

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
FILIERE : GENIE CIVIL
OPTION : STRUCTURE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: LAYACHI NAFAA
SADI MESSAOUD

Intitulé

DIAGNOSTIC DES PATHOLOGIES APPARUES SUR LE
BLOC (BIOLOGIE ET AGRONOMIE) A L'UNIVERSITE DE
M'SILA. EVALUATION DES DEGATS, CAUSES ET
METHODES DE REPARATIONS.

Soutenu devant le jury composé de:

Mr.MAHAMEDI Abdelkrim	Université de M'sila	Président
Pr.BENCHEIKH Mohamed	Université de M'sila	Rapporteur
Mr.TALLAH Noui	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2016 /2017

Remerciement

Toute notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Nous exprimons toutes nos profondes reconnaissances à notre encadreur Pr. BENCHEIKH MOHAMED pour son soutien, ses conseils judicieux et sa grande bienveillance durant l'élaboration de ce projet.

Nous remercions également tous les professeurs du département de génie civil.

Que toute personne ait participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	01
Chapitre 1 : Pathologies de bâtiments Types, formes et causes	
Introduction.....	02
I-1-) La Fissuration.....	03
I-1-1-) Définitions.....	03
I-1-2-) Orientation des fissurations de structure.....	03
I-1-3-) Caractérisation des fissures	05
I-1-4-) Le suivi de la fissuration	06
I-1-4-1-) Les outils traditionnels.....	06
I.1.4.2-) Des méthodes plus modernes.....	07
I-1-5-) Zones d'apparition des fissures.....	08
I-1-5-1-) Les fissures affectant les portiques en béton armé.....	08
I-1-5-2-) Les fissures affectant les murs en maçonnerie.....	11
I-1-6-) Présentation du phénomène de tassement du sol d'assise.....	14
I-1-6-1-) Cas des tassements sur sols argileux.....	15
I-1-6-1-a-) Définition des sols argileux.....	15
I-1-6-1-b-) Le comportement d'un sol argileux en présence d'eau.....	15
I-1-6-1-c-) La pathologie provoquée par les argiles sensibles à l'eau...	16
I-1-6-2-) Cas des tassements différentiels.....	16
I-1-6-2-a-) Définition du tassement différentiel	16
I-1-6-2-b-) Mesure des tassements différentiels	17
I-1-7-) Présentation du phénomène de retrait et de dilatation	18
I-1-7-1-) Évaluations des effets de retrait.....	18
I-1-7-2-) Les déformations d'origines thermiques (retrait et dilatation)	19
I-2-) L'éclatement du béton.....	21
I-2-1-) Présentation.....	21

I-2-2-) Description de la pathologie	21
I-2-3-) Description du mécanisme.....	22
I-2-3-1-) La carbonatation.....	23
I-2-3-2-) Pénétration des chlorures.....	25
I-2-4-) Prévention de la formation d'éclats de béton.....	27
I-3-) La détérioration de l'enduit	28
I-3-1-) Définitions.....	28
I-3-2-) Les désordres.....	29
I-3-2-1-) Les désordre affectant l'aspect.....	29
I-3-2-2-)Les désordres affectant la durabilité	31
I-4-) Les infiltrations d'eau.....	33
I-4-1-) Introduction	33
I-4-2-) L'eau de la pluie.....	33
I-4-2-1-) Problèmes de toiture-terrasse.....	34
I-4-2-2-) Problèmes de mur de façade.....	35
I-4-2-3-) Signes da la pathologie	35
I-4-3-) Eau provenant du sol	36
I-4-4-) Le danger constructif.....	36
Conclusion.....	37

Chapitre 2 : Diagnostic et désordres survenus

Introduction.....	38
II-1-) Diagnostic, rôle et processus.....	38
II-2-) Description de l'ouvrage	39
II-3-) Site d'implantation.....	42
II-4-) Sol de fondation.....	43
II-5-) Désordres constatés	44

II-5-1-) Désordres apparus à l'extérieur (dans les façades)	45
II-5-2-) Désordres apparus à l'intérieur	55
II-5-2-1-) Les fissures.....	55
II-5-2-1-a-) Au niveau des cloisons.....	55
II-5-2-1-b-) Au niveau des ouvertures.....	61
II-5-2-1-C-) Suivi de certaines fissures.....	72
II-5-2-2-) Les infiltrations d'eau.....	74
Conclusion.....	74

Chapitre 3 : Analyse des désordres et recommandations

Introduction.....	80
III-1-) Analyse des fissurations.....	80
III-1-1-) Causes possibles.....	80
III-1-2-) Solutions envisageables.....	81
III-1-2-1) Réparation des fissures supérieures à 10 mm.....	81
III-1-2-2-) Prescriptions particulières de réparation des fissures supérieures à 10 mm pour les fissures inclinées.....	83
III-1-2-3-) Rigidifier et épingler les fissures.....	84
III-2-) Analyse des infiltrations d'eau.....	85
III-2-1-). Causes possibles.....	85
III-2-2-) Solutions envisageables.....	87
Conclusion.....	90
Conclusion générale.....	91

LISTE DES FIGURES

Chapitre 1 : Photologies de bâtiments Types, formes et causes

Figure I.1 : fissurations mécaniques typiques d'éléments en béton armé.....	04
Figure I.2 : Mesure d'ouverture de fissure.....	05
Figure I.3 : Témoin au plâtre traditionnel.....	06
Figure I.4 : Les jauges Saignac.....	07
Figure I.5 : Une première fissure a été rebouchée, cette réparation a servi de témoin. L'apparition d'une nouvelle fissure conduit à mieux appréhender la pathologie.	07
Figure I.6 : formes de portiques.....	08
Figure I.7 : Déformation d'une poutre en BA.....	09
Figure I.8 : Déformation d'un poteau en BA.....	09
Figure I.9 : Fissures qui apparaissent dans les poutres en BA.....	10
Figure I.10 : Fissures qui apparaissent dans les poteaux en BA.....	10
Figure I.11 : l'angle de cette maison s'est enfoncé.la fissure qui s'est ouverte suit les joints de la maçonnerie.	11
Figure I.12 : Cet acrotère s'est dilaté, une fissure s'est ouverte à mi- longueur de la façade...12	
Figure I.13 : Fissure de plancher une fissure de cette nature ne compromet pas la solidité de l'ouvrage, mais peut laisser passer la pluie.	12
Figure I.14 : Ces fissures se sont ouvertes dans un enduit réalisé sur une façade ancienne. L'enduit a fait du retrait en excès.il s'est fissuré, notamment dans les angles des fenêtres qui bloquent sa déformation.	13
Figure I.15 : les fissures se forment dans l'angle des ouvertures.....	13
Figure I.16 : le plancher des combles de cet immeuble s'est dilaté. l'enduit s'est fissuré ; il s'agit d'un cisaillement qui se produit à la jonction entre le plancher et la maçonnerie.	14
Figure I.17 : Schémas de transmission des charges (Q) d'un pavillon au sol	17
Figure I.18: Dilatation du plancher haut.....	19
Figure I.19 : retrait de la cloison.....	19
Figure I.20 : joint de dilatation.....	19
Figure I.21 : Effondrement du béton d'enrobage avancé avec l'apparition des armatures très corrodées	21

Figure I.22 : Corrosion des amorces poteaux	21
Figure I.23 : origines des dégradations du béton.....	22
Figure I.24 : mécanisme de carbonatation du béton.....	24
Figure I.25 : pulvérisation de phénolphaléine sur béton.....	24
Figure I.26 : Étapes de la corrosion par carbonatation du béton d'enrobage.....	25
Figure I.27: étapes de la corrosion par pénétration des chlorures.....	26
Figure I.28 : les divers mécanismes par lesquels les chlorures causent des dégâts au béton..	26
Figure I.29: Couches d'un enduit traditionnel au mortier hydraulique.....	28
Figure I.30 : la teinte de l'enduit de cette maison est particulièrement soutenue. la couleur n'est pas homogène. L'enduit parait plus sombre sur les joints de maçonnerie en pignon et les linteaux en façade.	29
Figure I.31 : des fissures se sont ouvertes le long des joints de cette maçonnerie, la pluie stagne dans les fissure et permet le développement de lichens.	30
Figure I.32 : Fissuration de type faïençage caractéristique.....	30
Figure I.33 : Salissures d'un enduit d'un enduit de façade par la pluie qui contient un micro-organisme.	31
Figure I.34 : L'enduit de façade, projeté sans précautions sur un support lisse se détache.	32
Figure I.35 : Un test d'arrosage a été effectué sur cette façade.....	32
Figure I.36 : La couche de finition de cet enduit traditionnel a grillé au soleil.....	33
Figure I.37 : les points d'infiltrations d'eau dans une construction.....	34
Figure I.38 : Auréole jaune brune ou verdâtre, bords arrondis.....	35
Figure I.39 : Dégradation de la peinture d'un mur intérieur. Gonflement et chute par écailles.....	35
Figure I.41 : Les eaux provenant du sol.....	36
Figure I.42 : La tache est foncée et persistante et se trouve tout le long d'un mur de cave ou de rez-de-chaussée sans cave.....	37

Chapitre 2 : Diagnostic et désordres survenus

Figure II.43 : Schéma représentant les blocs et joints.....	40
Figure II.44 : Plan du Rez-de-chaussée.....	41

Figure II.45 : Plan du 1 ^{er} étage.....	41
Figure II.46 : Plan du 2 ^{ème} étage.....	42
Figure II.47 : Indication sur les plans, des fissures apparues dans les cloisons intérieures...60	
Figure II.48: Indication sur les plans, des fissures apparues dans les ouvertures.....	71
Figure II.49: Fissurometre digital	72

Chapitre 3 : Analyse des désordres et recommandations

Figure III.50 : Elargissement et calfeutrement des fissures.....	82
Figure III.51: Réparation de la fissure inclinée par la réalisation des potelets en béton armé.	84
Figure III.52: La longrine de rigidification.....	84
Figure III.53 : Eléments composant de l'étanchéité de la toiture-terrasse.....	87
Figure III.54 : Exemples de couvre joint de dilatation.....	88
Figure III.55: Etanchéité d'un joint de mouvement réalisée au moyen d'un couvre-mur en matériau pierreux.....	88
Figure III.56 : Etanchéité d'un joint de mouvement réalisée au moyen d'un matériau d'étanchéité souple.....	89
Figure III.58 : Appui de baie dans une façade.....	89
Figure III.59 : Mise en œuvre de bavettes.....	90

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 2 : Diagnostic et désordres survenus

Tableau II.1 : Caractéristiques géotechniques du sable graveleux, argile limoneuse et marneuse.....	44
Tableau II.2 : Fissures apparues dans les cloisons intérieures.	55
Tableau II.3 : Fissures apparues dans les angles des ouvertures.	61
Tableau II.4 : Résultats du suivi de l'évolution de l'ouverture de certaines fissures.....	73
Tableau II.5 : Les traces d'infiltrations des eaux observées.	74

Chapitre 3 : Analyse des désordres et recommandations

Tableau III.6 : Nature des produits de traitement selon le type de fissure à traiter.....	83
---	----

LISTE DES PHOTOS

Chapitre 2 : Diagnostic et désordres survenus

Photo II.1 : Façade Sud.....	39
Photo II.2 : Façade Nord.....	39
Photo II.3 : Façade Est.....	40
Photo II.4 : présence d'une pente.....	42
Photo II.5 : L'emplacement de l'ouvrage.....	43
Photo II.6 : Désordres observés dans la façade nord.....	45
Photo II.7 : Désordres observés dans la façade nord.....	46
Photo II.8 : Désordres observés dans la façade nord.....	47
Photo II.9 : Désordres observés dans la façade nord.....	48
Photo II.10 : Désordres observés dans la façade nord.....	49
Photo II.11: Désordres observés dans la façade est (la cour)	50
Photo II.12: Désordres observés dans la façade ouest (la cour)	51
Photo II.13: Désordres observés dans la façade sud.....	52
Photo II.14: Désordres observés dans la façade est.....	53
Photo II.15: Désordres observés dans la façade ouest.....	54
Photo II.16 : Fissures concernées du suivi d'évolution de l'ouverture.....	72

Chapitre 3 : Analyse des désordres et recommandations

Photo III.17 : Exemples de joints mal traités.....	81
Photo III.18 : Exemples de défauts d'étanchéité.....	85
Photo III.19 : Exemples de joints mal traités.....	86
Photo III.20 : Exemples de défauts de conception des fenêtres.....	87

Résumé

L'Objectif de cette étude est de faire un diagnostic des pathologies survenues dans le bloc de biologie et agronomie situé au pôle universitaire de la ville de M'sila, et d'aller sur site et d'analyser le bloc en utilisant les outils indispensables pour mener à bien une inspection visuelle qui permet de connaître les facteurs qui sont à l'origine de ces dégâts, et proposer des réparations.

Mots clé : pathologies, fissures, diagnostic, analyse.

Abstract

The objective of this study is to make a diagnostic of the pathologies that occurred in the block oh biology and agronomy located at the university pole of M'sila, and to go on site and analyze the block using the tools indispensable to carry out a visual inspection which allows to know the factors that are the cause of these damages and propose repairs.

Key words : pathologies, cracks, diagnostic, analyze.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو القيام بعملية تشخيص للأمراض التي ظهرت بمعهد البيولوجي والفلاحة الموجود بالقطب الجامعي لولاية المسيلة ' والذهاب إلى موقع المبنى وإجراء عملية تحليل دقيقة باستعمال الوسائل اللازمة التي تسمح بتحديد العوامل التي كانت هي السبب في ظهور هذه الأمراض ' واقتراح العلاجات المناسبة.

كلمات مفتاحية : أمراض ' تشققات ' تشخيص ' تحليل.

Introduction générale

Les dégâts des ouvrages en béton armé apparaissent de plus en plus de nos jours, sous plusieurs types et formes, allons de simples fissures jusqu'à l'effondrement partiel ou total de l'ouvrage. Ces dégradations et effondrements sont des phénomènes universels mais plus grave dans les pays en développement, cela se reflète dans le nombre élevé des conférences, publication scientifiques et recherches spéciales sur les dégâts du béton armé et les méthodes de réparation dans les deux dernières décennies.

Malgré la diversité des coefficients de sécurité et les précautions prises pour affronter les erreurs de conception et d'exécution – ou elle atteints dans certains cas le triple des charges prévus, ces dégâts paraient toujours. Sans aucun doute l'étude des causes de ces dégâts aide a les délimités, ainsi l'apprentissage des erreurs commises auparavant qui ont conduit à la survenance des effondrements prévient la répétition de ces causes une autre fois.

Le dictionnaire professionnel du BTP à définit la pathologie comme suit :

< Photologie –n.f. (struc) étude des symptômes, des causes et les remèdes à apporter aux ouvrages qui présentent des désordres >.

Ces désordres peuvent toucher l'ouvrage lui-même (glissement , tassement..) , ou bien ces élément structuraux (planchers, poutres , poteaux ...) et non structuraux (cloisons , enduit ,)

Dans cette étude on va voire d'une façon générale les différentes pathologies qui peuvent apparaitre dans les bâtiments en béton armé et particulièrement ceux qui sont apparues dans notre bloc à diagnostiquer.

La finalité du travail est d'identifier les causes possibles et les solutions et méthodes de réparations.

CHAPITRE 1

Photologies de bâtiments

Types, formes et causes

Introduction

Un bâtiment au sens commun est une construction immobilière, réalisée par intervention humaine, destinée d'une part à servir d'abri, c'est-à-dire à protéger des intempéries des personnes, des biens et des activités, d'autre part, à manifester leur permanence comme fonction sociale, politique ou culturelle. On peut classer les bâtiments suivant leur destination :

- habitation : logements, hôtels, hôpitaux ;
- travail : bureaux, usines ;
- réunion : théâtres, cinémas, lieux de culte.

Généralement, les bâtiments sont constitués :

- d'éléments porteurs (fondations, portiques en BA, planchers) ;
- murs de façades et cloison de séparation ;
- revêtements sol et mur ;
- couverture (charpente, toiture-terrasse).

Les désordres qui touchent ces ouvrages sont multiples, dans ce chapitre on va s'intéresser à quatre grandes pathologies :

- La fissuration
- L'éclatement du béton
- la détérioration de l'enduit
- les infiltrations d'eau

Il peut être derrière l'apparition de ces dégâts une ou plusieurs causes combinées, les plus importantes sont :

- Les inconvénients du sol où fondations ;
- Les erreurs de conception ;
- La mauvaise qualité des matériaux utilisés ;
- Mal exécution des travaux ;
- Insuffisance de protection contre les conditions ambiantes sévères ;
- Absence d'entretien adéquat et périodique de l'ouvrage ;
- Changement de l'utilisation de l'ouvrage sans prendre les précautions nécessaires. [1]

I-1-) LA FISSURATION :

I-1-1-) Définitions : [2]

Que désigne le mot fissure ? Devant un même désordre, certains emploieront le terme « faiencage », d'autre parleront de microfissures, qu'entend-on par fissure active ou fissure de cisaillement ? Il est nécessaire de comprendre tous ces termes et d'adopter un vocabulaire précis.

La norme NF P84-404 (NF DTU 42.1 : Travaux de bâtiment –Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères, novembre 2007) définit les termes suivants :

- microfissure : fissure dont l'amplitude reste inférieure à 0,2 mm ;
- fissure : ouverture linéaire de 0,2 à 2 mm ;
- lézarde : fissure importante de plus de 2 mm.

D'autres termes sont couramment employés :

- faiencage : il caractérise de fines fissures qui forment un maillage, généralement à la surface d'un enduit ou d'un dallage ;
- fissure traversante : elle apparait dans un mur ou dans une poutre, elle s'étend à l'épaisseur entière de la paroi ou de la poutre ;
- fissure infiltrante : une fissure est dite « infiltrante » lorsqu'elle s'accompagne d'une pénétration d'eau à l'intérieur de l'ouvrage.

I-1-2-) Orientation des fissurations de structure : [3]

Les fissurations de structure, quelle qu'en soit la cause, ont des caractéristiques communes :

- les fissures se localisent sur la surface ou le rapport ($R = \text{contrainte appliquée} / \text{résistance}$) est le plus élevé
- dans un milieu homogène, elles sont perpendiculaires aux contraintes principales de traction
- dans un milieu hétérogène, elles apparaissent d'abord là où le rapport ($R = \text{contrainte appliquée} / \text{résistance}$) est élevé : au joint de briques dans une maçonnerie, au joint de reprise du béton, dans la zone où les armatures sont insuffisantes en béton armé
- dans tous les cas, l'orientation des fissures est le premier élément indicatif de l'état de contrainte. On donne à la figure ci-dessous quelques schémas de fissuration typiques. (Fig. I.1)

Ces configurations de fissurations sont fondamentales et correspondent à des situations simples et directement compréhensibles de surcharge ou de sous dimensionnement de l'élément fissuré.

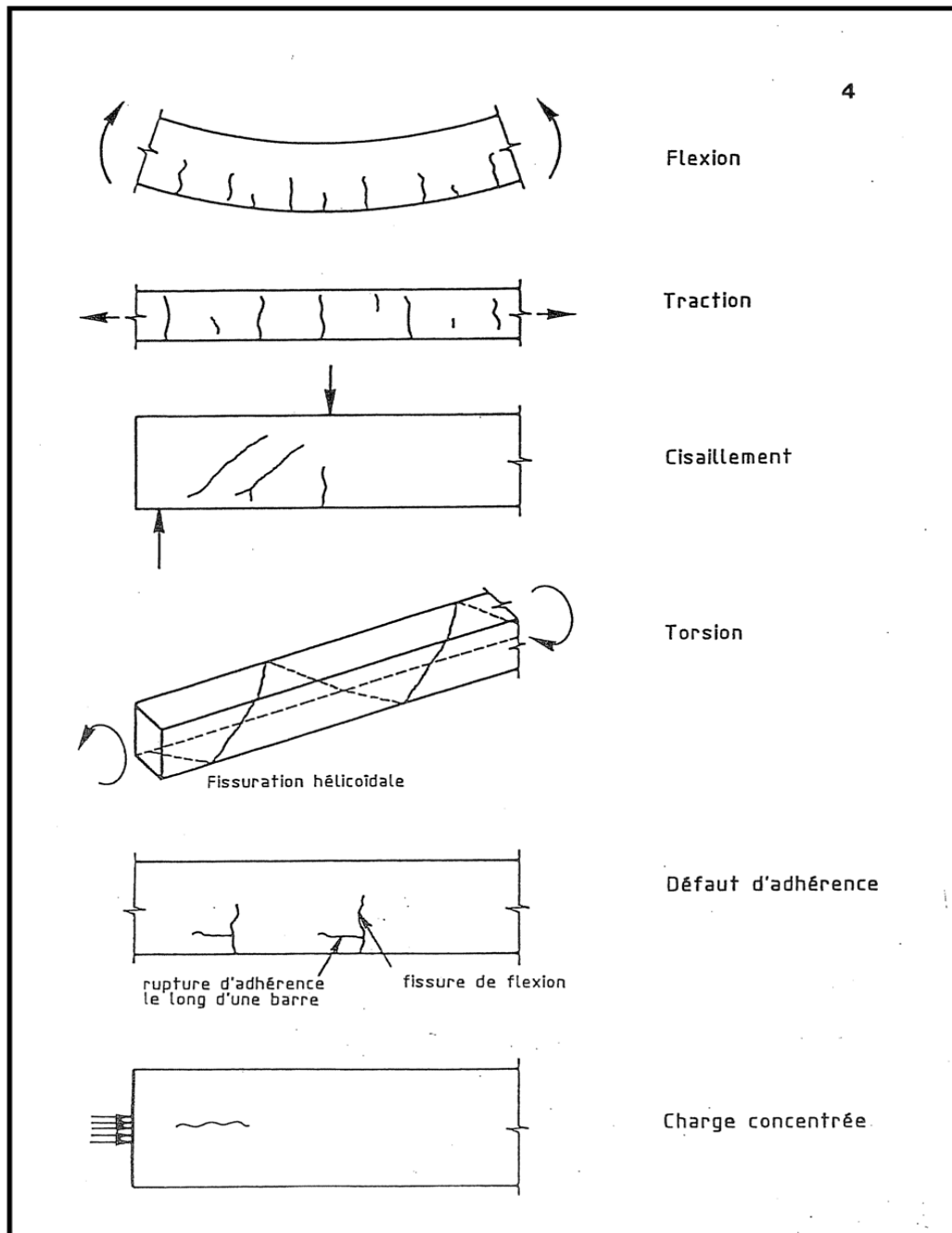


Figure I.1 : Fissurations mécaniques typiques d'éléments en béton armé.

I-1-3-) Caractérisation des fissures : [4]

Une fissure peut- être caractérisée par 4 éléments :

- son ouverture : largeur entre lèvres qui peut-être évaluée à l'œil nu et peut se mesurer avec précision à l'aide d'un fissuromètre ; (Fig. I.2)

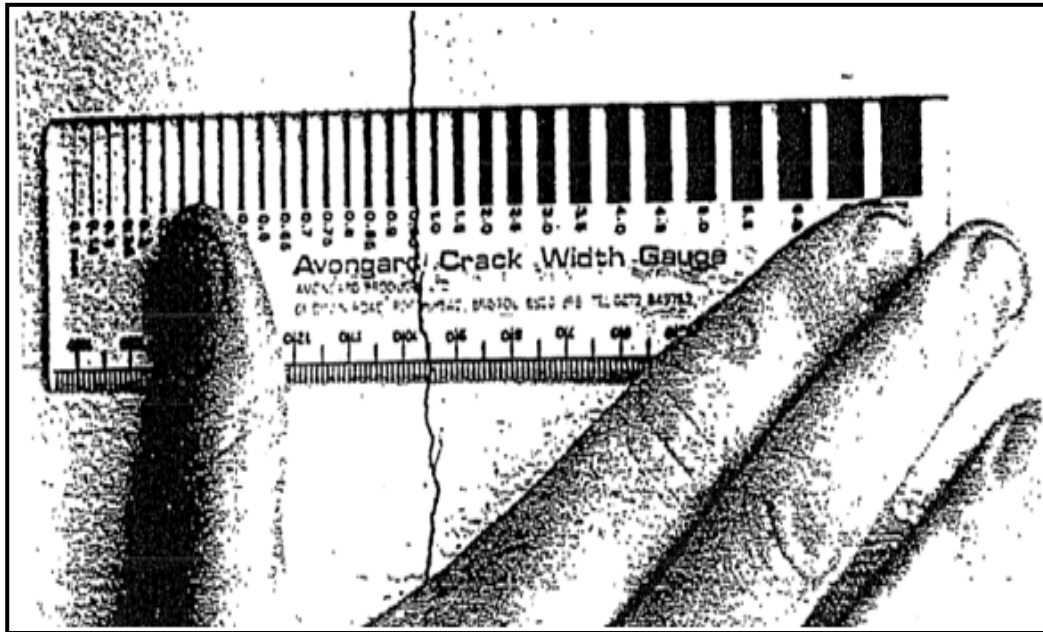


Figure I.2 : Mesure d'ouverture de fissure.

- son tracé : le développé de la fissure visible, sur toutes les surfaces de la structure ;
- sa profondeur : selon son caractère traversant ou non, la fissure peut être qualifiée de différentes façons :
 - fissure de surface : fissure qui ne traverse pas l'épaisseur de la structure, l'ouverture dans ce cas est maximum en surface et nulle au sein du matériau ;
 - fissure traversante : fissure visible sur au moins 2 faces de la structure ;
 - fissure aveugle : fissure traversante mais non accessible d'un ou plusieurs cotés de la structure.
- son activité :
 - fissure passive ou morte : fissure dont l'ouverture ne varie plus dans le temps, quelles que soient les conditions de température ou de sollicitation de l'ouvrage, car leur cause a disparue ou est devenue négligeable ;
 - fissure active : fissure qui varie dans le temps en fonction des gradients thermiques ou hygrothermiques, des sollicitations de l'ouvrage ou des défauts d'exécution ;
 - souffle : amplitude de la variation d'ouverture d'une fissure active.

