

Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme

epau

Laboratoire Architecture et Environnement



Mémoire
Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN ARCHITECTURE
Option: Architecture et Environnement

Thème

Approche structurelle comme facteur d'analyse du projet de Diar
El Mahçoul de Fernand Pouillon

Présenté et soutenu par
OUKRIF Youcef

Mémoire dirigé par :
Dr. ATTARI NASSEREDDINE

Jury :

Président de jury : Dr . Chebaiki-Adli L.

Examineur : Mr Kassab N.

Examineur : Mme Maïza M.

Octobre 2016

REMERCIEMENTS

« Avec l'aide d'Allah tout-puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail » Ce travail de recherche pour l'obtention du diplôme de Master, dirigé par Monsieur ATTARI. N, Maître de Conférences, a été mené au Laboratoire Architecture et Environnement de l'Ecole Polytechnique d'Architecture et d'urbanisme d'Alger.

Je remercie en premier lieu mon encadreur de mémoire Mr ATTARI. N, pour sa disponibilité, pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives pour l'élaboration de ce travail de recherche.

À tous mes collègues de l'école de l'EPAU, qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail. Je tiens aussi à remercier les membres du jury qui ont accepté de porter leur apport. J'espère que leurs remarques, critiques, orientations et conseils me seront très utiles pour une continuité dans le processus de recherche.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents.

ملخص

جزء مهم من التراث الجزائري المبني، في حالة متقدمة من التدهور وذلك يرجع أساسا إلى عدم وجود الصيانة المستمرة. مهمتنا هي القيام بالتحليل الهيكلي لمبنى سكني (ط+10) من أجل فهم نظام البناء وتقديم إعادة التأهيل للحد من تدهوره، وحماية التراث المبني من الكوارث الطبيعية (الزلازل).
لمعالجة هذه المشكلة، كان لدينا اهتمامات، والتي تتمثل في أولا. معرفة النظام الهيكلي الذي استخدمها فرناند بويون لهذا المبنى. ثم، قمنا بتقييم حساسية المبنى باستعمال طريقة (AFPS)، ودراسة امتثال المبنى للقوانين الحالية للجزائر (RPA 2003)، وأخيرا، قدمنا بإعادة التأهيل للمبنى (ط+10).
يتم اتباع الاستنتاجات:

الكلمات المفتاحية: طريقة (AFPS)، ونظام البناء والتأهيل والحساسية

Résumé

Une partie importante du patrimoine bâti ancien algérien, se trouve en état de dégradation avancée. Cela est principalement dû au manque d'entretien permanent à l'égard de celui-ci.

Notre travail consiste à élaborer une analyse structurelle pour un bâtiment d'usage d'habitat (R+10) dans le but de comprendre le système constructif ainsi de proposer une réhabilitation afin de diminuer sa vulnérabilité, et de protéger ce patrimoine bâti contre les risques.

Pour pallier ce problème, on s'est intéressé, premièrement à connaître le système structurel utilisé par Fernand Pouillon pour ce bâtiment, en suite, nous avons évalué sa vulnérabilité en utilisant la méthode (AFPS), ainsi, nous avons établi la conformité de notre cas d'étude à la réglementation algérienne (RPA 2003), et finalement, nous avons proposé une réhabilitation dans le but de réduire la vulnérabilité du bâtiment (R+10).

Les conclusions sont suivies.

Mots clés : la méthode (AFPS), Système constructif, réhabilitation, vulnérabilité.

Abstract

An important part of the Algerian built heritage, is in an advanced state of deterioration and it is mainly due to the lack of ongoing maintenance.

Our task is to do a structural analysis to a residential building (R + 10) in order to understand the constructive system and offer rehabilitation to reduce vulnerability, and protect the built heritage against the risks .

To remedy this problem, we had interest, first in knowing the structural system used by Fernand Pouillon for this building. Then, in making assesment of its vulnerability by using the method (AFPS), finally we established the Compliance of the case study on Algerian regulations (RPA 2003), and finally, we offered a rehabilitation in order to reduce the building's vulnerability (R + 10).

The conclusions are followed.

Tags: method (AFPS), Construction system, rehabilitation and vulnerability.

Sommaire

<i>Introduction générale</i>	1
1. Introduction.....	1
2. Problématique	1
3. Hypothèses	2
4. Objectif de la recherche	2
5. Méthodologie :	2
6. La Structure de mémoire :	3
<i>I. Chapitre 1 : le processus de réhabilitation du bâti existant</i>	
1. Introduction.....	5
2. La réhabilitation à travers les normes.	5
2.1 La réhabilitation à travers les chartes et normes internationales :.....	5
2.2 Le cadre réglementaire de la réhabilitation en Algérie :	6
3. La préservation du patrimoine bâti	8
4. Conclusion	8
<i>II. Chapitre 2: Etude bibliographique sur les systèmes structurels</i>	
1. Introduction.....	9
2. Définition de la structure	9
3. Les éléments de la structure	9
3.1 Éléments porteurs horizontaux :.....	9
3.2 Éléments verticaux :	13
3.3 Fondations :	15
4. La construction en maçonnerie	17
4.1 Les règles à respecter lors de la construction en maçonnerie	17
4.2 Les matériaux utilisés pour la construction en maçonnerie :	22
5. Conclusion	25
<i>III. Chapitre 3 : les techniques de réhabilitation structurelle des édifices anciens construits en pierre de taille situés dans des zones sismiques</i>	
1. Introduction :.....	26
2. Principales techniques de (renforcement/consolidation) pour le bâti	26
2.1 Techniques de consolidation des fondations :.....	26
2.2 Consolidation des murs en maçonnerie de pierre et les piliers:	28
2.3 Renforcement des poutres	33
2.4 Renforcement des Structures en Béton Armé	34
2.5 La réhabilitation des planchers du bâti ancien :	36
2.6 Interventions spécifiques sur les arcs, les voûtes et les coupes.....	41

3.	Diagnostic de la vulnérabilité du bâti ancien.....	42
3.1	Présentation de la méthode AFPS	42
3.1.1	Niveau 1 : approche qualitative	42
3.1.2	Niveau 2 : approche quantitative	44
3.2	Présentation de la méthode RéhabiMed	45
3.2.1	Etape 1 : Préliminaires.....	46
3.2.2	Etape 2 : Etudes pluridisciplinaires (analyse).....	47
3.2.3	Etape 3: Diagnostic (synthèse)	49
3.2.4	Etape 4 : Réflexion et cadre de décisions	51
3.2.5	Etape 5 : Projet	52
3.2.6	Etape 6 : Réhabilitation (les travaux)	53
3.2.7	Etape 7 : Entretien	55
4.	Conclusion :	56

IV. Chapitre 4: Une analyse du quartier Diar El Mahçoul

1.	Introduction.....	57
2.	Situation	57
3.	Historique.....	58
4.	Présentation de l'architecte	58
5.	Les limites du quartier	58
6.	La topographie	59
7.	Accessibilité au quartier.....	59
8.	Les typologies des blocs	59
9.	Les éléments structurants du quartier	60
10.	Les espaces publics	60
11.	L'orientation	62
12.	L'état de conservation.....	62
12.1	Les dégradations	62
12.2	Les pathologies	65
12.3	Les modifications	66
12.4	Le système constructif utilisé pour la cité de Diar El Mahçoul.....	69
13.	Conclusion	70

V. Chapitre 5 : l'analyse structurelle du cas d'étude et l'évaluation de sa vulnérabilité.

1.	Introduction.....	71
2.	Présentation du cas d'étude.....	71
3.	Les critères de choix du cas d'étude	72
4.	L'état de conservation.....	72

4.1	Les dégradations :	72
4.2	Les modifications	74
5.	L'analyse de l'enveloppe	77
5.1	Le plein et le vide	77
5.2	Les principes de composition	79
5.3	Les éléments qui composent les façades	80
6.	L'analyse fonctionnelle.....	82
7.	L'analyse structurelle.....	83
7.1	Les fondations	83
7.2	Les éléments verticaux :	84
7.3	Les éléments horizontaux.....	89
7.4	La logique du fonctionnement de la structure.....	91
8.	La structure et la réglementation.....	93
9.	L'évaluation de la vulnérabilité «la méthode AFPS »	102
10.	Conclusion	105
 <i>VI. Chapitre 6: Diminution de la vulnérabilité</i>		
1.	Introduction :.....	106
2.	La réduction de la vulnérabilité du bâtiment (AFPS) :	106
2.1	Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC.	107
2.2	Risque de chute d'éléments non structuraux.....	110
2.3	Variation verticale croissante des rigidités et la densité de voiles de contreventement sent x ou y.	110
2.4	Résultat de la diminution de la vulnérabilité.....	115
3.	La reconstitution de l'état initial du bâtiment	116
3.1	Opération de décapage des façades.....	116
3.2	La remise à l'état initial :	117
3.3	L'entretien :	118
4.	Conclusion	119
<i>Conclusion générale.....</i>		<i>120</i>
<i>Bibliographies</i>		<i>122</i>
<i>Liste des figures.....</i>		<i>124</i>
<i>Liste des tableaux.....</i>		<i>131</i>
<i>Annexes.....</i>		<i>132</i>

Introduction générale.

1. Introduction

« La structure est tout, la forme et tout, la matière est tout » (Bernard Félix Bubor, 1986). Parmi ces trois points on trouve bien la structure qui est un des premiers points, qu'on doit aborder dans chaque construction ; et de ce fait, on doit comprendre le système structurel, son comportement et ces différents types (structure métallique, en béton armé et en pierre...)

L'Algérie est un pays qui a recueilli plusieurs cultures, et civilisations et chacune a sa propre façon de construire ce qui implique son propre type de structure ; et l'une des cultures et période qui a marqué par son passage la construction en Algérie c'est bien la période coloniale Française (1830-1962).

Durant les dernières années de la période coloniale, l'état français a mis en place plusieurs mutations : politiques, sociales et économiques ; qui ont été marqué par le plan de Constantine, qui est un plan socio-économique lancé par Charles de Gaulle dont le but était de calmer le mouvement nationaliste par des projets économiques dans les différents secteurs et surtout l'habitat. Et dans ce cadre-là on trouve trois grands projets confié à l'Architecte Pouillon: Diar el Mahçoul ,Diar es Saada et Climat de France.(POUILLON Fernand,1968).

Et dans ce cadre-là ; le maire d'Alger Jaques Chevalier a demandé à Fernand Pouillon de réaliser 1000 logements dans un délai d'un an avec un maximum de vitesse et un minimum de coût ,dans un terrain difficile, couvrant une surface de 11 hectares de la falaise de Belcourt, (avec 3500 ouvriers algériens et moins de 800 millions francs, Diar el Mahçoul était prête à accueillir ses habitants (1454 logements ,dont 912 dans le grand confort) (Pouillon Fernand, 1968).

2. Problématique

L'Algérie a hérité de son histoire, d'un riche patrimoine bâti, qui constitue, un legs historique immense, d'une grande diversité typologique, témoignant des différentes civilisations qui se sont succédé sur la terre algérienne et qui ont marqué notre histoire et notre identité.

A cela, les innombrables effondrements d'immeubles observés ces dernières années, ne font que rappeler, l'état de dégradation très avancée d'une partie de notre patrimoine bâti et ceci, à défaut de maintenance et d'entretien permanent à son égard (Kateb.H, 2008).

Ce patrimoine reste mal protégé contre les aléas naturels comme le séisme. Ainsi les données de l'histoire montrent que la partie Nord de notre pays est une zone de forte sismicité, cette menace sismique s'est traduit en plusieurs tremblements de terre, les plus importants sont celui de Chlef de 1980 et dernièrement celui de Boumerdes le 22 mai 2003. Les dégâts ont été très importants et préjudiciables pour les habitations.

Le site de l'édifice Pouillon de « Diar el Mahçoul » semble bien se maintenir si ce n'est la dégradation due au manque d'entretien.

Comment utiliser l'approche structurelle comme facteur d'analyse afin de situer l'effet du séisme sur la structure de Diar El Mahçoul de Fernand Pouillon. A-t-elle subi des dommages ? Comment peut-on la réhabiliter ?

Afin de répondre à cette problématique on pose les questions suivantes :

- Quel est le système structurel utilisé ? et quels sont ses points forts ?
- Quels sont les matériaux employés dans la structure ? et leurs caractéristiques ?
- Est-ce que la conception de Diar el Mahcoul répond-elle aux normes parasismiques de bases ?
- Quelles sont les limites auxquelles le système structurel de Diar el Mahcoul ne peut plus supporter l'effort séismique ?
- Comment peut-on améliorer la durabilité de ce complexe ?

3. Hypothèses

Afin de répondre à cette problématique, les hypothèses suivantes s'imposent :

- **Première hypothèse** : le système structurel n'est pas endommagé ; cela est dû:
 - Un système de contreventement parasismique adéquat ?
 - Les caractéristiques de matériaux employés dans la structure absorbent le choc séismique.
 - La participation parasismique de la forme architecturale simple avec une structure symétrique
- **Deuxième hypothèse** : le système structurel est endommagé par le séisme et dans ce cas-là il faut proposer des solutions afin de renforcer et réhabiliter cette structure

4. Objectif de la recherche

- Bien connaître la spécificité de la structure de Diar el Mahçoul afin de trouver des solutions et les adapter aux nouveaux matériaux (béton armé).
- ainsi faire un diagnostic approfondi et voir s'il y a des détériorations au niveau de la structure, et comment peut-on les régler.
- diminuer la vulnérabilité de l'édifice en proposant une réhabilitation de l'édifice.

5. Méthodologie :

Pour atteindre les objectifs soulignés préalablement, on compte aborder ce sujet de recherche de la façon suivante :

- 1) Une recherche bibliographique où nous avons abordé les points suivants :
 - a) Les systèmes constructifs,
 - b) Les méthodes de diagnostic des vulnérabilités
 - c) La réhabilitation, la réglementation et les techniques de réhabilitation
- 2) Et pour l'analyse de notre cas d'étude nous avons effectué plusieurs opérations tel que :
 - a) Collecte de données bibliographiques et documentaire sur l'Architecte et le bâtiment historique, descriptif et système constructif
 - b) Enquête sur terrain, prise de photos, modélisation 3D du bâtiment ainsi que de son système constructif.
 - c) Analyse technique des matériaux
- 3) Ainsi dans le but d'effectuer un diagnostic de la vulnérabilité du bâtiment au séisme :

Vérification de la conformité du système constructif du bâtiment au RPA 2003
Diagnostic de la vulnérabilité du bâtiment cas d'étude, selon la méthode AFPS
- 4) Finalement nous élaborons une Proposition d'une réhabilitation du bâtiment pour réduire sa vulnérabilité au séisme

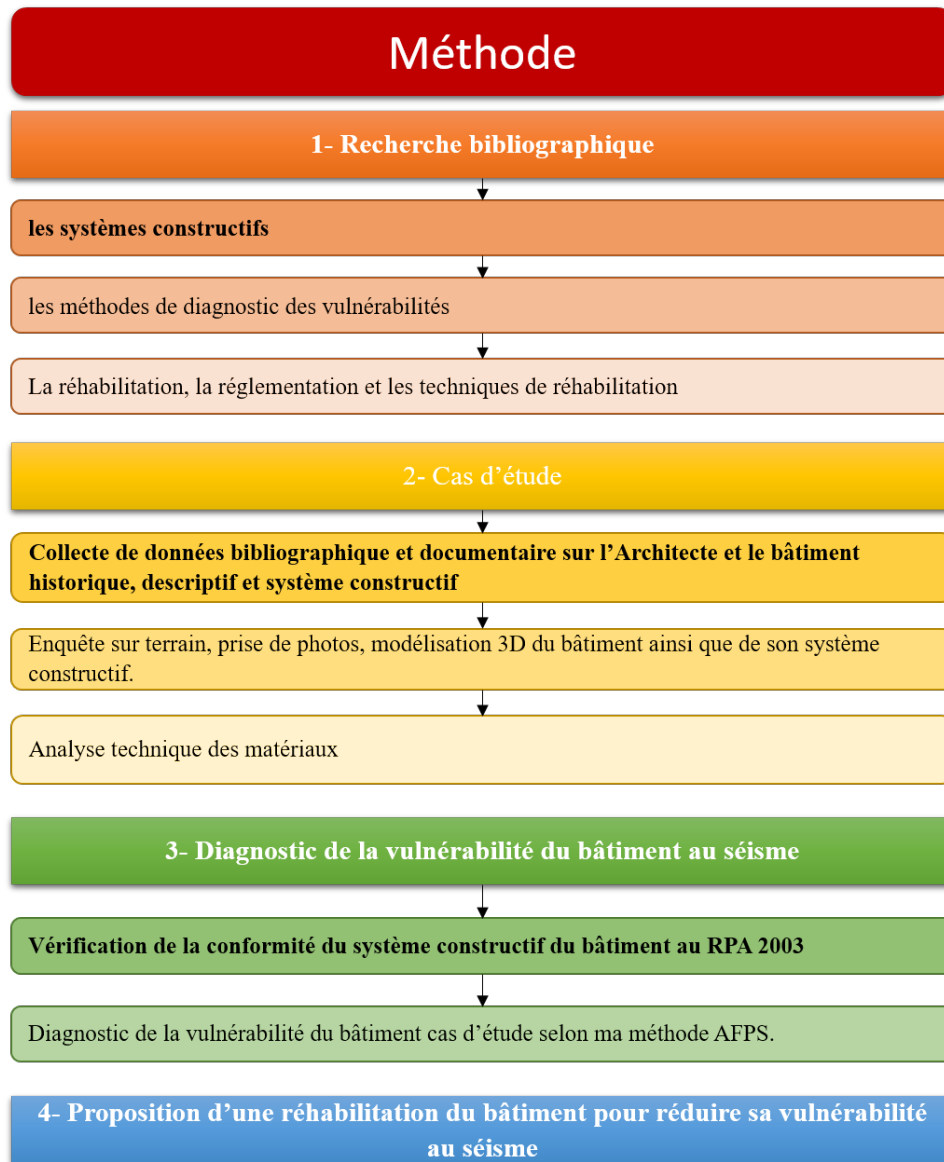


Figure 1 : un organigramme pour notre méthode

6. La Structure de mémoire :

Pour la structure de mémoire, nous avons une introduction générale où nous présentons notre sujet suivi de deux parties, la première est la partie théorique et la deuxième, c'est la partie pratique, finalement, nous avons une conclusion générale où nous répondons à notre problématique.

Concernant la première partie, elle est partagée en trois chapitres, qui sont : (Premier chapitre : le processus de réhabilitation du bâti existant, Deuxième chapitre : une étude bibliographique sur les systèmes structurels, Troisième chapitre : les techniques de réhabilitation). Dans cette partie, nous visons à avoir des connaissances concernant la réhabilitation et ces techniques ainsi de comprendre le fonctionnement de la structure.

Pour la deuxième partie pratique, nous avons utilisé les informations mentionnées dans la partie théorique afin de répondre à notre problématique, et cette partie contient trois chapitres qui sont :

- une analyse du quartier Diar El Mahçoul.
- L'analyse structurelle du cas d'étude et l'évaluation de sa vulnérabilité.
- Diminution de la vulnérabilité.

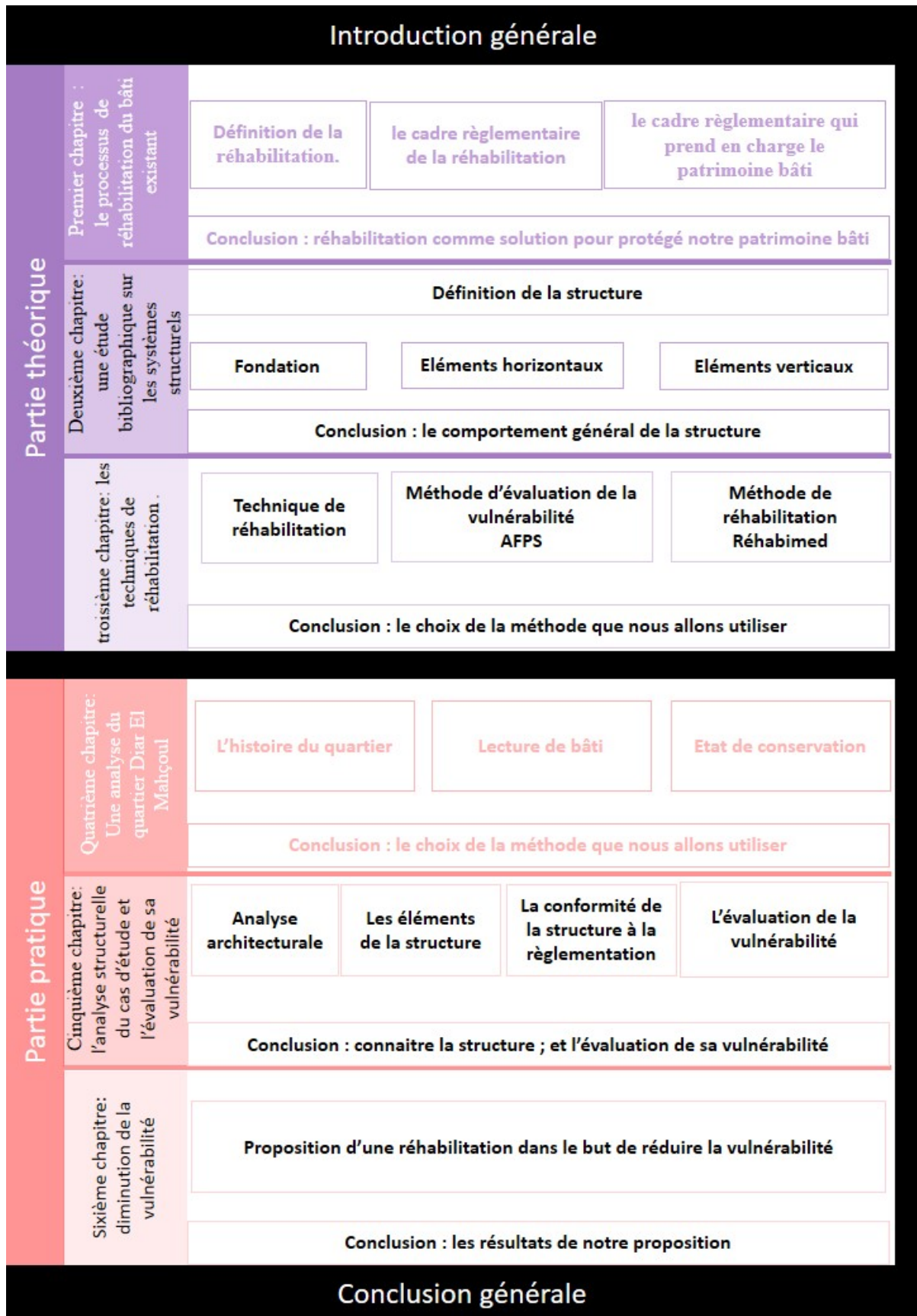


Figure 2 : schéma de structure

I. Chapitre 1 : le processus de réhabilitation du bâti existant

1. Introduction

C'est au début des années 70 que la prise de conscience dans la nécessité d'intervenir pour la récupération des zones urbaines, s'est fait ressentir, dont le but était de préserver le patrimoine architectural et urbain et de revitaliser la ville après leur abandon.

Et dans ce cadre, plusieurs initiatives ont été lancées afin de récupérer le patrimoine construit dont certaines se sont focalisées sur la restauration, qui vise le patrimoine monumental, alors que d'autres, sur un patrimoine plus modeste, plus abondant et plus présent territorialement, tel que notre cas (Diar el Mahçoul) ; qui se compose par une architecture traditionnelle de caractère historique (période coloniale).

Ces dernières initiatives sont dites de réhabilitation « La réhabilitation du patrimoine bâti est une opération qui vise à améliorer les conditions de vie des occupants, tout en prenant le soin de conserver les caractéristiques d'authenticité qui caractérisent ce patrimoine ». (S. Soukane1 et M. Dahli1, 2011), ainsi la réhabilitation peut connaître quatre niveaux d'interventions différentes, selon l'état de l'édifice, qui sont : la réhabilitation légère (installation de l'équipement sanitaire, électricité, chauffage), moyenne, lourde et exceptionnelle qui touche la structure (structure verticale, horizontale et fondations) (Achab Samia, 2012.).

2. La réhabilitation à travers les normes.

2.1 La réhabilitation à travers les chartes et normes internationales :

C'est dans la première moitié du XXe siècle, que des textes de charte ont promulgué des normes internationales dans le but, de fixer des règles et méthodes qui vont répondre à la politique de préservation du patrimoine à travers le monde ; et parmi les opérations de préservation du patrimoine bâti, on trouve la réhabilitation, qui a été présentée dans plusieurs chartes :

2.1.1 La charte d'Amsterdam 1975 :

Parmi les points annoncés dans cette charte, on a l'intégration de l'ensemble des villes anciennes et les villages traditionnels au patrimoine architectural européen, afin de les conserver au même titre que les monuments ; qui ont été depuis longtemps protégés et restaurés.

Par ailleurs, pour sauvegarder ce patrimoine architectural, l'article 7 de cette charte ; préconise d'agir, tout en utilisant des techniques de la restauration et de la recherche des fonctions appropriées, mais sans évoquer le terme de réhabilitation dans la charte. (Charte européenne du patrimoine architecturale adopté par le Comité des ministres du conseil de l'Europe, 1975).

2.1.2 La déclaration d'Amsterdam de 1975 :

Cette déclaration va élargir encore une fois, le champ du patrimoine européen pour qu'il comprenne aussi des ensembles, quartier de villes et villages présentant un intérêt historique et culturel.

Ainsi, la déclaration préconise aux pouvoirs locaux, d'appliquer les principes d'une conservation intégrée, qui consiste à attribuer aux édifices des fonctions, qui répondent aux conditions de vie actuelle, tout en respectant leur caractère et en garantissant leur survie.

Et cette fois-ci, la réhabilitation a été citée en coopération avec la restauration dans la 6ème recommandation, afin de réaliser la conservation intégrée des ensembles, des quartiers anciens de l'habitat existant. (Déclaration d'Amsterdam adoptée lors du Congrès sur le patrimoine européen, 1975)

2.1.3 La recommandation de Nairobi 1976 :

Cette recommandation est consacrée à la sauvegarde des ensembles historiques ou traditionnels ; et les considérés comme un patrimoine universel irremplaçable, et encourager les gouvernements et les citoyens, où ils se situent, d'assurer leur sauvegarde et leur intégration dans la vie collective contemporaine.

Et encoure une fois la réhabilitation a été citée dans l'article 1 comme processus et mode d'intervention qui peut contribuer à la sauvegarde des ensembles historiques ou traditionnels et leur environnement.

2.1.4 Charte de Washington de 1987 :

Cette charte se rapporte à la sauvegarde des villes historiques (espace bâti et non bâti) cela afin de faire face aux dangers de dégradations, de déstructurations, voire de destruction qui les menacent.

Ainsi, elle se charge de produire les mesures de protection, et aussi bien, les méthodes et les instruments nécessaires à la sauvegarde des villes historiques. Mais cette fois-ci, ils n'ont pas cité la réhabilitation.(ICOMOS, 1987)

2.1.5 Charte de Cracovie 2000 :

Cette charte 41 a pour but de fournir aux responsables de patrimoine des principes à adopter afin de conserver et restaurer le patrimoine bâti. Donc, on a des outils et méthodes qui sont recommandés le long de la présente charte, afin de garantir une conservation appropriée au patrimoine bâti.

Et à partir de la Charte de Cracovie, que la réhabilitation est confirmée dans l'article 1 de la charte, parmi les modes d'interventions aptes à réaliser la conservation du patrimoine bâti.

(Conférence internationale sur la conservation, Octobre 2000)

2.2 Le cadre réglementaire de la réhabilitation en Algérie :

Dans le corpus des textes législatifs et réglementaires algérien figurent souvent des dispositifs qui ont une relation étroite avec la sauvegarde du bâtiment

Et parmi ces dispositifs, on trouve la réhabilitation qui nous nous intéresse dans notre cadre de recherche. il devient ainsi très nécessaire de connaître, que le cadre réglementaire algérien sur la réhabilitation pour cela, on a :

2.2.1 Loi n°90-08 du 17 avril 1990 relative à la commune:

- Dans l'article 93, la commune responsable de la préservation des sites et monuments existants sur son territoire, et même de sauvegarder le caractère esthétique et architectural des agglomérations.

- Et l'article 106 de cette même loi, qui donne la compétence à la commune en matière d'habitat d'encourager et d'organiser toute association d'habitants, en vue de mettre en œuvre des opérations de sauvegarde, d'entretien et /ou de rénovation d'immeubles ou de quartiers

(Joradp n°15, 11 avril 1990, p.420)

2.2.2 Loi n°90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya :

- D'après l'article 82 l'assemblée populaire de wilaya est chargée d'apporter le soutien aux communes dans la mise en œuvre de leurs programmes d'habitat, et cela peut se concrétiser par la participation à des opérations de rénovation et de réhabilitation en concertation avec les communes. (Joradp n°15, 11 avril 1990.)

2.2.3 Loi 90-29 du 01 décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme:

Dans le cadre de cette loi, on a une réservation du bâti existant, qui se concrétise dans les principaux instruments d'aménagement et d'urbanisme (le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme PDAU et le plan d'occupation des sols, POS). Même au niveau de l'article 20, qui impose la préservation des parties du territoire à rénover, à restaurer et à protéger. au niveau des secteurs urbanisés mentionnés dans le PDAU.

Et dans l'article 31 de la loi, il est indiqué que le plan d'occupation des sols est tenu à préciser, les quartiers, rues, monuments et sites à protéger, à rénover et à restaurer.

En effet, cette loi à l'intention de préserver le cadre bâti existant, mais au niveau des traitements mentionnés, on constate l'absence de la réhabilitation qui peut être une solution pour une grande partie du bâti existant. (Joradp n°52, 02 décembre 1990)

2.2.4 Décret législatif n°94-07 du 18 mai 1994 relatif aux conditions de la production architecturale et à l'exercice de la profession d'architecte :

Dans son article 41 on constate l'intérêt porté à la réhabilitation en tant que pratique architecturale pour la préservation de l'environnement bâti, et qui dit « Le comité d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement bâti de wilaya poursuit dans le cadre de la protection et de la préservation de l'environnement bâti, les actions visant à : - améliorer l'orientation et l'encadrement des opérations de rénovation et de réhabilitation des tissus urbains » (Liamine ZEROUAL,1994.)

2.2.5 Loi n°98-04 du 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel :

La présente loi dans son article 41; les modes d'intervention : la réhabilitation et la restauration, sont opérées aux ensembles immobiliers urbains ou ruraux érigés en secteurs sauvegardés, en cas où leur état exige une intervention importante, les ensembles urbains ou ruraux étant représentés en Algérie notamment par les entités bâties tel que, les Casbahs, Médinas, K'sours ainsi que les villages et agglomérations traditionnelles caractérisées par leur prédominance de zone d'habitat.(Joradp n°44, 17 juin 1998, p.3.)

2.2.6 Loi n°01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire :

Le présent décret a pour objet de fixer la composition, les missions et les modalités de fonctionnement du conseil national de l'aménagement et du développement durable du territoire.

Il est stipulé dans l'article 9 de la présente loi, que les orientations fondamentales arrêtées par le schéma national d'aménagement du territoire en tant qu'instrument d'aménagement et de développement, visant à assurer entre autres, la protection, la restauration et la valorisation du patrimoine historique et culturel.

Mais, sans mentionner la réhabilitation malgré, qu'est parmi les processus permettant d'atteindre les objectifs du développement durable du territoire

(Joradp n°77, 15 décembre 2001, p.15.)

2.2.7 Décret exécutif n°03-227 du 22 juin 2003 fixant les conditions et les modalités d'octroi des aides pour la réhabilitation des habitations endommagées par le séisme du 21 mai 2003:

Des aides prévues dans le cadre de ce décret, notamment son article 2, sont réservées à la réhabilitation d'immeuble collectif à usage d'habitation et à toute construction individuelle, à usage d'habitation occupée ou en voie de l'être, de ce fait, l'intervention de réhabilitation s'impose officiellement dans cette loi. (Joradp n°38, 25 juin 2003, p.4.)

3. La préservation du patrimoine bâti

« De nos jours, dans un monde globalisé dans lequel l'uniformité économique et culturelle marque les critères de développement à suivre », (Réhabimed, Aout 2005) et le cadre bâti touche ces deux (économie et la culture) de ce fait , il y a de nombreuses initiatives politiques destinées à la récupération du patrimoine construit, qui constitue une partie considérable du cadre bâti. et parmi les initiatives de la politique Algérienne on a les normes , et même la mise en place des instruments comme: le Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (P.D.A.U.), Plans d'occupation des sols (P.O.S.) et le plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV) ; et les interventions proposées par ces instruments comme la réhabilitation et la restauration...

Au-delà des aspects économiques et culturels, la notion d'identité est fondamentalement liée à celle du patrimoine, car le patrimoine bâti et l'image la plus apparente sur notre identité

Et de ce fait, il devient indispensable de conserver, la protéger et la mise en valeur du patrimoine bâti qui est l'affaire de tous : propriétaires d'immeubles, associations, citoyens, communes, Etat.

4. Conclusion

Nous constatons ainsi que la préservation du patrimoine bâti est une opération fondamentale surtout comme le cas de notre pays, qui possède une richesse patrimoniale importante de ce fait, on va s'intéresser, dans le cadre de notre recherche, à la réhabilitation qui peut constituer une opération incontournable dans le plan de la préservation du patrimoine bâti.

La présentation de ce chapitre nous a permis de savoir, comment la notion de préservation du patrimoine bâti par la réhabilitation, est prise en charge à l'échelle mondiale ; et comment l'Algérie a mis en place des normes pour la préservation de ce patrimoine, et parmi les opérations mentionnées, on constate la réhabilitation, qui rentre dans le cadre de notre recherche, car nous abordons la réhabilitation de la structure.

II. Chapitre 2: Etude bibliographique sur les systèmes structurels

1. Introduction

Dans le cadre de notre recherche, on se focalise sur l'aspect structurel et sa réhabilitation, et c'est pour cette raison dans ce chapitre, on va entamer une étude sur ce qui est la structure et ses composantes, pour ce faire, on va prendre comme exemple la construction en pierre, car la cité de Diar El Mahçoul est construite en pierre.

2. Définition de la structure

« Le terme structure à divers sens. De notre point de vue, ce qui est important est représenté par les éléments constituant l'ossature, le châssis d'une construction. Pour être encore plus précis, nous parlerons de structure portante. Par ce terme, nous désignerons l'ensemble des éléments qui exercent une fonction de soutien, dans le domaine du bâtiment et dans d'autres domaines analogues de la construction » (Aurelio Muttoni, 2004)

3. Les éléments de la structure

On a plusieurs éléments qui composent la structure d'un édifice ; et on peut les classer en trois grandes familles :

3.1 Éléments porteurs horizontaux :

Ce sont les éléments qui supportent les charges qu'elles transmettent aux éléments verticaux. Exemple : poutres, poutrelles métalliques, dalles et treillis...

A ce titre, nous présentons ci-dessous les planchers et les poutres.

3.1.1 Les planchers.

Les planchers sont des plans horizontaux séparant deux étages d'un bâtiment et capables de supporter les charges d'utilisation. (FREDERIC, 2008)

3.1.2 Rôle des planchers.

Les planchers doivent répondre à des critères, à savoir :

- Résistance et stabilité : cela nécessite de supporter les charges d'utilisation, ainsi de ne pas fléchir, et bien sûr, il doit être durable afin d'augmenter la durée de vie de l'édifice
- Étanchéité et protection : Vis-à-vis au feu, à l'air et aux effractions
- Isolation thermique et acoustique :
 - isolant thermique (par exemple au-dessus d'un garage)
 - isolant acoustique (bruits d'impacts, ...)
- Fonction architecturale.
- aspect décoratif en sous-face
- Fonctions techniques.
- facilité de mise en œuvre.
- liaisons avec les porteurs verticaux
- passage de gaines (eau, chauffage, électricité, ...) (FREDERIC, 2008)

3.1.3 Les matériaux employés.

« Un porteur horizontal travail en flexion. Il est donc soumis à la fois à de la compression et à de la traction ». (FREDERIC, 2008). Il doit donc être construit avec des matériaux résistant à la traction et aux compressions,

Ou bien à l'aide de technique éliminant cette traction en la remplaçant par de la compression pure (voûtes, arcs, coupes ...)

3.1.4 - Les planchers à corps creux.

3.1.4.1 Définition :

Les planchers à corps creux sont composés de trois éléments principaux :

- les corps creux ou "entrevous" qui servent de coffrage perdu (ressemblent à des parpaings),
- les poutrelles en béton armé ou précontraint qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,
- une dalle de compression armée coulée sur les entrevous qui reprennent les efforts de compression.

Il faut savoir que les entrevous n'ont pas de rôle mécanique et que ce type de plancher travaille comme un plancher nervuré. (FREDERIC, 2008)

3.1.4.2 Les poutrelles :

Les poutrelles supportent le plancher et transmettent ses charges à la structure porteuse.

On trouve toute une gamme de poutrelles préfabriquées sur le marché :

- poutrelle en béton précontraint par fils adhérents,
- poutrelle en béton armé,
- poutrelle treillis,

3.1.4.3 Les entrevous :

Le rôle des entrevous consiste au départ à supporter le poids de la dalle de compression en phase de coulage. Ce sont donc des éléments de coffrage perdus. Mais on peut aussi leur octroyer un rôle d'isolant.

Généralement, les entrevous sont en béton de petits granulats. Mais, on trouve aussi dans le commerce des entrevous en terre cuite ou en polystyrène (isolation thermique). (FREDERIC, 2008)

3.1.4.4 Critiques de ce mode de construction :

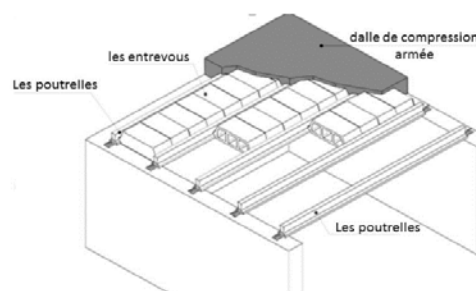


Figure 3: planchers à corps creux
Source : (FREDERIC ,2008)

A. AVANTAGES (FREDERIC, 2008)	B. INCONVENIENTS (FREDERIC, 2008)
<p>C'est le type de plancher le plus employé par les petites entreprises, car :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre facile, pas de coffrage, - Ne nécessite pas de gros engins de levage, - Isolation thermique améliorée, - Le plancher est relativement léger, - Idéal pour la confection des vides sanitaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grande épaisseur de plancher, - Sous face à enduire, - Portée limitée à 6 ou 7 mètres, - Pas de souplesse de forme et de taille. - « Mauvaise » isolation acoustique, - Nécessite beaucoup de manutentions - Mise en œuvre relativement longue.

Tableau 1 : les avantages et les inconvénients des planchers à corps creux.

3.1.5 Les dalles en béton armé à âme pleine.

« Les dalles sont des planchers en béton armé à âme pleine. Ils sont soit entièrement coulés en place, soit en partie préfabriqués (pré dalles), soit entièrement préfabriqués (rares). » (FREDERIC, 2008)

3.1.6 Dimensions :

Les dalles ont une épaisseur supérieure à 160 mm pour des raisons d'isolation acoustique. Dans le cadre d'immeuble collectif, l'épaisseur minimale sera portée à 200mm. (FREDERIC, 2008)

3.1.6.1 Disposition des armatures.

Les planchers sont généralement armés comme ci-dessous en fonction de leur chargement et des liaisons aux appuis.

- * En zone courante : En partie basse, un treillis à calculer.
- * Aux appuis : Des aciers en chapeau.
- * Aux rives : un chaînage tout autour du plancher.

3.1.6.2 Critiques de ce mode de construction :

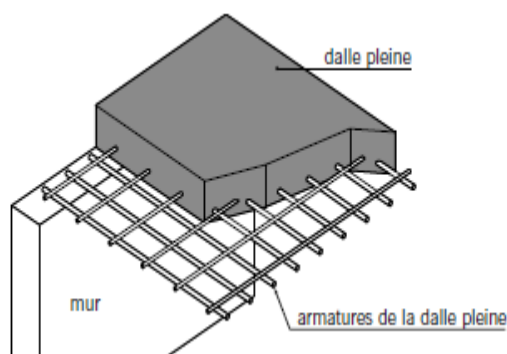


Figure 4: planchers à âme pleine.
Source : (FREDERIC, 2008)

A. AVANTAGES (FREDERIC, 2008)	B. INCONVENIENTS (FREDERIC, 2008)
<ul style="list-style-type: none"> - Pas de contrainte liée à la préfabrication, - Dalle de taille et de forme quelconque, - ne nécessite pas forcément un gros matériel de levage, - bonne isolation aux bruits aériens, - bonne résistance au feu. 	<ul style="list-style-type: none"> - nécessite l'immobilisation de nombreux coffrages, - mise en œuvre longue, - mauvaise résistance aux bruits d'impacts.

Tableau 2: les avantages et les inconvenants les dalles en béton armé à âme pleine.

3.1.7 Les planchers alvéolés.

Les planchers alvéolés se composent d'éléments creux préfabriqués en usine. Ils se manipulent au palonnier. Ces dalles précontraintes allégées et d'épaisseur réduite permettent de franchir des portées exceptionnellement élevées. À la rapidité de mise en œuvre s'ajoute une simplification de la structure par la suppression des porteurs intermédiaires et une réduction de la hauteur finie des bâtiments. (FREDERIC, 2008)

Les dalles alvéolées sont généralement en béton précontraint, d'épaisseur comprise entre 12 et 40 cm, de largeur standard 1,20 m et de longueur pouvant aller jusqu'à 20 m. (FREDERIC, 2008)

Les grands volumes ainsi dégagés, grâce à l'utilisation de ce type de plancher, permettent une très grande latitude dans l'aménagement intérieur des locaux.

L'utilisation de la dalle alvéolée est particulièrement indiquée dans :

- les constructions industrielles,
- les locaux commerciaux,
- les parkings,
- les immeubles de bureaux,
- les groupes scolaires, (FREDERIC, 2008)

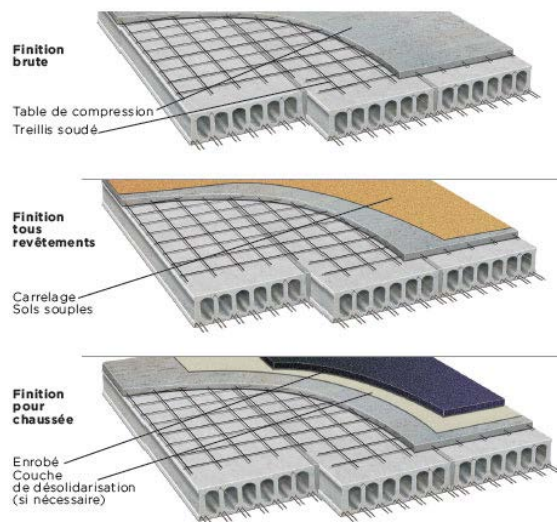


Figure 5 : planchers à âme pleine.
Source : (FREDERIC, 2008)

3.1.7.1 Critiques de ce mode de construction :

A. AVANTAGES (FREDERIC, 2008)	B. INCONVENIENTS (FREDERIC, 2008)
<ul style="list-style-type: none"> - Préfabrication en usine, - Portée atteignant 16 à 20 m sans aciers complémentaires et sans hourdis - Généralement, pas d'étaieement, - Cadence de pose élevée, - Peu ou pas d'armatures complémentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé, - Problèmes de fixations ultérieures, - Joints très nombreux, - Levage de forte puissance, - Trame plus ou moins imposée.

Tableau 3 les avantages et les inconvenants Les planchers alvéolés.

3.1.8 Les poutres.

3.1.8.1 Définition.

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux. qui sont dites élancer, car leur portée (longueur) L est grande par rapport à leur hauteur h et à leur largeur b. Dans les bâtiments, elles servent souvent d'intermédiaire entre les planchers et les éléments porteurs verticaux (surtout les poteaux). (FREDERIC, 2008)

3.1.8.2 Schéma de déformation sous la flexion

La flexion engendre dans la section des poutres une zone comprimée et une zone tendue.

Le béton qui résiste assez bien en compression, ne résiste pas du tout en traction.

Il faut donc l'aider en incorporant dans la zone tendue des aciers capables de reprendre les efforts. (FREDERIC ,2008)

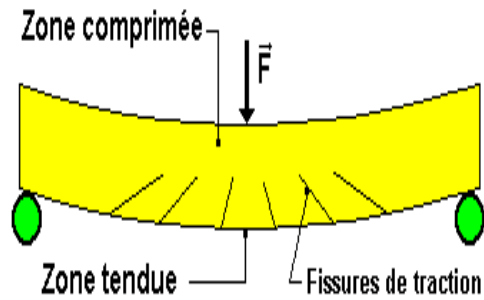


Figure 6 : Schéma de déformation sous la flexion
Source : (FREDERIC, 2008)

3.2 Eléments verticaux :

« Ce sont les éléments ponctuels (poteaux) ou linéaires (voiles en béton armé ou murs porteurs) assurant l'équilibre de la structure et notamment la transmission de toutes les charges verticales appliquées à la structure de la toiture jusqu'aux fondations. » (Maxime H, 2015.)

Donc ce sont des éléments porteurs, qui supportent le poids des étages supérieurs et transmettent verticalement la charge aux poteaux inférieurs. Afin de les transmettent aux fondations. Tout en gardant l'équilibre de la structure Exemple : murs, voiles, poteaux et pilier...

A ce titre, on vous présente quelques éléments verticaux qui sont les poteaux et les murs porteurs.

3.2.1 Poteau

« Pièce de charpente disposée verticalement et servant de support : Système de construction en poteaux et poutres. » (LAROUSSE, 2014). Donc pour que le poteau serve de support, qui il doit résister aux efforts transmissent à lui par les éléments horizontaux

3.2.1.1 Rôle principal

Le Rôle des poteaux, ne se limite pas d'assurer la reprise des charges verticales, mais également contribuent largement, lorsqu'ils sont associés à des poutres pour former des cadres ou des portiques, destinés à reprendre les actions horizontales dues aux séismes et aux vents et peuvent aussi être dénommés Piles ou Piliers pour le cas des ponts, colonnes pour le cas de la construction métallique.

3.2.1.2 Les types des poteaux

Les types de poteaux se diffèrent en fonction de la nature des matériaux les constituant, On trouve alors :

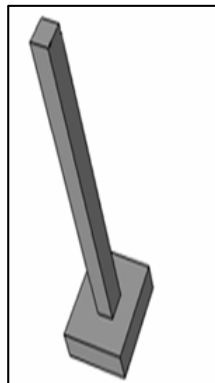


Figure 7 : Poteau en Béton.
Source : (khadri hamza, 2015.)



Figure 8: Poteau en Bois.
Source : (khadri hamza, 2015.)



Figure 9 : Poteau en Acier.
Source : (khadri hamza, 2015.)

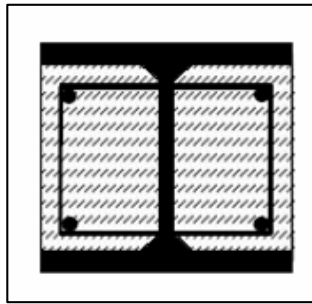


Figure 10 : Poteau Mixte.
Source : (khadri hamza, 2015.)

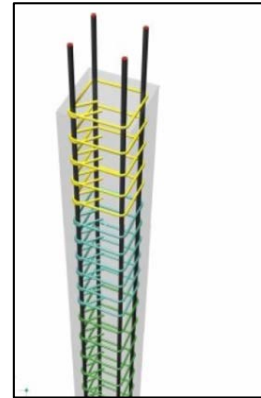


Figure 11 : Poteau en Béton Armé.
Source : (khadri hamza, 2015.)

N.B : Les types des poteaux les plus utilisés sont ceux en béton Armé et en Acier

3.2.2 Les murs porteurs

Ce sont des éléments réalisés en béton armé ou en maçonnerie (de pierre, brique...) et qui sont sollicités principalement par des efforts normaux découlant de la descente des charges, ainsi les murs peuvent être dimensionnés et conçus comme des poteaux

3.2.2.1 Fonctions des murs

En plus de leurs rôles de portance ou de contreventement, les murs assurent le confort et la sécurité des habitants. Dans la suite, on cite les différentes fonctions d'un mur ou une paroi verticale.

3.2.2.2 Séparation

La séparation vis-à-vis à l'espace extérieur (ex : murs de façade, pignons), aux pièces entre eux (ex : refends, cloisons), la construction du sol (ex : murs de soubassement) et même aux terrains (ex : murs de clôture).

Et la séparation entre l'espace extérieur et intérieur ainsi entre les pièces a pour but d'avoir une isolation thermique, acoustique et contre les infiltrations (surtout l'eau), afin de créer un microclimat favorable dans les espaces d'intérieur

3.2.2.3 Résistance :

Résistance aux Différentes charges permanentes (poids des éléments porteurs et non porteurs de l'ouvrage) et variables (charges d'exploitation, climatiques comme la neige et le vent et le séisme). (Amar KASSOUL, 2012)

« En construction individuelle, un mur porteur est souvent en parpaing ou en préfabriqué. Mais il peut être construit dans des matériaux divers tels que :

- le bois,
- la brique creuse (mono mur),
- le béton cellulaire,
- la pierre, etc. » (Ooreka, 2013)

3.3 Fondations :

« Un ouvrage quel que soient sa forme et sa destination, prend toujours appui sur un sol d'assise. Les éléments qui jouent le rôle d'interface entre l'ouvrage et le sol s'appellent fondations. Ainsi, quel que soit le matériau utilisé, sous chaque porteur vertical, mur, voile ou poteau, il existe une fondation. » (KASSOUL Amar, 2012)

Ainsi, ce sont des éléments qui supportent le poids de la superstructure et le transmettent au sol. Exemple : semelle isolée, radier et semelle filante ...

3.3.1 Rôle principal

Le rôle principal d'une fondation est d'assurer la transmission des charges appliquées sur La structure d'un ouvrage au sol. Ces charges sont :

- Les charges verticales comme les charges permanentes telles que le poids des éléments porteurs, le poids des éléments non porteurs, et aussi bien les charges variables telles que le poids des meubles, le poids des personnes..., le poids de la neige,
- Les charges horizontales (ou obliques) comme des charges permanentes telles que la poussée des terres, ainsi les charges variables telles que la poussée de l'eau ou du vent.

Les critères influant le choix d'une fondation sont donc :

- La qualité du sol.
- Les charges amenées par la construction.
- Le coût d'exécution.



Figure 12 : les charges sollicitant les fondations

Source : (KASSOUL Amar, 2012)

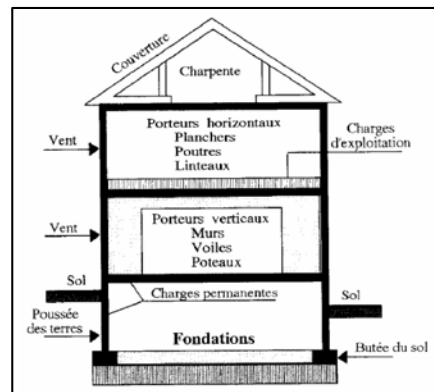


Figure 13 : les charges dans une construction

Source : (KASSOUL Amar, 2012)

3.3.2 Fonctionnement des fondations

Un mur ou un poteau supporte une partie des charges de l'ouvrage et avec de ses faibles dimensions, risquent de poinçonner le sol. C'est pour cela que sous un mur et un poteau, on place une fondation qui permet de répartir la même charge, mais sur une surface horizontale plus importante et donc de diminuer la pression exercée sur le sol, c'est à dire de diminuer la force exercée sur le sol par unité de surface.

Il faudra toujours s'assurer que la pression exercée par la fondation sur le sol est inférieure à la pression que peut supporter le sol. La pression que peut supporter le sol a été déterminée grâce aux essais de reconnaissance de sol.

