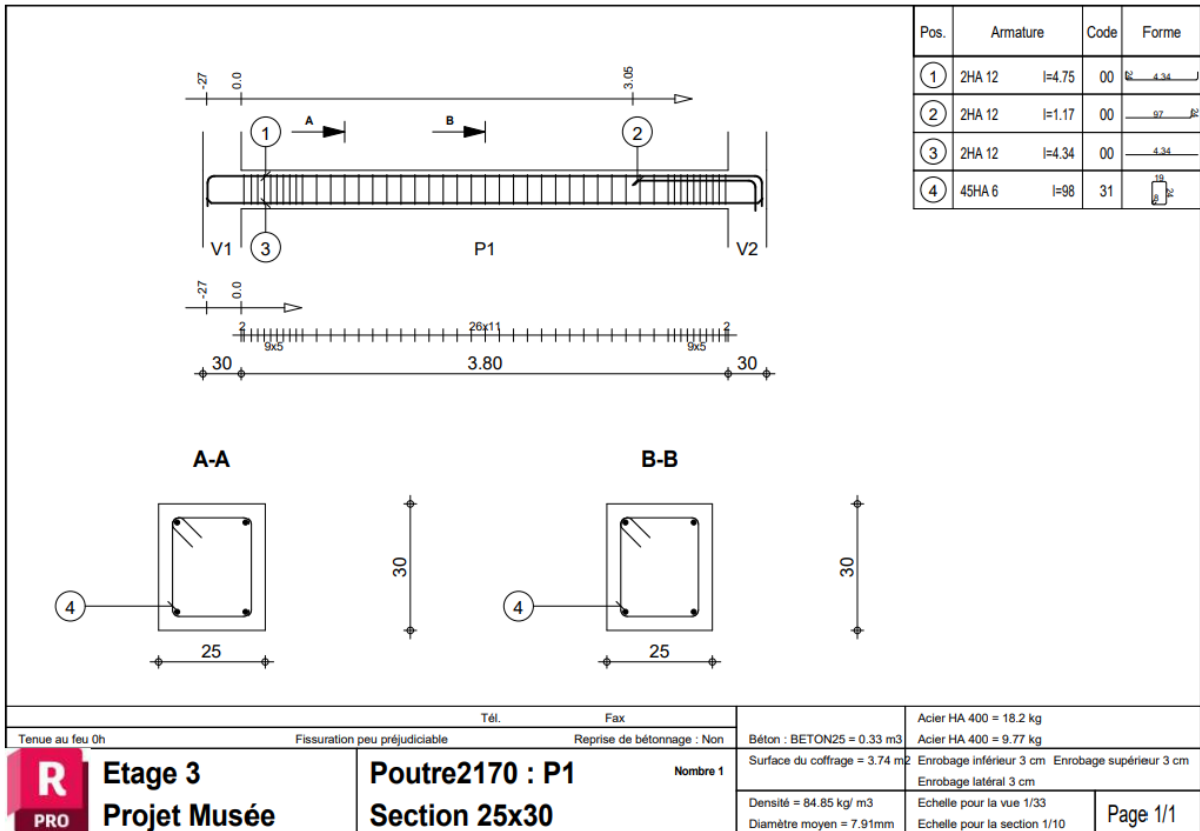


R PRO	Niveau	Etage 2	Tél.	Fax	Béton : BETON = 1.61 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	Projet Musée	Elément:	Dalle3381	Ferrailage : HA 400 = 373 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin:	FERRAILLAGE SUPERIEUR	Echelle : 1/50	Date : 19/11/22
						Page 3/4