I-1-4-) Le suivi de la fissuration : [2]

L'appréciation de l'évolution de l'ouverture d'une fissure, voire de son extension, est du plus haut intérêt.

Il convient de savoir si la pathologie est stabilisée ou non, ou en voie de l'être. Cette information est fondamentale. Dans les situations graves, elle pourra justifier l'évacuation d'un bâtiment ou pour le moins son confortement par des étais.

Il est fréquent d'entendre que les fissures consécutives à un tassement de sol se stabilisent au bout de quelques années, que les fissures dites de retrait ou résultant de la dilatation excessive d'un ouvrage sont inactives. C'est faux dans de très nombreux cas. Seules les fissures de retrait d'enduit peuvent être qualifiées d'inactives, et encore uniquement s'il s'agit d'un faïençage de faible intensité.

Quoi qu'il en soit, il est intéressant d'apprécier l'évolution d'une fissure dans le temps.

I-1-4-1-) les outils traditionnels :

- le fissuromètre : il s'agit d'une jauge qui permet de mesurer simplement l'ouverture d'une fissure.

- les témoins : la pose de témoins est une méthode ancienne qui conduit à ponter la fissure par des plots en plâtre ou en ciment, voire des plaques de verre scellées (Fig. I.3). La mise en œuvre de témoins de cette nature est délicate, il n'est pas rare de constater que les témoins se décollent avant de se fissurer. La pose d'un témoin en plâtre peut renseigner sur l'évolution d'une fissure en intérieur, mais son usage sur un mur extérieur ne fournit pas d'éléments probants.

Poser un témoin et mesurer l'ouverture de sa fissuration suppose d'apprécier la température du support.

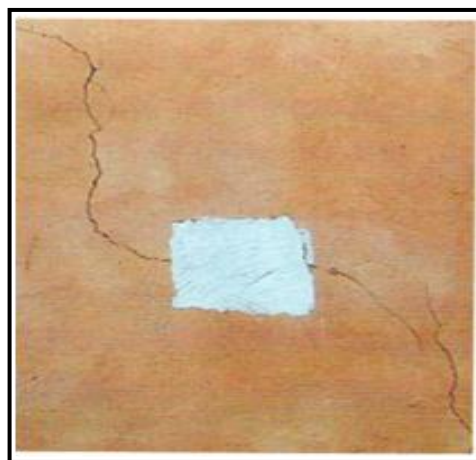


Figure I.3 : Témoin au plâtre traditionnel.

I.1.4.2.) des méthodes plus modernes :

- les jauges Sagnac : le suivi de l'évolution des fissures d'un ouvrage suppose des mesures régulières. il est fréquent d'utiliser des pointes clouées de part et d'autre de la fissure. L'observateur mesure avec un pied à coulisse la distance entre les pointes à intervalles réguliers. Cette méthode a été développée il ya quelques années par un expert en bâtiment bien connu, M.Sagnac. Les jauges Sagnac peuvent être mises en œuvre commodément au droit des fissures que l'on veut surveiller (Fig. I.4). L'évolution de l'ouverture des fissures peut être appréciée au 1/10 de millimètre grâce à l'échelle dont sont dotées les jauges. la lecture des jauges doit être interprétée avec prudence.



Figure I.4 : Les jauges Sagnac.

- le rebouchage des fissures : l'ouverture des fissures puis leur rebouchage par un enduit quelconque de calfeutrement permet aussi un suivi efficace (Fig. I.5). L'aspect de la façade souffrira toutefois quelque peu de la pose de témoins aussi visibles.



Figure I.5 : Une première fissure a été rebouchée, cette réparation a servi de témoin. L'apparition d'une nouvelle fissure conduit à mieux appréhender la pathologie.

I-1-5.) Zones d'apparition des fissures :

Les fissures apparaissent sur :

- les murs, aussi bien intérieurs qu'extérieurs ;
- les éléments linéaires de la structure (poutres, consols, poteaux...);
- les éléments plans de la structure ;
- entre les murs et la structure.

Ces dernières sont appelées fissures de désolidarisation. [5]

I-1-5-1-) Les fissures affectant les portiques en béton armé :

On appelle portique les systèmes de poutres reliés entre elles par des nœuds rigides (Fig. I.6). il est convenu d'appeler les poteaux ou montants les éléments verticaux ou inclinés d'un portique, tandis que ceux longitudinaux, poutres ou traverses. Ces assemblages trouvent une large application dans le domaine du génie civil. Ils sont très utilisés comme systèmes de base dans les constructions telles que les bâtiments et hangars. [6]

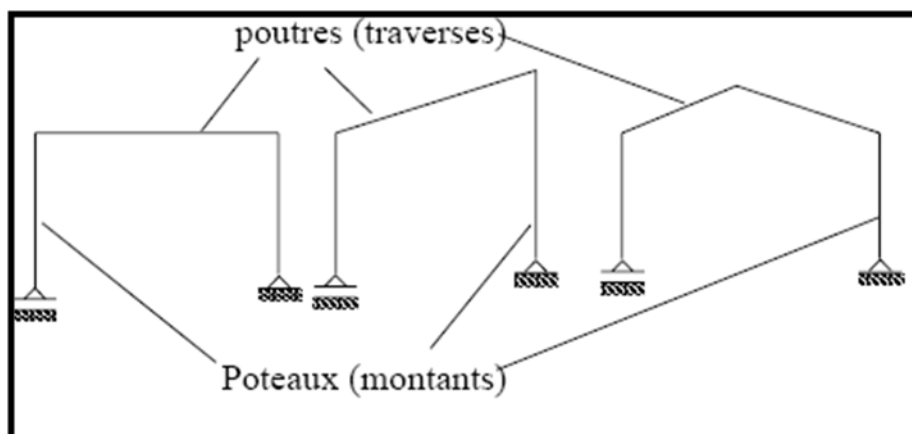


Figure I.6 : Formes de portiques.

Les poutres sont des porteurs horizontaux tandis que les poteaux sont des porteurs verticaux, les poutres sont principalement soumises à de la flexion simple, la poutre fléchit est soumise à la fois à (Fig. I.7) : [7]

- un effort de compression (en haut)
 - un effort de traction (en bas)
 - un cisaillement oblique du aux actions verticales de sens contraire :
 - action des appuis dirigée vers le haut
 - action des charges dirigée vers le bas
- } Effort tranchant

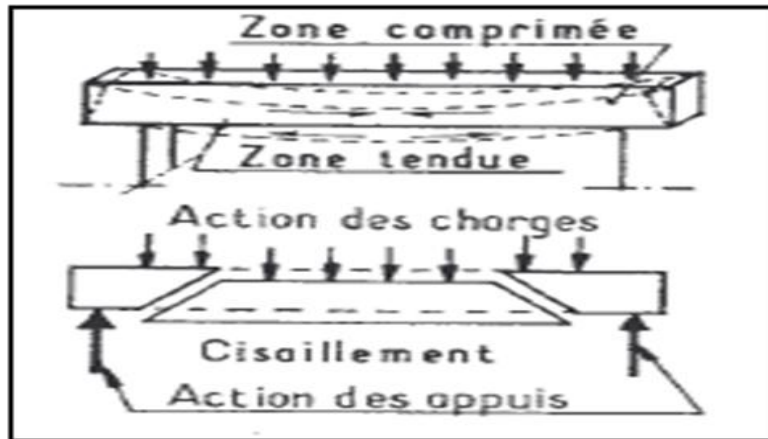


Figure I.7 : Déformation d'une poutre en BA.

Un poteau est une poutre droite verticale soumise uniquement à une compression centrée ($N > 0$ et $M_z = 0$). MAIS les charges transmises au poteau ne sont jamais parfaitement centrées (imperfections d'exécution, moments transmis par les poutres, dissymétrie du chargement). Pour ces raisons, on introduit des armatures longitudinales calculées de façon forfaitaire (car ces moments sont difficiles à estimer). Le risque de flambement des armatures longitudinales conduit à placer des armatures transversales (cadres, étriers ou épingles). [8]

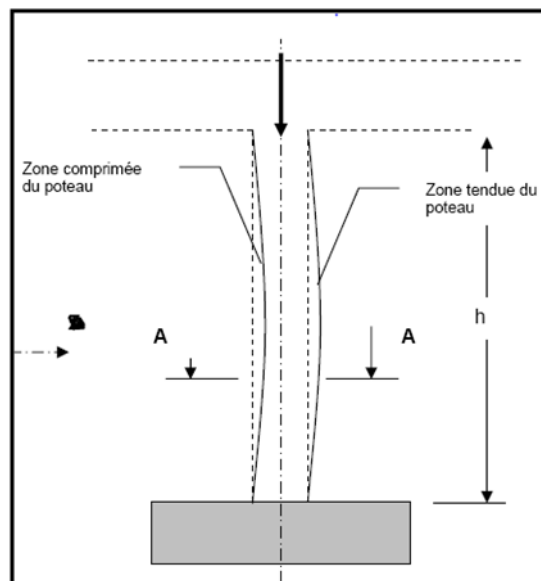


Figure I.8 : Déformation d'un poteau en BA.

Les fissures qui apparaissent dans les portiques sont montrées dans les figures suivantes :

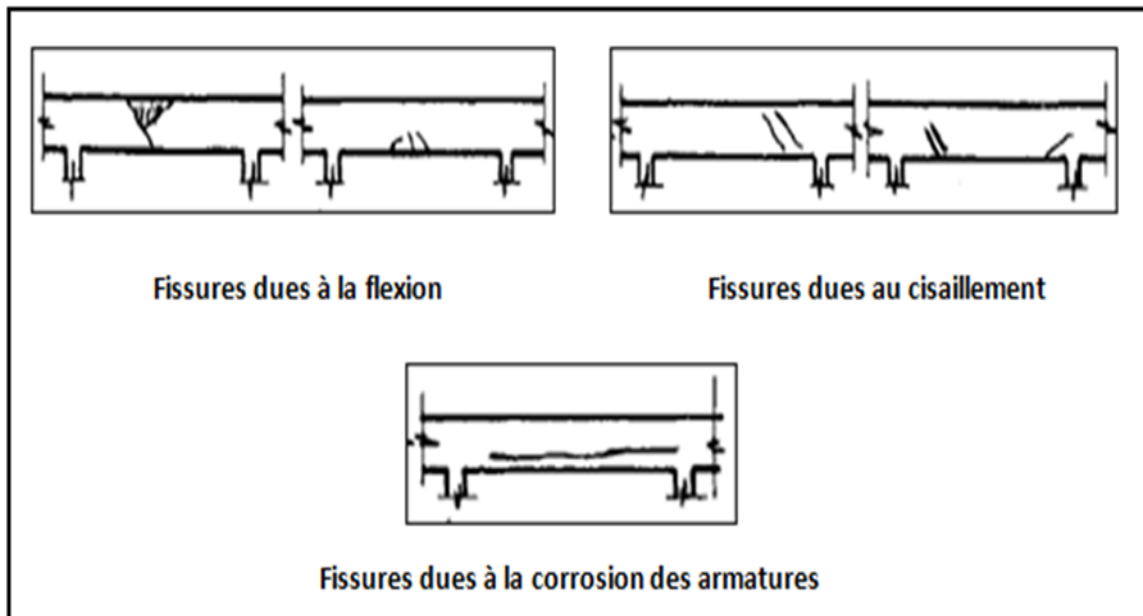


Figure I.9 : Fissures qui apparaissent dans les poutres en BA.

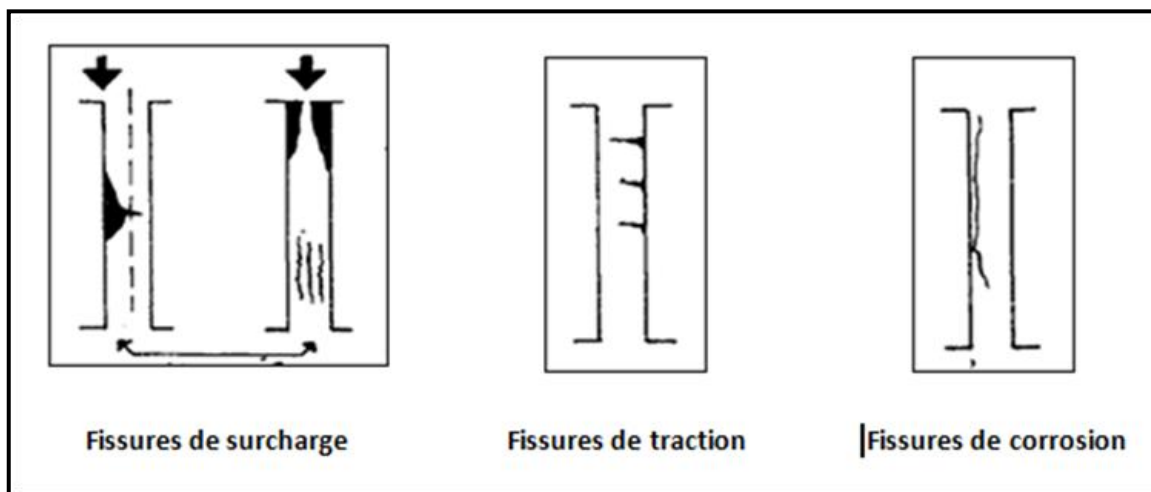


Figure I.10 : Fissures qui apparaissent dans les poteaux en BA.

Les défauts de conception sont souvent à l'origine de fissurations des poutres et poteaux, les plus importants sont :

- erreurs dans les calculs, soit pour les charges ou pour le système structural ;
- la conception a été fondée sur de fausses hypothèses;
- les conditions environnantes n'on pas été prises toutes en considération ;
- la résistance des matériaux utilisés ou celle des éléments en béton est inférieur aux contraintes appliquées. [1]

I-1-5-2-) Les fissures affectant les murs en maçonnerie :

Les cloisons traditionnelles monolithes constituées de matériaux relativement fragiles (blocs ou briques de maçonnerie, plâtre ...), bloquées dans la structure, ont une faible capacité de déformation avant fissuration. [3]

Elles peuvent être sollicitées par suite :

- de raccourcissement et d'allongement de la structure dus au retrait ou au fluage sous charges ou aux variations de températures ;
- de tassements différentiels des fondations ;
- de variations dimensionnelles propres de la cloison ;
- de la flexion des planchers, soit que le plancher supérieur charge la cloison, soit que le plancher inférieur « tire » la cloison au niveau n-1 et ainsi de suite ; il ya alors des interactions sensibles sur plusieurs niveaux. [3]

Les causes de fissurations sont généralement multiples. [3]

Les fissures qui apparaissent le plus fréquemment à travers les murs peuvent être classées en cinq catégories principales : [2]

- les fissures ou lézardes d'inclinaison voisine de 45°

Ces fissures traduisent une déformation de l'assise du mur en un point ou une zone précise, lorsque le mur est constitué de blocs maçonnés les fissures pourront suivre les joints et former des escaliers caractéristiques tout en conservant une inclinaison d'allure générale à 45°, les fissures consécutives à un tassement excessif du sol d'assise des fondations d'un mur rentreront dans cette catégorie. (Fig. I.11)



Figure I.11 : L'angle de cette maison s'est enfoncé. la fissure qui s'est ouverte suit les joints de la maçonnerie.

- les fissures et lézardes horizontales ou verticales franches

Ces fissures font suite à une rupture en traction du mur. Elles peuvent, comme les précédentes, accompagner un tassement de terrain. Elles peuvent aussi suivre la déformation excessive d'une poutre ou la dilatation d'un acrotère. (Fig. I.12)



Figure I.12 : Cet acrotère s'est dilaté, une fissure s'est ouverte à mi-longueur de la façade.

- les microfissures ou fissures horizontales ou verticales

Les fissures horizontales ou verticales, généralement d'ouverture modeste, sont à rattacher aux phénomènes dits de retrait ou de dilatation excessifs des matériaux. Elles peuvent apparaître en partie courante d'une paroi, mais se formeront le plus souvent à la jonction entre deux éléments constitutifs de l'ouvrage : entre plancher et mur notamment, en extrémité de poutre ou d'acrotère de terrasse. (Fig. I.13)

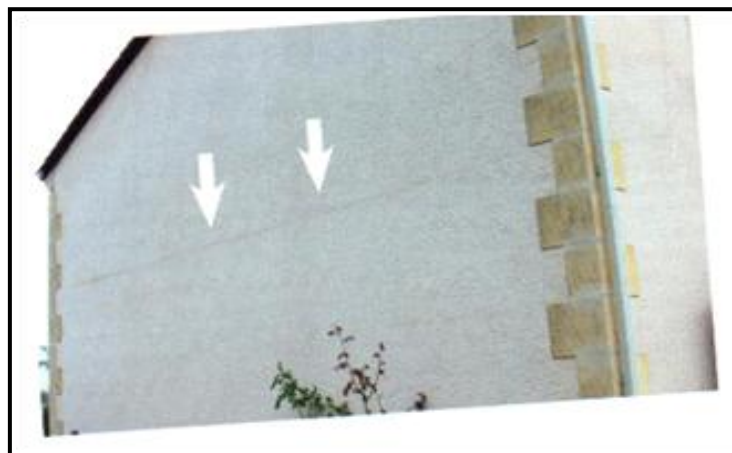


Figure I.13 : Fissure de plancher une fissure de cette nature ne compromet pas la solidité de l'ouvrage, mais peut laisser passer la pluie.

- les fissures autour des ouvertures

Les fissures qui s'ouvrent autour des ouvertures peuvent avoir plusieurs origines :

- elles peuvent être la conséquence de la déformation de l'ouverture qui d'un carré ou d'un rectangle parfait comportant des angles droits devient un parallélogramme, les fissures s'ouvrent le long des bissectrices des angles obtus. de telles fissures apparaîtront avec la dilatation d'une terrasse ou la défaillance des fondations
- elles peuvent aussi plus banalement résulter d'un retrait des matériaux constitutifs de la façade, voire du seul enduit de façade. (Fig. I.14. I.15)

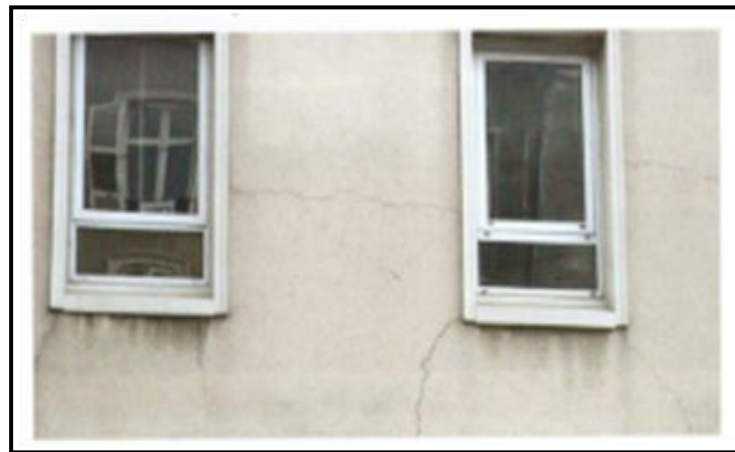


Figure I.14 : Ces fissures se sont ouvertes dans un enduit réalisé sur une façade ancienne. L'enduit a fait du retrait en excès. il s'est fissuré, notamment dans les angles des fenêtres qui bloquent sa déformation.

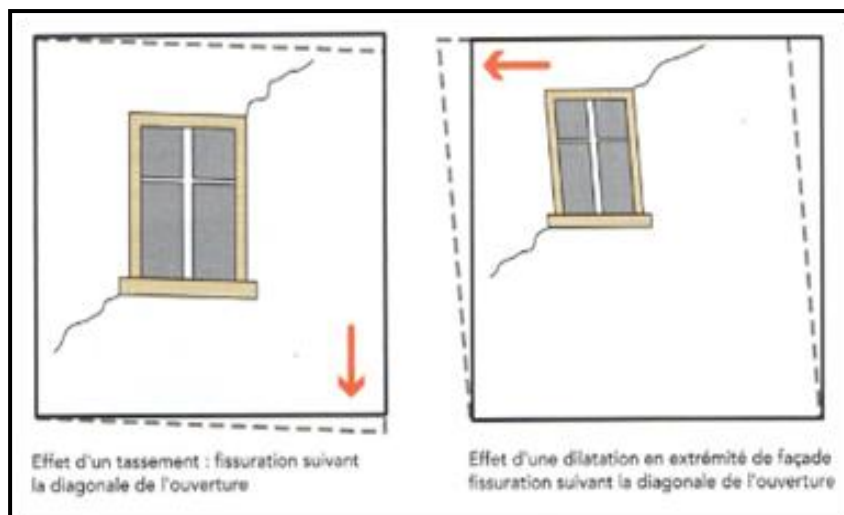


Figure I.15 : Les fissures se forment dans l'angle des ouvertures.

- Les microfissures ou fissures formant des hachures

Les hachures visibles, par exemple à la jonction entre un plancher et un mur porteur en maçonnerie, résulteront toujours d'un mouvement relatif dans le plan horizontal du plancher par rapport au mur. On parlera de fissures de cisaillement consécutives à la dilatation du plancher. Un mur porté par une poutre peut aussi se fissurer si celle-ci se révèle défaillante, se déforme trop. (Fig. I.16)



Figure I.16 : Le plancher des combles de cet immeuble s'est dilaté.

l'enduit s'est fissuré ; il s'agit d'un cisaillement qui se produit
à la jonction entre le plancher et la maçonnerie.

A l'exception des situations extrêmes correspondant à des tassements majeurs du sol d'assise des fondations ou lorsque les fissures accompagnent une défaillance d'un ouvrage porteur, la fissuration d'un mur ne conduira pas à s'inquiéter sur sa solidité ou plus globalement sur la solidité de la structure considérée dans son ensemble. En revanche, même si la fissuration est discrète et qu'il convient plutôt de parler de microfissuration, il convient de garder présent à l'esprit que la fissuration d'un mur est presque toujours traversante. Cela signifie que si ce mur est exposé à la pluie ; elle peut atteindre l'intérieur du bâtiment. La fissure peut devenir infiltrante. [2]

I-1-6-) Présentation du phénomène de tassement du sol d'assise :

Les sinistres de fondations sont nombreux, parfois spectaculaires et surtout coûteux à réparer. Certaines situations sont simples : l'ampleur des désordres est telle que le doute n'est pas permis. À l'opposé, il n'est pas raisonnable de vouloir diagnostiquer un tassement de fondation à la vue de fissures de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre. [2]

Il y a lieu de distinguer deux situations qui auront en définitive des effets comparables sur la façade :

- la semelle de fondation fléchit, ne pouvant plus supporter les charges de la façade alors que le sol sur lequel elle a été coulée s'est enfoncé ;
- la semelle de fondation se casse. [2]

Le béton de la semelle de fondation souvent insuffisamment ferrailé va souffrir d'une sollicitation de type moment fléchissant excessive dans le premier cas, de type effort tranchant dans le second cas. [2]

- Sollicitation d'effort tranchant :
 - la façade se déforme puis se fissure ;
 - les fissures vont se former le long de points faibles de la structure, là où elle manque de raideur et donc préférentiellement autour des ouvertures ;
 - les fissures ont une inclinaison voisine de 45°.
- Sollicitation de moment fléchissant :
 - les fissures liées à un défaut de portance des fondations pourront aussi avoir une allure horizontale, par exemple lorsque c'est l'angle de la maison qui s'enfoncé ou quand la fissure apparaît au niveau du soubassement, sous l'arase du dallage. [2]

I-1-6-1-) Cas des tassements sur sols argileux :

I-1-6-1-a-) Définition des sols argileux :

Se sont des sols qui comportent une forte proportion de minéraux de même nom, elles forment souvent des bancs épais, elles sont :

- sensibles à l'eau ;
- pratiquement imperméables ;
- susceptibles de tasser ou de gonfler.

Les principales familles sont :

- la Kaolinite ;
- l'illite ;
- la Montmorillonite.

La Bentonite est une variété de montmorillonite [9]. Cette dernière famille est la plus sensible à l'eau. [2]

I-1-6-1-b-) Le comportement d'un sol argileux en présence d'eau : [2]

Le comportement de ces sols varie notablement avec la teneur en eau. D'une façon générale, l'eau en contact avec de l'argile va profondément en modifier les caractéristiques. L'eau rend l'argile plastique, c'est à-dire qu'un sol argileux humide et comprimé va aisément se déformer, un peu comme l'argile du potier. Au contraire, en l'absence d'eau, le matériau peut devenir très raide puis perdre sa cohésion lorsqu'il se dessèche profondément pour devenir pulvérulent, sans résistance.

Certains peuvent se rétracter en période sèche, d'autres, les plus dangereux pour les constructions, peuvent à la fois gonfler et se rétracter.

I-1-6-1-c-) La pathologie provoquée par les argiles sensibles à l'eau : [2]

La structure de la construction reposant sur un sol argileux pourra être insuffisamment soutenue en période sèche ; le sol n'est plus en contact de la semelle. Au contraire, si les fondations ont été coulées sur une argile sèche qui vient à s'humidifier, la structure pourra être repoussée vers le haut.

De tels mouvements vont se révéler particulièrement préoccupants s'ils conduisent à l'ouverture de fissures. Chacun comprend que celles-ci vont alternativement se fermer et s'ouvrir avec les variations de teneur en eau du sol sensible et donc rester vivantes.

Le poids de la structure, ou plus techniquement parlant la contrainte exercée par les façades sur le sol, est sans relation avec ce type de pathologie.

Ces sols donnent lieu eux aussi à des tassements différentiels car la teneur en eau de l'argile varie d'un point à l'autre. Une façade exposée au soleil ou fondée superficiellement sera toujours plus affectée. La présence de végétaux avides d'eau au voisinage d'une maison peut directement générer des désordres. Les racines, ou plutôt les radicelles, peuvent passer sous les fondations pour rechercher de l'eau ou de l'humidité sous les dallages. Certains arbres peuvent ainsi avoir des effets dévastateurs.