Cette pression s'appelle contrainte et est notée σ .

$$\sigma = F/S \text{ (Son unité est le MPA = MN/m}^2\text{) (KASSOUL Amar, 2012)}$$

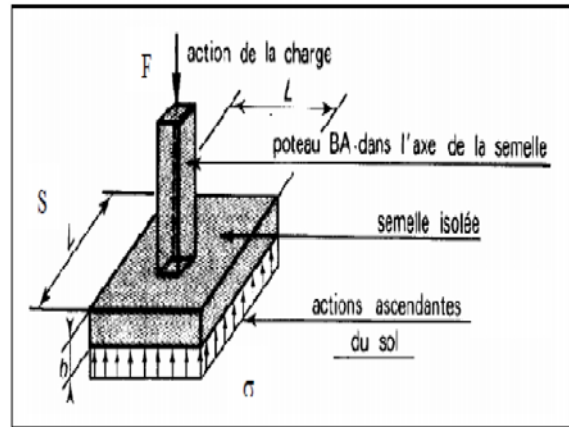


Figure 14 : les charges qui doivent supporter une semelle.
Source : (Amar KASSOUL, 2012)

3.3.3 Types de fondations

A. Types de fondations :

Les deux types de fondations sont :

- les fondations superficielles,
- les fondations profondes et spéciales.

Les fondations sont dites superficielles si une des deux conditions suivantes est respectée :

$$H/L < 6 \text{ ou } H < 3 \text{ m}$$

Avec H : profondeur de la fondation et L : largeur de la fondation.

-Et dans le cas où ces deux conditions ne sont pas respectées, on est dans le domaine de la fondation profonde.

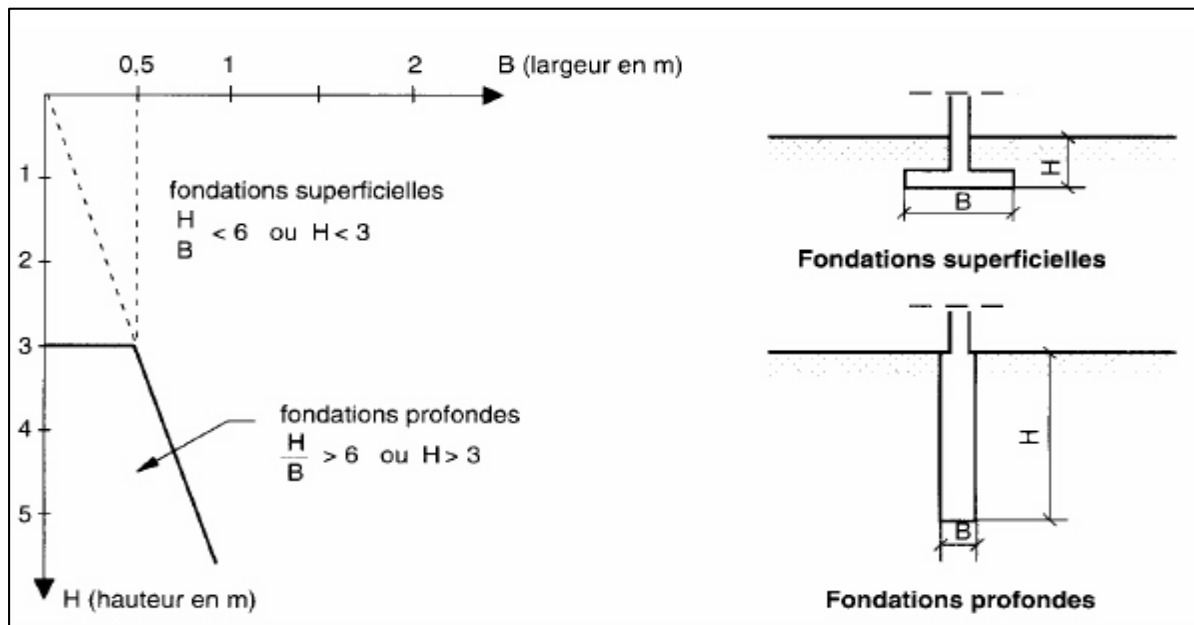


Figure 15 : domaine d'utilisation des fondations profondes et superficielles
source : (Amar KASSOUL, 2012)

B. Choix des fondations

Le choix du type de fondation dépend :

- du type d'ouvrage à fonder, donc des charges appliquées à la fondation (charges différentes pour une maison individuelle et pour une tour),
- de la résistance du sol. Il est important de faire une bonne reconnaissance des sols. Si la couche superficielle est suffisamment résistante, il sera quand même nécessaire de faire une reconnaissance de sol sous le niveau de la fondation sur une profondeur de deux fois la largeur de la fondation et s'assurer que les couches du dessous sont assez résistantes. Si la couche superficielle n'est pas assez résistante, une reconnaissance des sols devra être faite sur une profondeur plus importante. On choisira toujours la fondation la plus économique. (KASSOUL Amar, 2012)

4. La construction en maçonnerie

La construction en maçonnerie est un ouvrage composé de matériaux (blocs béton, briques, pierres, etc.) unis par un liant (mortier, ciment, plâtre, etc.) (Fabien Lagier & Augustin Parret-Fréaud, 2006)

« La maçonnerie est considérée comme la technique de construction la plus ancienne et la plus répandue. En effet, comme elle n'utilise pour l'essentiel que des petits éléments, elle ne nécessite pas de moyen de manutention important sur le chantier. Elle est donc applicable par toutes les entreprises, et en particulier par l'artisan maçon qui réalise d'ailleurs la plupart des constructions pavillonnaires ». (Fabien Lagier & Augustin Parret-Fréaud, 2006)

4.1 Les règles à respecter lors de la construction en maçonnerie

Puisque notre cas d'étude se trouve à Alger qui est une zone à forte sismicité, on a pris un exemple d'une autre zone dans les Caraïbes, Haïte, où on trouve un document qui a expliqué d'une manière très simple et explicite les pratiques qu'il faut mettre en place lors de la construction en maçonnerie, tout on le comparant avec ce qu'il est dit dans la RPA2003 concernant la construction en maçonnerie.

4.1.1 Domain d'application

C'est vrai que la construction en maçonnerie est la plus répandue, mais concernant la structure en maçonnerie, elle est utilisée uniquement pour les petits édifices avec un gabarit qui ne dépasse pas les 3 niveaux (11 m) pour la zone III selon le règlement parasismique algérien 2003.

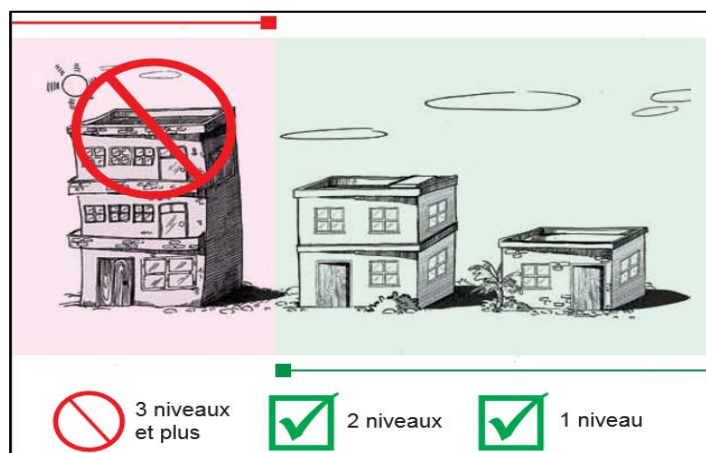


Figure 16 : la hauteur maximale tolérée pour un édifice en maçonnerie.

Source : (MTPTC (Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications) & MICT (Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales), 2010)

La comparaison entre ce guide et le RPA 2003

Guide de bonnes pratiques pour la construction de petits bâtiments en maçonnerie chaînée en haïti (mtptc & mict, 2010)	Le rpa 2003 (algérien)
- Le nombre d'étages maximal et de 2 niveaux	-pour la zone III le nombre d'étages permis est de 3 niveaux (11m)
- Le rapport longueur/largeur doit être inférieur à 4	Le rapport longueur/largeur doit être inférieur à 3.5

Tableau 4: comparatif entre le guide et RPA 2003

On remarque que le RPA permet d'aller en hauteur mieux que le guide, mais avec un rapport longueur/largeur moins que celui du guide, ce qui permet d'avoir des formes plus allongées.

4.1.2 Le choix du site

Avant d'entamer des travaux de construction, il faut vérifier que notre sol est capable de support les sollicitations provoquées par l'édifice, et puisque l'étude de sol n'est pas exigé par le RPA 2003 pour les edifices de 11m de hauteur (pour une construction en maconerie la hauteur maximale pour la zone III est de 11m) , donc on va se contenter de vérifier les conditions suivantes :

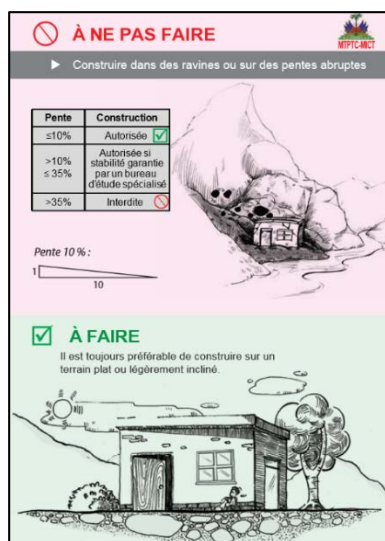


Figure 17 : D'éviter les sites à forte pente
Source : (MTPTC & MICT, 2010)



Figure 18 : éviter les pentes instables
Source : (MTPTC & MICT, 2010)

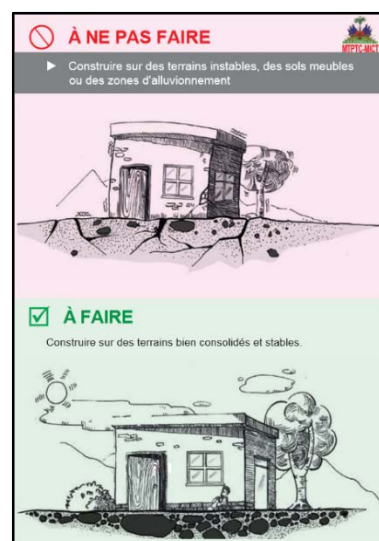


Figure 19 : le choix des terrains bien consolidés
Source : (MTPTC & MICT, 2010)



Figure 20 : éviter les sites pollués
Source : (MTPTC & MICT ,2010)



Figure 21 : Construire loin des zones inondables
Source : (MTPTC & MICT ,2010)



Figure 22 : ne pas construire dans les zones marécageuses
Source : (MTPTC & MICT ,2010)

La comparaison entre ce guide et le RPA 2003

GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE PETITS BÂTIMENTS EN MAÇONNERIE CHAÎNÉE EN HAÏTI	Le RPA 2003 (algérien)
- Une pente supérieure à 35% n'est pas tolérée et pour une pente entre 35% et 10% il faut une garantie donnée par un bureau d'étude spécialisé	- il faut éviter les sites à topographie accidentée comme : <ul style="list-style-type: none"> • les abords de changement de pente important • crêtes, piton rocheux. • Bords de vallées encaissées
- Il faut prévoir une distance de 10 m entres la pente instable et le bâtiment.	- il faut éviter les terrains instables <ul style="list-style-type: none"> • les pentes instables, abords de falaises, rives et berges sujettes à affouillement • terrains susceptible de s'effondrer
- Construire sur des terrains bien consolidés et stable	- il faut éviter les zones favorisées à la liquéfaction.
- Il faut éviter de construire sur des sites pollués	
- Il faut s'éloigner au moins 10 m de la source d'eau qui pou provoqué une inondation	

Tableau 5 : comparatif entre le guide et RPA 2003.

Concernant le choix du site, on remarque que le RPA a pris en considération tous les points mentionnés dans le guide, mais il n'interdit pas de construire sur des sites pollués, bien que la pierre s'altère en contact de la pollution.

4.1.3 Les dispositifs constructifs

Les dispositifs constructifs sont étroitement liés à la conception et qui se basent en général, sur la régularité de la forme et la bonne distribution de la rigidité de l'édifice. et à ce titre on a des recommandations à suivre, qui sont :



Figure 23 : éviter l'étage flexible
Source : (MTPTC & MICT, 2010)

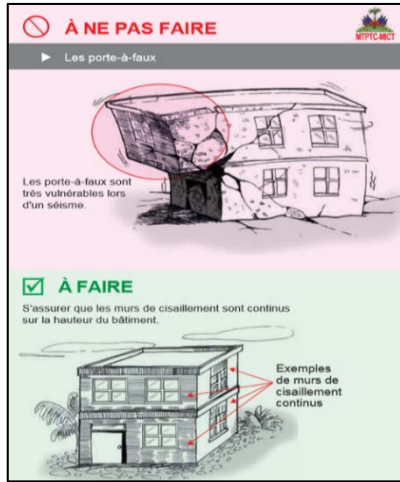


Figure 24 : il faut éviter les portes à faux
Source : (MTPTC & MICT, 2010)

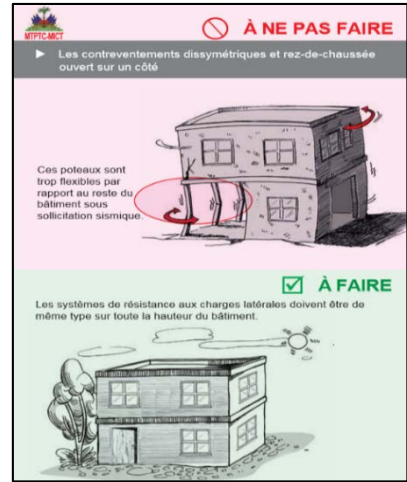


Figure 25 : éviter la mauvaise distribution de la rigidité au niveau de plan.
Source : (MTPTC & MICT, 2010)

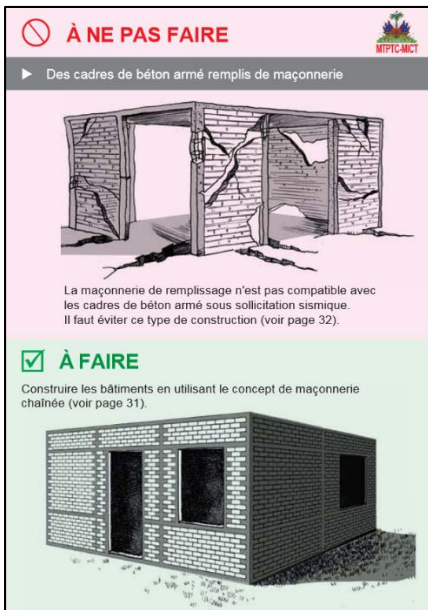


Figure 26 : la maçonnerie chaînée tout en assurant une bonne connexion entre le béton armé et le mur porteur.
Source : (MTPTC & MICT, 2010)



Figure 27 : poteaux courts en bas de construction

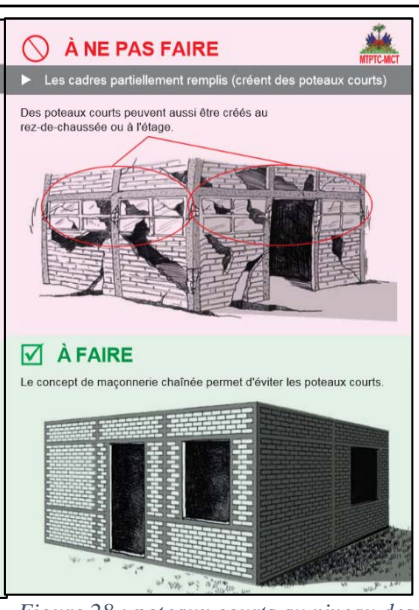


Figure 28 : poteaux courts au niveau des ouvertures

Figure 29 : les poteaux courts sont à éviter
Source : (MTPTC & MICT, 2010)

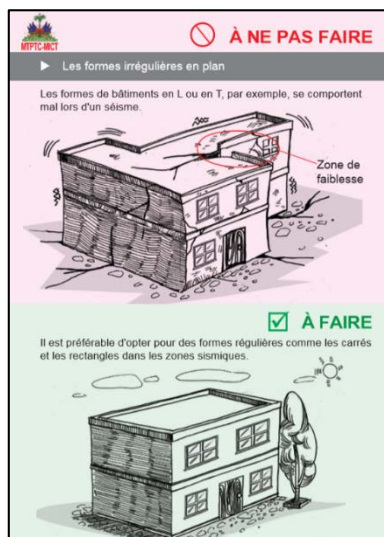


Figure 30 : avoir des formes régulières
Source : (MTPTC & MICT ,2010)

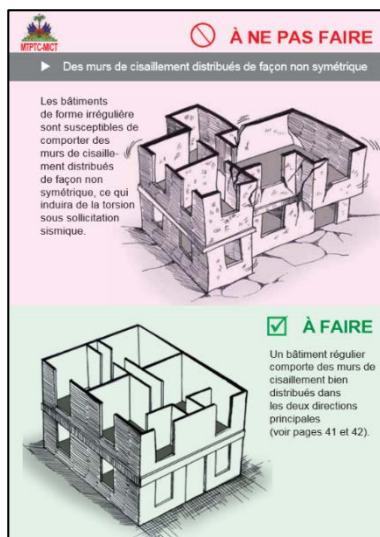


Figure 31 : la régularité de l'édifice avec une bonne distribution de la rigidité
Source : (MTPTC & MICT ,2010)

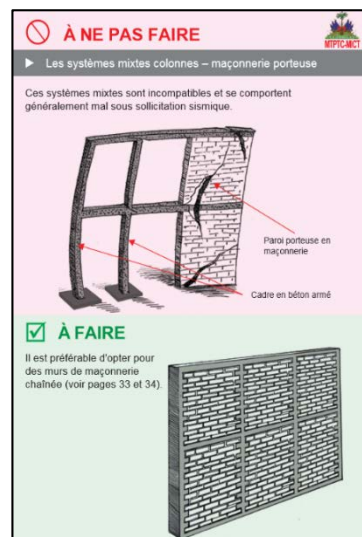


Figure 32 : les systèmes mixtes sont déconseillés
Source : (MTPTC & MICT ,2010)

La comparaison entre ce guide et le RPA 2003

Guide de bonnes pratiques pour la construction de petits bâtiments en maçonnerie chaînée en Haïti	Le RPA 2003 (algérien)
- Il faut éviter l'étage flexible	-il faut éviter le plan libre
- Assurer la continuité des voiles qui ont le rôle de contreventement	-Assurer une transmission directe des forces aux fondations
- La bonne distribution des murs de contreventement en plan	- les murs porteurs en maçonnerie devront être répartis de manière uniforme dans les deux directions principales -l'aire totale des sections des murs porteurs dans une direction donnée et à chaque niveau ne devra pas être inférieure à 4% de la surface du plancher
- L'utilisation de la maçonnerie chaînée	-Aucun élément de mur ne doit présenter de bord libre en maçonnerie -On a deux types de chaînages horizontaux et verticaux avec du béton armé coulé sur place -Dimension entre les chaînages ne doit pas dépasser les 5m et une surface de 20 m ² - la longueur diagonale entre les chaînages du trumeau ne doit pas dépasser 40 fois l'épaisseur pour les murs en éléments pleins mais pour les murs en éléments creux elle ne dépasse pas les 25 fois de l'épaisseur brute de mur
Utilisation un voile périphérique afin d'éviter les poteaux courts	

<p>- Utilisation du chaînage au niveau des ouvertures afin de ne pas tomber sur des poteaux courts.</p>	<p>-La longueur des ouvertures dans un mur ne doit pas dépasser la moitié de la longueur de ce mur -Les niveaux supérieurs des ouvertures devront situer à la même côte -Afin d’assurer une bonne distribution de rigidité, il faut positionner les ouvertures d’une manière la plus symétrique possible sur le mur. -il est préférable d’avoir les ouvertures sur le même alignement. -Il faut que la largeur des trumeaux soit supérieure ou égale à 1m pour la zone III -un chaînage qui encadre les ouvertures qui ont une hauteur supérieure à 1.8m</p>
<p>- La régularité en plan avec la bonne distribution des murs de contreventement</p>	<p>-Pour les murs porteurs auront une épaisseur supérieure à 20 cm -la distance maximale qui sépare entre deux murs porteurs est de 6m pour un édifice dans la zone III</p>
<p>- Il est préférable d’éviter les structures mixtes.</p>	

Tableau 6 : comparatif entre le guide et RPA 2003 (les dispositifs constructifs)

Concernant cette partie, on constate que le RPA a très bien expliqué les dispositifs constructifs qu’il faut pour la construction en maçonnerie.

4.2 Les matériaux utilisés pour la construction en maçonnerie :

- Les moellons de pierre
- Les pierres de taille ou pré-taillées
- Les briques et blocs de terre cuite
- Les blocs en béton
- Les blocs de béton cellulaire

Et comme dans notre cas d’étude qu’est selon Fernand Pouillon construit par de la pierre de taille, on va détailler la construction en pierre de taille

4.2.1 Pierres de taille

- Toute roche, d'origine naturelle qui est extraite à ciel ouvert, taillée et finie pour la construction ou à titre d'ornement, est appelée la pierre de taille, et la pierre peut répondre à des critères de développement durable, du fait que, presque tous les types de roche ont déjà servi et peuvent encore servir de pierre de taille. Mais les plus répandues sont des roches sédimentaires comme le calcaire et le grès, des roches ignées comme le granite et l'anorthosite et des roches métamorphiques comme le marbre et l'ardoise. Certaines pierres sont particulièrement attrayantes et servent de pierres d'ornement, notamment pour fabriquer des monuments. (K.E. Wallace-Dudley, A.D. McCracken, 2007)

Donc, Il s'agit de blocs de pierre appareillés, de fortes dimensions donnant des hauteurs d'assise de 30 à 80 cm (voir plus) et de forme géométrique. Ces éléments dont le parement plan ou courbe peut être traité, sont utilisés comme matériau porteur ou d'habillage.

« On peut distinguer 3 styles de pierres de taille :

- 1- la pierre massive (monument)
- 2- La pierre pré taillée en éléments standard dont le format varie de 40 x 30 x 20 à 200 x 60 x 30
- 3- La pierre pelliculaire, plaque épaisse de 2 à 6 cm son format varie 60 x 40, 80 x 50 et 100 x 60 son poids varie de 25 à 75 kg » (K.E. Wallace-Dudley & A.D. McCracken, 2007)

4.2.2 Les éléments de la construction en pierre

4.2.2.1 Construction en mur porteur

On parle de maçonneries en pierre de taille quand les pierres sont taillées et appareillées afin qu'il n'y ait aucun vide entre elles. Elles sont orientées pour recevoir la pression et posées les unes sur les autres par l'intermédiaire d'un lit de mortier de chaux qui offre une certaine souplesse à la maçonnerie par la répartition de la charge des pierres. Les joints sont fins et ne sont visibles que de près.

4.2.2.2 Les piliers

Généralement, la pierre utilisée dans les murs est la même utilisée pour les piliers, si elle est suffisamment dure pour supporter les charges qu'ils doivent reprendre. Dans la section est soit quadrangulaire ou ronde. Mais l'inconvénient, c'est l'épaisseur du pilier qu'est rarement inférieure à 60 cm.

4.2.2.3 Arc, voûte et coupole

« Les arcs, voûtes et coupoles se construisent avec des matériaux simples qui peuvent souvent être les mêmes que ceux utilisés pour les murs » (Thierry Joffroy, 1994.), donc de ce fait, on peut constituer des éléments horizontaux en utilisant les mêmes matériaux utilisés dans le mur comme le cas de la pierre.

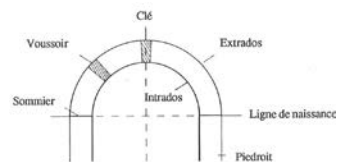


Figure 31 : Les composants de l'arc
source : (Thierry Joffroy, 1994.)

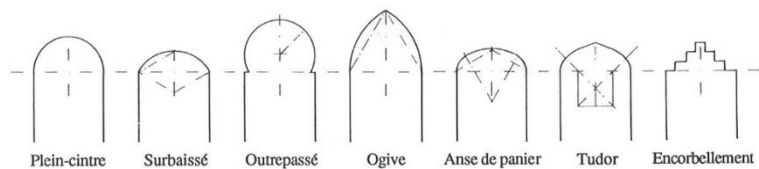


Figure 32 : Les types d'arc
source : (Thierry Joffroy, 1994.)

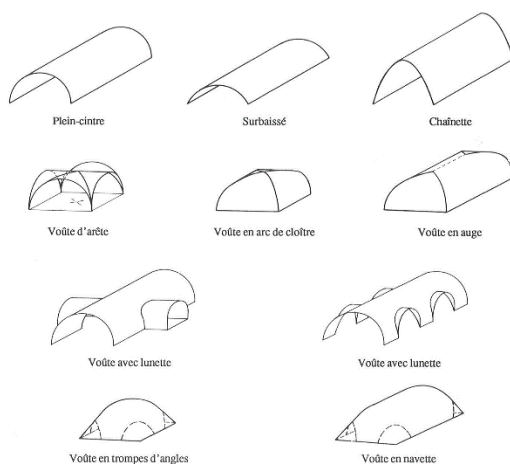


Figure 33 : Les types de voûte
source : (Thierry Joffroy, 1994.)

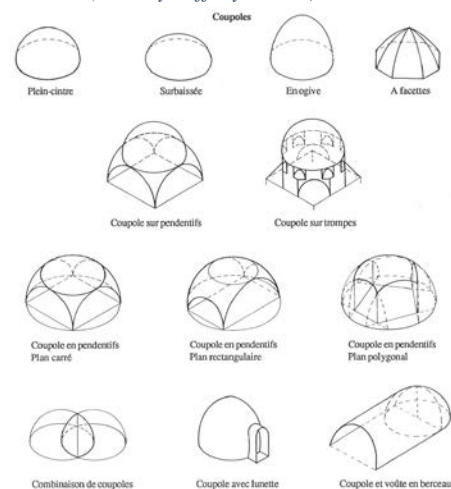


Figure 34 : Les types de coupole
source : (Thierry Joffroy, 1994.)

4.2.3 Les fragilités : reconnaître les altérations

Malgré son apparence robuste, la pierre est aussi un matériau sensible dont il faut prendre soin. Elle réagit à l'eau, au gel, à la pollution, aux bactéries, à l'acidité des plantes, aux sels minéraux.

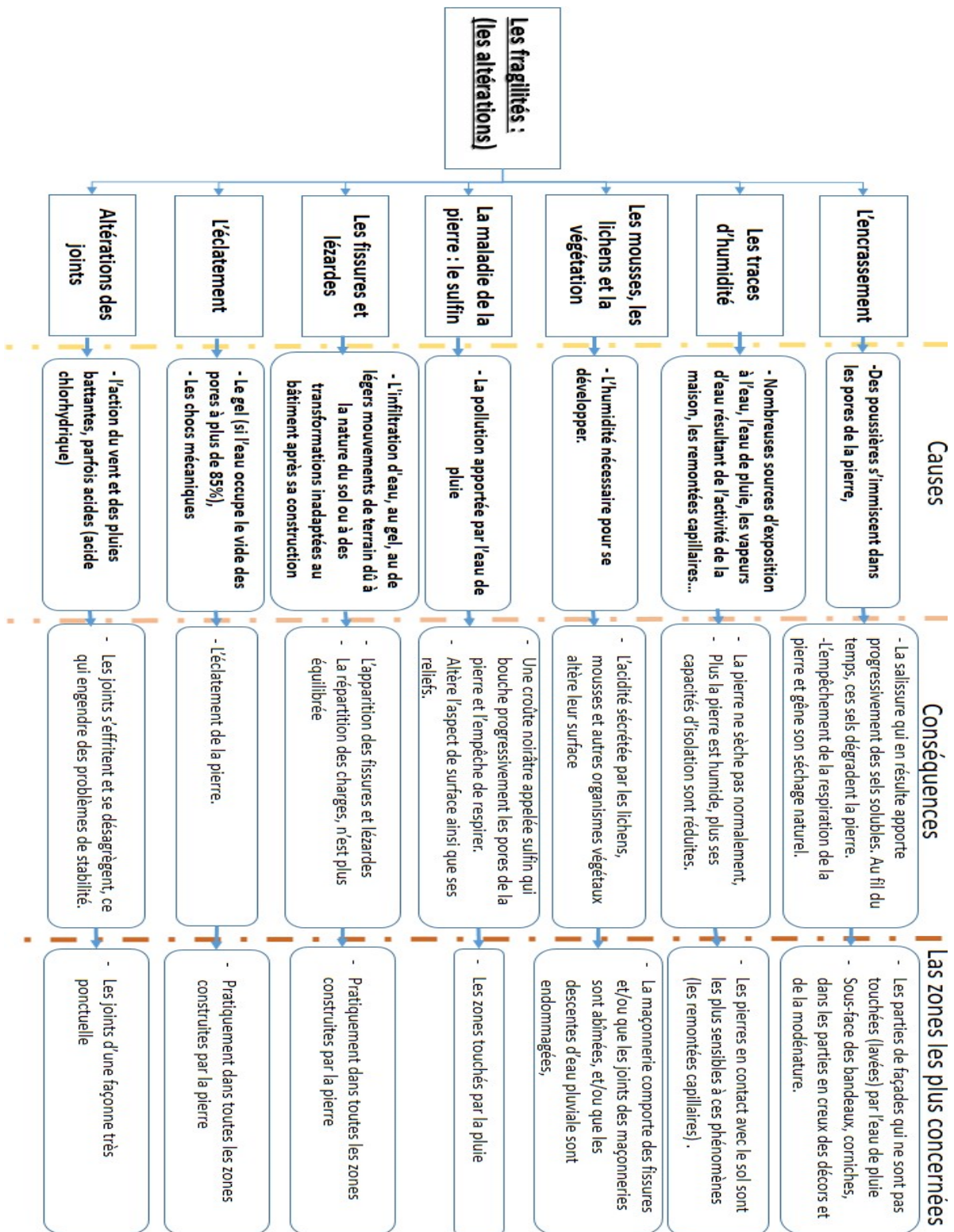


Figure 35 : organigramme des fragilités pour la construction en pierre



Figure 36 : développement de la végétation.
Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)



Figure 37 : La pollution entraîne avec le temps la production d'une couche noirâtre (Le sulfite) qui bouche les pores des pierres et l'empêche de respirer.
Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)



Figure 38 : Le décor et notamment les ornements sculptés accroche en premier lieu la poussière.
Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)



Figure 39 : Le sulfite empêche la pierre de respirer et se détache par plaques, laissant apparaître les pierres altérées par l'humidité.
Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)



Figure 40 : Les fissures ou lézardes

Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)

5. Conclusion

Aborder la réhabilitation de manière correcte est associé à la connaissance approfondie des différentes typologies structurelles, et de la maîtrise des techniques constructives relatives à la construction, ainsi que la connaissance éventuelle des pathologies.

Ainsi, on constate d'après ce chapitre que la structure est un système composé de plusieurs éléments, qui sont complémentaires entre eux, de ce fait l'intervention sur la structure doit tenir compte, que pour intervenir sur un élément, il faut assurer que les autres éléments ne soient pas endommagés. De ce fait, il faut être méthodique dans la réhabilitation et c'est pour cette raison dans le chapitre suivant, on va aborder des méthodes et des techniques de réhabilitation.

III. Chapitre 3 : les techniques de réhabilitation structurelle des édifices anciens construits en pierre de taille situés dans des zones sismiques

1. Introduction :

Pour maintenir le patrimoine bâti, il est souvent nécessaire de l'inscrire dans le cadre de réhabilitation pour les travaux de remise en état, voire de renforcement des éléments structurels dégradés.

Dans le cadre de notre recherche, on parle des travaux de réhabilitation structurelle, qui ont pour but de remettre en état ces éléments de structure et d'améliorer leur performance, pour satisfaire les exigences actuelles.

À cet égard, nous présentons dans cette partie de notre recherche, les différentes techniques et méthodes reconnues qu'on utilise généralement, pour réhabiliter les divers éléments structurels d'un patrimoine bâti ancien.

2. Principales techniques de (renforcement/consolidation) pour le bâti

2.1 Techniques de consolidation des fondations :

Les fondations en maçonnerie de pierre sont les fondations les plus rencontrées dans les bâtiments anciens, et généralement sont de type linéaire et continu. De ce fait, nous nous focalisons dans cette partie sur, le renforcement de ce type de fondation (ANAH -Agence National pour l'Amélioration de l'Habitat-,1981.)

2.1.1. Consolidation des fondations par injection de sol :

Cette technique consiste à combler par injection sous pression, les vides et fissures du sol, afin d'augmenter sa résistance à la compression.

Les produits d'injection sont selon les cas constitués :

De coulis de ciment éventuellement additionnés de pouzzolanes de cendres volantes, de plastifiants et d'accélérateurs ;

De coulis d'argile colloïdale ou de bentonite ;

De coulis à base de produits chimiques liquides ou de résines organiques.

2.1.2. Élargissement des fondations en sous-œuvre par maçonnerie :

Cette technique consiste à consolider la fondation par la réalisation d'une nouvelle fondation en briques pleines et au mortier de ciment en dessous de celle existante afin d'approfondir et à élargir le plan de fondation. (COINGNET Jean & COINGNET Laurent, 2006)

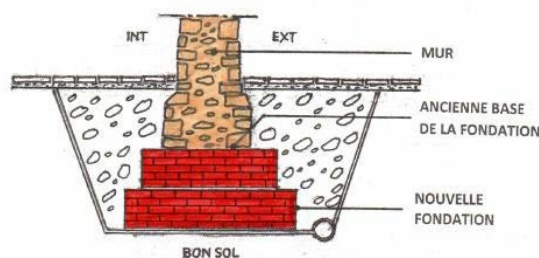


Figure 41 : Consolidation de la fondation en sous-œuvre par maçonnerie.
Source : (COINGNET Jean & COINGNET Laurent, 2006)

2.1.3. Elargissement des fondations en sous œuvre par semelle en béton armé :

C'est une autre technique de consolidation des fondations du bâti ancien, celle-ci consiste à réaliser en sous-œuvre de la fondation existante, une semelle élargie en béton armé, et cela, pour assurer d'une part, la stabilité du mur existant et aussi, afin d'augmenter la surface de la répartition des charges sur le sol. (HUSSEIN Frédéric, NOURISSIER Gilles, CASANOVAS Xavier, 2004)

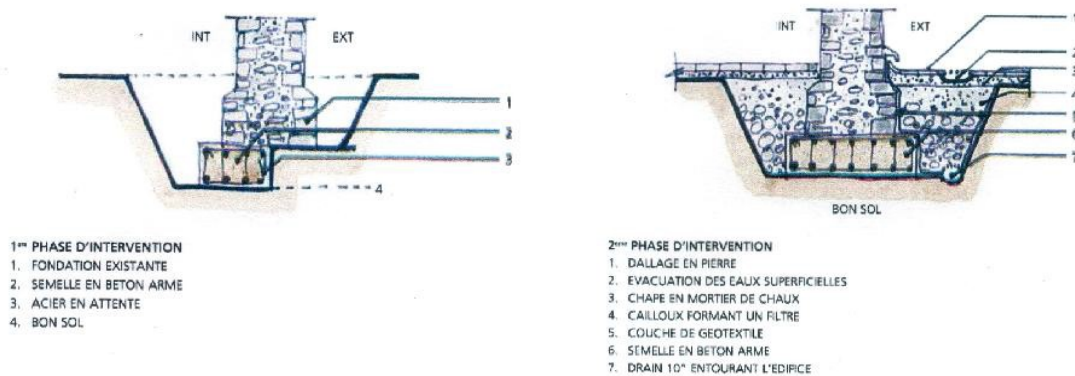


Figure 42 : Reprise en sous œuvre d'une semelle en béton armé
Source : (HUSSEIN Frédéric, NOURISSIER Gilles, CASANOVAS Xavier, 2004)

2.1.4. La consolidation des fondations par des micro-pieux:

«Pour la stabilité des édifices anciens en cas de sinistres (tassements en cours d'une construction, désordres survenu après affouillements limitrophes,...etc.). On utilise généralement la technique des micro-pieux, Qui consiste à descendre profondément vers le bon sol au-dessous des semelles existantes en utilisant les micro-pieux. » (ANAH, 1981).

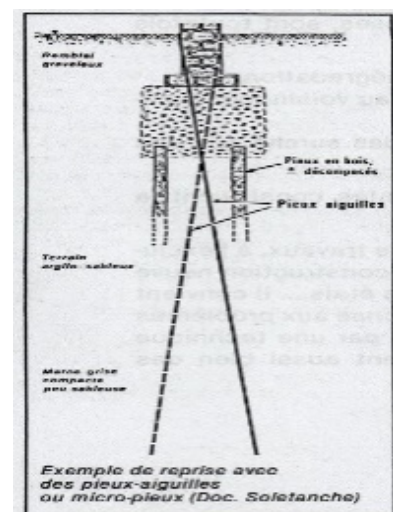


Figure 43 : Consolidation des fondations par micro-pieux
Source: (ANAH, 1981)

2.1.5. Renforcement par fibres de carbone ou plats métalliques collés

Le procédé consiste à faire un collage de tissus ou de lamelles de fibres de carbone ou des plats métalliques sur les éléments de structure (planchers, poutres, murs, poteaux). Les fibres et les plats métalliques sont imprégnés de résine et appliqués sur l'élément. L'adhérence est obtenue en quelques minutes et le composite obtenu présente une résistance supérieure à celle du béton. Afin d'améliorer la ductilité du poteau ou de l'ensemble de la structure en confinant le béton dans les zones critiques, et renforcer aussi la résistance du poteau en flexion. (Attari.N; 2013)



Figure 44 : plats métalliques
Source : (Attari.N; 2013)



Figure 45 : une résine
Source : (Attari.N; 2013)



Figure 46 : plats métalliques collées
Source : (Attari.N; 2013)

2.2 Consolidation des murs en maçonnerie de pierre et les piliers:

« Les matériaux et les appareillages des murs épais d'autrefois, en pierre et en terre, sont peu résistants aux tensions de traction et de cisaillement. Précisons aussi que l'eau les fragilise considérablement du fait de la forte perméabilité de la terre et de la plupart des mortiers employés. » (Xavier CASANOVAS, 2007)

Ainsi, les murs en pierres et les piliers sont souvent porteurs, d'où la nécessité de les protéger contre la dégradation et les consolider, et pour ces derniers on a plusieurs techniques à utiliser, parmi celles-ci nous citerons

2.2.1 Remplacement physique de la partie endommagée

Il s'agit de remplacer le matériau de la partie fissurée ou menacée par la dégradation et de reconstruire avec le même matériau ou d'autres dont la résistance et la déformabilité seront similaires. Dans les murs ou les piliers en pierre ou en brique, l'usage veut que l'on reprenne le même matériau, tandis que dans les murs en terre, on pourra employer la brique. Dans tous les cas, l'objectif de l'intervention ne peut que prétendre restaurer la capacité portante initiale de l'élément endommagé. (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.2 Reprise des fissures

Il s'agit de retrouver la continuité perdue du mur endommagé, de sorte que les tensions puissent être de nouveau transmises et distribuées de manière homogène dans la partie lésardée. Donc concrètement la méthode consiste à intercaler entre les lèvres de la fissure du mur des éléments plus résistants et plus rigides en guise de sutures, tels que des agrafes métalliques, des morceaux de brique, etc. (Xavier CASANOVAS, 2007)

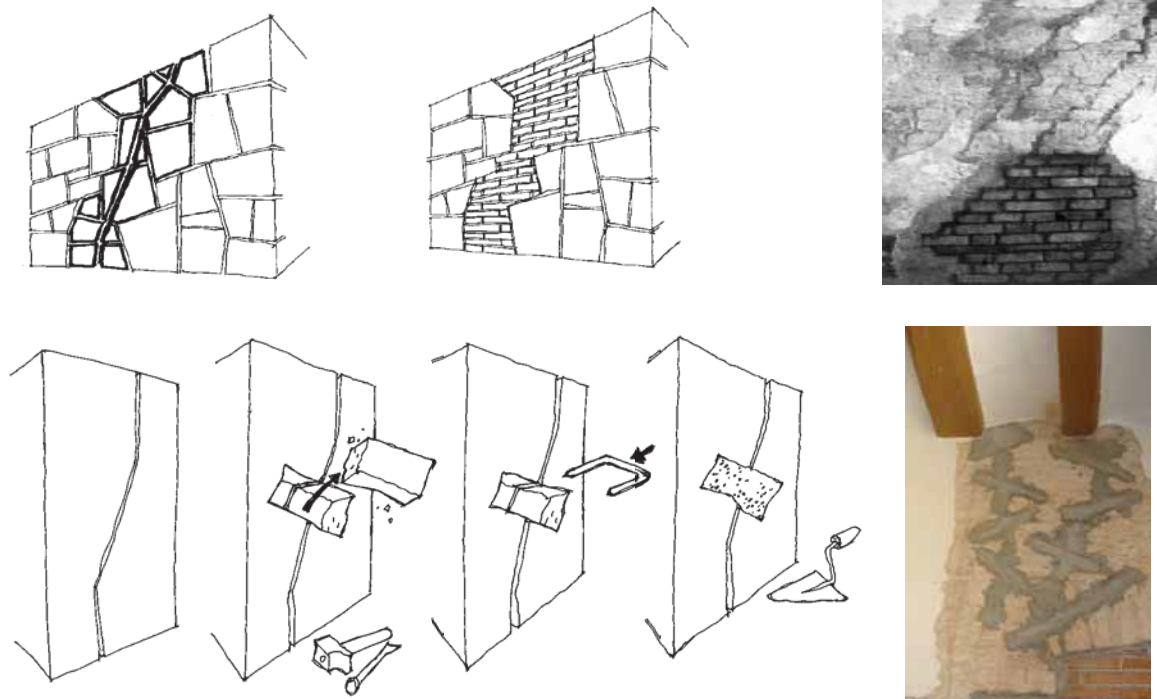


Figure 47 : techniques de reprise des fissures
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.3 Injections

« Il s'agit d'un autre système de réparation de fissures et de brèches passives, applicable à des murs en maçonnerie appareillée ou en brique, qui consiste à introduire un liquide sous pression pour colmater entièrement le vide entre les lèvres de la fissure. En durcissant et en adhérant au support, ce liquide restitue à l'élément endommagé sa continuité d'origine. Les caractéristiques du liquide –généralement à base de composants époxydiques– et la pression d'injection varient en fonction des matériaux du mur et de la taille du trou à reboucher. » (Xavier CASANOVAS, 2007)



Figure 48 : la technique d'injection
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.4 Rejointoiements

C'est une procédure de restitution de la résistance initiale applicable aux murs en pierre ou en brique qui consiste à rejointoyer au mortier les parties détériorées par l'érosion ou par les racines de plantes qui ont poussé entre les pierres. Des produits de densité ou de viscosité variable sont introduits par gravité ou par infusion, en fonction de la technique d'exécution employée. (Xavier CASANOVAS, 2007)

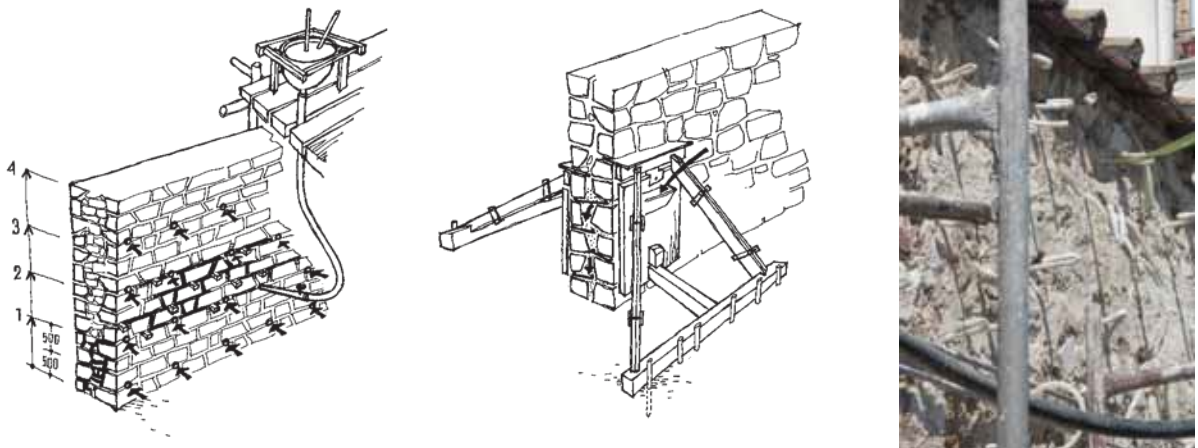


Figure 49 : technique de rejointoiement.
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.5 Enduit de renfort à base de mortier ou de béton armé (Renforcement par Chemisage)

Cette technique consiste à augmenter la section du mur ou du poteau et même poutre endommagée ou sous-dimensionnée en incorporant aux parements des épaisseurs de matériau –mortier ou béton– après la pose de treillis métalliques, solidarisés entre eux dans le mur. La mise en œuvre du matériau de renfort peut se faire en disposant des coffrages parallèles aux parements et en y coulant ensuite la préparation, ou bien par simple projection sur les parements avec le treillis déjà en place ou encore par gunitage en choisissant la procédure, selon l'épaisseur requise et le supplément de résistance attendue du renfort. (Xavier CASANOVAS, 2007)

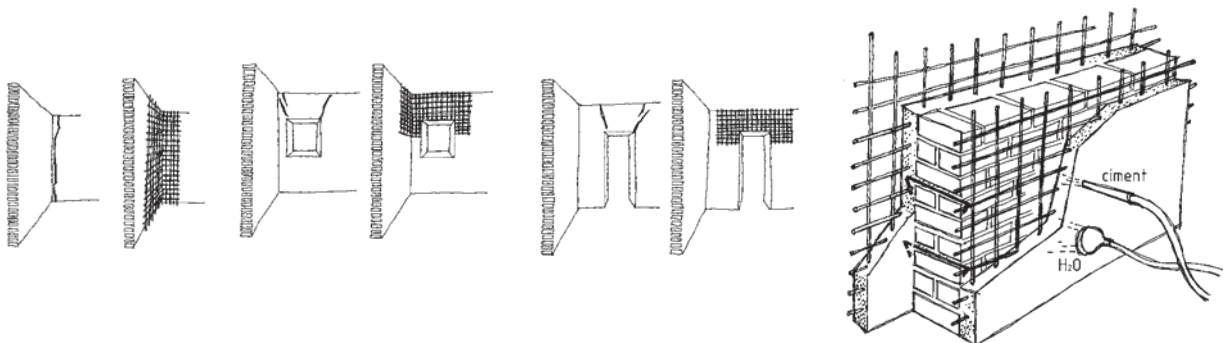


Figure 50 : chemisage de la partie fissurée.
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

Figure 51 : le gunitage d'un mur en maçonnerie.
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)



Figure 52 : Le ferrailage pour un chemisage
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

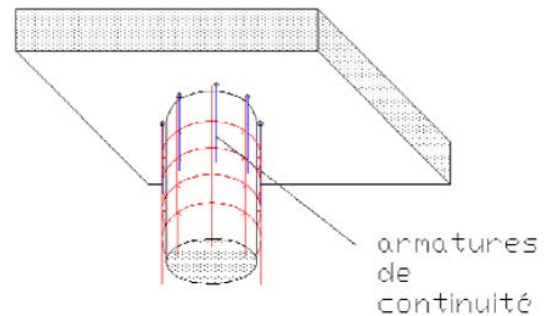


Figure 53 : il faut assurer la continuité de l'acier
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.6 Pose de tirants

« La pose de tirants dans les structures murales vise généralement à freiner l'effondrement des murs ou leurs déformations progressives transversalement à leur plan. Cette méthode consiste à disposer des éléments linéaires qui vont exercer des tractions. Appelés tirants, ces éléments sont constitués en principe d'un câble d'acier et fixés à deux murs opposés par des pièces spécifiques d'ancrage qui évitent l'évolution de leur écartement et la perte subséquente de leur capacité résistante. » (Xavier CASANOVAS, 2007)

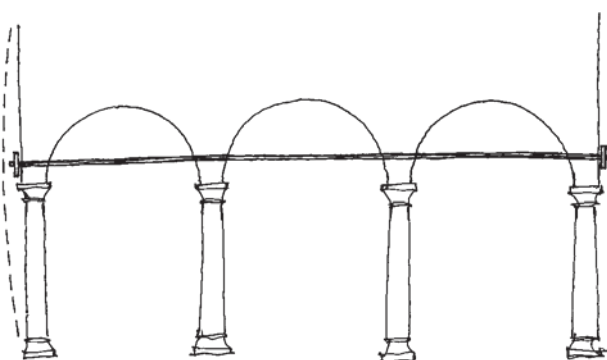


Figure 54 : exemple d'utilisation des tirants
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

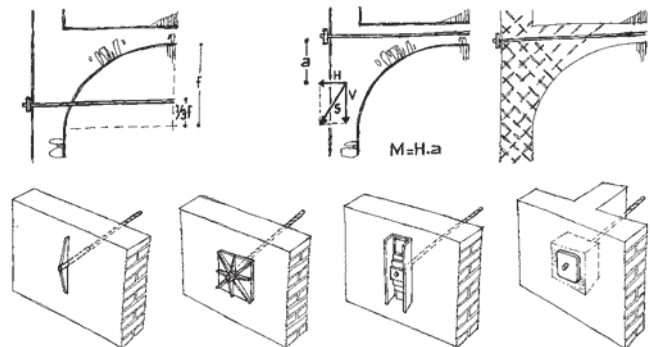


Figure 55 : quelque type de tirants.
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.7 Contreforts

Leur fonction équivaut à celle des tirants et il est pratiquement obligatoire de les appliquer lorsque le bâtiment ne dispose pas d'éléments suffisamment rigides, capables d'absorber les tensions ponctuelles créées aux points d'ancrage des tirants. Dans ces cas, l'absorption des poussées des voûtes, des arcs ou de tout autre élément qui introduirait des sollicitations inclinées dans les murs, peut être confiée aux contreforts, car ils sont capables de transmettre ces actions au terrain à travers leur section. (Xavier CASANOVAS, 2007)

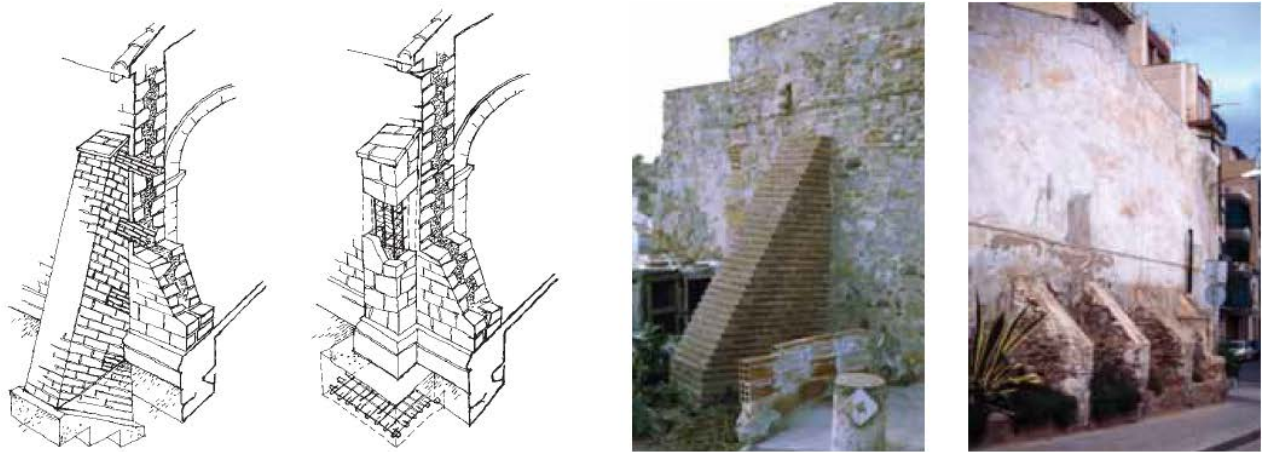


Figure 56 : exemples des contreforts
source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.8 Chaînage

La disposition de ceintures ou de courroies sur le pourtour de murs structurants fermés, montés avec un appareillage en brique, d'un bâtiment ou sur ses piliers en pierre ou en brique, pour les rendre plus robustes et augmenter leur résistance,

Le fer et l'acier sont les matériaux employés depuis longtemps pour fabriquer ces éléments. Plus récemment, les bandes en fibre de carbone remplissent la même fonction dans certaines situations. Néanmoins, il est nécessaire de considérer les effets du matériau qui adhérera à l'élément renforcé. (Xavier CASANOVAS, 2007)