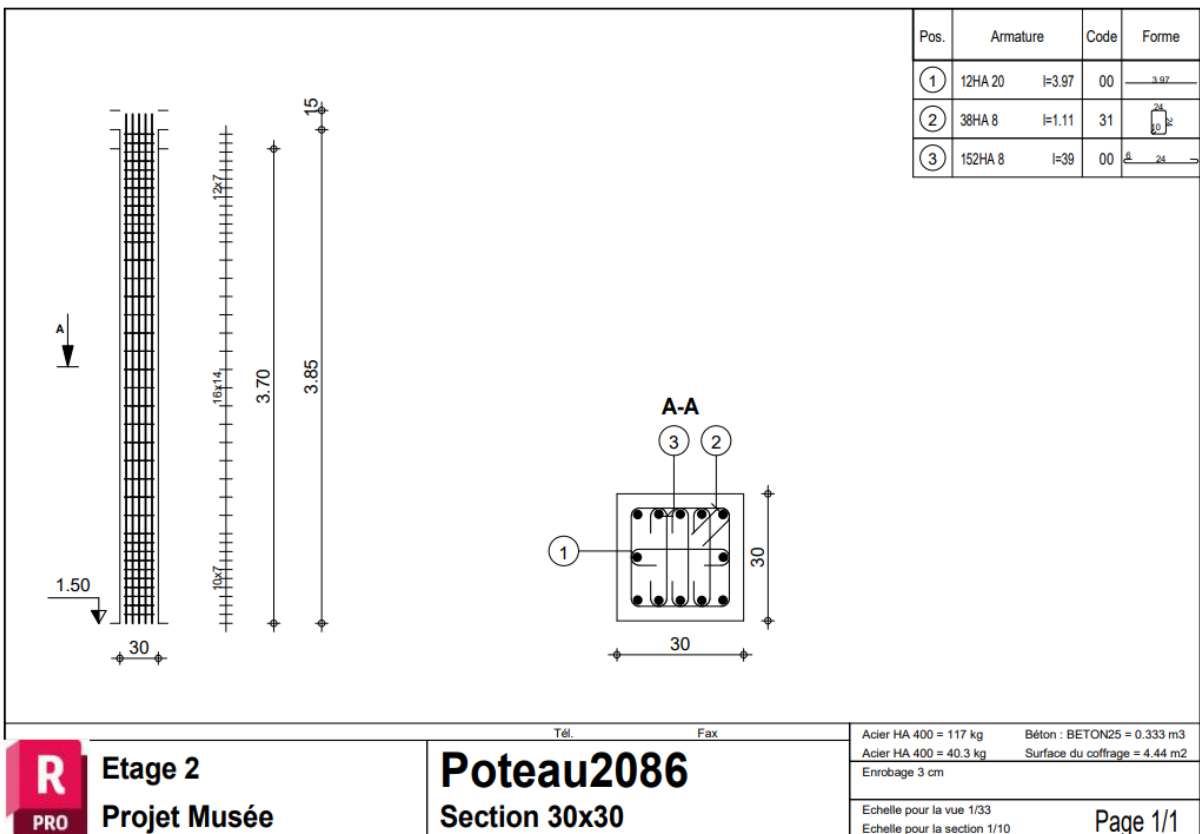
Pos.	Armature	Code	Forme
①	66HA 12	l=3.19*	57
⑬	78HA 12	l=2.69*	30

R PRO	Niveau	Etage 2	Tél.	Fax	Béton : BETON = 1.61 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	Projet Musée	Elément:	Dalle3381	Ferrailage : HA 400 = 373 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin:	NOMENCLATURE	Date : 19/11/22	Page 4/4