I-1-6-2-) Cas des tassements différentiels :

I-1-6-2-a-) Définition du tassement différentiel :

Les tassements d'ensemble sont rares, ce sont plutôt les tassements différentiels qui sont à redouter. Ils se produisent lorsque la réaction du sol, sous les charges apportées par la structure, n'est pas homogène. [2]

Pour que des fissures consécutives à un tassement différentiel se forment, il faut qu'une partie de l'ouvrage s'enfonce dans le sol davantage que le reste de la construction. [2]

Il se manifeste soit par un basculement soit par de graves désordres dans les éléments non structuraux et parfois dans la structure elle-même si les efforts sont incompatibles avec la sécurité des matériaux. [10]

Les causes des tassements différentiels sont multiples, mais les plus fréquemment rencontrés sont : [10]

- Les sols compressibles ;
- Les remblais récents ;
- Les remblais d'épaisseurs ;
- La non homogénéité du sous-sol de fondations ;
- L'emploi des fondations hétérogènes ;
- Les affouillements du sol sous les fondations ;
- La modification du volume de certains sols en fonction de la teneur en eau...

- terrains en pente (ne vont pas se tasser uniformément) ; [2]
- absence de joint de rupture entre les blocs de poids inégaux. [2]

Trois conditions doivent être réunies pour déclencher la fissuration : [11]

- un sol compressible sous le niveau d'assise des fondations ;
- des charges irrégulièrement réparties aux fondations, le sol se déformera donc plus ou moins selon les points d'appui (Fig. I.17), c'est aussi le cas lorsque des fouilles importantes sont faites à proximité immédiate de fondations existantes ;
- la fragilité de la superstructure, les déformations différentielles du sol sont pour la superstructure des déplacements imposés, qui engendrent des contraintes de tractions et de cisaillement dans la superstructure. Les points les plus faibles et notamment les joints de maçonnerie seront les premiers à ne pas résister à ces contraintes.

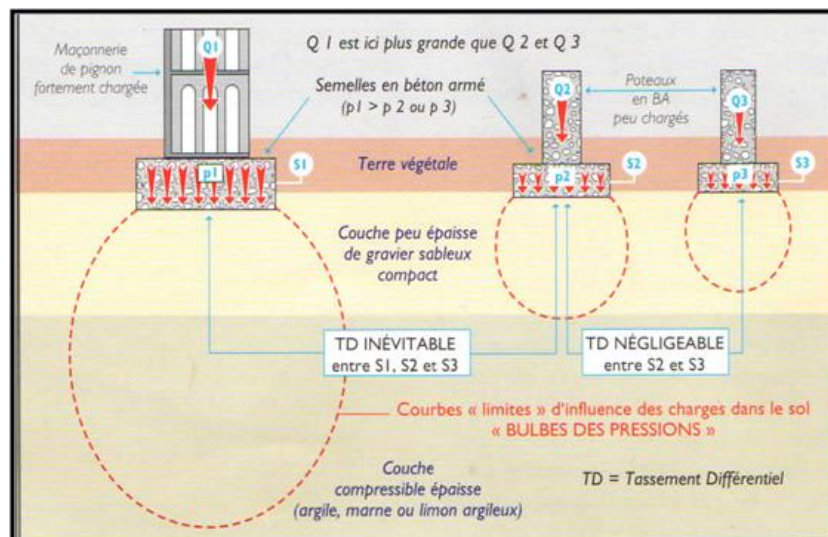


Figure I.17 : Schémas de transmission des charges (Q) d'un pavillon au sol.

I-1-6-2-b-) Mesure des tassements différentiels :

On peut mesurer le tassement différentiel entre points par la mesure du déplacement individuel de chaque points par rapport à une base absolue (= fixe), mais il existe souvent une incertitude sur le caractère parfaitement fixe des points de référence. Ainsi le sol à proximité d'une fondation peut être influencé par le tassement de cette fondation ou directement par la cause extérieure du tassement différentiel. Il est donc de loin préférable de réaliser une mesure directe du déplacement vertical relatif.

Une technique classique utilise des vases communicants, placés aux différents points dont on veut mesurer le tassement différentiel : la surface de l'eau en les différents points se

trouve dans un même plan horizontal. Une lecture de niveau sur les vases gradués permet de suivre l'évolution relative des différents points. [3]

I-1-7-) Présentation du phénomène de retrait et de dilatation :

I-1-7-1-) Évaluations des effets de retrait :

Le retrait est une déformation de raccourcissement au cours du temps. Comme l'effet thermique, le retrait n'engendre des contraintes que s'il est empêché. ces contraintes peuvent conduire à des fissurations si le matériau n'a pas la résistance requise pour supporter les tractions induites par le raccourcissement. L'importance du retrait est dépendant de :

- la structure du matériau et ses caractéristiques précises au moment de sa fabrication ;
- l'environnement dans lequel le retrait a lieu : température, humidité... [3]

Tous les matériaux ou éléments de construction fabriqués avec un mélange contenant du ciment et de l'eau sont sujets au phénomène de retrait. Ce retrait va affecter :

- les blocs agglomérés courants ou blocs de béton, très utilisés en maçonnerie ;
- le béton lui-même ;
- les enduits contenant du ciment. [2]

Le retrait d'une pièce contenant du ciment se produit dès avant la prise et se stabilise au bout de trois ans environ. [2]

Les spécialistes distinguent de nombreux types de retrait et notamment :

- le retrait de ressuage qui se manifeste peut après le coulage, avant la prise, lors de la remontée de l'eau de gâchage à la surface de la pièce et corrélativement le tassement de l'élément qui vient d'être coulé ;
- le retrait plastique ou retrait endogène qui accompagne l'évaporation de l'eau et qui doit être rattaché aux conditions hygrothermiques lors du coulage ;
- le retrait lié aux réactions chimiques qui se produisent lors de la prise du béton. Le béton s'échauffe puis se refroidit en se raccourcissant. il s'agit d'un retrait thermique ;
- le retrait hydraulique ou retrait de dessiccation qui se produit dans le temps, pendant et après le durcissement, avec l'assèchement définitif du béton. Ce retrait atteint son maximum au bout de trois ans environ. [2]

C'est donc une erreur de croire que le retrait du béton est achevé au bout de 28 jours ou n'affecte le béton qu'à son jeune âge. [2]

L'ordre de grandeur du retrait hydraulique affectant une pièce en béton de 1 mètre est de 0,3 mm dans les cas courants. Cela peut paraître très faible, mais il faut bien comprendre qu'une façade de 50 mètres, dépourvue de joints de dilatation, va se raccourcir de 15 mm, ce qui n'est pas négligeable. [2]

I-1-7-2-) Les déformations d'origines thermiques (retrait et dilatation) :

Le retrait de pièces en béton et des maçonneries contenant du ciment est abordé précédemment. Les éléments en terre cuite peuvent légèrement gonfler. Les déformations correspondantes sont inhérentes au comportement du matériau. À ces phénomènes se conjuguent les conséquences des variations de température qui règnent autour de l'ouvrage : un mur et un plancher vont s'allonger lorsque la température augmente et bien entendu se raccourcir par temps froid. Il est d'usage de parler de « dilatation thermique » ou de « rétraction thermique ». [2]

Le raccourcissement ou l'allongement d'un élément de construction, voire d'un plancher ou d'une façade, lors de variations de la température va, comme il a été dit plus haut à propos du retrait hydraulique, générer des contraintes à l'intérieur de la matière pouvant conduire à des fissurations (Fig. I.18. I.19). Les allongements ou raccourcissements d'origine thermique n'affectent pas uniformément la construction et, bien entendu, les planchers sont plus protégés que les façades. [2]

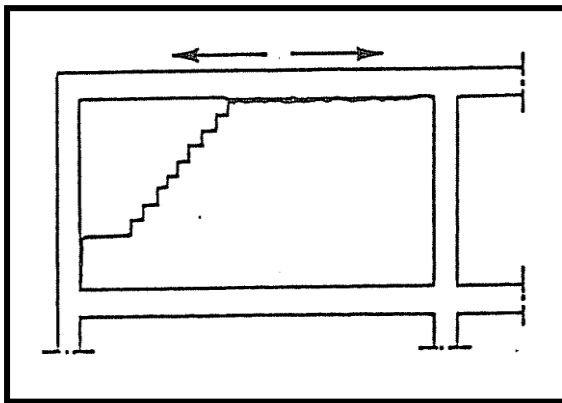


Figure I.18: Dilatation du plancher haut.

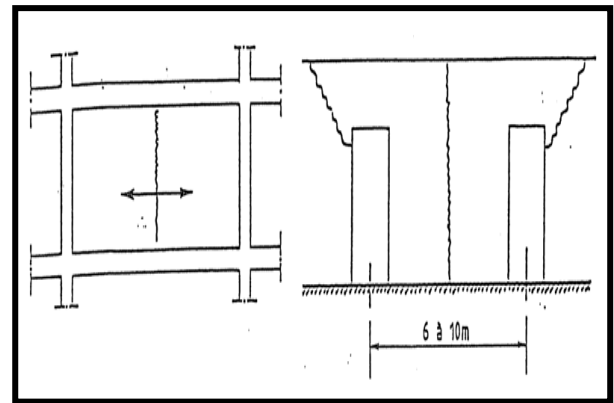


Figure I.19 : Retrait de la cloison.

Le coefficient de dilatation du béton est de l'ordre de $0,1.10^{-4}$ par degré, c'est-à-dire qu'un bâtiment de 50 mètres va s'allonger de 20 mm lors d'un échauffement de 40°C . [2]

Il est donc prévu de disposer des joints de dilatation (Fig. I.20) [12]

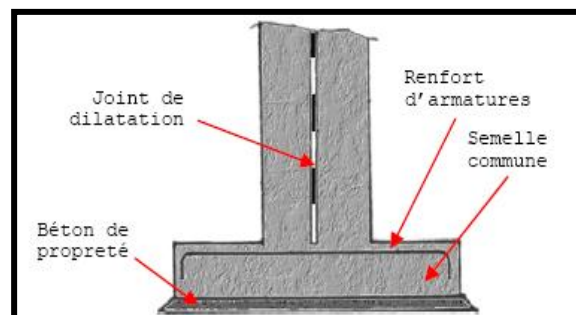


Figure I.20 : Joint de dilatation.

Un joint de dilatation sépare complètement les 2 ouvrages, hormis leurs fondations. Ce type de joint est, la plupart du temps, réalisé à l'aide de polystyrène. [12]

Dans sa publication « Dilatatievoegen in gebouwen », le Stichting Bouwresearch (NL) propose pour le calcul approché des mouvements dans les constructions à ossature en béton : [3]

$$\Delta v = \alpha \cdot L \cdot K \cdot \Delta t_{\text{eff}}$$

Δv = variation de la largeur du joint de dilatation ;

α = coefficient de dilatation linéaire ;

L = longueur effective ;

K = coefficient de réduction = 0,3 ;

Δt_{eff} = écart de température = 40°C. [3]

En utilisant comme coefficient de dilatation thermique α pour la maçonnerie 6.10^{-6} m/m.K, nous trouvons comme mouvement potentiel d'origine thermique : [3]

- Pour les façades de 32 m :

$$\Delta v = 6.10^{-6} \text{ m} \times 32 \times 0,3 \times 40 = 2.304. 10^{-6} \text{ soit } 2,3 \text{ mm.}$$

- Pour les façades de 48 m :

$$\Delta v = 6.10^{-6} \text{ m} \times 48 \times 0,3 \times 40 = 3.456. 10^{-6} \text{ soit } 3,45 \text{ mm.}$$

Le DTU 20.1 fixe la distance maximale entre deux joints de dilatation. Les valeurs suivantes ont été retenues : [2]

- Pour les maçonneries porteuses :

- 20 mètres dans les régions sèches ou forte opposition de température ;
- 35 mètres dans les régions tempérées.

- Pour les maçonneries non porteuses :

- 20 à 35 mètres dans les régions sèches ou forte opposition de température ;
- 30 à 35 mètres dans les régions tempérées.

Pour les ouvrages en béton armé, la distance entre les joints de dilatation devra varier entre 25 à 50 mètres, selon les régions. [2]

I-2-) L'ECLATEMENT DU BETON

I-2-1-) Présentation : [2]

La construction d'ouvrages en béton armé dont les parements ont été laissés bruts s'est largement répandue après la Seconde Guerre mondiale. Des bâtiments souvent prestigieux ont alors été construits ; les architectes comme les entrepreneurs voyaient dans le béton un matériau d'avenir éternellement résistant que l'on pouvait modeler à sa guise.

La fissuration paraissait pouvoir être raisonnablement maîtrisée. Le progrès technique a conduit à réaliser des structures plus légères, comportant des voiles minces d'avant-garde pour l'époque.

A l'usage, ces structures n'ont pas été anormalement affectées de fissures et ont souvent franchi sans dommages le cap de la garantie décennale. Mais avec le temps, certaines d'entre elles, et notamment les ouvrages situés en bord de mer ou construits avec des éléments minces, c'est-à-dire ceux dont les parois pouvaient être atteintes par des ions chlorures contenus dans les embruns ou dans les armatures étaient les plus faiblement enrobées, se sont détériorées. La peau du béton a éclaté en de nombreux endroits, des épaufrures sont apparues sans que le phénomène paraisse se stabiliser avec le temps.

Une nouvelle pathologie est apparue avec la corrosion des armatures les plus proches des parements : l'éclatement du béton.

Des ouvrages récents sont également touchés par cette pathologie.

I-2-2-) Description de la pathologie : [2]

L'apparition d'une discrète fissure précède la formation de l'éclat proprement dit. La corrosion de l'acier, alors moins bien protégé, s'accélère, un morceau de béton se détache de la façade, l'armature est visible.

L'observateur attentif constate l'expansion et le feuilletage de l'acier, témoins de sa corrosion (Fig. I.21. I.22). La formation d'éclats de béton s'accompagne parfois de couleurs rouille, disgracieuses à la surface de la façade.



Figure I.21 : Effondrement du béton d'enrobage avancé avec l'apparition des armatures très corrodées. [16]



Figure I.22 : Corrosion des amorces poteaux. [16]

Les éclats de béton peuvent se produire tant au droit d'aciers de faible diamètre qu'au droit de barres plus importantes. C'est la qualité du béton et la valeur de l'enrobage de l'armature qui conditionnent l'apparition d'un éclat dans un point plutôt qu'un autre.

I-2-3-) Description du mécanisme :

La corrosion des armatures est le problème de durabilité le plus fréquemment rencontré sur les structures en béton. A partir d'enquêtes menées à l'échelle européenne auprès d'administrations ou de gestionnaire d'ouvrages en béton (ponts et bâtiments) le projet Rehabcon a montré que la corrosion des armatures représente la source majeure de dégradation dans les structures en béton (Fig. I.23). [13]

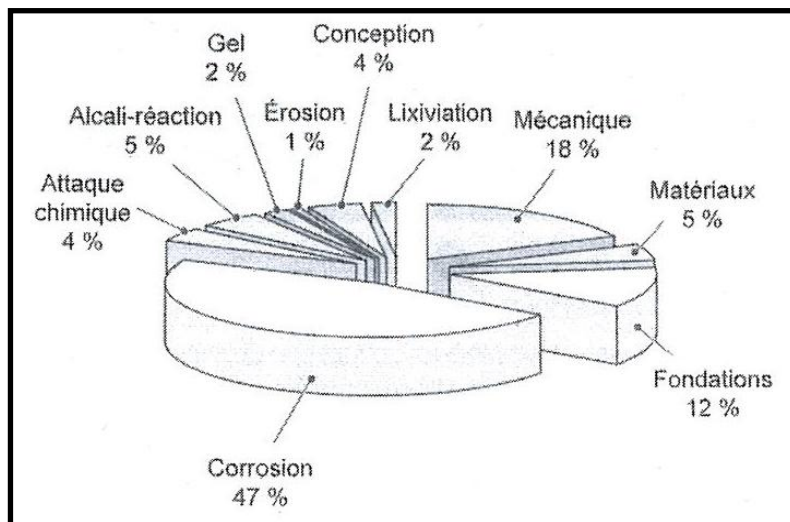
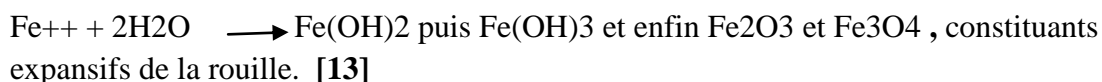
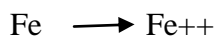


Figure I.23 : Origines des dégradations du béton

Le mécanisme est simple en apparence : les armatures se corrodent, augmentent de volume et font éclater le béton qui ne peut résister à une telle expansion. En réalité les phénomènes qui conduisent à cette corrosion sont très complexes. [2]

La corrosion qui s'amorce puis se développe est de nature électrochimique, des micropiles se forment au voisinage des points de corrosion, le fer se transforme perd des électrons qui réduisent l'oxygène présent en hydroxydes OH⁻ lesquels donnent naissance à des hydroxydes de fer ou rouille : Fe₂O₃ et Fe₃O₄.



Le développement de la corrosion des armatures peut provoquer par gonflement une poussée sur le béton d'enrobage (les oxydes de fer étant plus volumineux que l'acier, ils génèrent des contraintes internes dans le béton qui peuvent être supérieures à sa résistance en traction) et donc une altération de l'aspect extérieur de l'ouvrage (éclatements localisés, formations de fissures, formations d'épaufrures, apparitions en surface de traces de rouille et éventuellement mise à nu des armatures) entraînant une réduction de la section efficace de l'armature et de son adhérence au béton. [14]

La corrosion des armatures, ou plutôt, la poursuite de cette corrosion (car les aciers disposés dans le béton présentent en général une corrosion superficielle) peut se produire dans deux circonstances : [2]

- l'armature est insuffisamment protégée de l'environnement
- l'armature est soumise à un environnement agressif

Pourquoi le béton bloque-t-il en quelque sorte la corrosion des armatures intégrées au coulage ? Il convient d'expliquer ce qu'est la passivation de l'acier par le béton. [2]

Le béton frais est naturellement basique, son PH est voisin de 13. Une pellicule constituée d'oxyde de fer se forme au contact des armatures, sa formule chimique est la suivante : $Fe_2O_3 \cdot CaO$. L'acier est alors protégé « passivé » pour employer un terme plus technique, la corrosion est bloquée, l'armature peut remplir parfaitement son rôle : apporter de la résistance à l'ouvrage. [2]

Il faut donc que cette couche passivée soit déstabilisée ou percée pour que la corrosion ait lieu. [13]

Deux principaux phénomènes peuvent dans certaines conditions détruire cette protection et initier la corrosion des armatures en acier :

- la carbonatation du béton d'enrobage par l'adsorption du gaz carbonique contenu dans l'atmosphère ;
- la pénétration des ions chlorures, jusqu'au niveau des armatures. [14]

I-2-3-1-) La carbonatation :

La carbonatation du béton est due à la réaction du dioxyde de carbone (CO_2) de l'air avec les hydrates du ciment (portlandite et silicates de calcium hydratés), ce qui a pour effet de revenir au carbonate de calcium ($CaCO_3$) qui a servi à la fabrication du ciment. Le dioxyde de carbone (CO_2) pénètre dans le béton par sa porosité ou les fissures. Il se dissout ensuite dans l'eau interstitielle et réagit avec les hydrates du ciment :

- dissolution du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'eau (H_2O) pour former de l'acide carbonique (H_2CO_3) : $CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$
- l'acide carbonique réagit ensuite avec les hydrate du ciment :
 - avec la portlandite ($Ca(OH)_2$) pour former de la calcite ($CaCO_3$) :
 $H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2H_2O$
 - et avec les silicates de calcium hydraté (C-S-H) :
 $H_2CO_3 + CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O \longrightarrow CaCO_3 + SiO_2 \cdot nH_2O + H_2O$

Les réactions de carbonations ne sont pas nocives pour le béton. Ainsi la porosité du béton diminue et il n'y a aucun endommagement du matériau. [13]

L'effet « bouche-pores » causé par ces dépôts de ($CaCO_3$) ralentit la progression de la carbonatation. (Fig. I.24) [15]

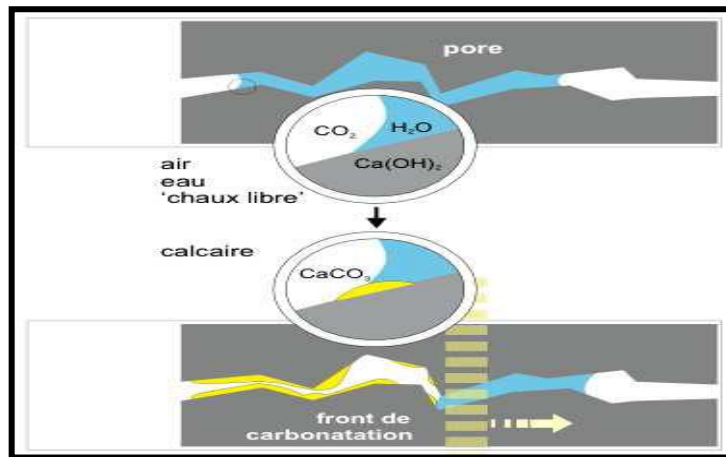


Figure I.24 : Mécanisme de carbonatation du béton. [15]

Mais en consommant des ions hydroxydes (OH), la carbonatation a pour conséquences de faire diminuer le pH de la solution interstitielle. celui ci peut décroître jusqu'à des valeurs voisines de 9. [13] Les essais et analyses effectués en laboratoire conduisent à écrire que lorsque le pH atteint 9 au voisinage d'une armature, la couche d'oxydes qui la protégeait initialement se dégrade, la corrosion peut se développer. [2]

La mesure du pH du béton est simple : un test à la phénolphthaléine sur une carotte prélevée dans l'ouvrage permet directement d'apprécier l'avancement de la carbonatation. [2]

La phénolphthaléine est un indicateur coloré virant au rose vif lorsque le pH est supérieur à 9. [15] (Fig. I.25)



Figure I.25 : Pulvérisation de phénolphthaléine sur béton. [15]

La carbonatation du béton ne peut être évité dès lors que ce matériau est en contact avec le gaz carbonique de l'air, c'est le cas des bétons de façade. les béton situés en milieu urbain pollué seront davantage sujets à cette pathologie que ceux situés en milieu rural. la profondeur de carbonatation atteindra 20 mm au bout de 20 ans pour un béton courant exposé aux intempéries, la carbonatation tend ensuite à se stabiliser. [2]

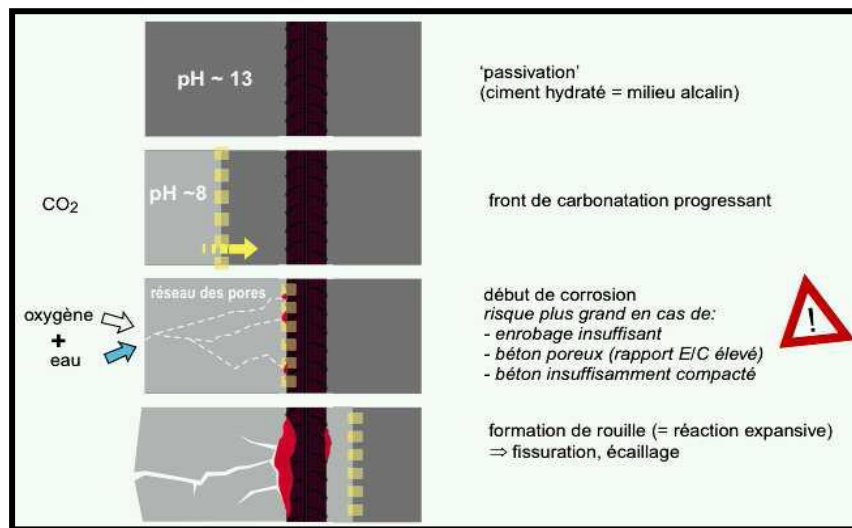


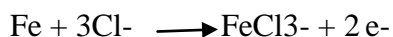
Figure I.26 : Étapes de la corrosion par carbonatation du béton d’enrobage. [15]

I-2-3-2-) Pénétration des chlorures :

La corrosion des armatures d’une façade peut également reprendre si des corps chimiques agressifs pénètrent dans le béton. C’est ainsi que les parois en contact avec du sel sont souvent affectés d’éclats de béton : ce peut être les silos de stockage des sels utilisés pour déneiger les routes ou les façades des bâtiments construits en bord de mer.