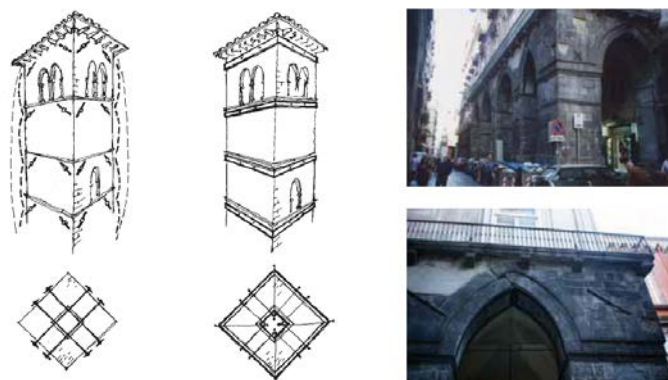


Figure 57 : chaînage par des ceintures en acier.
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.2.9 Taxidermies avec des barres d'acier

C'est un système de renfort intégral, applicable aux murs en pierre ou en brique, qui consiste à mettre en œuvre des armatures en acier à l'intérieur du mur, pour augmenter leur capacité de résistance globale ou créer des zones plus rigides. (Xavier CASANOVAS, 2007)

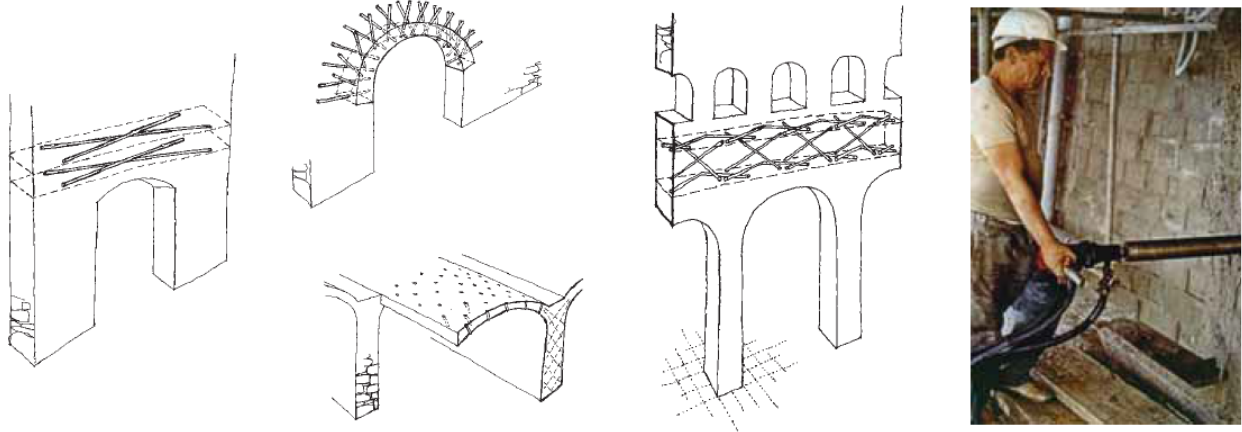
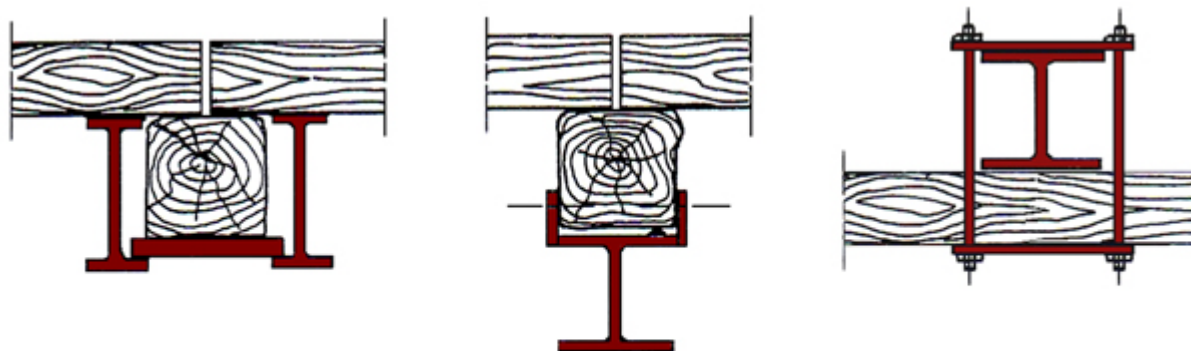


Figure 58 : des exemples de technique des taxidermies avec des barres d'acier.
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

2.3 Renforcement des poutres

2.3.1. Consolidation de poutres en bois par adjonction de profils métalliques en acier

Cette technique consiste à mettre en place des profilés métalliques en acier (I,H,U), afin de consolider les poutres en bois, comme il est montré dans les figures suivantes :



a) Renforts par poutres moissantes I, H ou U

b) Renforts en dessous par profilés I, U ou H

c) Renfort au dessus par suspente accroc à des profils I ou H perpendiculaires

Figure 59 : la consolidation par des profilés métalliques
Source : (Pierre Engel, 2009)

2.3.2. Consolidation de poutres en béton armé par adjonction de composants en acier

Dans la même logique que les poutres en bois mais pour cette méthode, on peut utiliser plusieurs matériaux qui sont par des profilés métalliques (U, C ou PRS), ou par un chemisage en béton armé mais on encastrant les profils I ou H, ou bien par collage soit du tôle ou des fibres de carbone (Pierre Engel, 2009)

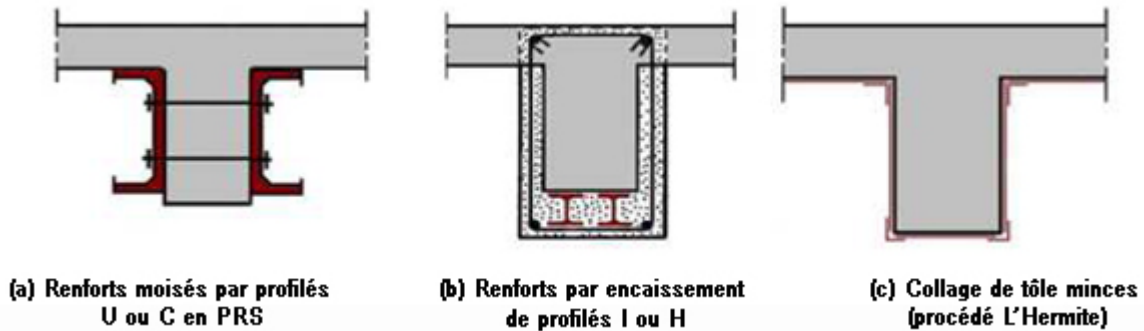


Figure 60 : La consolidation des poutres par l'acier
Source : (Pierre Engel, 2009)



Figure 61 : Renforcement par les fibres de carbone
Source : (ATTARI, 2013)

2.4 Renforcement des Structures en Béton Armé

2.4.1. Renforcement de la structure par des murs de contreventement voiles béton

Cette technique de renforcement consiste à répondre aux efforts horizontaux, à donner plus de raideur à l'ensemble du bâtiment et à diminution de l'effet de torsion ; et cela peut souvent être garanti par la mise en place des murs en béton armé ou de remplissage et par des palées de contreventement. (Attari.N; 2013)

Malgré que cette technique aide à réduire la torsion, mais elle peut modifier les espaces intérieurs donc elle peut rendre le fonctionnement moins efficace elle peut provoquer des irrégularités en élévation même elle peut reporter des charges supplémentaires dans les zones faibles donc il faut bien étudier où il faut mettre ce type d'intervention qui est considérée comme intervention lourde.(Attari.N; 2013)

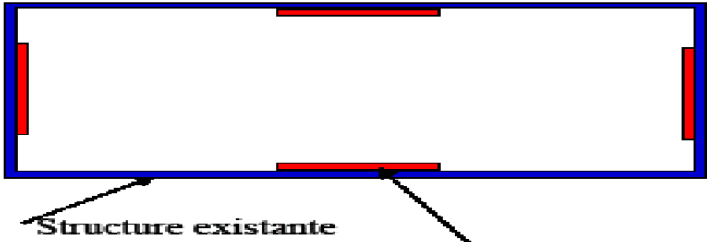
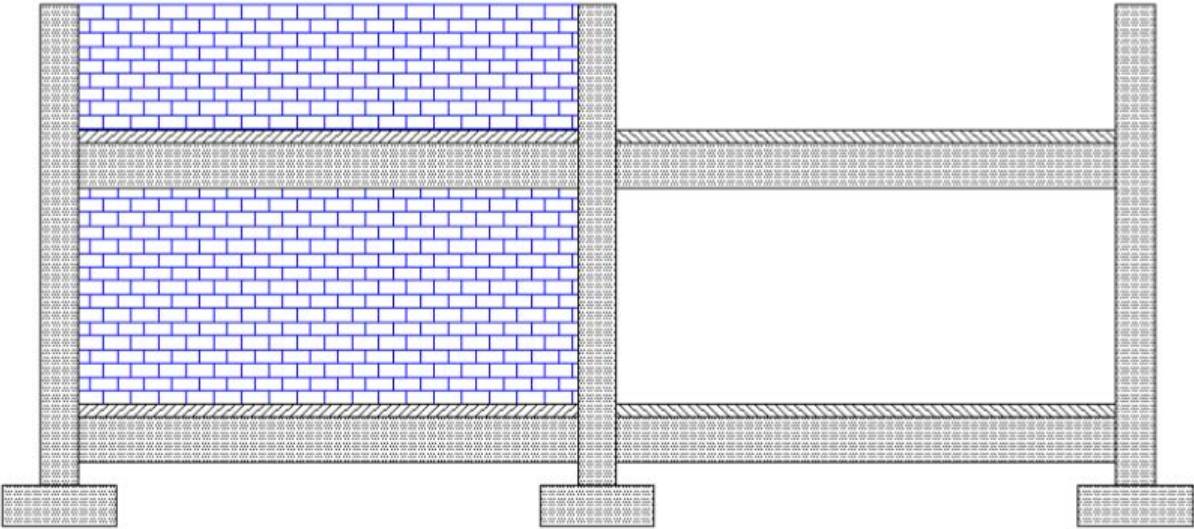
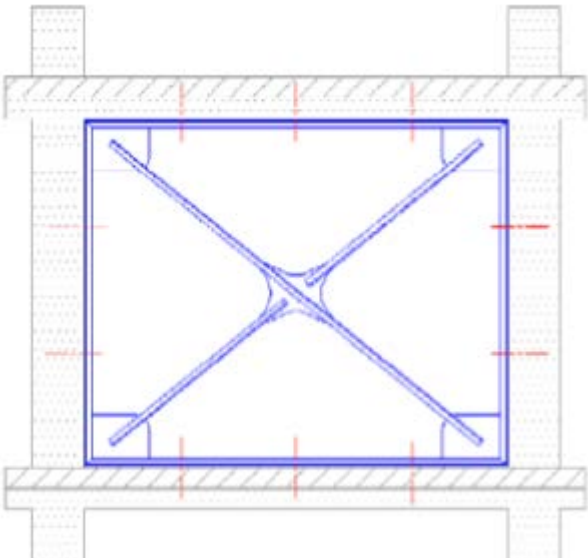


Figure 62 : exemple de renforcement par voile en béton armé
Source : (ATTARI, 2013)



Et pour le type de contreventement par palée triangulé on a une nouvelle technique qui consiste à placé des amortisseurs aux niveaux des profilés métallique afin d'absorber le choc et de minimiser effort horizontal appliqué sur la structure



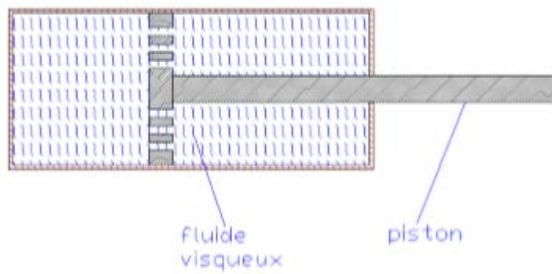


Figure 66 : amortisseur à fluide visqueux
Source : (ATTARI, 2013)

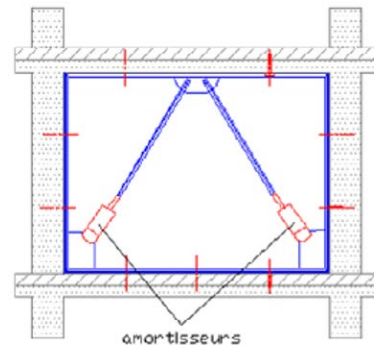


Figure 67 : contreventement métallique avec des amortisseurs
Source : (ATTARI, 2013).

2.5 La réhabilitation des planchers du bâti ancien :

Il s'agit de remettre en état, les planchers dégradés, pour qu'ils assurent dans les meilleures conditions leurs rôles, afin de garantir la conservation des édifices qui les comportent.

A cet effet, nous présenterons, quelques techniques qu'on utilise généralement pour la remise en état des planchers les plus courants du bâti ancien.

2.5.1 Les planchers en bois :

Dans le bâti ancien on trouve pratiquement deux types de planchers qui sont : planchers à travures simples ou à travures composées. Qui sont composés généralement de solives ou de poutres en bois recouvertes par des planches en bois formant le parquet.

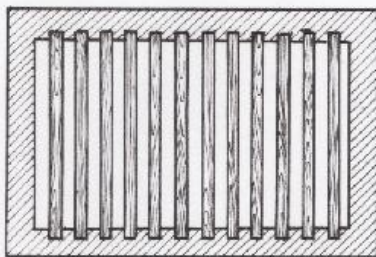


Figure 68 : Plancher ancien en bois à travure simple
Source : (ANAH, 1979)

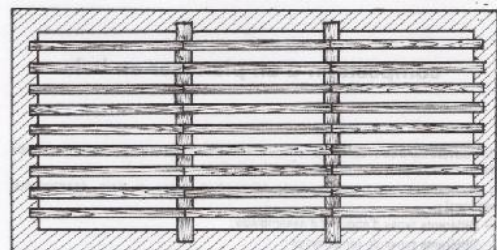


Figure 69 : Plancher ancien en bois à travure composée
Source : (ANAH, 1979)

1. Solive simple
2. Chevêtre (également appelé « linçoir »)
3. Solive « boiteuse »
4. Solive d'enchevêtrement
5. Conduit de fumée
6. Gros fers de section carrée
7. Etrier métallique
8. Ancrage dans la maçonnerie

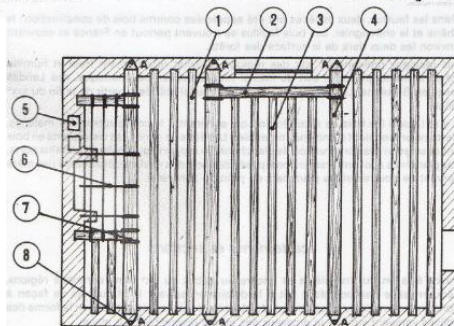


Figure 70 : Composition type d'un plancher en bois
Source : (ANAH, 1979)

2.5.1.1 Les causes de dégradation des planchers en bois :

La dégradation du bois est généralement causée par deux facteurs à savoir : L'humidité qui entraîne l'attaque des champignons et le pourrissement des bois ; ainsi Les attaques des insectes parasites qui causent les vermoultures du bois.

2.5.1.2 Techniques de réparation de renforcement et de remplacement d'un plancher en bois :

Concernant les techniques remettre en état un plancher en bois ancien dégradé ; il existe plusieurs solutions, à savoir, pratiquer un renforcement, une réparation ou le remplacement du plancher.

2.5.1.3 Techniques de renforcement des planchers en bois :

Plusieurs techniques sont préconisées pour renforcer les planchers en bois défaillants, parmi celles-ci nous distinguons : renforcement par recouplement des travers par une poutre en bois ou en métal ; renforcement par des solives intercalaires ; renforcement d'une solive sur sa longueur.

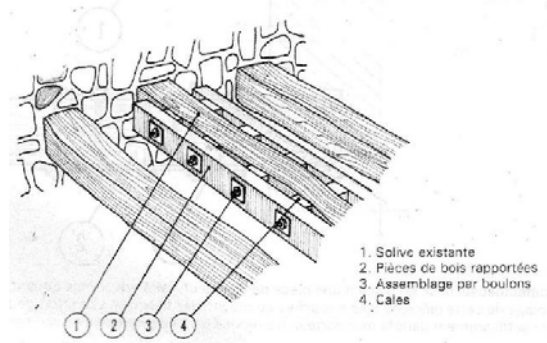


Figure 71 : Renforcement d'une solive sur toute sa longueur
Source : (ANAH, 1979)

2.5.1.4 Techniques de réparation des planchers en bois :

A. Réparation d'un appui de solive :

Dans le cas où on a des dégradations locales au niveau d'appui de solive, on intervient par une réparation ponctuelle et qui est, une technique expérimentée consiste à boulonner des flasques en métal ou en bois sur la solive.

1. Pièce en tôle épaisse formant flasque
2. Partie saine de la solive
3. Pièce de bois traitée rapportée en bout

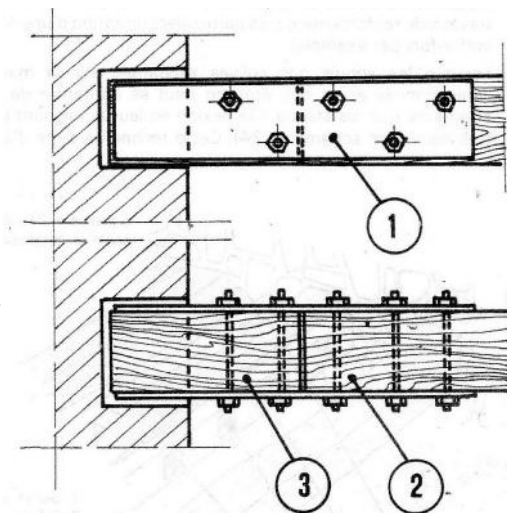


Figure 72 : Réparation d'un appui de solives
Source : (ANAH, 1979)

B. Traitement curatif des bois :

Il est toujours conseillé de traiter les bois afin d'éliminer ou minimiser au maximum, les causes de dégradation du bois et qui sont l'humidité et les attaques des insectes.

2.5.1.5 Techniques de remplacement des planchers en bois :

Parmi les techniques de remplacement des planchers en bois qui sont ; le remplacement par un plancher à dalle en béton coulé sur les solives existantes, ou par un plancher à poutrelles en béton et hourdis avec dalle de compression en béton armé ou encore par un plancher à poutrelles métalliques avec dalle de compression en béton armé ; nous allons choisir le remplacement par un plancher en bois neuf . Afin de garder l'aspect initial de la planche et même du bâtiment, et de ne pas changer le système structurel.

2.5.1.6 Technique de remplacement par un plancher en bois neuf :

Cette solution est la plus apte à résoudre le problème de remplacement du plancher ancien en bois, surtout dans le cas des immeubles à pans en bois ou à murs porteurs de faible épaisseur, qui ne peuvent supporter la surcharge de plusieurs niveaux de planchers lourds.

Ainsi, pour remplacer un plancher en bois très dégradé et irrécupérable nous proposons le plancher suivant :

Il s'agit d'un plancher dont les travures sont composées, de solives en bois de section 75x 225 mm dont l'écartement est d'environ 0,50m pour une portée de 4m, sur les solives, des panneaux de particules sont cloués, sur lesquels on pose un isolant pour sol, au-dessus duquel, des panneaux de particules flottant de 30mm viennent s'appliquer , pour supporter le revêtement de sol.

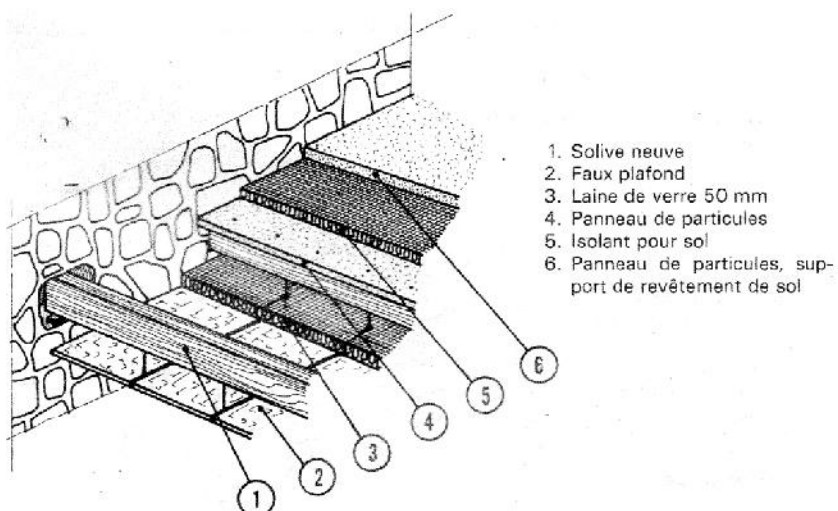


Figure 73 : Mise en place d'un plancher en bois neuf
Source : (ANAH, 1979)

2.5.2 Les planchers métalliques :

A l'air de la révolution industrielle du 19e siècle, la production métallique est utilisée pratiquement dans tous les domaines et parmi ces domaines, on a la construction, c'est pour cette raison que les planchers métalliques ont fait leur apparition pendant la seconde moitié du même siècle, et à partir de 1900 leur utilisation dans la construction s'est généralisée, et leur usage a continué en se diversifiant, jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale ou un peu plus tard.

2.5.2.1 Composition d'un plancher métallique :

Comme le cas des planchers à ossature en bois, les planchers métalliques qu'on rencontre dans le bâti ancien, sont généralement à travures simples et/ou à travures composées ;

en général, ces planchers sont composés de profilés ou solives métalliques, qui reposent sur les éléments porteurs verticaux. Ces planchers sont aussi constitués d'un remplissage placé entre les solives, sur lequel est coulé un béton maigre de plâtre, béton ou autre.

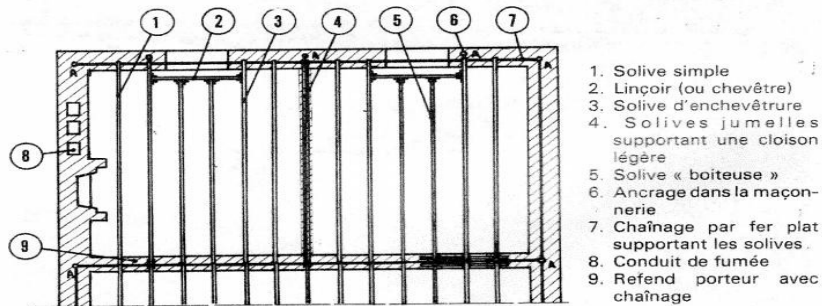


Figure 74 : Composition type d'un plancher métallique
Source : (ANAH, 1979)

2.5.2.2 Les causes de dégradation des planchers métalliques :

La sensibilité des produits métalliques vis-à-vis à l'eau et l'incendie, rendent ces deux éléments les premières causes de dégradation du plancher métallique.

2.5.2.3 Les types courants des planchers métalliques du bâti ancien :

On rencontre dans le patrimoine bâti ancien plusieurs types de planchers métalliques, parmi ceux-là, nous présenterons les planchers courants suivants :

A. Plancher courant avec hourdis en auget :

« Très courant dans les constructions anciennes urbaines, ce type de plancher métallique était réalisé pour y poser un parquet de bois » (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

B. Plancher courant avec hourdis plein :

« Pour réaliser ce type de plancher, qui n'est guère différent du plancher avec hourdis en auget, on coulait du plâtre et plâtras, pour former un hourdis plein et solidariser tous les éléments entre eux. Ce type de plancher était surtout réalisé pour que l'on y pose un carrelage. » (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

C. Plancher métallique avec voûtains en brique pleine :

« Ce type de plancher qu'on retrouve aussi dans le bâti ancien, a été surtout utilisé pour les planchers de rez-de-chaussée et de cour, ces planchers sont conçus en général pour reprendre de lourdes charges. De par leur position, ils sont fréquemment en contact avec l'humidité et par conséquent, ils font souvent état de corrosion lors des diagnostics. » (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

D. Plancher métallique avec hourdis en terre cuite :

« Dans ce type de plancher, les hourdis en terre cuite reposant sur les ailes inférieures des solives métalliques, ont permis de réaliser des écartements plus importantes que ceux des planchers métalliques en voûtains de brique. » (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

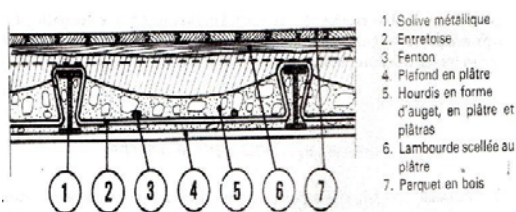


Figure 75 : Plancher métallique avec hourdis en auget
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

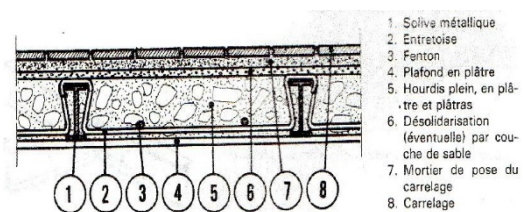


Figure 76 : Plancher métallique avec hourdis plein
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

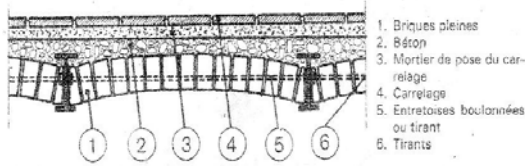


Figure 77 : Plancher métallique avec voûtains en briques pleines
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

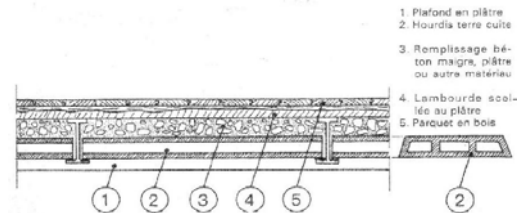


Figure 78 : Plancher métallique avec hourdis en terre cuite
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

2.5.2.4 Techniques de réparation de renforcement et de remplacement d'un plancher métallique :

Ainsi, parmi les techniques de réparation, de renforcement ou de remplacement d'un plancher métallique, on peut citer :

A. Le recouplement des travures par une poutre métallique :

Cette technique consiste à mettre en place une poutre métallique, au niveau de la mi-portée, et qui va supporter les profilés du plancher afin de renforcer ce dernier, et cette technique est la plus simple.

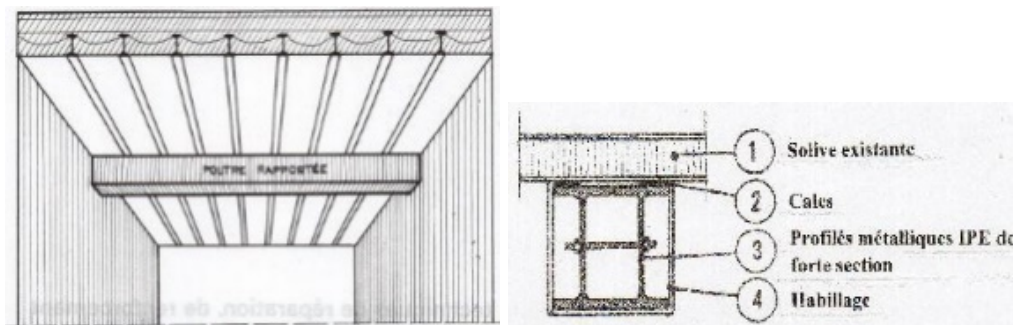
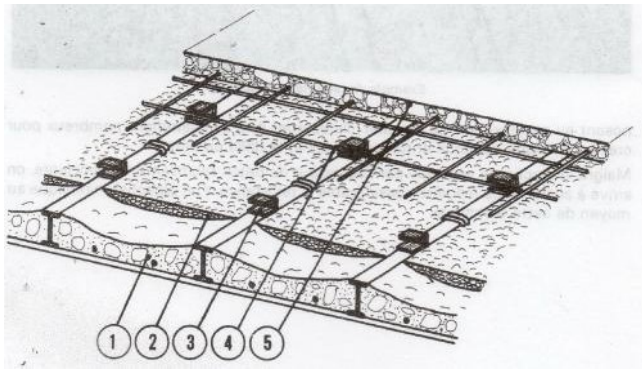


Figure 79 : Renforcement d'un plancher métallique par recouplement
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

B. La technique du plancher collaborant:

Le principe de cette technique consiste à couler une dalle en béton armé de 6 à 8 cm d'épaisseur sur des solives, à qui sont soudés des connecteurs servant à retenir un treillis soudé et à avoir une adhérence entre la dalle de béton et les solives, de ce fait cette technique augmente la résistance du plancher.



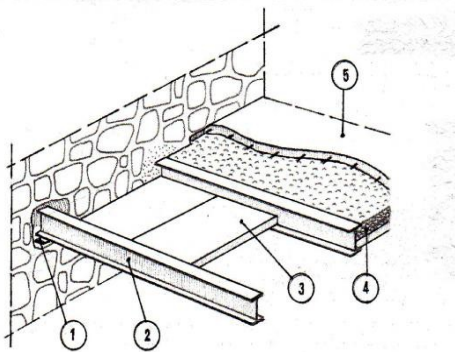
1. Plancher existant (poutrelles + hourdis)
2. Remplissage éventuel (béton léger ou Vermaspha)
3. Connecteurs
4. Treillis soudé
5. Dalle en béton

Figure 80 : Renforcement d'un plancher métallique par la technique du plancher collaborant
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

C. La technique de remplacement par un plancher métallique neuf:

Comme son nom l'indique, cette technique consiste à remplacer l'ancien plancher par un autre plancher métallique neuf, et elle est utilisée lorsqu'on a les solives du plancher métallique corrodées.

Dans ce type de plancher de remplacement, il est préférable que les solives s'encastrent dans les mêmes loges des solives de l'ancien plancher



1. Encastrement et calage de la poutrelle
2. Poutrelle métallique
3. Prédalle en béton ou hourdis en terre cuite
4. Remplissage en béton léger
5. Dalle de compression armée d'un treillis

Figure 81 : Mise en place d'un plancher neuf à poutrelles métalliques
Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)

2.6 Interventions spécifiques sur les arcs, les voûtes et les coupoles

Certaines solutions applicables au renfort des planchers intéressent aussi les arcs, les voûtes et les coupoles. Ainsi, les tirants métalliques interviennent-ils très souvent pour étayer les arcs et les voûtes ; on les placera sur les parties tractées de l'extrados. Les arcs peuvent élargir leur champ résistant au moyen de barres d'acier introduites, en guise de taxidermie, à partir de l'intrados. Sur certaines voûtes surbaissées, les chaînages périphériques en acier ou en béton armé absorbent les poussées créées au niveau du soubassement. Quant aux dalles en béton armé, elles peuvent renforcer les voûtes et les coupoles en les connectant sur l'extrados. (Xavier CASANOVAS, 2007)

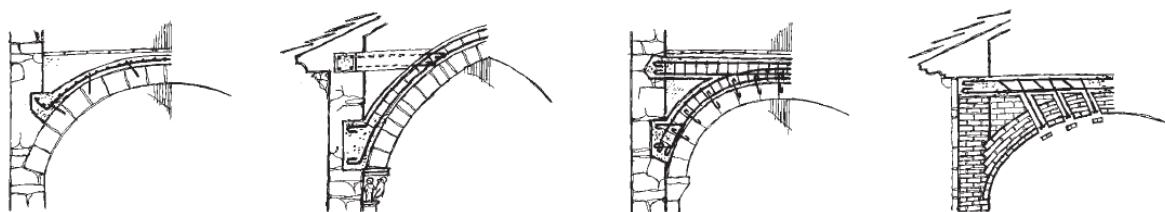


Figure 82 : Interventions spécifiques sur les arcs, les voûtes et les coupoles
Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)

3. Diagnostic de la vulnérabilité du bâti ancien.

Le concept vulnérabilité est issu du latin Vulnerabilis qui exprime la capacité d'une personne ou d'un bien à résister face à un risque donné. (ATTARIN, 2013) donc cette notion est utilisée pour désigner un état de fragilité, ou le degré de sensibilité face à un aléa.

Avant d'entamer une réhabilitation, il est nécessaire d'examiner la nature ainsi que l'état de la structure et des éléments non-structuraux, et de réunir un maximum de données relatives au sol et au site.

Même Lorsqu'on décide de réhabiliter une construction dont on a constaté la vulnérabilité aux séismes. Bien qu'on ait souvent recours aux méthodes de vérification de résistance et de rigidité destinées à la construction neuve, il est préférable d'utiliser des méthodes spécifiquement établies pour la réhabilitation parasismique.

Parmi ces méthodes, nous allons vous proposer deux méthodes, dans la première (AFPS) et la deuxième (Réhabimed) qui est une méthode de réhabilitation dans laquelle on fait un diagnostic de la vulnérabilité de l'édifice

3.1 Présentation de la méthode AFPS

C'est une méthode proposée par le groupe de travail " Vulnérabilité du bâti existant " de l'Association française du génie parasismique (AFPS) (Association Française du Génie Parasismique)

Cette méthode est applicable aux bâtiments construits depuis la deuxième moitié du 20e siècle, et cette méthode consiste à faire une évaluation de la vulnérabilité du bâti en deux niveaux d'évaluation qui sont ; Le premier consiste en une approche qualitative et le second en une vérification quantitative.

3.1.1 Niveau 1 : approche qualitative

Dans ce niveau, on engage une inspection extérieure et intérieure du bâtiment, afin d'élaborer une grille de relevé détaillée, en suite, on évalue la vulnérabilité à l'aide d'un tableau d'évaluation, dans ce tableau, on a des divers facteurs de vulnérabilité et qui sont accompagnée par des cotes (coefficients de pénalité) qui nous permettent de calculer un coefficient K variant de 0 à 100 ; et à partir du coefficient K quand peu connaitre le degré de vulnérabilité

- très forte vulnérabilité, $K > 100$
- forte vulnérabilité, $50 < K < 100$
- moyenne vulnérabilité, $25 < K < 50$
- faible vulnérabilité, $10 < K < 25$
- très faible vulnérabilité, $K < 10$.

EVALUATION QUALITATIVE DE LA PRESOMPTION DE VULNERABILITE

Propriétaire du bâtiment :

Dénomination et adresse du bâtiment:

Année de construction :

Date du diagnostic : Auteur du diagnostic:

Chapitre trois : les techniques de réhabilitation structurelle des édifices anciens construits en pierre de taille situés dans des zones sismiques.

A Implantation du bâtiment	1 Pente générale du terrain >40%5				2 Proximité d'un changement de pente D<2Hdubâtiment 15				Observations
B Environnement du bâtiment	1 Bâtiments accolés : joint=0ouremplid'unmatériau 25				2 Joints entre blocs adjacents <2 cm2à4cm>4 cm 25105				
C Type de structure	1 Murs en maçonnerie de blocs 15	2 Murs en béton non armé 10	3 Murs en béton armé 5	4 Ossature poteaux-poutres sans remplissage 20	5 Ossature poteaux-poutres avec remplissage 25	6 Système mixte murs en maçonnerie et ossature20	7 Panneaux de façade BA Préfabriqués porteurs 10	8 Ossature BA préfabriquée porteuse 50	
D Forme en plan	1 Irrégulière5		2 Elancement en plan L/l>45			3 Parties saillantes ou rentrantes 5			
E Forme en élévation	1 Etages en encorbellement >2m15	2 Retrait en façade >40 % 20	3 Planchers d'un même étage situés à des hauteurs différentes10		4 Présence d'un plancher lourd ou d'une toiture lourde 10		5 Absence de diaphragme horizontal en toiture 20		
F Contreventement	1 Variationverticalecroissante desrigidités0à100 (voirformule1)		2 Dissymétrie : torsion faible:5 accusée:50			3 Absence de contreventement dans le sens des x ou y 100		4 Densité de voiles de contreventements en x ou y 0à100 (voirformule2)	
G Zone sous éléments critiques	1 Descentedechargeenbaïonnette25	2 Présencedepoteauxcourtsou partiellementbridésparticipantacontreventement 50		3 Présence de poteaux élancés 10		4 Percements inserts dans les poteaux e>d/3 25	5 Percements inserts dans les poutres e>d/3 10	6 Percements inserts dans les nœuds e>d/3 50	
	7 Présence d'un angle de façade affaibli 15		8 Axes poteaux et poutres non concourants e>c/2 10		9 Diaphragmes horizontaux avec grandes ouvertures s>10%S 10		10 Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC verticaux:25 horizontaux:75		
H Divers	1 Etat de conservation du gros œuvre médiocre:10 mauvais:25		2 Risque de chute d'éléments non structuraux 5			3 Façade BA préfabriquée non porteuse 10			
Total des pénalités									

Tableau 7 : Tableau d'évaluation de présomption de vulnérabilité
source : (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.)

Afin d'éviter d'accroître la " note " par un nombre important de facteurs de vulnérabilité faibles, une correction du résultat est prévue.

Dans le cas où on de très forte vulnérabilité ou forte vulnérabilité ($k > 50$), une évaluation quantitative est nécessaire. Mais dans le cas contraire on peut conclure directement sur un niveau de vulnérabilité, est dans ce même cas on peut correspondre le degré de vulnérabilité à un degré de dommage à l'aide du tableau (Typologie des dommages sismiques)

Pour les valeurs de $K < 50$, la correspondance avec le degré de dommages est la suivante :

Présomption de vulnérabilité moyenne : $25 < K < 50$

0.1 g : dommages légers

0.2 g : dommages modérés

0.4 g : dommages graves

Présomption de vulnérabilité faible : $10 < K < 25$

0.1 g : dommages négligeables

0.2 g : dommages légers

0.4 g : dommages modérés

Présomption de vulnérabilité très faible : $K < 10$

0.1 g : dommages nuls à négligeables

0.2 g : dommages négligeables à légers

0.4 g : dommages légers à modérés. (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.)

TYPED DOMMAGE	NATUREDES DOMMAGES	REPARATION	PERTESENV SHUMAINES
Nuls négligeables	Microfissures (1mm) dans quelques cloisons. Fatigue des bâtiments sans signe apparent d'endommagement	Appréciation au cas par cas	Nulles
Légers	Dégâts mineurs aux éléments non structuraux : - Fissures dans cloisons de distribution, - Chute de plâtras, - Chute d'éléments légers de	Réparation sans évacuation Des occupants	Rares
Modérés	Dégâts importants aux éléments non structuraux ; chute de cheminées Dégâts possibles aux éléments structuraux, fissuré sou plastifiés, mais non détruits	Réparation pouvant nécessiter l'évacuation des occupants	Peu nombreuses
Graves	Dégâts très importants aux éléments non structuraux, rupture ou effondrement localisé d'éléments structuraux	Expertise pour décision de réparer ou non	Possibilité de pertes nombreuses
Effondrement	Effondrement partiel ou total du bâtiment	Réparation lourde ou non envisageable	Possibilité de pertes Très nombreuses

Tableau 8 : Typologie des dommages sismiques
Source : (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.)

3.1.2 Niveau 2 : approche quantitative

En recensant tous les facteurs de vulnérabilité établis qualitativement et en examinant les résultats d'une analyse quantitative, on établit une évaluation de la vulnérabilité en plaçant une croix dans la case appropriée du tableau ci-après :

NATURE DU SEISME	NATURE DES DOMMAGES				
	Négligeables	Légers	Modérés	Graves	Effondrement
(VII) Faible (0.1g)					
(VIII) Moyen (0.2g)					
(IX) Fort (0.4g)					

Tableau 9 : Grille de présentation des résultats de l'évaluation de vulnérabilité
 Source : (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.)

Afin de mettre la croix à la bonne case, il faut faire une vérification de la stabilité de l'édifice pour les trois niveaux d'agression sismique (Faible, Moyen, Fort).

3.2 Présentation de la méthode RéhabiMed

Pour RéhabiMed, le concept de réhabilitation recouvre un vaste spectre d'interventions ayant pour objectif la récupération et la mise à jour d'une fonction perdue ou endommagée, dans notre cas : habiter. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Cette méthode est fondée sur une démarche composée de sept étapes (l'organigramme ci-dessous) qui permettant de diagnostiquer le bâti ancien et même de proposer comme se fait la procédure de la réhabilitation

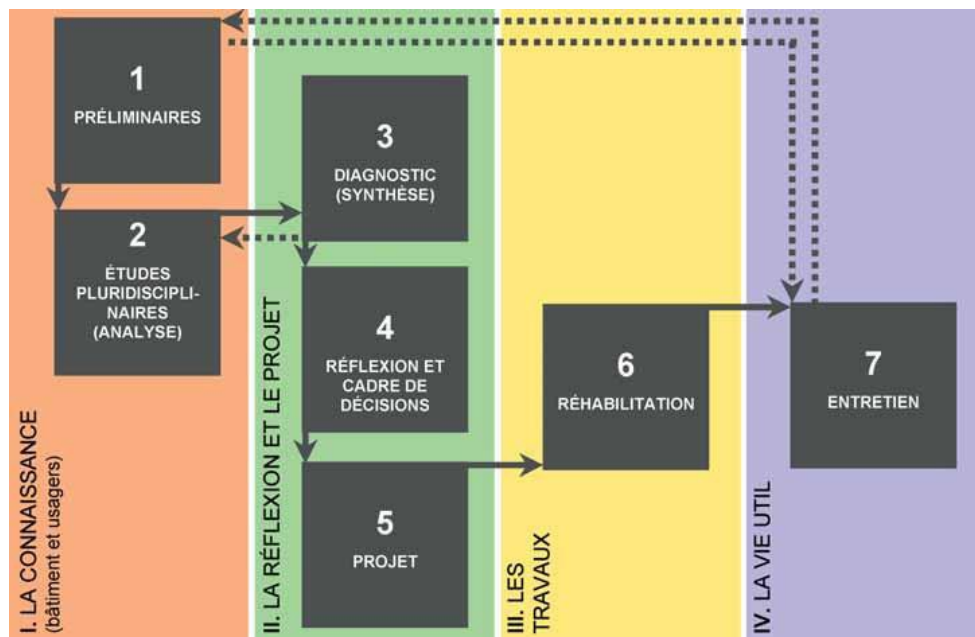


Figure 83 : Organigramme du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien
 Source: (Xavier CASANOVAS, 2007).

Les étapes à suivre dans un processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti tel que proposé par la méthode "RéhabiMed" sont les suivantes :

3.2.1 Etape 1 : Préliminaires

Cette étape a pour but de connaître si l'édifice a besoin une réhabilitation ou non, selon son état qui est déclaré par le pré-diagnostic, donc si le bâtiment est en bon état on passe directement à l'entretien afin de préserver cet état ; et si l'édifice n'est plus en bon état donc on a besoin d'une réhabilitation, de ce fait on passe à la deuxième étape de la méthode de RéhabiMed.

Donc comme on avait dit que l'état du bâti est la résultante de ce qu'on appelle le pré-diagnostic, donc cette étape s'articule principalement sur le pré-diagnostic. Ladite étape est explicitée par la figure qui suit :

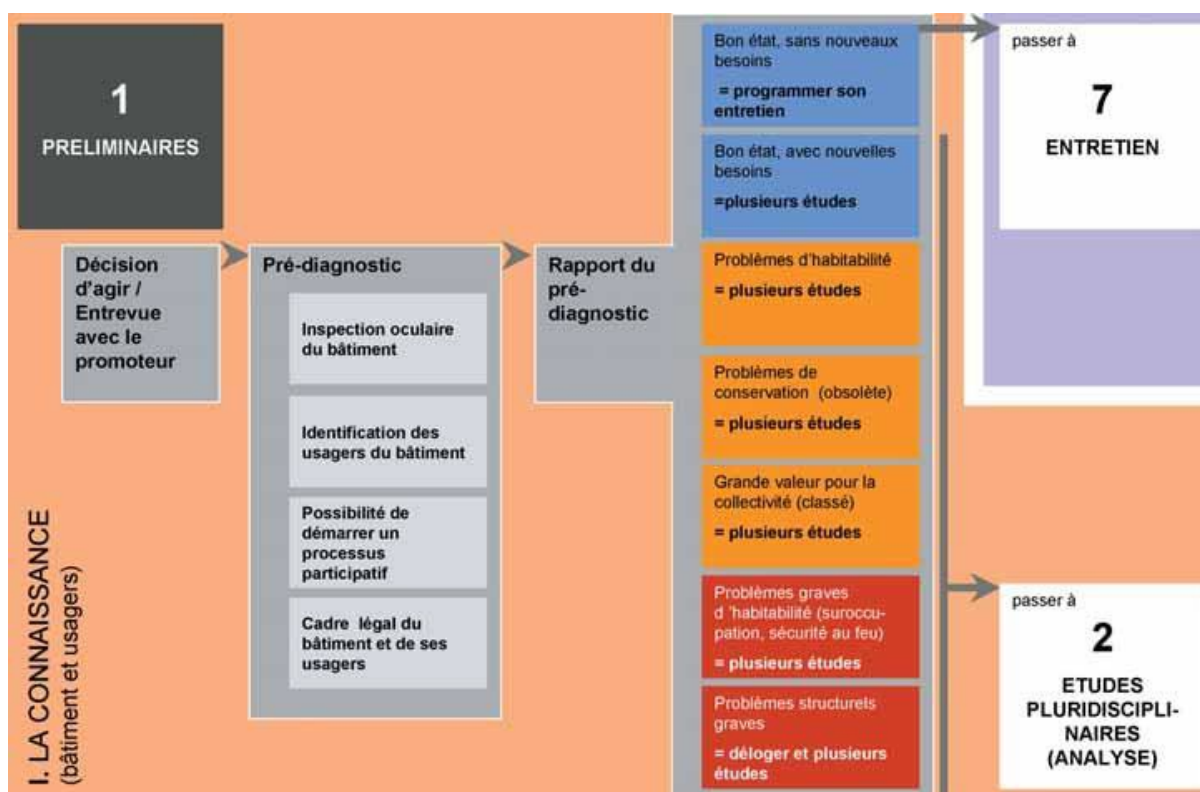


Figure 84 : Organigramme de l'étape 1 (Préliminaires) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien.
Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.1.1 Décision d'agir/Entre vue avec le maître de l'ouvrage:

C'est au moment que le maître d'ouvrage consulte un maître d'œuvre (l'architecte / ingénieur) dans le but de réhabiliter un édifice. Que cette partie commence, et dans laquelle le maître d'œuvre doit identifier les besoins et les désirs du maître de l'ouvrage, tout en essayant de rationaliser l'intervention et identifier les besoins les plus déterminants.

3.2.1.2 Pré-diagnostic :

Le pré-diagnostic est le point clé de cette première étape, il implique une première approche globale du bâtiment, de ses valeurs (architecturales, historique,...etc.) et de ses problèmes (qu'ils soient constructifs, d'habitabilités,...etc.) grâce à une première inspection du bâtiment. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Donc cette phase se fait, suite à une visite faite par le maître d'œuvre, qui va faire une évaluation première d'état de bâtiment. Il parcourt tout le bâtiment en tentant de :

- Découvrir le système constructif utilisé,
- Les valeurs architecturales qui le caractérisent,

- Les pathologies qui l'affectent,
- La problématique sociale qui lui est associée
- En particulier, il doit fixer son attention sur les descentes de charges ainsi que sur le parcours de l'évacuation des eaux.

3.2.1.3 Rapport du pré-diagnostic :

Après la visite du bâtiment par maître d'œuvre, il peut y avoir une première compréhension du bâtiment et de détecter ses problèmes et ses potentiels, le rapport de pré-diagnostic doit contenir les éléments suivants :

Les renseignements compilés.

L'évaluation de l'état du bâtiment.

Les recommandations concernant son traitement futur.

Les conclusions du rapport pré-diagnostic recommandent au maître de l'ouvrage, un type de traitement pour le bâtiment (une réhabilitation ou un entretien).

3.2.2 Etape 2 : Etudes pluridisciplinaires (analyse)

Afin de constituer une connaissance profonde objet de l'étude (bâtiment) il faut le cerner sur tous les côtés et tous les domaines, et cela nécessite un recueil d'informations dans tous les domaines (considérer nécessaires). (Xavier CASANOVAS, 2007)

De ce fait, l'expérience propre de l'architecte/ingénieur n'est jamais suffisante pour une telle étude, donc il est nécessaire d'envisager la consultation de divers spécialistes. La figure ci-après explicite cette étape.

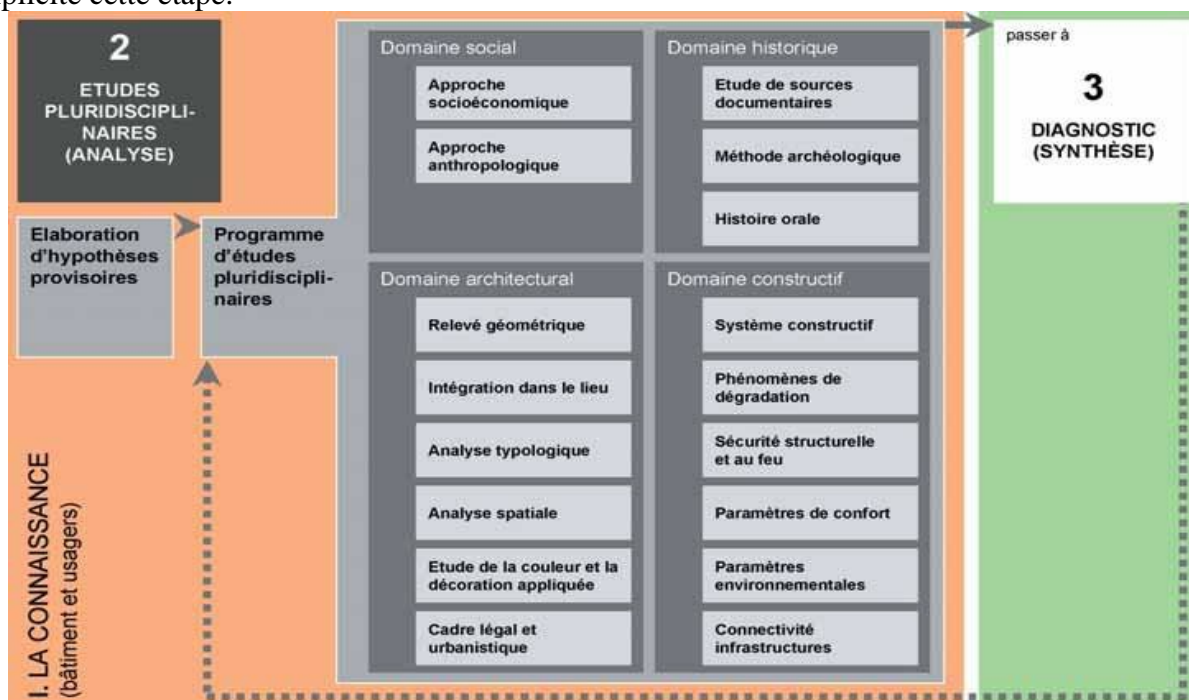


Figure 85 : Organigramme de l'étape 2 (Études pluridisciplinaires) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien.

Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.2.1 Elaboration d'hypothèses provisoires :

Le recueil d'informations sur l'objet d'étude (le bâtiment) et son contexte permet de poser des hypothèses afin de fixer des objectifs, et ces hypothèses seront confirmées ou infirmées dans les différentes études à mener. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.2.2 Programme d'études pluridisciplinaires

À partir de ces hypothèses, on planifiera un programme d'études abordable et cohérent en fonction des moyens disponibles.

À ce point du processus, on doit être pleinement conscient de l'échelle de l'intervention (s'il s'agit d'une petite maison, d'un grand bâtiment comportant de nombreux logements, d'un bâtiment catalogué de haute valeur monumentale, etc.). (Xavier CASANOVAS, 2007)

A. Domaine social :

Approche socioéconomique : c'est une enquête sociologique, qui permet de détecter les relations humaines aux familiales, ainsi que les possibles situations problématiques (entassement, marginalisation, chômage, abandon,...etc.) et leur relation avec le quartier ou le projet. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Approche anthropologique : on doit renforcer les études anthropologiques pour connaître les manières d'habiter qui sont en danger de disparition. (Xavier CASANOVAS, 2007)

B. Domaine historiques :

Afin d'approfondir nos connaissances sur l'édifice et fixer les critères d'intervention, il faut bien connaître la valeur historique de l'édifice, de ce fait, il est indispensable d'effectuer des études historiques sur le bâtiment à réhabiliter. Pour ce faire, les études suivantes sont à effectuer :

L'étude des sources documentaires : les archives du bâtiment, les photographies anciennes et les anciens documents du projet du bâtiment (plans, coupes, élévations,...etc.).

