

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2019



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2019

Mémoire de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Structure

Thème

**Diagnostic de la fissuration dans les constructions
(Cause et classification)**

L'étudiante :

KHINECHE HOURIA

Encadreur :

M^m : GADRI KARIMA

Promotion Juillet 2019

Remerciement

Je remercie dieu le tout puissant qui ma donné la force et la volonté de réaliser et achever ce travail.

*Je remercie tout d'abord la professeure **GADRI KARIMA** de m'avoir proposé ce sujet de mémoire, de l'attention qu'il a portée à mon travail.*

Je la remercie pour ses conseils qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Toute ma gratitude, ma reconnaissance et mes très vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin et en particulier l'ensemble des étudiants et des enseignants du département de génie civil de Biskra.

Résumé

Aujourd'hui, l'étude des fissurations dans les constructions en béton armé, Requiert une grande importance, Dans divers domaines et extensions, Bien qu'il soit difficile de les diagnostiquer et de les cibler, Et en raison de l'importance de ces études en termes de développement économique et stratégique par pays, Les experts et les chercheurs devraient lui donner une priorité scientifique, pratique et exécutive.

Les structures en béton armés sont exposées à de nombreux types de dommages, mineurs et graves. La fissuration est l'une des principales causes de la détérioration du béton en raison de son origine chimique, physique et mécanique, qui a nui à sa durabilité.

Dans cette étude, notre objectif est de collecter et classifier les différents types des fissures, et d'identifier les causes principales ou probables dans les éléments principales et secondaires du bâtiment, tels que les poteaux, les poutres, les dalles et les murs. Et après une visite in situ nous avons collectant toutes les informations préliminaires concernant le bâtiment, telles que les fuites d'eau ou la présence d'arbres à proximité ... etc. cette diagnostique, qui nous permis de réalisé une classification, selon l'orientation des fissures et l'importance et leur gravite probable.

Mots-clés: béton, pathologie, fissures, diagnostic, corrosion.

ملخص

في وقتنا الحاضر أصبحت دراسة الشروخ في المباني بمختلف مجالاتها وتوسعاتها تتطلب أهمية كبيرة من جميع النواحي، رغم صعوبة تشخيصها وترميمها، و نظرا للأهمية القصوى لهذه الدراسات من الناحية الاقتصادية و الإستراتيجية للبلاد، على الخبراء و الباحثين إعطائه أولوية من الجانب العلمي و العملي والتطبيقي.

تتعرض المنشآت و البنايات إلى أضرار عديدة ومتنوعة منها البسيطة ومنها الخطيرة، تعتبر التشققات من الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى تدهور الخرسانة، لأسباب أصلها كيميائية وأخرى فيزيائية إلى جانب الميكانيكية، والتي تأثر سلبا على ديمومتها.

في هذه الدراسة كان هدفنا جمع وتصنيف مختف أنواع التشققات، وتحديد الأسباب الرئيسية أو المحتملة في مختلف عناصر البناية الأساسية و الثانوية منها الأعمدة و الروافد، و البلاطات، وكذلك الجدران. بعد الاستطلاع الميداني، تم جمع كل المعلومات الأولية المحيطة بالمبنى كمعرفة السبب الرئيس كالتسرب المياه أو وجود أشجار قريبة.....الخ. هذا التشخيص الذي من خلاله تم تصنيف الشروخ حسب نوعها وموضعها واتجاهها كذلك حسب الأهمية واحتمالية خطورتها.

الكلمات المفتاحية : خرسانة، أمراض، تشققات، تشخيص، صدا الحديد .

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre : I Pathologies des constructions causes et désordres	
I.1 Introduction	3
I.2.1 Dégradation d'ordre chimique.....	3
I.2.1.1 La carbonatation.....	3
I.2.1.2 La corrosion et ces phases de développement.....	5
I.2.1.3 Attaque des chlorures.....	7
I.2.1.4 L'attaque Sulfatique.....	9
I.2.2 Dégradation d'ordre physique.....	11
I.2.2.1 Effet de Gel /Dégel.....	11
I.2.2.2 La réaction alcali-granulat.....	12
I.2.3 Dégradation d'ordre mécanique.....	13
I.2.3.1 Les chocs sur le béton.....	13
I.2.3.2 Mouvement de sol et Tassement.....	14
I.2.3.3 Action des séismes.....	16
I.2.4 Dégradation dues aux défauts de calcul et de conception.....	17
I.2.4.1 Instabilité et le non respect des règles de la statique.....	17
I.2.4.2 Matériau non approprié.....	18
I.2.4.3 Structure en chaîne.....	19
I.2.4.4 Effet des variations dimensionnelles.....	19
I.2.5 Dégradation dues aux Défauts d'exécution et Erreurs de dessin.....	21
I.2.5.1 Poussées au vide	23
I.3 Conclusion.....	24

Chapitre : II Caractérisation et recensement des fissures

II.1 Introduction	25
II.2 Caractéristiques des fissures.....	25
II.3 Différents types de fissures.....	27
II.3.1 Classification selon le type de fissure.....	28
II.3.2 Classification selon le fonctionnement	30
II.4 Mécanisme de la fissuration.....	32
II.4 Recensement des fissures.....	33
II.4.1 Eléments des structures.....	33
II.4.2 Eléments Façade.....	35
II.5 Réalisation d'un diagnostic.....	36
II.5.3.1 Investigation non destructives.....	37
II.5.3.2 Investigations destructives.....	38
II.6 Conclusion.....	39

Chapitre : III Diagnostic et analyse de la fissuration (cas pathologiques réels)

III .1 Introduction.....	40
III.2 Présentation des cas Etudiés.....	40
III.4 Recensement des fissures rencontrées.....	42
III.4.1 Eléments de structures.....	42
III.4.1.2 Les Poutres.....	48
III.4.1.3 Les plancher	50
III.4.1.4 Les balcons.....	51
III.4.2 Elément façade	52
III.4.2.1 Les murs.....	52
III.4.2.2 Autre cas.....	60

III.5 Diagnostique et analyse.....	62
III.5.1 Éléments des structures principales	62
III.5.2 Éléments des Façades : Murs	63
I II.6 Conclusion.....	66
I II.7 Conclusion générale.....	67
III.8 Fiche pour fissure.....	68
BIBLIOGRAPHIQUES.....	71

Liste des figures

Chapitre I

Figure I-1 : les phases de carbonatation.....	4
Figure I-2 : Mécanisme de carbonatation.....	4
Figure I-3 : progression de carbonatation.....	5
Figure I-4 : Processus de la corrosion des aciers dans le béton.....	6
Figure I-5 : dégradation par la corrosion	7
Figure I-6 : Types de fissures provoquées par la corrosion de l'armature.....	7
Figure I-7 : Mécanisme de la corrosion due aux chlorures.....	8
Figure I-8 : Conséquences de la corrosion par chlorures.....	9
Figure I-9 : Sources de sulfates multiples.....	10
Figure I-10 : Fissuration et faïençage par attaques sulfatiques.....	11
Figure I-11 : Le Processus du gel- dégel et des sels de déverglaçage.....	11
Figure I-12 : Écaillage de surface.....	12
Figure I-13 : Dégradations dues à l'alcali-réaction.....	13
Figure I-14 : Dégradations par chocs des véhicules.....	13
Figure I-15: L'effet de l'argile gonflante.....	14
Figure I-16 : L'effet de l'affaissement de sol.....	14
Figure I-17 : L'effet de l'affaissement de sol : Plantation d'arbre.....	15
Figure I-18 :L'effet de l'argile gonflante : Infiltration d'eau.....	15
Figure I-19: L'instabilité de sol : Cause de remblai.....	15
Figure I-20 : L'instabilité de sol : Cause de d'excavation et déblai.....	16
Figure I-21 : Effondrement complet de RDC (Étage souple).....	16
Figure I-22 : L'instabilité et le non respect des règles de la statique.....	17
Figure I-23 : Bâtiment à planchers suspendus.....	18
Figure I-24 : Choix du matériau adéquat pour assurer la durabilité de la structure.....	18
Figure I-25 : Immeuble comporte une façade fragile reposante sur un élément déformabl	19
Figure I-26 : Désordres possibles par l'effet de retrait.....	20
Figure I-27 : Effondrement d'une façade à grande porté.....	21
Figure I-28 : Solutions de ferrillages à Poussées au vide.....	22
Figure I-29 : Ferrillages trop courte et Manque de ferrillage.....	23
Figure I-30 : Ferrillage denses, nœuds complexes et recouvrement de barres.....	23

Chapitre II

Figure II-1 : Fonctionnement et cause des fissures.....	31
Figure II-2 : Désignations de fissure.....	32
Figure II-3 : Fissures probables affectant la poutre.....	33
Figure II-4 : Fissures probables affectant les poteaux.....	34
Figure II-5 : Fissures probables affectant les plancher.....	34
Figure II-6 : Fissures probables affectant les Murs.	35
Figure II-7 : La jauge GINGER.....	37
Figure II-8 : Étapes Investigation non destructives.....	37
Figure II-9 : Les Instrument pour le suivi.....	38
Figure II-10 : Étapes Investigation destructives.....	38

Chapitre III

Figure III-1 : Fissure à la base de poteau circulaire. Cas (3 -A).....	43
Figure III -2 : Fissure à la base de poteau. Cas (1 -F).....	44
Figure III -3 : Fissure à la base de poteau. Cas (2-C).....	45
Figure III -4 : Fissure sur la hauteur de poteau. Cas (1-L).....	46
Figure III -5 : Fissure à l'inférieure du poteau. Cas (2-A).....	47
Figure III -6 : Fissure à l'angle bas de poteau. Cas (1-K).....	47
Figure III -7 : Fissure de la séparation. Cas (1 -I).....	48
Figure III -8 : Fissure dans de la Poutre. Cas (2-C).....	49
Figure III -9 : Fissure dans la Poutre. Cas (1-M)	49
Figure III -10 : Fissure dans le plancher. Cas (3-A).....	50
Figure III -11 : Fissure dans le plancher. Cas (2 -A).....	50
Figure III -12 : Fissure dans le consol de balcon. Cas (1-J).....	51
Figure III -13 : Fissure oblique dans le mur. Cas (1-C).....	53
Figure III -14 : Fissure oblique dans le mur. Cas (1 -A), (1 -C), (2 -A).....	54
Figure III -15 : Fissure Escalier dans le mur. Cas (1-H). (1-A). (1-L).....	55
Figure III -16 : Fissure oblique à la base le mur. Cas (1-H).....	56
Figure III -17 : Fissure horizontale dans le mur. Cas (1 -H). Cas (2 - A).....	57
Figure III -18 : Fissure de la séparation. Cas (1 -L).....	58
Figure III -19 : Fissure dans les angles des fenêtres et les portes. Cas : (1-L). (1-C). (H-L)....	60
Figure III -20: Fissure des éléments décoratifs. Cas : (1-K). (1-L).....	61
Figure III -21: Séparation. joint de dilatation. Cas (1-C). Cas (2-A).....	61

Liste des tableaux

Tableau II-1 : Type et cause des fissures.....	30
Tableau II-2 : Mécanisme des fissures.....	32
Tableaux III.1 : Eléments des structures principales.....	62
Tableaux III.2 : Eléments des Façades : Murs.....	65

Chapitre I

*Pathologies des constructions
causes et désordres*

Introduction Générale

Le béton armé est un matériau de base dans les ouvrages, largement utilisé depuis plus d'un siècle, aussi bien dans le génie civil. Il peut se dégrader sous l'influence de causes liées à sa qualité originelle, est à des sollicitations d'exploitation et d'environnement. Des pathologies apparentes telles que les fissures peuvent survenir. Le béton est un matériau microfissure, résultat d'un mécanisme interne lié à sa prise : le retrait et à une faible résistance à la traction. La fissuration est indissociable du fonctionnement du béton armé, et intégrée au dimensionnement des ouvrages. Outre le retrait, une fissure peut avoir d'autres origines qui peuvent être liées à la mise en œuvre du béton sur le chantier, au fonctionnement mécanique ou thermique de la structure qui diffère des hypothèses prises lors du dimensionnement, ou encore aux réactions chimiques qui se sont développées au cours du temps dans le béton.

Afin de connaître la cause, l'étendue et la potentialité d'évolution de la fissuration, on établit un diagnostic nécessaire pour la prise des décisions relatives aux réparations.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est de chercher et recenser les causes principales de la fissuration manifestée dans les constructions en béton armé, présenter une classification étendue des différents types de fissures et proposer un modèle de fiche d'identification et un autre de fiche d'inspection.

Ce travail que nous présentons consiste à exposer un diagnostic de la fissuration dans les constructions en béton armé, il est répartie en trois chapitre, comme suit

Chapitre I : Pathologies des constructions causes et désordres

Ce chapitre est une recherche bibliographique exposant les différentes pathologies des constructions. Une présentation générale sera faite des causes et différentes origines de dégradations de béton, en expliquant les divers défauts et désordres résultant dans chaque cas pathologique.

Chapitre II : Caractérisation et recensement des fissures

Dans ce chapitre une présentation détaillé de la fissuration et de ces caractéristiques plus un recensement des divers fissures rencontrées dans les constructions.

Chapitre III : Diagnostic et analyse de la fissuration (cas pathologiques réels)

Dans cette partie d'investigation et après la collecte des informations que nous avons présentées dans les deux chapitres précédents, un diagnostic et analyse de la fissuration sera élaboré. L'étude est faite sur des cas pathologique réels dans l'université du Biskra avec deux autres cas dans des écoles primaires. L'étude ce fait pour présenté les causes principales qui ont conduit à des fissurations et leur classification.

I.1 Introduction

Le béton armé est un matériau utilisé depuis plus d'un siècle dans le bâtiment. Il peut se dégrader sous l'influence de causes liées à sa qualité originelle ou à des sollicitations d'exploitation ou d'environnement.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons aux principales pathologies apparaissant dans le béton armé durci. Ces pathologies ont des causes et conséquences variables. Elles sont décrites dans ce qui suit : dégradations chimiques, physiques et mécaniques comme on a présenté les différents dégradations dus aux différents défauts de calcul, de conception et d'exécutions

I.2. Dégradations affectant le béton armé

La durabilité des ouvrages en béton armé dépend de leur comportement face aux conditions climatiques et environnements qui existent dans les milieux où ils sont construits. Ces ouvrages sont souvent soumis à un processus permanent des dégradations physiques et chimiques sous l'effet des agressions extérieures.