Les ions de chlorure Cl^- ont la particularité de provoquer la corrosion des armatures qui sont à leur contact. [2]

Il s’agit à nouveau d’une corrosion électrochimique, la couche d’oxyde qui protège l’armature est attaquée par le chlore, les chimistes proposent les équations suivantes : [2]



La réaction a lieu à condition que la quantité de chlorure sous forme libre – une partie de chlorures étant fixée par la matrice cimentaire – soit suffisante par rapport aux ions hydroxydes (OH^-), le critère généralement retenu donne le rapport critique suivant : [13]

$$\left(\frac{\text{ions chlorure}}{\text{ions hydroxyde}} \right) \frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]} \geq 0,6$$

Ce rapport correspond à une concentration en chlorure de l’ordre de 0,4 % de la masse de ciment (valeur critique retenue par la norme EN 206-1). Cette valeur critique est cependant variable et dépend notamment du type de ciment. [13]

Les ions chlorures peuvent pénétrer par diffusion ou migrer par capillarité à l’intérieur du béton, franchir la zone d’enrobage, atteindre les armatures, et provoquer des corrosions

d'abord ponctuelle (corrosion par piqûres) puis généralisée à toute la surface de l'acier. La vitesse de pénétration des chlorures dépend aussi de la porosité du béton. Elle décroît lorsque le rapport eau/ciment diminue. [16]

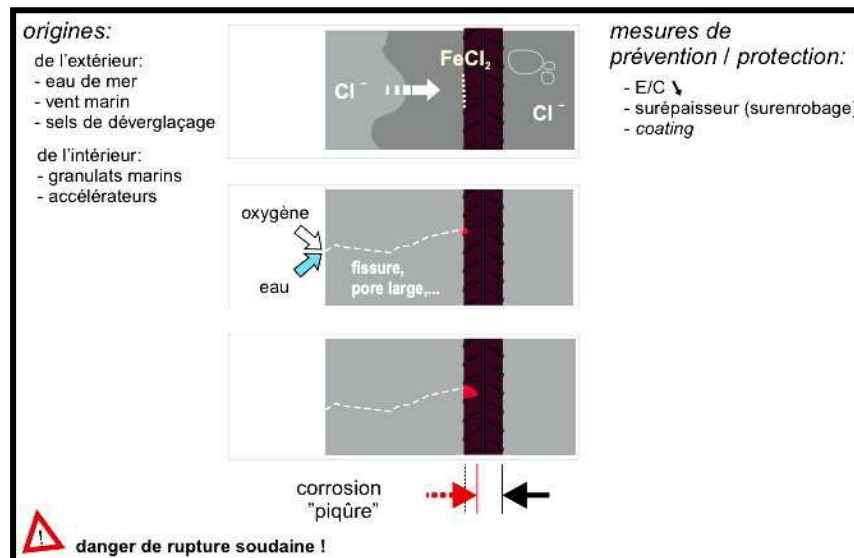


Figure I.27 : Étapes de la corrosion par pénétration des chlorures. [15]

Mais il faut savoir qu'il ya certaines chlorures qui provoque la corrosion et non pas tous les chlorures. (FIG. I.28) [17]

Substance	Degré de nocivité						Remarques générales	Littérature
	0	1	2	3	S	C		
Chlorure d'aluminium				■			Le chlorure d'aluminium sec est moins nocif.	[4-6]
Chlorure d'ammonium		■						[4, 6]
Chlorure de calcium		□					Vaut lorsque la pénétration d'humidité et le dessèchement du béton sont variables.	[4-6]
Chlorure de cuivre		■						[4, 6]
Chlorure de magnésium		■				■		[4, 6]
Chlorure de potassium		■				□	Favorise la corrosion s'il contient du chlorure de magnésium.	[4-6]
Chlorure de sodium		□					Vaut lorsque la pénétration d'humidité et le dessèchement du béton sont variables.	[4-6]
Chlorure de strontium		■						[4, 6]
Chlorure de zinc		■						[4, 6]
Chlorure ferreux et chlorure ferrique		■						[4, 5]
Chlorure mercurique (calomel)		■						[4, 6]
Chlorure mercurique (sublimé corrosif)		■						[4, 6]

0 inoffensif 1 légèrement agressif 2 agressif 3 fortement agressif
 S le béton ne résistant pas aux sulfates est attaqué C corrosion de l'acier favorisée ■ effet prévisible □ effet dépendant fortement des conditions

Figure I.28 : les divers mécanismes par lesquels les chlorures causent des dégâts au béton.

I-2-4-) Prévention de la formation d'éclats de béton :

La prévention passe par l'appréciation de l'enrobage des armatures, la qualité du béton mis en œuvre et, dans certaines circonstances conduit à l'emploi d'armatures ne pouvant pas se corroder.

Le gaz carbonique comme l'eau, pénétrera plus facilement dans un béton poreux. Tous les facteurs qui peuvent concourir à l'amélioration de la compacité du béton retarderont la carbonatation : fort dosage en ciment, utilisation d'un ciment performant, optimisation du dosage en eau, hydrofugation de la façade, ajout de fumées de silice dans le béton à la fabrication. les BHP se comporteront mieux que les bétons ordinaires. [2]

L'augmentation de la compacité est obtenue en particulier en réduisant le rapport E/C. Ce rapport conditionne la perméabilité du béton donc l'interconnexion du réseau poreux et par conséquent, la vitesse ainsi que la possibilité de diffusion des gaz et des ions dans le béton. [14]

En pratique, bien enrober les armatures reste fondamental. les règles BAEL prescrivent les enrobages suivants :

- 5 cm pour les ouvrages situés en bord de la mer, soumis aux embruns ou à des atmosphères très agressives.
- 3 cm pour les parois non coffrées soumises à des atmosphères agressives.
- 2 cm pour les parois exposées aux intempéries. [2]

Il est également possible d'utiliser des inhibiteurs de corrosion à titre préventif : ce sont des adjuvants incorporés lors de la fabrication du béton, des produits pulvérisés en fin de chantier, à base de silane ou de monofluorophosphate de sodium. Des fabricants proposent aussi d'incorporer dans le béton des anodes sacrificielles raccordées aux armatures, afin de prévenir leur corrosion. [2]

Toutefois, des défauts d'enrobage, des bétons mal vibrés et de ce fait trop poreux, ou des milieux très agressifs, risquent de conduire à une dégradation prématurée de l'armature en acier. [14]

I-3-) LA DETERIORATION DE L'ENDUIT

I-3-1-) Définitions :

Les enduits aux mortiers de liants hydrauliques sont utilisés aussi bien pour les travaux neufs que pour la réfection de façades. Les enduits remplissent plusieurs rôles :

- un rôle de protection du gros œuvre contre les intempéries ;
- un rôle d'imperméabilisation, tout en laissant « respirer » le support ;
- un rôle esthétique (aspect et couleur).

Les enduits habillent le gros œuvre en le protégeant. Ils constituent la finition extérieure visible de la construction. [18]

On distingue :

- les enduits traditionnels qui s'appliquent en deux ou trois couches, généralement par projection manuelle du mortier traditionnel, avec délai de durcissement entre chaque couche ;
- les enduits monocouches, à base de mortier prêts au mouillage, ils s'appliquent à l'aide d'un matériel de projection, en une ou deux passes consécutives sans délai de durcissement. [7]

Les enduits traditionnels aux mortiers hydrauliques comprennent trois couches :

- Couche d'accrochage dite « gobetis » fortement dosé » en ciment et d'épaisseur faible < 5 mm
- Une deuxième couche formant le corps d'enduit, l'épaisseur minimale doit être de 10 mm sur la surface du support
- Une troisième couche appelée couche de finition, son épaisseur doit être de l'ordre de 5 à 7 mm. (Fig. I.29) [7]

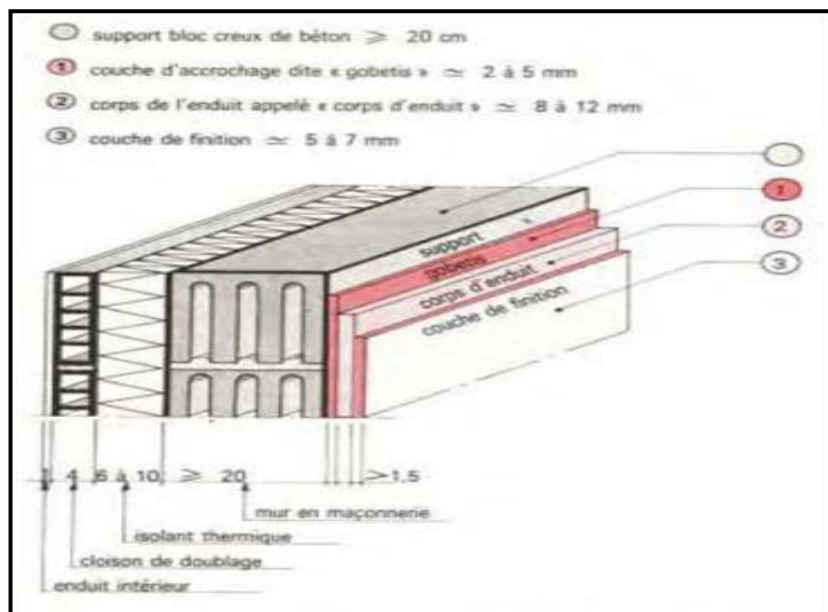


Figure I.29: Couches d'un enduit traditionnel au mortier hydraulique.

I-3-2-) Les désordres :

La plus part des dommages rencontrés sont liés à l'aspect et n'ont pas d'incidence sur la qualité et la durabilité de l'enduit. D'autre, par contre, affectent l'imperméabilité de la paroi. [11]

I-3-2-1-) Les désordre affectant l'aspect :

- le nuançage : désigne des variations de couleur ou d'aspect de l'enduit.il résulte de l'irrégularité de préparation de l'enduit (dosage et malaxage) ou de l'application (reprise, épaisseur, uniformité du talochage...). [11] (Fig. I.30)



Figure I.30 : La teinte de l'enduit de cette maison est particulièrement soutenue.

la couleur n'est pas homogène. L'enduit paraît plus sombre sur les joints
de maçonnerie en pignon et les linteaux en façade. [2]

- les spectres : le terme de « spectre » s'emploie lorsque la maçonnerie est visible comme par transparence sous l'enduit de façade. C'est par exemple le cas lorsque les joints entre les blocs se dessinent, que les parties en béton se distinguent des maçonneries. Ils résultent du différentiel existant dans la prise ou la vitesse de prise de l'enduit entre les joints des maçonneries et la surface courante. [11] Les spectres peuvent être visible en permanence ou au contraire se révéler après une période de pluie. [2] (Fig. I.31)

- le faïençage : est particulièrement inesthétique, c'est une microfissuration en forme de résille qui affecte la surface de l'enduit. [11] (Fig. I.32)



Figure I.31 : Des fissures se sont ouvertes le long des joints de cette maçonnerie, la pluie stagne dans les fissure et permet le développement de lichens. [2]



Figure I.32 : Fissuration de type faïençage caractéristique. [2]

- les mousses et salissures : sont dues au développement de micro-organismes sur des zones humides ou à des dépôts de salissures urbaines. [11] (Fig. I.33)



Figure I.33 : Salissures d'un enduit d'un enduit de façade par la pluie qui contient un micro-organisme. [2]

I-3-2-2-) Les désordres affectant la durabilité :

- la fissuration : la résistance en traction d'un enduit reste modeste. [2] Sa fissuration est due au comportement du support (angles de baies, au droit des planchers, joints mal bourrés ou trop épais...) mais également au retrait de l'enduit lié aux conditions d'application (excès d'eau, humidification insuffisante du support, temps sec, venté, chaud, variations d'épaisseur...).[11]

La fissuration d'un enduit ou d'un revêtement pourra avoir aussi des conséquences sur l'étanchéité de la façade. Il est en général aisé de distinguer les fissures qui résultent du mauvais comportement des enduits, des fissures consécutives à la fissuration de support, les premières partent en étoiles et forment un maillage, les deuxièmes suivent la fissuration du support et marquent les contours des matériaux qui le constituent. [2]

- le décollement : il s'agit d'une pathologie spectaculaire qui peut prendre plusieurs formes :

- l'enduit se détache de son support ;
- les couches d'enduit se dissocient. [11]

Se désordre est consécutif à une mauvaise préparation du support (support farineux ou trop lisse, présence de poussières, humidification insuffisante, support gorgé d'eau, absence de couche d'accrochage...). [11], ainsi lorsque des infiltrations d'eau se produisent à l'arrière de l'enduit (dans le cas de fuites en toiture ou en terrasse) aussi si l'enduit est le siège de remonté d'humidité. [2] (Fig. I.34)



Figure I.34 : L'enduit de façade, projeté sans précautions sur un support lisse se détache. [2]

- les pénétrations d'eau par porosité sont rares en l'absence de fissures. Elles sont dues à des épaisseurs insuffisantes d'enduit. [11] En pratique lorsqu'un enduit de façade se révèle anormalement poreux, c'est le plus souvent à la suite d'un défaut flagrant de mise en œuvre. [2] (Fig. I.35)



Figure I.35 : Un test d'arrosage a été effectué sur cette façade moderne afin d'apprécier la porosité de l'enduit. [2]

- le brulage (ou grillage) est due à une dessiccation prématurée de l'enduit par absorption d'eau par le support ou du fait des conditions atmosphériques (temps chaud, vent sec). [11] (Fig. I.36)



Figure I.36 : La couche de finition de cet enduit traditionnel a grillé au soleil. [2]

I-4-) LES INFILTRATIONS D'EAU

I-4-1-) Introduction : [11]

Les infiltrations d'eau provoquent un gonflement des enduits, plaques de plâtre, isolant et plinthes, l'éclatement des peintures, la dégradation des papiers peints et l'apparition des moisissures.

Des désordres peuvent aussi apparaître sur tous les ouvrages sensibles à l'eau proche des fenêtres, comme les prises électriques, isolant acoustique sous parquet, etc....

La pathologie peut toucher tous les types de menuiseries en bois, en métal ou en PVC.

Elle est largement influencée par les conditions climatiques du site et l'exposition du bâtiment (la façade reçoit plus ou moins d'eau accompagnée de vent), ainsi que par la hauteur de la baie au-dessus du sol (le vent soufflant plus fort quand on s'élève).

I-4-2-) L'eau de la pluie :

L'eau peut venir de l'extérieur. Elle peut s'infiltrer par un toit ou par un mur de façade défectueux. [19]

Une des caractéristiques des indices ou taches d'humidité dues à des infiltrations est qu'elles apparaissent plus fortement peu de temps après la pluie. Par contre la tache peut se manifester plus loin, l'eau peut voyager dans le mur. [19]

Ces infiltrations peuvent se produire à cause des problèmes de toiture ou des murs exposés à la pluie. (Fig. I.37)

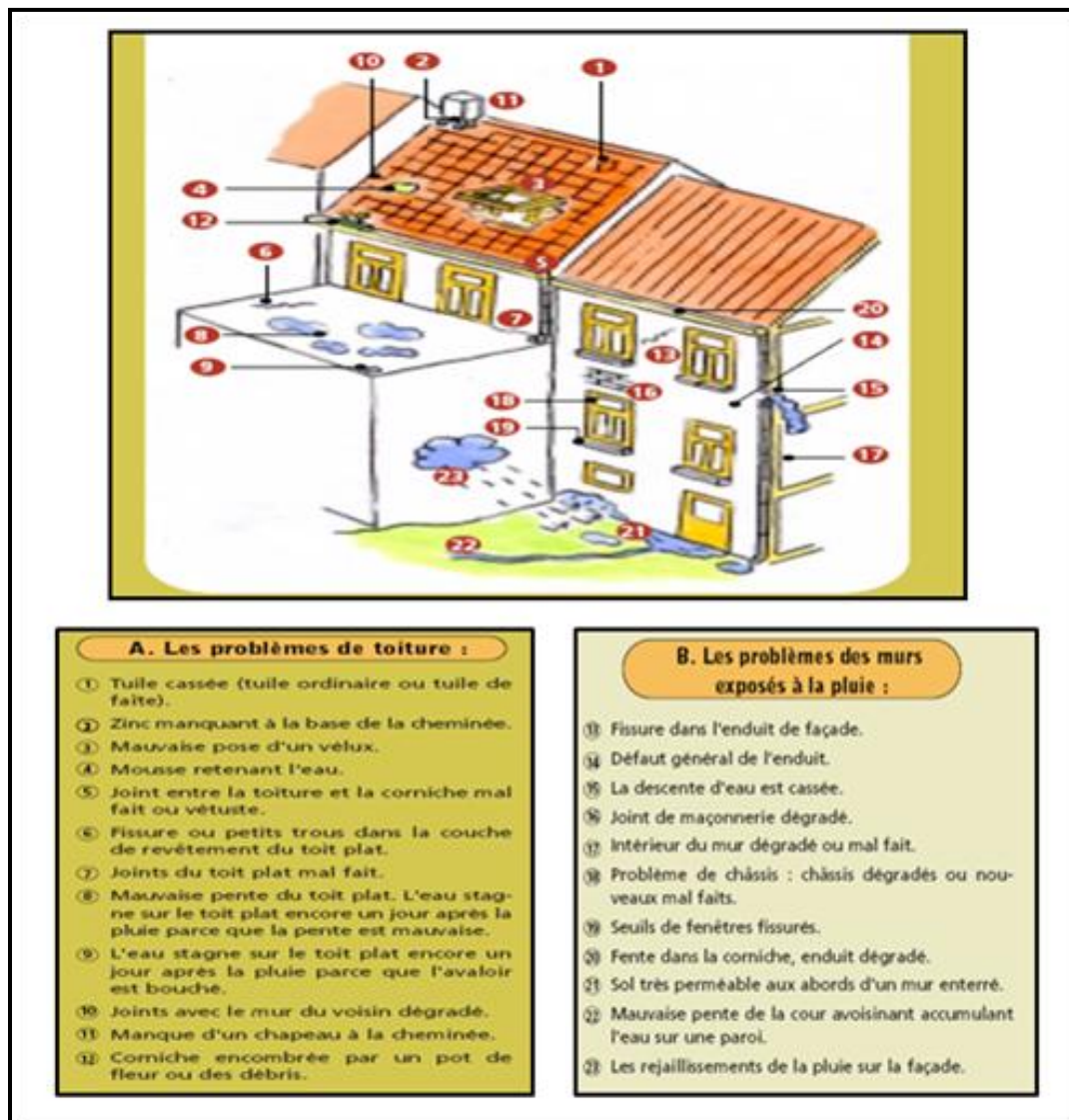


Figure I.37 : Les points d'infiltrations d'eau dans une construction. [19]

I-4-2-1-) Problèmes de toiture-terrasse :

Une toiture-terrasse est le dernier plancher d'un bâtiment qui sert à la constitution du toit. La pente n'excède pas 15 % d'une construction et varie généralement de 0 à 3 % suivant le système d'étanchéité retenu. [20]

Les Sinistres sont fréquents au niveau de l'étanchéité [20], les plus rencontrés sont :

- Joint du toit plat mal fait ;
- Mauvaise pente du toit plat (l'eau stagne) ;
- Avaloire bouché ;
- Joint avec le mur de voisin dégradé ;
- Etanchéité mal exécutée.

I-4-2-2-) Problèmes de mur de façade :

Les façades en briques apparentes, notamment les plus anciennes, sont à l'origine de nombreux sinistres liés aux infiltrations d'eau. Dans les constructions anciennes, l'étanchéité était réputée acquise par la seule épaisseur du mur en brique. En réalité, en raison de la relative porosité de la brique, les murs réalisés à partir de ce matériau sont sensibles à la durée » d'exposition aux eaux de pluie. [11] Les défauts les plus rencontrés sont :

- Problème de châssis ;
- Défaut générale de l'enduit ;
- Fissure de l'enduit de façade ;
- Descente d'eau cassée.

I-4-2-3-) Signes de la pathologie :

Les signes de pathologie causés par les infiltrations d'eau sont divers, odeurs de moisissures, papier peint qui se décolle, gonflement de bois, fissures dans un enduit ou dans des briques, mousses, lichens de couleur verte... [19] (Fig. I.38. I.39. I.40)



Figure I.38 : Auréole jaune brune ou verdâtre, bords arrondis. [19]



Figure I.39 : Dégradation de la peinture d'un mur intérieur. Gonflement et chute par écailles. [19]



Figure I.40 : Série de petites taches noires, verdâtres ou brunes. [19]

I-4-3-) Eau provenant du sol :

On distingue trois types d'eaux provenant du sol :

- a) eau de ruissellement : qui sont généralement les eaux qui courent sur le sol ou sur la surface des alentours de la construction. Ce ruissellement d'eau est très courant surtout dans les terrains comportant des couches superficielles imperméables (argiles, argile sableuse ...)
- b) eau d'infiltration : très représentées par les eaux qui se trouvent au niveau du sol de fondations, ainsi que par d'éventuelle existence d'une nappe phréatique (nappe d'eau souterraine) juste en dessous des parties enterrées de la construction.
- c) eau accidentelle : provenant par exemple de canalisations mal exécutées ou non étanches, ainsi d'autres fuites d'eau dans le sol de fondation. (Fig. I.41) [21]

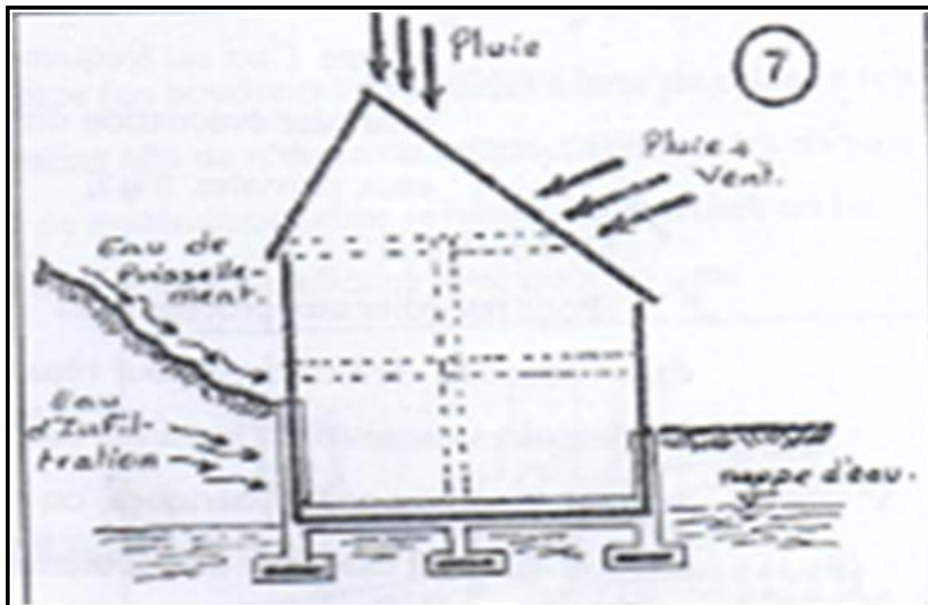


Figure I.41 : Les eaux provenant du sol.

La manifestation de cette pathologie est caractéristique : humidité dans le bas du mur, à hauteur relativement constante. Elle peut être accompagnée de taches sur le plancher même. Elle se manifeste dans tous les murs de cet étage et n'augmente pas après la pluie. [19] (Fig. I.42)

I-4-4-) Le danger constructif :

La plupart des matériaux de construction ne supporte pas d'être gorgé d'eau ; le plâtre s'émiette et tombe, le papier peint se décolle, la peinture s'écaille, le bois pourrit, le métal rouille...

Les qualités essentielles de résistance, de solidité d'éléments porteurs en sont diminuées. Imaginez votre charpente de toiture imbibée d'eau, elle commencera à plier... [19]



Figure I.42 : La tache est foncée et persistante et se trouve tout le long d'un mur de cave ou de rez-de-chaussée sans cave. [19]

Conclusion :

Les pathologies de bâtiments sont multiples, il ya ceux qui affectent la durabilité de l'ouvrage et d'autres qui n'affectent que sont aspect. Il faut prendre en considérations tout les facteurs qui sont à l'origine de ces désordres et sa dès la conception de l'ouvrage jusqu'à l'achèvement des travaux.

CHAPITRE 2

Diagnostic des désordres survenus

INTRODUCTION

Le comportement d'un ingénieur en bâtiment avec un ouvrage touché par des pathologies ressemble à celui d'un médecin avec un patient présentant des symptômes d'une maladie, le travail sera devisé en quatre étapes :

- étape d'étude de cas avec une description précise du désordre et faire les tests nécessaires
- étape de diagnostic et essayer de déterminer les causes
- étape d'évaluation de la situation et le jugement sur la sécurité de l'ouvrage
- étape de détermination du traitement afin que l'ouvrage récupère sa santé et remplit sa fonction d'une manière efficace. [1]

II-1-) DIAGNOSTIC, ROLE ET PROCESSUS :

Le principe du diagnostic visuel est d'aller sur site et d'analyser chaque élément de la structure en détail. Le diagnostic visuel doit permettre de :

- Localiser les désordres afin de pouvoir déterminer son origine et ainsi agir à la source du problème ;
- Qualifier les désordres, car chaque type à une origine et des conséquences particulières ;
- Quantifier les désordres, car selon son ampleur des méthodes de réparation plus ou moins lourdes seront à envisager. [22]

Le manque d'information est un problème fondamental dans la difficulté du processus du diagnostic, et cela revient au non enregistrement de ces informations en premier temps, ensuite au non conservation dans les registres particulier de l'ouvrage après l'achèvement des travaux de réalisation. [1]

Les outils indispensables pour mener à bien une inspection visuelle sont les suivants :

- Un appareil photo ;
- Un mètre ;
- Un fissuromètre ;
- Le nécessaire pour prendre des notes.

L'analyse de notre cas vise principalement les étapes suivantes :

- Une description détaillée de l'ouvrage
- Collection des désordres constatés ;
- Analyse détaillée des désordres constatés ;
- Causes des dégradations ;
- Solution technique de réparation et de prévention.

II-2-) DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :

Le bloc de biologie et agronomie objet de cette étude, se trouve dans le pôle universitaire de la ville de M'sila, le bloc a été construit en 2006, il occupe une superficie approximative de 4080 m², ses façades sont représentées dans les photos suivantes :



Photo II.1 : Façade Sud.



Photo II.2 : Façade Nord.



Photo II.3 : Façade Est.

L'ouvrage est composé de 15 blocs séparés par des joints dont : 6 joints de ruptures, 3 joints de dilatation, 6 joint sismiques. (Fig. II.43)

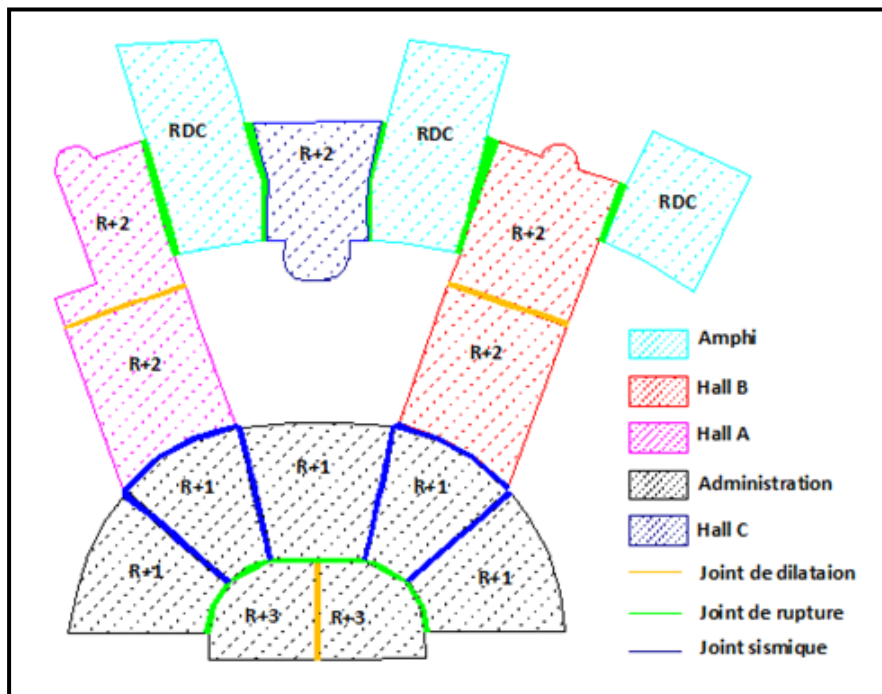


Figure II.43 : Schéma représentant les blocs et joints.