L'étude par la méthode archéologique : la méthode archéologique se fait à l'aide des sondages dans les murs, l'analyse des matériaux de construction, l'analyse stratigraphique du bâtiment,...etc. ;

Histoire orale : il est possible d'obtenir des renseignements très utiles sur le bâtiment à réhabiliter, ainsi que sur les techniques de construction anciennes, qui sont sur le point de disparaître, par la consultation orale de personnes d'un certain âge.

C. Domaine architectural :

Il est indiscutable que l'aspect architectural de l'édifice doit être compris et conservé, à cet effet, il est nécessaire de réaliser les travaux suivants :

Un relevé géométrique précis et dessin du bâtiment ;

Un reportage photographique voir vidéographique du bâtiment ;

Une étude sur l'intégration dans le lieu du bâtiment (étude des valeurs architecturales du bâtiment et de son environnement) ;

Analyse typologique du bâtiment ;

Analyse spatiale du bâtiment ;

Prendre connaissance du cadre ou statut légal et urbanistique du bâtiment. (Xavier CASANOVAS, 2007)

D. Domaine constructif :

Il est impérativement important de connaître la construction avant d'agir sur le bâtiment, et cela nécessite une reconnaissance de tous les éléments du bâtiment, on aura donc, à identifier et à approcher les éléments suivants :

Le système constructif : un architecte/ingénieur ayant une profonde connaissance des différents modes de construction peut connaître le système constructif, afin d'avoir une idée sur l'intervention sur ce système. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Les phénomènes de dégradation : C'est une étape purement scientifique, pour ce faire, l'architecte/ingénieur sera assisté d'un ensemble d'experts (chimistes, géologues, biologistes,...etc.) ; (Xavier CASANOVAS, 2007)

La sécurité structurelle et au feu : L'évaluation de la sécurité structurelle du bâtiment est indispensable afin d'éviter les accidents. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Les paramètres de confort : parmi les paramètres qui influencent le cadre de vie on trouve bien le confort donc Il est souhaitable de parfaire le confort de l'édifice. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Les paramètres environnementaux : lors d'une réhabilitation, il est recommandé d'introduire des critères de durabilité et de protection de l'environnement, dans la réhabilitation du bâtiment. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Connectivité du bâtiment avec les infrastructures : C'est tout ce qui concerne les raccordements de l'édifice aux réseaux des voiries et divers (VRD). (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.3 Etape 3: Diagnostic (synthèse)

Cette étape consiste à faire, une synthèse fondée sur les études pluridisciplinaires ayant été réalisées au cours de l'étape antérieure (études pluridisciplinaires).et le résultat de cette étape est la rédaction d'un rapport d'expertise. La dite étape est illustrée par la figure ci-dessous. (Xavier CASANOVAS, 2007)

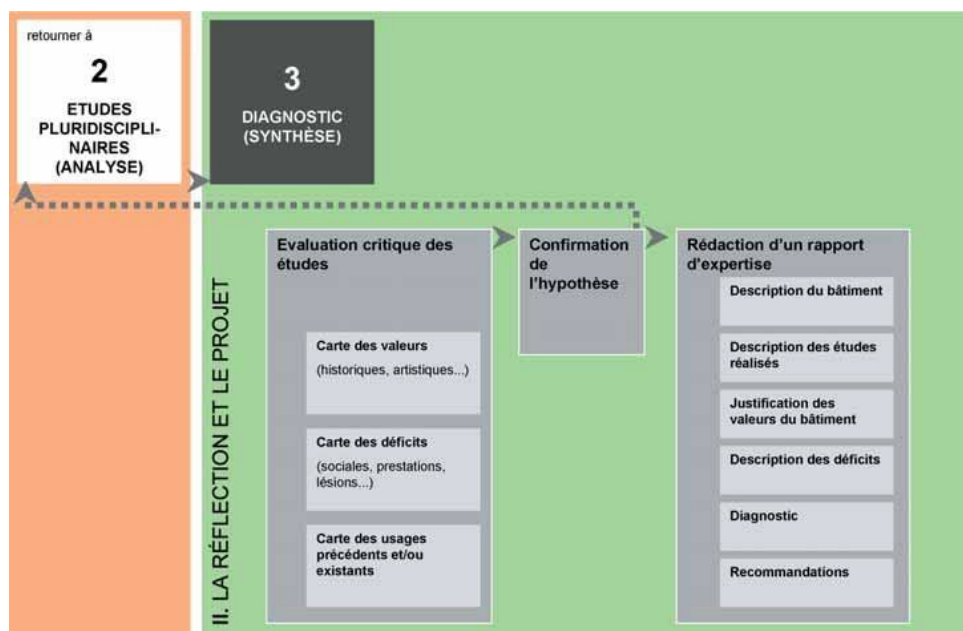


Figure 86 : Organigramme de l'étape 3 (Diagnostic (synthèse)) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien.
Source: (Xavier CASANOVAS, 2007).

3.2.3.1 Evaluation critique des études :

Afin d'être plus efficace on doit réunir toute l'information recueillis de manière ordonnée et graphique, afin de, réaliser un diagnostic précis, et résultat de ce fait on a trois cartes à connaître (carte des valeurs, carte des déficits, carte des usages précédents). (Xavier CASANOVAS, 2007)

A. Carte des valeurs:

Comme son nom l'indique ; c'est une Carte, sur laquelle, on notera les valeurs spéciales, de couleur, historique, artistiques de chaque partie ou de l'ensemble du bâtiment. (Xavier CASANOVAS, 2007)

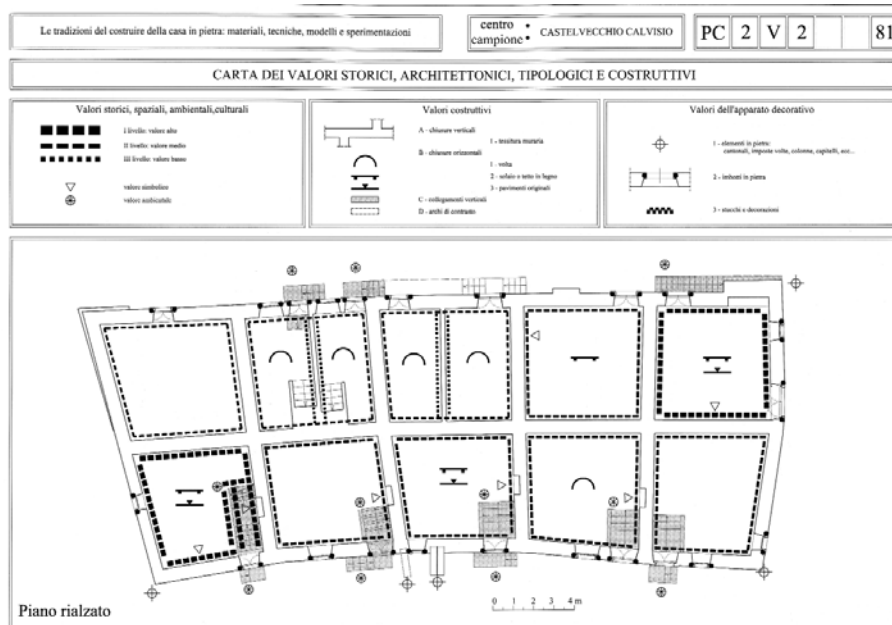


Figure 87 : exemple de la carte des valeurs.
Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

B. Carte des déficits:

Dans cette carte, on notera toute sorte de problèmes qu'on peut rencontrer exemple : les dégradations. (Xavier CASANOVAS, 2007)

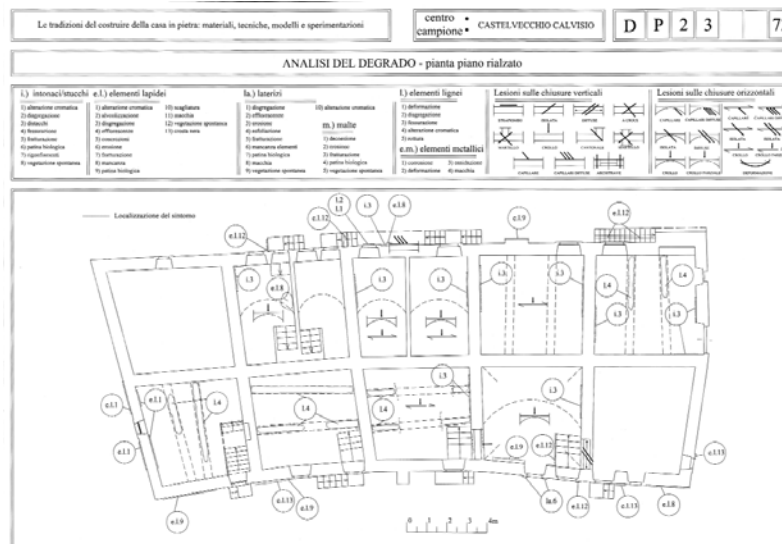


Figure 88 : exemple de la carte des déficits.
Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

C. Carte des usages précédents:

Sur cette carte, on montrera, comment a été utilisé le bâtiment avant l'intervention. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.3.2 Confirmation de l'hypothèse :

À ce stade, on a une vision globale du bâtiment donc on peut vérifier les hypothèses émises pendant l'étape 2 des études pluridisciplinaires du processus. (Xavier CASANOVAS, 2007)

Et il est toujours possible d'émettre de nouvelles hypothèses si les hypothèses initiales ne sont pas confirmées, il faut revenir à la phase des études pluridisciplinaires pour les établir. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.3.3 Rédaction d'un rapport d'expertise (rapport diagnostic) :

On clôture cette étape par un rapport diagnostic du bâtiment qui comportera essentiellement :

- l'état du bâtiment ;
- les causes de sa dégradation ;

Les recommandations relatives à sa réhabilitation. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.4 Etape 4 : Réflexion et cadre de décisions

C'est à ce moment, après la connaissance du bâtiment et de ses usagers, que l'on vérifiera la faisabilité des idées du maître de l'ouvrage ou du client, cela permettra en cette étape, d'arrêter le type de réhabilitation à mener sur le bâtiment. La figure ci-après illustre cette étape. (Xavier CASANOVAS, 2007)

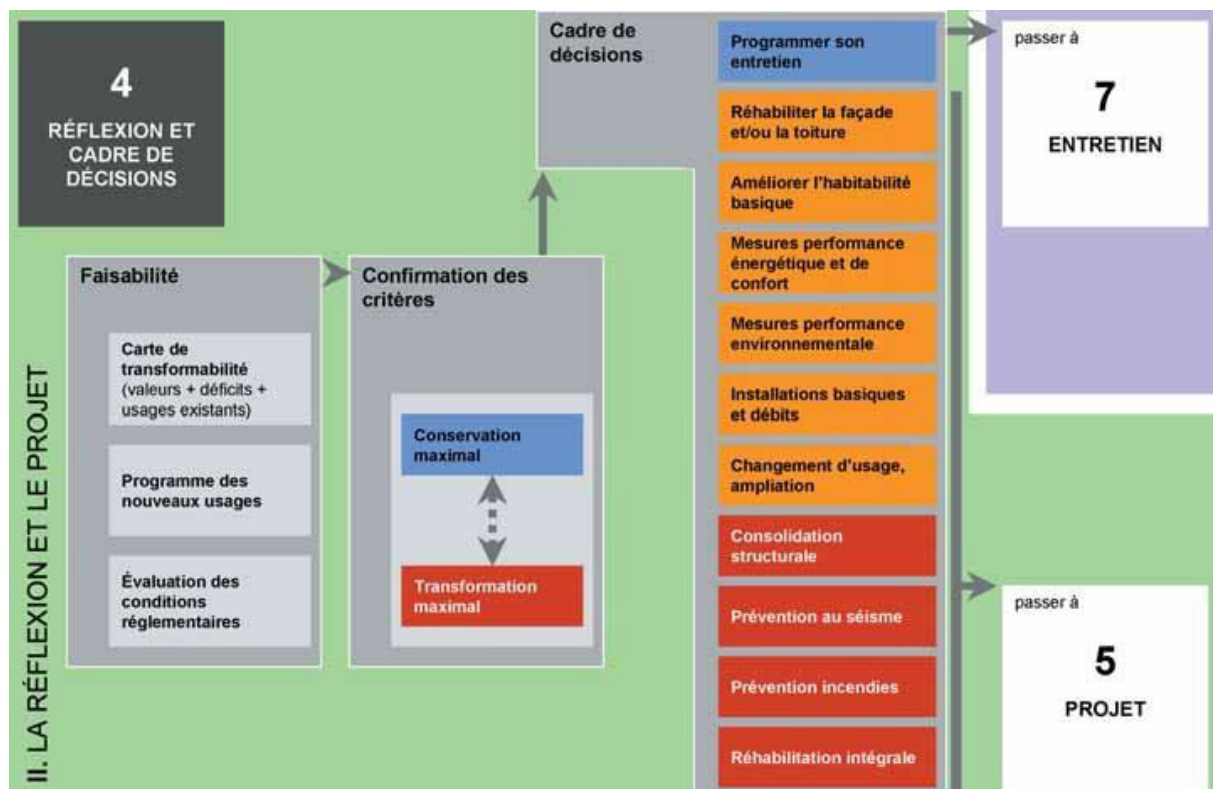


Figure 89 : Organigramme de l'étape 4 (Réflexion et cadre de décisions) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.4.1 Faisabilité :

Pour effectuer l'étude de la faisabilité des volontés du maître de l'ouvrage, on se basera sur trois études partielles dont :

A. Carte de transformabilité:

Pour la réalisation de la carte de transformabilité, on doit superposer les informations des cartes des valeurs, des déficits et des usages antérieurs et actuels du bâtiment afin de connaître où on peut intervenir et comment faire le changement (éliminations, additions, reformes,...etc.) et les parties qui devraient être conservées pour préserver sa valeur. (Xavier CASANOVAS, 2007)

B. Programme des nouveaux usages:

Cette étude consistera à définir le programme des nouveaux usages proposés par le maître de l'ouvrage/le client, et déjà rationalisé par l'architecte/ingénieur. (Xavier CASANOVAS, 2007)

C. Évaluation des conditions réglementaires:

- Pour la faisabilité de l'intervention, il faut qu'il s'intègre dans un cadre réglementaire qui tient compte aux paramètres urbanistiques et de catalogage des biens d'intérêt culturel, auxquels le bâtiment est peut être soumis. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.4.2 Confirmation du type de l'intervention :

Dans cette partie, il faut que l'architecte/ingénieur, ne doit pas obéir ni à la conservation maximale ni à la transformation maximale du bâtiment, mais il reste entre les deux. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.4.3 Cadre de décisions :

Dans cette partie, on choisit le type de travail de réhabilitation à mettre en œuvre, tout en tenant compte de l'amélioration du cadre de vie, la solidité de la structure, la sauvegarde des valeurs patrimoniales et les ressources économiques. Dans le cadre de la réhabilitation, intervention peut varier, d'un simple entretien jusqu'à la réhabilitation intégrale. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.5 Etape 5 : Projet

La présente étape du processus est dédiée à la mise en œuvre du projet de réhabilitation du bâtiment. Celle-ci est illustrée dans la figure ci-après.

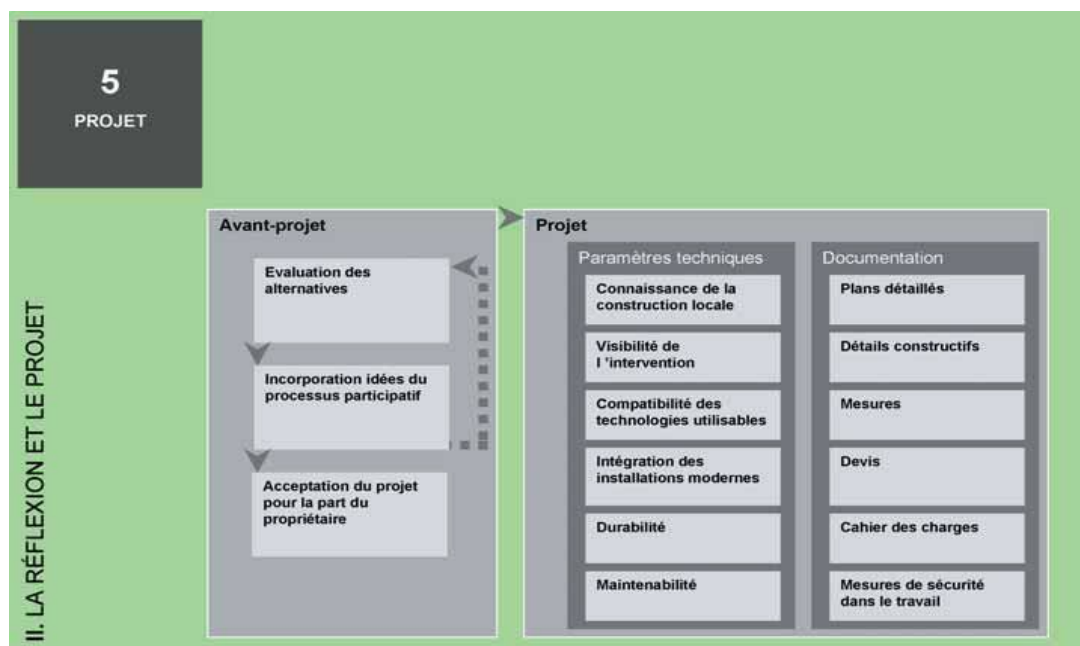


Figure 90 : Organigramme de l'étape 5 (Projet) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien.
Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.5.1 Avant-projet :

L'avant-projet, c'est une étape dans laquelle le maître d'œuvre fixe d'une façon définitive l'intervention sur l'édifice, après une consultation avec le maître d'ouvrage. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.5.2 Projet :

Après l'étape de l'avant-projet, on arrive à mieux détailler l'intervention, le coût et les paramètres techniques afin d'effectuer les démarches administratives, afin d'entamer les travaux (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.5.3 Documentation à produire :

Le projet doit être détaillé, et il comprendra les documents suivants :

- Définition géométrique de la proposition avec côtes (étages, sections et élévations) ;
- Plans de structure, plans des finitions et plans des installations ;
- Cahier technique ;
- Mesures ;
- Devis ;
- Cahier des charges ;

Mesures d'hygiène et de sécurité. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.6 Etape 6 : Réhabilitation (les travaux)

La réalisation des travaux de réhabilitation, selon ce processus est géré par les tâches décrites ci-dessous.

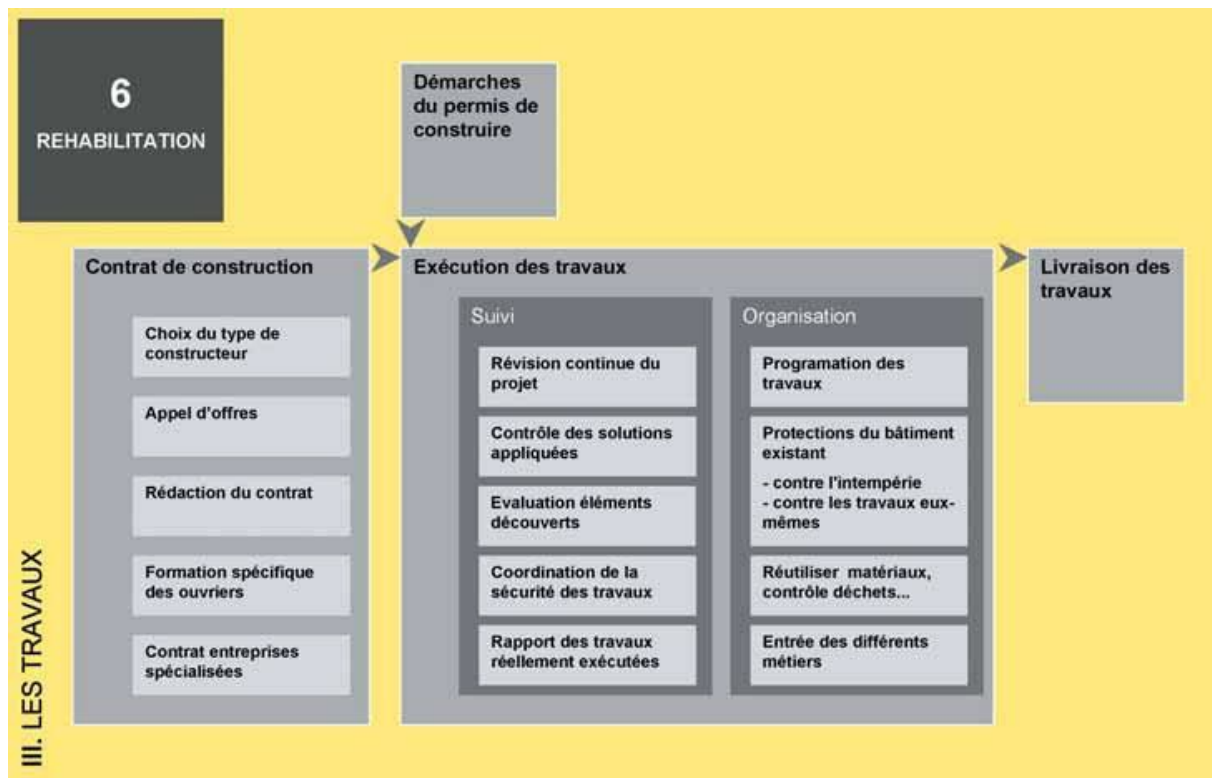


Figure 91 : Organigramme de l'étape 6 (Réhabilitation) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.6.1 Contrat de construction :

Il faut choisir un constructeur qui connaît et qui pratique les techniques qu'on a besoin, afin de garantir une réhabilitation correcte, mais dans le cas où on a des entreprises de construction peu spécialisées, on devra surveiller la manière de réaliser les travaux. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.6.2 Démarches du permis de construire :

On ne peut pas commencer les travaux sans avoir le permis de construire de la part des autorités compétentes. et dans le cas où la réponse des autorités à la demande du permis de construire est défavorable ou conditionnée, on est obligé de revenir à la phase de projet pour régler les problèmes qui nous ont empêché d'avoir le permis de construire. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.6.3 Exécution des travaux :

La direction des travaux de réhabilitation d'un bâtiment ancien ou traditionnel exige avant tout, une certaine flexibilité et un certain temps, les imprévus surgissent souvent au fur et à mesure, que les travaux avancent et il est ainsi difficile, d'appliquer uniquement ce qui est indiqué dans le projet. (Xavier CASANOVAS, 2007)

A. Suivi des travaux:

-le suivi, c'est la partie où, on contrôle la bonne exécution des travaux, tels qu'ils ont décrit dans le projet, donc il est nécessaire de faire un suivi régulier aux travaux exécutés.

- Par ailleurs dans la phase de suivi des travaux, on peut réviser le projet, si cela est nécessaire. (Xavier CASANOVAS, 2007)

B. Organisation des travaux :

Il existe plusieurs aspects relatifs à l'organisation des travaux qui doivent être pris en compte, à cet effet, on citera :

- La programmation des travaux.
- La planification de l'entrée des différents métiers.
- L'étude de l'accessibilité au chantier (pour les chantiers desservis par des rues étroites).
- L'organisation des travaux à l'intérieur du bâtiment.
- La protection de certains éléments du bâtiment à réhabiliter contre les intempéries et contre les travaux de réhabilitation eux-mêmes.
- Le marquage dès le début des travaux des éléments à réutiliser (tuiles, poutres de bois,...etc.).
- Gestion correcte des déchets et résidus des travaux lors des démontages.

3.2.6.4 . Livraison des travaux :

À la fin des travaux, on effectuera les démarches légales pour les terminer. Il est important de profiter de cette étape pour analyser la gestion, la construction et l'adéquation du projet à l'usage prévu. Aussi il est encore possible de corriger certains aspects s'il est nécessaire. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.7 Etape 7 : Entretien

L'entretien figure comme la dernière étape du processus de cette méthode de réhabilitation d'un bâtiment, les actions qu'il comprend sont explicitées ci-après.

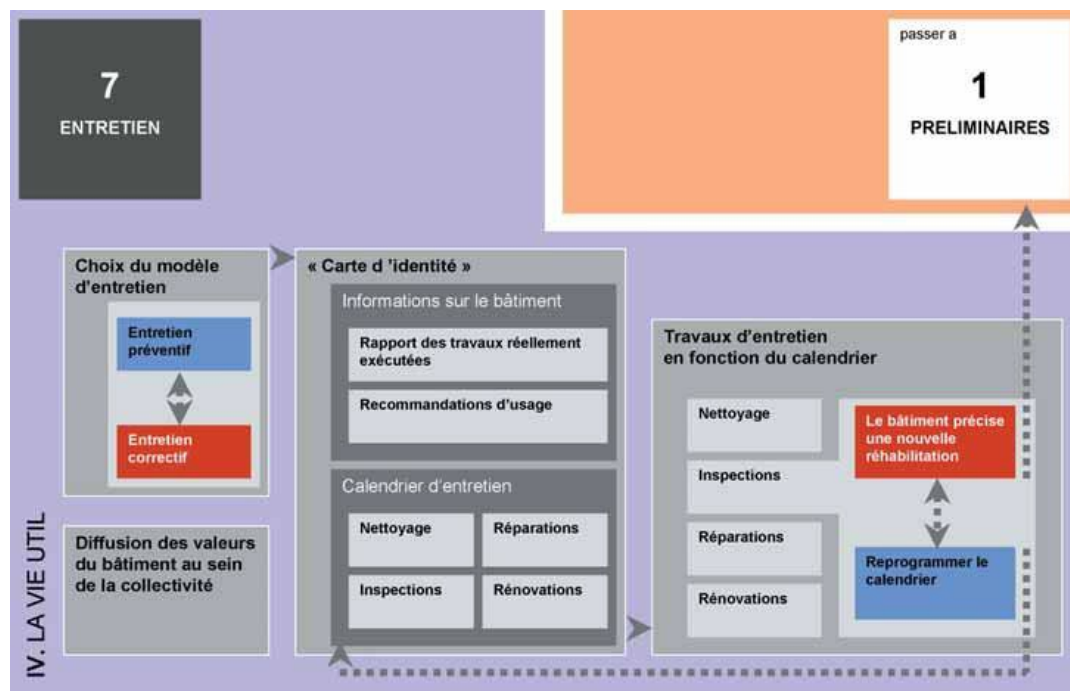


Figure 92 : Organigramme de l'étape 7 (Entretien) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien.
Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.8 Diffusion des valeurs du bâtiment au sein de la collectivité :

Il est toujours important de promouvoir une certaine activité de sensibilisation qui montre la valeur du bâtiment et du travail fait (une petite cérémonie pour présenter le développement des travaux, la publication d'une série de photos de l'avant et après la réhabilitation, la publication d'un reportage sur les travaux dans la presse locale, etc.). (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.9 Choix du modèle d'entretien (correctif ou préventif) :

Selon la méthode RehabiMed , c'est de penser en termes d'entretien planifié et préventif. La planification implique la préparation d'un calendrier des opérations d'entretien, et la prévention signifie la réalisation des opérations d'entretien avant que l'élément constructif ne se détériore. (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.10 Carte d'identité :

« Il s'agit d'un document qui recueillera toute l'information qui existe sur le bâtiment et qui, en même temps, disposera d'un calendrier programmant les opérations d'entretien. » (Xavier CASANOVAS, 2007)

3.2.11 Travaux d'entretien en fonction du calendrier :

Les travaux du calendrier ne doivent pas être des opérations difficiles à effectuer, même il faut prévoir des inspections périodiques effectuées par le maître d'œuvre pour évaluer la sécurité du bâtiment et reprogrammer le calendrier. (Xavier CASANOVAS, 2007)

4. Conclusion :

Concernant les méthodes de diagnostics, dans ce chapitre, on a présenté les deux exemples (Réhabimed et AFPS), afin de comparer entre les deux et à ce titre, on constate que la démarche de Réhabimed est plus générale (elle est utilisée pour tous les bâtis anciens), contrairement à la méthode AFPS qui vise à évaluer la vulnérabilité du bâti vis-à-vis à l'effet sismique, et c'est le cas de notre cas d'étude qui se situe dans une zone sismique. Ainsi, la méthode de Réhabimed est une méthode qui se base essentiellement sur l'observation d'un architecte ou ingénieur, alors que la méthode AFPS se base sur des valeurs chiffrées, afin de mieux évaluer la vulnérabilité. Et la méthode de Réhabimed est une méthode de réhabilitation qui intègre une évaluation de la vulnérabilité basée sur l'observation, contrairement à la méthode AFPS qui est une méthode d'évaluation de la vulnérabilité ; et suite à ces trois critères nous allons choisir la méthode AFPS pour l'évaluation de la vulnérabilité de notre édifice.

Ainsi nous avons revu dans ce présent chapitre, les différentes techniques qui sont préconisées de nos jours, pour réhabiliter les divers éléments de structure d'un patrimoine bâti ancien et dégradé.

D'une façon générale, les techniques de réhabilitation structurelle, ils agissent surtout, de consolider, de réparer ou de remplacer des éléments structuraux des bâtis, pour la mise aux normes de la structure de l'édifice.

IV. Chapitre 4: Une analyse du quartier Diar El Mahçoul

1. Introduction

Dans le cadre de ce présent chapitre, nous présentons le quartier de Diar El Mahçoul la partie grand confort, ou se trouve notre cas d'étude ; car ce quartier est divisé en deux parties – grand confort et simple confort - par une voie de 30 m, sur une surface de 11 hectares.

Le nombre de logements de la cité est de 1,454 avec 542 logements dans le grand confort, qui sont regroupés dans 19 blocs (Zeynep Çelik.1997)

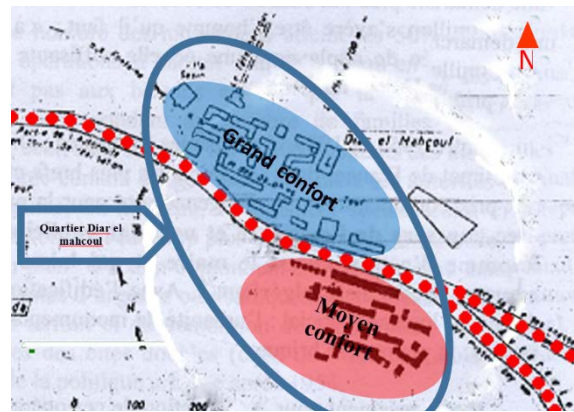


Figure 93 : les deux parties de la cité Diar El mahçoul
Source : (Zeynep Çelik.1997)

2. Situation

Le quartier se situe dans la commune de Madania-Alger sur la falaise de Belcourt, avec une position exceptionnelle, car il a une vue panoramique sur la mer, et même sur le monument Maçâm el Chahid, ainsi, il est vu à partir de la route moutonnaire qui relie ALGER CENTRE et EL HARRACH



Figure 94 : la situation d'Alger
source : (Google earth, 2016).



Figure 95 :Photo du quartier Diar el Mahçoul partie confort
source : (Google earth, 2016)



Figure 96 : vue du quartier prise sur la route moutonnaire.
Photo prise le 02/12/2016.

3. Historique

Diar el Mahçoul , Diar es Saada et Climat de France sont trois cités conçues dans le cadre du plan de Constantine, qui est un plan socio-économique lancé par Charles de Gaulle dont le but était de calmer le mouvement nationaliste par des projets économiques dans les différents secteurs et surtout l’habitat. (Dominique Auzias et Jean-Paul Labourdette, 2013.)

En 1953, le maire d’Alger Jaques Chevalier a demandé à Pouillon de réaliser 1000 logements dans un délai d’un an avec un maximum de vitesse et un minimum de factures dans un terrain difficile couvrant une surface de 11 hectares de la falaise de Belcourt, (durant un an de travail, avec 3500 ouvriers algériens et moins de 800 millions francs, Diar el Mahçoul était prête à accueillir ses habitants (1454 logements ,dont 912 dans le grand confort) . (Revue Amenhis , Mai/Juin 2007)

Le quartier a connu plusieurs transformations: Dar Rais Hamidou est devenu la maison de Pouillon (la maison des arcades) puis redevenait Dar Rais Hamidou après l’indépendance, l’église de Saint Pierre de Batiste, quant à elle, est devenue la mosquée Bachir el Ibrahim. Les espaces du quartier ont été changés :

A l’extérieur : les fontaines, le mobilier, et même le dallage ont disparu. Et pour la place du marché, on a un projet qui en train de se réaliser consternant des travaux de réfection par le maître d’œuvre C.I.E.B AHMED Arabi-Kouba et le maître d’ouvrage APC d’El Madania (l’ODS de démarrage des travaux : 26/07/2015 dans un délai d’exécution 6 mois)

A l’intérieur : les maisons se transforment suivant les besoins des habitants.

4. Présentation de l’architecte

Fernand Pouillon est un architecte français né en 1912 .Il a suivi des études à l’École des Beaux-Arts de Marseille, puis à Paris, en 1934.

Sa carrière est divisée en 3 parties :

1- 1936-1953 : réalisations en France

2- 1953-1957 : cette période est celle des travaux en Algérie avec en particulier la réalisation des trois ensembles d’Alger (DIAR EL- MAHSOUL, DIAR ES SAADA ET CLIMAT DE FRANCE).

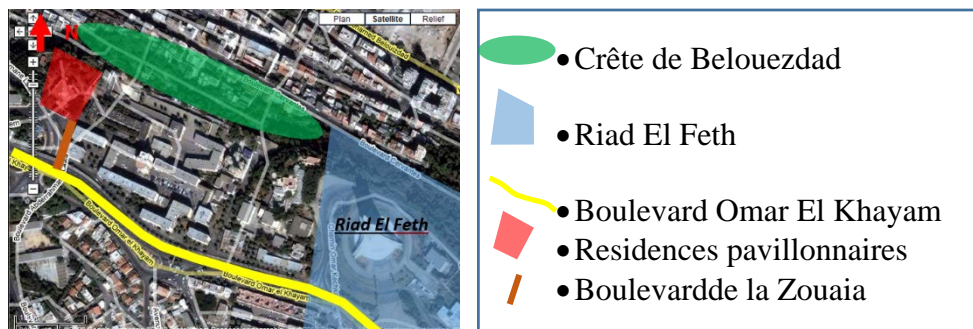
3- 1958-1982 : cette période est marquée par sa condamnation qui a débuté en 1963.Dans sa cellule, il a écrit “mémoires d’un architecte”.

Entre 1966 et 1982. Il a réalisé plusieurs projets d’hôtellerie en Algérie.

Il est décédé le 21 juillet 1986. (L’association les Pierres Sauvages de Belcastel ,2007)

5. Les limites du quartier

Le quartier est limité, au nord par la crête de Belouezdad, à l’est par le complexe de Riad el Feth, au sud et à l’ouest par le boulevard de la Zouaia et la zone résidentielle pavillonnaire.



6. La topographie

Le grand confort est situé sur une crête rocheuse qui est relativement plane, avec une dominance sur Alger ce qui lui offre une belle vue.

Ainsi, dans cette partie du quartier, on trouve deux plates-formes comme il est mentionné dans la figure suivante



Figure 98 : les plates-formes
source : (Google earth, 2016)

7. Accessibilité au quartier

Grâce à sa situation, le quartier est divisé par une voie mécanique à grande affluence, ce qui lui permet d'être accessible au biais de véhicules.

On peut également noter l'accès par le téléphérique qui est un chef-d'œuvre rationaliste conçu et réalisé par Pouillon lui-même.

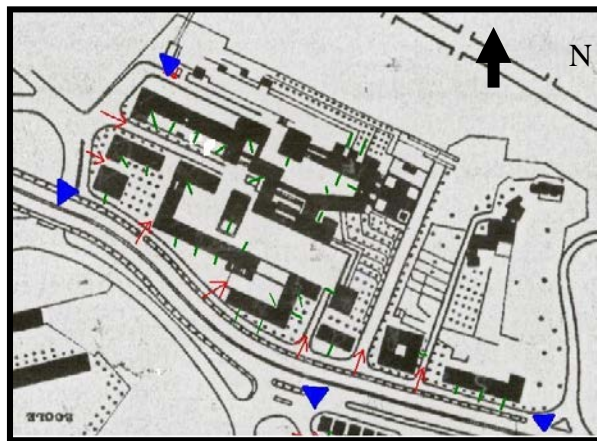


Figure 99: Plan de masse du quartier

- grand confort -

- ▶ Accès principaux
- ➔ Vers l'espace public
- ➔ Vers l'espace privé



Figure : Le téléphérique
Photo prise le 02/12/2016.

8. Les typologies des blocs

Donc le cas du quartier Diar El Mahçoul (partie grand confort) on trouve 3 types de bloc qui sont ; bloc en barre, bloc en forme de (L) et finalement un immeuble tour de (R+10).



Figure 100 : la volumétrie du quartier

- Bloc en barre
- Bloc en forme de (L)
- L'immeuble tour de (R+10)

9. Les éléments structurants du quartier

Parmi les éléments structurants, on a des éléments qui se trouvent à l'intérieur de la cité comme la mosquée B.EL IBRAHIMI ainsi notre cas d'étude qui est le plus haut dans la cité ; et d'autres dans l'environnement immédiat du quartier tell que le Monument de MAKAM ECHAHID, la résidence du consul et Dar Rais Hamidou; voir la figure ci-dessous

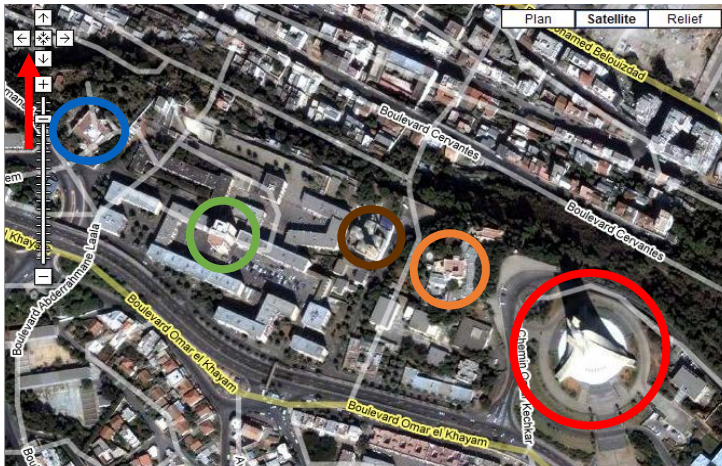
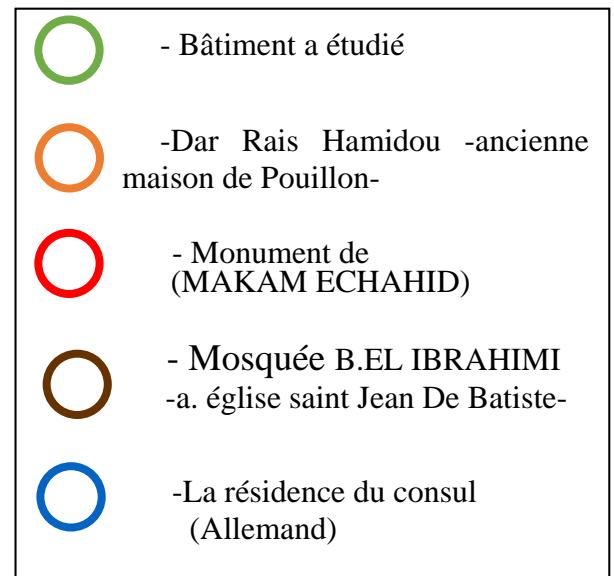


Figure 101 : Plan de situation
source : (Google earth, 2016)



10. Les espaces publics

Parmi les espaces extérieurs du quartier, on trouve les places, les passages soit couverts ou ouverts et les espaces verts ce, qui va rendre le quartier, un lieu plein de vie « avec 24% de bâti et 76% de l'espace non bâti »

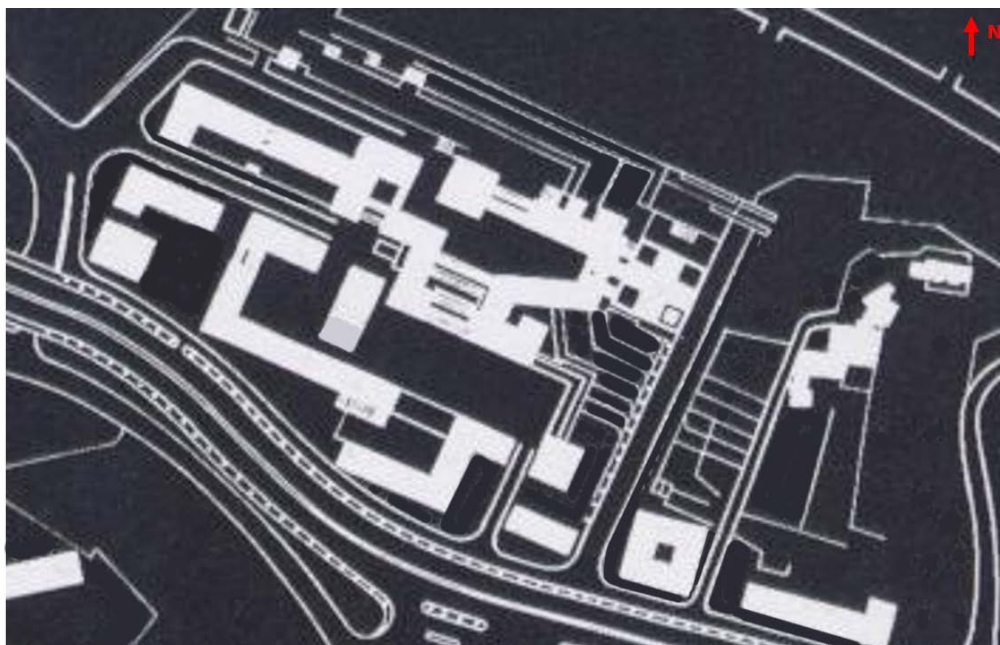


Figure 102 : l'espace bâti et non bâti

Les places : concernant la partie - grande confort- on trouve deux places, qui sont clôturées par le bâti avoisinant et accessible soient par des passages ouverts ou couverts

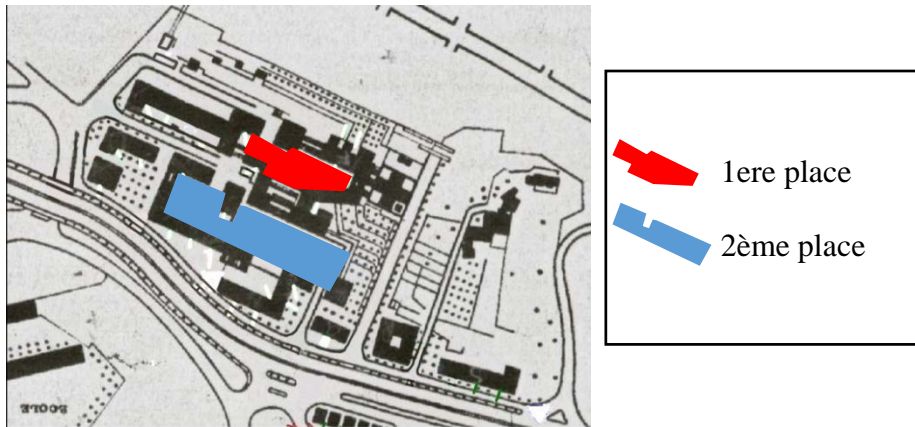


Figure 103 : la position des places et leurs formes
source :(pierres sauvage,2011)

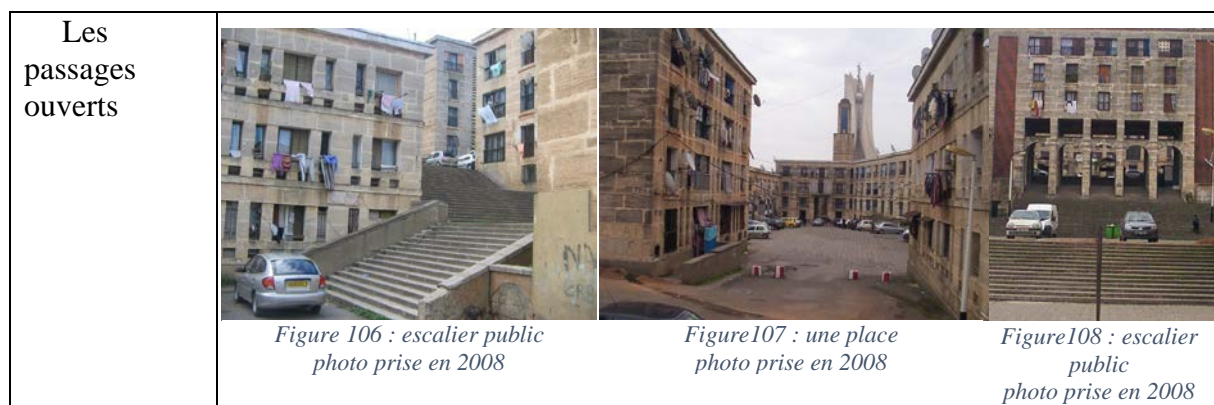


Figure 104 : 1^{er} place «place du marché »
photo prise en 2008



Figure 105 : la 2eme place
photo prise en 2008

Concernant les passages, on a deux types qui sont les passages ouverts ou les passages couverts, et concernant ces dernières sont des passages sous les immeubles au niveau des RDC.






<p>Les passages couverts</p>			
	<p>Figure 109 : escalier couvert photo prise en 2008</p>	<p>Figure 110 : escalier couvert photo prise en 2008</p>	<p>Figure 111 : escalier couvert photo prise en 2008</p>

Tableau 10 : Les passages ouverts et couverte

11.L'orientation

En effet, POUILLON a orienté sa cité selon l'axe (Nord-Sud), et pour Alger cette orientation est le meilleur car pour le Nord donne une vue sur la mer et au sud on a l'ensoleillement pendant l'hiver



Figure 112 : l'orientation du quartier
source : (Google earth, 2016)

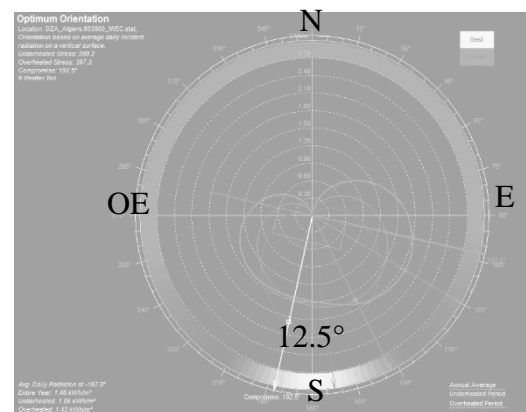


Figure 113 : la meilleure orientation donnée par le logiciel
Ecotect pour Alger (incliné de 12.5 du Sud vers l'Ouest)
source : (Ecotect , 2011)

En comparant les deux orientations (la meilleure orientation pour Alger et celle de la cité de Diar El Mahçoul) on constate une différence de 6.5°, donc on peut dire que la cité de Diar El Mahçoul est bien orientée.

12.L'état de conservation

Concernant l'état de conservation, on va vérifier trois points essentiels qui sont : les dégradations, les modifications et les pathologies.

12.1 Les dégradations

Concernant les dégradations, on a relevé les dégradations qui ont touché l'enveloppe des blocs d'habitations, et parmi les dégradations qu'on a pu trouver, on a : le détachement des pierres, la fissuration, des travaux de réhabilitation mal faite, l'apparition de l'acier d'armature pour le béton armé, l'enlèvement de certains éléments décoratifs



Figure 114 : détachement de pierre banché (1)
photo prise décembre 2015



Figure 115: fissure au niveau de la voute en berceau (1)
photo prise décembre 2015



Figure 116 : Une réhabilitation mal faite (3)
photo prise décembre 2015



Figure 117 : détachement de l'enduit au niveau des joints
entres les pierres (1)
photo prise décembre 2015



Figure 118 : détérioration du plancher translucide (6).
Photo prise décembre 2015



Figure 119 : des brises de soleilles en état dégradé (4).
Photo prise décembre 2015



Figure 120 : la dégradation de la pierre utilisée pour les
espaces publique (gardes corps, les murs de soutènement ...)
grâce à l'humidité et au choc (3)
Photo prise décembre 2015



Figure 121 : dégradation qui touche le bas du plancher plain
en béton armé (l'apparition de l'acier) (4)
Photo prise décembre 2015



Figure 122 : poutre d'immeuble(6)
Photo prise décembre 2015



Figure123 : Poutre pour l'espace extérieur(7)
Photo prise décembre 2015

Figure 124 : l'apparition de l'acier des poutres
Photo prise décembre 2015



Figure 125 : Détachement des éléments décoratifs en bois en dessous de la dalle en béton armé (4)
Photo prise décembre 2015



Figure 126 : positionnement des prises de photo
Source : (Google earth, 2016)

12.2 Les pathologies

On se basant sur l'observation, on a essayé de détecter les pathologies qui se trouvent dans l'enveloppe des bâtiments du quartier de Diar El Mahçoul, on se basant sur les pathologies et les fragilités mentionnées dans la partie théorique.



Figure 127 : la végétation (9)
Photo prise décembre 2015



Figure 128 : le sulfite par La pollution apportée par l'eau de pluie(10)
Photo prise décembre 2015



Figure 129 : les traces d'humidité(11).
Photo prise décembre 2015



Figure 130 : Altérations des joints à cause de l'action du vent et des pluies battantes (12).
Photo prise décembre 2015



Figure 131 : L'éclatement causé par un choc mécanique (13).
Photo prise décembre 2015

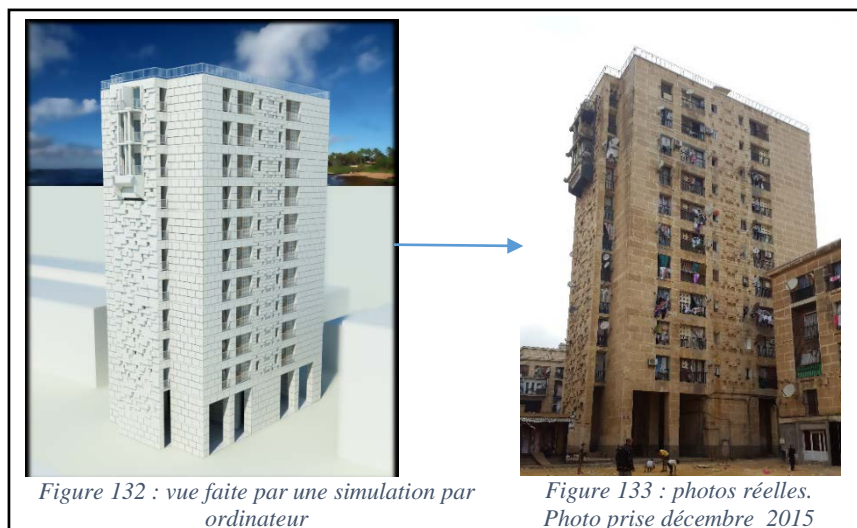


Figure 132 : vue faite par une simulation par ordinateur

Figure 133 : photos réelles.
Photo prise décembre 2015

Figure 134 : une altération causée par les conditions climatiques et l'humidité. (14)

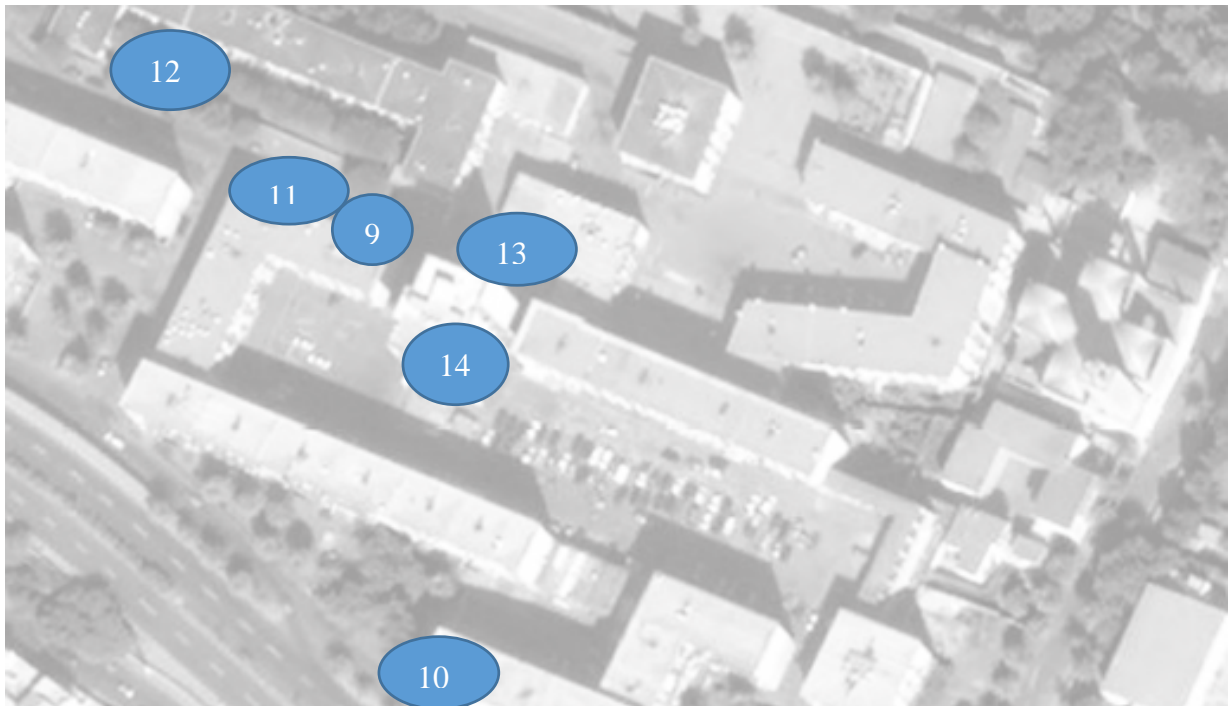


Figure 135 : positionnement des prises de photo
Source : (Google earth, 2016)

12.3 Les modifications

Concernant les modifications, on a deux types de modification, on a des modifications faites par les habitants et d'autre par le maître d'ouvrage l'APC de Madania ; et pour cette dernière on trouve le déplacement de fontaine dans les années 90, et récemment, le réaménagement de l'espace public avec le crépissage des façades par la technique de projection du sable.