I.2.1 Dégradation d'ordre chimique

I.2.1.1 La carbonatation

La carbonatation est un phénomène lent et naturel qui touche la plupart des matériaux de construction, c'est le résultat de la réaction chimique entre le CO_2 contenu dans l'air qui réagit avec l'hydrate de chaux présent dans le béton selon la formule (1).



Donc cette réaction totale prendra trois phases, la première phase et c'est la dissolution des ions, la deuxième la migration des ions vers la surface, le dernier c'est la précipitation de carbonate de calcium. (Figure : 1-1).

La carbonatation dégrade les bétons armés et elle est notamment responsable de la mise à nu de leurs armatures en acier.

I.2.1.1.1 Les mécanismes de la carbonatation

Cette réaction forme de la carbonatation de calcium et de l'eau, (Figure : 1-2). Elle est catalysée par l'humidité atmosphérique, progresse de l'extérieur vers l'intérieure et provoque la neutralisation progressive de l'alcalinité du liant : le milieu basique (PH=12-13) perd cette alcalinité, son PH devient inférieur à 9 et la protection naturelle des armatures n'est plus assurée.

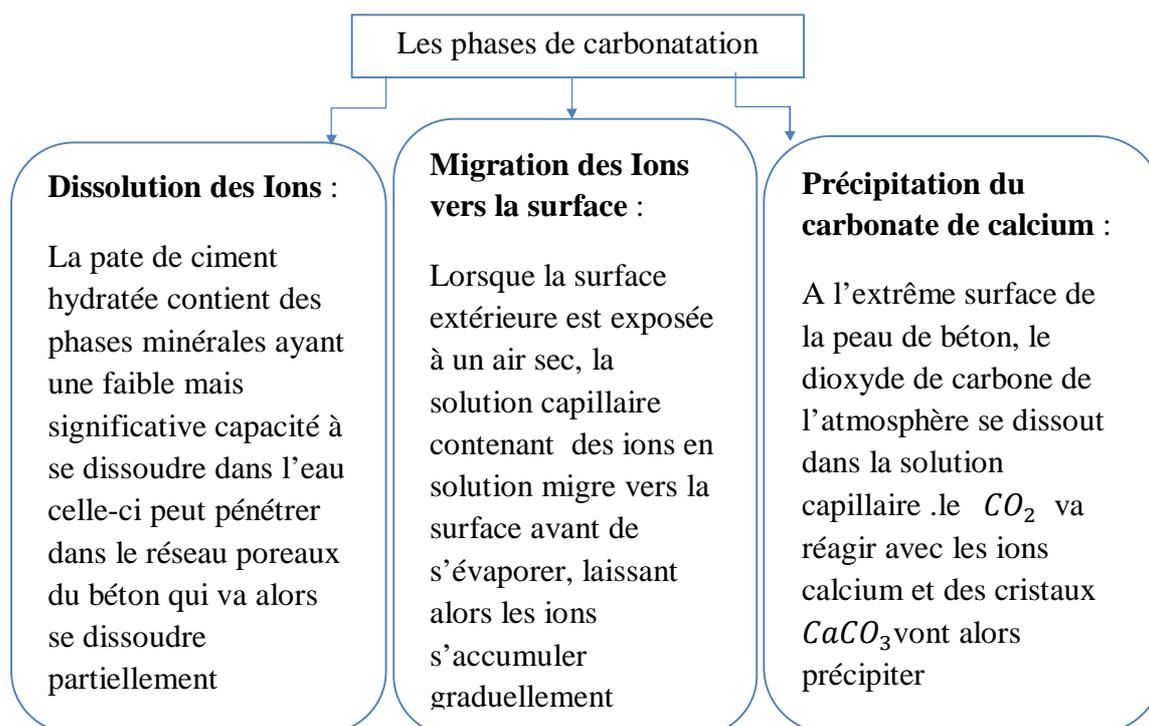


Figure I-1 : les phases de carbonatation. [1]

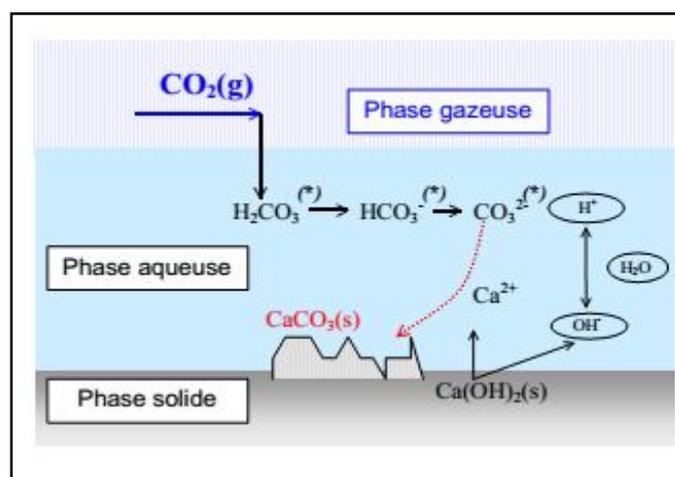


Figure I-2 : Mécanisme de carbonatation. [5]

I.2.1.1.2 Conséquences de la carbonatation

La carbonatation génère une modification lente de la structure du matériau et un changement de son comportement. Certes elle a un effet néfaste en réduisant la protection chimique des armatures, mais elle est aussi bénéfique en améliorant la résistance mécanique et la résistance aux eaux agressives. L'oxydation ainsi provoquée amène une augmentation appréciable de son volume, à tel point que le béton commence à se fissurer et à éclater. La mesure de la profondeur de carbonatation par pulvérisation d'un indicateur de PH, la phénolphthaléine. La coloration en rose représente la zone non carbonatée, la partie incolore la zone carbonatée, (**Figure 1-3**).

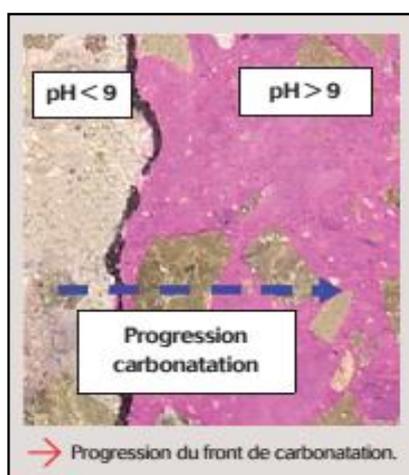


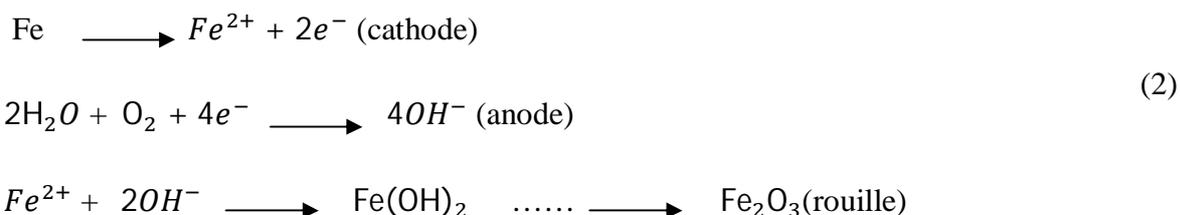
Figure I-3 : progression de carbonatation. [2]

I.2.1.2 La corrosion et ces phases de développement

L'évolution de la corrosion des armatures du béton s'effectue généralement en deux étapes : Au départ, l'acier est stabilisé par la couche passivation qui empêche la formation de la rouille, puis durant la phase de l'amorçage, les espaces néfastes vis-à-vis de la corrosion pénètrent dans le béton et l'acier se dépassive alors progressivement, cette dépassivation peut être engendrée par de nombreux facteurs dont la carbonatation et la pénétration des ions chlorure; c'est le stade d'incubation.

La seconde phase est celle dite propagation, où les oxyde et hydroxyde produits s'accumulent au niveau des armatures.

Les réactions principales d'oxydoréduction sont suivies de réactions de formation des produits de corrosion à la surface du métal, selon la formule (2)



Le schéma réactionnel de la corrosion implique la présence simultanée de quatre milieux à savoir une zone anodique (oxydation du fer), une zone cathodique (réduction d'espèces chimiques en solution : eau ou oxygène dissous), un milieu conducteur d'électrons (l'acier), et un milieu électrolytique (le liquide interstitiel du béton). A l'échelle macroscopique, elles ont lieu simultanément et au même endroit. (**Figure I-4**)

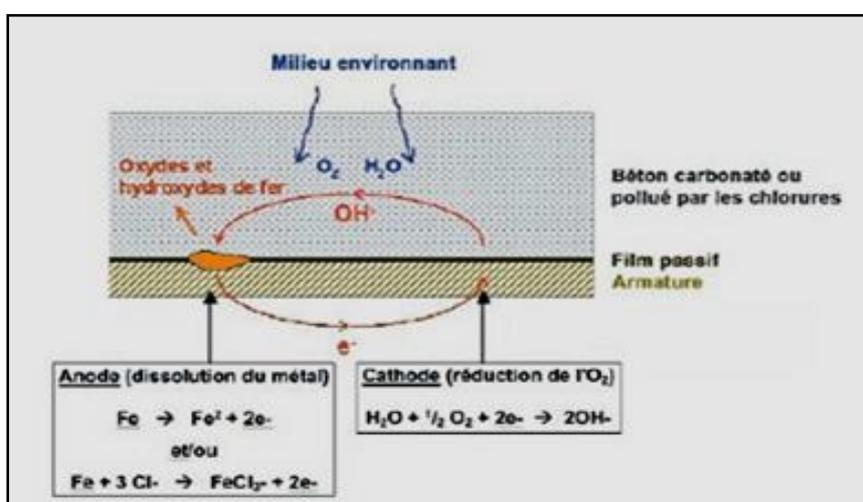


Figure I-4 : Processus de la corrosion des aciers dans le béton. [1]

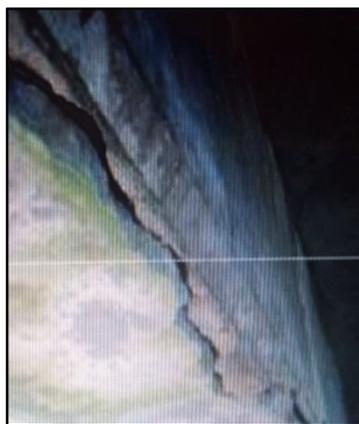
I.2.1.2.1 Les causes de la corrosion

Deux mécanismes conduisent à la dépassement des armatures :

- La carbonatation
- L'action des chlorures

I.2.1.2.2 Les conséquences de la corrosion

La corrosion des armatures a souvent pour conséquences des symptômes visibles sur le parement, ce phénomène entraîne à la fois une augmentation de volume, perte de la section efficace de l'armature. Ces pathologies peuvent être des fissures, décollements de béton éclats épaufures (**Figure 1-5**).



Fissures



Epaufrures



Eclatement

Figure I-5 : dégradation par la corrosion. [7]

On distingue trois différents types de fissures provoquées par la corrosion de l'armature (**Figure I-6**).

1. Une fissure au droit de la barre l'armature
2. Deux fissures de part et d'autre d'une barre symbolisant le détachement d'une bande à section trapézoïde.
3. La déamination d'un pan de mur constitué du béton d'enrobage

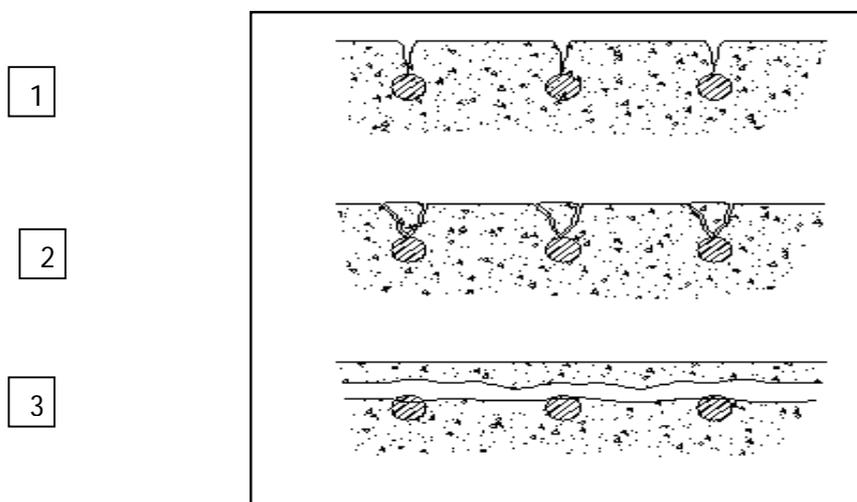


Figure : I-6 Types de fissures provoquées par la corrosion de l'armature. [6]

I.2.1.3 Attaque des chlorures

L'attaque des chlorures est due à la migration par capillarité à l'intérieur du béton, franchir la zone d'enrobage, atteindre les armatures, attaquer la couche passive (par un mécanisme de piles électrochimiques), et provoquer des corrosions initialement ponctuelles qui se propagent ensuite à toute la surface de l'acier.

I.2.1.3.1 Mouvement de chlorure dans le béton

Les chlorures contenus dans le béton sont, soit fixés par certaines liaisons chimiques et physiques, soit libres. Une partie des ions (Cl^-) fixés peut cependant devenir libres.

Si ces ions libres atteints les armatures, il y a risque de corrosion est beaucoup plus rapide et local que la corrosion par carbonatation.

Les chlorures peuvent attaquer le béton de plus d'une source :

- **Sources Internes** : les additifs pour accélérer le temps pris, Agrégats qui contiennent des chlorures, l'eau de gâchages
- **Sources Externes** : environnements marins ; eau de mer, sel de déverglage.

La vitesse de pénétration des chlorures dépend en particulier de la porosité du béton. Elle décroît avec le rapport E/C.

La corrosion des armatures s'amorce dès que la teneur en chlorure au niveau des armatures atteint un certain seuil de dépassivation. Ce seuil est fonction du pH des solutions interstitielles. Il est atteint plus rapidement si le béton est carbonaté. il est de l'ordre de 0.4% à 0.5% du poids du ciment.

I.2.1.3.2 Mécanisme de la corrosion par chlorure

L'hydroxyde de fer ($Fe(OH)_2$) est stable en milieu basique et il contribue à protéger l'armature en formant une couche passivante. Cependant, lorsqu'ils sont présents, les ions chlorures performent cette couche passivante, par formation d'un complexe du type (complexe $FeCl^+$). il se développe alors un processus de corrosion locale. (**Figure I-7**)

Dans ce cas le chlorure agit comme catalyseur en ce sens qu'il est régénéré suivant la réaction, selon la formule (3).