L'ossature est en poteaux – poutres en béton armée, les planchers sont en corps creux de 20+05 avec des poutrelles en béton armée, des voiles de contreventements d'épaisseur de 20

cm. Les fondations sont des semelles isolées avec une semelle filante pour les voiles de contreventements.

Les plans architecturaux du bloc sont représentés dans les figures suivantes :

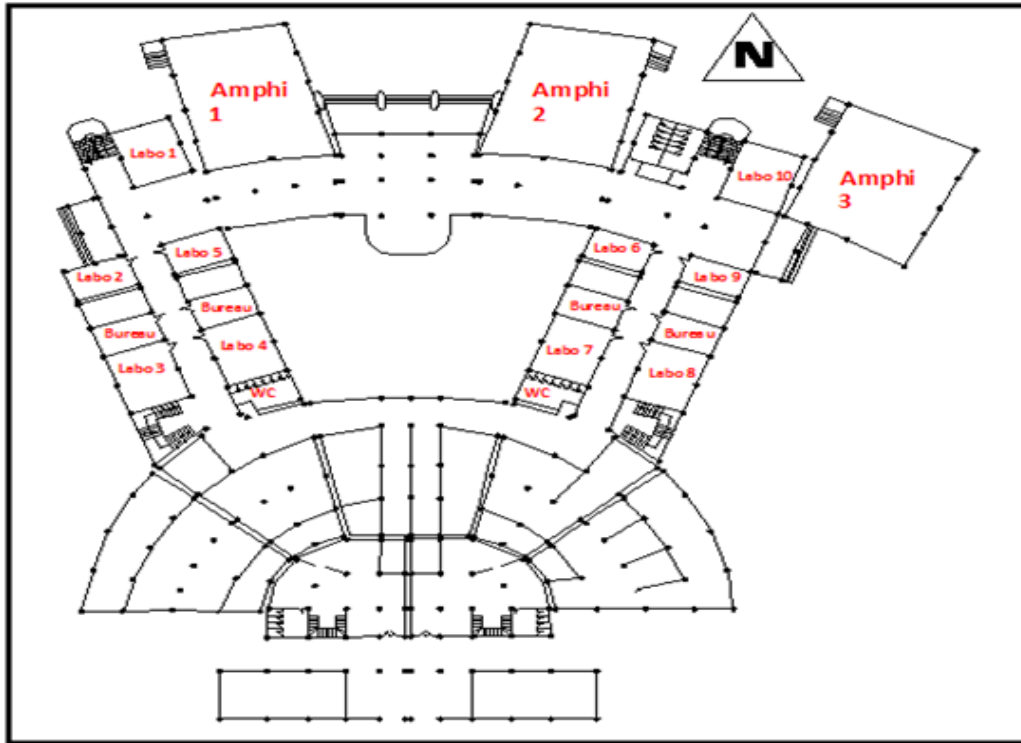


Figure II.44 : Plan du Rez-de-chaussée

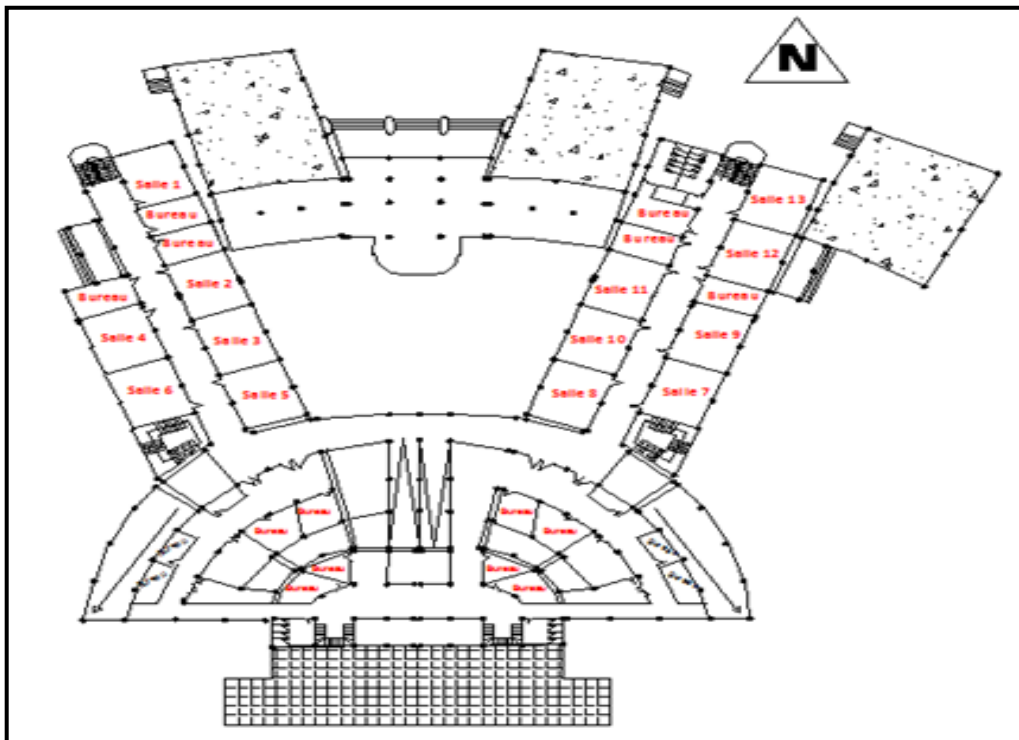


Figure II.45 : Plan du 1^{er} étage.

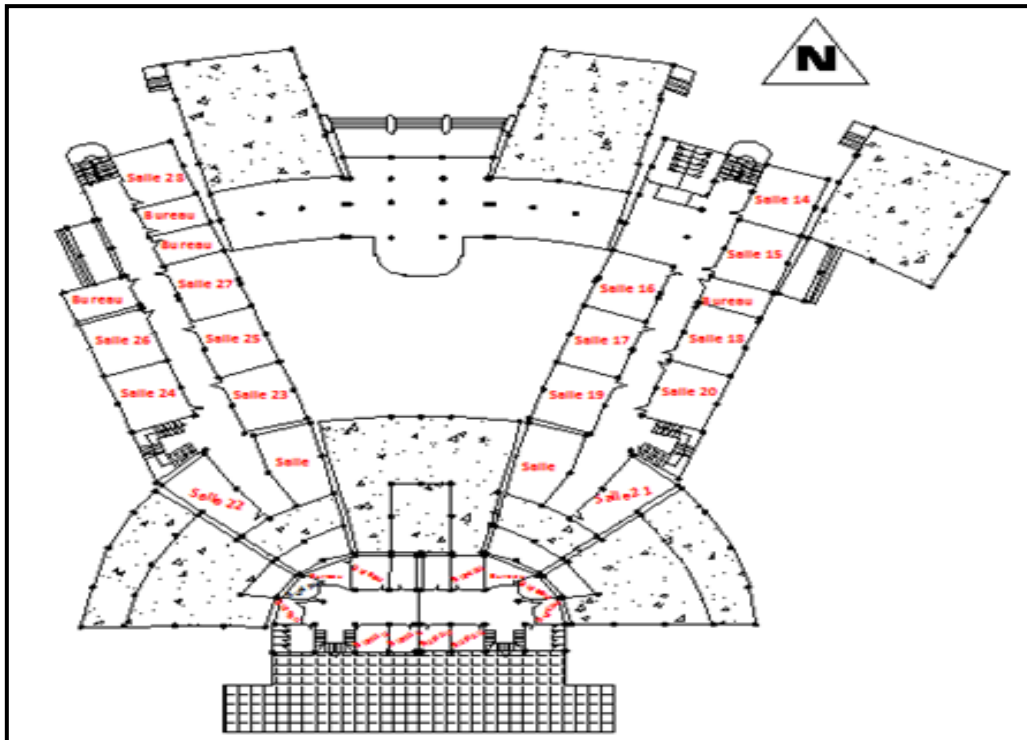


Figure II.46 : Plan du 2ème étage.

II-3-) SITE D'IMPLANTATION:

Le site où l'ouvrage à étudier est implanter, présente une topographie régulière caractérisée par un terrain plat, stable, sauf dans le coté nord à la périphérie de l'amphi 3 il y a une pente. (Photo. II.4)



Photo II.4 : Présence d'une pente.

D'autres blocs se trouvent dans ce site et qui entourent notre bloc à diagnostiquer :

- du coté ouest : le département de MI ;
- coté sud : le département de SM, le département de GTU, la bibliothèque ;
- coté est : la route national n° 45 ;
- coté nord et nord-est : une couche d'arbres. (Photo. II.5)



Photo II.5 : L'emplacement de l'ouvrage.

Les 4 façades du bloc sont exposées aux intempéries (soleil, pluie, neige, vent) à l'exception de la façade nord qui est à l'abri du soleil.

II-4-) SOL DE FONDATION :

D'après des études géotechniques de sols de certains sites qui se trouvent dans le pole universitaire de M'sila, on cite les points suivants :

- la lithologie des sols rencontrés est homogène dont on retient par ordre décroissant de prédominance, sous un manteau formé tantôt Argile graveleuse brune, tantôt de terre végétale, tantôt de remblai, une argile marneuse à limoneuse et un Sable graveleux gypsifère renfermant des galets et des cailloux ; avec les caractéristiques géotechniques suivantes :

Tableau II.1 : Caractéristiques géotechniques du sable graveleux, argile limoneuse et marneuse.

sol	γ t/m ³	Cu/bar	Φ	e°	σ /bar	Cc%	Cg%	Wn%
Sable graveleux	2,05	0,08	22	0,5	2,5	0,05	0	19
Argile limoneuse	2,06	0,47	8	0,6	1,89	19,8	3	17,5
Argile marneuse	2,07	0,56	13	0,55	1,82	17,5	3	20,5

- le sable graveleux est un sol grenu peu plastique et l'argile limoneuse à marneuse se range dans la catégorie des sols fins cohérents peu à très plastiques, ce qui confère à cette dernière une très bonne consistance, ainsi celle-ci peut être qualifiée de sol moyennement à assez fortement compressible et non gonflant ;
- les charges transmises par la fondation seront toutefois supportées par une bicouche formée tantôt par un sable graveleux gypsifère renfermant des galets et des cailloux reposant sur une argile limoneuse gypsifère très consistante, tantôt par une argile limoneuse gypsifère très consistante rougeâtre reposant sur une argile marneuse gypsifère à matrice sableuse ;
- sous la fondation, quelque soit la bicouche qu'il la supportera, y régnera la même contrainte admissible de 2 bars avec des tassements induits admissibles ;
- une présence notable de sulfates, ce qui confère au sol un caractère très agressif vis-à-vis des bétons de fondation.

II-5-) DESORDRES CONSTATES :

L'examen des parties visibles et accessibles de l'ouvrage a révélé les désordres importants suivants :

- à l'extérieur :
 - détérioration de l'enduit des façades ;
 - l'apparition de fissures horizontales dans les murs et diagonales les baies.
- à l'intérieur :
 - fissures diagonales, horizontales et verticales dans certaines cloisons de séparation ;
 - fissures diagonales au niveau des angles des portes et fenêtres ;
 - traces d'infiltrations des eaux pluviales à travers les appuis de fenêtres et la terrasse ;

Les dégâts plus graves sont illustrés dans les photos et tableaux qui suivent, tandis que ceux qui restent seront reportés dans l'annexe.

II-5-1-) Désordres apparus à l'extérieur (dans les façades) :

Ces désordres sont représentés dans les photos suivantes :

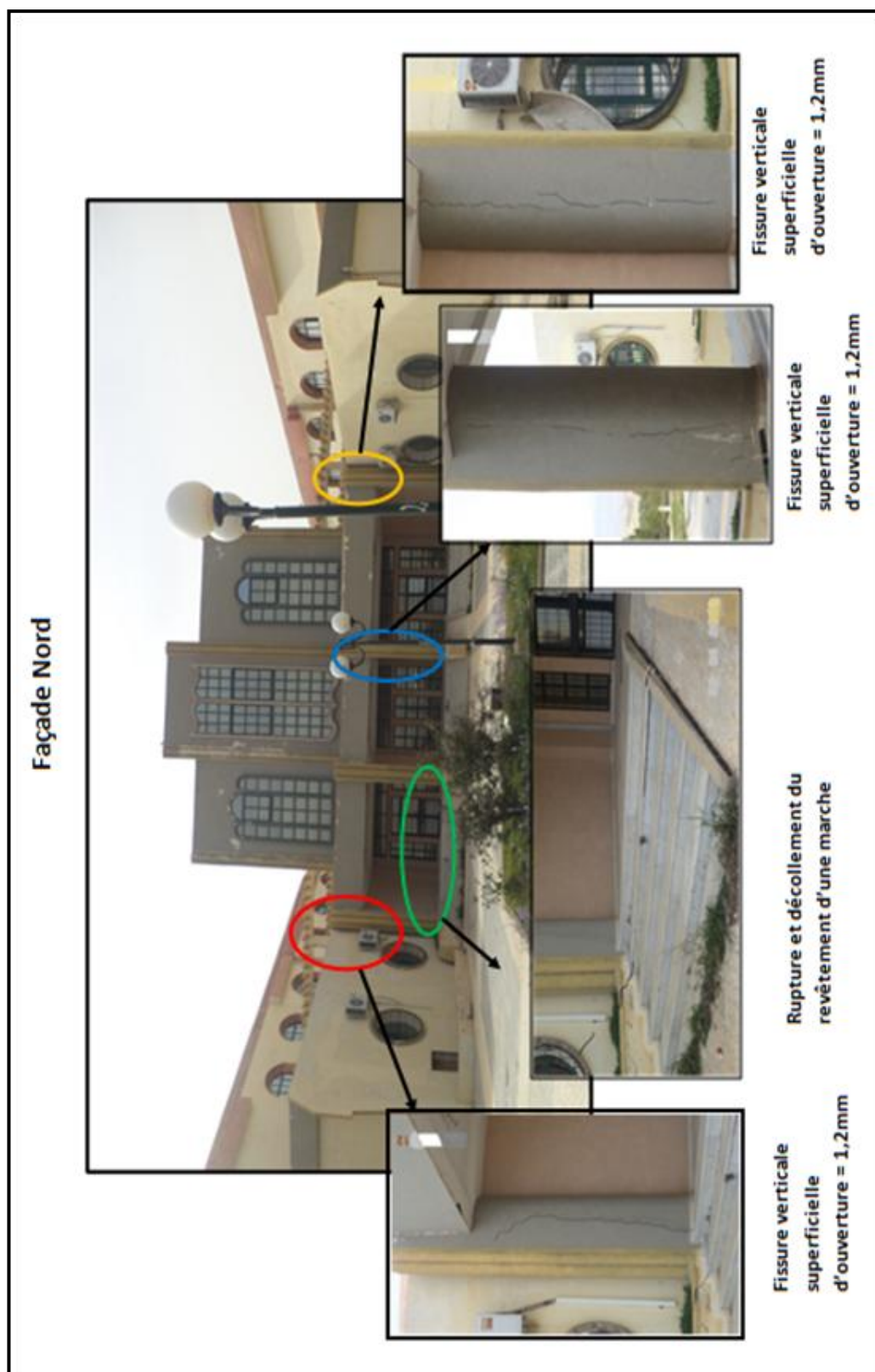


Photo II.6 : Désordres observés dans la façade Nord.

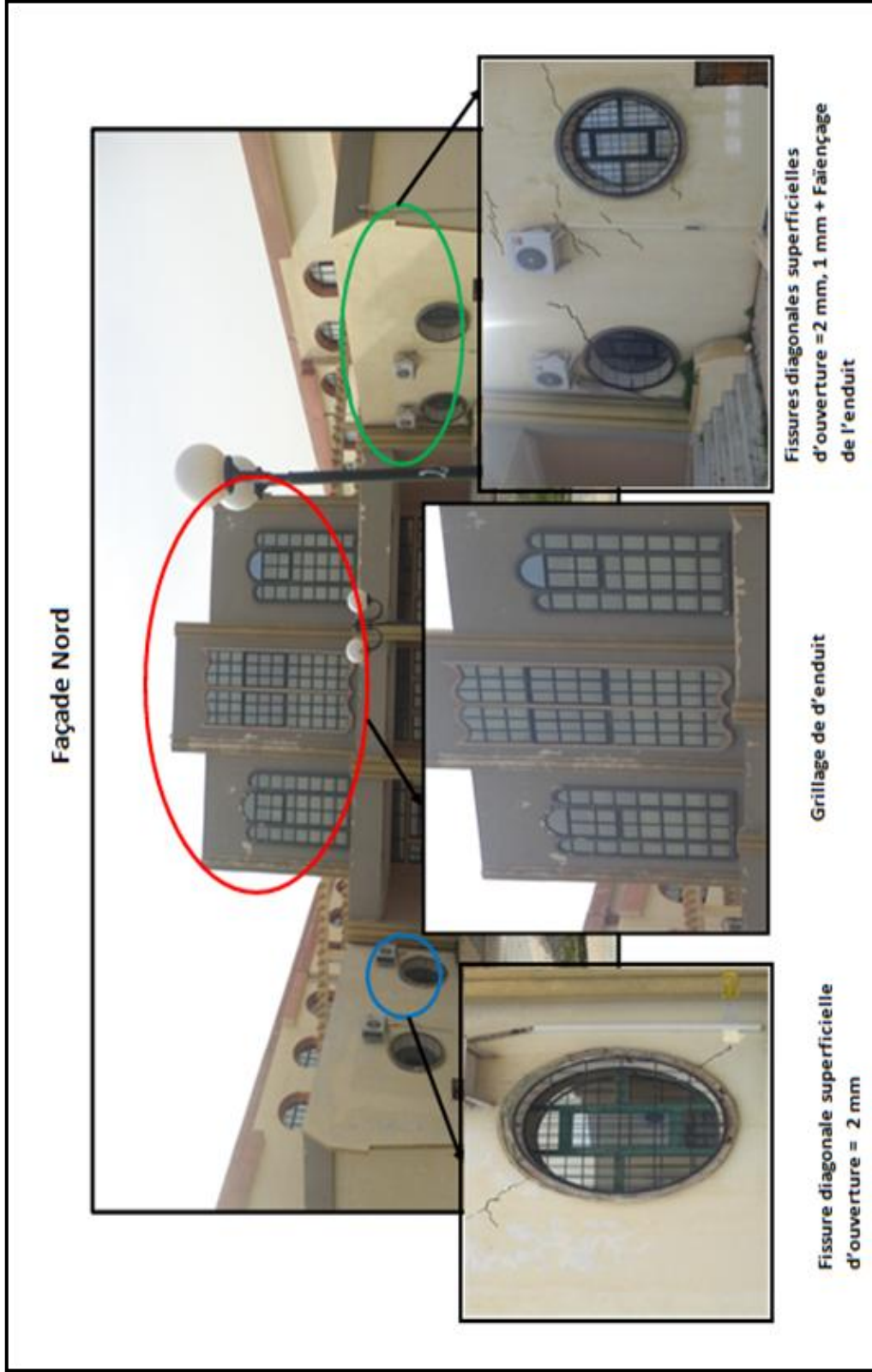


Photo II.7 : Désordres observés dans la façade Nord.

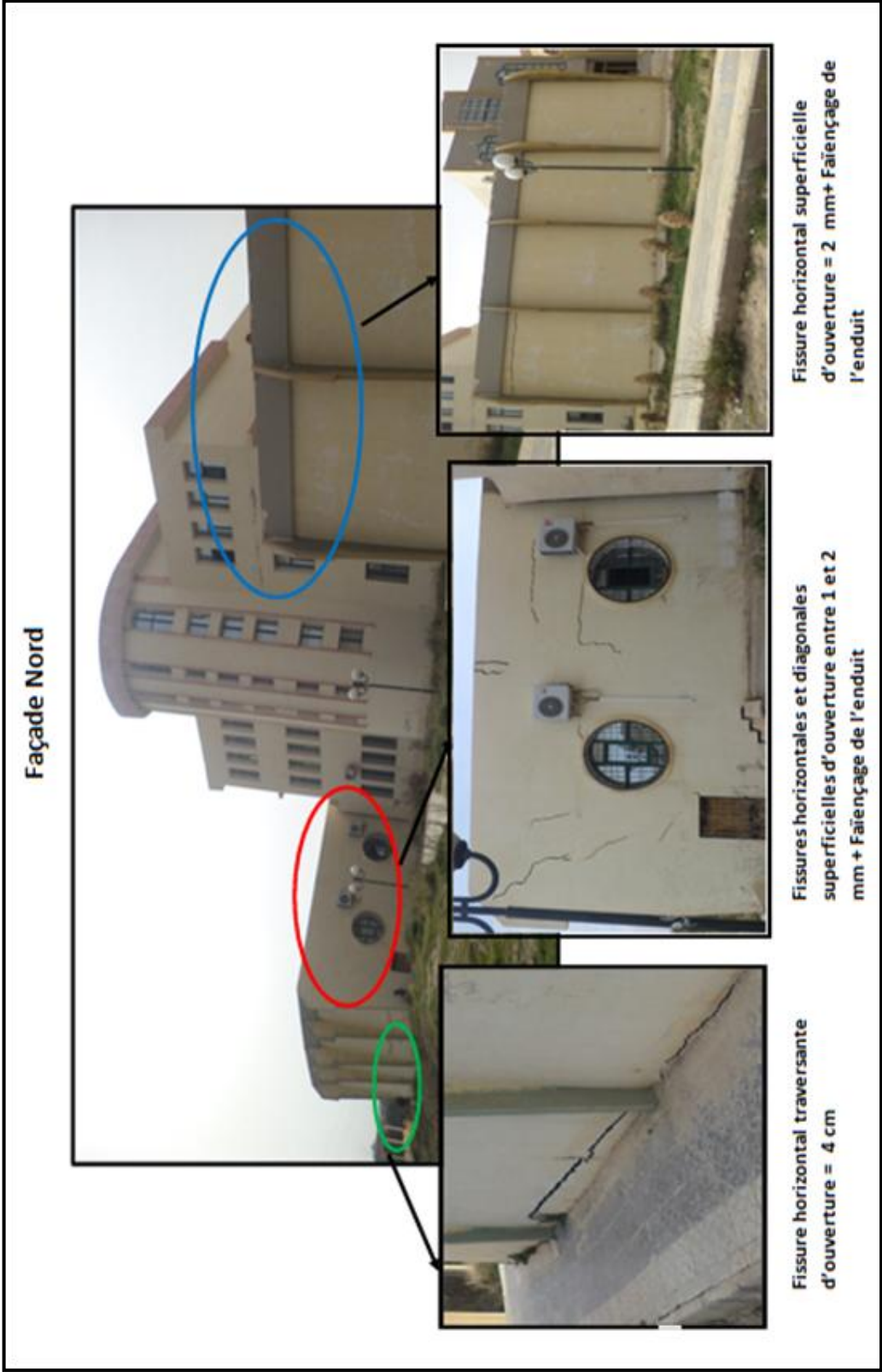


Photo II. 8 : Désordres observés dans la façade Nord.



Photo II.9 : Désordres observés dans la façade Nord.



Photo II.10 : Désordres observés dans la façade Nord.



Photo II.11 : Désordres observés dans la façade Est (la cour).

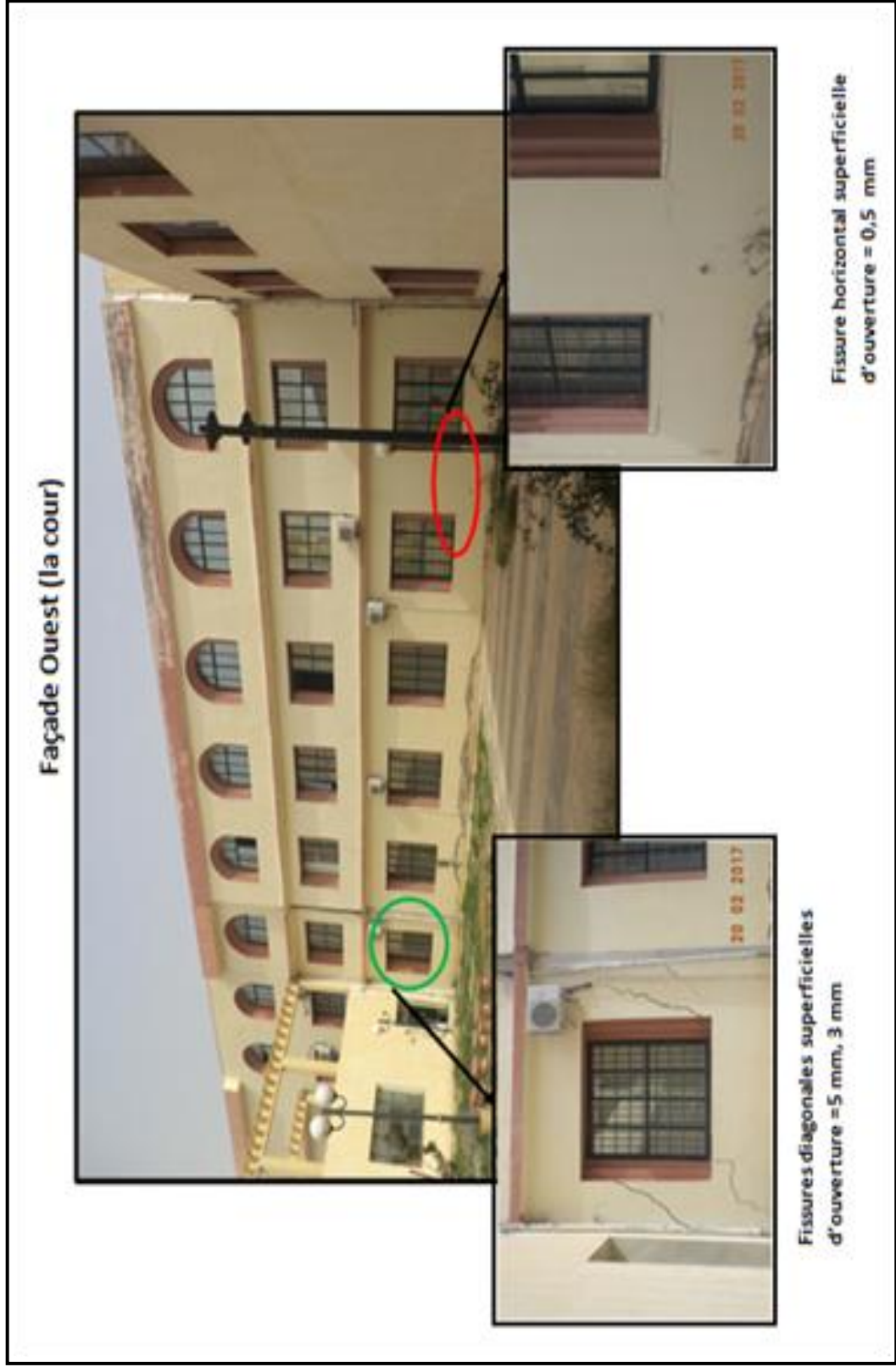


Photo II.12 : Désordres observés dans la façade Ouest (la cour).