Figure 136 : La fermeture des fenêtres pour les caves (15).
Photo prise décembre 2015



Figure 137 : remplacement du garde-corps en acier par un autre en brique (16)
Photo prise décembre 2015



Figure 138 : la fermeture de la galerie afin de créer des boutiques pour les vendeurs (17)



Figure 139 : la fontaine, le mobilier et même le dallage ont disparues. (18)
Photo prise décembre 1958 .



Figure 139 : le cloisonnement du balcon pour le faire renté à l'espace intime afin de l'utiliser comme loggia (19)
Photo prise décembre 2015



Figure 140 : recouvrement du locale de la téléphérique par de l'allicouband (20)
Photo prise décembre 2015

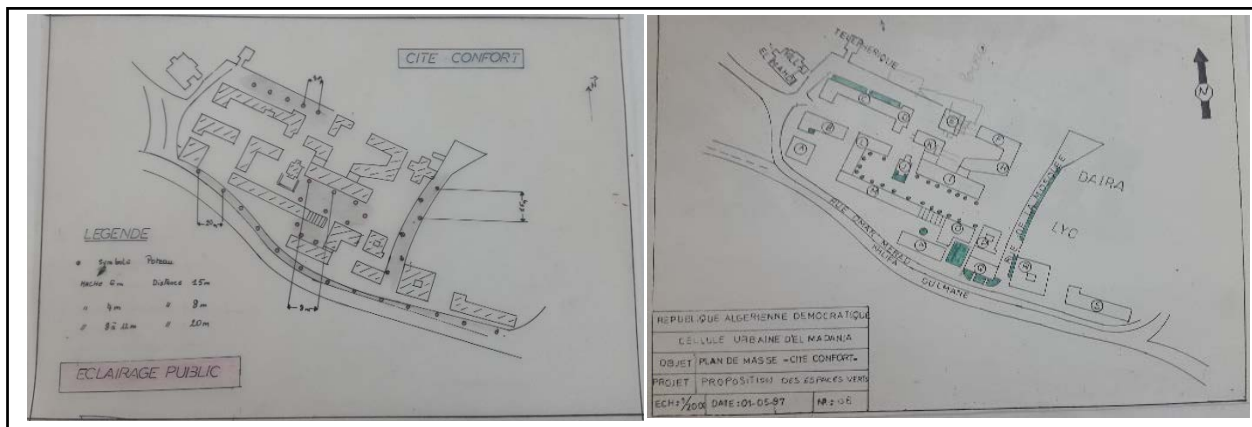


Figure 141 : une proposition faite par la cellule urbanisme d'el Madania, en 1997 ; concernant le réaménagement des espaces publics du quartier mais elle n'est pas réalisée
source : (APC, 1997)



Figure 142 : la fontaine réalisée par une association des habitants du quartier avec l'aide de l'APC de Madania (21)
Photo prise décembre 2015



Figure 143 : photo de chantier en cours des travaux le 01/12/2015 (22)

Photo prise décembre 2015

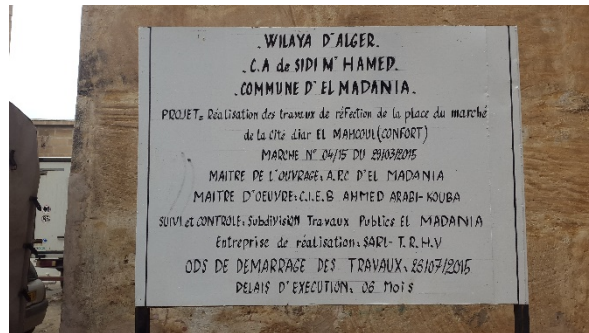


Figure 144 : panneau du chantier des travaux de réfection de la place du marché de la cité Diar El Mahçoul (confort) (18)

Photo prise décembre 2015)



Figure 145: planche affichée dans le chantier
Photo prise décembre 2015



Figure 146 : positionnement des prises de photo
Source : (Google earth, 2016)

12.4 Le système constructif utilisé pour la cité de Diar El Mahçoul

12.4.1 Les matériaux de construction

À Diar el Mahçoul, la quasi-totalité des immeubles sont construits en pierre (en provenance de Fontvieille dans les Bouches du Rhône), - soit des murs en pierre de taille ou la pierre banché (plaqué)-, ce qui lui donne une image forte d'une architecture purement méditerranéenne.

Ainsi, l'utilisation du béton armé pour les fondations et pour les planchers à armature croisés.

Et pour les terrasses qui couvrent les bâtiments sont réalisées en béton.

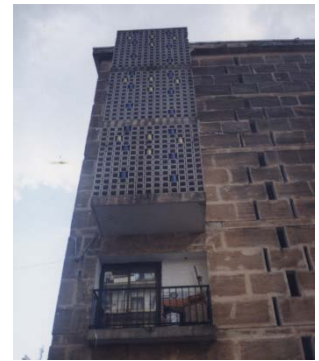


Figure 147 : la construction en maçonnerie de pierre

12.4.2 Les systèmes constructifs

Concernant la cité de Diar El Mahçoul, on constate l'utilisation de plusieurs système constructif pour les éléments verticaux de la structure ; mais le plus fréquent c'est bien le système de mur porteur en pierre

Mais parfois on trouve l'utilisation des poteaux soit sous des arcs ou bien dans les portiques



Figure 148 :les planchers à armature croisés



Figure 149 : système en portique

Photo prise décembre 2015

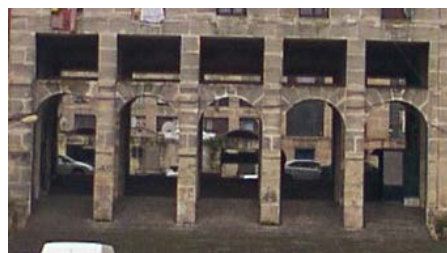


Figure 150 : des poteaux avec des arcs

Photo prise décembre 2015

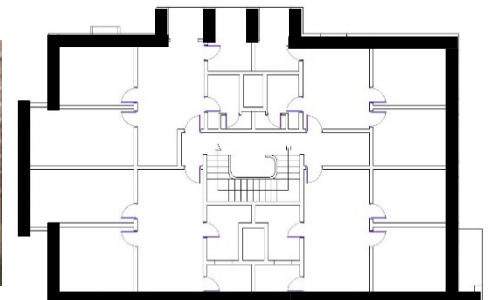


Figure 151 :le système de mur porteur en pierre

Et concernant les éléments horizontaux, on trouve, les arcs en pierre, les poutres en béton armé et pour les planchers, on a les planchers avec armatures croisées, et dalle plane ou creuse (appeler plancher a marmite par Fernand Pouillon) en béton armé, et même les voûtes d'arrête pour la mosquée.



Figure 152 : poutre en béton armé

Photo prise décembre 2015



Figure 153 : des arcs en pierre

Photo prise décembre 2015

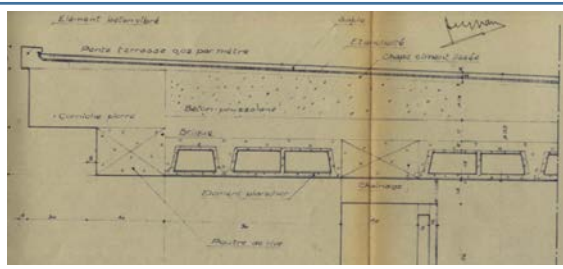


Figure 154 : Coupe sur plancher de terrasse
Source : (Dahmane Akrame et autres ,2008)

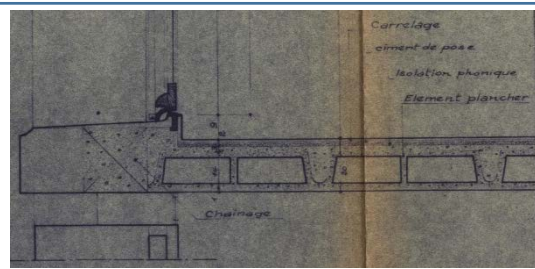


Figure 155 : Coupe sur plancher de terrasse.
Source : (Dahmane Akrame et autres ,2008)

Figure 156 : des dalles creuses



Figure 157 : les voutes d'arrête de la mosquée
Photo prise décembre 2015



Figure 158 : dalle plane
Photo prise décembre 2015

13. Conclusion

En guise de conclusion, on constate que Fernande Pouillon est un architecte, très influencé par le système constructif de la méditerranée, et cela apparaît au niveau du système constructif où il a utilisé la pierre.

Parmi les enjeux de ce projet, on trouve, construire le plus vite -dans un délai d'un an - avec le moindre coût, pour le coût Fernand Pouillon a bien expliqué que les transports seront assurés par les bateaux qui retournent à Alger vierges, donc il va récupérer le coût du transport et ce qui permet d'avoir une économie pour ce projet. (Catherine Sayen, 2014)

Ainsi, Fernand Pouillon utilise les formes pures et simples, et cela apparaît au niveau des formes du bâti, qui sont des formes en barre ; en L ou en tour

Concernant les espaces extérieurs, on constate l'aménagement des places clôturées par du bâti ce qui offre une surface d'évacuation en cas de risques, même en cas d'effondrement d'un édifice ça ne va pas influencer sur les autres blocs, car ils sont détachés.

Pour l'état de conservation, on constate que les bâtiments sont globalement conservés, contrairement à l'espace public du quartier qui a subi plusieurs transformations. Finalement, pour le système constructif, on remarque que Fernand Pouillon a utilisé une multitude de matériaux « pierre et béton armé » pour la structure, avec une multitude de systèmes concernant les éléments verticaux et horizontaux de la structure.

V. Chapitre 5 : l'analyse structurelle du cas d'étude et l'évaluation de sa vulnérabilité.

1. Introduction

Dans le cadre du présent chapitre, nous avons effectué une analyse concernant le cas d'étude, et nous abordons dans ce chapitre surtout l'aspect structurel, ainsi l'évaluation de sa vulnérabilité, tout en utilisant la méthode AFPS, car elle concerne les édifices situés dans la zone sismique.

En premier lieu, nous présentons le cas d'étude, tout en mentionnant les critères de choix du cas d'étude.

2. Présentation du cas d'étude.

Nous avons pris comme cas d'étude une construction de onze niveaux (R+10), elle se situe dans la commune de MADANIA à Alger. Et selon le R.P.A 2003 cette région est considérée comme zone de forte sismicité (zone III).

Le bâtiment 11 avec ses différents étages (nommer la tour) est considéré comme, un vrai repère pour le quartier, et même à l'extérieur du quartier.



Figure 159 : vue sur le cas d'étude du côté Sud
Photo prise décembre 2015



Figure 160 : vue sur le cas d'étude du côté Nord
Photo prise décembre 2015

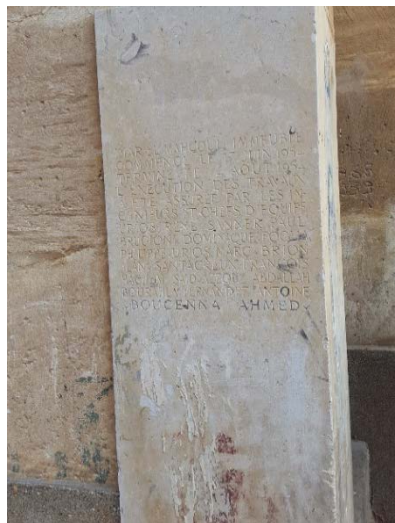


Figure 161 : la pierre d'angle du cas d'étude sculpté
Photo prise décembre 2015

La date de commencement des travaux de cet immeuble est le 17 juin 1954, la fin des travaux : le 14 Août 1954, donc pratiquement en 58 jours l'immeuble a été terminé.

3. Les critères de choix du cas d'étude

Le choix du cas d'étude a été effectué selon les critères suivants :

- 1- C'est l'immeuble le plus haut du quartier ce qui implique l'utilisation d'un système constructif plus performant, afin de supporter son poids et les efforts horizontaux.
- 2- Pour la construction en maçonnerie le RPA 2003 précise que pour une construction en maçonnerie dans la Zone III ne doit pas dépasser les trois niveaux, alors que le bâtiment R+10 est construit en maçonnerie ; avec une hauteur de onze niveaux

4. L'état de conservation

On va l'étudier par rapport à la dégradation et les modifications effectuées par soient les habitants ou bien d'autres intervenants.

4.1 Les dégradations :

Pour les dégradations, nous avons essayé de relever toutes les dégradations qui sont accessibles ; et on a constaté que la majorité des dégradations se trouvant au niveau de la terrasse et au RDC, même, on constate que l'ascenseur ne fonctionne plus.

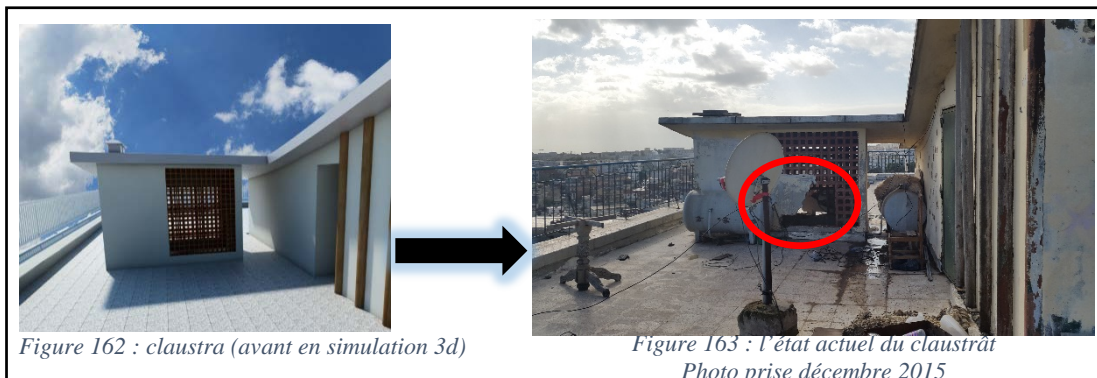
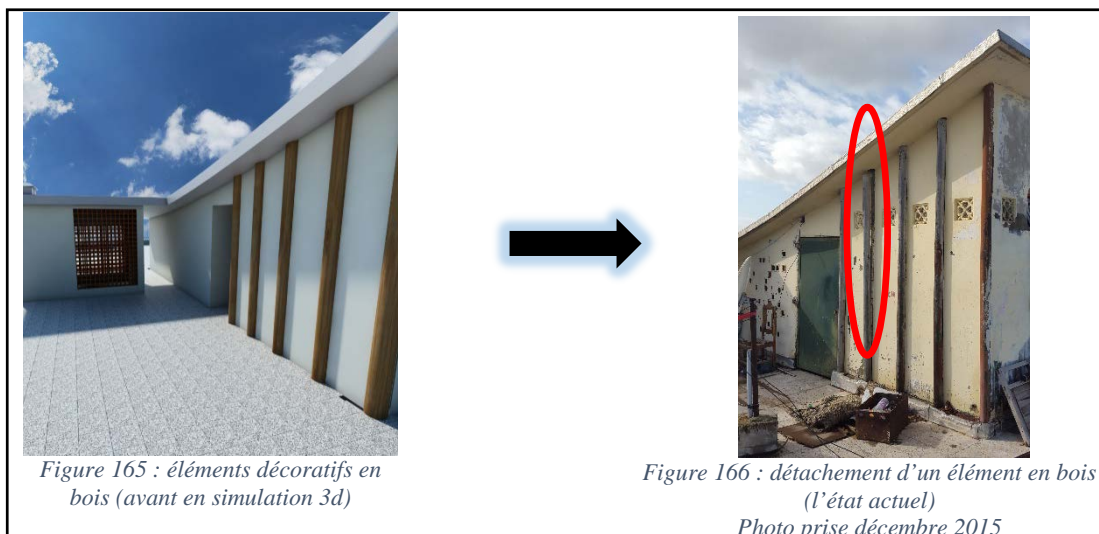


Figure 164 : la dégradation des éléments décoratifs



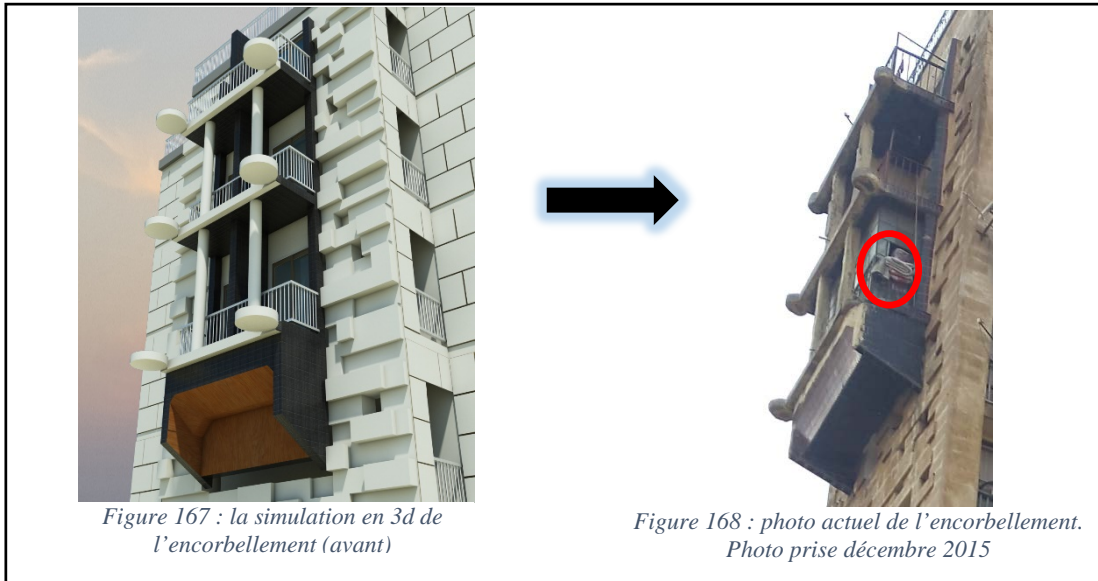
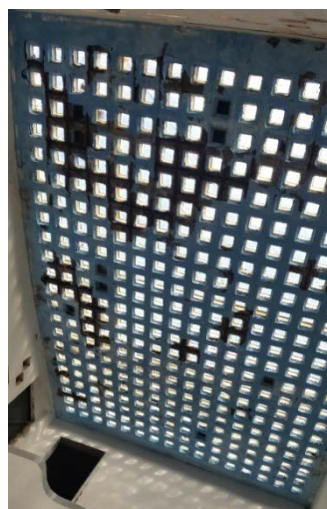


Figure 169 : détachement un élément décoratif au niveau de l'encorbellement



4.2 Les modifications

On constate qu'il y a des modifications, qui touchent l'enveloppe du bâtiment et d'autres qui touchent le plan intérieur des logements, et toutes les modifications sont en relations avec les besoins des habitants (la communication, l'intimité, la climatisation et l'étanchéité) comme vous le voyez dans les photos suivantes.

4.2.1 Les modifications au niveau de l'enveloppe

Avec l'arrivée du téléphone portable, on constate l'installation des antennes au niveau des terrasses, et on observe qu'on a le même phénomène dans ce bâtiment, malgré que dans ce cas, ils aient été enlevés, mais ils ont laissé des traces au niveau de l'acrotère.



Figure 173 : photo du cas d'étude prise le 3 octobre 1955
source



Figure 174 : photo du cas d'étude prise en 2008



Figure 175 : Photo du cas d'étude prise le 08 octobre 2015

Figure 176 : le montage et le démontage des antennes des réseaux téléphoniques



Figure 177 : les traces des antennes des réseaux téléphoniques.
Photo prise décembre 2015



Figure 178 : Le revêtement par du granito pour la terrasse



Figure 179 : l'étanchéité qui couvre le revêtement
Photo prise décembre 2015

L'étanchéité qui couvre la moitié de la terrasse, même au niveau du plancher du grenier d'escalier ; témoigne que la terrasse du bâtiment avait des problèmes d'infiltration d'eau.



Figure 180 : la dalle pleine qui couvre les escaliers avant



Figure 181 : la dalle pleine qui couvre les escaliers actuellement.
Photo prise décembre 2015

Parmi les modifications sur l'enveloppe, on observe l'installation des paraboles, des blocs de climatisation ainsi la fermeture des balcons, et ces types de modifications sont les plus observées, et elles sont liées directement aux pratiques des habitants.



avant	L'état actuel
	
<p>Figure 182 : photo 3D qui simule l'état initial de la façade Nord- Est</p>	<p>Figure 183 : l'état actuel de la façade Nord- Est Photo prise décembre 2015</p>



Figure 184 : photo 3D qui simule l'état initial des façades Nord- Ouest et Sud- Ouest

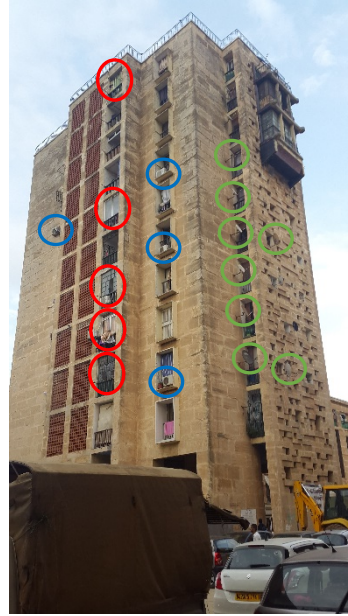


Figure 185 : l'état actuel des façades Nord- Ouest et Sud- Ouest
Photo prise décembre 2015



Figure 186 : photo 3D qui simule l'état initial des façades Sud- Est et Sud- Ouest.



Figure 187 : l'état actuel des façades Sud- Est et Sud- Ouest
Photo prise décembre 2015

Légende : ○ les balcons fermés ○ les paraboles ○ climatisation

Tableau 11 : comparatif entre l'état initial et l'actuel

4.2.2 La modification à l'intérieur

Pour un bâtiment de 40 logements, chaque habitant transforme son logement selon ses besoins, donc nous avons pris un exemple qui a été déjà étudié par les étudiants de l'EPAU, dans le cadre du travail d'atelier qui sont : Dahmane Akrame, Belkadi Bilel, Merazka Nawel et Bougherara Souad, encadré par Mme BENCHAAABANE et Mr DJEBARA ; et sous le titre de « Etude de cas sur : APPARTEMENT A DIAR EL MAHSOUL AL MADANIA » ; durant l'année universitaire 2007/2008.

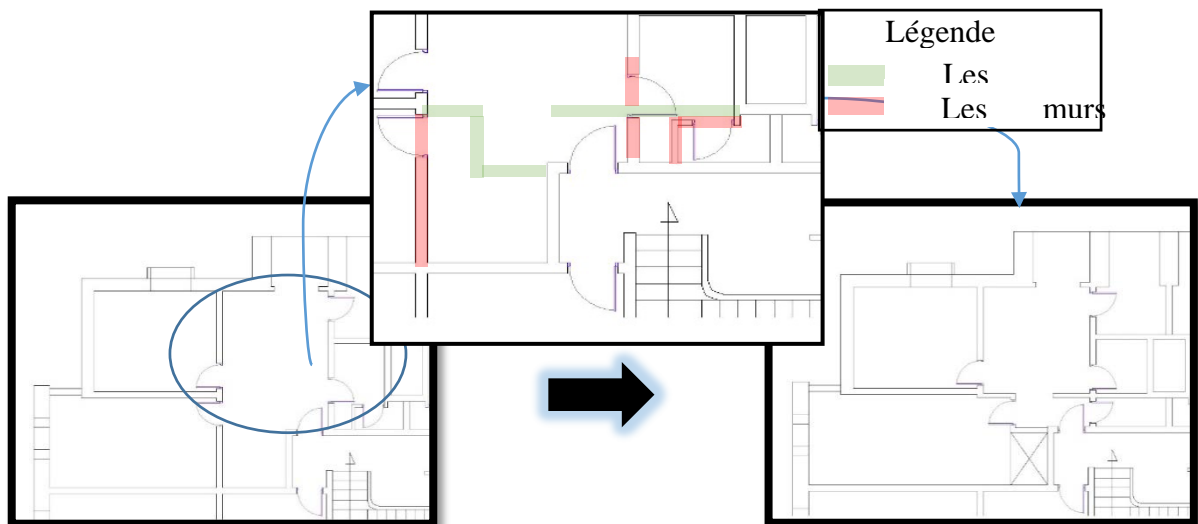


Figure 188 : le plan à l'état initial

Figure 189 : un relevé effectué par Dahmane Akrame, Belkadi Bilel, Merazka Nawel et Bougherara Souad. (état en 2008)

5. L'analyse de l'enveloppe

Tout en analysant les façades, du point de vue le pourcentage des vides et des pleins, afin de connaître l'orientation favorisée par Fernand Pouillon, ainsi les principes d'organisation et de composition des façades, et finalement on va présenter les éléments qui composent les façades.

5.1 Le plein et le vide

Tout d'abord, on va-vous présenter les façades de notre cas d'étude ; comme vous les voyez ci-dessous.

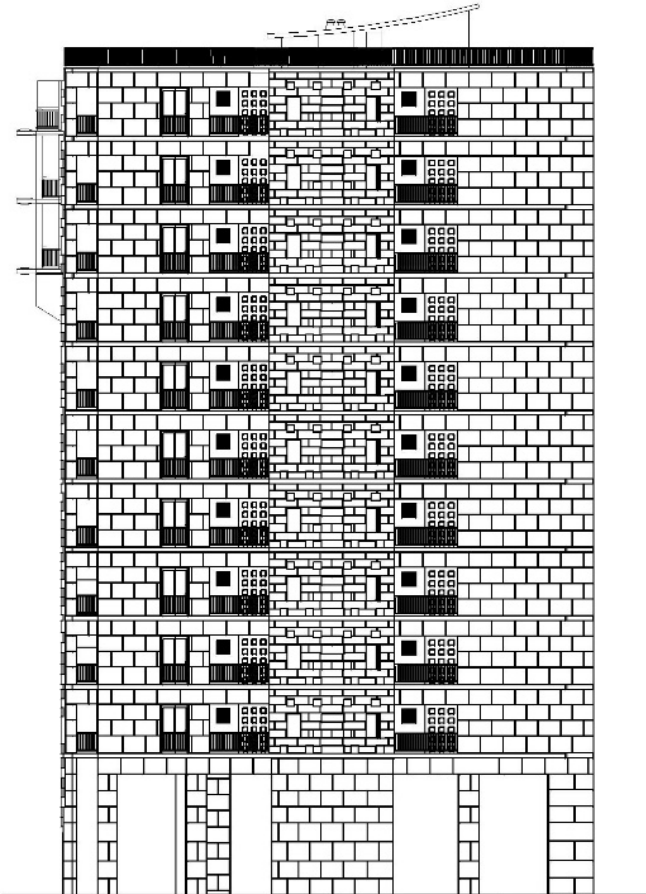


Figure 190 : façade Nord- Ouest

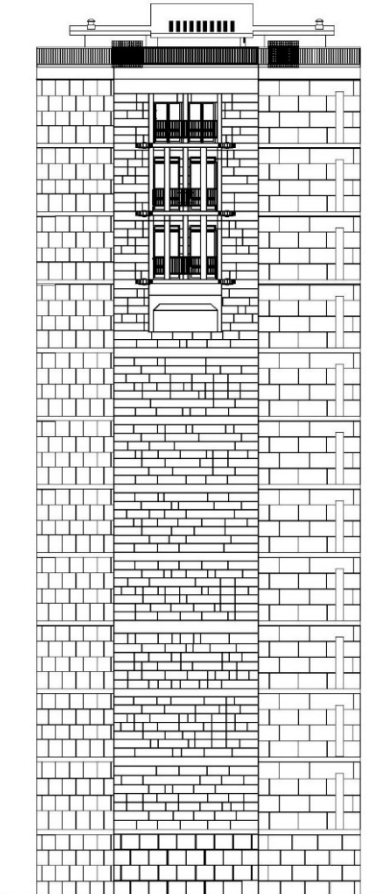


Figure 191 : façade Sud- Ouest

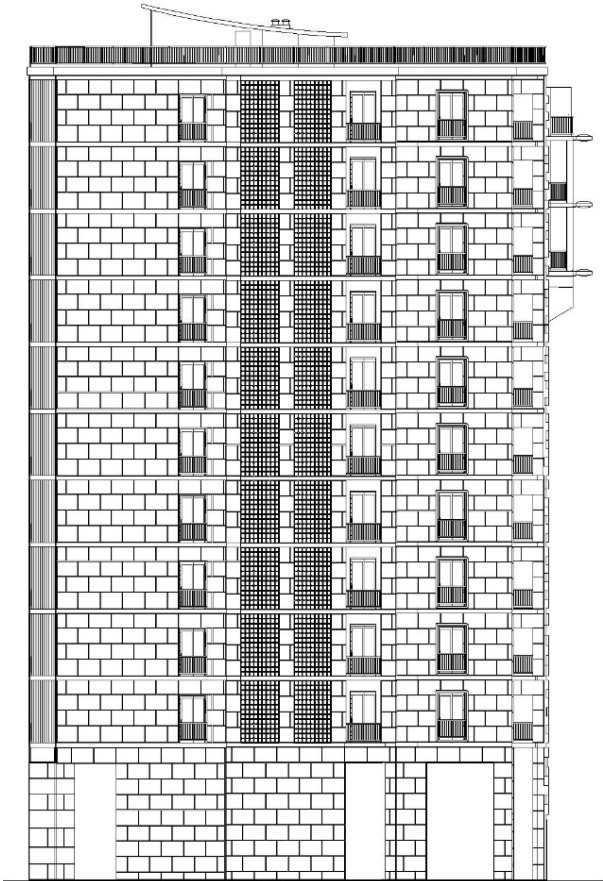


Figure 192 : façade Sud- Est

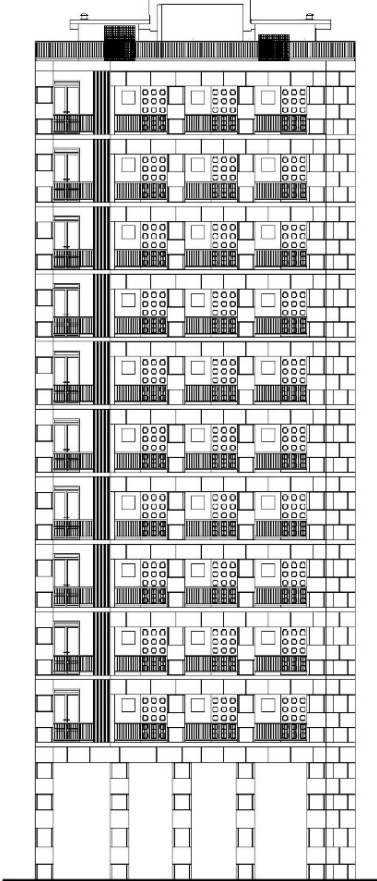


Figure 193 : façade Nord- Est

	vide en m ²	plein en m ²	vide en %	plein en %
Nord-Ouest	271,01	565,21	32,41	67,59
Nord-Est	156,14	391,15	28,53	71,47
Sud-Est	190,11	685,73	21,71	78,29
Sud-Ouest	23,55	523,76	4,30	95,70

Tableau 12 : les pourcentages des vides et des pleins

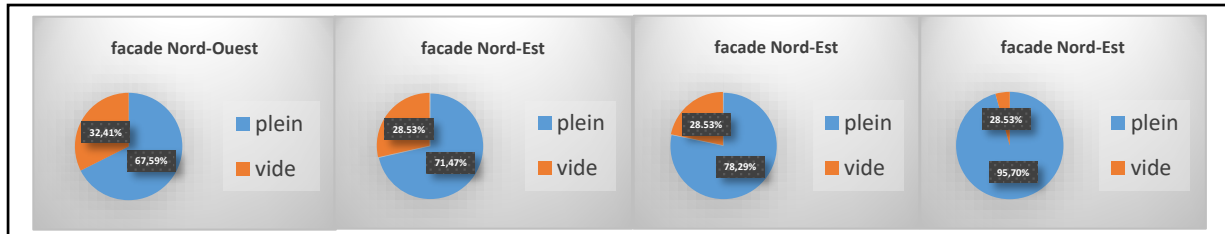


Figure 194 : secteur des pleins et vides.

La façade la plus ouverte, c'est bien la façade Nord-Ouest avec un pourcentage de 32.41% de vide et 66.51% de plein, ensuite la façade Nord-Est avec un pourcentage de 28.53% de vide et de 71.47% de plein, et la troisième est la façade Sud-Est par 21.71% de vide et 78.29 % de plein, et finalement la façade la plus enfermée c'est celle du Sud- Ouest.

Donc de ce fait on peut dire que Fernand Pouillon a bien profité du potentiel major du site, qu'est la vue panoramique sur la mer et la ville d'Alger, car les deux façades les plus ouvertes sont les façades Nord-Ouest et Nord-Est.

5.2 Les principes de composition

Parmi les principes de composition de la façade, on trouve :

5.2.1 La tripartite dans les façades.

On constate que dans ce bâtiment, on trouve la tripartite dans les façades (soubassement, corps, couronnement) et c'est le même principe utilisé par l'architecture coloniale à Alger.



Figure 195 : façade Nord- Est
Photo prise décembre 2015

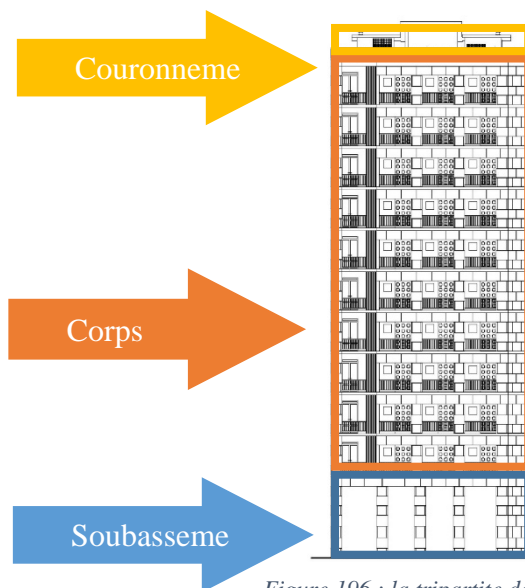


Figure 196 : la tripartite dans la façade

5.2.2 L'alignement des ouvertures

Concernant les façades du bâtiment R+10 on constate l'alignement des ouvertures dans les deux sens : horizontal et vertical. Afin d'avoir un rythme linier dans les façades. Même cet alignement est accentué par les joints entre les pierres.

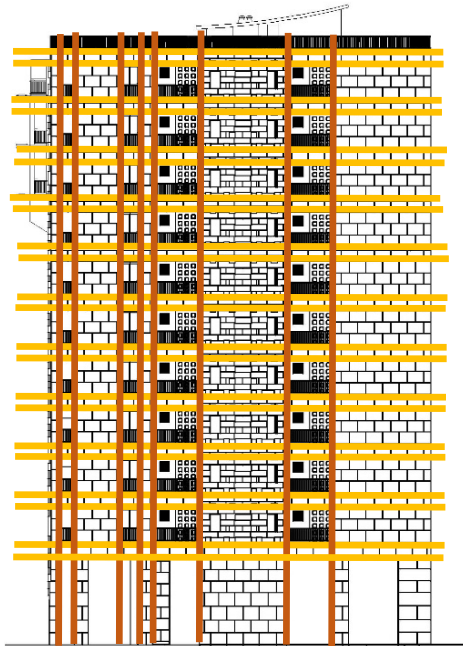


Figure 197 : l'alignement des ouvertures dans le sens vertical et horizontal

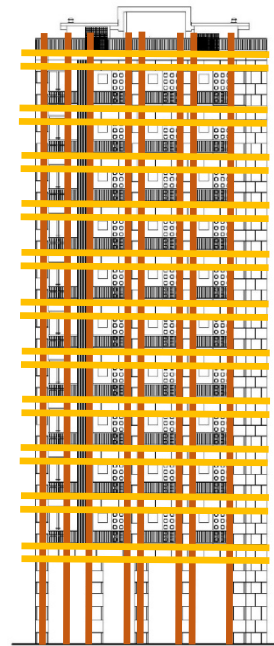


Figure 198 : l'alignement des ouvertures dans le sens vertical et horizontal

5.3 Les éléments qui composent les façades

On constate que Fernand Pouillon a utilisé plusieurs types d'ouvertures de dimensions variables :



Figure 199 : porte fenêtre du séjour



Figure 201 : porte fenêtre de la chambre

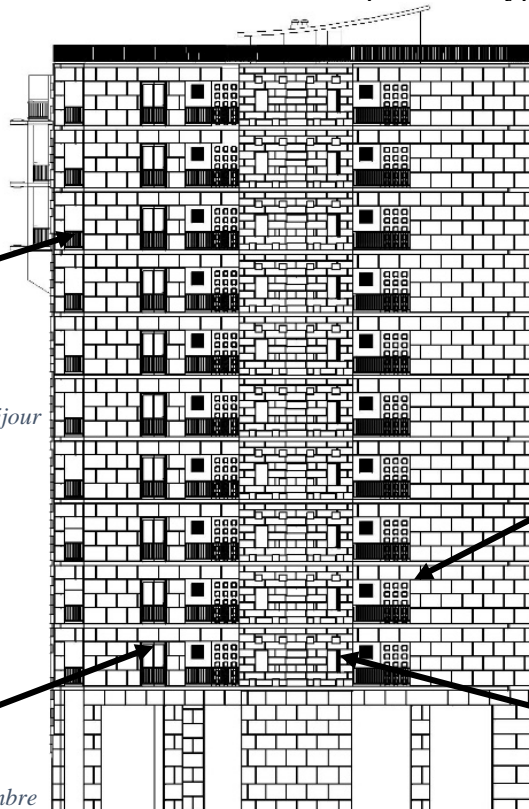


Figure 203 : les éléments qui composent la façade Sud- Est



Figure 200 : porte fenêtre du hall

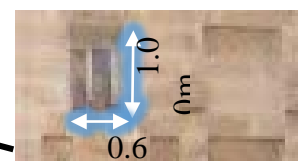


Figure 202 : fenêtre de la cuisine



Figure 204 : des moucharabiés



Figure 206 : porte fenêtre du séjour

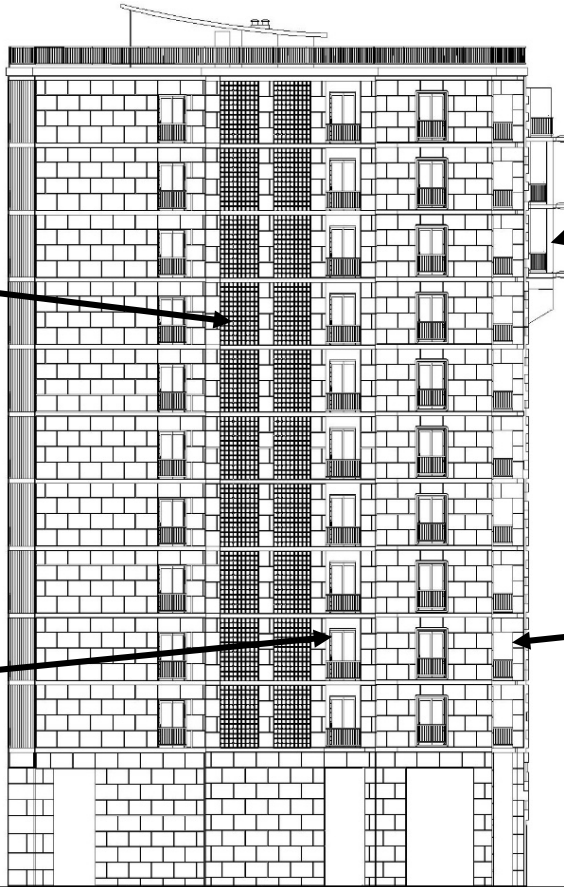


Figure 208 : les éléments qui composent la façade Nord-Ouest



Figure 205 : l'encorbellement



Figure 207 : porte fenêtre de la chambre

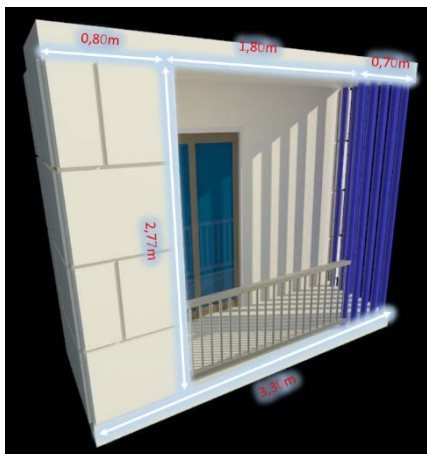


Figure 209 : porte fenêtre de la chambre

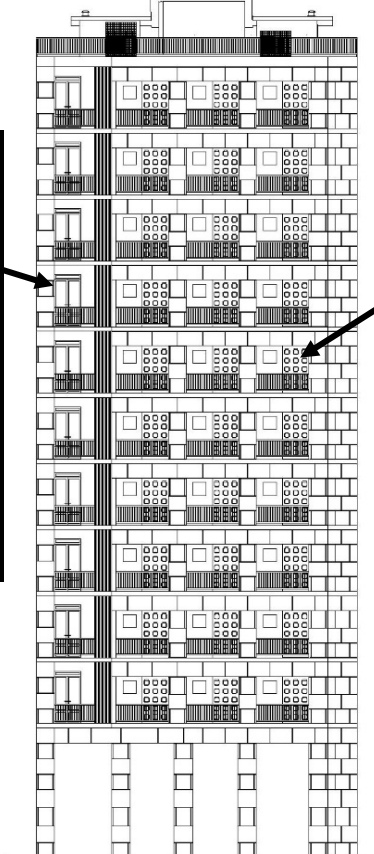


Figure 211 : les éléments qui composent la façade Nord-Est

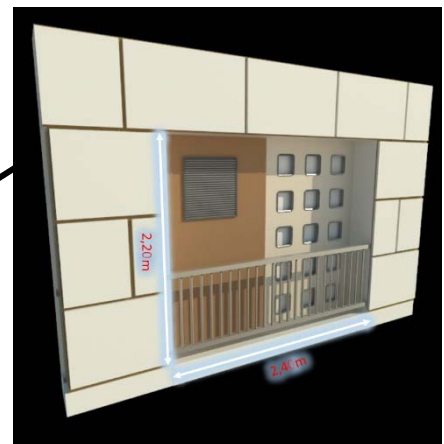


Figure 210 : porte fenêtre de la chambre et le séjour

6. L'analyse fonctionnelle

Ce bâtiment est un projet de logements collectifs, avec une superficie d'emprise au sol 302.00 m², et un gabarit de R+10, avec quatre logements par étage, ce qui donne 44 logements au total.

La logique d'organisation spatiale de ce bâtiment est ; le rez-de-chaussée dédié pour le public, et qui est surélevé par des poteaux, afin de créer des passages couverts en dessous du bâtiment, ainsi à ce niveau on trouve la cage d'escalier, l'ascenseur, et les locaux techniques ; et pour l'étage courant on constate, qu'il y a un espace semi privé (la cage d'escalier et les paliers de distribution aux appartements) et l'espace privé (les appartements).



Figure 212 : l'espace privé et public pour le RDC

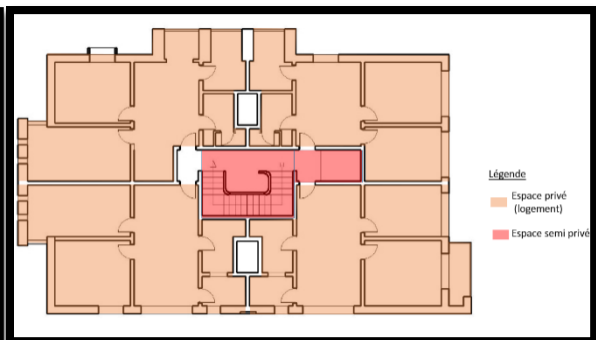


Figure 213 : l'espace privé et public pour l'étage courant

Concernant la distribution on constate que ; la distribution verticale et assurée par l'escalier et l'ascenseur, et la distribution horizontale par les paliers d'étage, et au niveau de chaque étage on a quatre logements ; où on trouve que les espaces humides à l'intérieur des logements, qui sont regroupés aux milieux du bâtiment, afin de libérer la façade aux pièces qui nécessitent plus l'ensoleillement et l'aération naturelle.

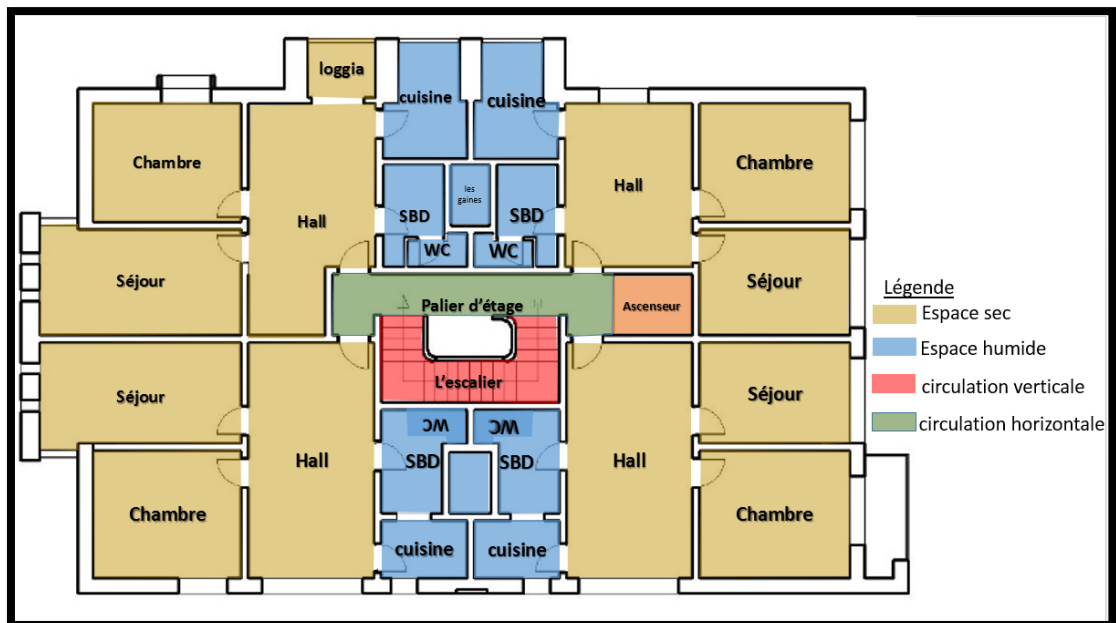


Figure 214 : espace humide et espace sec

7. L'analyse structurelle

Le système structurel de ce bloc, est en mur porteur en pierre et cloisons porteuses (briques posées debout) pour l'étage courant, mais pour le RDC, nous avons un système mixte mur porteur en pierre et brique avec des piliers plaqués par la pierre.

Commençant par les fondations, ensuite les éléments verticaux, et finalement les éléments horizontaux, on va essayer de détailler chacun individuellement, ensuite on va essayer de comprendre comme se fait la jonction entre eux.

7.1 Les fondations

Les fondations n'étant pas accessibles, nous nous sommes basés sur les paroles de Fernand Pouillon mentionnées dans le livre L'Architecture par Fernand Pouillon ; où il disait « Du fait de la déclivité du terrain, nous aurons simultanément sur un même immeuble des fondations superficielles d'un côté et des fondations formant soutènement avec refends sur le côté opposé. »(Catherine Sayen, 2014), pour la cité de Diar El Mahçoul il a utilisé des fondations superficielles en béton armé, comme il est montré dans les photos au-dessous, avec les murs de soutènement, dans le cas d'une déclivité du terrain. Et pour notre cas d'étude, il est sur un terrain plat, donc il n'était pas obligé de faire un mur de soutènement ; donc on peut déduire, qu'il n'a utilisé que les fondations superficielles en béton armé concernant notre cas d'étude.