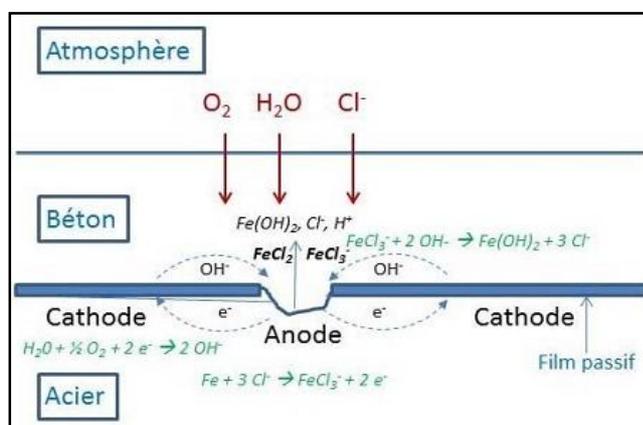


Figure I-7 : Mécanisme de la corrosion due aux chlorures. [8]

I.2.1.3.3 Les conséquences de l'attaque des chlorures

La corrosion due aux chlorures est un phénomène dangereux, parce qu'elle se produit localement et entraîne une réduction important de la section d'armature (a), avec détérioration de la surface de béton (b). **(Figure I-8).**



Figure I-8 : Conséquences de la corrosion par chlorures. [1] -[9]

I.2.1.4 L'attaque Sulfatique

L'attaque sulfatique est associée à la précipitation de produits sulfatés secondaires, d'une expansion importante et ²de la détérioration chimio-mécanique (modifications des propriétés de transport de la porosité, fissures, perte de résistance et de cohésion,.....). Ceci peut conduire à la ruine du matériau cimentaire.

I.2.1.4.1 L'origine des sulfates

Les réactions sulfatique regroupent l'ensemble des réactions qui implique des sulfates (CO_4^{2-}) ceux-ci peuvent provenir du milieu extérieur mais aussi du béton lui-même. **(Figure I-9)**

I.2.1.4.1.a Origines Intérieures

La réaction sulfatique interne est une pathologie des matériaux cimentaires, cette pathologie est liée à la formation d'un hydrate qui est l'ettringite.

L'ettringite est une espèce minérale contenant des sulfates, est un trisulfo aluminat de calcium hydraté en notation cimentière issu de la réaction entre les aluminates de calcium et le gypse. Une couche d'ettringite se forme alors autour des grains de ciment anhydres.

- Régulateur de prise ajouté au ciment (gypse, hémi-hydrate, anhydrite).
- Les sulfates continus dans le clinker lui-même : sulfate alcalins et solution solides dans les silicates de calcium [30].
- Ils peuvent provenir de l'utilisation De granulats ou de l'eau de gâchage.

I.2.1.4.1.b Origines Extérieures

L'attaque sulfatique externe se produit lorsqu'un matériau cimentaire se trouve en contact direct avec une source de sulfate, comme

- Milieu marin
- Nappe phréatique
- Stockage de produits
- Dans les environnements industriels et urbains, l'atmosphère peut contenir de l'anhydride sulfureux CO_2 .

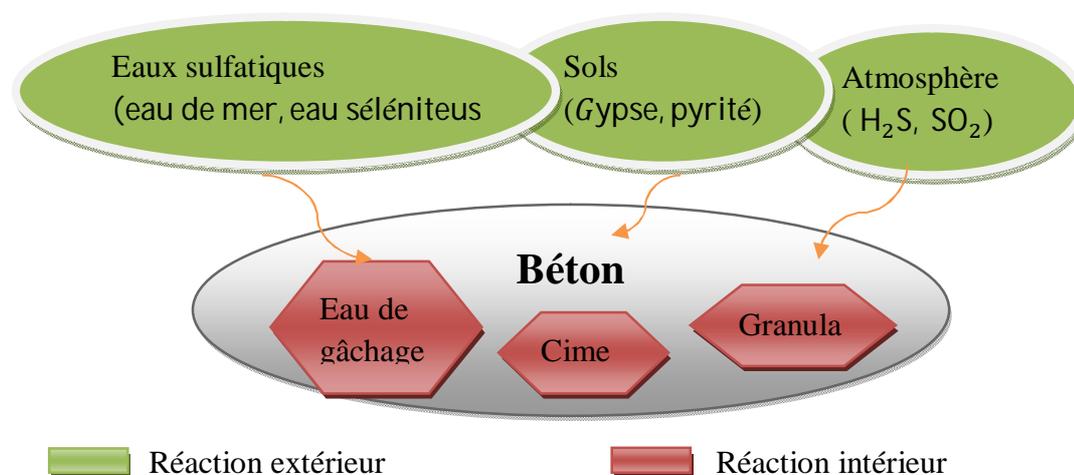


Figure I-9 : Sources de sulfates multiples. [7]

I.2.1.4.2 Les conséquences des réactions Sulfatiques

Lorsqu'un béton est exposé à un environnement riche en sulfates, donc en distingue les phénomènes suivants

a. Réaction sulfatique interne

- Identique à la RAG à l'œil nu
- Cristallisation en aiguilles (microstructure)

Pour les symptômes on distingue : fissures et faïençage..... (Figure I.10.a)

b. Réaction sulfatique externe

- Expansion provoqué par la croissance d'aiguille d'ettringite
- Expansion se traduit par une fissuration et un éclatement superficiel du béton
- Les fissures facilitent la pénétration des agents agressifs et accélère le processus de dégradation.

Pour les symptômes on distingue : couche Blanchette (Figure I.10.b)



a. Réaction sulfatique interne



b. Réaction sulfatique externe

Figure I-10 : Fissuration et faïençage par attaques sulfatiques. [7]

I.2.2 Dégradation d'ordre physique

I.2.2.1 Effet de Gel -Dégel

Lorsque l'eau pénètre dans les pores du béton, les forces d'adhésion capillaires abaissent le point de congélation : l'eau continue dans les pores les plus fins ne se transforme en glace qu'à une température loin au-dessous de 0°C. la glace forme donc dans les pores les plus grandes et, ensuite lors d'un abaissement plus poussé de la température, dans les plus petits. Néanmoins, l'expansion de l'eau dans la porosité des bétons provoque l'apparition de contrainte qui peuvent engendrer un écaillage. (Figure I-11)

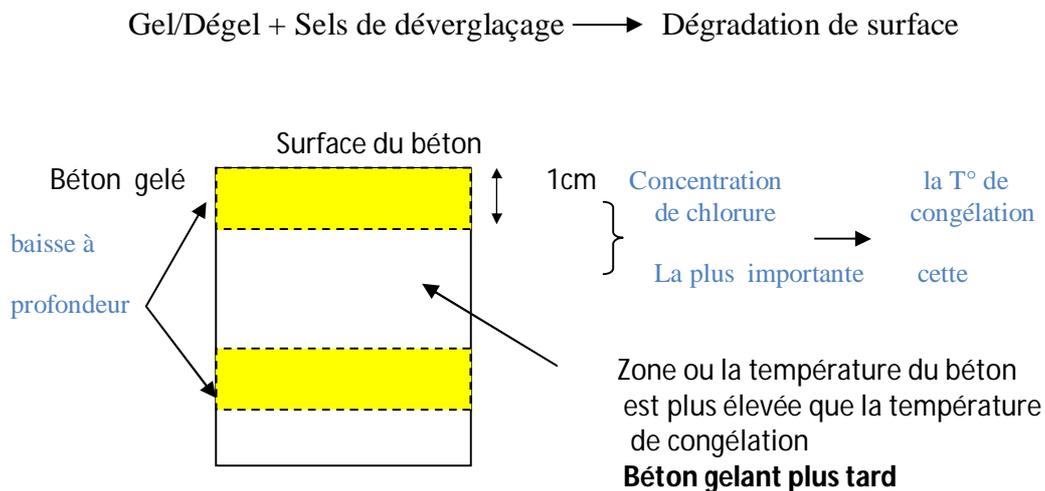


Figure I-11 : Le Processus du gel- dégel et des sels de déverglçage. [6]

I.2.2.1.1 Les dégâts visibles dus au Gel-Dégel

- **La fissuration interne**

Dans un béton mal protégé contre le gel, l'intensité de la fissuration interne dépend du nombre de cycles de gel-dégel et de la sévérité des cycles (températures minimale et maximale, taux de gel, degré de saturation).

- **L'écaillage de surface**

Comme son nom l'indique, il s'agit d'un mode de dégradation qui touche surtout la surface du béton en contact avec le milieu externe (les premiers millimètres) , elle se manifeste par le décollement progressif de petites particules de pâte qui ont souvent la forme de petites écailles. (Figure I-12)



Figure I-12 : Écaillage de surface. [1]

I.2.2.2 La réaction alcali-granulat

La réaction alcali-granulats est une réaction chimique à évaluation lente entre certains granulats dits «réactifs» et les alcalins normalement présents dans la solution interstitielle du béton ou amenés par des agents extérieurs. Cette réaction conduit à la formation d'un gel de silicate suivi d'un gonflement du béton qui provoque une fissuration importante et une perte de résistance considérable. (**Figure I-13**)

Afin qu'une réaction alcali-granulats ait lieu, les 3 conditions suivantes doivent être réunies mais ne donnent pas forcément lieu à la réaction :

- Présence de granulats réactifs (silice mal cristallisée).
- Milieu ambiant humide.
- Teneur suffisante en alcalins dans le béton (calcium, sodium).



(a)



(b)

Figure I-13 : Dégradations dues à l'alcali-réaction. [11]

I.2.3 Dégradation d'ordre mécanique

I.2.3.1 Les chocs sur le béton

Un ouvrage doit résister, non seulement aux efforts de service, mais aussi aux efforts accidentels normalement prévisibles.

Les chocs du aux : poids lourd, véhicules, bateaux....et, soit pour les constructions en béton armée (**Figure I-14.a**) ou les ouvrages d'art (**Figure I-14.b**), Ce phénomène est très dangereux peut produire des fissures et d'effondrement, jusqu'à la rupture du béton.



a. Choc par véhicule



b. Dégradation de l'extrados d'un pont du au choc des véhicules

Figure I-14 : Dégradations par chocs des véhicules. [12]

I.2.3.2 Mouvement de sol et Tassement

I.2.3.2.1 Tassement due au sol argileux

Le volume des sols argileux superficiels peut varier suite à un changement de leur teneur en eau. En été, est par la forte chaleur et pluies abondante provoquent des tassements différentiels, les mouvements de terrain, liés à ce phénomène de retrait (figure I-15.a), et au gonflement (figure I-15.b), se traduisent alors par l'apparition de fissures affectant des constructions.

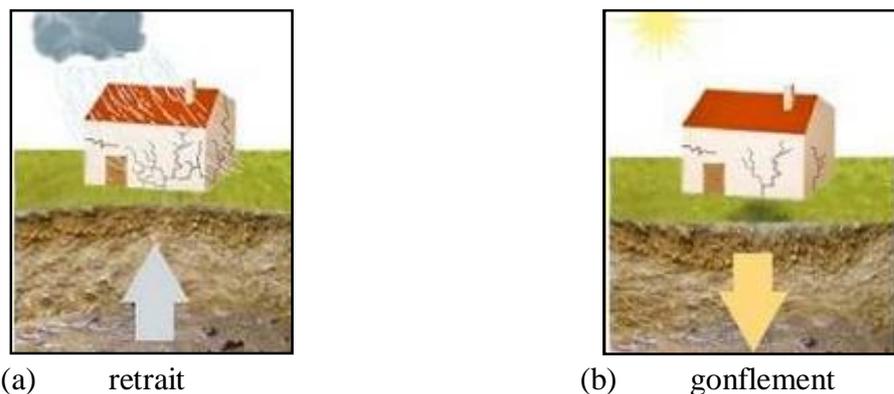


Figure 1-15: L'effet de l'argile gonflante. [14]

I.2.3.2.2 Affaissements de sols

Ces mouvements, sont liés à l'existence et à l'évolution de cavités souterraines dont l'effondrement est amorti par le comportement souple des terrains superficiels (Figure I-16).

Les causes principales sont :

- la plantation d'arbres situés à une courte distance de la construction (Figure I-17).
- L'infiltration des eaux pluviales ou les eaux d'assainissement (Figure I-18).

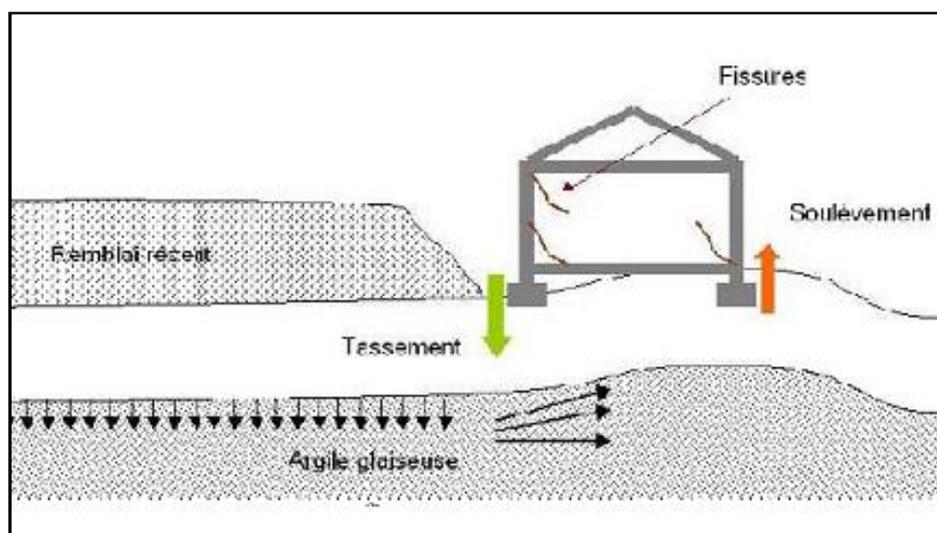


Figure I-16 : L'effet de l'affaissement de sol. [12]



Figure I-17 : L'effet de l'affaissement de sol : Plantation d'arbre. [15]



Figure I-18 : L'effet de l'argile gonflante : Infiltration d'eau. [15]

I.2.3.2.3 Terrain instable de remblais

Un terrassement par remblai consiste à mettre en place, en générale par apport ou dépôt, des terres préalablement prélevées. . (Figure I-19).