Photo II.1.3 : Désordres observés dans la façade Sud.



Photo II.1.14 : Désordres observés dans la façade Est.

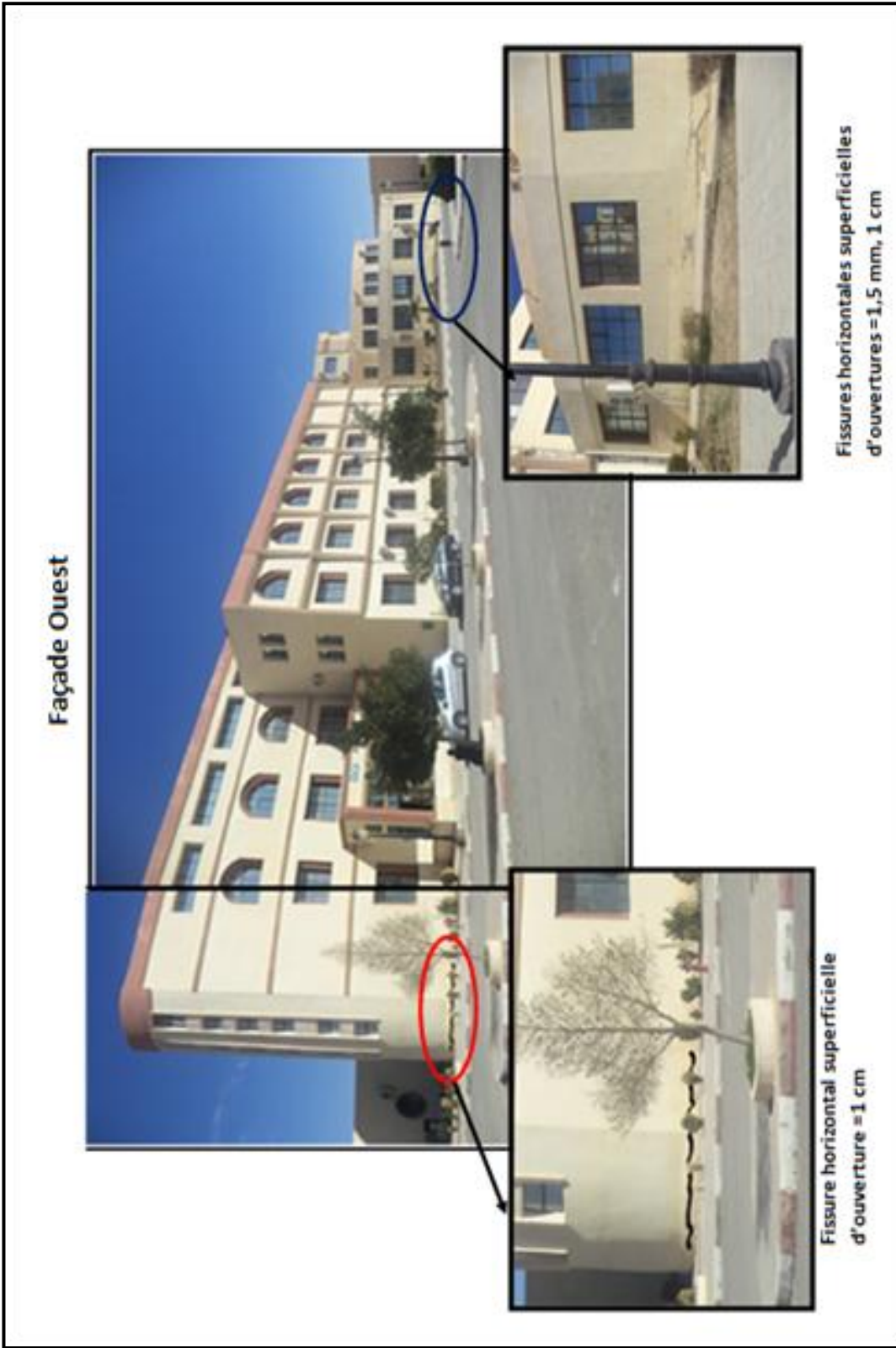



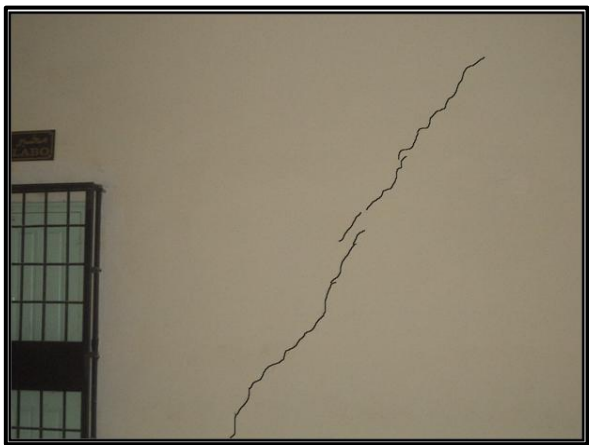
Photo II.15 : Désordres observés dans la façade Ouest.

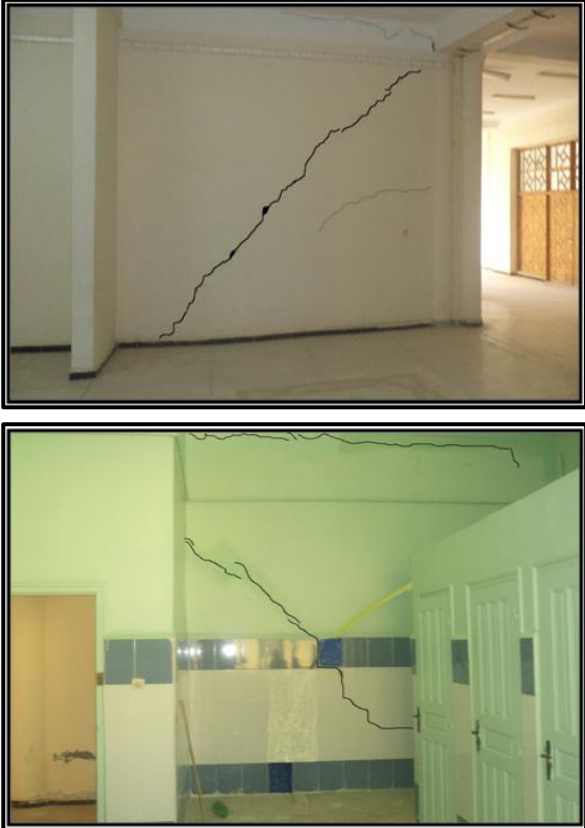

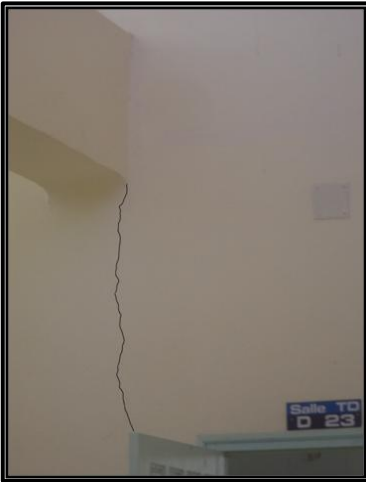
II-5-2-) Désordres apparus à l'intérieur :

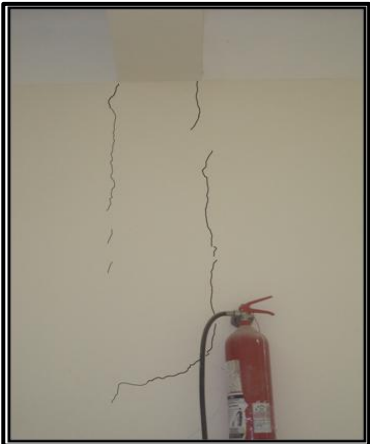
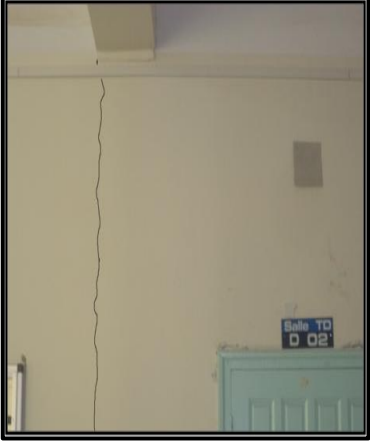

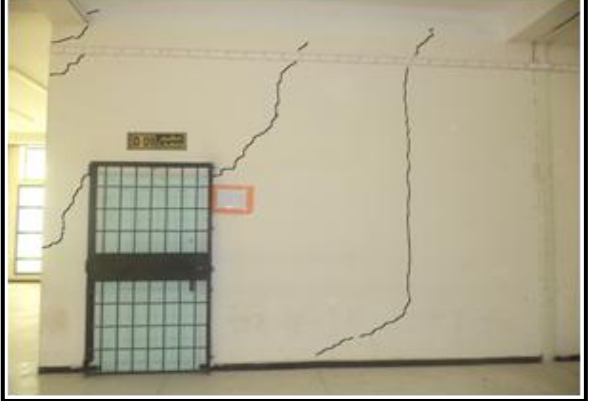
II-5-2-1-) Les fissures :





II-5-2-1-a-) Au niveau des cloisons :




Tableau II.2 : Fissures apparues dans les cloisons intérieures.



N° Photos	Photos	Caractéristiques
1		<ul style="list-style-type: none">- Position : un mur situé au RDC- Tracé : diagonale- Ouverture : 1,5 mm- Profondeur : traversante- Activité : passive
2		<ul style="list-style-type: none">- Position : un mur situé au RDC- Tracé : diagonale- Ouverture : 1,5 mm- Profondeur : superficielle- Activité : passive

<p>3</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au RDC - Tracé : diagonale - Ouverture : de 5 mm à 1 cm - Profondeur : traversante - Activité : active
<p>4</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au 1^{er} étage - Tracé : horizontale et verticale - Ouverture : 1,1 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
<p>5</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au 2^{ème} étage - Tracé : verticale - Ouverture : 0,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

6		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au 1^{er} étage - Tracé : verticale - Ouverture : 0,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
7		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au 1^{er} étage - Tracé : verticale - Ouverture : 0,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
8		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au RDC - Tracé : verticale puis diagonal - Ouverture : 3 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
9		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au RDC - Tracé : verticale puis diagonal - Ouverture : 5 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

10		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au RDC - Tracé : diagonal - Ouverture : 0,5 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
11		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au RDC - Tracé : diagonal - Ouverture : 5 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
12		<ul style="list-style-type: none"> - Position : un mur situé au 1^{er} étage - Tracé : diagonal - Ouverture : 4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : active
13		<ul style="list-style-type: none"> - Position : dans un mur situé au RDC - Tracé : verticale - Ouverture : 1,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

<p>14</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : dans un mur situé au 1^{er} étage - Tracé : diagonale - Ouverture : 3 mm - Profondeur : traversante - Activité : active
<p>15</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : dans un mur situé au RDC (amphi 1) - Tracé : Horizontale + verticale - Ouverture : 1,2 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
<p>16</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : dans un mur situé au RDC (amphi 2) - Tracé : Horizontale + verticale - Ouverture : 1,2 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

17		<ul style="list-style-type: none"> - Position : dans un mur situé au RDC (amphi 2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
18		<ul style="list-style-type: none"> - Position : dans un mur situé au RDC (amphi 3) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

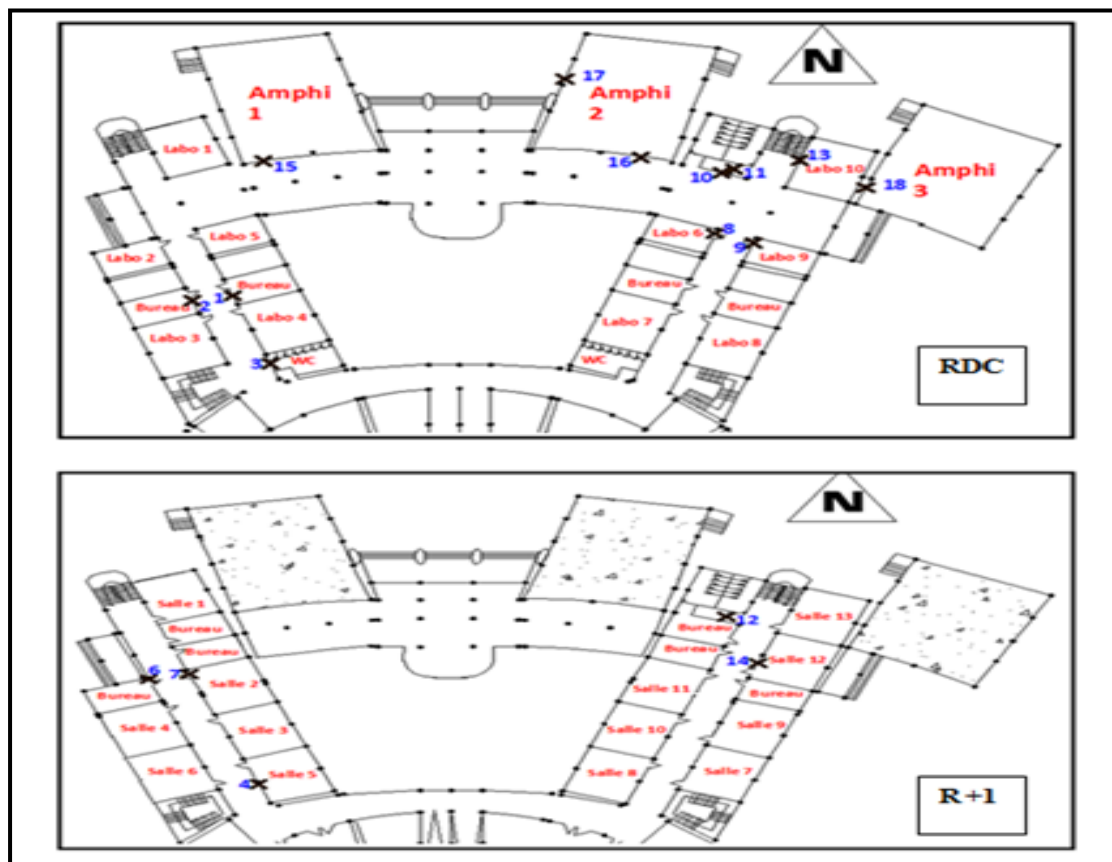










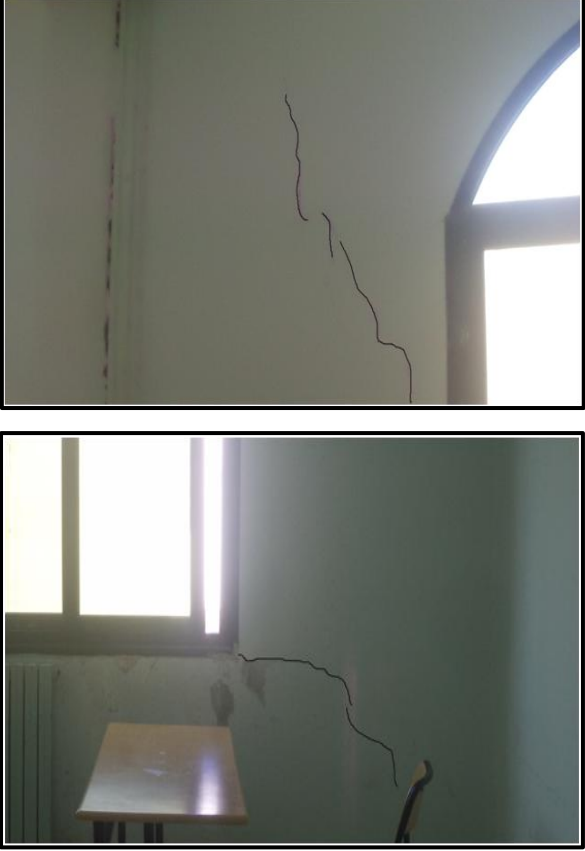

Figure II.47 : Indication sur les plans, des fissures apparues dans les cloisons intérieures.

II-5-2-1-b-) Au niveau des ouvertures :

Tableau II.3 : Fissures apparues dans les angles des ouvertures.

N° Photos	Photos	Caractéristiques
1		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 3 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
2		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 3 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
3		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 5 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
4		<ul style="list-style-type: none"> - Position : les angles de la fenêtre (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 5 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive

<p>5</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : les angles de la fenêtre (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
<p>6</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,2 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
<p>7</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,2 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

8		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
9		<ul style="list-style-type: none"> - Position : les angles de la fenêtre (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
10		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 3 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

11








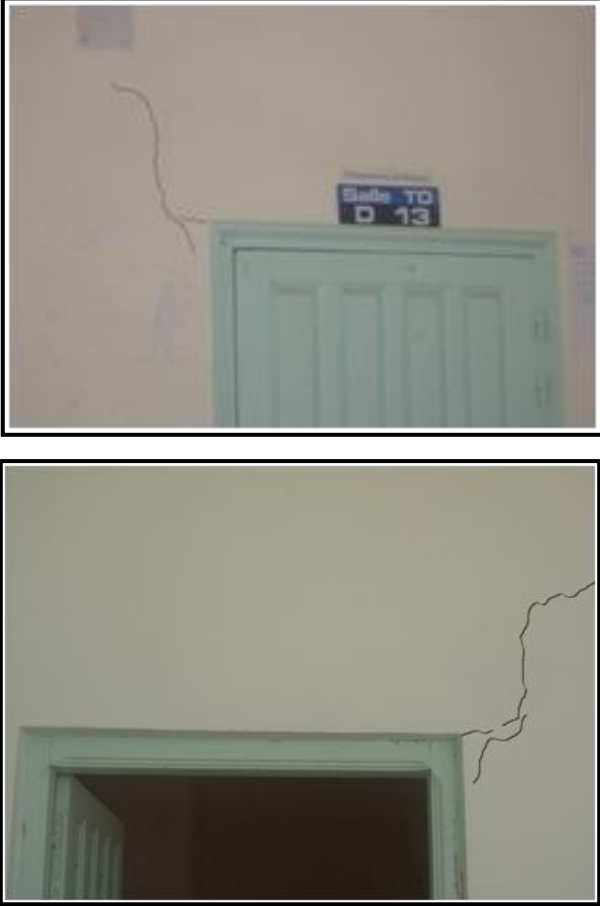
- **Position** : l'angle de la porte (RDC)
- **Tracé** : diagonale
- **Ouverture** : 6 mm
- **Profondeur** : traversante
- **Activité** : active

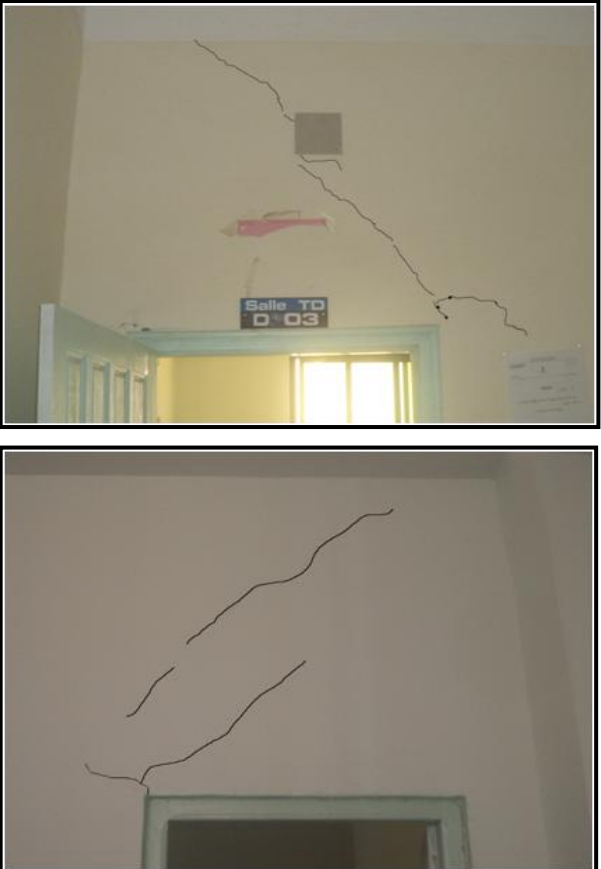
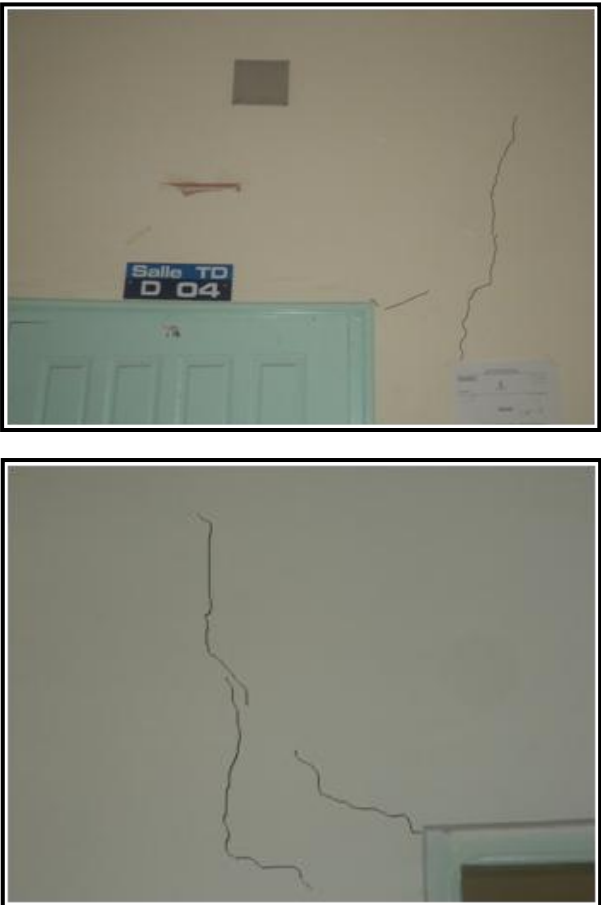
12

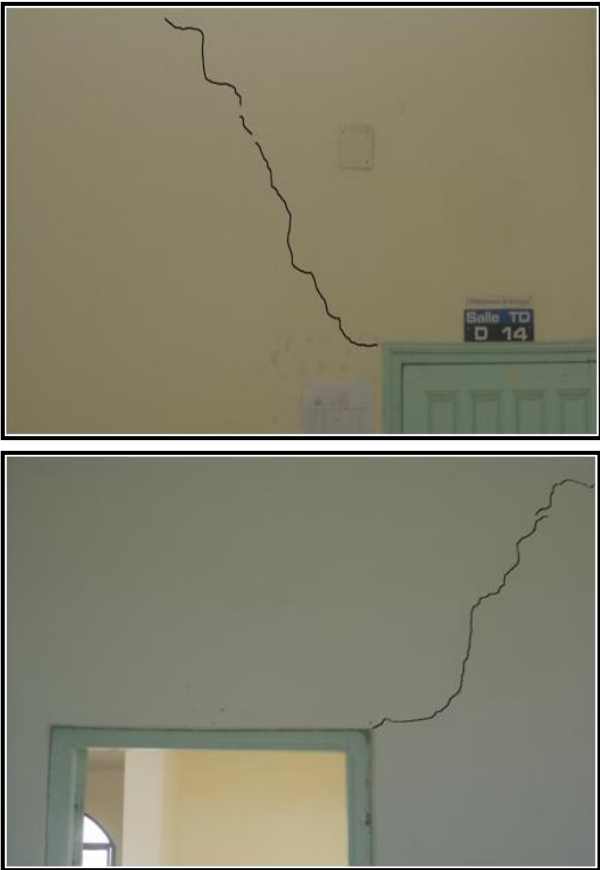




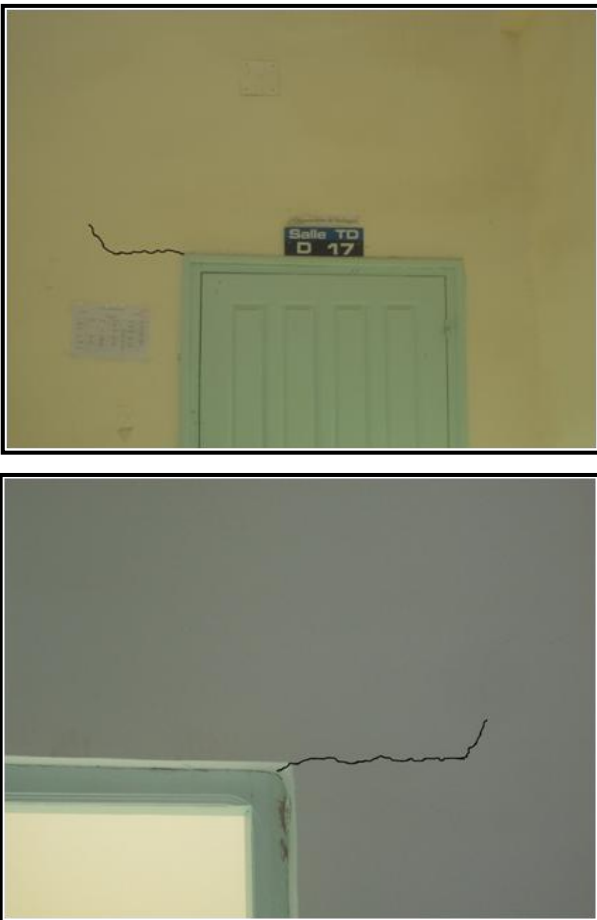
- **Position** : les angles de la porte (RDC)
- **Tracé** : diagonale
- **Ouverture** : 5 mm
- **Profondeur** : traversante
- **Activité** : active