Figure 215 : vue sur les fondations
source : (Stéphane Gruet, 1953)



Figure 216 : vue sur fondation
source : (Stéphane Gruet, 1953)

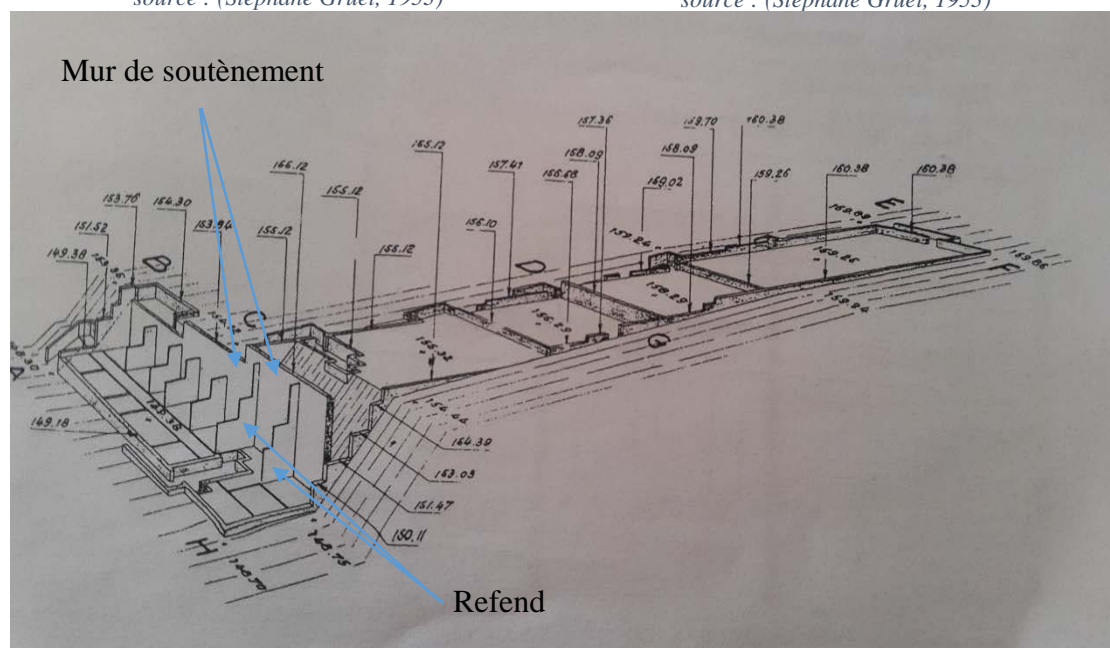


Figure 217 : une perspective qui montre d'une façon générale le type de fondation utilisé à Diar el Mahçoul
source : (Catherine Sayen, 2014)

7.2 Les éléments verticaux :

Dans ce système, on constate l'utilisation des murs porteurs en pierre et des cloisons semi-porteuses en briques, pour l'étage courant, et pour le RDC, on constate l'utilisation des piliers en béton armé plaqué en pierres, en plus des murs porteurs en pierre et des cloisons semi-porteuses en briques.(cf. Figure 222 et 223)



Figure 218 : Des cloisons en briques
source : (Stéphane Gruet, 1953)



Figure 219 : Des cloisons en briques et le mur périphérique en pierre
source : (Stéphane Gruet, 1953)



Figure 220 : une pierre d'angle d'un pilier
avec une épaisseur de 7 cm, ce qui montre que
c'est un placage de pierre
photo prise en décembre 2015



Figure 221 : pilier en béton armé plaqué
par de la pierre.
Photo prise en décembre 2015

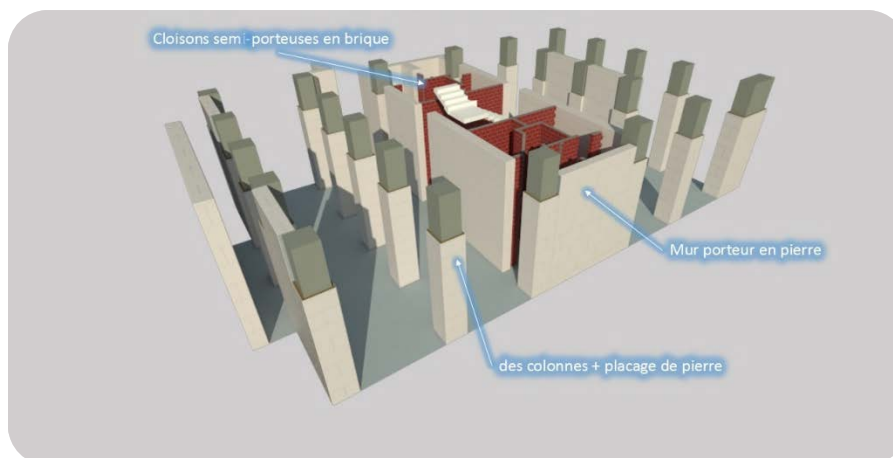


Figure 222 : la structure du RDC



Figure 223 : la structure de l'étage courant

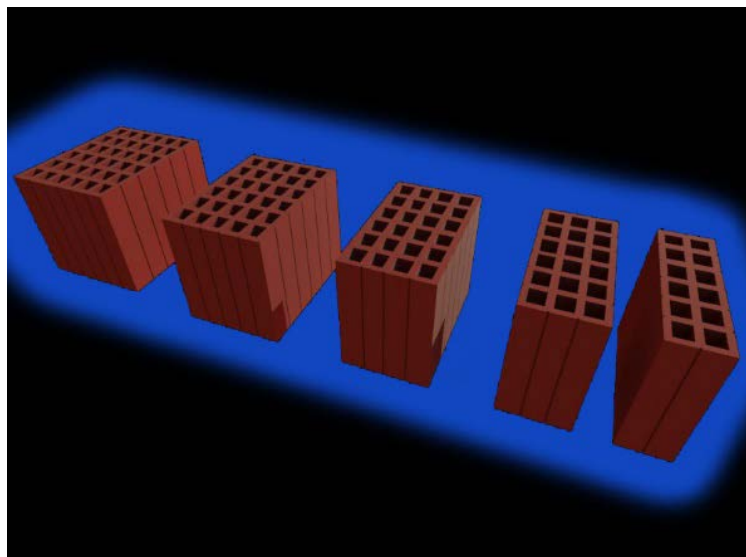


Figure 224 : la brique en trois dimensions

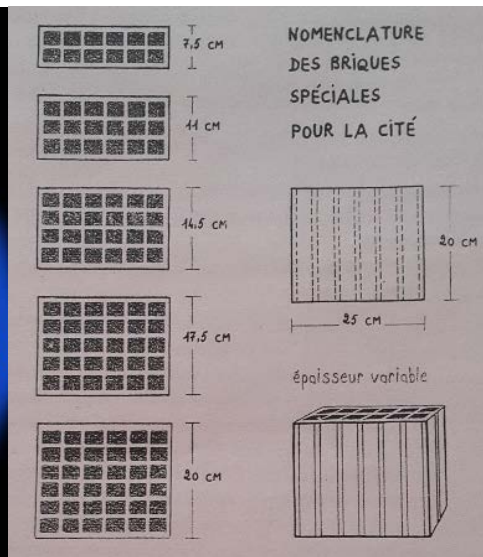


Figure 225 : la nomenclature des briques spéciales
source : (Catherine Sayen, 2014)

Et concernant la brique pour cette cité, Fernand Pouillon a utilisé des briques spéciales - comme vous voyez dans les figures suivantes- ; et pour les cloisons semi porteuses, les briques sont posées debout afin d'augmenter la résistance de la brique, et on va démontrer ceci sur la formule suivante :



Figure 226 : surface la plus critique pour la brique posé horizontalement

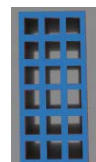


Figure 227 : surface la plus critique pour la brique posé horizontalement

$$N_{\text{brique}} \text{ Deb} = \delta_{\text{brique}} / S_{\text{brique deb}}$$

On a $\delta_{\text{brique}} = N_{\text{brique}} / S$ \Rightarrow et

$$N_{\text{brique}} \text{ h} = \delta_{\text{brique}} / S_{\text{brique h}}$$

Nous chercherons le rapport entre les deux résistances (de la brique posée debout ou horizontalement) donc on cherche le X :

$$N_{\text{brique Deb}} = X \cdot N_{\text{brique Deb}}$$

$$X = \frac{N_{\text{brique deb}}}{N_{\text{brique h}}} = \frac{\delta_{\text{brique}} \cdot S_{\text{brique deb}}}{\delta_{\text{brique}} \cdot S_{\text{brique h}}} = \frac{\cancel{\delta_{\text{brique}}} \cdot S_{\text{brique deb}}}{\cancel{\delta_{\text{brique}}} / S_{\text{brique h}}} = \frac{S_{\text{brique deb}}}{S_{\text{brique h}}}$$

Les résultats sont dans tableau ci-dessous

type de brique	position de la brique	surface en cm ²	X= S brique deb/ S brique h	N brique Deb = X . N brique Deb
12 creux	posé debout	104,19	1,884768452	N brique Deb =1,88 N brique h
	posé horizontalement	55,28		
18 creux	posé debout	142,2	1,875	N brique Deb =1,875 N brique h
	posé horizontalement	75,84		
24 creux	posé debout	194,39	1,893901013	N brique Deb =1,89 N brique h
	posé horizontalement	102,64		
30 creux	posé debout	240,4	1,898144493	N brique Deb =1,898 N brique h
	posé horizontalement	126,65		
36 creux	posé debout	271,53	1,918668739	N brique Deb =1,91 N brique h
	posé horizontalement	141,52		

Tableau 13 : rapports entre la résistance de la brique posé debout et horizontalement.

Donc on constate que cette pratique, la résistance à la compression de la brique posée debout, est presque le double que celle posée horizontalement. Et comme la brique est l'unité initiale du mur en maçonnerie de brique, le mur avec les briques posées debout est presque deux fois plus résistant en termes de compression, que celui qui est composé des briques posées horizontalement.

7.2.1 Les caractéristiques de la pierre

Dans le site d'internet de la carrière de Fontvieille, on trouve les caractéristiques de la pierre affichées, ainsi le domaine d'utilisation de cette pierre.

Type de Roche : Calcaire.	Capillarité C2 : 103,3 g/m2.
Nom commercial : Fontvieille.	Compression : 9 MPA.
Couleur dominante : Blanc à reflets blonds.	Résistance au gel : 16 cycles.
Aspect dominant : Compact à grains moyen à fins	Glissance : 85.
Masse Vol. 2030 à 2070 kg/m3	Résistance aux attaches : - N.
Porosité : 23,1 à 24,6 %	Glissance : 85.
Résistance à la flexion : 4,9 à 5,6 MPA.	
Abrasion : 39,5 mm.	
Capillarité C1 : 107,3 g/m2.	

Figure 228 : les caractéristiques de la pierre
source : (<http://www.carrieres-de-provence.com>)

En comparant la résistance de ce type de pierre avec le béton arme, qui a une résistance de (20-25) Mpa ; en constate que cette pierre à une renaissance très faible par rapport au béton armé. Et pour la masse volumique de cette pierre est inférieure de celle du béton (2500 kg/m³)

Réf	Date d'essai	ELANCEME NT H/D	Poids en g	Densité g/cm ³	Résistance		
					CH- Total en KN	R.C en bars	R.C CORR 1 en bars
1	29/12/2015	2	1245.1	1.87	25.40	57.52	57.52
2	29/12/2015	1.46	822.4	1.69	21.00	47.55	49.53

*Tableau 14 : les résultats des Essais de compression
Source : (labo Ben Abdi Ahmed,2015)*

En comparant les résultats des essais de compression effectués par le laboratoire ; Ben Abdi Ahmed, avec les résultats affichés dans le site de Carrières de Provence Fontvieille, France ; on constat que la résistance affichée (9MPa) n'est pas la même que celle obtenue dans les essais (4.75-5.75 MPA).

7.2.1.1 Principales utilisations :

- Construction et décoration de l'habitat :
- Dallages extérieurs (suivant zone dim.) et intérieurs, murs et dessus de murs, encadrements de portes et fenêtres.
- Plages et margelles de piscines rustiques.
- Cheminées.
- Constructions en pierres massives.
- Sculptures.
- Monuments funéraires.
- Monuments historiques.

7.2.2 Une analyse effectuée par le scléromètre

Dans le but de connaître la résistance du mur nous avons effectué des essais à l'aide de scléromètre pour notre bâtiment et nous avons obtenu les résultats suivants :

Nombres des essais	Les essais		
	Essais 1 (MPA)	Essais 2 (MPA)	Essais 3 (MPA)
01	35	22	20
02	32	30	22
03	30	15	21.5
04	28	20	18
05	32	20	21.5
06	25	15	18
07	22	-	18
08	38	-	22
09		-	24
moyen	30.25	20.33	20.55

Tableau : les résultats des essais en utilisant le scléromètre

En observant les résultats, nous constatons qu'il y a un grand écart entre les résultats, ce qui nous a poussés à faire des essais d'écrasement dans le laboratoire comme nous avons déjà expliqué dans cette partie.



Figure 271 : le scléromètre utilisé
Photo prise décembre 2015



Figure 272 : les essais en utilisant le scléromètre
Photo prise décembre 2015

7.2.3 Une analyse effectuée à l'aide du détecteur d'armature

L'instrument de détection d'armature métallique Profometer 5 possède un mécanisme de visualisation en temps réel, semblable à un scanner, permettant à l'utilisateur de visualiser en temps réel l'emplacement ainsi les diamètres des armatures métalliques sous la surface en béton.



Figure 273 : le détecteur d'armature utilisé
Photo prise décembre 2015



Figure 274 : les essais en utilisant le détecteur
d'armature
Photo prise décembre 2015

Et pour le détecteur d'armature nous n'avons rien observé et c'est dû à la grande profondeur des armatures, car on a toute une couche de pierre qui va empêcher le détecteur ainsi la profondeur d'enrobage.

7.3 Les éléments horizontaux

Concernant les éléments horizontaux, on constate l'utilisation d'une poutre périphérique tout autour du plancher au Rez-de-chaussée ; mais pour les planchers des autres étages, on constate un chaînage périphérique en béton armé.

Ainsi dans le bâtiment de R+10, il y a trois types de plancher, qui sont le plancher à nervures croisées, dalle pleine et le plancher translucide.

Le plancher à nervures croisées, est le plus utilisé, car il est réservé pour l'étage courant, avec une épaisseur de 20 cm ; où on trouve 3 cm (d'isolation phonique et ciment de pose et carrelage), 3 cm de dalle de compression en béton armé, et 14 cm pour la marmite, et ce dernier est comme le défini Fernand Pouillon «c'est un hourdis préfabriqué, creux, en staff, et carré, de quatorze centimètres de haut. »(Catherine Sayen, 2014). Et dans le cas de la cité Diar el Mahçoul, les dimensions de la marmite sont de $60 \times 60 \times 14 \text{ cm}^3$ et, Fernand Pouillon a utilisé une trame de 60×60 afin que les cloisons se coïncidant avec les limites de la marmite et non au vide de la marmite, donc il a utilisé la trame de 60×60 comme trame structurelle et fonctionnelle.

La dalle pleine est utilisée pour les porte-à-faux et les balcons et pour le RDC, avec une épaisseur de 20 cm, mais pour le RDC, on constate l'utilisation des éléments décoratifs au-dessous du plancher.

Le plancher translucide est utilisé uniquement pour couvrir la cage d'escalier dans le niveau supérieur de l'immeuble, avec une épaisseur de 15 cm et une forme curviligne.

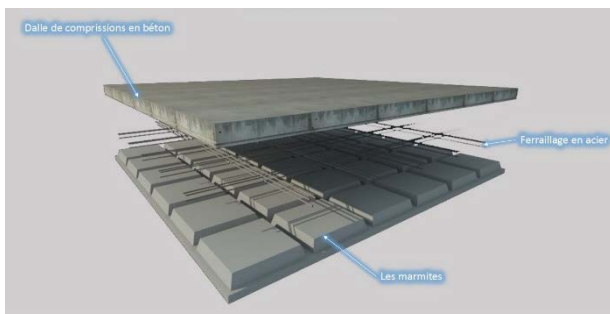


Figure 229 : vue sur le plancher de l'étage courant avec ses composants

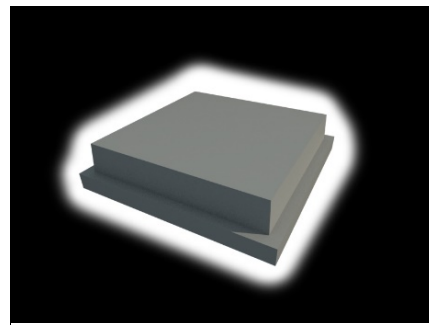


Figure 230 : la marmite de $(60 \times 60 \times 14) \text{ cm}^3$

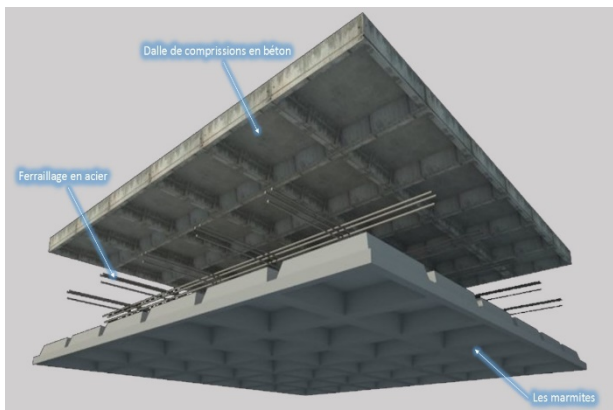


Figure 231 : vue sur le plancher de l'étage courant avec ses composants



Figure 232 : vue prise dans le SDB sur le plancher
Photo prise décembre 2015



Figure 235 : le plancher lors de sa fabrication
source :(Stéphane Gruet, 1953)



Figure 233 : le montage des marmites dans le chantier Diar
El Mahçoul
source :(Stéphane Gruet, 1953)

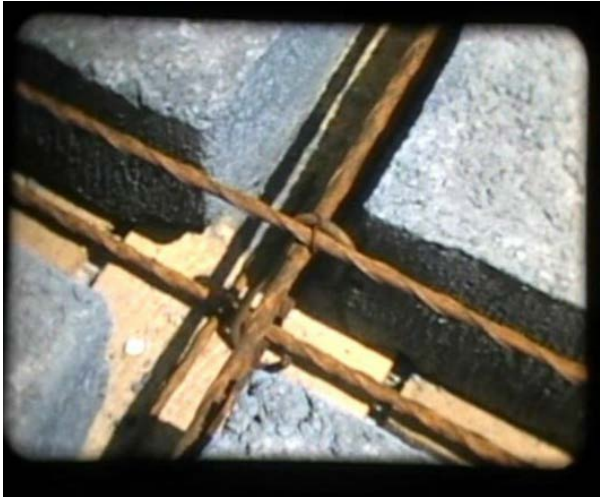


Figure 234 : le ferrailage entre les marmites
Source :(Stéphane Gruet, 1953)

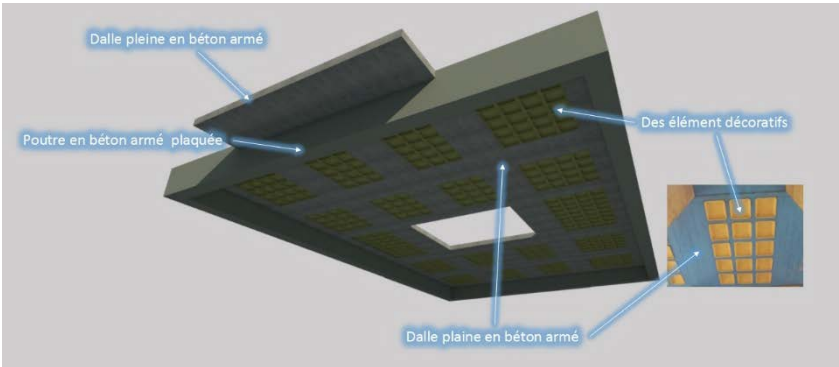


Figure 236 : le plancher qui couvre le RDC (dalle pleine)



*Figure 237 : le plancher translucide qui couvre les escaliers
Photo prise décembre 2015*

7.4 La logique du fonctionnement de la structure

La logique de la structure se base sur une trame de $60*60\text{cm}^2$, avec la superposition des cloisons, afin de permettre une transmission de charge la plus souple et la plus rectiligne possible, afin d'éviter la flexion des éléments horizontaux, et de travailler globalement sur la compression, et pour les efforts horizontaux, qui sont dues généralement au séisme et au vent, où on trouve Fernand Pouillon qui dit « ne l'oublier pas, on est dans une zone sismique. Mon système de construction favorise la stabilité grâce à l'entrecroisement des pierres des pierres et des briques pour former les murs et les cloisons » (Catherine Sayen, 2014), donc on peut comprendre que le contreventement est assuré par les cloisons et les murs en pierre.

Le chaînage horizontal est assuré par un chaînage périphérique en béton armé, qui entoure l'édifice, mais pour le chaînage vertical, il est assuré uniquement par l'entrecroisement des briques et des pierres sans l'utilisation du béton armé comme il est exigé par le RPA2003.

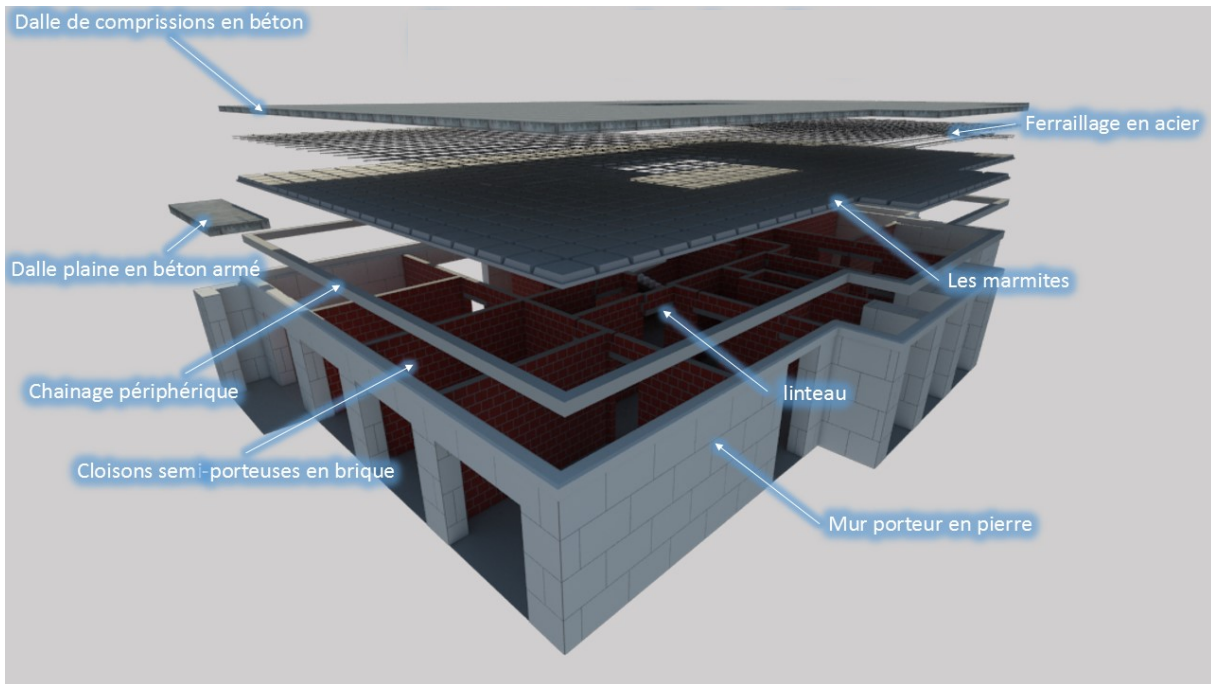


Figure 238 : les éléments qui composent la dalle, les cloisons et les murs en pierre (étage courant)

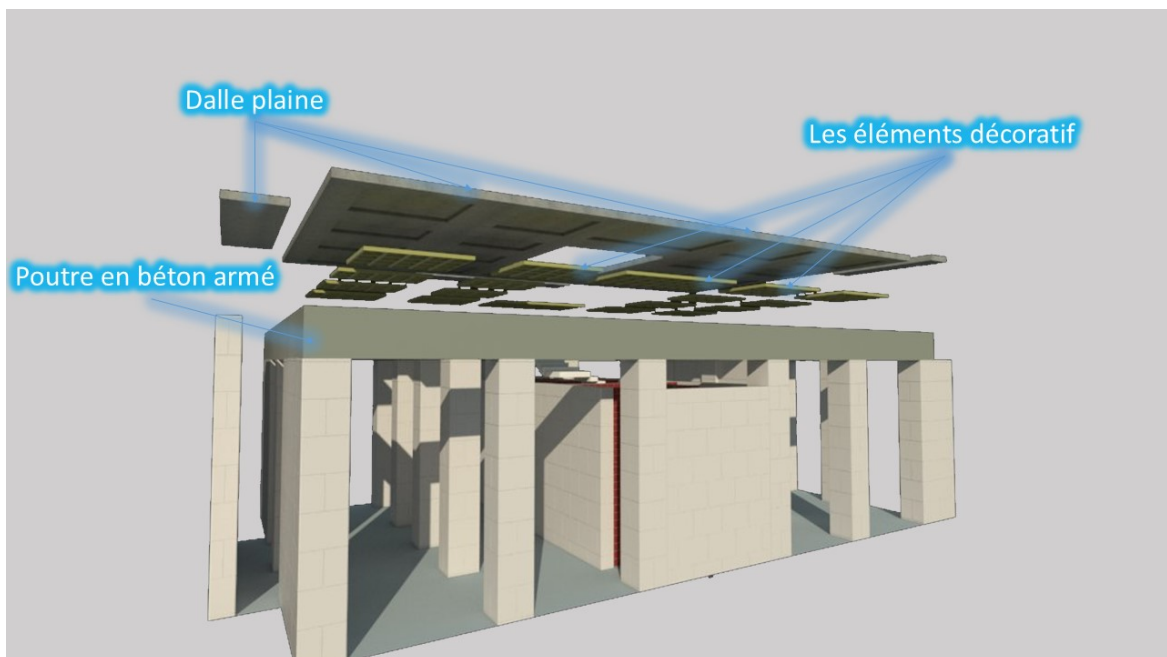


Figure 239 : Les éléments qui composent la dalle, les cloisons et les murs en pierre (RDC)

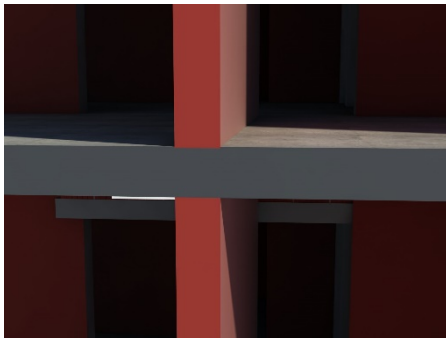


Figure 240 : détail qui montre la continuité des murs



Figure 241 : la cloison porteuse (entre les marmites)

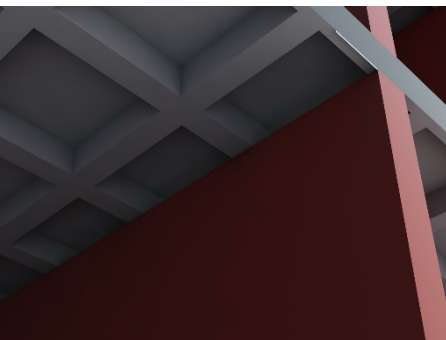


Figure 242 : cloison non porteuse sous le vide des marmites

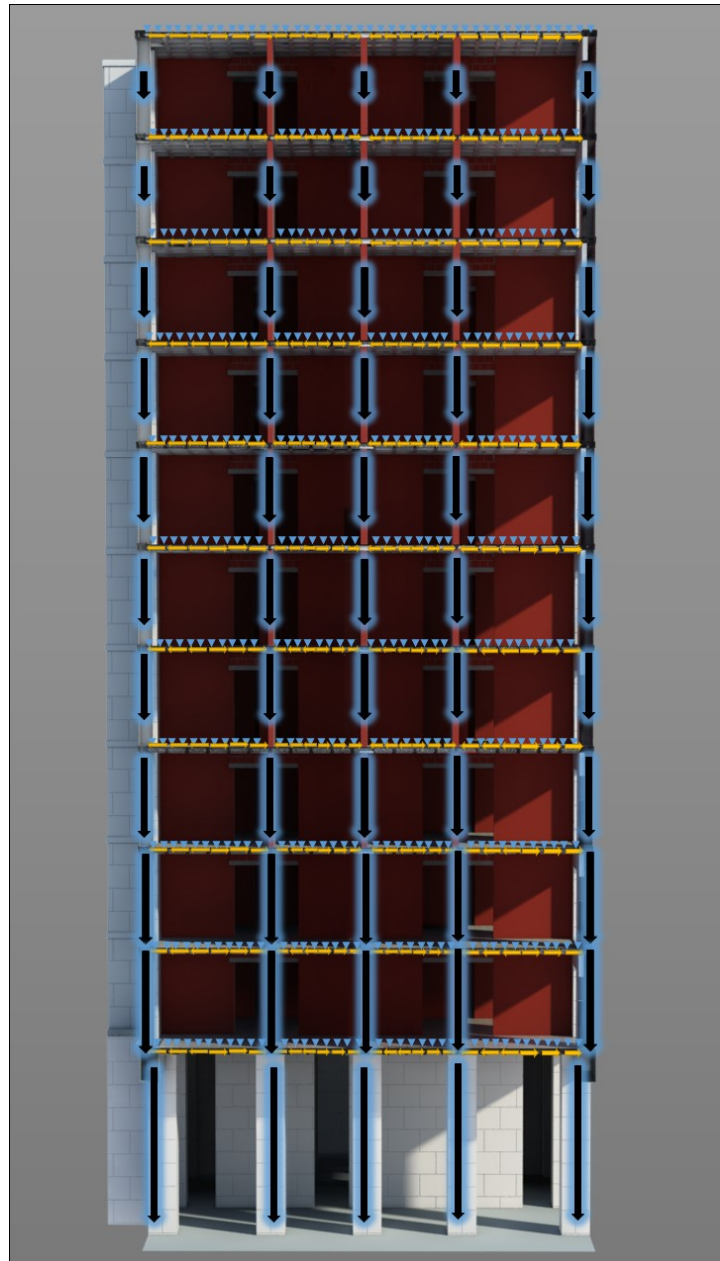


Figure 243 : schéma qui montre la descente des charges

8. La structure et la réglementation

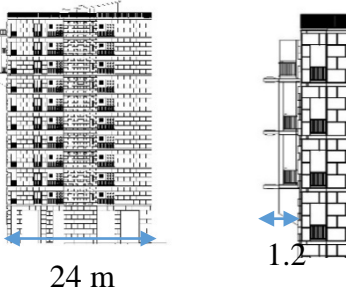
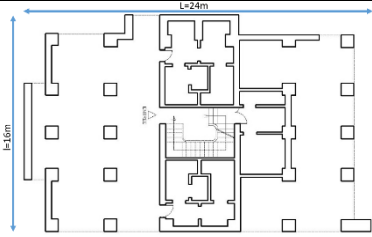


5.1. Réglementation française des années quarante

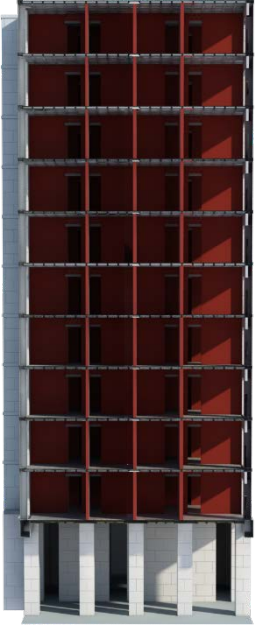
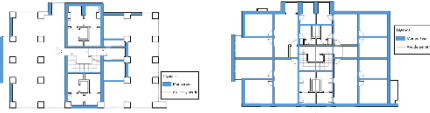
Le CSTB-Centre Scientifique et Technique du Bâtiment créé en 1947, et qui a pour mission de garantir la qualité et la sécurité des bâtiments.(cstb, 2015)- n'a pas validé le système constructif de Fernand Pouillon, tout en argumentant que tout ce qu'expose Fernand Pouillon est juste, mais que cette sorte de structure ne permet pas de calculer le report de l'effort horizontal, celui qui est si destructeur, en effort vertical, celui qui se reporte sur les fondations (Catherine Sayen, 2014)


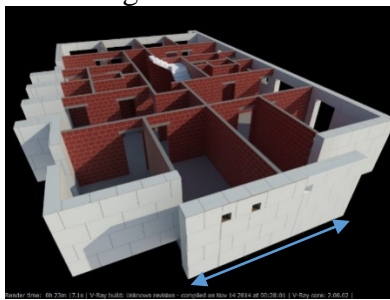
Mais contrairement à CSTB, le bureau de sécuritas lui donnera l'avis favorable, ce qui lui a permis de continuer à construire avec ce système. Malgré que l'avis défavorable du CSTB ne lui a pas permis, de diffuser et de mettre ce système innovant dans le marché.

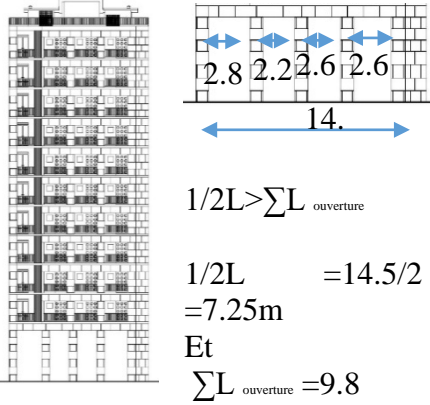
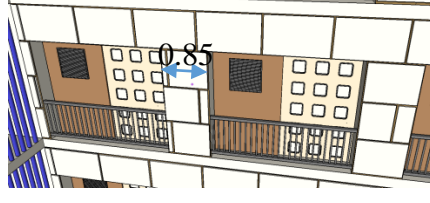
5.2. La structure et la réglementation algérienne (règlement parasismique Algérien 2003)


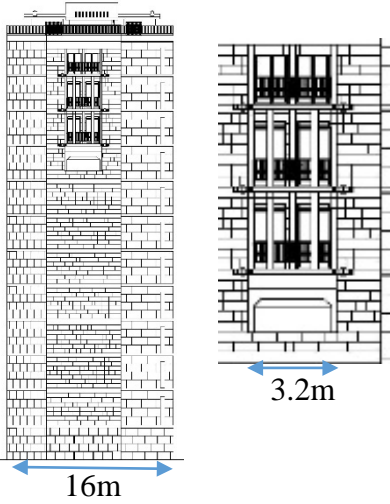
Puisque les édifices de Diar el Mahçoul ont été construits à la période coloniale, l'état algérien n'a pas effectué une analyse structurale sur diar el mahçoul, donc nous avons essayé d'établir un tableau, où on a mis les conditions mentionnées dans le RPA2003 concernant la construction en maçonnerie, tout en vérifiant ces conditions sur notre cas d'étude.

Le RPA 2003 (algérien)	Cas d'étude	Vérifier	Non vérifier	non observer
<p>Selon l'article 9.1.3 tableau 9.1 :</p> <p>-pour la zone III le nombre d'étages permis est de 3 niveaux (11m)</p>	 <p>24 m</p> <p>1.2</p> <p>Un gabarit de 11 niveaux avec une hauteur de 36m</p>		X	
<p>Selon l'article 9.1.3 :</p> <p>Le rapport longueur/largeur doit être inférieur à 3.5</p>	 <p>$L/l=24/16=1.6$</p> <p>Et $3.5 > 1.6$ donc c'est vérifier</p>	X		
<p>Selon l'article 2.1</p> <p>- il faut éviter les sites à topographie accidentée comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les abords de changement de pente important • crêtes, piton rocheux. • Bords de vallées encaissées <p>(RPA 2003)</p>	<p>Notre cas d'étude est construit sur un terrain plat</p> 	X		
<p>Selon l'article 2.1</p> <p>- il faut éviter les terrains instables</p> <ul style="list-style-type: none"> • les pentes instables, abords de falaises, rives 		X		

<p>et berges sujettes à affouillement</p> <ul style="list-style-type: none"> • terrains susceptible de s'effondrer 				
<p>Selon l'article 2.1 - il faut éviter les zones favorisées à la liquéfaction,</p>	<p>Depuis les années cinquante les édifices de Diar El Mahcoul existe dans ce site, et il non jamais subi le phénomène de la liquéfaction, donc on peut dire que notre site n'est pas une zone favorisées à la liquéfaction.</p>	X		
<p>Selon l'article 2.5.4 -Assurer une transmission directe des forces aux fondations</p>	<p>On constat que Fernand Pouillon, a utilisé une trame de 60*60 cm² afin assuré la superposition des éléments</p>  <p>porteur. Afin d'avoir une transmission directe des forces aux fondations.</p>	X		
<p>Selon l'article 9.1.4 - les murs porteurs en maçonnerie devront être répartis de manière uniforme dans les deux directions principales.</p>	 <p>concernant la répartition des murs porteur d'une manière uniforme dans les deux directions on constate que pour l'étage courant est vérifié en utilisant la symétrie dans les deux directions, mais pour le RDC on constate une concentration des murs porteur</p>		X	

	au centre et pour le reste c'est des poteaux			
<p>Selon l'article 9.1.4</p> <p>-l'aire totale des sections des murs porteurs dans une direction donnée et à chaque niveau ne devra pas être inférieure à 4% de la surface du plancher.</p>	<p>$100 \cdot S_x / S_{total} > 4\%$</p> <p>Et pour notre cas on a :</p> <p>$26.01/299.97 \cdot 100 = 8.67\% > 4\%$</p> <p>$23,24/299.97 \cdot 100 = 7.74\% > 4\%$</p> <p>$17.13/299.97 \cdot 100 = 5.71\% > 4\%$</p> <p>$12.88/299.97 \cdot 100 = 4.29\% > 4\%$</p> <p>Donc c'est vérifié</p>	X		
<p>Selon l'article 9.3.1</p> <p>-Aucun élément de mur ne doit présenter de bord libre en maçonnerie</p>	 <p>Dans ces murs on n'observe pas un chaînage ou une poutre au bord des murs donc, cette règle n'est pas vérifiée</p>		X	
<p>Selon l'article 9.3.1</p> <p>-On a deux types de chaînages horizontaux et verticaux avec du béton armé coulé après exécution de la maçonnerie</p>	<p>Concernant l'étude qu'on a effectuée déjà ; on peut dire qu'il y a un chaînage horizontal en béton armé, et pour le chaînage vertical il est assuré par l'entrecroisement des pierres et des briques. donc cette condition n'est pas vérifiée</p>		X	
<p>Selon l'article 9.3.2</p> <p>-Dimension entre les chaînages ne doit pas dépasser les 5m et une surface de 20 m²</p>	<p>Cette condition n'est pas vérifiée, comme vous le voyez dans la figure ci-dessous.</p>  <p>Et $6.5m > 5m$ donc cette condition n'est pas vérifiée</p>		X	
<p>Selon l'article 9.3.2</p> <p>-la longueur diagonale entre les chaînages du trumeau ne doit pas dépasser 40 fois l'épaisseur pour les murs en éléments</p>	<p>Dans notre cas il n'y a pas un chaînage vertical, donc on n'a pas un rectangle formé par les chaînages (deux horizontaux et deux verticaux), donc notre diagonale n'existe pas</p>		X	

<p>pleins mais pour les murs en éléments creux elle ne dépasse pas les 25 fois de l'épaisseur brute du mur</p>				
<p>Selon l'article 9.1.5 -La longueur des ouvertures dans un mur ne doit pas dépasser la moitié de la longueur du mur</p>	<p>Puisque toutes les ouvertures ont presque la même hauteur, donc on va étudier la façade où on a le pourcentage d'ouverture le plus élevé, puisque c'est elle le cas critique, donc on va choisir la façade Nord-Ouest</p>  <p>Et 7.25 < 9.8 Donc cette condition n'est pas vérifiée</p>		<p>X</p>	
<p>Selon l'article 9.1.5 -Les niveaux supérieurs des ouvertures devront situés à la même côte</p>	<p>Parmi les principes d'organisation de la façade, on a l'alignement des ouvertures. ce qui implique que tous les niveaux supérieurs des ouvertures sont à la même côte.</p>	<p>X</p>		
<p>Selon l'article 9.1.5 Afin d'assurer une bonne distribution de rigidité, il faut positionner les ouvertures d'une manière la plus symétrique possible sur le mur.</p>	<p>On constat qu'afin d'avoir un rythme dans les façades Fernand Pouillon a positionné les ouvertures d'une manière plus au moins symétrique donc on peut dire que cette condition est vérifiée</p>	<p>X</p>		
<p>Selon l'article 9.1.5 -il est préférable d'avoir les ouvertures sur le même alignement.</p>	<p>Comme on a déjà expliqué cet alignement est garanti par les principes de composition de la façade</p>	<p>X</p>		
<p>Selon l'article 9.1.5 -Il faut que la largeur des trumeaux soit supérieur ou égale à 1m pour la zone III</p>			<p>X</p>	

	Et notre cas est situé en zone III avec des trumeaux qui sont inférieur à 1m			
Selon l'article 9.3.1 - un chaînage qui encadre les ouvertures qui ont une hauteur supérieur à 1.8m				X
Selon l'article 9.3.2 -Pour les murs porteurs auront une épaisseur supérieure à 20 cm	Les cloisons semi-porteurs sont des murs de 20 cm d'épaisseur et pour les murs en pierre c'est en 40 cm donc cette condition est vérifiée	X		
Selon l'article 9.1.4 -la distance maximale qui sépare entre deux murs porteurs est de 6m pour un édifice dans la zone III	Dans notre cas d'étude la distance maximale qui sépare entre deux murs porteurs est de 5.3 m.	X		
Selon l'article 3.5.1.a Régularité en plan	Voire (ci-dessous)		X	
Solen l'article 3.5.1.b Régularité en élévations : « B1. Le système de contreventement ne doit pas comporter d'élément porteur vertical discontinu, dont la charge ne se transmette pas directement à la fondation. B2. Aussi bien la raideur que la masse des différents niveaux restent constants ou diminuent progressivement et sans chargement brusque de la base au sommet du bâtiment. b4. Dans le cas de décrochements en élévation, la variation des dimensions en plan du bâtiment entre deux niveaux successifs ne dépasse pas 20% dans les deux directions de calcul et	-Les murs de contreventement sont continués donc (b1) est vérifié. -pour la condition (b2), nous on a un plan courant donc on n'a pas un changement brusque. - pour la condition (b4), le décrochement qui ne dépasse pas 20% dans les deux directions de calcule. 	X		

ne s'effectue que dans le sens d'une diminution avec la hauteur. La plus grande dimension latérale du bâtiment n'excède pas 1,5 fois sa plus petite dimension. » (RPA ,2003)	Donc $100 \times 3.2 / 16 = 20\%$ et $100 \times 1.2 / 24 = 5\%$ Puisque toutes ces conditions sont vérifiées donc les élévations sont Régulières.			
--	--	--	--	--

Tableau 15 : les conditions du RPA 2003

« Régularité en plan. Le bâtiment doit présenter une configuration sensiblement symétrique vis-à-vis de deux directions orthogonales aussi bien pour la distribution des rigidités que pour celle des masses ». (RPA, 2003).

a2. A chaque niveau et pour chaque direction de calcul, la distance entre le centre de gravité des masses et le centre des rigidités ne dépasse pas 15% de la dimension du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée.

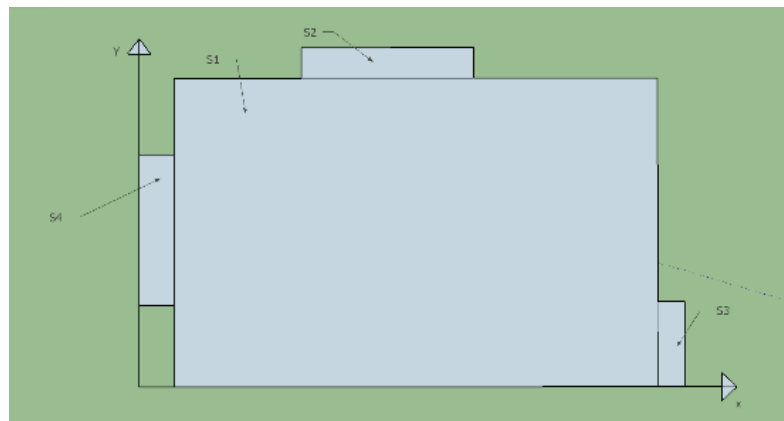


Figure 244 : les cinq sections

S	As(m ²)	Xs	Y s	Ai.Xs	Ai.Ys
S1	276,4	11,9	6,56	3289,16	1813,184
S2	9,78	10,67	13,95	104,3526	136,431
S3	4,21	22,88	1,83	96,3248	7,7043
S4	9,78	0,75	6,76	7,335	66,1128
somme	300,17	-	-	3497,1724	2023,4321

Tableau 16 : Les sections et leurs coordonnées ainsi leurs superficies

	$\frac{\sum Ai.Xs}{\sum Ai}$	$\frac{\sum Ai.Ys}{\sum Ai}$
Xg	11,6506393	-
Yg	-	6,740953793

Tableau 17 : Les coordonnées du centre de gravité

Donc le centre de gravité du plancher a comme coordonnées G (11.65, 6.74)

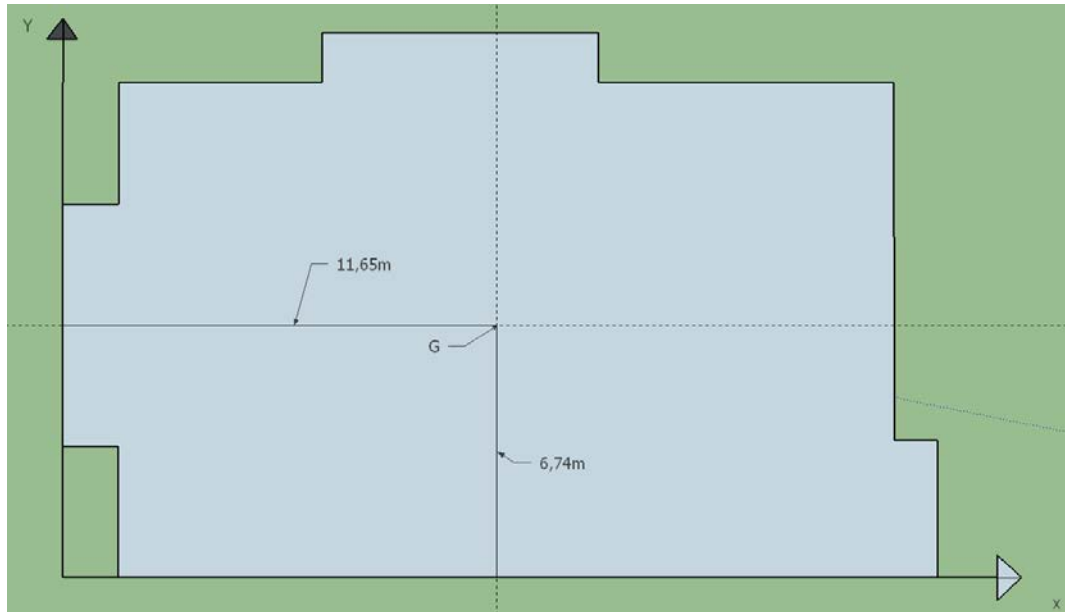


Figure 245 : le centre de gravité

Le centre des rigidités

$$\text{On a } X_r = \frac{\sum I_v \cdot X_s}{\sum I_v} \quad \text{ET} \quad Y_r = \frac{\sum I_H \cdot Y_s}{\sum I_H}$$

Et l'inertie d'un mur est de $I = bh^3/12$

- On calcule l'inertie des murs dans le sens le plus rigide car dans l'autre sens, l'inertie est négligeable ; exemple la rigidité du mur 1

$$I_{10x} = 6,50 \cdot 0,50^3 / 12 = 0,068 \text{m}^4$$

$$\Rightarrow I_{10y} / I_{10x} = 11,44 / 0,068 = 1682,35$$

$$I_{10y} = 0,50 \cdot 6,50^3 / 12 = 11,44 \text{m}^4$$

Donc I_{10y} est 1682 fois plus grande que I_{10x} .

niveau	Le mur	xi	b (m)	h (m)	Ai (m ²)	Iv= bh ³ /12 (m ⁴)	Iv.Xi
RDC	1	0,25	0,50	6,50	3,25	11,44	2,86
Les murs verticaux	2	1,64	0,40	2,55	1,02	0,55	0,91
	3	1,64	0,40	2,55	1,02	0,55	0,91
	4	9,37	0,40	5,45	2,18	5,40	50,56
	5	9,37	0,40	3,10	1,24	0,99	9,30
	6	7,07	0,55	1,65	0,9075	0,21	1,46
	7	9,44	0,55	1,35	0,7425	0,11	1,06
	8	11,79	0,55	1,70	0,935	0,23	2,65
	9	11,82	0,20	0,90	0,18	0,01	0,14
	10	11,82	0,20	1,00	0,2	0,02	0,20
	11	14,42	0,40	6,45	2,58	8,94	128,98
	12	14,37	0,40	3,90	1,56	1,98	28,41
	13	14,22	0,60	1,30	0,78	0,11	1,56
	14	17,86	0,40	2,00	0,8	0,27	4,76
	15	17,86	0,40	2,10	0,84	0,31	5,51
somme					18,235	31,12	239,29

Tableau 18 : les inerties et les aires des sections des murs verticaux (RDC)

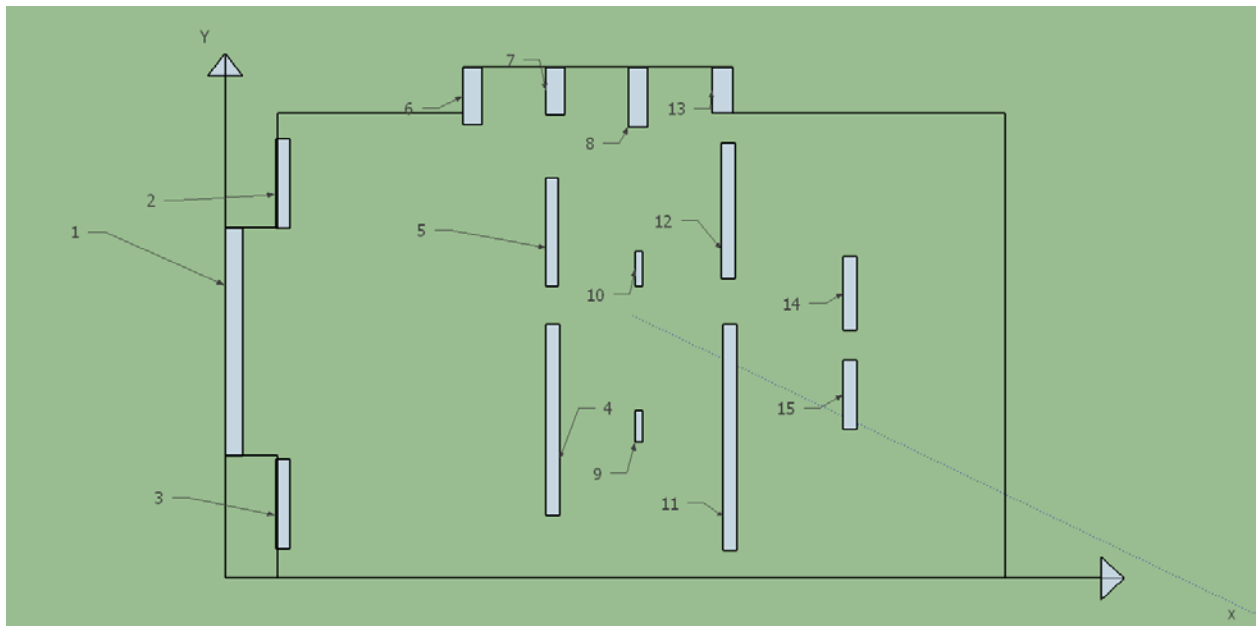


Figure 246 : Les sections des murs verticaux

Le niveau	Le mur	yi	b (m)	h (m)	Ai (m ²)	Ih= bh ³ /12 (m ⁴)	Ih.Yi
RDC Les murs horizontaux	16	13,16	0,4	1,05	0,42	0,0385875	0,5078115
	17	14,41	0,4	5,35	2,14	5,104345833	73,55362346
	18	11,23	0,2	4,65	0,93	1,67574375	18,81860231
	19	8,46	0,2	4,65	0,93	1,67574375	14,17679213
	20	4,88	0,2	4,65	0,93	1,67574375	8,1776295
	21	2	0,2	4,65	0,93	1,67574375	3,3514875
	22	0,2	0,4	3,7	1,48	1,688433333	0,337686667
	23	13,08	0,4	2,95	1,18	0,855745833	11,1931555
	24	9,56	0,2	2,9	0,58	0,406483333	3,885980667
	25	8,46	0,2	2	0,4	0,133333333	1,128
	26	6,63	0,2	1,75	0,35	0,089322917	0,592210938
	27	3,76	0,2	2,85	0,57	0,38581875	1,4506785
	28	13,08	0,4	1,6	0,64	0,136533333	1,785856
29	40	0,8	2	1,6	0,533333333	21,33333333	
somme					13,08	16,0749125	160,29

Tableau 19 : les inerties et les aires des sections des murs horizontaux (RDC)

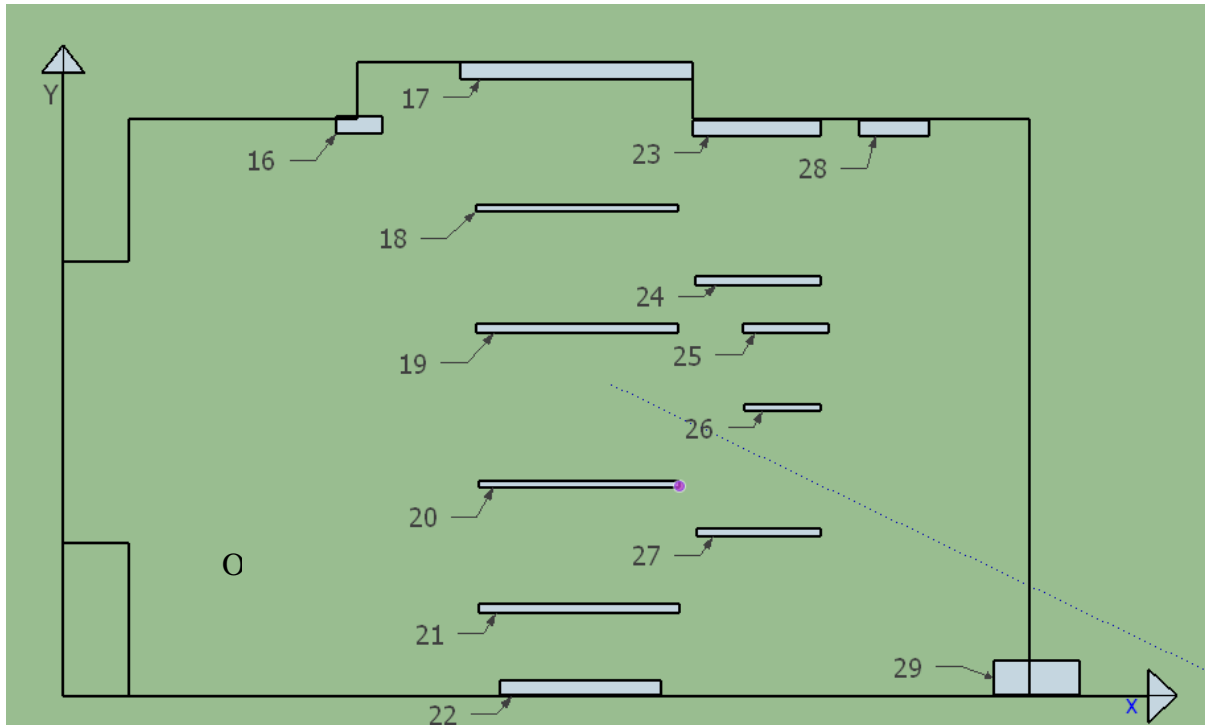


Figure 247 : Les sections des murs horizontaux (RDC)

$$X_t = \sum I_v \cdot X_s / \sum I_v = 239.29 / 31.12 = 7.689$$

$$Y_t = \sum I_h \cdot Y_s / \sum I_h = 160.29 / 16.075 = 9.97$$

$$E_x = X_g - X_t = 11.65 - 7.689 = 3.981 \text{ et selon le RPA : } E_x < 0.15L \Rightarrow 3.981 > 0.15 \times 24$$

$$3.981 > 3.6$$

$$E_y = Y_g - Y_t = 6.74 - 9.97 = -3.23 \text{ et selon le RPA : } E_y < 0.15l \Rightarrow 3.23 > 0.15 \times 16$$

$$3.23 > 2.4$$

Puisque cette condition n'est pas vérifiée ; le plan n'est pas régulier, car pour avoir la régularité en plan, il faut que toutes les conditions soient vérifiées, donc si une n'est pas vérifiée, le plan n'est pas régulier.