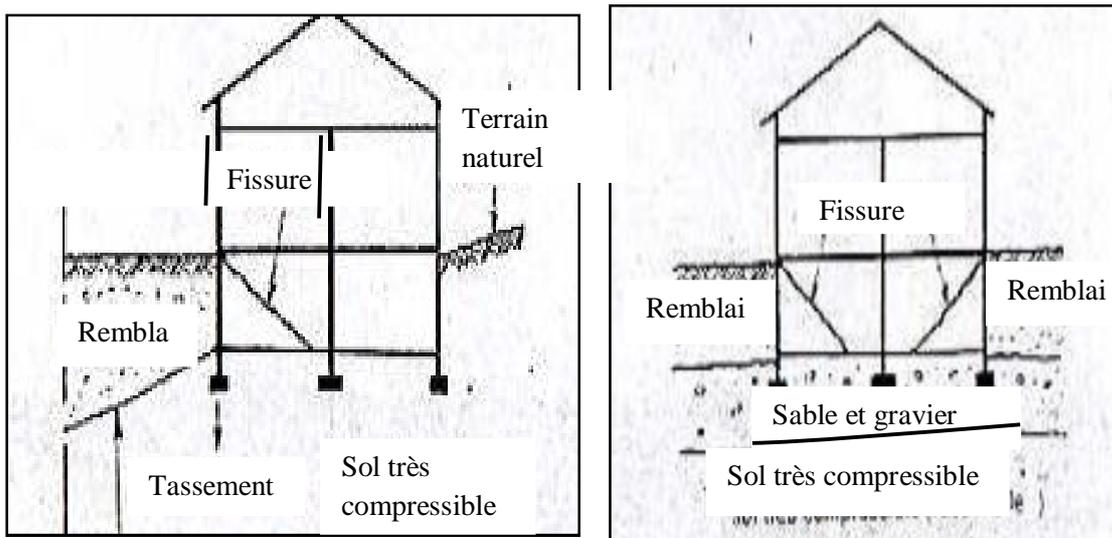


Figure I-19: L'instabilité de sol : Cause de remblai. [12]

I.2.3.2.4 Terrain instable de déblais

Un terrassement par déblai consiste à des terres initialement en place, ces déblai peuvent être dangereuses si elles sont réalisées, soit au pied des talus en pente, aux voisinages des fondations d'une structure, des déblais de mines déjà exploité. (Figure I-20)

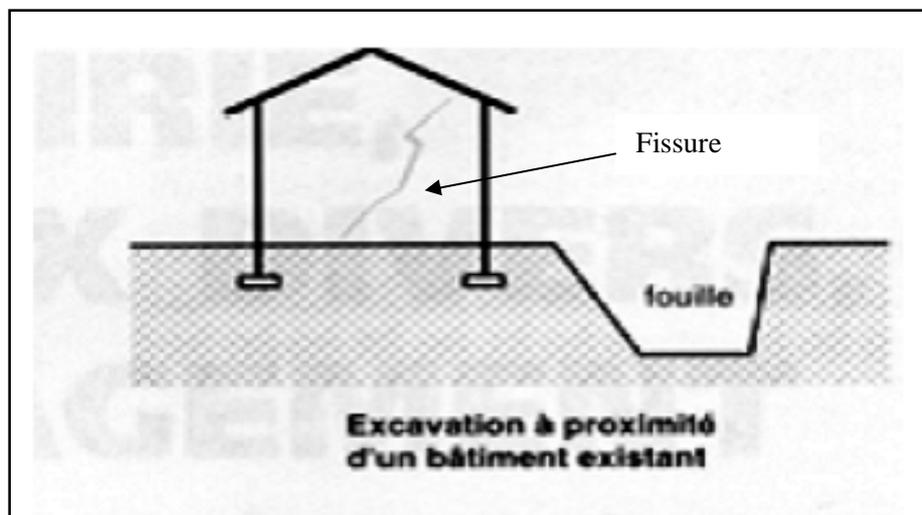


Figure I-20 : L'instabilité de sol : Cause de d'excavation et déblai. [12]

I.2.3.3 Action des séismes

Sous l'effet des secousses, le béton perd plus ou moins brutalement sa cohésion autour et à l'intérieur des armatures, ce qui affaiblit le bâtiment.

Lors d'un séisme violent, l'adhérence béton-armatures, même bien réalisée, va sans doute commencer à se dégrader à certain endroits, dégradation puis rupture. (Figure I-21)



Figure I-21 : Effondrement complet de RDC (Étage souple) [13]

I.2.4 Dégradation dues aux défauts de calcul et de conception

I.2.4.1 Instabilité et le non respect des règles de la statique

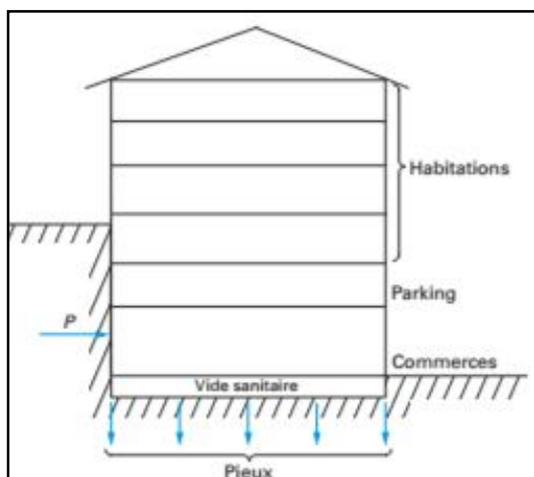
Il s'agit de s'assurer que l'ouvrage sera en équilibre, impose les 2 conditions fondamentales : ces conditions doivent, bien entendu, être vérifiées, tant que l'ouvrage considéré dans sa globalité, que pour chaque élément constitutif de l'ouvrage.

$\sum F=0$ la résultante de forces appliqués est nulle.

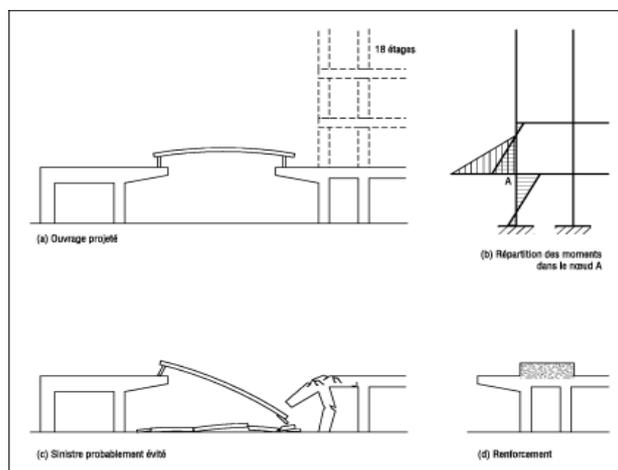
$\sum M=0$ la somme des moments des forces appliqués est nulle.

Ces conditions doivent, bien entendu, être vérifiées, tans pour l'ouvrage considéré dans sa globalité, que pour chaque élément constitutif de l'ouvrage.

- Problème d'étude et causée par la poussée de terre, Il conviendra de faire l'inventaire de toutes les actions exercées sur l'ouvrage, et de s'assurer le mode de transmission et la continuité jusqu'aux fondations. (Figure I-22.a)
- Les changements dans un projet en cours de réalisation sont souvent source d'ennuis graves, par suite d'oublis ou négligences. (Figure I-2.b)



a. Immeuble instable dans sa globalité [17]



b. Hall d'un bâtiment d'habitation: Bloc RDC mitoyen à autre avec n étage [12]

Figure I-22 : L'instabilité et le non respect des règles de la statique

I.2.4.2 Matériau non approprié

Le béton armé traditionnel est un matériau relativement lourd au regard de ses performances par rapport à l'acier.

- Les ouvrages de grandes portées, telles les couvertures de gare ou d'aéroport par exemple. Le béton armé présente un rendement moins favorable que l'acier Cas des planchers suspendus (Figure I-23).
- Le choix de matériaux adéquat est important pour assurer la durabilité de l'ouvrage est atteindre le moindre coût (Figure I-24).

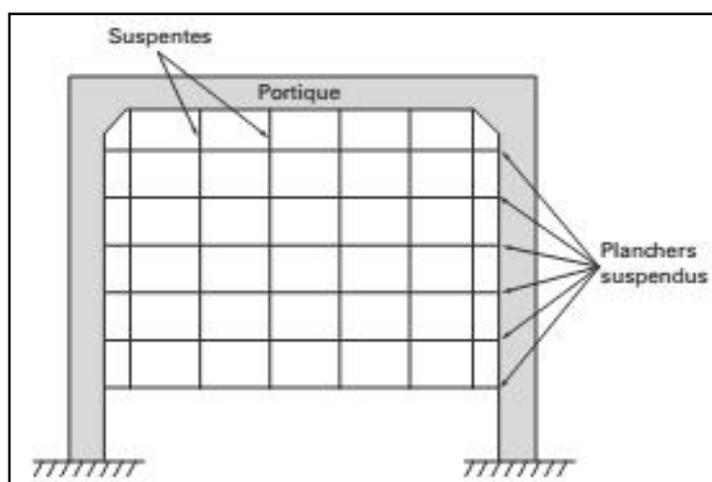


Figure I-23 : Bâtiment à planchers suspendus. [17]

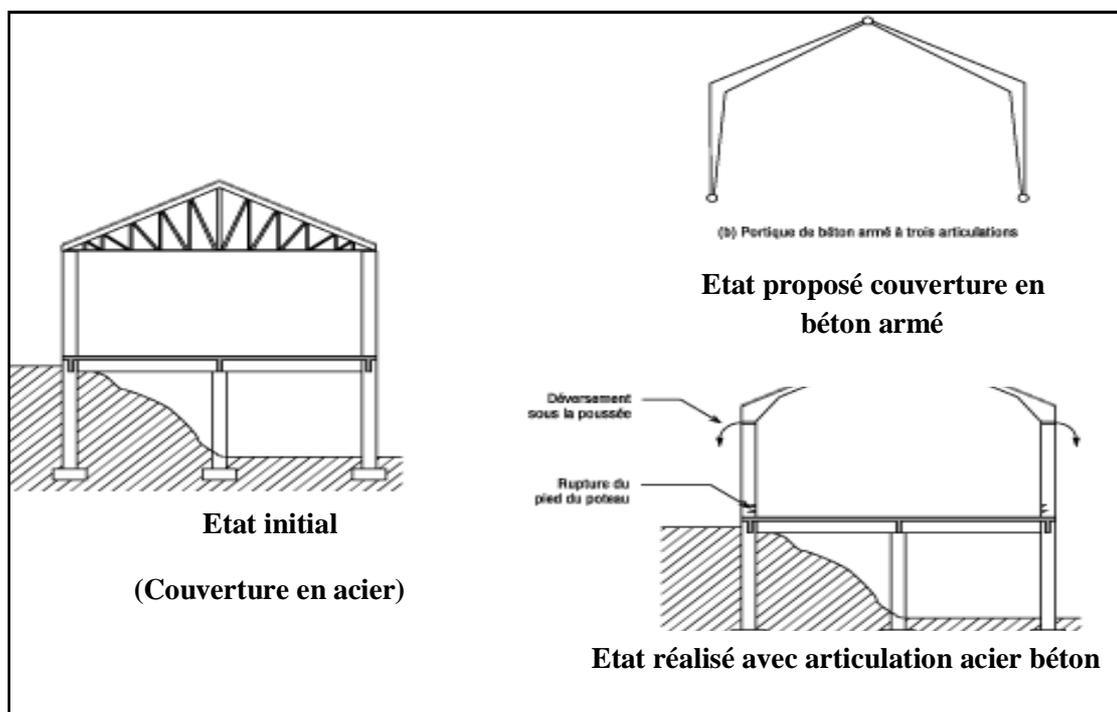


Figure 1-24 : Choix du matériau adéquat pour assurer la durabilité de la structure. [12]

I.2.4.3 Structure en chaîne

Structure en chaîne. Il s'agit, comme dans une chaîne métallique, d'un ouvrage dont les éléments constitutifs ne sont solidarisés l'un à l'autre que par les seules liaisons nécessaires à leur stabilité, la rupture de l'un d'entre eux entraînant la désorganisation, voire l'effondrement de l'ensemble, comme dans le cas d'une chaîne à la suite de la rupture d'un seul maillon. (Figure I-25).

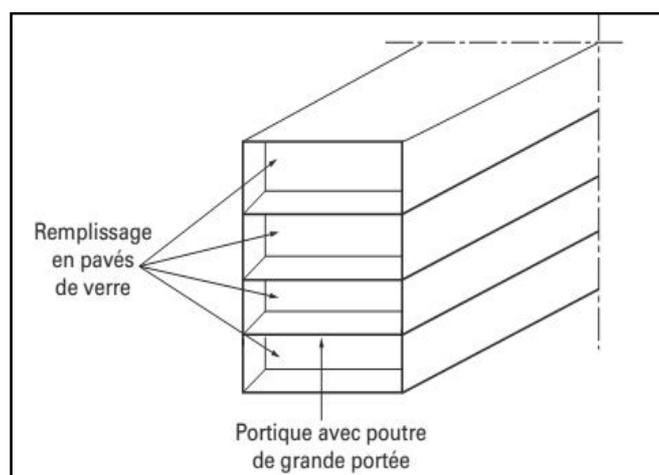


Figure I-25 : Immeuble comporte une façade fragile reposante sur un élément déformable.
[17]

I.2.4.4 Effet des variations dimensionnelles

Les désordres consécutifs aux variations dimensionnelles représente près de la moitié de l'ensemble des sinistres affectant les ouvrages en béton armé.

Il convient de ne pas oublier que les dimensions, et les formes, d'un élément de construction sont susceptibles de varier sous l'effet de plusieurs facteurs. (Figure I-26).