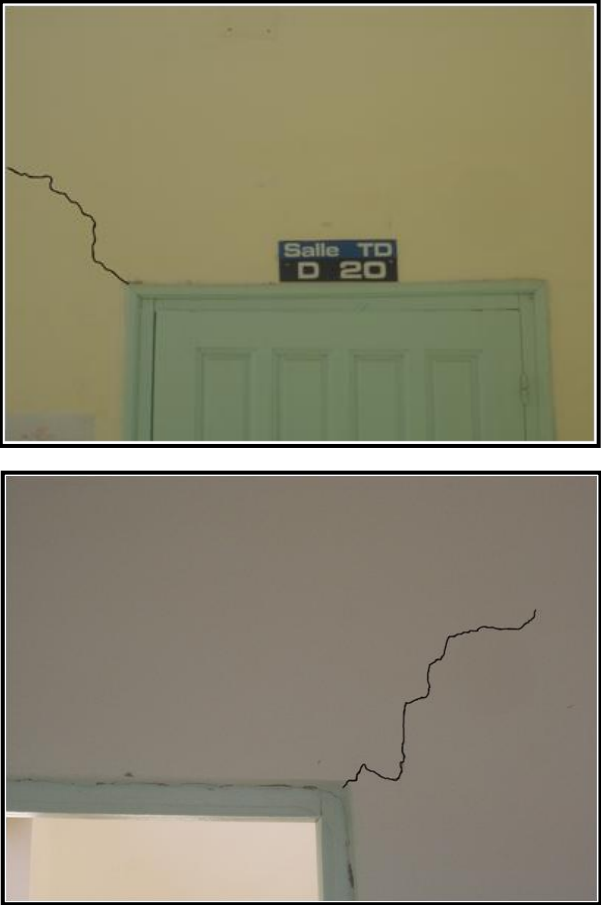

13		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
14		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 5 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
15		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (RDC) - Tracé : diagonale - Ouverture : 3 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive
16		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+1) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,4 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

<p>17</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+1) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
<p>18</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+1) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,8 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive

<p>19</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+1) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
<p>20</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+1) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive

<p>21</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
<p>22</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive

<p>23</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 5 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
<p>24</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 0,5 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive

<p>25</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la porte (R+2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 1,6 mm - Profondeur : traversante - Activité : passive
<p>26</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Position : l'angle de la fenêtre (Amphi 2) - Tracé : diagonale - Ouverture : 2 mm - Profondeur : superficielle - Activité : passive

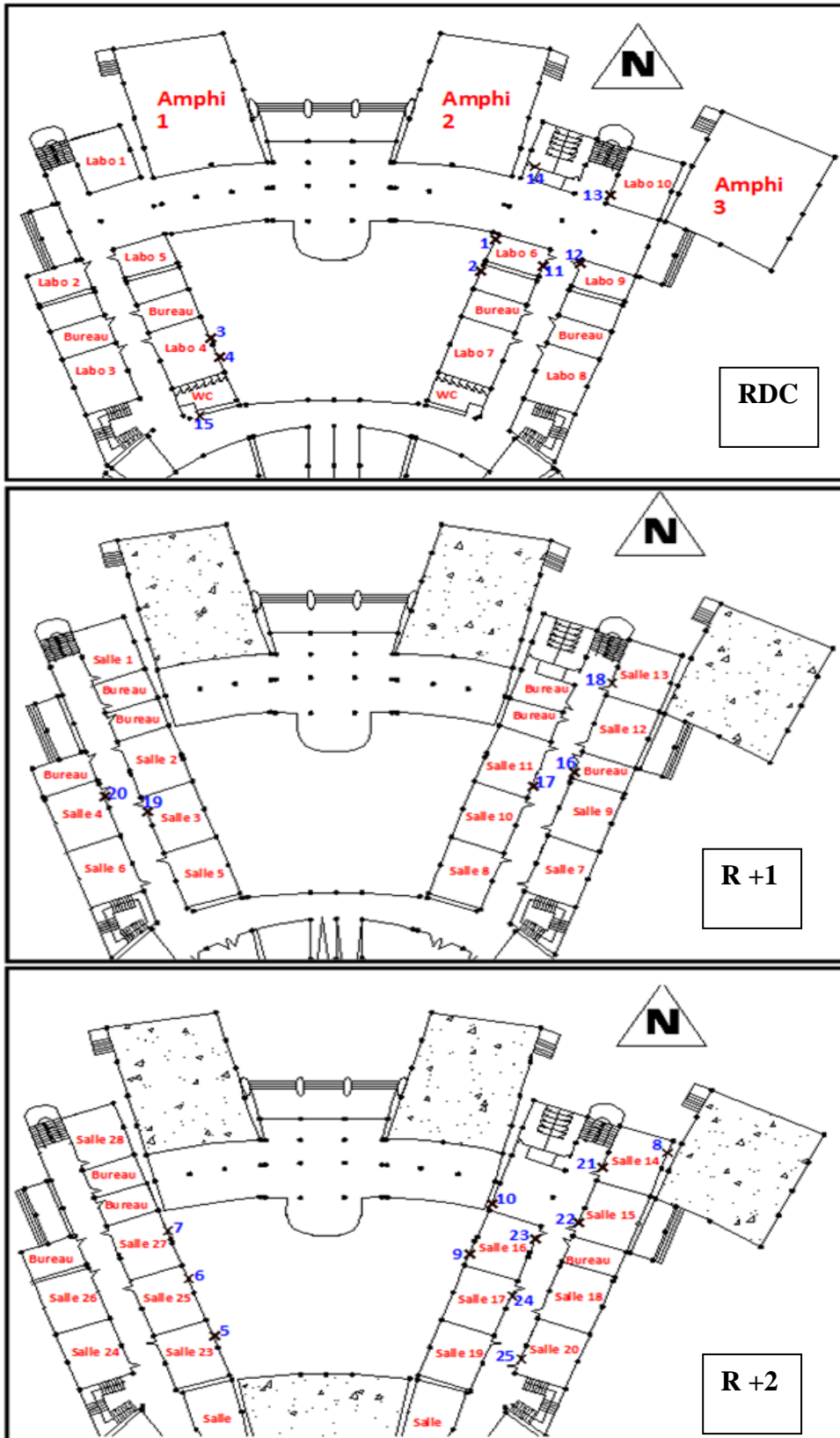


Figure II.48: Indication sur les plans, des fissures apparues dans les ouvertures.

II-5-2-1-C-) Suivi de certaines fissures :

Nous avons effectué un suivi de l'évolution de l'ouverture de 5 fissures en utilisant un fissurometre digital. (Fig. II.49)

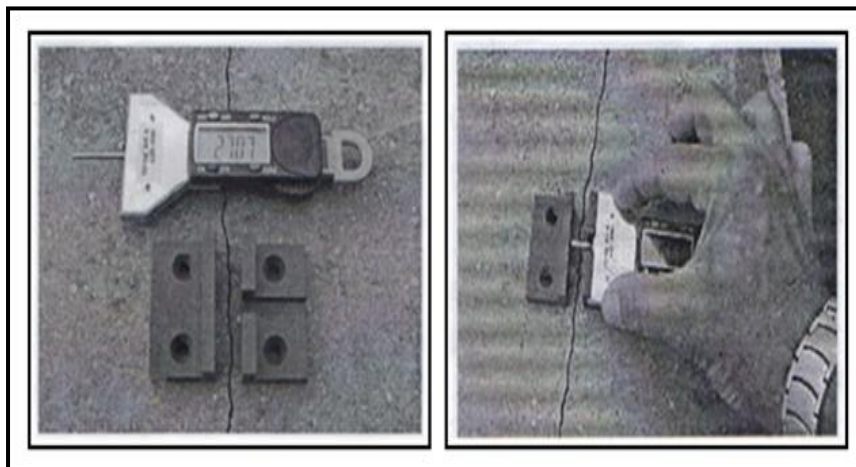


Figure II.49: Fissurometre digital.

Les fissures concernées sont présenté dans la photo suivante :

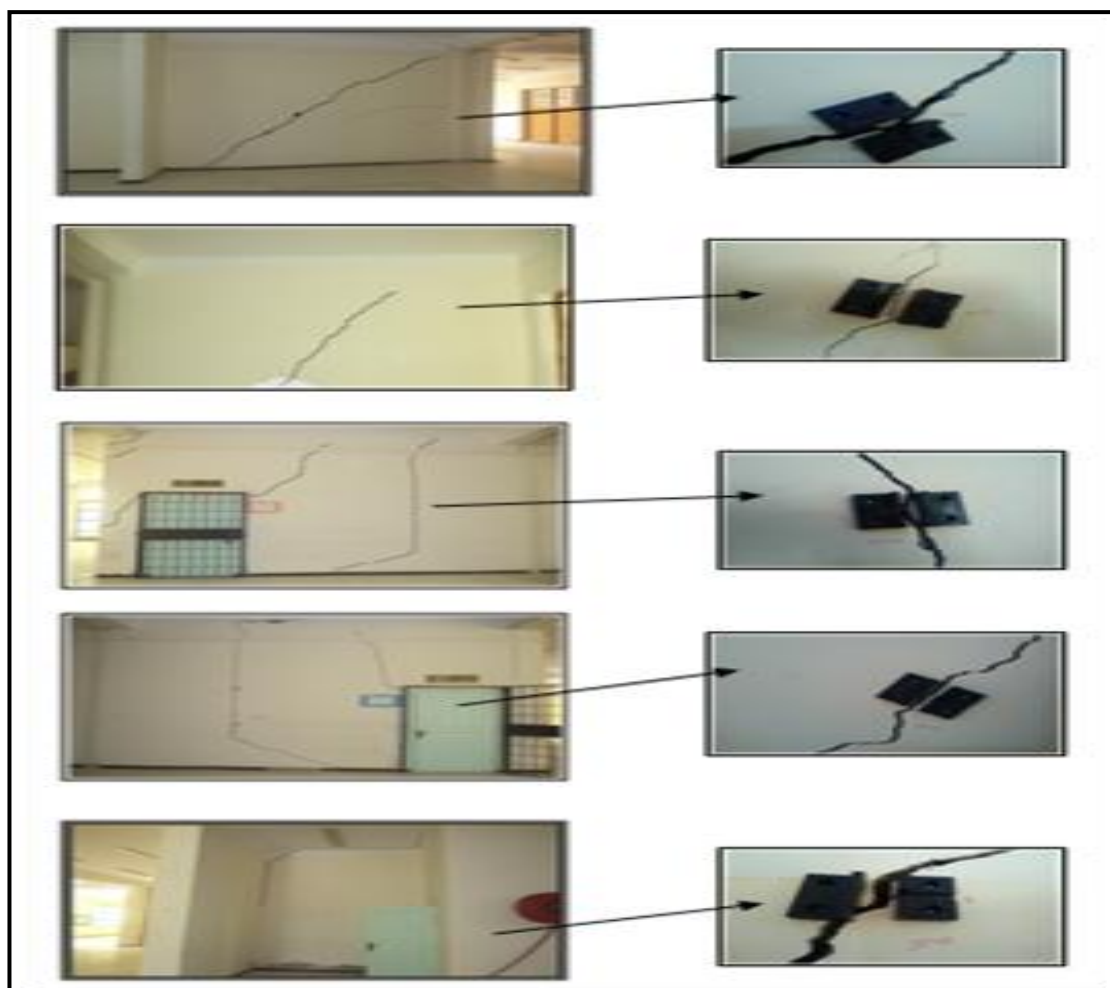


Photo II.16 : Fissures concernées du suivi d'évolution de l'ouverture.




On a trouvé qu'il ya variation de ($\pm 0,01\text{mm} _ \pm 0,05 \text{ mm}$), le tableau suivant montre les résultats obtenus :




Tableau II.4 : Résultats du suivi de l'évolution de l'ouverture de certaines fissures.

Date	Heure	N° Fissure	Ouverture de la fissure (mm)
19/03/2017	13h :15	N°=01	11.56 mm
	13h :10	N°=02	8.13 mm
	12h :55	N°=03	10.47 mm
	12h :56	N°=04	11.50 mm
	13h :31	N°=05	5.18 mm
03/04/2017	15h :22	N°=01	11.57 mm
	15h :17	N°=02	8.15 mm
	15h:15	N°=03	10.48 mm
	15 h:16	N°=04	11.57 mm
	15h :20	N°=05	5.20 mm
04/04/2017	10h :13	N°=01	11.61 mm
	10 h:10	N°=02	8.16 mm
	10h :09	N°=03	10.47 mm
	10 h:08	N°=04	11.56 mm
	10h :15	N°=05	5.20 mm
05/04/2017	11h :45	N°=01	11.57 mm
	11h :45	N°=02	8.16 mm
	11h :43	N°=03	10.48 mm
	11h :44	N°=04	11.54 mm
	11h :51	N°=05	5.21 mm
11/04/2017	11h :32	N°=01	11.63 mm
	11h :13	N°=02	8.18 mm
	09h :57	N°=03	10.50 mm
	09h :56	N°=04	11.58 mm
	10h:10	N°=05	5.18 mm
12/04/2017	11h :37	N°=01	11.62 mm
	11h :31	N°=02	8.15 mm
	11h :30	N°=03	10.48 mm
	11h :30	N°=04	11.53 mm
	11h :40	N°=05	5.22 mm
24/04/2017	15h :20	N°=01	11.62 mm
	15h :17	N°=02	8.15 mm
	15h :16	N°=03	10.54 mm
	15h :15	N°=04	11.57 mm
	15h :25	N°=05	5.20 mm
25/04/2017	10h :38	N°=01	11.62 mm
	10h :35	N°=02	8.11 mm
	10h :32	N°=03	10.51 mm
	10h :33	N°=04	11.54 mm
	10 :50	N°=05	5.20 mm

II-5-2-2-) Les infiltrations d'eau :

Tableau II.5 : Les traces d'infiltrations des eaux observées.





N° Photos	Photos	Observations
1	 Une photographie d'un mur intérieur d'un hall au deuxième étage. Le mur est peint en blanc et présente de nombreuses taches jaunes et des zones où la peinture a décollé, révélant la surface sous-jacente. Une porte verte est visible au centre, et une fenêtre en arc se trouve à droite.	<p>Position: Deuxième étage (R+2).Hall A.</p> <p>Constat: Détérioration de la peinture (taches jaune, décollement) d'un mur de la façade ouest.</p>
2	 Une photographie du plafond d'un hall au deuxième étage. On observe des taches brunes et des traces d'infiltration d'eau sur la surface blanche du plafond, près d'une poutre.	<p>Position: Deuxième étage(R+2).Hall A.</p> <p>Constat: Détérioration de la peinture au niveau de la poutre (traces d'infiltration d'eau).</p>
3	 Une photographie d'un mur au deuxième étage montrant une dégradation de la peinture dans un joint de mur. Des taches brunes et des traces d'infiltration d'eau sont visibles à l'intersection de deux murs.	<p>Position: deuxième étage (R+2).Hall A.</p> <p>Constat: Dégradation de la peinture (traces d'infiltration d'eau à travers le joint).</p>



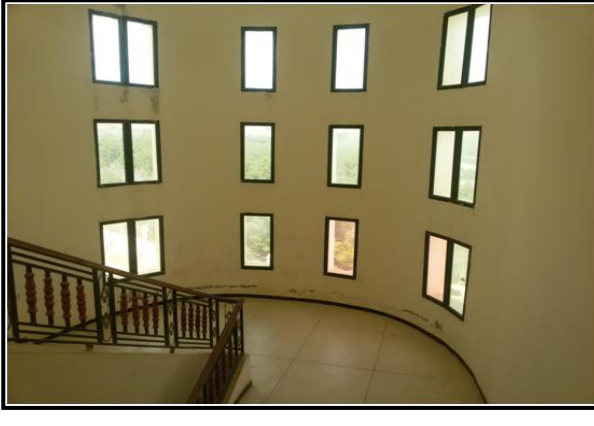

<p>4</p>		<p>Position: Deuxième étage (R+2), salle 23.</p> <p>Constat: Détérioration de la peinture au niveau de la jonction entre le plancher de la terrasse et le mur.</p>
<p>5</p>		<p>Position: deuxième étage (R+2), salle 19.</p> <p>Constat: Trace d'infiltration d'eau au niveau du coin (entre deux poteaux d'angle) + détérioration de la peinture au niveau du plancher de terrasse.</p>
<p>6</p>		<p>Position: deuxième étage (R+2), salle 21.</p> <p>Constat: Trace d'infiltration d'eau au niveau d'un poteau rive.</p>

<p>7</p>		<p>Position: Rez-de-chaussée (RDC).Hall A</p> <p>Constat: Dégradation de la peinture (traces d'infiltration d'eau à travers le joint, décollement).</p>
----------	---	---

<p>8</p>		<p>Position premier étage (R+1).Hall A</p> <p>Constat: Dégradation de la peinture (traces d'infiltration d'eau à travers le joint).</p>
----------	--	---

<p>9</p>		<p>Positon: deuxième étage (R+2). Hall A.</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la fenêtre + Détérioration de la peinture.</p>
----------	---	---

10		<p>Position: deuxième étage (R+2). Hall B.</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la fenêtre + Détérioration de la peinture.</p>
11		<p>Position: deuxième étage (R+2). Hall B.</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la fenêtre + Détérioration de la peinture.</p>
12		<p>Position: deuxième étage (R+1).</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la fenêtre.</p>
13		<p>Position: Rez-de-chaussée (RDC).</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la fenêtre + Détérioration de la peinture (décollement).</p>

<p>14</p>		<p>Positon: Rez-de-chaussée (RDC).Hall.</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers les appuis des fenêtres.</p>
<p>15</p>		<p>Positon: Rez-de-chaussée (RDC).Hall .</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers les appuis des fenêtres.</p>
<p>16</p>		<p>Positon: Escalier.</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers les appuis des fenêtres.</p>
<p>17</p>		<p>Positon: Amphi 2 .</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la baie.</p>

18		<p>Positon: Amphi 3.</p> <p>Constat: Traces d'infiltration d'eau à travers les appuis des baies.</p>
----	---	--

CONCLUSION :

Les fissures sont apparues à l'extérieur et l'intérieur du bloc dans les murs et les baies, avec de différents tracés, et d'ouvertures variables (microfissures, fissures, lézardes), les infiltrations d'eau se sont produisent à travers les appuis des fenêtres, et notamment dans le deuxième étage à travers le plancher de la terrasse.

Chapitre 3

Analyse des désordres et recommandations

INTRODUCTION

Le diagnostic des symptômes apparus sur une structure en béton, et connaître la cause de la détérioration, peut être considéré comme une opération d'élimination des suppositions non probables jusqu'à l'arrivée à celle la plus probable. Et il faut prendre en considération que n'importe quelle méthode de diagnostic et quoi quelle soit général, elle conduit souvent à plus d'une cause du désordre, mais dans certains cas la cause du désordre soit apparente et à travers quelques tests de confirmation on peut la préciser avec certitude et proposer un remède. [1]

Un ouvrage en bâtiments qui, le long de sa durée de vie, est susceptible de subir des désordres de fonctionnement ou de l'aspect, ce qui nécessitera, par la suite sa réhabilitation. Il est utile d'intervenir sur un ouvrage pour améliorer son état de service, ses caractéristiques ou son aspect. [16]

La décision de réparer un ouvrage en bâtiments est généralement l'aboutissement d'un long travail d'analyse qui constitue une conclusion de l'expertise. [16]

III-1-) ANALYSE DES FISSURATIONS :

III-1-1-) Causes possibles :

D'après le diagnostic effectué et la lecture des photos prises nous avons observé que :

- la plus part des fissures rencontrées sont superficielles (fissuration de l'enduit seul) et les reste sont traversante ;
- les fissures diagonales apparues dans les murs sont dues à un tassement différentiel ;
- les fissures diagonales apparues dans les ouvertures sont dues soit au :
 - tassement différentiel des fondations ;
 - retrait et dilatation des cloisons, surtout que les joints sont traités de façon ne respectant pas les normes techniques (mouvements empêchés), comme le montre la photo suivante :



Photo III.17 : Exemples de joints traités de façon ne respectant pas les normes techniques.

- les fissures horizontales et verticales apparues dans les cloisons sont à rattacher aux phénomènes de retrait et de dilatation.

III-1-2-) Solutions envisageables :

III-1-2-1) Réparation des fissures supérieures à 10 mm :

La fissuration du béton, conséquence de phénomènes physico-chimiques ou mécaniques variés, ne présente pas toujours un caractère justifiant sa réparation, en particulier lorsqu'il s'agit de fines fissures de l'ordre du 1/10 mm qui n'affectent pas sa pérennité. En revanche, à partir de 2 à 3 dixièmes de millimètre, on peut être conduit à envisager un traitement. [18]

Il existe plusieurs techniques de réparation des fissures qui doivent être choisies selon les caractéristiques de chaque fissure et de leur milieu. Dans certain cas, il peut même arriver que l'utilisation de plusieurs techniques devienne nécessaire. [10]

Ces procédés de réparations sont : [10]

- Pontage et protection localisés : cette technique consiste à recouvrir en surface des fissures, actives ou non, pour assurer l'étanchéité à la structure. Cette intervention permet, si nécessaire, la pose d'un revêtement de finition ;

- Evidage et calfeutrement : cette méthode nécessite l'agrandissement de la fissure dans sa partie visible puis le remplissage et calfeutrement avec un matériau approprié

(Fig. III48), l'évidage peut être évité mais la réparation sera un peu moins durable. En outre la surface du matériau de calfeutrement sera en relief.

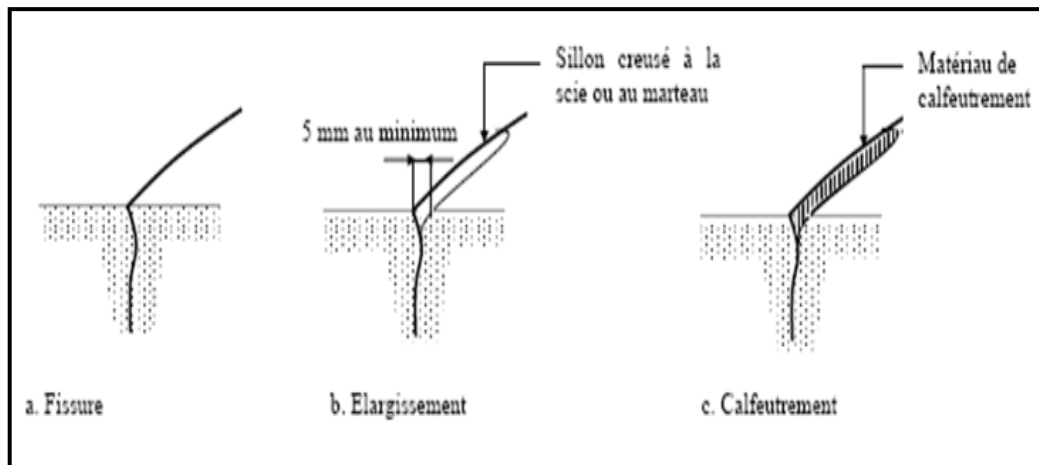


Figure III.50 : Elargissement et calfeutrement des fissures.

- Injection : les fissures peuvent être calfeutrées par injection sous pression d'un produit susceptible de créer une liaison mécanique et / ou une étanchéité entre les parties disjointes. La technique habituelle consiste à forer des trous dans les fissures à intervalles réguliers, à injecter de l'eau ou un solvant pour décaper la partie défectueuse, à laisser sécher la surface (en utilisant un jet d'air chaud si nécessaire), à obturer les fissures en surface entre les joints d'injection , et à injecter le produit jusqu'à ce qu'elle coule des sections adjacentes à la fissure.

Les recommandations élaborées par le STRRES (Syndicat national des entrepreneurs spécialistes en travaux de réparation et de renforcement de structures) font la distinction suivante entre les fissures :

- supérieures à 10 mm;
- comprises entre 1 et 10 mm;
- comprises entre 0,5 et 3 mm;
- inférieures à 0,5 mm. [18]

Le tableau ci-dessous, tiré notamment des recommandations du STRRES, résume la nature des produits de traitement selon le type de fissures à traiter. [18]

Tableau III.6 : Nature des produits de traitement selon le type de fissure à traiter.