9. L'évaluation de la vulnérabilité «la méthode AFPS »

Nous présentons dans cette section, les résultats de l'évaluation de la vulnérabilité de notre cas d'étude selon la méthode AFPS

Dénomination et adresse du bâtiment : la tour (RDC+10) à Diar el Mahçoul située au nord de la commune d'El Madania sur les hauteurs de la ville d'Alger.

Année de construction : 1954

Date du diagnostic : 26/12/2015

Auteur du diagnostic : OUKRIF Youcef

Chapitre cinq : l'analyse structurelle du cas d'étude et l'évaluation de sa vulnérabilité.

A Implantation du bâtiment	1 Pente générale du terrain >40%5				2 Proximité d'un changement de pente D<2 H du bâtiment 15				Observations
B Environnement du bâtiment	1 Bâtiments accolés : joint = 0 ou rempli d'un matériau 25				2 Joints entre blocs adjacents <2 cm 2 à 4 cm >4 cm 25-10-5				0
C Type de structure	1 Murs en maçonnerie de blocs 15	2 Murs en béton non armé 10	3 Murs en béton armé 5	4 Ossature poteaux-poutres sans remplissage 20	5 Ossature poteaux-poutres avec remplissage 25	6 Système mixte murs en maçonnerie et ossature 20	7 Panneaux de façade BA Préfabriqués porteurs 10	8 Ossature BA préfabriquée porteuse 50	20
D Forme en plan	1 Irrégulière5		2 Elancement en plan L/l>45			3 Parties saillantes ou rentrantes 5			5
E Forme en élévation	1 Etages en encorbellement>2m15	2 Retrait en façade >40 % 20	3 Planchers d'un même étage situés à des hauteurs différentes 10		4 Présence d'un plancher lourd ou d'une toiture lourde 10		5 Absence de diaphragme horizontal en toiture 20		0
F Contreventement	1 Variation verticale croissante des rigidités 0à100 (voir formule1)		2 Dissymétrie : torsion faible:5 accusée:50		3 Absence de contreventement dans le sens des x ou y 100		4 Densité de voiles de contreventement sens x ou y 0à100 (voir formule2)		24+77+5
G Zone sou éléments critiques	1 Descente de charge en baïonnette25	2 Présence de poteaux courts ou partiellement bridés participant au contreventement 50		3 Présence de poteaux élancés 10		4 Percements inserts dans les poteaux e>d/3 25	5 Percements inserts dans les poutres e>d/3 10	6 Percements inserts dans les nœuds e>d/3 50	0
	7 Présence d'un angle de façade affaibli 15		8 Axes poteaux et poutres non concourants e>c/2 10		9 Diaphragmes horizontaux avec grandes ouvertures s>10%S 10		10 Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC verticaux:25 horizontaux:75		25
H Divers	1 Etat de conservation du gros œuvre médiocre:10 mauvais:25		2 Risque de chute d'éléments non structuraux 5			3 Façade BA préfabriquée en on porteuse 10			5
Total des pénalités : 160									

Tableau 20 Tableau d'évaluation de présomption de vulnérabilité

Formule 1 $K = 50 (\mu^{1/3} - 1)$ avec $\mu = \Sigma I \text{ supérieur} / \Sigma I \text{ inférieur}$ (cf. Figure 448)

Formule 2 $K = 25 (1000 \lambda - 5)^2 / 4$ avec $\lambda = \Sigma I / S H$ (cf. Figure 248)

Dans ces formules :

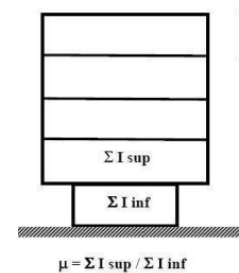
ΣI = somme des inerties des segments de voile dans la direction de calcul (m⁴)

S = surface du plancher courant (m²)

H = hauteur totale du bâtiment (m)

Pour la formule 1

Nous ont vas calcule le k dans les deux directions (ox, oy) et on va prendre la valeur supérieur :



$\mu = \Sigma I \text{ sup} / \Sigma I \text{ inf}$
Pénalité : $K = 50 (\mu^{1/3} - 1)$
Figure 248 : schéma source : (afps,2010)

$\mu = \Sigma I_{\text{étage}} / \Sigma I_{\text{RDC}}$ et dans les tableaux des inerties on a :

μ_x	0,69
μ_y	3,23552124

Tableau 21 : les valeurs de μ

Et $K = 50 (\mu^{1/3} - 1)$ donc

K_x	-
K_y	23,9522552

Tableau 22 : les valeurs de K

Donc le $k=24$

Pour la formule 2

$\lambda = \Sigma I / S H$ et $S=300,17m^2$ et $h=36m$ et les inerties sont dans les tableaux :

$\lambda_{\text{rdc } x} = \Sigma I_x / S H$	0,002879556
$\lambda_{\text{rdc } y} = \Sigma I_y / S H$	0,001487575
$\lambda_{\text{étage } x} = \Sigma I_x / S H$	0,001976504
$\lambda_{\text{étage } y} = \Sigma I_y / S H$	0,00481308

Tableau 23 : Les valeurs de λ

$K = 25 (1000 \lambda - 5)^2 / 4$ et du tableau précédant en a :

$k_{\text{rdc } x} = 25 (1000 \lambda_{\text{rdc } x} - 5)^2 / 4$	28,1017687
$k_{\text{rdc } y} = 25 (1000 \lambda_{\text{rdc } y} - 5)^2 / 4$	77,10706456
$k_{\text{étage } x} = 25 (1000 \lambda_{\text{étage } x} - 5)^2 / 4$	57,13453705
$k_{\text{étage } y} = 25 (1000 \lambda_{\text{étage } y} - 5)^2 / 4$	0,218369121

Tableau 24 : les valeurs de K

Donc on va prendre le $K= 77$

Et en fonction du total des pénalités qui est de 160 et qui est nettement supérieur à 100, on peut dire qu'on est face à une très forte vulnérabilité, ce qui nécessite une réhabilitation le plus rapidement possible.

10. Conclusion

En analysant le bloc 11, on constate que cet édifice possède des valeurs architecturales importantes ce qui fait et constitue notre patrimoine bâti pendant la période coloniale. Même elle reste des rares édifices construits en pierre avec un gabarit de R+10 est qui sont restées debout après le séisme de 2003.

Concernant l'état de conservation, on peut dire qu'elle est moyenne. D'après notre analyse structurelle la descente de charge est assurée par des cloisons semi-porteuses en brique et les murs en pierre et comme nous avons observé l'exemple des modifications à l'intérieur des logements où les habitants démolissent les murs en briques en pensant que c'est pour la séparation et non pas pour la transmission des charges, ce qui est tout à fait le contraire dans le cas d'étude, donc ces modifications effectuées par les habitants conduisent à interrompre la transmission directe des forces aux fondations, ainsi l'affaiblissement de la structure.

Le système constructif de Fernand Pouillon est un système, qui se base sur une trame de 60*60cm qui une trame structurelle et fonctionnelle, tout en utilisant des matériaux qui ont une résistance à la compression faible en la comparant avec le béton armé, mais le savoir-faire de Fernand Pouillon lui a permis de franchir des hauteurs très importantes, et même de résister au séisme 2003.

Au point de vue règlementaire, on constate que le système de Fernand Pouillon a l'avis favorable de bureau sécuritas français, mais non pas le CSTB ce qui n'a pas permis à Fernand Pouillon de faire rentrer son système dans le marcher. Même ce système avec le RPA2003 ne vérifie pas la plupart des conditions, malgré, qu'il a résisté au séisme de 2003.

D'après l'évaluation de la vulnérabilité, on constate que le bâtiment R+10 nécessite une réhabilitation lourde afin de lui rendre la très forte vulnérabilité, c'est ce que nous proposons dans le chapitre qui suit.

VI. Chapitre 6: Diminution de la vulnérabilité

1. Introduction :

Dans le présent chapitre, nous proposons des techniques de réhabilitation, afin de réduire la vulnérabilité du bâtiment, qui a été déjà évalué dans le chapitre précédant, ainsi de reconstituer l'état initial du bâtiment.

2. La réduction de la vulnérabilité du bâtiment (AFPS) :

Pour la réduction de la vulnérabilité, nous avons rétabli les pénalités où il y a la possibilité de réduire, pour diminuer la vulnérabilité de notre cas d'étude, tout en utilisant les techniques de réhabilitation.

A Implantation du bâtiment	1Pente générale du terrain > 40 % 5				2Proximité d'un changement de pente D < 2H du bâtiment 15				Observations
B Environnement du bâtiment	1Bâtiments accolés : joint = 0 ou rempli d'un matériau 25				2 Joints entre blocs adjacents < 2 cm 25 2 à 4 cm 10 > 4 cm 5				0
C Type de structure	1 Murs en maçonnerie de blocs 15	2 Murs en béton non armé 10	3 Murs en béton armé 5	4 Ossature poteaux-poutres sans remplissage 20	5 Ossature poteaux-poutres avec remplissage 25	6 Système mixte murs en maçonnerie et ossature 20	7 Panneaux de façade BA préfabriqués porteurs 10	8 Ossature BA préfabriquée porteuse 50	20
D Forme en plan	1 Irrégulière 5		2 Elancement en plan L/l>4 5			3 Parties saillantes ou rentrantes 5			5
E Forme en élévation	1 Etages en encorbellement > 2 m 15	2 Retrait en façade >40 % 20	3 Planchers d'un même étage situés à des hauteurs différentes 10		4 Présence d'un plancher lourd ou d'une toiture lourde 10		5 Absence de diaphragme horizontal en toiture 20		0
F Contreventement	1 Variation verticale croissante des rigidités 0 à 100 (voir formule 1)		2 Dissymétrie : torsion faible : 5 accusée : 50		3Absence de contreventement dans le sens des x ou y 100		4 Densité de voiles de contreventement sens x ou y 0 à 100 (voir formule 2)		24+77+5
G Zones ou éléments critiques	1 Descente de charge en baïonnette 25	2 Présence de poteaux courts ou partiellement bridés participant au contreventement 50		3 Présence de poteaux élancés 10		4 Percements inserts dans les poteaux e>d/3 25	5 Percements inserts dans les poutres e>d/3 10	6 Percements inserts dans les nœuds e>d/3 50	0
	7 Présence d'un angle de façade affaibli 15		8 Axes poteaux et poutres non concourants e>c/2 10		9 Diaphragmes horizontaux avec grandes ouvertures s>10 %S 10		10 Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC verticaux : 25 horizontaux : 75		25
H Divers	1 Etat de conservation des gros œuvres médiocre : 10 mauvais : 25		2 Risque de chute d'éléments non structuraux 5			3 Façade BA préfabriquée non porteuse 10			5
Total des pénalités : 161									

Tableau 24 : évaluation de la vulnérabilité

Système mixte murs en maçonnerie et ossature.	20
Parties saillantes ou rentrantes	5
Variation verticale croissante des rigidités	24
Dissymétrie : torsion faible	5
Densité de voiles de contreventement sens x ou y	77
Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC	25
Risque de chute d'éléments non structuraux	5
Total	161

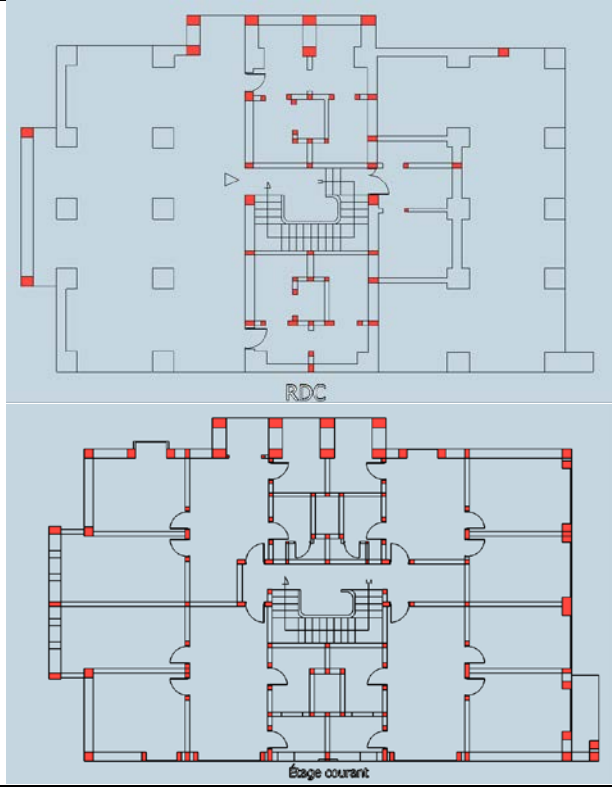
Tableau 25 : les pénalités appliquées

Concernant le système structurel, nous gardons le même système, car si, on va le changer, il faut démolir et reconstruire de nouveau l'édifice, et ça c'est une reconstruction et non pas une réhabilitation. Pour les parties saillantes ou rentrantes et la dissymétrie, on va changer d'une manière radicale l'architecture et le fonctionnement de l'édifice. Pour diminuer les valeurs de pénalité des éléments suivants:

- Absence des chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC.
- Risque de chute d'éléments non structuraux.
- Variation verticale croissante des rigidités.
- Densité de voiles de contreventement sent x ou y.

2.1 Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC.

La solution pour ce problème se fait par la création des chaînages verticaux, qui sera positionnés suivant le RPA 2003 qui dit :

RPA 2003	L'application dans notre cas
<p>Selon l'article 9.3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les chaînages verticaux, au moins: <ul style="list-style-type: none"> * Á tous les angles saillants ou rentrants de la construction * Aux jonctions de murs * Encadrant les ouvertures de hauteur supérieure ou égale á 1.80m; <p>Avec les dispositions complémentaires énoncées ci-après.</p> <p>Aucun élément de mur ne doit présenter de bord libre en maçonnerie</p>	
<p>Selon l'article 9.3.2</p> <p>Dimension entre les chaînages ne doit pas dépasser les 5m et une surface de 20 m²</p>	<p>On a $d \leq 5m$ et $S=20$ et dans notre cas on a le RDC qui fait 6m de hauteur $S=d.h$ donc $d.h \leq 20$ et $h=6$ donc $d \leq 3.33m$ et $3.33 \leq 5$ donc on va prendre une distance entre les chaînages de 3.33m pour le RDC.</p>

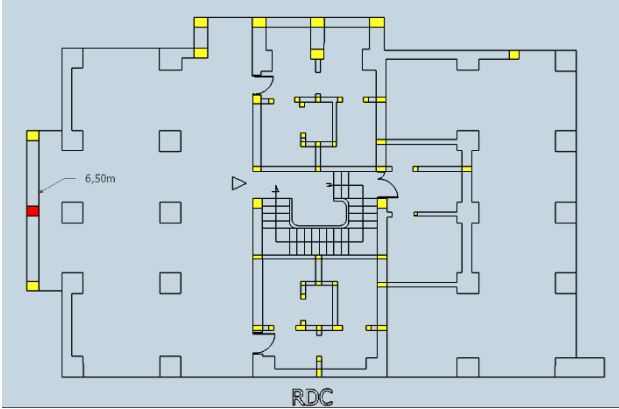
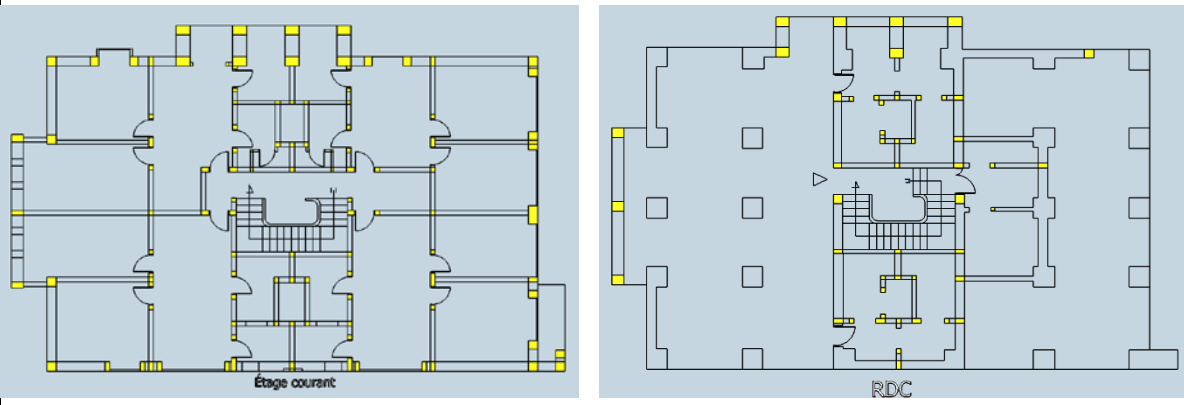
	 <p>Et pour l'étage courant cette condition reste vérifiée, tout en vérifiant la 1^{ère} condition.</p>
<p>Résultat</p> 	

Tableau 26 : positionnement de chaînage vertical

La technique utilisée consiste à créer un chaînage vertical, dans les murs en maçonnerie de pierre et en brique, les étapes pour les murs en maçonnerie de brique sont :

- Extraire une partie du mur, d'une façon à permettre le montage du ferrailage.
- Pour le ferrailage, on propose d'utiliser des barres de 10mm de diamètre et de nombre de 4 au minimum (dans chaque angle de la section), avec un espacement entre les barres Longitudinales de 20 cm au maximum (RPA ,2003).
- Le montage du coffrage
- le coulage, le béton et le décoffrage

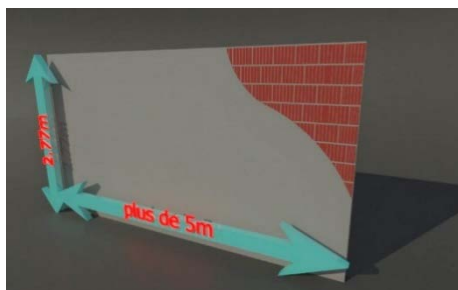


Figure 249 : Un mur en brique.

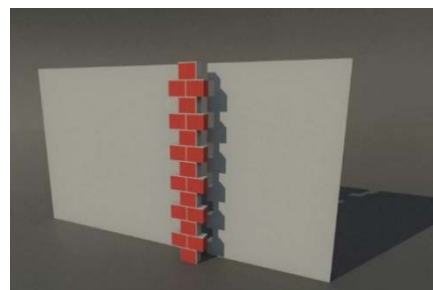


Figure 250 : L'extraction d'une partie du mur, d'une manière à permettre une bonne adhérence entre le béton et le mur

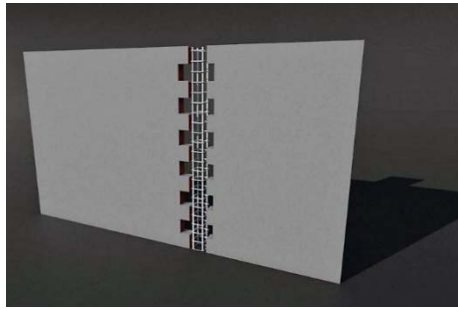


Figure 251 : le montage du ferrailage

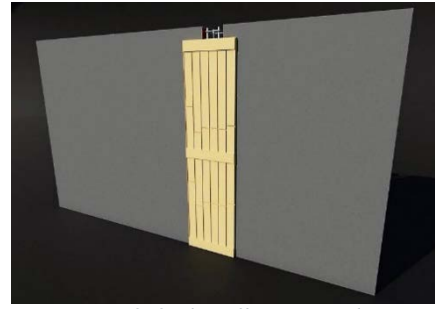


Figure 252 : le coffrage + coulage

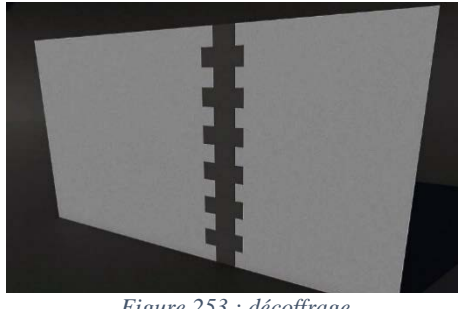


Figure 253 : décoffrage

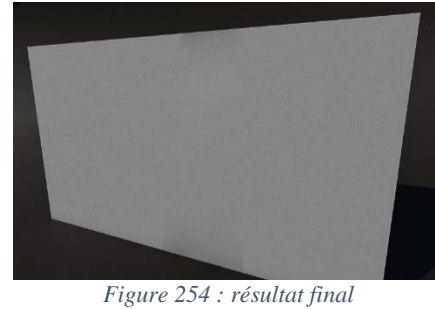


Figure 254 : résultat final

Et pour les murs en pierre, on procédera de la même façon, sauf qu'avant de mettre le coffrage, on fait le montage de la pierre plaquée, ensuite, on coule l'ensemble avec du béton armé.

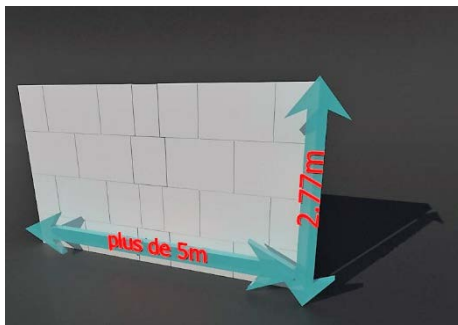


Figure 255 : Mur en pierre.

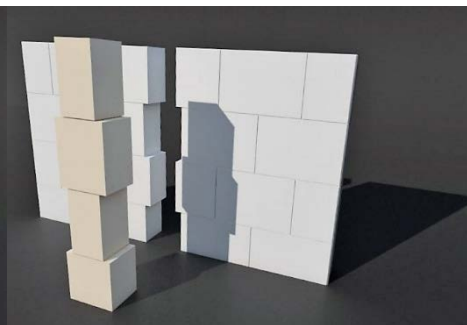


Figure 256 : l'extraction d'une partie du mur d'une manière à permettre une bonne adhérence (le béton et le mur)

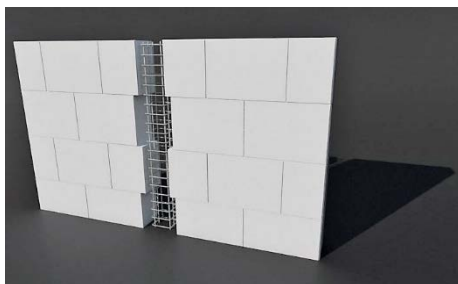


Figure 257 : montage du ferrailage

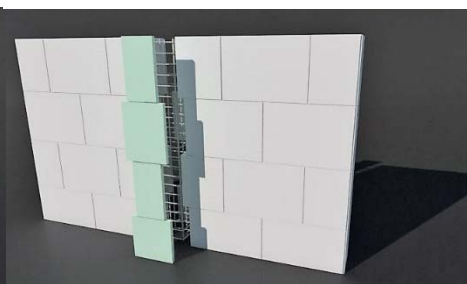


Figure 258 : le montage du placage en pierre

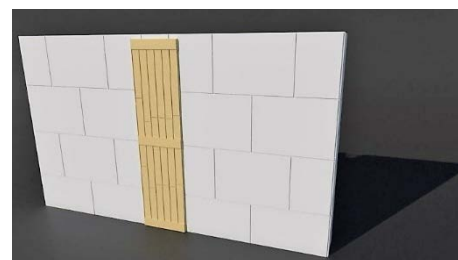


Figure 259 : coffrage + coulage

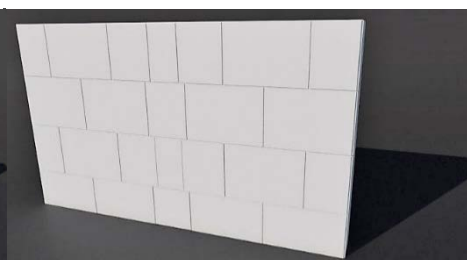


Figure 260 : résultat final

Condition de pénalité	Ki
Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en maçonnerie. (chainage vertical)	0

Tableau 27 : condition de pénalité

2.2 Risque de chute d'éléments non structuraux.

Pour ce problème on va opter pour les opérations suivantes :

Premièrement, il faut remplacer les éléments qui sont tombés déjà, comme les pierres banchées, l'élément décoratif dans l'encorbellement, les claustrâtes ainsi l'élément décoratif en bois (mentionnés déjà dans le chapitre précédant sous le titre Les dégradations). Par la technique de Remplacement physique de la partie endommagée cité et expliqué dans la partie théorique chapitre trois.

Et pour éviter le risque de chute de la pierre de placage, on va proposer l'opération de Rejointoiements, dans les parties où on a le joint endommagé, et qui sont surtout dans les angles du bâtiment ainsi les piliers du RDC.



Figure 261 : joint qui endommagé
Photo prise décembre 2015



Figure 262 : risque de chute d'une pierre a cause du câble d'électricité (pierre et joint endommagés)
Photo prise décembre 2015

Ainsi parmi les premières causes de la chute des éléments, c'est bien l'installation anarchique des paraboles, donc on va proposer de mettre en place un autre système collectif, en installant un seul parabole et non pas plusieurs comme c'est le cas actuel.

Condition de la pénalité	Ki
Risque de chute d'éléments non structuraux	0

Tableau 27 : condition de pénalité

2.3 Variation verticale croissante des rigidités et la densité de voiles de contreventement sent x ou y.

Ces deux conditions sont directement liées aux inerties des voiles et leurs positions donc nous avons proposé plusieurs opérations afin de réduire au maximum le coefficient de pénalité tout en essayant de garder le bon fonctionnement du bâtiment, et dont les opérations sont :

- 1 – le chemisage des murs porteurs afin d'avoir plus de rigidité.
- 2- la construction des murs
- 3- le remplissage d'un portique

Concernant logique de positionnement on a par ordre de priorité :

- 1-intervenir principalement sur les murs intérieurs
- 2-garder l'aspect de la façade tout en utilisant le chemisage pour la face intérieure de mur

3-pour les murs que nous avons ajoutées à l'extérieur nous allons utiliser le même type de pierre puisque la Carrière a une autorisation d'exploitation valable au 2033

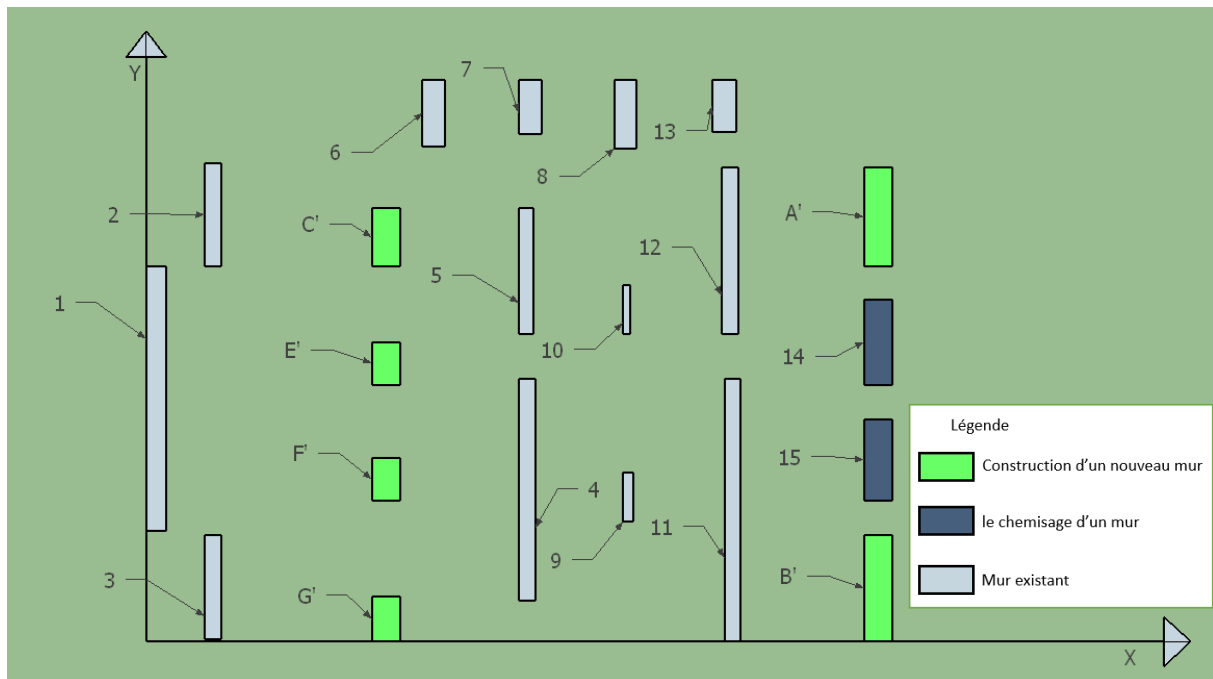


Figure 263 : l'intervention sur les murs verticaux du RDC

Le niveau	Le mur	yi	b (m)	Iv= bh3/12 (m4)	
RDC xx	1	0,50	6,50	11,44	
	2	0,40	2,55	0,55	
	3	0,40	2,55	0,55	
	4	0,40	5,45	5,40	
	5	0,40	3,10	0,99	
	6	0,55	1,65	0,21	
	7	0,55	1,35	0,11	
	8	0,55	1,70	0,23	
	9	0,20	0,90	0,01	
	10	0,20	1,00	0,02	
	11	0,40	6,45	8,94	
	12	0,40	3,90	1,98	
	13	0,60	1,30	0,11	
	14	0,70	2,00	0,47	
	15	0,70	2,10	0,54	
		A'	0,70	2,45	0,86
		B'	0,70	2,61	1,04
	C'	0,70	1,45	0,18	
	D'	0,70	1,05	0,07	
	E'	0,70	1,05	0,07	
	F'	0,70	1,05	0,07	
				33,82	

Tableau 28 : les inerties des murs après l'intervention

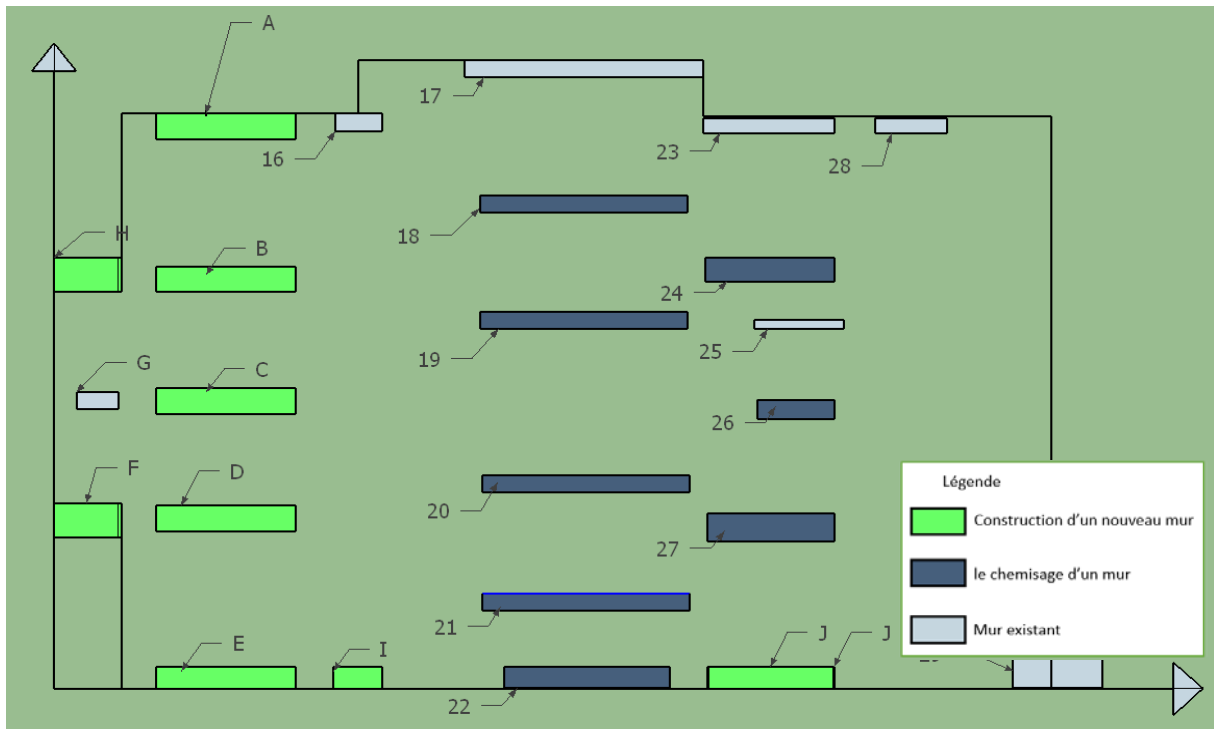


Figure 264 : l'intervention sur les murs horizontaux du RDC

Le niveau	Le mur	yi	b (m)	Ih= bh ³ /12 (m ⁴)
	16	0,4	1,1	0,044366667
	17	0,4	5,35	5,104345833
	18	0,4	4,65	3,3514875
	19	0,4	4,65	3,3514875
	20	0,6	4,65	5,02723125
	21	0,4	4,65	3,3514875
	22	0,5	3,7	2,110541667
	23	0,4	2,95	0,855745833
	24	0,55	2,9	1,117829167
	25	0,2	2	0,133333333
	26	0,5	1,75	0,223307292
	27	0,65	2,85	1,253910938
	A	0,6	3,11	1,50401155
	B	0,6	3,11	1,50401155
	C	0,6	3,11	1,50401155
	D	0,6	3,11	1,50401155
	E	0,6	1,1	0,06655
	F	0,8	1,5	0,225
	G	0,4	0,95	0,028579167
	H	0,8	1,5	0,225
	I	0,4	1,1	0,044366667
	J	0,6	2,8	1,0976
	28	0,4	1,6	0,136533333
RDC yy	29	0,8	2	0,533333333
Total				34,29808318

Tableau 29 : les inerties des murs après intervention

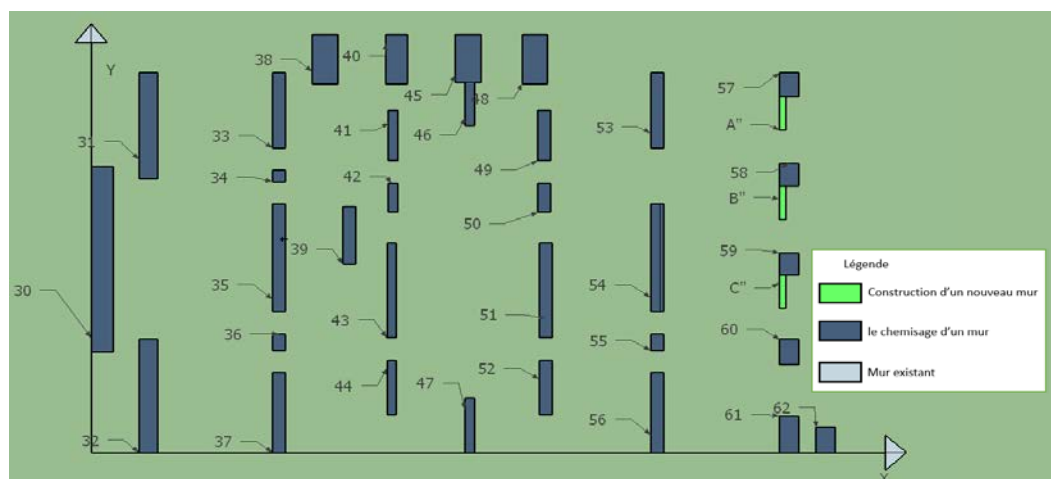


Figure 265 : l'intervention sur les murs verticaux du RDC

Le niveau	Le mur	b (m)	h (m)	$I_v = bh^3/12$ (m ⁴)
L'étage courant xx	30	0,7	6,5	16,01979167
	31	0,6	3,71	2,55324055
	32	0,6	3,95	3,08149375
	33	0,4	2,65	0,620320833
	34	0,4	0,4	0,002133333
	35	0,4	3,76	1,771912533
	36	0,4	0,6	0,0072
	37	0,4	2,8	0,731733333
	38	0,8	1,7	0,327533333
	39	0,4	2	0,266666667
	40	0,8	1,7	0,327533333
	41	0,4	1,75	0,178645833
	42	0,4	1,02	0,0353736
	43	0,4	3,32	1,219812267
	44	0,4	1,9	0,228633333
	45	0,8	1,7	0,327533333
	46	0,4	1,5	0,1125
	47	0,4	1,9	0,228633333
	48	0,8	1,7	0,327533333
	49	0,4	1,75	0,178645833
	50	0,4	1,02	0,0353736
	51	0,4	3,3	1,1979
	52	0,4	1,9	0,228633333
	53	0,4	2,65	0,620320833
54	0,4	3,65	1,620904167	
55	0,4	0,6	0,0072	
56	0,4	2,8	0,731733333	
57	0,6	0,83	0,02858935	
58	0,6	0,78	0,0237276	
59	0,6	0,78	0,0237276	
60	0,6	0,88	0,0340736	
61	0,6	1,27	0,10241915	
62	0,6	0,88	0,0340736	

Chapitre six : Diminution de la vulnérabilité.

	A''	0,3	1,17	0,040040325
	B''	0,3	1,17	0,040040325
	C''	0,3	1,17	0,040040325
Total				33,35566734

Tableau 30 : les inerties des murs après intervention

Pour la formule 1

On va calculer le coefficient k dans les deux directions (ox, oy) et on va prendre la valeur supérieure:

$\mu = \Sigma I_{\text{étage}} / \Sigma I_{\text{RDC}}$ et dans les tableaux des inerties, on a :

μ_x	0,69
μ_y	3,23552124

Et $K = 50 (\mu^{1/3} - 1)$ donc

KX	0,23173115
Ky	7,44395662

Donc le coefficient $k=7$

Pour la formule 2

$\lambda = \Sigma I / S H$ et $S=300,17m^2$ et $h=36m$ et les inerties sont dans les tableaux calculé déjà :

$\lambda_{\text{rdc } x} = \Sigma I_x / S H$	0,003130057
$\lambda_{\text{rdc } y} = \Sigma I_y / S H$	0,00317395
$\lambda_{\text{étage } x} = \Sigma I_x / S H$	0,003086739
$\lambda_{\text{étage } y} = \Sigma I_y / S H$	0,00481308

$K = 25 (1000 \lambda - 5)^2 / 4$ et du tableau précédant

$k_{\text{rdc } x} = 25 (1000 \lambda_{\text{rdc } x} - 5)^2 / 4$	21,85429073
$k_{\text{rdc } y} = 25 (1000 \lambda_{\text{rdc } y} - 5)^2 / 4$	20,84036921
$k_{\text{étage } x} = 25 (1000 \lambda_{\text{étage } x} - 5)^2 / 4$	22,87855824
$k_{\text{étage } y} = 25 (1000 \lambda_{\text{étage } y} - 5)^2 / 4$	0,218369121

Donc on va prendre le coefficient $K= 23$

Condition de la pénalité	Ki
Variation verticale croissante des rigidités	7
Densité des voiles de contreventement sens x ou y	23

Tableau 31 : condition de pénalité

2.4 Résultat de la diminution de la vulnérabilité

Systeme mixte murs en maçonnerie et ossature.	20
Parties saillantes ou rentrantes	5
Variation verticale croissante des rigidités	7
Dissymétrie : torsion faible	5
Densité de voiles de contreventement sens x ou y	23
Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC	0
Risque de chute d'éléments non structuraux	0
Total	61

Tableau 32 : les pénalités appliquées après l'intervention

Plan final après modification

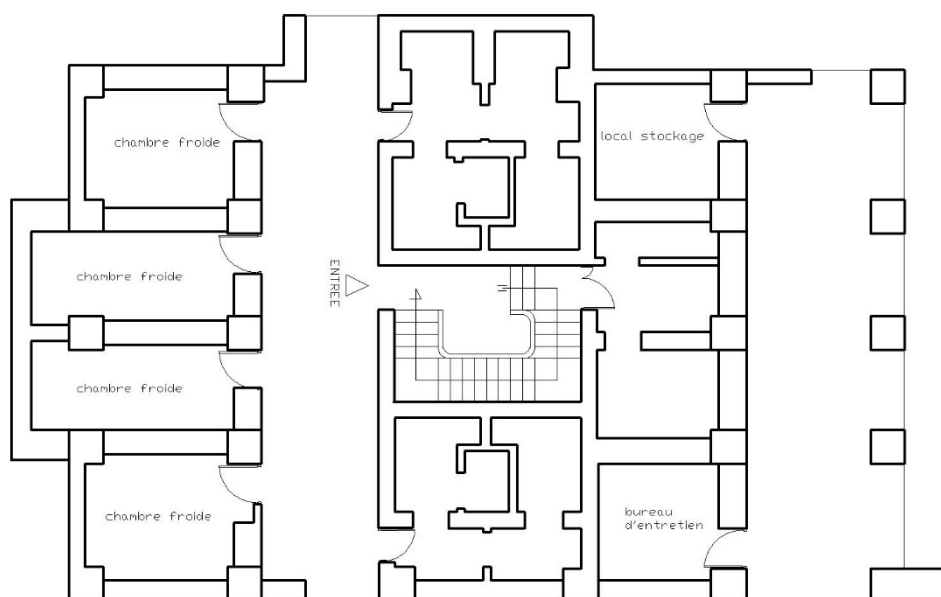


Figure 266 : modification proposé dans le cadre de la réhabilitation (pour RDC).

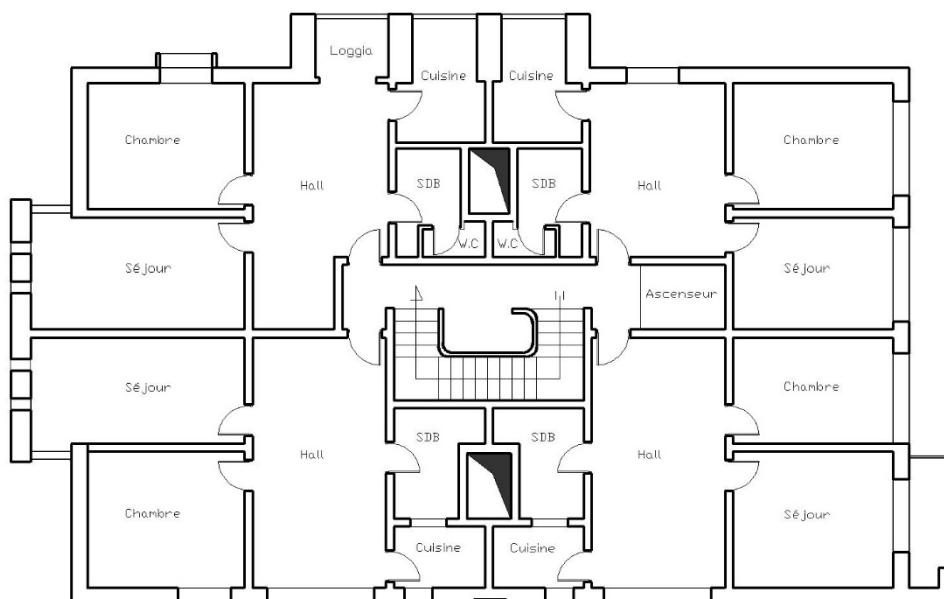


Figure 267 : modification proposé dans le cadre de la réhabilitation (pour étage).

3. La reconstitution de l'état initial du bâtiment

3.1 Opération de décapage des façades

On constate pour cette opération, on a deux techniques qui sont les plus utilisées, le sablage ou l'Aéro hydro-gommage, et afin de choisir une des deux techniques, on a ce tableau comparatif

	SABLAGE	AERO HYDRO-GOMMAGE
Procédé	technique industrielle de nettoyage de surface en utilisant un abrasif projeté à grande vitesse	procédé issu du sablage par projection basse pression
Agrégat	corindon	<ul style="list-style-type: none"> • archifine • bicarbonate
Dureté (échelle de Mohs)	9	<ul style="list-style-type: none"> • archifine 4 à 8(archifine 4 et 5 utilisée par Innov'décap76) • bicarbonate 2
Pression d'air	constante de 6-7 bars	variable de 0,5 à 7 bars selon le support à décaper
Supports	surface non fragile (métaux, béton)	tous supports, même les plus fragiles (bois, pierre...)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • altération irréversible du support • prévoir un polissage sur carrosserie • grande consommation d'agrégat 	
Avantages		<ul style="list-style-type: none"> • préservation du support, même le plus fragile • faible consommation d'agrégat • l'hydrogommage limite la projection de poussière de 80%
Consommation d'agrégat	<ul style="list-style-type: none"> • 150 à 200 kg (4 à 6 sacs) à l'heure • 6 à 8 kg/m² • 25 kg pour 10 à 15 min d'autonomie 	<ul style="list-style-type: none"> • environ 33 kg (1 sac) à l'heure • 2 à 3 kg / m² • 33 kg pour 90 min d'autonomie

Tableau 33 : Comparaison sablage et l'Aéro Hydro-gommage
source: (innovdecap,2015)

Pour notre cas, on va choisir la technique de l'hydrogommage, car tout d'abord, on est dans un site urbain, de ce fait, on essaye de limiter la projection de la poussière, afin de prendre soin à la santé des habitants (surtout pour ceux qui ont des maladies respiratoires), ainsi pour notre cas d'étude, on a des pierres plaquées avec une épaisseur de 7-5 cm ce qui va les rendre plus ou moins fragiles et l'hydro gommage peut être utilisé pour tous les supports contrairement au décapage par sablage, et finalement notre pierre a un ph entre 7.23-7.14 (labo Ben Abdi Ahmed, 2015) qu'est un ph presque neutre et c'est le même cas pour les archifines (ph de 7.5) et bicarbonate (pH de 8,4) (Benji ; 2014) ce qui ne va pas engendrer des réactions chimiques (acide/alcalin) ; et toutes ces conditions sont respectées par la technique de l'hydro gommage en utilisant l'agrégat archifine 7.

Et cette technique peut être utilisée aussi pour le bois; comme le bois des ouvertures afin de l'entretenir et le repeindre.

Résultat



Figure 268 : l'état actuel



Figure 269 : l'état après le décapage par l'hydro gommage

3.2 La remise à l'état initial :

3.2.1 Des murs de briques à l'intérieur des logements

D'après l'analyse structurelle effectuée dans le chapitre précédent les cloisons en maçonnerie posées debout contribuant à la transmission directe des charges aux fondations où les habitants ont effectué des modifications à l'intérieurs des logements ; donc nous proposons La remise à l'état initial des murs de briques à l'intérieur des logements

3.2.2 La réouverture des balcons,

La fermeture des balcons nécessite une fixation dans les murs en pierre ce qui altère et endommage les murs, donc on va proposer d'ouvrir les balcons avec une réparation des fissures par les techniques de remplacement physique de la partie endommagée ainsi le rejointoiement.

3.2.3 L'enlèvement des paraboles et les blocs de la climatisation

Pour les paraboles on va proposer, une distribution des signaux avec des multi-switches (ideesmaison, 2013) pour les résidences, en utilisant une assiette de parabole pour chaque satellite, selon le choix des habitants. Et qui seront placés à la terrasse.

Pour la climatisation, on va adapter le système de la climatisation centralisée multi-split qui est généralement utilisé dans le cas des logements déjà construits ; c'est une solution idéale, car elle ne nécessite qu'un minimum de travaux.

Elle est composée d'une unité frigorifique extérieure et de plusieurs diffuseurs muraux ou plafonniers (5 à 8 unités maximum) qui seront fixés dans les pièces à climatiser. Le fluide frigorifique circule dans des tuyaux des liaisons de faibles diamètres vers chaque diffuseur.

Ce système permet d'assurer une climatisation constante et personnalisée dans toutes les pièces d'une maison ou d'un bâtiment. Une télécommande permet de régler la climatisation de chaque pièce pour bénéficier d'un maximum de confort.

3.2.4 L'étanchéité

Concernant la Terrasse supérieure on propose de décaper le carrelage et l'étanchéité qui est sûre et sous ce dernier, afin de mettre une étanchéité sous les carrelages du granito ; et l'étanchéité que nous allons proposer est de type bicouche bitumé élastomère SBS traditionnel qui est composé des éléments suivants :

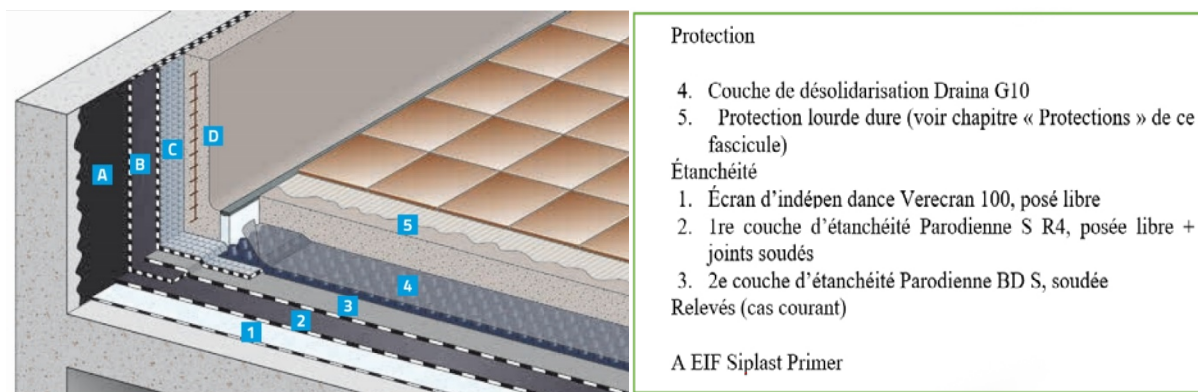


Figure 270 : L'étanchéité bicouche bitume élastomère SBS
source : (ETB siplast , 2010)

3.2.5 Les réparations

On propose de réparer tous les réseaux divers, l'ascenseur qui ne marche plus. Ainsi un chemisage pour la partie inférieure de la dalle translucide qui couvre la cage d'escalier.

3.3 L'entretien :

Pour l'entretien contenu de l'édifice, on a proposé de mettre en place (au RDC) un bureau d'entretien, afin d'assurer l'organisation et le management des travaux d'entretien, et pour le financement de ces travaux sera assuré par la location des chambres froides aux commerçants du marché (place du marché), ainsi pour la sauvegarde des matériels utilisés, on a proposé de mettre un local de stockage.

4. Conclusion

Par l'application de cette réhabilitation, on a réussi à diminuer le pourcentage de vulnérabilité de 62 % de la valeur sans cette réhabilitation, tout en gardant l'aspect initial de la façade, aussi nous avons essayé de ne pas trop changer l'organisation spatiale, afin de garder le fonctionnement de l'édifice.

Même au niveau du RDC, on a essayé de profiter de l'espace urbain, afin de produire une ressource économique qui contribue à financer les travaux d'entretien.

Conclusion générale

Démarche globale de la recherche

Dans le cadre de notre master, nous avons effectué une première recherche théorique avec une partie pratique, dans le but de répondre à notre problématique.