- Charges appliqués
- Retrait ;
- Variation de température
- Fluage

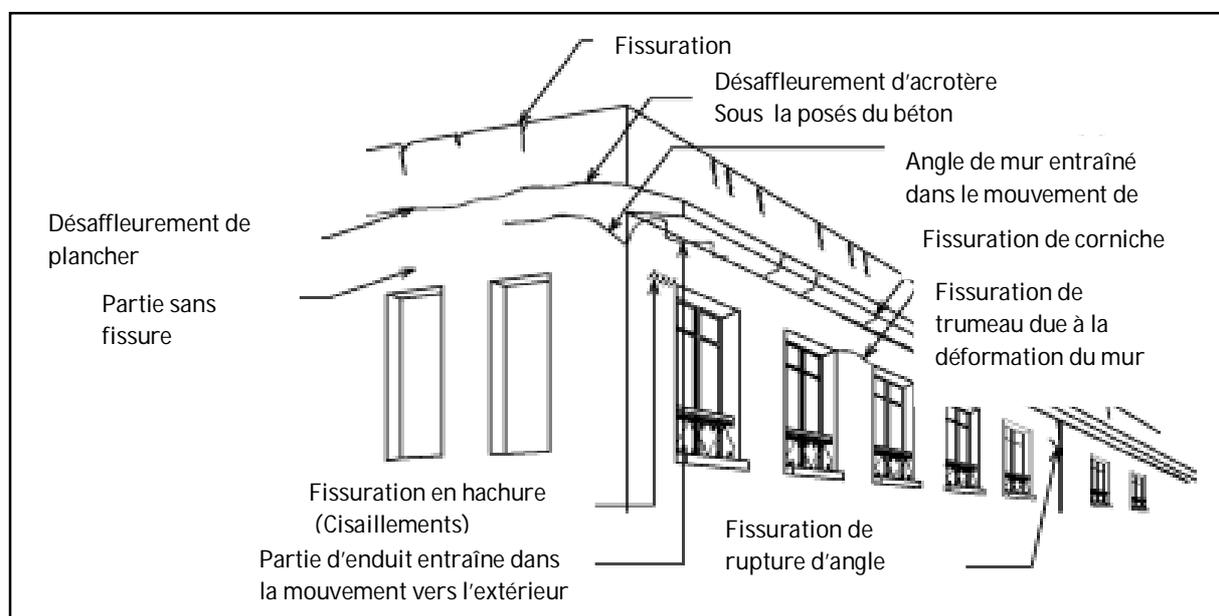
Et, que ces variations dimensionnelles, flèche pour une poutre,

Raccourcissement pour un poteau, résultant des efforts appliqués ont à long terme, du fait de fluage du béton, une valeur de l'ordre de 3 fois la valeur initiale.

I.2.4.4.1 Retrait et dilatation

Le béton, comme tous les matériaux poreux, est sujet à des variations dimensionnelles quand changent son hygrométrie et sa température. Le séchage à partir de la pâte que constitue le béton frais produit le retrait, qui est le phénomène majeur. Puis, toute ré-humidification, toute élévation de température produit une dilatation.

- ✓ Le retrait plastique : est un phénomène de dessiccation qui se produit avant et pendant la prise de béton, qui dépend de la température de l'air et du béton, l'humidité est le vent. il associe au ressuage car il s'agit de l'évaporation de pellicule d'eau résultant dans ce phénomène.
- ✓ Le premier retrait s'explique par la contraction, qui correspond à une déformation de la pâte de ciment observée au cours de l'hydratation.
- ✓ Le retrait d'auto dessiccation ne concerne seulement que les bétons à hautes performances pour lesquels le rapport E/C est faible. Ce phénomène est liée à la formation des hydrates qui provoque une dessiccation sans départ d'eau à l'extérieur et mise en tension par effet de capillarité. le premier retrait et le retrait de d'auto dessiccation constituent le retrait endogène du béton.



(a) Vue à l'extérieur

Figure I-26 Désordres possibles par l'effet de retrait. [12]

I.2.4.4.2 Flambage

Au temps où tous les calculs de béton armé se faisaient à la règle, à partir de formules obligatoirement simples et valables, le projeteur avait tendance à donner à son ouvrage les mêmes formes simples de manière à ce que son comportement soit le plus proche possible de celui qu'il calculait. Et il faisait bien.

Dans les problèmes de flambage plus qu'ailleurs, les calculs doivent cerner la réalité au plus près. (Figure I-27)

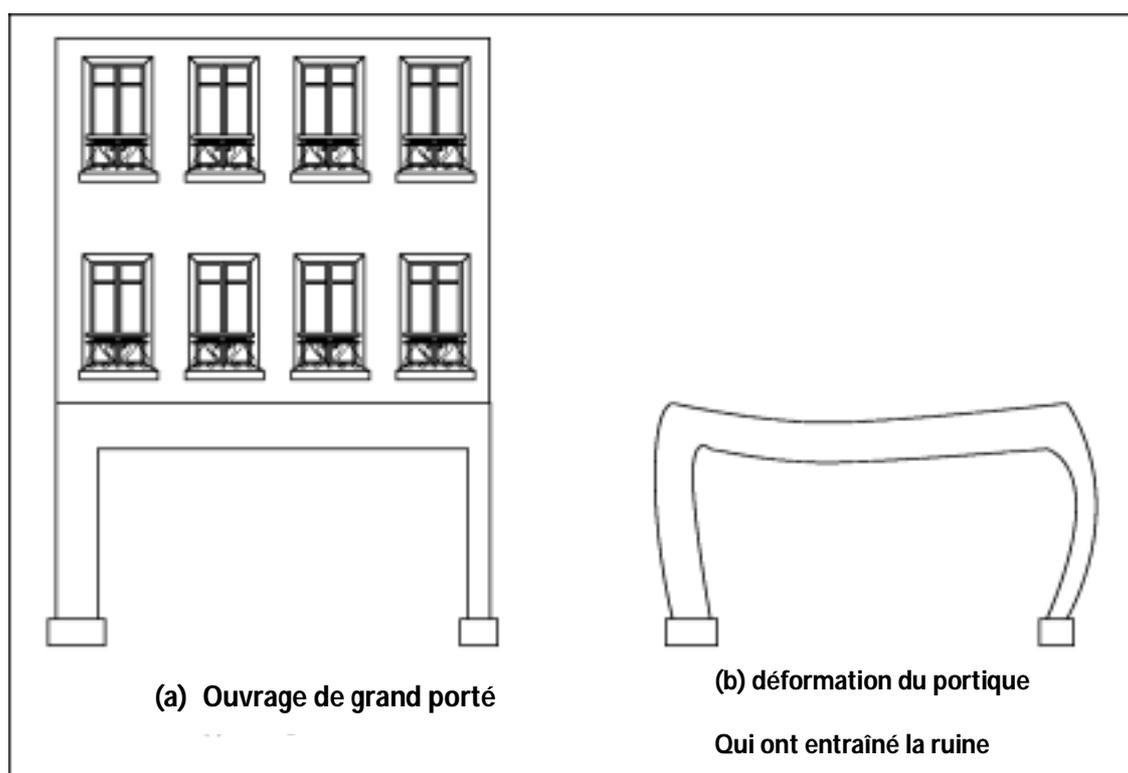


Figure I-27 : Effondrement d'une façade à grande porté. [12]

I.2.5 Dégradation dues aux Défauts d'exécution et Erreurs de dessin

Ces erreurs sont à l'origine, généralement, d'un mauvais dimensionnement des sections et d'une disposition non satisfaisante des armatures qui se traduisent par des localisations de fissures ou de ruptures non acceptable.

Aussi, une évaluation imparfaite des conditions de sollicitations cycliques des ouvrages et des lois de comportement en fatigue des matériaux est susceptible de remettre en cause les résultats de calcul et le dimensionnement pour une durée de vie escomptée.

Les erreurs d'exécution qui sont susceptibles de justifier une intervention au niveau de l'ouvrage portent sur les imperfections de coffrage, les défauts de bétonnage, les incohérences du ferrailage ou sur les conditions non satisfaisantes de décoffrage.

Donc, des fissurations qui peuvent être infiltrées, ou à des éclats de béton localisés.

Celles-ci portent, très majoritairement, sur le ferrailage de l'ouvrage.

- Poussées au vide [17]: (Figure I-28)
- Aciers non remontés et trop courts et manque aussi de ferrailage [17] : (Figure I-29)
- Ferrailage denses, nœuds de recouvrement de barres [17] : (Figure I-30)

I.2.5.1 Poussées au vide

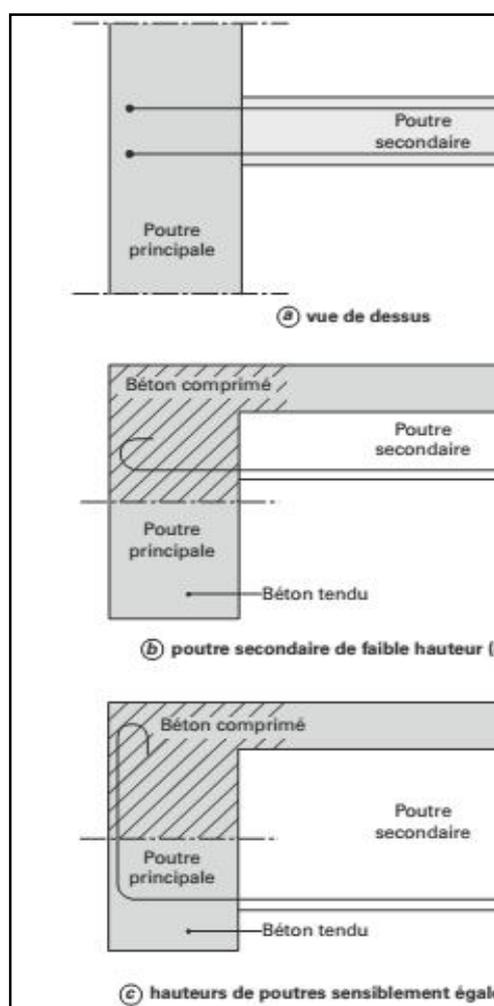
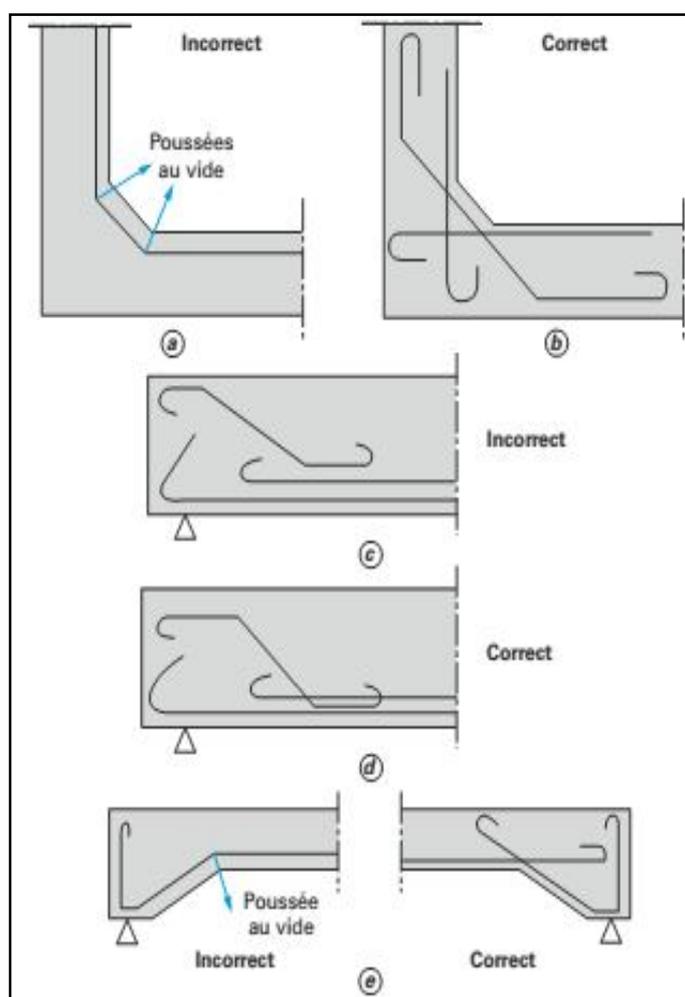


Figure I-28 : Solutions de ferrailage à Poussées au vide.

Figure I-29 (a) : Aciers non remontés .

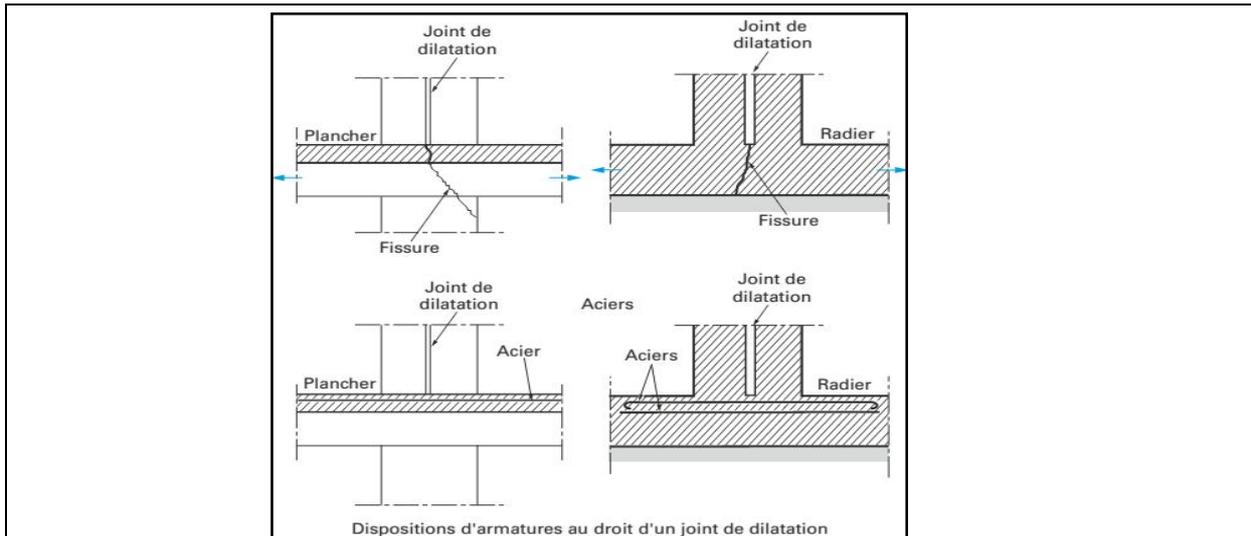
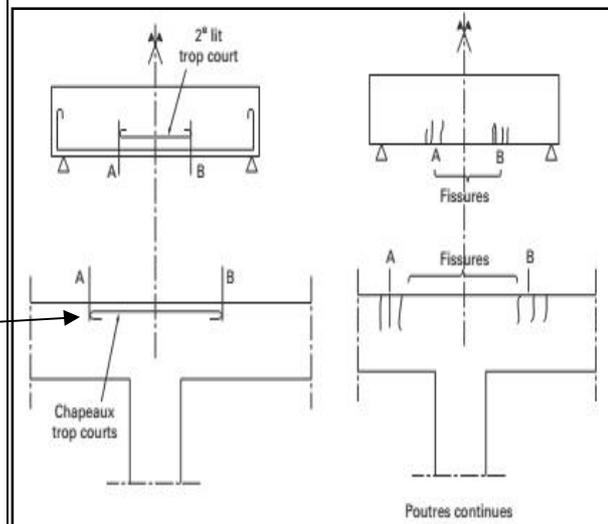


Figure I-29 (b) : Manque de ferrailage au niveau de joint du plancher et semelles.