Ouverture des fissures	Type de mélange	Nature physique et chimique	
Supérieure à 10 mm	Mortier : (sable + ciment + adjuvants éventuels) Conditionnement possible en mélange prêt à l'emploi	Consistance fluide proche de celle d'un coulis	
Comprise entre 1 mm et 10 mm	Coulis de ciment pur	Suspension de ciment dans l'eau	
	Coulis de ciment + bentonite	Suspension de ciment et de bentonite dans l'eau	
	Coulis de ciment à retrait compensé	Suspension de ciment avec entraîneur d'air	
	Coulis de ciment + résines thermostatiques	Suspension de ciment et émulsion de...	styrène butadiène ester polyvinyle
	Coulis spéciaux avec minéralisateur	Suspension de ciment et de minéralisateur dans l'eau	
	Hydrocarbure avec ou sans ciment	Suspension ou émulsion	
	Résine époxyde chargée	Polymère thermodurcissable : résine + durcisseur + charge	
	Polyuréthane gonflant Acrylique	Polymère thermodurcissable : résine + durcisseur	
Comprise entre 0,5 mm et 3 mm	Époxydes	Polymère thermodurcissable : résine + durcisseur	
	Polyuréthanes élastiques	Polymère thermodurcissable : résine + durcisseur	
	Acryliques	Polymère thermodurcissable : solution aqueuse. Résine + durcisseur + accélérateur	
	Coulis de ciment avec minéralisateur	Suspension de ciment et de minéralisateur (silicate) dans l'eau	
Inférieure 0,5 mm	Époxydes	Polymère thermodurcissable : résine + durcisseur	
	Acryliques	Polymère thermodurcissable : solution aqueuse. Résine + durcisseur + accélérateur	
	Minéralisateur pur	Solution aqueuse (silicate)	
	Polyester Aminoplaste Phénoplaste	Polymère thermodurcissable : solution à deux ou trois composants	

III-1-2-2-) Prescriptions particulières de réparation des fissures supérieures à 10 mm pour les fissures inclinées :

Dans le cas des fissures inclinées, l'injection seule n'est pas suffisante et il faudrait procéder à la réalisation de potelets en béton armé en plusieurs endroits pour rigidifier le mur. Pour cela il faut dégager des briques ou les moellons sur une largeur de 15 à 20 cm le long d'un tracé vertical, sur une profondeur de 10 à 15 cm. La cheminée ainsi créée est remplie de béton armé. Si la réalisation des potelets est difficile ou impossible, il est possible de réaliser des chaînages apparents de part et d'autre du mur. [10] (Fig. III.49)

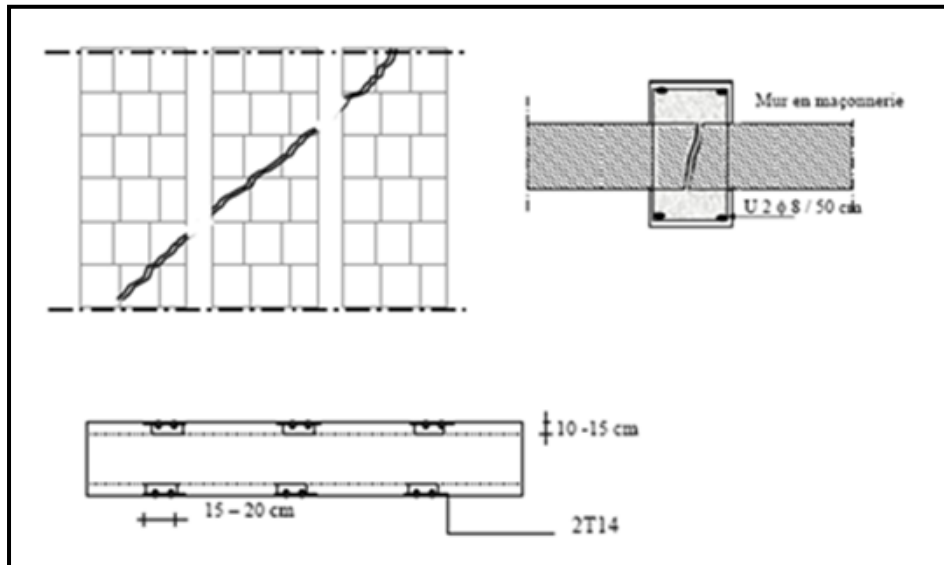


Figure III.51: Réparation de la fissure inclinée par la réalisation des potelets en béton armé.

III-1-2-3-) Rigidifier et épingler les fissures :

Il est toujours possible d'améliorer la raideur d'une construction en coulant une longrine le long des soubassements et en épinglant les fissures principales. La longrine réalisée en réparation a ici deux objectifs : rigidifier le soubassement et approfondir le niveau d'assise de l'ouvrage. une longrine ainsi réalisée pourra à elle seule constituer un remède durable. L'épinglage ou le couturage des fissures constitue ainsi une bonne pratique : le monolithisme de la façade est rétabli. Les fissures épinglées pourront être durablement dissimulées derrière une couche d'enduit ou un film de résine. [2] (Fig. III.51)

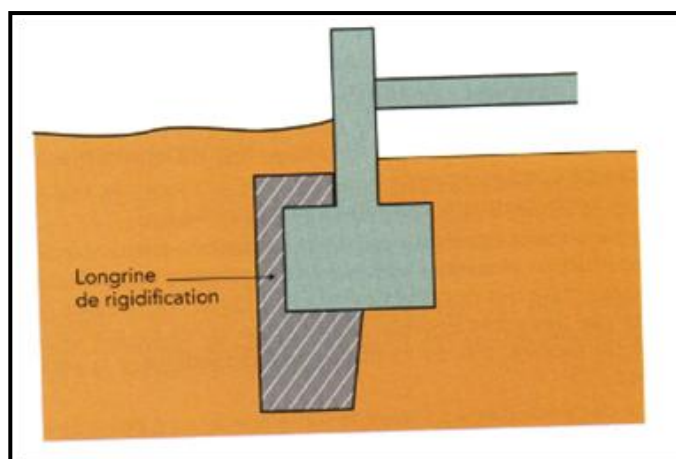


Figure III.52: La longrine de rigidification.

III-2-) ANALYSE DES INFILTRATIONS D'EAU :

III-2-1-) Causes possibles :

Les infiltrations des eaux ont trois causes principales :

- d'abord la dégradation de l'étanchéité de la toiture –terrasse : nous avons observé que le revêtement d'étanchéité ne fonctionne plus, ainsi le manque des opérations périodiques de surveillance et des travaux d'entretien. (Photo III.18)



Photo III.18 : Exemples de défauts d'étanchéité.

- mauvais traitement des joints : nous avons observé qu'ils ne sont pas couverts selon les normes (Photo III.19)



Photo III.19 : Exemples de joints ne respectant pas les normes techniques.

- les fenêtres sont réalisées d'une mauvaise façon : nous avons observé la présence de plusieurs défauts de conception (Photo III.20)



Photo III.20 : Exemples de défauts de conception des fenêtres.

III-2-2-) Solutions envisageables :

- refaire l'étanchéité et suivre les normes prescrites par les règlements techniques, Dans l'ordre de la construction, leur composition la plus courante est la suivante :

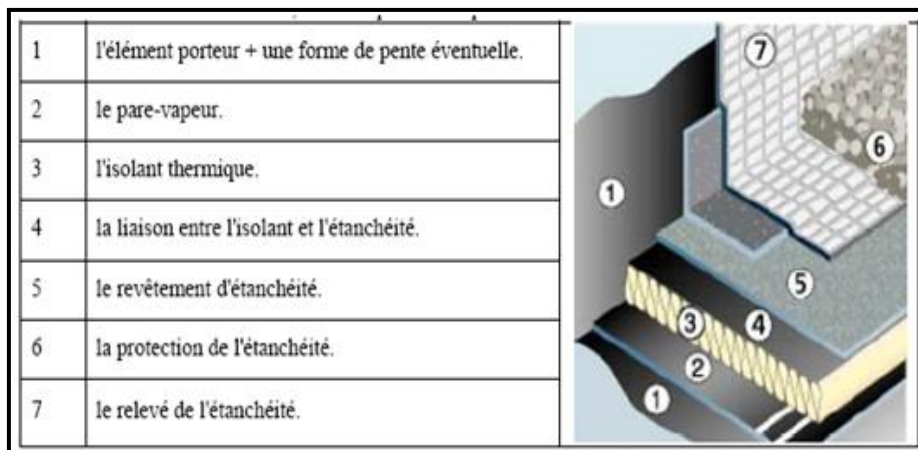


Figure III.53 : Eléments composant de l'étanchéité de la toiture-terrasse.

- pour la couverture des joint, utiliser des couvre joints qui isolent qui assurent leur étanchéité et permettent le mouvement de retrait et dilatation. (Fig. III.54)

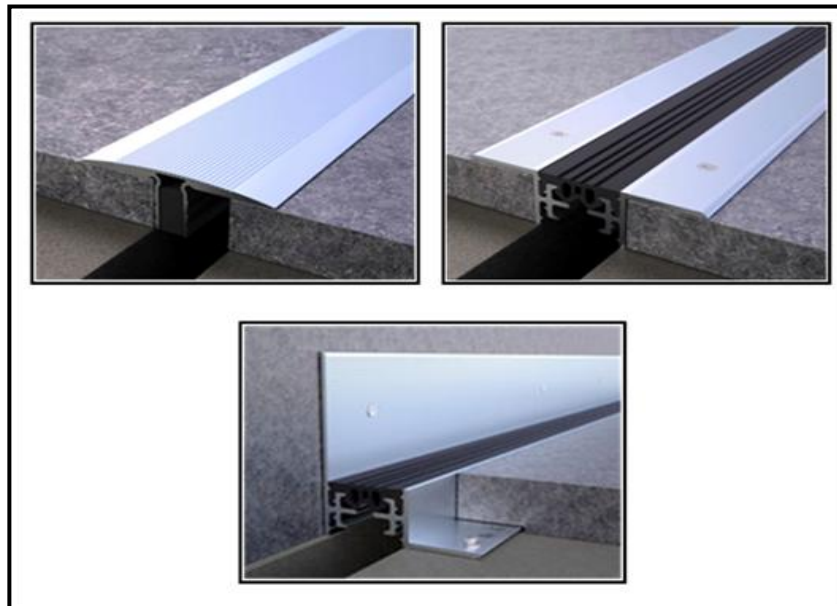


Figure III.54 : Exemples de couvre joint de dilatation.

- refaire l'isolation des joints qui se trouvent dans la terrasse pour assurer leur étanchéité (Fig. III.55)

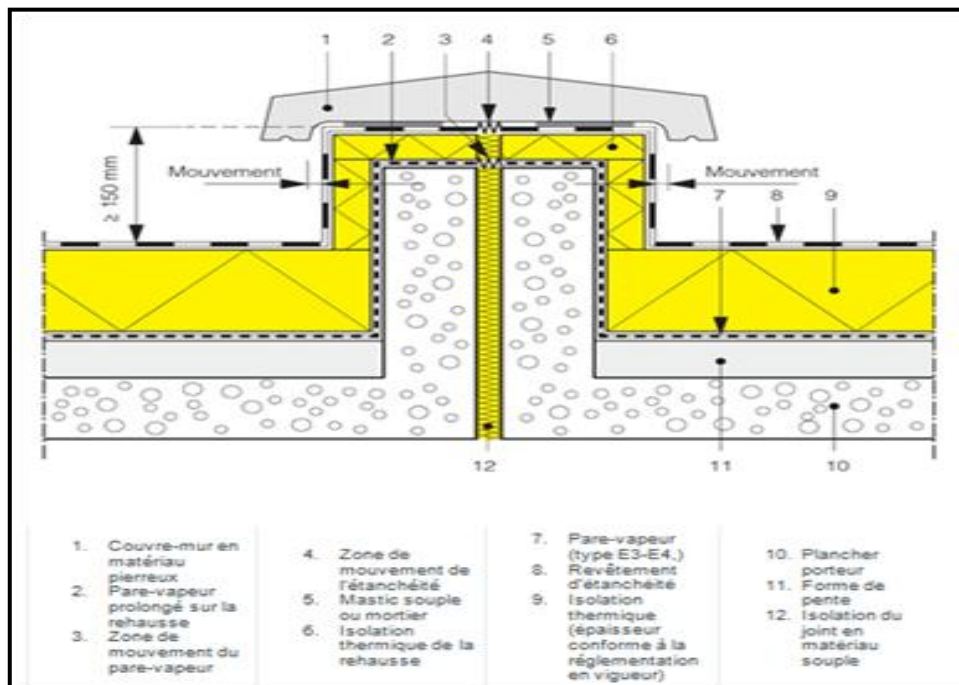


Figure III.55: Etanchéité d'un joint de mouvement réalisée au moyen d'un couvre-mur en matériau pierreux.

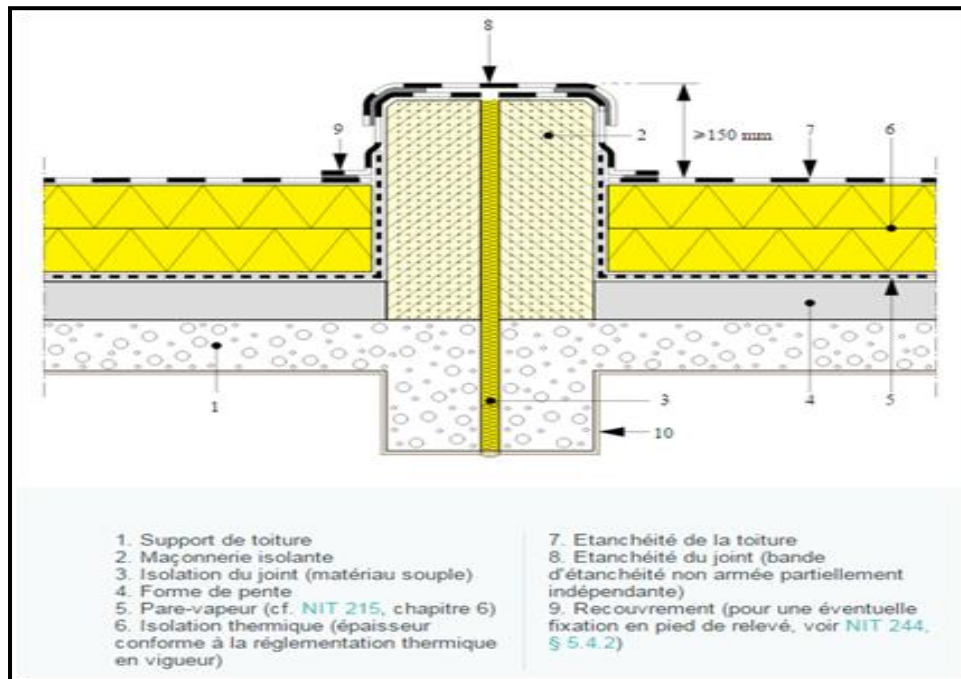


Figure III.56 : Etanchéité d'un joint de mouvement réalisée au moyen d'un matériau d'étanchéité souple.

- A fin d'éviter des infiltrations d'eau par des menuiseries, il est indispensable de vérifier et de remettre en état les protections prévues contre la pénétration d'eau de pluie, à savoir : les pentes des appuis, les feuilures, gorges et trous d'évacuation. [10]

Il y a lieu aussi de calfeutrer bien la fenêtre ou la porte-fenêtre, avec des mastiques ou mortiers spéciaux. [10]

Les joints entre les maçonneries et les menuiseries mal exécutées ou rompues sont très souvent à l'origine des sinistres d'eau. [10]

On remplacera les menuiseries trop usinées ou inadaptées. [10]

- Refaire les appuis des fenêtres selon les normes (Fig. III.55) ou utiliser des bavettes avec goutte d'eau en sous-face et munie de rejets latéraux (Fig. III.55)

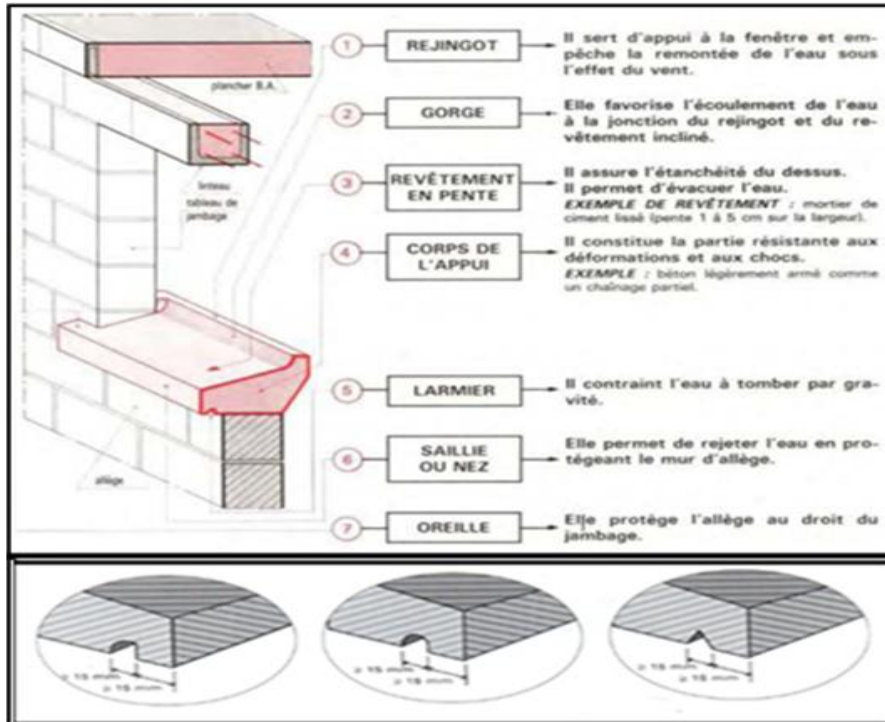


Figure III.57 : Appui de baie dans une façade.

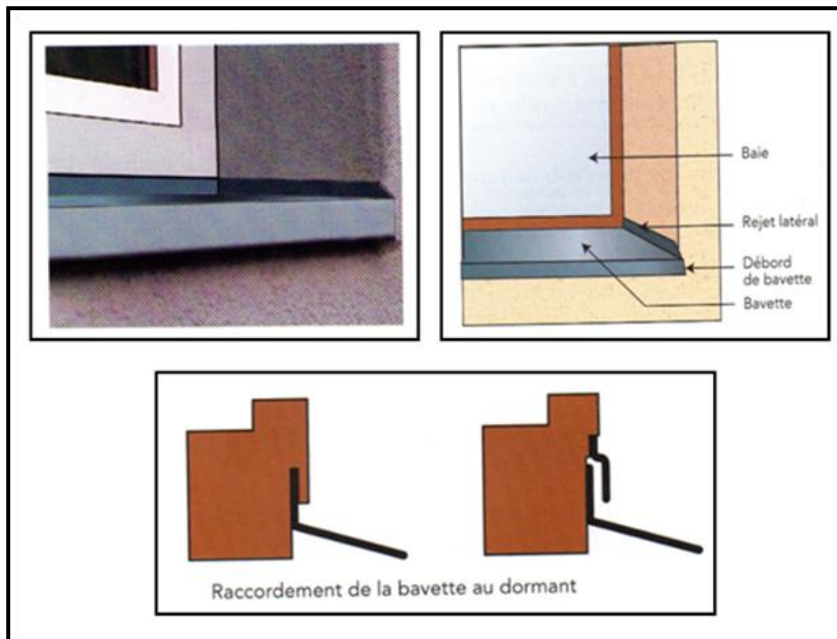


Figure III.58 : Mise en œuvre de bavettes.

Conclusion :

Notre analyse a prouvé que la plupart des désordres sont dus au problème de sol (sol compressible, tassement différentiel, présence de pente, remblai), les défauts de conception (joints) et l'absence de l'entretien (étanchéité).

Conclusion Générale

Dans cette étude des cas pathologiques survenu dans le bloc de biologie et agronomie, qui se trouve dans le pôle universitaire de la ville M'sila et réalisé en 2007, composé de 15 blocs séparés par des joints, et d'une superficie approximative de 4080 m², implanté sur un site qui présente une topographie régulière caractérisée par un terrain plat, stable, sauf dans le côté nord à la périphérie de l'amphi 3 où il y a une pente de 1 mètre. Et reposant sur un sol qualifié de moyennement à assez fortement compressible et non gonflant avec une présence notable de sulfates.

Notre diagnostic a révélé la survenance des désordres suivants : détérioration de l'enduit des façades, l'apparition de fissures horizontales, verticales et diagonales dans les murs et les baies (le nombre total des fissures trouvées est environ 100 fissures), traces d'infiltrations des eaux pluviales à travers les appuis de fenêtres et la terrasse.

D'après l'analyse de ces désordres et la lecture approfondie des photos prises, on a trouvé que les causes possibles des fissures diagonales apparues dans les murs et baies sont : soit un tassement différentiel des fondations soit le retrait et la dilatation des cloisons, les fissures horizontales et verticales apparues dans les cloisons sont à rattacher aux phénomènes de retrait et de dilatation. Les infiltrations des eaux sont dues à la dégradation de l'étanchéité de la toiture –terrasse, les joints ne sont pas couverts selon les normes, et les fenêtres sont réalisées d'une mauvaise façon.

Enfin on a donné quelques recommandations et proposé des solutions de réparations économiques pour améliorer son état.

Référence Bibliographique





- [1] شريف أبو المجد , عمر سلامة, منير كمال , شادية نجا الابياري , " تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها " دار النشر للجامعات المصرية, الطبعة الثانية.
- [2] **Philippe Philipparie**, " La pathologie des façades ", CSTB éditions, 2011.
- [3] **André Pulmier**, " Pathologie et réparations structurelles des constructions", Université de Liège, édition 2006
- [4] **Lissandre Laure**, " Analyse de la fissuration des bétons et des techniques de mise en œuvre d'optimiser la réalisation des ouvrages", (thèse), INSA de Strasbourg, juin 2006
- [5] **Rabah Ounaziz**, " Introduction à l'analyse et au diagnostic du bâti existant" ,Pathobat International ,Décembre 2006
- [6] **Noredine Bourahla**, " Résistance des matériaux de base " ,GECOTEC
- [7] **H.Renaud**, " Constructeur Bâtiment Technologies" ,éditions FOUCHER
- [8] **Olivier Gaglirdini**, " Cours de BA " ,UJF- Grenoble I
- [9] **Gerard Philipponnat**, " Fondations et ouvrages en terre " ,éditions EYROLLES,1979
- [10] **Dr.Ouzza Kheira**, " Réhabilitation des structures " ,(polycopié), Université d'Oran,2014-2015
- [11] " Fiches pathologiques du Bâtiment", AQC 75008 Paris
- [12] **Gaudier Brzeska - Saint Jean de Braye**, " Les fondations superficielles", Lycée du B.T.P. Orléans
- [13] **Jean MichelTorrenti,Loic Divet**, " Béton :photologie et durabilité",le moniteur 21 fevrier 2014
- [14] " **Les ouvrages en béton : durabilité, dimensionnement et esthétique**",FICHES TECHNIQUES Tom 3 ,CIMbéton
- [15] **Dr.Ir.p.Borraeve** , " Cours de béton armé", (PDF)
- [16] **Tarek DJEDID**, " ETUDE DE L'EFFET DE LA CORROSION DES ARMATURES SUR LA DURABILITE DES OUVRAGES EN BETON ARME", (thèse), Université de Biskra ,2012
- [17] **Herman Kurt**, " Substances exerçants une action chimique sur le béton " , Ein Dienst der ETH-Bibliothek
- [18] "Les bétons : formulation, fabrication et mise en œuvre " , FICHES TECHNIQUES Tom 2, CIMbéton
- [19] **B. Coppieters, L. Stroobants et A. Boussada**, " Les problèmes d'humidité dans le logement " , Le Centre Urbain asbl

[20] **KASSOUL Amar**, "Bâtiment 2", (polycopié), université Chlef

[21] **C.R.Derbal**, " Construction1", (polycopié), université Sétif, 2006-2008

[22] **Lorry-Alan MOALIC**, " Réhabilitation d'ouvrages en béton armé Du diagnostic au confortement", (thèse), INSA DE STRASBOURG

Tableau 1 : Désordres apparues à l'extérieur du bloc.

Photo	Caractéristique
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Amphi 3 - Désordres : Fissures diagonales.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : L'angle de la porte. (Entrée du bloc). - Désordres : Fissure diagonale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Pied du mur (Façade Sud). - Désordres : Fissure horizontale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Jonction entre portique et mur (Entrée du bloc). - Désordres : Fissure horizontale + Fissure verticale.



- **Position** : Pied du mur (Façade Nord)
- **Désordres** : Affaissement du dallage.



- **Position** : Mur (Façade Nord-est)
- **Désordres** : Grillage de l'enduit.



- **Position** : Mur de l'entrée principale.
- **Désordres** : Traces d'infiltration d'eau.

Tableau 2 : Fissures apparues à l'intérieur du bloc.

Photo	Caractéristique
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Jonction entre plancher et mur (RDC). - Désordres : Fissure horizontale + Fissure verticale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Jonction entre plancher et mur (R+2). - Désordres : Fissure horizontale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Mur (RDC). - Désordres : Fissure diagonale. - Ouverture : 1mm
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Paillasse (Escalier) - Désordres : Fissure horizontale. - Ouverture : 0,8 mm

	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Mur (RDC) - Désordres : Fissure verticale + Fissure diagonale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Jonction entre poteau et mur (RDC) - Désordres : Fissure verticale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Jonction entre plancher et mur (R+2) - Désordres : Fissure verticale + Fissure horizontale.
	<ul style="list-style-type: none"> - Position : Jonction entre poteau et mur (R+1) - Désordres : Fissure verticale.



- **Position** : L'angle de la porte (Bloc Administratif R+3)
- **Désordres** : Fissure diagonale.



- **Position** : Mur et plancher (Bloc Administratif R+Z)
- **Désordres** : Fissure verticale + Fissure horizontale.

Tableau 3 : Infiltrations d'eau apparues à l'intérieur du bloc.

Photo	Caractéristique
	<ul style="list-style-type: none">- Position : Hall B (R+2).- Désordres : Traces d'infiltration d'eau à travers l'appui de la fenêtre.
	<ul style="list-style-type: none">- Position : Hall B (R+2).- Désordres : Traces d'infiltration d'eau à travers le plancher de la terrasse.
	<ul style="list-style-type: none">- Position : Hall A (Salle 27).- Désordres : Traces d'infiltration d'eau à travers le joint.
	<ul style="list-style-type: none">- Position : Labo (RDC).- Désordres : Traces d'infiltration d'eau à travers le plancher.