Pour la première partie, on a commencé, par définir ce qui est la réhabilitation, tout en abordant le cadre réglementaire de cette dernière, en Algérie, et comment la notion de patrimoine bâti est prise en charge par des lois ainsi les opérations proposées.

Pour répondre à notre thème qui est l'approche structurelle comme facteur d'analyse du projet de Diar El Mahçoul de Fernand Pouillon, nous avons effectué une étude bibliographique concernant le système structurel, dans le deuxième chapitre, afin de comprendre le fonctionnement de la structure, et qu'elles sont les sollicitations, qui sont appliquées sur une structure. Ainsi on a parlé sur la construction en maçonnerie, tout en abordant les conditions mentionnées dans le RPA concernant la construction en maçonnerie pour la zone III tout en la comparant avec un guide pratique pour la Haïti, qui se situe dans une zone sismique.

Afin d'aborder la réhabilitation, il faut connaître d'abord, si notre édifice nécessite une réhabilitation, c'est pour cette raison, on a proposé des méthodes de diagnostic et de réhabilitation qui sont Rehabimad ainsi une méthode d'évaluation de la vulnérabilité AFPS, tout en présentant quelques techniques de consolidation et de réparation utilisées dans la réhabilitation.

Sans le cadre de la partie pratique, on a commencé par la présentation du contexte général de notre cas d'étude qui est le quartier, qui porte une identité et une histoire particulières, tout en effectuant une petite analyse du quartier.

Dans le cinquième chapitre, nous avons essayé de cerner l'aspect structure de notre cas d'étude, tout en vérifiant si le cas d'étude est conforme aux conditions mentionnées dans le RPA 2003, ainsi en présentant l'état de conservation et de dégradation, afin d'établir le degré de vulnérabilité du cas d'étude, en utilisant la méthode AFPS.

Et sur la base de cette fiche de vulnérabilité on a essayé de proposer une réhabilitation qui permet de diminuer la vulnérabilité de l'édifice, en utilisant les techniques proposées dans le troisième chapitre.

Finalement, nous avons essayé de comprendre le système constructif ainsi de proposer une réhabilitation afin de diminuer sa vulnérabilité.

Résultat

Le système constructif de Fernand Pouillon est un système, qui se base sur une trame de 60*60cm qui une trame structurelle et fonctionnelle, tout en utilisant des matériaux qui ont une résistance à la compression faible en la comparant avec le béton armé mais le savoir-faire de Fernand Pouillon lui a permis de franchir de hauteurs très important et même de résister au séisme 2003. Malgré que le système ne répond pas à toutes les conditions mentionnées dans le RPA 2003.

Le cas d'étude présente un degré de vulnérabilité très élevé ($k=160$) ce qui nous a obligé à proposer une réhabilitation lourde regroupe des techniques tel que :

Conclusion générale.

- 1- la création des chaînages verticaux
- 2- Le chemisage des murs porteurs afin d'avoir plus de rigidité.
- 3- La construction des murs
- 4- Le remplissage d'un portique
- 5- Remplacement physique de la partie endommagée
- 6- l'opération de Rejointoiements

Avec cette proposition que nous avons élaborée, la vulnérabilité diminue de 63% ($k=61$) de sa valeur initiale.

Prospectives

Dans le cadre de ce travail, on s'est arrêté dans la définition des éléments qui composent la structure sans faire des calculs d'ingénierie. Donc nous espérons bien d'avoir cette continuité de travail par un ingénieur.

Bibliographies

- ACHAB, Samia. élaboration d'un guide technique de réhabilitation du patrimoine (Habitat) de la période Ottomane, Mémoire de Magister, Tizi Ouzou, 2012.
- AIT HAMOUDA, Ibrahim. LA CONSERVATION DU PATRIMOINE BÂTI EN ALGERIE CAS DE LA REHABILITATION D'IMMEUBLES URBAINS DU BÂTI ANCIEN A ORAN. mémoire, Oran, 2013.
- AURELIO, Muttoni. L'art des structures: une introduction au fonctionnement des structures en architecture. PPUR presses polytechniques, 2004, 271 pages.
- ANAH, Agence National pour l'Amélioration de l'Habitat. Techniques et produits pour l'amélioration de l'habitat, Editions du Moniteur, Paris, 1981, p. 15.
- ATTARI, Nassereddine. Risques, réhabilitation et réduction de la vulnérabilité du bâti, cours, Alger, 2015.
- BERNARD FELIX, Bubor. Fernand Pouillon. Electa Moniteur, Paris, 1986, 143p.
- FOGLIANI, Caroline et al. Carnets d'une ville en héritage la pierre. Bordeaux, Avril 2009.
- CASANOVAS, Xavier. Méthode RehabiMed Architecture Traditionnelle MéditerranéenneII. RéhabilitationBâtiments, RehabiMed, 2007 »
- CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG). Comparaison de méthodes qualitatives d'évaluation de la vulnérabilité des constructions aux séismes Plan séisme - action 2.4.7. Guide des méthodes de diagnostics de la résistance des bâtiments aux séismes. brgm , Novembre 2008 , 164 pages.
- Conférence internationale sur la conservation « Le patrimoine culturel comme fondement du développement de la civilisation ».(Charte de Cracovie). Cracovie, Pologne, 23/27 Octobre 2000. »
- COINGNET, Jean. COINGNET Laurent, La Maison ancienne : Construction. Diagnostic. Interventions coll. « Au pied du mur ». Eyrolles, Paris, 2006, p.13 à 16.
- DAHMANE, Akrame et al. Etude de cas sur: APPARTEMENT A DIAR EL MAHSOUL AL MADANIA, epau Alger, 2007/2008.
- Déclaration d'Amsterdam adoptée lors du Congrès sur le patrimoine européen. Amsterdam, Pays-Bas, 21-25 octobre 1975.
- DELUZJ, J. L'urbanismeet l'architecture d'Alger aperçue critique. Edition le moniteur, 1981.
- FABIEN, Lagier et Parret-Fréaud AUGUSTIN. Les murs en maçonnerie Eléments de cours. B.T.S. bâtiment - Classe de 1^{ère} année. Lycée du bâtiment & des travaux publique « Saint-Lambert », Paris, janvier 2006
- FREDERIC,j. TECHNOLOGIE DU BATIMENT .Gros œuvre les éléments porteurs horizontaux, GC . TECHNO BAT . G.O. ,2008 .
- GUENDOUZ, Zineb .L'expression plastique des systèmes constructifs dans l'architecture algérienne de Fernand Pouillon. master patrimoine, 2013.
- HUSSEIN, Frédéric et al. Architecture traditionnelle libanaise. CORPUS Levant, Avignon (France), 2004.
- JACQUES Fredetet et Laurent JEAN-CHEISTOPHE. Guide du diagnostic des structures. dans les bâtiments d'habitation anciens. Edition le moniteur, Paris, 2013, 753p.
- KATEB, Hakim. « *Vieux bâti en Algérie : L'alerte rouge* », L'Expression-le quotidien, 17 février 2008.
- K.E, Wallace-Dudley et al. LES SCIENCES DE LA TERRE POUR TOUS LA PIERRE DE TAILLE. Canada, 2007

- KHADRI, Hamza. Les éléments de structure poteaux et poutres. Cours et Exercices, Alger, 2015.
- MTPTC (Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications) et MICT (Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales). GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE PETITS BÂTIMENTS EN MAÇONNERIE CHAÎNÉE EN HAÏTI. MTPTC. Septembre 2010, l'Haïti »
- KASSOUL, Amar. Ossatures Bâtiment. MASTER Génie Civil , Chlef ,2013.
- POUILLON, Fernand. Mémoire d'un architecte. Seuil, 1968,480p.
- RMSU Euromed Heritage. Méthode Réhabimaed pour la réhabilitation de l'architecture méditerranéenne. Réhabimed, Aout 2005.
- SOUKANEI, S et M. DAHLI. La Réhabilitation du patrimoine colonial 19ème 20ème dans le contexte du développement durable. Tizi-Ouzou.2011 »
- THIERRY , Joffroy et Guillaud HUBERT. Eléments de base sur la construction en Arcs. Voutes et Coupoles. SKAT ,1994.
- ZEYNEP, Çelik. Urban Forms and Colonial Confrontations Algiers under French Rule. UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS. Berkeley, Los Angeles, Oxford.1997.

Webographie

- Benji. (2014, Octobre). Bicarbonate de soude. Récupéré sur :(<http://lesmoutonsenrages.fr/2014/10/27/bicarbonate-de-soude-connaissiez-vous-ses-proprietes-medicinales-variees/>)
- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. (2015). Missions et activités du CSTB. Récupéré sur : <Http://www.cstb.fr/cstb/missions-activites>
- Charte internationale pour la sauvegarde des villes historiques (octobre 1987), adoptée par l'Assemblée générale d'ICOMOS à Washington. Récupéré sur. www.icomos.org/charters/towns_f.pdf
- Eco planete industrie. SURFACES TECHNOLOGIES ET SERVICES. 2014. Récupéré sur : <http://documents.sts-eco-planete-industrie.fr/issuu/14.pdf>
- ETB siplast ,Toitures et terrasses accessibles piétons et jardins, Descriptif des parties courantes et relevés. Fascicule 5 -Édition 10. Récupéré sur : www.siplast.fr.
- Groupe Durable. 2014. La climatisation centralisée. Récupéré sur : <http://www.ideesmaison.com/Bricolage/Equipements-confort/Climatisation-reversible/Autour-de-la-climatisation/La-climatisation-centralisee.html>
- Liamine ZEROUAL. (mai 1994). DÉCRET LÉGISLATIF N° 94-07. Récupéré sur : <http://www.cnoa-dz.com/ordre-architectes/textes/3-%C3%A9cret%20%C3%A9gislatif%20N%C2%B0%2094-07>
- LAROUSSE.2014.Larousse. Récupéré sur : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/poteau/62987>
- Maxime H, 2015, Gros Œuvre : les porteurs verticaux, docsenstock. Récupéré sur : <https://www.docs-en-stock.com/matieres-artistiques-et-mediatiquestn /gros-oeuvre-porteurs-verticaux-432590.html>.
- Pierre Engel. 2014. Techniques de renforcement des poutres. Récupéré sur : http://www.constructalia.com/francais/rehabiliter_avec_lacier/iii_techniques_de_renfocement_des_poutres#.Vr4FCfkX2hc.
- SARL Innov'décap 76. 2011. Comparaison sablage aérogommage. Récupéré sur : <http://innovdecap76.jimdo.com/comparaison-sablage-a-%C3%A9rogommage/>
- Ooreka, 2007-2016, guide des Murs porteurs Récupéré sur : <http://mur.comprendrechoisir.com/comprendre/mur-porteur>

Liste des figures

Figure 1 : un organigramme pour notre méthode.....	3
Figure 2 : schéma de structure.....	4
Figure 3: planchers à corps creux Source : (FREDERIC ,2008)	10
Figure 4: planchers à âme pleine. Source : (FREDERIC ,2008).....	11
Figure 5 : planchers à âme pleine. Source : (FREDERIC ,2008)	12
Figure 6 : Schéma de déformation sous la flexion Source : (FREDERIC, 2008).....	13
Figure 7 : Poteau en Béton. Source : (khadri hamza, 2015.).....	13
Figure 8: Poteau en Bois. Source : (khadri hamza, 2015.).....	13
Figure 9 : Poteau en Acier. Source :(khadri hamza, 2015.)	14
Figure 10 : Poteau Mixte. Source : (khadri hamza, 2015.)	14
Figure 11 : Poteau en Béton Armé. Source : (khadri hamza, 2015.)	14
Figure 12 : les charges sollicitant les fondations Source : (KASSOUL Amar, 2012)	15
Figure 13 : les charges dans une construction Source : (KASSOUL Amar, 2012)	15
Figure 14 : les charges qui doivent supporter une semelle. Source : (Amar KASSOUL, 2012)	16
Figure 15 : domaine d'utilisation des fondations profondes et superficielles source : (Amar KASSOUL, 2012)	16
Figure 16 : la hauteur maximale tolérée pour un édifice en maçonnerie. Source : (MTPTC (Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications) & MICT (Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales) ,2010).....	17
Figure 17 : D'éviter les sites à forte pente Source : (MTPTC & MICT ,2010)	18
Figure 18 : éviter les pentes instables Source : (MTPTC & MICT ,2010)	18
Figure 19 : le choix des terrains bien consolidés Source : (MTPTC & MICT ,2010)	18
Figure 20 : éviter les sites pollués Source : (MTPTC & MICT ,2010).....	19
Figure 21 : Construire loin des zones inondables Source : (MTPTC & MICT ,2010)	19
Figure 22 : ne pas construire dans les zones marécageuses Source : (MTPTC & MICT ,2010)	19
Figure 23 : éviter l'étage flexible Source : (MTPTC & MICT ,2010).....	20
Figure 24 : il faut éviter les portes à faux Source : (MTPTC & MICT ,2010)	20
Figure 25 : éviter la mauvaise distribution de la rigidité au niveau de plan. Source : (MTPTC & MICT ,2010)	20
Figure 26 : la maçonnerie chaînée tout en assurant une bonne connexion entre le béton armé et le mur porteur. Source : (MTPTC & MICT ,2010).....	20
Figure 27 : poteaux courts en bas de construction	20
Figure 28 : poteaux courts au niveau des ouvertures	20
Figure 29 : les poteaux courts sont à éviter Source : (MTPTC & MICT ,2010).....	20
Figure 30 : avoir des formes régulières Source : (MTPTC & MICT ,2010).....	21
Figure 31 : la régularité de l'édifice avec une bonne distribution de la rigidité Source : (MTPTC & MICT ,2010)	21
Figure 32 : les systèmes mixtes sont déconseillés Source : (MTPTC & MICT ,2010)	21
Figure 33 : Les types de voute source : (Thierry Joffroy, 1994.).....	23
Figure 34 : Les types de coupole source : (Thierry Joffroy, 1994.).....	23
Figure 35 : organigramme des fragilités pour la construction en pierre	24
Figure 36 : développement de la végétation. Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009).....	25

Liste des figures

Figure 37 : La pollution entraîne avec le temps la production d'une couche noirâtre (Le sulfure) qui bouche les pores des pierres et l'empêche de respirer. Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)	25
Figure 38 : Le décor et notamment les ornements sculptés accroche en premier lieu la poussière. Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009).....	25
Figure 39 : Le sulfure empêche la pierre de respirer et se détache par plaques, laissant apparaître les pierres altérées par l'humidité. Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009)	25
Figure 40 : Les fissures ou lézardes	25
Source : (JB Blom, Caroline Fogliani & DAC, Avril 2009).....	25
Figure 41 : Consolidation de la fondation en sous-œuvre par maçonnerie. Source : (COINGNET Jean & COINGNET Laurent, 2006)	26
Figure 42 : Reprise en sous œuvre d'une semelle en béton armé Source : (HUSSEIN Frédéric, NOURISSIER Gilles, CASANOVAS Xavier, 2004)	27
Figure 43 : Consolidation des fondations par micro-pieux Source: (ANAH, 1981).....	27
Figure 44 : plats métalliques Source : (Attari.N; 2013)	28
Figure 46 : plats métalliques collées Source : (Attari.N; 2013)	28
Figure 45 : une résine Source : (Attari.N; 2013).....	28
Figure 47 : techniques de reprise des fissures Source : (Xavier CASANOVAS, 2007).....	29
Figure 48 : la technique d'injection Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	29
Figure 49 : technique de rejointoiement. Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	30
Figure 50 : chemisage de la partie fissurée. Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	30
Figure 51 : le gunitage d'un mur en maçonnerie. Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	30
Figure 52 : Le ferrailage pour un chemisage Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	31
Figure 53 : il faut assurer la continuité de l'acier Source : (Xavier CASANOVAS, 2007) ...	31
Figure 54 : exemple d'utilisation des tirants Source : (Xavier CASANOVAS, 2007).....	31
Figure 55 : quelque type de tirants. Source : (Xavier CASANOVAS, 2007).....	31
Figure 56 : exemples des contreforts source : (Xavier CASANOVAS, 2007).....	32
Figure 57 : chaînage par des ceintures en acier. Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	32
Figure 58 : des exemples de technique des taxidermies avec des barres d'acier. Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	33
Figure 59 : la consolidation par des profilés métalliques Source : (Pierre Engel, 2009)	33
Figure 60 : La consolidation des poutres par l'acier Source : (Pierre Engel, 2009)	34
Figure 61 : Renforcement par les fibres de carbone Source : (ATTARI, 2013).....	34
Figure 62 : exemple de renforcement par voile en béton armé Source : (ATTARI, 2013)	35
Figure 63 : Remplissage d'un portique en maçonnerie Source : (ATTARI, 2013)	35
Figure 64 : Ajout de Palée de contreventement Source : (ATTARI, 2013).....	35
Figure 65 : Ajout de Palée de contreventement Source : (ATTARI, 2013).....	35
Figure 66 : amortisseur à fluide visqueux Source : (ATTARI, 2013).....	36
Figure 67 : contreventement métallique avec des amortisseurs Source : (ATTARI, 2013). ...	36
Figure 68 : Plancher ancien en bois à travure simple Source : (ANAH, 1979)	36
Figure 69 : Plancher ancien en bois à travure composée Source : (ANAH, 1979).....	36
Figure 70 : Composition type d'un plancher en bois Source : (ANAH, 1979).....	36
Figure 71 : Renforcement d'une solive sur toute sa longueur Source : (ANAH, 1979)	37
Figure 72 : Réparation d'un appui de solives Source : (ANAH, 1979)	37
Figure 73 : Mise en place d'un plancher en bois neuf Source : (ANAH, 1979).....	38
Figure 74 : Composition type d'un plancher métallique Source : (ANAH, 1979)	39
Figure 75 : Plancher métallique avec hourdis en auget Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	39

Liste des figures

Figure 76 : Plancher métallique avec hourdis plein Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	39
Figure 77 : Plancher métallique avec voûtains en briques pleines Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	40
Figure 78 : Plancher métallique avec hourdis en terre cuite Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	40
Figure 79 : Renforcement d'un plancher métallique par recouplement Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	40
Figure 80 : Renforcement d'un plancher métallique par la technique du plancher collaborant Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	41
Figure 81 : Mise en place d'un plancher neuf à poutrelles métalliques Source : (AIT HAMOUDA Ibrahim, 2013.)	41
Figure 82 : Interventions spécifiques sur les arcs, les voûtes et les coupoles Source : (Xavier CASANOVAS, 2007)	41
Figure 83 : Organigramme du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	45
Figure 84 : Organigramme de l'étape 1 (Préliminaires) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	46
Figure 85 : Organigramme de l'étape 2 (Études pluridisciplinaires) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	47
Figure 86 : Organigramme de l'étape 3 (Diagnostic (synthèse)) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	49
Figure 87 : exemple de la carte des valeurs. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	50
Figure 88 : exemple de la carte des déficits. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	50
Figure 89 : Organigrammedel'étape4 (Réflexion et cadre de décisions) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	51
Figure 90 : Organigramme de l'étape 5 (Projet) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	53
Figure 91 : Organigramme de l'étape6 (Réhabilitation) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	54
Figure 92 : Organigramme de l'étape 7 (Entretien) du processus de réhabilitation d'un patrimoine bâti ancien. Source: (Xavier CASANOVAS, 2007)	55
Figure 93 : les deux parties de la cité Diar El mahçoul Source : (Zeynep Çelik.1997)	57
Figure 94 : la situation d'Alger source : (Google earth, 2016).	57
Figure 95 :Photo du quartier Diar el Mahçoul partie confort source : (Google earth, 2016)...	57
Figure 96 : vue du quartier prise sur la route moutonnaire. Photo prise le 02/12/2016.	57
Figure 97 : les limites du quartier source : (Google earth, 2016)	58
Figure 98 : les plates-formes source : (Google earth, 2016)	59
Figure 99: Plan de masse du quartier	59
- grand confort -	59
Figure : Le téléphérique Photo prise le 02/12/2016.	59
Figure 100 : la volumétrie du quartier	59
Figure 101 : Plan de situation source : (Google earth, 2016)	60
Figure 102 : l'espace bâti et non bâti	60
Figure 103 : la position des places et leurs formes source :(pierres sauvage,2011)	61
Figure 104 : 1 ^{er} place «place du marché » photo prise en 2008	61
Figure 105 : la 2eme place photo prise en 2008	61
Figure 106 : escalier public photo prise en 2008	61
Figure107 : une place photo prise en 2008	61
Figure108 : escalier public photo prise en 2008	61

Liste des figures

Figure 109 : escalier couvert photo prise en 2008	62
Figure 110 : escalier couvert photo prise en 2008	62
Figure 111 : escalier couvert photo prise en 2008	62
Figure 112 : l'orientation du quartier source : (Google earth, 2016)	62
Figure 113 : la meilleure orientation donnée par le logiciel Ecotect pour Alger (incliné de 12.5 du Sud vers l'Ouest) source : (Ecotect , 2011).....	62
Figure 114 : détachement de pierre banché (1) photo prise décembre 2015.....	63
Figure 115: fissure au niveau de la voute en berceau (1) photo prise décembre 2015	63
Figure 116 : Une réhabilitation mal faite (3) photo prise décembre 2015	63
Figure 117 : détachement de l'enduit au niveau des joints entres les pierres (1) photo prise décembre 2015	63
Figure 118 : détérioration du plancher translucide (6). Photo prise décembre 2015	63
Figure 119 : des brises de soleilles en état dégradé (4). Photo prise décembre 2015	63
Figure 120 : la dégradation de la pierre utilisée pour les espaces publique (gardes corps, les murs de soutènement ...) grâce à l'humidité et au choc (3) Photo prise décembre 2015	63
Figure 121 : dégradation qui touche le bas du plancher plain en béton armé (l'apparition de l'acier) (4) Photo prise décembre 2015	63
Figure 122 : poutre d'immeuble(6) Photo prise décembre 2015	64
Figure 123 : Poutre pour l'espace extérieur(7) Photo prise décembre 2015	64
Figure 124 : l'apparition de l'acier des poutres Photo prise décembre 2015	64
Figure 125 : Détachement des éléments décoratifs en bois en dessous de la dalle en béton armé (4) Photo prise décembre 2015	64
Figure 126 : positionnement des prises de photo Source : (Google earth, 2016)	64
Figure 127 : la végétation (9) Photo prise décembre 2015	65
Figure 128 : le sulfure par La pollution apportée par l'eau de pluie(10) Photo prise décembre 2015.....	65
Figure 129 : les traces d'humidité(11). Photo prise décembre 2015	65
Figure 130 : Altérations des joints à cause de l'action du vent et des pluies battantes (12). Photo prise décembre 2015	65
Figure 131 : L'éclatement causé par un choc mécanique (13). Photo prise décembre 2015 ..	65
Figure 132 : vue faite par une simulation par ordinateur	65
Figure 133 : photos réelles. Photo prise décembre 2015.....	65
Figure 134 : une altération causée par les conditions climatiques et l'humidité. (14).....	65
Figure 135 : positionnement des prises de photo Source : (Google earth, 2016)	66
Figure 136 : La fermeture des fenêtres pour les caves (15). Photo prise décembre 2015.....	66
Figure 137 : remplacement du garde-corps en acier par un autre en brique (16) Photo prise décembre 2015	66
Figure 138 : la fermeture de la galerie afin de créer des boutiques pour les vendeurs (17).....	67
Figure 139 : la fontaine, le mobilier et même le dallage ont disparues. (18) Photo prise décembre 1958	67
Figure 140 : recouvrement du locale de la téléphérique par de l'allicouband (20) Photo prise décembre 2015	67
Figure 141 : une proposition faite par la cellule urbanisme d'el Madania, en 1997 ; concernant le réaménagement des espaces publique du quartier mais elle n'est pas réalisée source : (APC, 1997)	67
Figure 142 : la fontaine réalisée par une association des habitants du quartier avec l'aide de l'APC de Madania (21) Photo prise décembre 2015	67
Figure 143 : photo de chantier en cours des travaux le 01/12/2015 (22) Photo prise décembre 2015.....	68

Liste des figures

Figure 144 : panneau du chantier des travaux de réfection de la place du marché de la cité Diar El Mahçoul (confort) (18 Photo prise décembre 2015)	68
Figure 145: planche affichée dans le chantier Photo prise décembre 2015	68
Figure planche d’affichage concernant les aménagements proposé pour la place du marché et le plan d’eau (18) Photo prise décembre 2015.....	68
Figure 146 : positionnement des prises de photo Source : (Google earth, 2016)	68
Figure 147 : la construction en maçonnerie de pierre	69
Figure 148 :les planchers à armature croisés	69
Figure 149 : système en portique Photo prise décembre 2015.....	69
Figure 150 : des poteaux avec des arcs Photo prise décembre 2015.....	69
Figure 151 :le système de mur porteur en pierre.....	69
Figure 152 : poutre en béton armé	69
Figure 153 : des arcs en pierre	69
Figure 154 : Coupe sur plancher de terrasse Source : (Dahmane Akrame et autres ,2008).....	70
Figure 155 : Coupe sur plancher de terrasse. Source : (Dahmane Akrame et autres ,2008)....	70
Figure 156 : des dalles creuses	70
Figure 157 : les voutes d’arrête de la mosquée Photo prise décembre 2015	70
Figure 158 : dalle plane Photo prise décembre 2015	70
Figure 159 : vue sur le cas d’étude du côté Sud Photo prise décembre 2015	71
Figure 160 : vue sur le cas d’étude du côté Nord Photo prise décembre 2015	71
Figure 161 : la pierre d’angle du cas d’étude sculpté Photo prise décembre 2015	71
Figure 162 : claustra (avant en simulation 3d).....	72
Figure 163 : l’état actuel du claustrât Photo prise décembre 2015	72
Figure 164 : la dégradation des éléments décoratifs	72
Figure 165 : éléments décoratifs en bois (avant en simulation 3d).....	72
Figure 166 : détachement d’un élément en bois (l’état actuel) Photo prise décembre 2015....	72
Figure 167 : la simulation en 3d de l’encorbellement (avant).....	73
Figure 168 : photo actuel de l’encorbellement. Photo prise décembre 2015	73
Figure 169 : détachement un élément décoratif au niveau de l’encorbellement.....	73
Figure 170 : détachement de la pierre plaquer Photo prise décembre 2015	73
Figure 171 : Détachement du l’enduit en ciment à cause du montage de la parabole Photo prise décembre 2015	73
Figure 172 : apparition de l’acier du béton armé de la dalle translucide Photo prise décembre 2015.....	73
Figure 173 : photo du cas d’étude prise le 3 octobre 1955 source	74
Figure 174 : photo du cas d’étude prise en 2008.....	74
Figure 175 : Photo du cas d’étude prise le 08 octobre 2015	74
Figure 176 : le montage et le démontage des antennes des réseaux téléphoniques	74
Figure 177 : les traces des antennes des réseaux téléphoniques. Photo prise décembre 2015. 74	
Figure 178 : Le revêtement par du granito pour la terrasse	75
Figure 179 : l’étanchéité qui couvre le revêtement Photo prise décembre 2015	75
Figure 181 : la dalle pleine qui couvre les escaliers actuellement. Photo prise décembre 2015	75
Figure 180 : la dalle pleine qui couvre les escaliers avant.....	75
Figure 182 : photo 3D qui simule l’état initial de la façade Nord- Est	75
Figure 183 : l’état actuel de la façade Nord- Est Photo prise décembre 2015	75
Figure 184 : photo 3D qui simule l’état initial des façades Nord- Ouest et Sud- Ouest.....	76
Figure 185 : l’état actuel des façades Nord- Ouest et Sud- Ouest Photo prise décembre 201576	
Figure 186 : photo 3D qui simule l’état initial des façades Sud- Est et Sud- Ouest.	76
Figure 187 : l’état actuel des façades Sud- Est et Sud- Ouest Photo prise décembre 2015	76

Figure 188 : le plan à l'état initial	77
Figure 189 : un relevé effectuer par Dahmane Akrame, Belkadi Bilel, Merazka Nawel et Bougherara Souad.(état en 2008).....	77
Figure 190 : façade Nord- Ouest	78
Figure 191 : façade Sud- Ouest	78
Figure 192 : façade Sud- Est	78
Figure 193 : façade Nord- Est	78
Figure 194 : secteur des plein et vides.	79
Figure 195 : façade Nord- Est Photo prise décembre 2015.....	79
Figure 196 : la tripartite dans la façade	79
Figure 197 : l'alignement des ouvertures dans le sens vertical et horizontal.....	80
Figure 198 : l'alignement des ouvertures dans le sens vertical et horizontal.....	80
Figure 199 : porte fenêtre du séjour	80
Figure 200 : porte fenêtre du hall	80
Figure 201 : porte fenêtre de la chambre.....	80
Figure 202 : fenêtre de la cuisine	80
Figure 203 : les éléments qui composent la façade Sud- Est	80
Figure 204 : des moucharabiés.....	81
Figure 205 : l'encorbellement	81
Figure 206 : porte fenêtre du séjour	81
Figure 207 : porte fenêtre de la chambre.....	81
Figure 208 : les éléments qui composent la façade Nord-Ouest	81
Figure 209 : porte fenêtre de la chambre.....	81
Figure 210 : porte fenêtre de la chambre et le séjour	81
Figure 211 : les éléments qui composent la façade Nord- Est	81
Figure 212 : l'espace privé et publique pour le RDC.....	82
Figure 213 : l'espace privé et publique pour l'étage courant.....	82
Figure 214 : espace humide et espace sec	82
Figure 215 : vue sur les fondations source : (Stéphane Gruet, 1953)	83
Figure 216 : vue sur fondation source : (Stéphane Gruet, 1953)	83
Figure 217 : une perspective qui montre d'une façon générale le type de fondation utilisé à Diar el Mahçoul source : (Catherine Sayen, 2014)	83
Figure 218 : Des cloisons en briques source : (Stéphane Gruet, 1953)	84
Figure 219 : Des cloisons en briques et le mur périphérique en pierre source : (Stéphane Gruet, 1953)	84
Figure 220 : une pierre d'angle d'un pilier avec une épaisseur de 7 cm, ce qui montre que c'est un placage de pierre photo prise en décembre 2015	84
Figure 221 : pilier en béton armé plaque par de la pierre. Photo prise en décembre 2015	84
Figure 222 : la structure du RDC	84
Figure 223 : la structure de l'étage courant.....	85
Figure 224 : la brique en trois dimensions	85
Figure 225 : la nomenclature des briques spéciales source : (Catherine Sayen, 2014).....	85
Figure 226 : surface la plus critique pour la brique posé horizontalement	85
Figure 227 : surface la plus critique pour la brique posé horizontalement	85
Figure 228 : les caractéristique de la pierre source : (http://www.carrieres-de-provence.com).....	86
Figure 229 : vue sur le plancher de l'étage courant avec ses composants	89
Figure 230 : la marmite de (60*60*14)cm ³	89
Figure 231 : vue sur le plancher de l'étage courant avec ses composants	89
Figure 232 : vue prise dans le SDB sur le plancher Photo prise décembre 2015.....	89

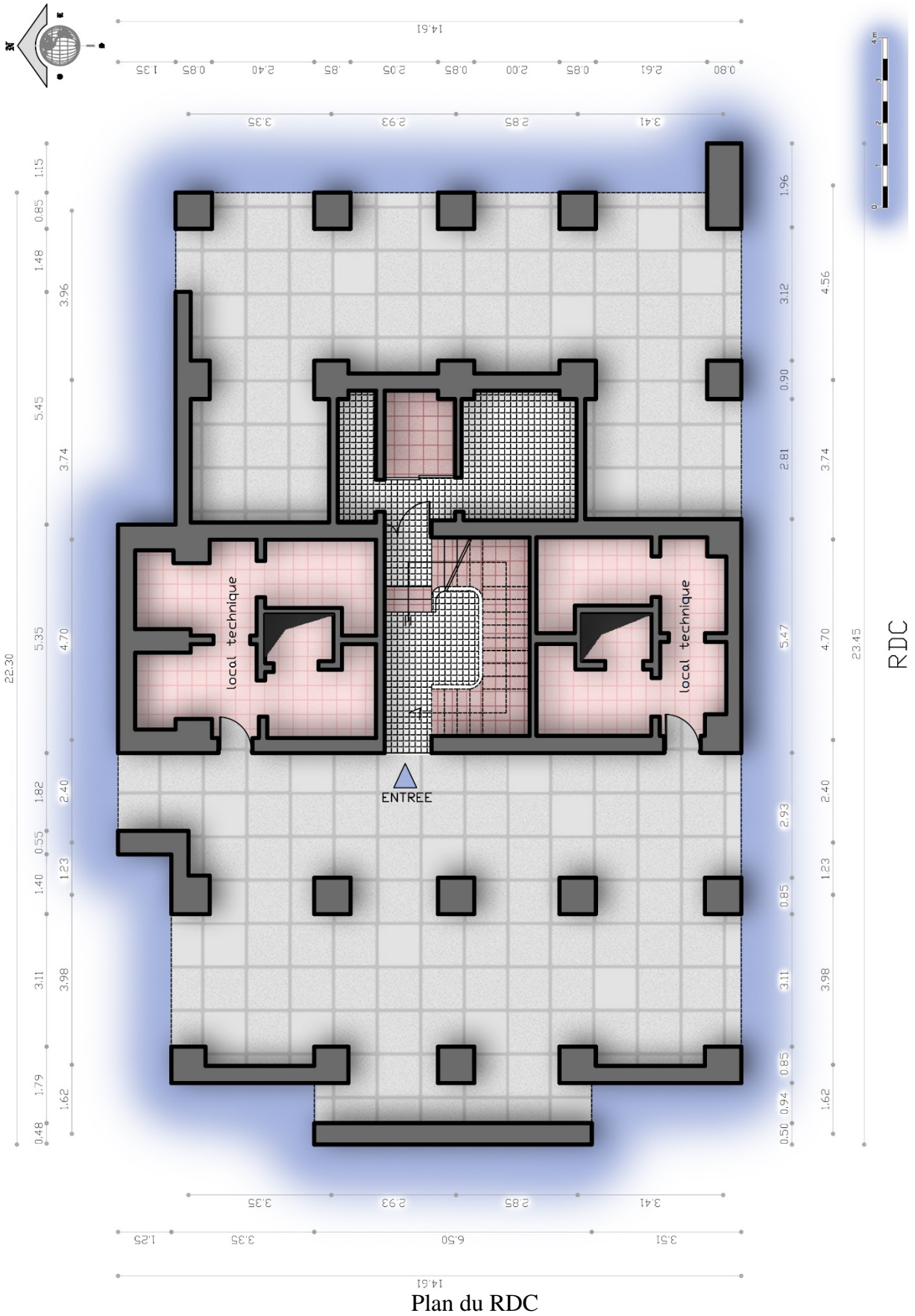
Liste des figures

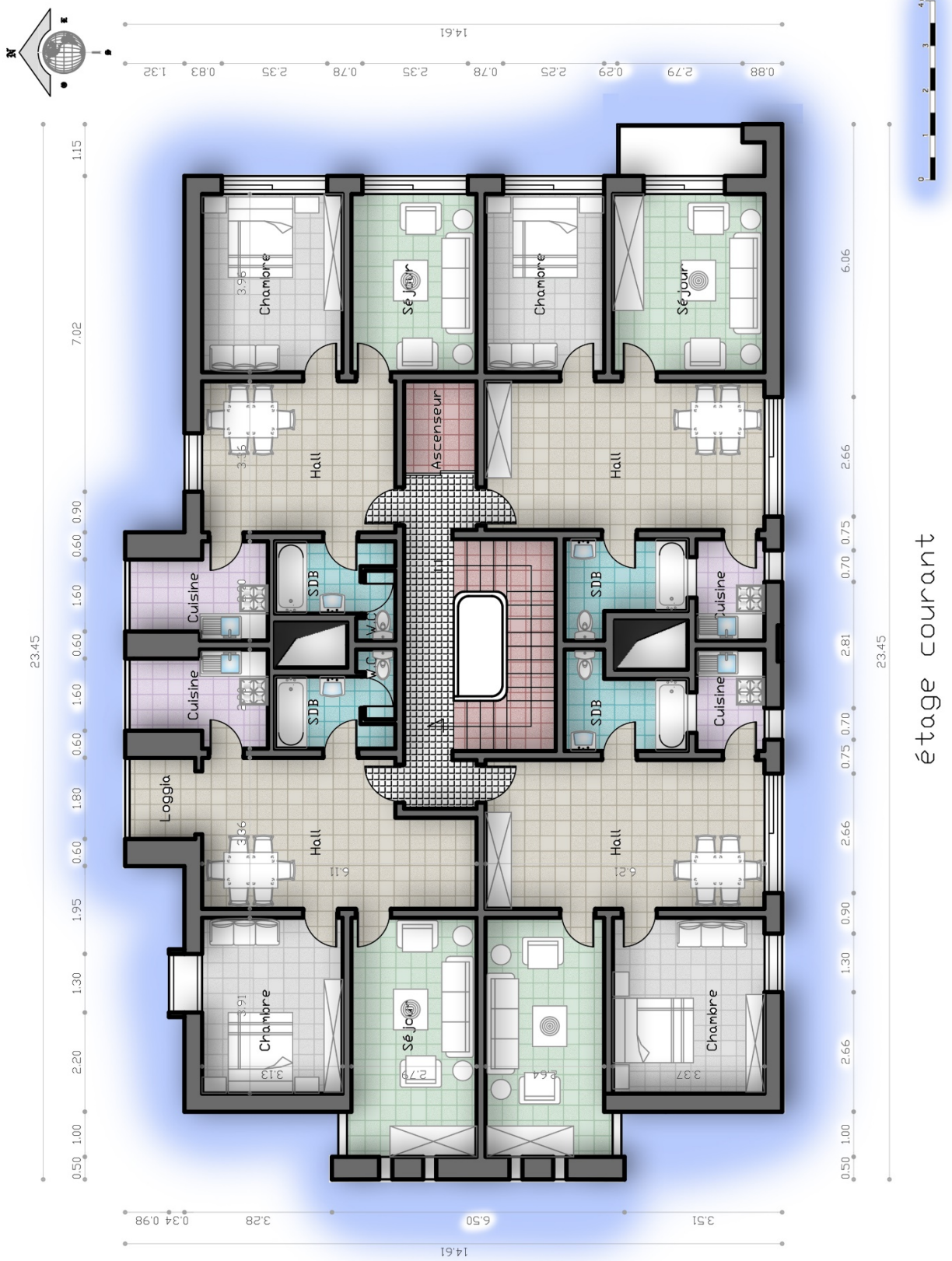
Figure 233 : le montage des marmites dans le chantier Diar El Mahçoul source :(Stéphane Gruet, 1953)	90
Figure 234 : le ferrailage entre les marmites Source :(Stéphane Gruet, 1953)	90
Figure 235 : le plancher lors de sa fabrication source :(Stéphane Gruet, 1953)	90
Figure 236 : le plancher qui couvre le RDC (dalle pleine)	90
Figure 237 : le plancher translucide qui couvre les escaliers Photo prise décembre 2015	91
Figure 238 : les éléments qui composent la dalle, les cloisons et les murs en pierre (étage courant)	92
Figure 239 : Les éléments qui composent la dalle, les cloisons et les murs en pierre (RDC)	92
Figure 240 : détail qui montre la continuité des murs.....	93
Figure 241 : la cloison porteuse (entre les marmites)	93
Figure 242 : cloison non porteuse sous le vide des marmites	93
Figure 243 : schéma qui montre la descente des charges.....	93
Figure 244 : les cinq sections	99
Figure 245 : le centre de gravité.....	100
Figure 246 : Les sections des murs verticaux	101
Figure 247 : Les sections des murs horizontaux (RDC)	102
Figure 248 : schéma source : (afps,2010)	103
Figure 249 : Un mur en brique.....	108
Figure 250 : L'extraction d'une partie du mur, d'une manière à permettre une bonne adhérence entre le béton et le mur.....	108
Figure 251 : le montage du ferrailage	109
Figure 252 : le coffrage + coulage	109
Figure 253 : décoffrage	109
Figure 254 : résultat final	109
Figure 255 : Mur en pierre.....	109
Figure 256 : l'extraction d'une partie du mur d'une manière à permettre une bonne adhérence (le béton et le mur)	109
Figure 257 : montage du ferrailage	109
Figure 258 : le montage du placage en pierre	109
Figure 259 : coffrage + coulage	109
Figure 260 : résultat final	109
Figure 261 : joint qui endommagé Photo prise décembre 2015.....	110
Figure 262 : risque de chute d'une pierre a cause du câble d'électricité (pierre et joint endommagés) Photo prise décembre 2015.....	110
Figure 263 : l'intervention sur les murs verticaux du RDC	111
Figure 264 : l'intervention sur les murs horizontaux du RDC.....	112
Figure 265 : l'intervention sur les murs verticaux du RDC	113
Figure 266 : modification proposé dans le cadre de la réhabilitation (pour RDC).....	115
Figure 267 : modification proposé dans le cadre de la réhabilitation (pour étage).....	115
Figure 268 : l'état actuel.....	117
Figure 269 : l'état après le décapage par l'hydro gommage	117
Figure 270 : l'étanchéité bicouche bitume élastomère SBS source : (ETB siplast , 2010)....	118
Figure 271 : le scléromètre utilisé Photo prise décembre 2015	88
Figure 272 : les essais de scléromètre	88
Figure 273 : les essais en utilisant le scléromètre Photo prise décembre 2015.....	88
Figure 274: le détecteur d'armature utilisé Photo prise décembre 2015.....	88
Figure 275 : les essais en utilisant le détecteur d'armature Photo prise décembre 2015	88

Liste des tableaux

Tableau 1 : les avantages et les inconvénients des planchers à corps creux.	11
Tableau 2: les avantages et les inconvénients les dalles en béton armé à âme pleine.....	11
Tableau 3 les avantages et les inconvénients Les planchers alvéolés.	12
Tableau 4: comparatif entre le guide et RPA 2003	18
Tableau 5 : comparatif entre le guide et RPA 2003.	19
Tableau 6 : comparatif entre le guide et RPA 2003 (les dispositifs constructifs).....	22
Tableau 7 : Tableau d'évaluation de présomption de vulnérabilité source : (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.).....	43
Tableau 8 : Typologie des dommages sismiques Source : (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.).....	44
Tableau 9 : Grille de présentation des résultats de l'évaluation de vulnérabilité Source : (CETE Méditerranée (DREC/SVGC-SIG), 2008.)	45
Tableau 10 : Les passages ouverts et couverts.....	62
Tableau 12 : les pourcentages des vides et des pleins.....	79
Tableau 14 : les résultats des Essais de compression Source : (labo Ben Abdi Ahmed,2015)	87
Tableau 15 : les conditions du RPA 2003	99
Tableau 16 : Les dictionnaires et leurs coordonnées ainsi leurs superficies.....	99
Tableau 17 : Les coordonnées du centre de gravité	99
Tableau 18 : les inerties et les aires des sections des murs verticaux (RDC)	101
Tableau 19 : les inerties et les aires des sections des murs horizontaux (RDC)	101
Tableau 20 Tableau d'évaluation de présomption de vulnérabilité	103
Tableau 21 : les valeurs de μ	104
Tableau 22 : les valeurs de K	104
Tableau 23 :les valeurs de K	104
Tableau 24 : évaluation de la vulnérabilité	106
Tableau 25 : les pénalités appliquées	106
Tableau 26 : positionnement de chaînage vertical	108
Tableau 27 : condition de pénalité	110
Tableau 27 : condition de pénalité	110
Tableau 28 : les inerties des murs après l'intervention	111
Tableau 29 : les inerties des murs après intervention.....	112
Tableau 30 : les inerties des murs après intervention.....	114
Tableau 31 : condition de pénalité	114
Tableau 32 :les pénalités appliquées après l'intervention.....	115
Tableau 33 :Comparaison sablage et l'Aéro Hydro-gommage source:	116

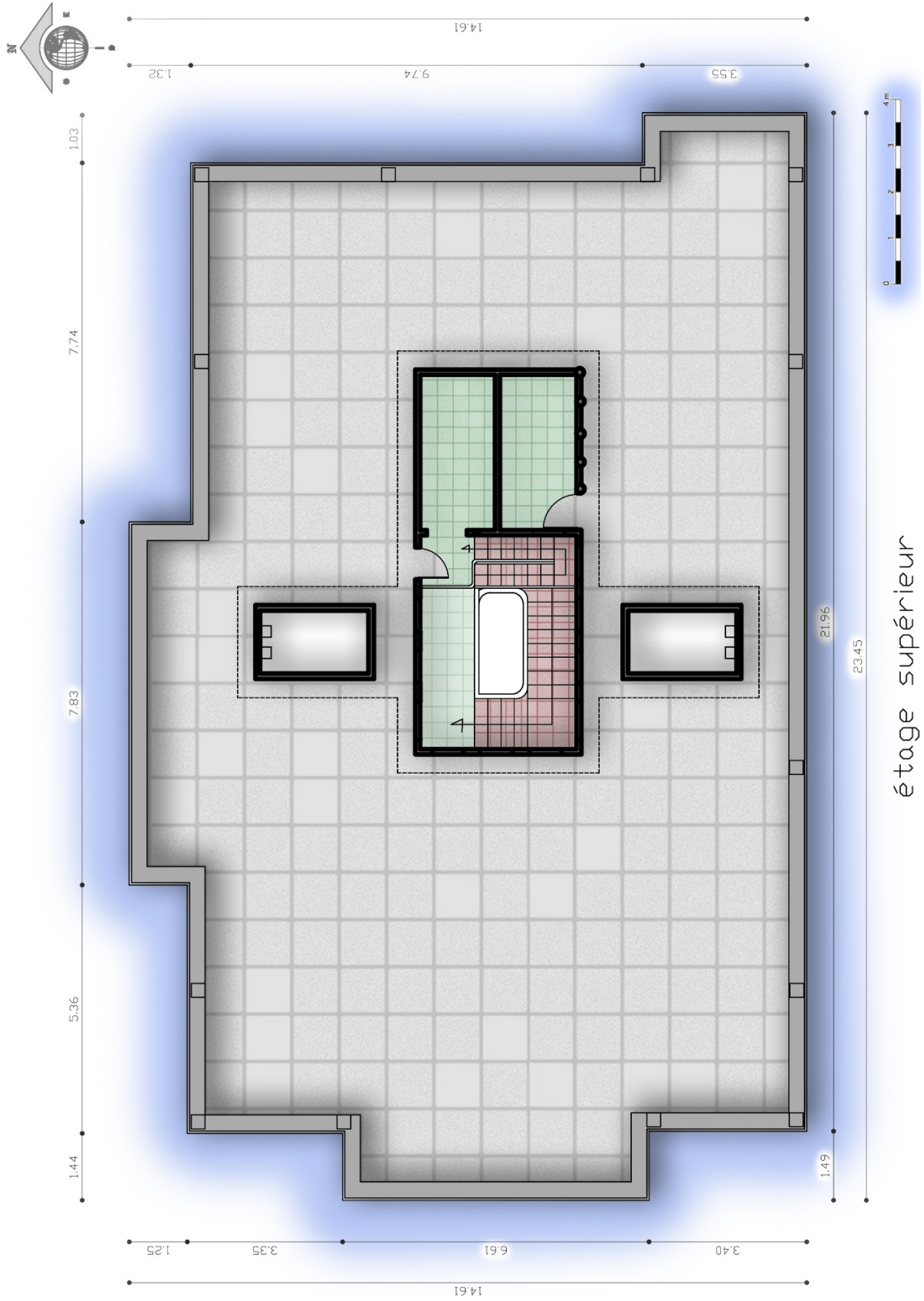
Annexes



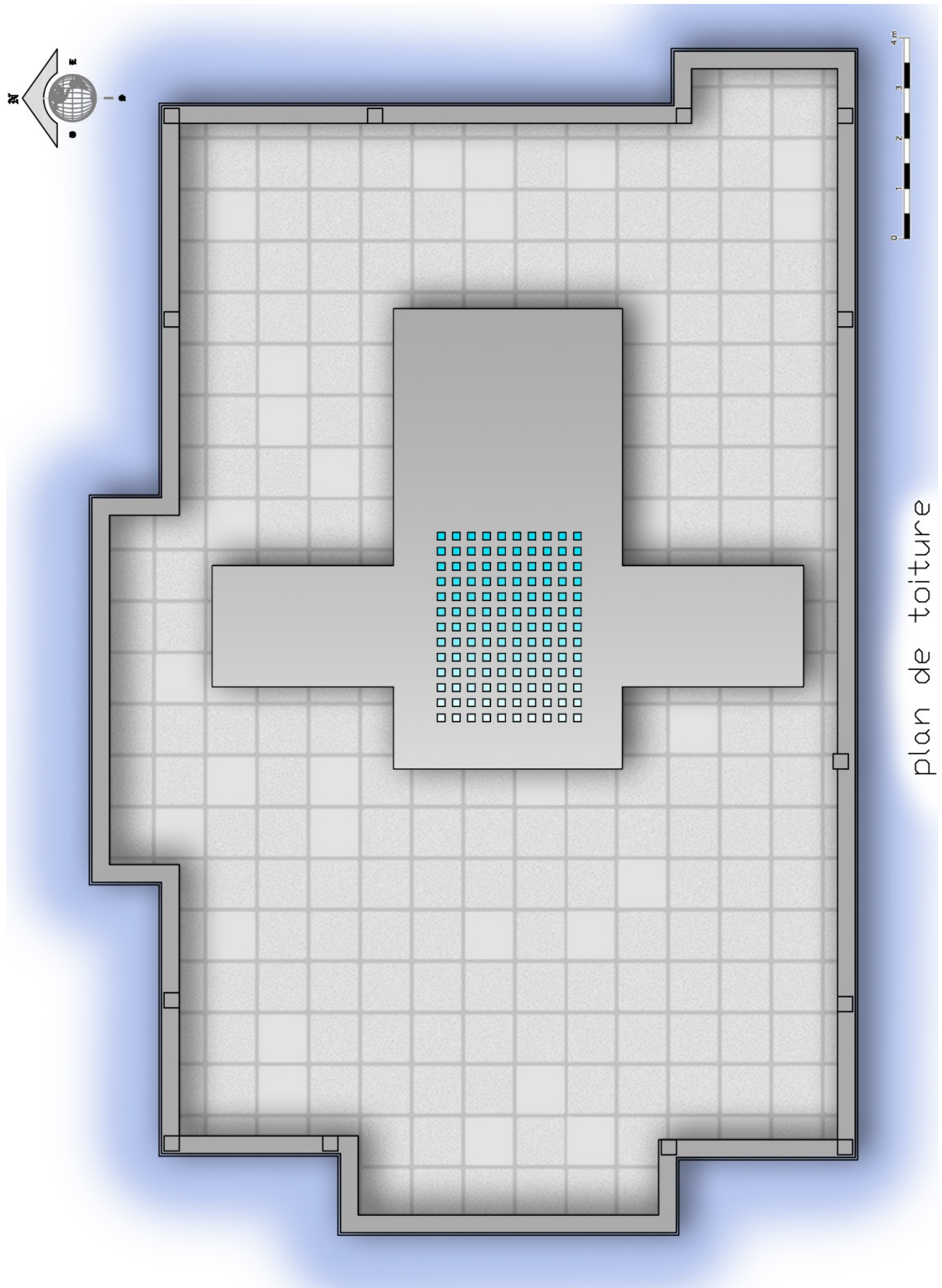


étage courant

Plan d'étage courant



Plan d'étage supérieur



Plan de toiture

Des vues de simulation en 3d dimensions







ESSAI de COMPRESSION + ANALYSE CHIMIQUE

Site de la Roche: Roche Relaxique

Objet : Analyses Sur La Roche

Date d'essai : 29/12/2015

Les résultats de l'essai

Les résultats sont regroupés dans les tableaux suivants

ESSAI DE COMPRESSION (NA 5071-ACI 318-89)

Réf	Date d'essai	ELANCEMENT H/D	Poids en g	Densité g/cm ³	Résistance		
					CH-Total En KN	R.C. En Bars	RC CORR 1
1	29/12/2015	2	1245.1	1.87	25.4	57.52	57.52
2	29/12/2015	1.46	822.4	1.69	21.00	47.55	49.53

ANALYSES CHIMIQUE (NA 16002)

Sondage	Profondeur	PH	Sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	Chlorures (Cl ⁻)	Carbonates (Ca CO ₃)
1	(1.00 m)	7.23	0 %	0.234	98%
2	(0.80 m)	7.14	0 %	0.234	100%

résultat d'essai de compression + analyse chimique