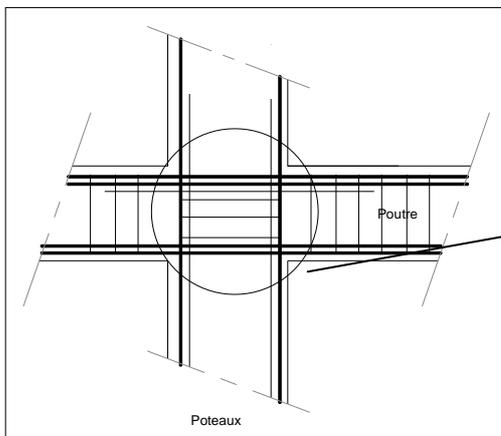


(c) Ferrailages trop courte au niveau de recouvrement



(d) fissure au zone critique de ferrailage

Figure I-29 : Ferrailages trop courte et Manque de ferrailage



(a) Ferrailage denses



(b) Éclatement de béton

Figure I-30 : Ferrailage denses

I.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu les différentes dégradations affectant le béton armé, ainsi que les pathologies manifestant la fissuration. Comme on a constaté à travers tous les mécanismes de dégradation de béton qui mène à la perte de performance ou de comportement sont dues par plusieurs facteurs, donc la notion de la structure parfaitement durable c'est une notion irréalisable. Donc L'étude de ces pathologies constitue une étape majeure contribuant au l'élaboration d'un diagnostic bien réalisé.

Chapitre II

*Caractérisation et
recensement des fissures*

II.1 Introduction

La fissuration du béton armé est un phénomène normal compte tenu du principe de fonction de ce matériau. Mais, que se soit pour des raisons esthétique ou de durabilité, il convient de maîtriser les ouvertures de ces fissures.

On peut trouver deux catégories de fissures : la fissure structurelle et la fissure esthétique. La fissure esthétique est admise par les différents textes normatifs, **Eurocode 2** (norme de conception des structures en béton armé) et **DTU 21** (norme de mise en œuvre). La fissuration est normale dans les structures en béton armé soumises à des sollicitations de flexion, d'effort tranchant, de torsion ou de traction résultant soit d'un chargement direct soit de déformations gênées ou imposées. Les fissures peuvent être admises sans que l'on cherche à en limiter l'ouverture sous réserve qu'elles ne soient pas préjudiciables au fonctionnement de la structure.

Dans ce chapitre, on présente les caractéristiques et les différents types d'une fissure et les causes de son développement. Un recensement des fissures selon leur type de chaque élément constructif sera étendu.

II.2 Caractéristiques des fissures

Les fissures sont caractérisées par :

II.2.1 L'âge

Une fissure est difficile à cerner de façon précise quand elle n'est pas provoquée par une accidentelle et signalée. Néanmoins, La connaissance de cette donnée ne manque pas d'intérêt. On peut, Selon les conditions ambiantes, Se faire une idée de l'injectabilité de la fissure. On admet couramment qu'une fissure «jeune» de moins de deux ans ne présent pas de difficulté d'injection et que le résultat est plus aléatoire pour des fissures de plus de deux années.

II.2.2 Le tracé

Une fissure se définit par son orientation et sa longueur mesurable sur l'ouvrage, l'orientation de la fissure est souvent révélatrice de son origine. Lorsque la fissure est continue sur l'axe d'orientation, elle est dite fissure **franche**, et si l'axe d'orientation est défini par plusieurs fissures successives, elle est dite **discontinue**.

✓ **Orientation:**

- Verticale
- Horizontale
- Inclinée (préciser l'angle par rapport à l'horizontal)
- Mixte (plusieurs directions)
- Quelconque

✓ **Tracé ou forme:**

- Rectiligne
- Courbé
- Quelconque
- Simple, multiple et composé

II.2.3 L'ouverture

La fissure peut s'évaluer facilement à l'œil nu sur son tracé en prenant un repère sur un réglet, ou un moyen d'appareils de mesure spécialisés. Il est couramment admis de définir l'ouverture d'une fissure par l'ouverture maximale relevée sur le tracé

Aujourd'hui il existe plusieurs types de matériels de mesure d'ouverture de fissures pour le bâtiment aux précisions et aux facilités d'utilisation différentes. Des appareils permettant des mesures de fissures de l'ordre du centième de précision comme le déformètre à bille, la jauge Ginger CEBTP, le catalogueur (qui lui enregistre les données), et des appareils de plus faible précision comme le Fissurotest, la réglette graduée, ou la lunette micrométrique.

Afin de choisir le matériel adapté à la surveillance des fissures en fonction de l'importance de l'ouvrage (ouvrages d'art, constructions d'habitation ou équipement ..., etc).

II.2.4 La profondeur

Une fissure est dite traversant lorsqu'elle est visible sur ou moins deux faces de la structure.

Elle est dite aveugle quand elle est supposée traversant, Mais débouche sur une face non accessible de la structure. Une fissure aveugle est souvent d'ouverture importante et peut donc laisser passer les fluides corrosifs-eau ou air.

- ✓ Une fissure est dite de surface quand son ouverture est maximale en surface et devient nulle au sein du matériau. Sa profondeur peut néanmoins être importante si l'épaisseur du matériau est, elle-même, importante.

II.2.5 L'activité

Caractérise la variation dimensionnelle de l'ouvrage de la fissure dans le temps.

- ✓ Les fissures passives ou mortes, pour les fissures dont les ouvertures ne varient plus dans le temps, quelles que soient les conditions de température, d'hygrométrie ou de sollicitation de l'ouvrage. Cependant, elles sont rares, car les matériaux alentour à la fissure varient selon la température, c'est le phénomène de dilatation thermique.
- ✓ Les fissures stabilisées, lorsque leur ouverture varie dans le temps en fonction de la température.
- ✓ Les fissures actives ou évolutives, lorsque leur ouverture continue à évoluer indépendamment des cycles de température.

II.3 Différents types de fissures

Il est important avant tout de souligner qu'il est impossible aujourd'hui d'éviter la fissuration du béton armé, que ce soit lors de la mise en œuvre, due par exemple au retrait de dessiccation ou sur le béton durci, dû au vieillissement du matériau.

- ✓ Les causes dues aux propriétés des matériaux, avec par exemple le retrait suite à l'évaporation de l'eau de gâchage, le gonflement engendré par la réaction exothermique du liant ou encore à la résistance mécanique de la cohésion du liant.
- ✓ Les causes directes externes, avec notamment les déformations excessives sous l'action des charges ou encore des déformations sous l'action des variations de température ou sous l'action de l'humidité.

Les causes externes indirectes, à savoir les répercussions sur certaines structures d'actions provenant d'autres éléments tels que les tassements différentiels des fondations.

Les causes dues à un phénomène de corrosion des armatures, les armatures corrodées ayant un volume plus important que les aciers en bon état, l'état de contrainte du béton au droit d'une armature corrodée est plus important et la fissuration s'enclenche.

II.3.1 Classification selon le type de fissure

On trouve quatre types de fissures comme il est indiqué au tableau (II.1), sont définis par les caractères morphologiques suivants.

a : Emplacement :

il faut un repère dans l'élément (mur, cloison, ...etc)

La situation de la fissure correspond alors :

- Fissures horizontales inclinées :
Partie (ou zone) basse, partie moyenne, partie supérieure
- Fissures verticales :
Rive, zone médiane, emplacement divers.

b : Importance

En nombre (répétition, répartition irrégulière ou régulière).

En longueur ou développé.

En largeur (mesurable, non mesurable ou variable, constante)

En épaisseur (par rapport à celle de l'élément) : superficielle (non traversant), traversant partielle, traversant totale).

il est possible de classer les fissures en trois catégories selon leur évolution :

II.3.1.1 Le faïençage

C'est un réseau caractéristique de microfissures qui affecte principalement la couche superficielle du béton. Elles ne pénètrent pas assez sous la surface et sont d'habitude des problèmes d'aspect uniquement, ils ne sont pas visibles, sauf quand le béton sèche après que la surface a été humidifiée.

II.3.1.2 Les microfissures

Ce sont des fissures étroites, filiformes de moins 0.2 mm de large. Elles attaquent l'enduit sur toute son épaisseur :

Microfissures de retrait : Elles se présentent comme le faïençage ou au niveau des joints de la maçonnerie. Le problème vient de l'enduit et des joints eux-mêmes (Trop d'eau de gâchage, mauvaise qualité du mortier, mauvaise adhérence de l'enduit).

Microfissures horizontales ou verticales : elles sont souvent dues aux comportements hygrothermiques différents des matériaux composant le mur. Par exemple, jonction entre les parpaings et un linteau en béton coulé ou un chaînage en béton armé.

Bien que superficielles, elles sont à surveiller car elles peuvent entraîner des infiltrations d'eau sous l'enduit et endommager celui-ci. Il convient également de veiller à ce que ce ne soit pas en fait une fissure structurelle importante qui sous le poids de la maçonnerie se soit refermée...

II.3.1.3 Les fissures

Ce sont des ouvertures linéaires au tracé plus ou moins régulier dont la largeur est de moins 0.2mm.

II.3.1.4 Les lézardes

Ce type de fissure est plus sérieux. Aussi appelées crevasses, ces fissures dépassent les 2 mm de large. Les lézardes sont souvent causées par des malfaçons dans la construction ou par un terrain instable. Elles représentent un danger.

Dans les processus de la réhabilitation d'un ouvrage, il est important de mesurer la largeur d'une fissure.

Tableau II-1 : Type et cause des fissures [20]

Types	Epaisseurs	Forme	L'apparition	cause
 <p>Le faïençage</p>	$e \leq 0.2\text{mm}$	Réseau en mailles	Superficiel sur l'enduit	Trop d'eau de gâchage, mauvaise qualité du mortier, mauvaise adhérence de l'enduit
 <p>les microfissures</p>	$e \leq 0.2\text{ mm}$	Maillage ou Oblique	au niveau des joints de maçonnerie	Trop d'eau de gâchage, mauvaise qualité du mortier, mauvaise adhérence de l'enduit , Joint de la maçonnerie
		horizontales ou verticales	Maçonnerie et enduit, (parpaings et éléments en béton armé)	humidité infiltration d'eau.
 <p>les fissures</p>	$2\text{mm} \geq e \geq 0.2\text{mm}$	Oblique ou verticales	Angles des fenêtres et portes	Faiblesse de la maçonnerie et l'instabilité des appuis des ouvertures
		Verticale aux angles du bâtiment	Au niveau des éléments porteurs, joint entre deux bâtiments	Défaut de chaînage vertical, défaut de joint même ou manque de joint (structure en chaîne)
		Horizontales à hauteur du plancher	Au niveau du plancher	Flexion ou retrait du plancher
		Traversant	Traversent le mur	Instabilité de terrain, Mauvaise matériaux, Mouvement des fondations, séisme
		Escalier	Elles suivent les joints des parpaings	
 <p>les lézardes</p>	$e \geq 2\text{mm}$ plus de 2cm	toute l'épaisseur de maçonnerie	L'Effondrement des murs	Instabilité de terrain, Mauvaise matériaux, Mouvement des fondations, séisme

II.3.2 Classification selon le fonctionnement

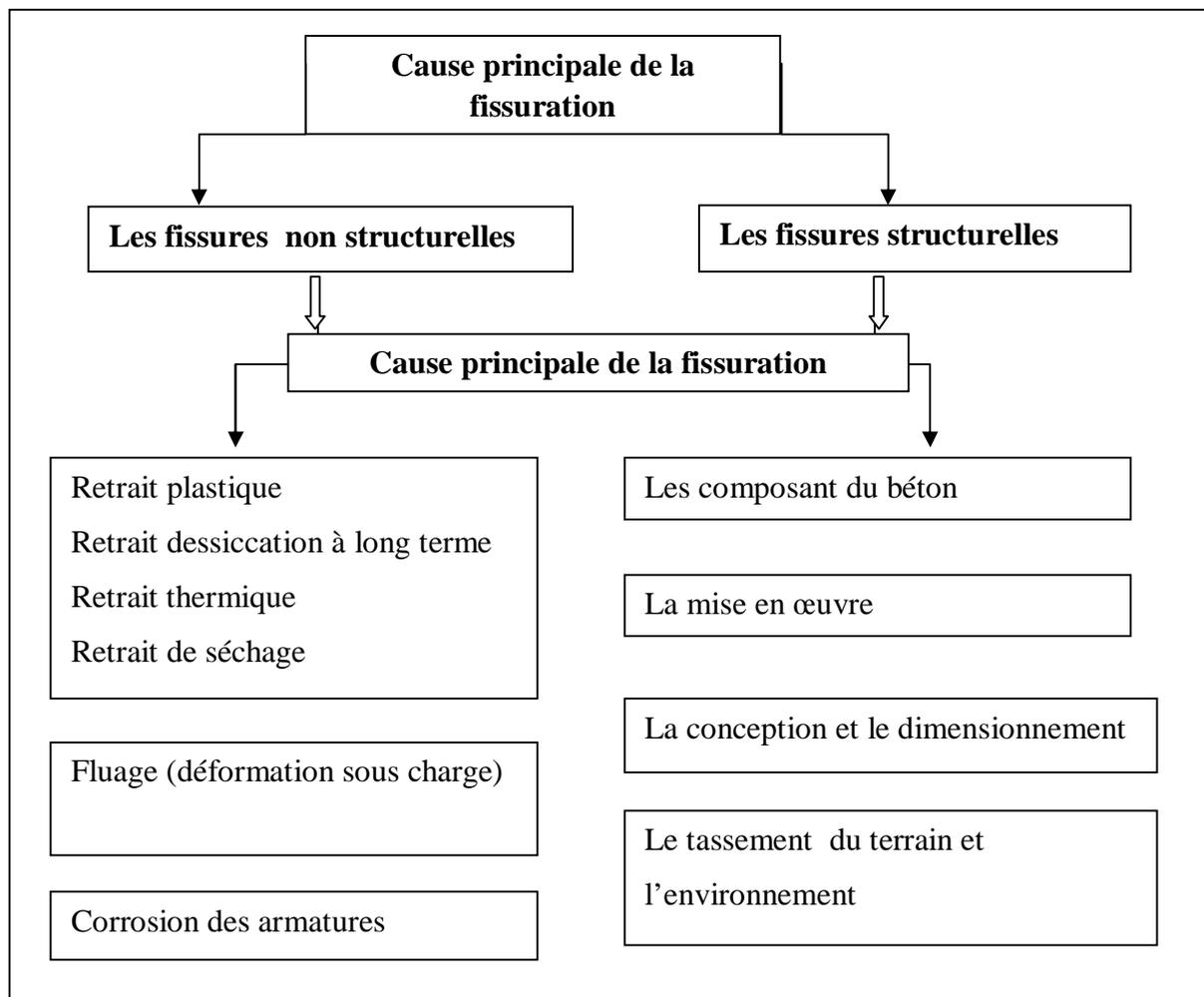


Figure II-1 : Fonctionnement et cause des fissures

II.4 Mécanisme de la fissuration

De point de vue général on peut distinguer les fissures suivant leur forme. Transversale, Horizontale, Oblique ou incliné de 45°. Il est couramment admis par les chercheurs et les experts, les causes et les cas des fissures dans les structures. (Figure II-2) et tableau (Tableau II-2)