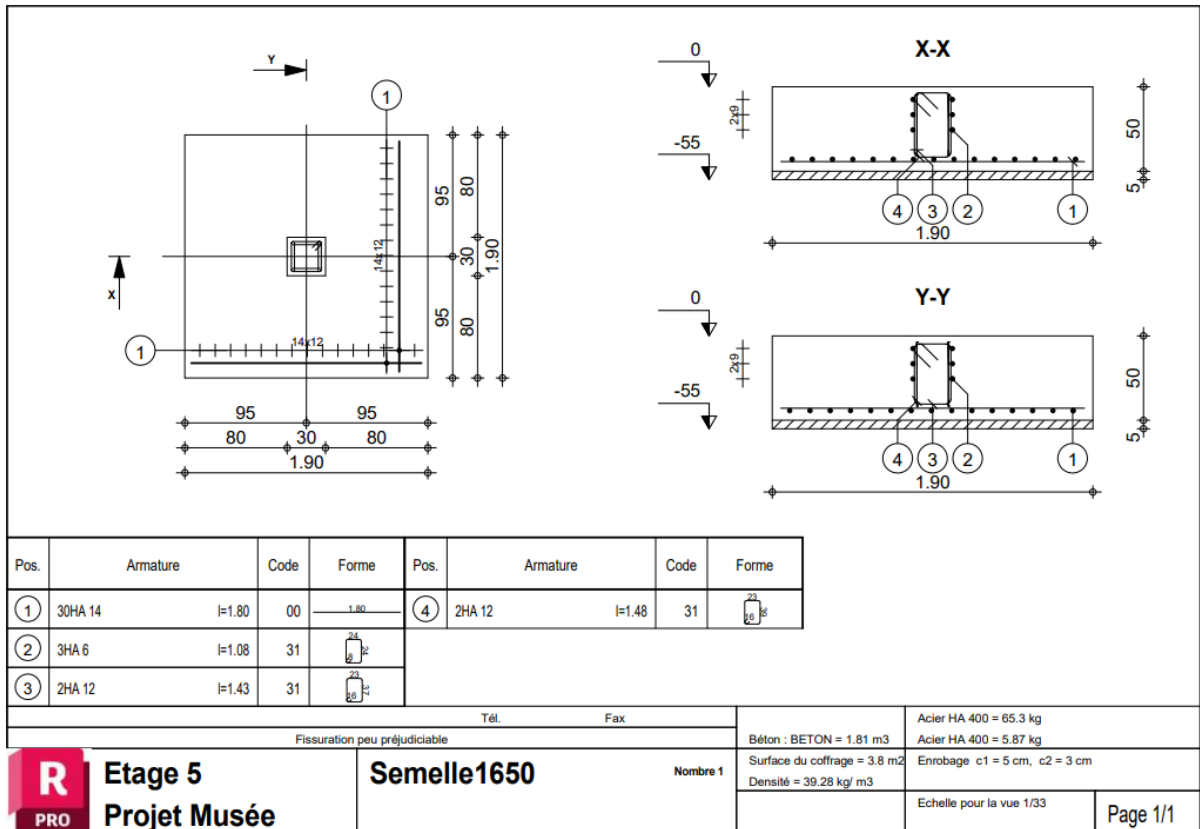
- Poutre



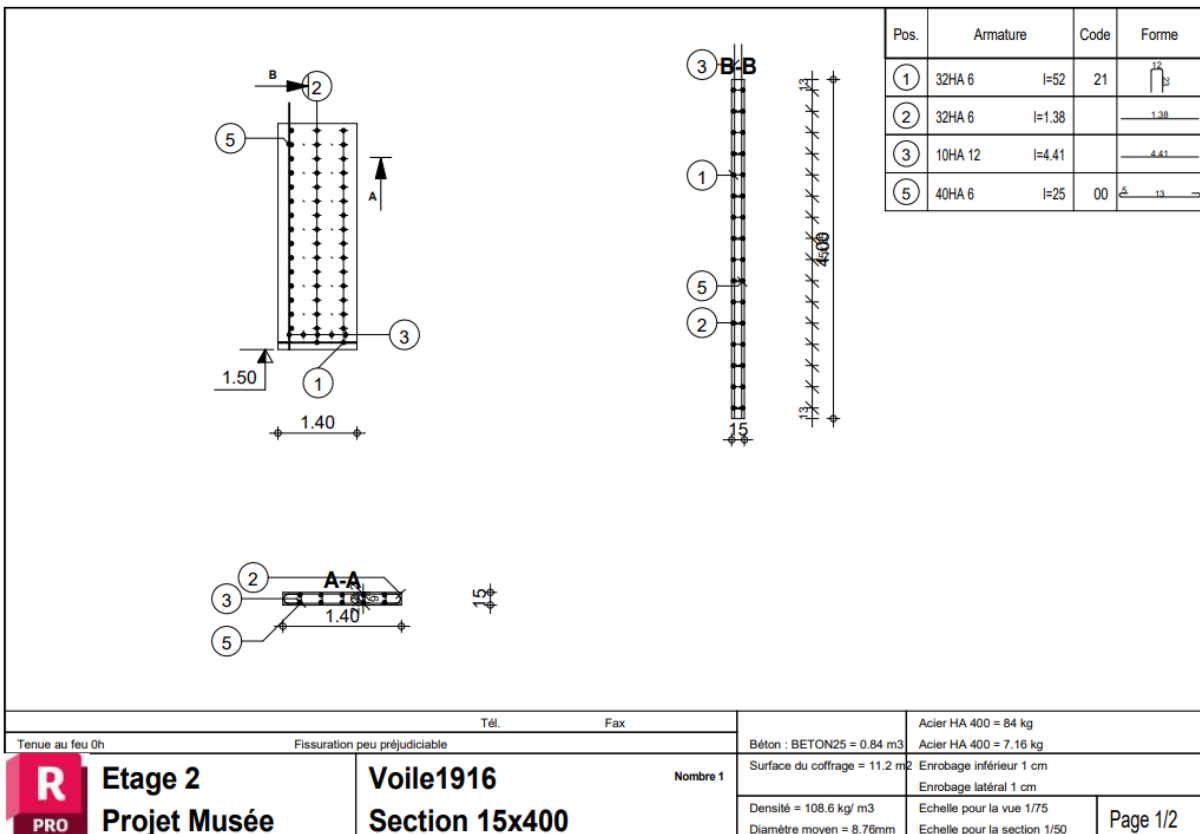
- Poteau

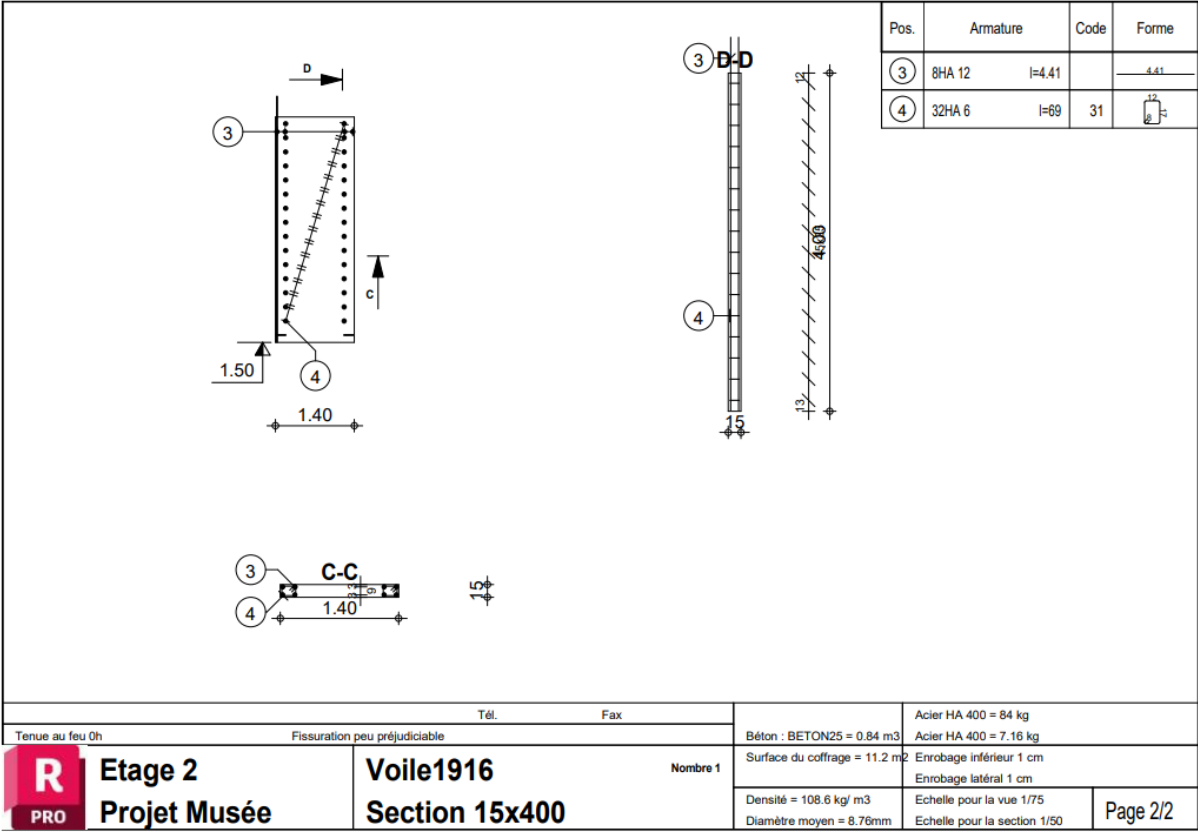


- Semelle



- Voile





Tél.		Fax		Acier HA 400 = 84 kg	
Tenue au feu 0h		Fissuration peu préjudiciable		Acier HA 400 = 7.16 kg	
R PRO	Etage 2 Projet Musée	Voile1916 Section 15x400	Nombre 1	Béton : BETON25 = 0.84 m3	
				Surface du coffrage = 11.2 m2	
				Enrobage inférieur 1 cm	
				Enrobage latéral 1 cm	
				Densité = 108.6 kg/ m3	
				Echelle pour la vue 1/75	
				Diamètre moyen = 8.76mm	
				Echelle pour la section 1/50	
				Page 2/2	