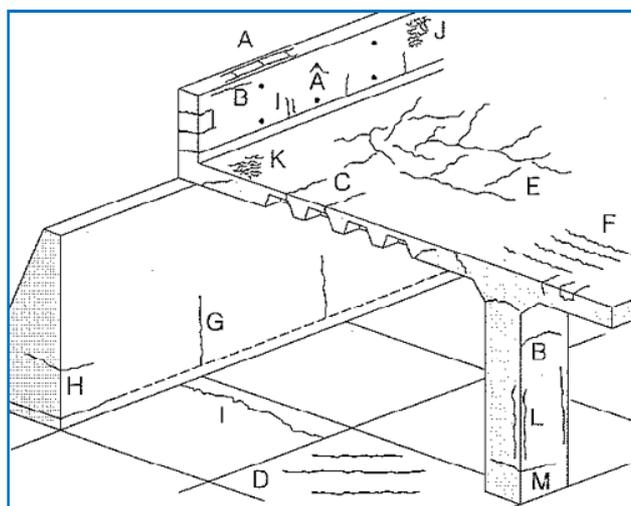


Figure II-2 : Désignations de fissure. [22]

Tableau II-2 : Mécanisme des fissures.

Descriptions du phénomène	Réf	Manifester	Cause	Remèdes/précautions
Fissures dues au tassement du béton frais	A	Ressuage et ségrégation	Dessèchement rapide	Diminuer la teneur en eau, améliorer la stabilité des mélanges
	B		Proximité armatures, forme du coffrage	
	C			
Fissures dues au Retrait plastique	D	Dessiccation-La Cure	Mouvement de coffrage -tassement	Exécution de coffrage
	E		Dessèchement prématuré	Post-traitement
	F			
	I	Dessiccation-à long-Terme		Réduire la dégradation de chaleur
Fissures dues à la déformation sous charge	O	Fluage	Traction en flexion	Préparation de la surface –composition du mortier
	P		cisaillement	composition du mortier-séchage couvet
Fissures dues à la corrosion sous charge	L	Corrosion d'armature	Mauvaise qualité du béton	Sujet de conception, composition du béton, exécution
	M			

II.4 Recensement du fissures

Souvent, on rencontre des fissures de formes variantes avec des caractéristiques différentes selon leur fonctionnement et la cause provoquant ces derniers. On essaye de présenter un recensement selon le fonctionnement de l'élément affecté, l'orientation de la fissure et son ouverture.

II.4.1 Eléments des structures

II.4.1.1 Les poutres

Poutre avec charge de la structure: les causes de la fissuration sont (Calcul, Ferrailage, Corrosion, Mauvais Béton.) [23] , comme il est montré (Figure II-3).

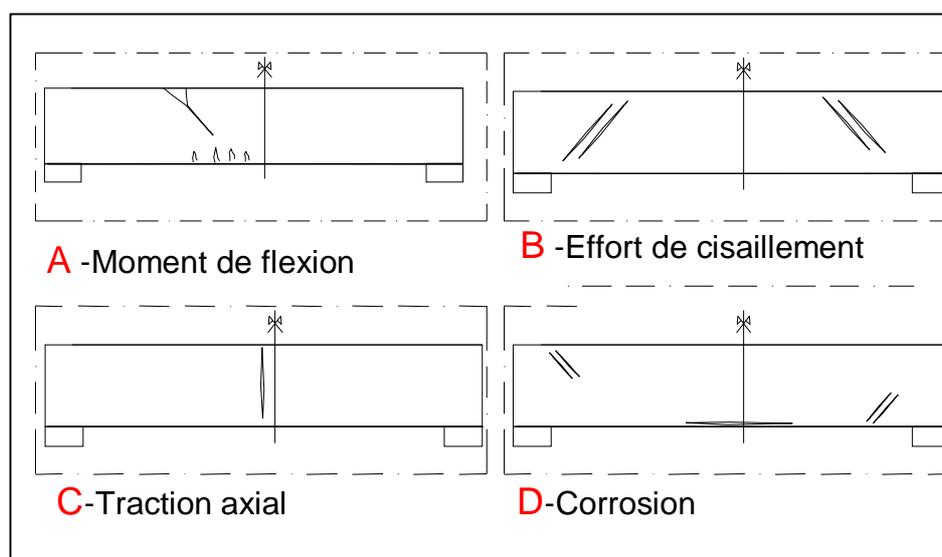


Figure II-3 : Fissures probables affectant la poutre

A : Fissures dues au moment de flexion.

B : Fissures dues à l'Effort de cisaillement.

C : Fissures dues à l'Effort de traction axial.

D : Fissures dues à la Corrosion.

II.4.1.2 Les poteaux

Les causes de la fissuration dans les poteaux sont (Calcul, Ferrailage, Corrosion, Mauvais Béton.) [23]

A : Fissures dues à la Corrosion.

B : Fissures dues à la contrainte de traction.

C : Fissures dues à des charges trop élevé (surcharge).

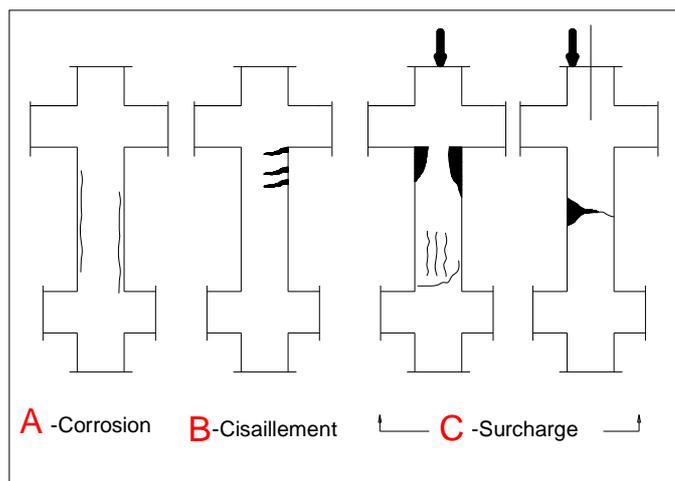


Figure II-4 : Fissures probables affectant les poteaux.

II.4.1.3 Les Plancher

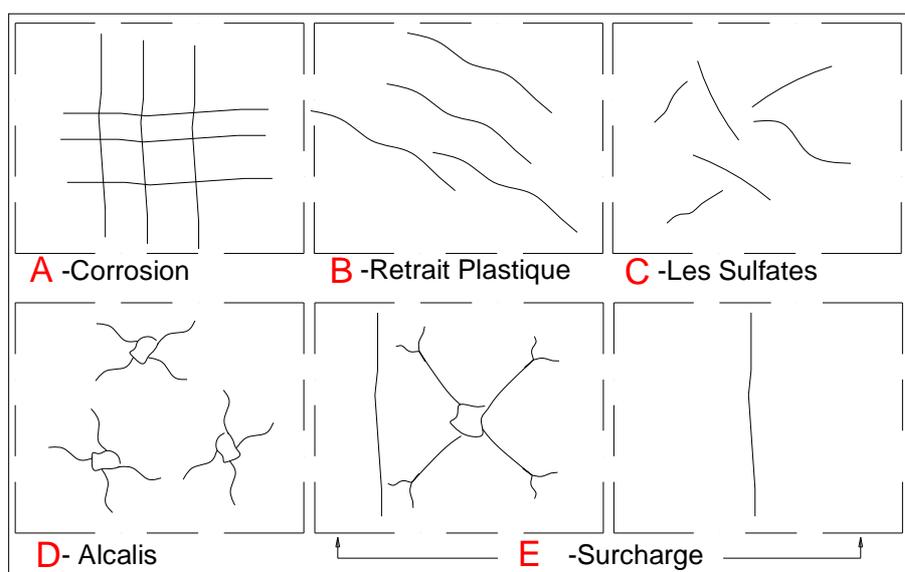


Figure II-5 : Fissures probables affectant les plancher.

A : : Fissures dues à la Corrosion.

B : Fissures dues au retrait plastique.

C : Fissures dues aux sulfates.

D : Fissures dues à l'alcalin.

E : Fissures dues à la surcharge

II.4.2 Eléments Façade

II.4.2.1 Mur et Enduit

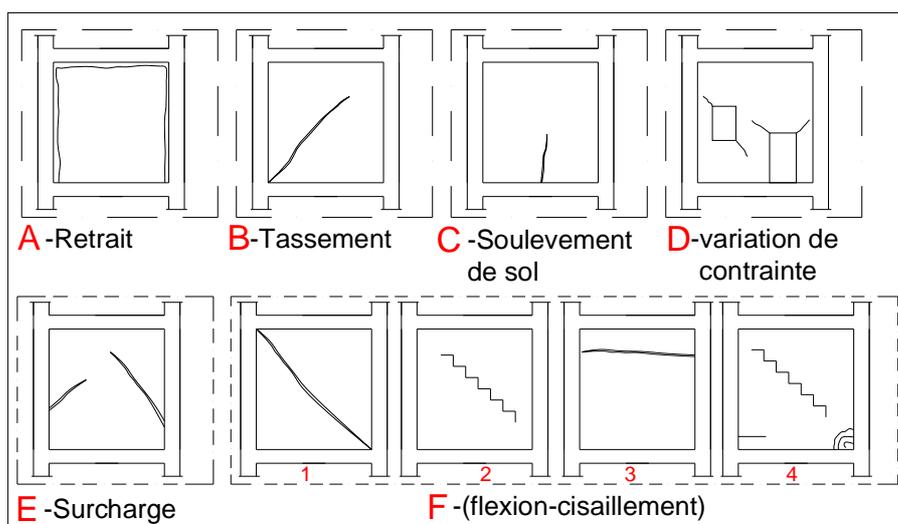


Figure II-6 : Fissures probables affectant les Murs

A : Fissures dues au retrait.

B : Fissures dues au tassement différentiel.

C : Fissures dues au soulèvement de sol.

D : Fissures dues à la variation de contrainte dans les ouvertures.

E : Fissures dues à la surcharge.

F : Fissures dues à l'action de flexion et de cisaillement.

1.2.3.4 : La résistance de la paroi est faible pour résister aux contraintes de cisaillement.

4: La résistance de la paroi est faible pour résister aux contraintes de flexion et traction.

II.5 Réalisation d'un diagnostic

Le diagnostic d'un ouvrage est une étape importante dans le processus de sa réhabilitation. Il permet avant tout de se prononcer sur son état de santé. Pour comprendre l'influence des fissures dans l'ouvrage il faut effectuer un diagnostic.

II.5.1 Le diagnostic

La surveillance des fissures ne suffit pas à établir les causes à l'origine de la fissuration. Pour cela, il faut la compléter avec des méthodes d'investigation complémentaires.

II.5.2 Les principales étapes d'un diagnostic

Le diagnostic d'une structure se compose de différentes étapes.

- Une visite préliminaire

Elle a pour objet d'améliorer la compréhension de l'état et du fonctionnement de la structure, de préciser les conditions environnementales. Les désordres visibles, l'accessibilité des parties dégradées.

- Collecte des documents

Appareil photos, Bloc note, Règle, Stylo, Sont des nécessaires outils pour la première visite.

Un maximum d'informations concernant la structure doit être noté.

-l'historique de la structure.

-les plans (Architecture, Ferrailage).

-l'orientation de la structure.

-l'environnement.

-types de sols

- Inspection détaillée

Une inspection visuelle de la totalité de la structure est mise en œuvre afin de détecter tous les signes de détérioration et d'identifier toutes les sources potentielles tels que: La présence de fissures, détérioration de la peau du béton, la corrosion des armatures, la présence de l'humidité.....) .

II.5.3 Les méthodes de suivi de la fissuration

Pour caractériser une fissure, il est nécessaire de mettre en place des témoins permettant de mesurer son ouverture. Une fois le diagnostic établi, il sera possible d'envisager une réparation utile et durable.

Les jauges Saugnac : On fonction de la localisation des fissures (Figure II-7)

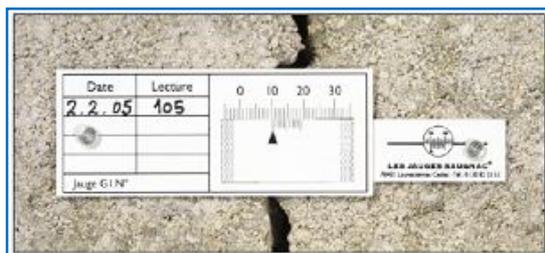


Figure II-7 : La jauge GINGER. [21]

II.5.3.1 Investigation non destructives

Selon les étapes montrées sur (Figure II-8), Ces méthodes n'endommagent pas les constructions. Ce sont des essais rapides et légers à mettre en œuvre et qui apportent une réponse globale à l'échelle de la structure. Selon les caractéristiques à déterminer, les essais n'utilisent pas le même matériel. (Figure II-9).

- Détection et positionnement des armatures : le radar et le pachomètre sont les deux méthodes complémentaires mises en œuvre pour reconstituer le plan de ferrailage, ou détecter et positionner avec précision les armatures ou tout autre élément métallique.
 - Diagnostic de corrosion des aciers : la mesure de potentiel d'électrode consiste à mesurer le champ de potentiel électrique créé par la corrosion des aciers dans le béton. la cartographie des zones auscultées est faite par traitement informatique des mesures.
- Mesure in situ sur béton : ces mesures visent à contrôler l'homogénéité d'un béton à l'échelle de la structure. Les mesures au scléromètre permettent de caractériser la dureté du béton, contrôler son homogénéité en différents points de la structure, repérer une zone fissurée.

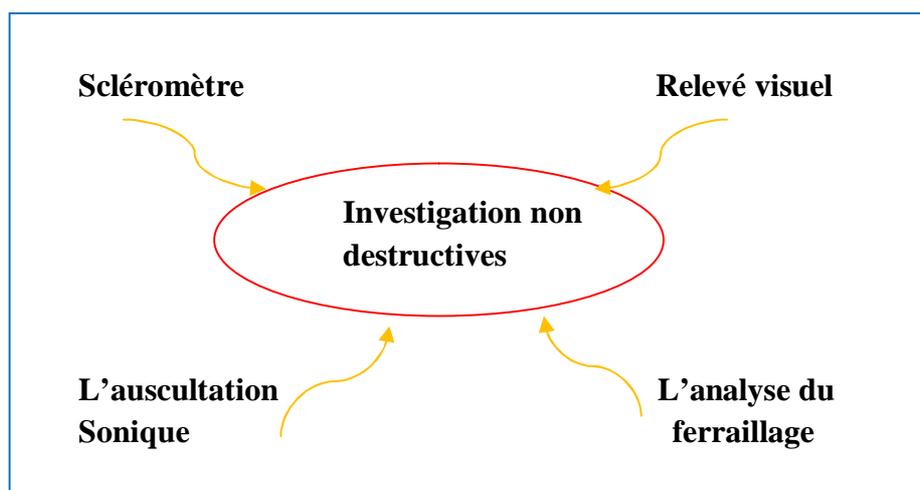
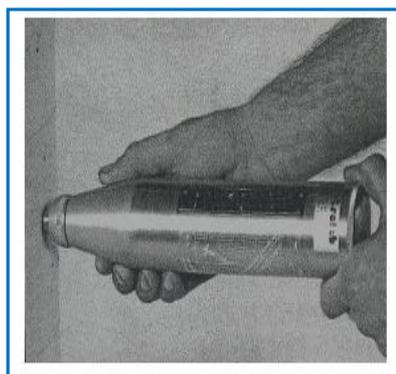


Figure II-8 : Étapes Investigation non destructives. [21]
Instrument pour le suivi



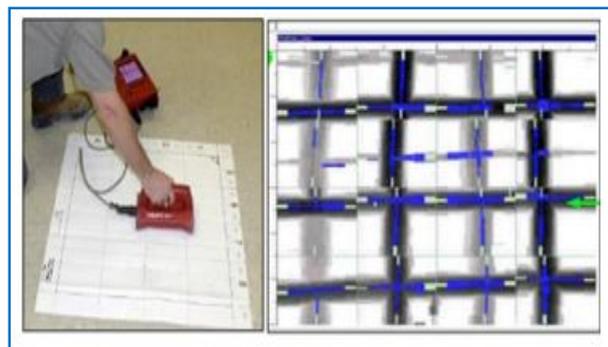
Scléromètre



Appareil de mesure de
La corrosion des armatures



Ultrasonique



détection par fenêtres et résultats (pachomètre)

Figure II-9 : Les Instrument pour le suivi. [25]

II.5.3.2 Investigations destructives

Il est possible de prélever des carottes de béton sur la structure afin de les tester en laboratoire. Le prélèvement peut engendrer un sectionnement des aciers, on peut réaliser au préalable une fenêtre de dégagement de l'enrobage pour repérer les aciers et ne pas les couper et enlève de la matière, c'est pourquoi ces essais sont des méthodes destructives, est cette méthode passée par les étapes comme est montré (Figure II-10)

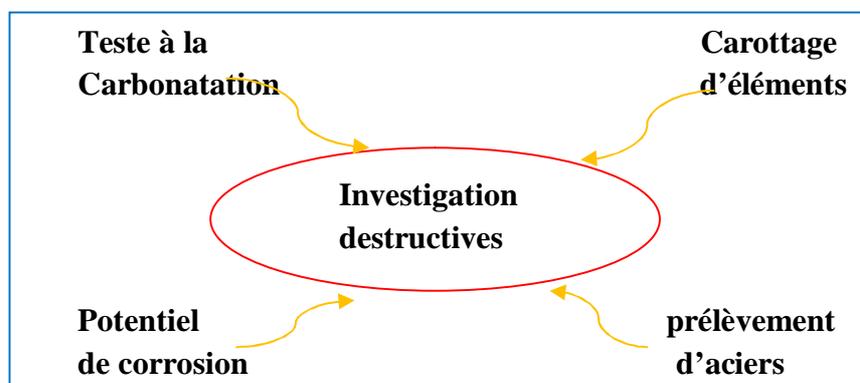


Figure II-10 : Étapes Investigation destructives. [25]

II.6 Conclusion

La deuxième chapitre est consacré à l'étude de la fissuration dans les constructions en béton armé, est de présenté les causes des fissures dans les bâtiments, et leur classification en fonction des caractéristiques. Nous avons également recensé ces fissures en fonction de leur présence dans l'élément de constructions.

Chapitre III

*Diagnostic et analyse de la
fissuration (cas pathologiques
réels)*

III .1 Introduction

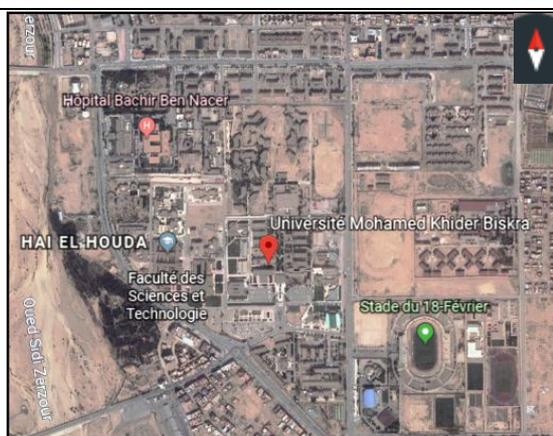
À cet égard, notre objectif est de collecter et de résumer les différents types de fissures, qui sont étendues, en particulier en identifiant les causes qui conduisent à la fissuration ou même à une détérioration de l'état structural d'origine.

La fissuration dans les bétons est considérée, comme le premier élément indiquant une dégradation, sa gravité et son impact sur les constructions et sa durée d'apparence ainsi que en termes de largeur et la profondeur et le degré d'influence sur la construction.

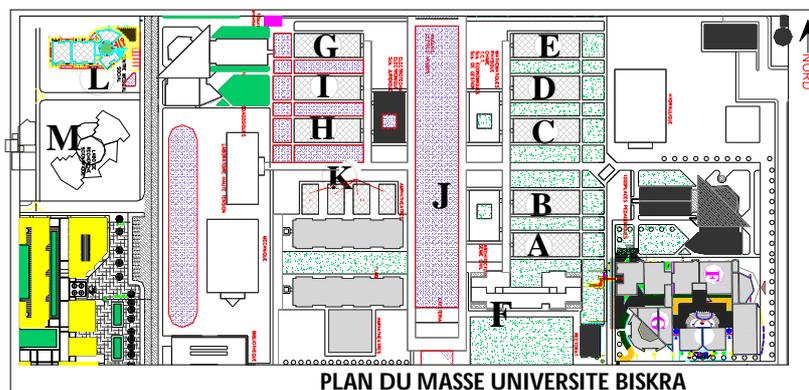
Suite à des sorties et visites sur des sites dans l'université de M^{ed} Khider et deux autres écoles primaires, une enquête approfondi et faite après un relevé visuelle et prise des photos sur les différents cas d'éléments fissurés. Nous avons préparé un diagnostic des fissures et leurs causes probables dans deux éléments différents séparés selon deux catégories : éléments de structures et éléments de façades.

III.2 Présentation des cas Etudiés

Les cas d'études que nous avons sélectionnés pour notre investigation sont présentés dans les plans de masse suivants.



Plan de situation Université M^{ed} khider biskra



<p>CAS : 1</p> <p>Université Mohamed khider Biskra</p>	<p>Département de Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie</p>	<p>A : Département de science des matériaux</p> <p>B : Département d'Informatique</p> <p>C : Département de physique et chimie</p>
	<p>Département de Génie Électrique</p>	<p>H</p> <p>I</p>
	<p>Département d'architecture</p>	<p>J</p>
	<p>Galerie</p>	<p>F</p>
	<p>Les amphis</p>	<p>K</p>
	<p>Le centre médico-social</p>	<p>L</p>
	<p>Centre de recherche</p>	<p>M</p>
<p>CAS : 2</p> <p>Ecole Gharib kouider El-alia Biskra</p> <p>A : Classe B : Sanitaire C : Réfectoire D : Logement E : Cour</p>	<p>PLAN DU MASSE ECOLE GHARIB KOUIDER EL ALIA NORD BISKRA</p>	<p>plan de situation</p>
<p>CAS : 3</p> <p>Ecole Ben Melk Lehcen Biskra</p> <p>A : Classe B : Sanitaire C : Réfectoire D : Logement E : Cour</p>	<p>PLAN DU MASSE ECOLE BEN MELK LEHSEN HAKIM SAADANE BISKRA</p>	<p>Plan de situation</p>

III.3 Investigation in situ

Notre enquête approfondie est faite d'après un relevé visuel des conditions entourant l'élément à étudié. Les principaux indices de problèmes à distinguer sont :

- Fissuration et craquelures.
- Caractérisation des fissures selon leur tracé et ouverture
- Détresse de surface : Effritement, désagrégation, et écaillage
- Fuite d'eau : Humidité de la surface, infiltration ou fuite à travers les joints et les fissures.
- Mouvements : Déflexion, soulèvement, affaissement.
- Corrosion de l'acier : Taches de rouille, décoloration, aciers exposés.

Ce relevé nous a permis de qualifier et quantifier les désordres (fissures), car selon son ampleur et son importance, des méthodes de réparation peuvent être envisagées. Localiser les fissures afin de pouvoir déterminer son origine et ainsi agir à la source du problème.

III.4 Recensement des fissures rencontrées

Les principaux dommages et fissurations relevés lors de visite d'inspections sont présentés selon deux catégories, comme suit.

III.4.1 Eléments de structures

Ce sont des éléments porteurs principaux : poteaux, poutres, et les éléments secondaires : planchers et balcon. Ces éléments sont chargés de reprendre les charges et surcharges issues des différents niveaux pour les transmettre au sol par l'intermédiaire des fondations.

III.4.1.1 Les poteaux

Le rôle des poteaux, ne se limite pas d'assurer la reprise des charges verticales, mais également contribuent largement lorsqu'ils sont associés à des poutres pour former des cadres ou des portiques destinés à reprendre les actions horizontales dues aux séismes et aux vents.

On a analysé six cas pathologiques des différents poteaux. Deux cas de poteaux dans des galeries, deux cas de poteaux intermédiaires, et deux autres cas de poteaux de rives.

a- Poteaux de galerie

- Cas (3 –A)

Le cas (3 –A) représente une pathologie d'un poteau circulaire en béton armé dans une galerie d'école primaire, (figure III.1). Ce poteau est d'une hauteur de 3.4m.

On a observé une fissure ouverte, unique de forme aléatoire dans la partie inférieure du poteau (figure III-1.a-b). D'après notre diagnostic la cause de cette fissuration est due à la corrosion d'après le tracé de la fissure apparut le long d'armature, comme il a démontré dans le deuxième chapitre II.4.1.2 (figure II 4.A.C).



-a-Fissure à la base de poteau



-b- Poteau fissuré



-c- Vue d'une galerie des classes pédagogiques

Figure III-1 : Fissure à la base de poteau circulaire. Cas (3 –A)

- **Cas (1-F)**

Le cas (1-F) représente un poteau fissuré qui a été réparé en 2011 d'après notre enquête (figure III-2.-a-), on a observé des microfissures avec des fissures qui se sont reproduit après huit ans. Cette observation est généralisée pour tous les cas de poteaux réparés (figure III-2.-b-), sauf quelques cas qui ont été réparés avec la technique de chemisage (figure III-2.-c-). Ces derniers n'ont subis aucune fissuration, on a remarqué un état sain de surface. Donc, on a constaté l'origine de la fissuration qui est due à la corrosion, est autre cause probable qui due à les efforts de cisaillement à la base des poteaux.



-a- Poteau dégradé en 2011

-b- Poteau sans fissure

-c- Poteau par fissure

Figure III -2 : Fissure à la base de poteau. Cas (1-F)

b- Poteaux intermédiaires

- **Cas (2-C)**

Le cas (2-C) représente un poteau intermédiaire latéral d'un réfectoire d'une école primaire (Figure III-3). On a observé une fissure verticale unique et traversante avec une largeur dépassant 2mm (Figure -III-3-a-b). La fissure est formée le long d'armature avec des traces d'humidité sur la face extérieure du mur (Figure -III-3-b) ; d'après notre diagnostic, la cause principale de cette fissuration est la corrosion d'armature. On a remarqué un soulèvement du carrelage due au gonflement du sol qui est due aux arbres périphériques du réfectoire, comme montré dans la (Figure III-3.d) ; ce qui a contribué au développement de la fissure.

On a constaté une combinaison de deux causes provoquant la fissuration de l'élément étudié : la corrosion et le gonflement de sol.



-a- Face interne au poteau dégradé



-b- Face latérale au poteau dégradé



-d- Soulèvement de carrelage



-c- Fissure et corrosion

Figure III -3 : Fissure à la base de poteau. Cas (2-C)

▪ **Cas (1-L)**

Le cas (1-L) représente un poteau intermédiaire dans un bureau (Figure III-4). On a observé une fissure contenue sur la longueur de poteau avec un tracé quelconque et une orientation verticale. (Figure III-4.-b-), la cause de ce type de fissure est due au tassement de sols.



-a- Vue générale du poteau



-b- Face avant de la fissure



-c- Face latérale de la fissure

Figure III -4 : Fissure sur la hauteur de poteau. Cas (1-L)

- **Cas (2-A)**

Le cas (2-A) représente un poteau de rive d'une classe pédagogique (Figure III-5), on a observé des microfissures et des fissures fine à la base de poteau (Figure III-5.-b-), et de l'autre coté décollement de béton (Figure III-5.-a-), donc la cause principale à cette fissuration est due a la corrosion d'armature et au mauvaise béton probablement.

On a constaté une combinaison de deux phénomènes provoquant la fissuration dans l'élément étudié.



-a- Vue générale dégradation à la base du poteau



-b- Fissure à la face latérale

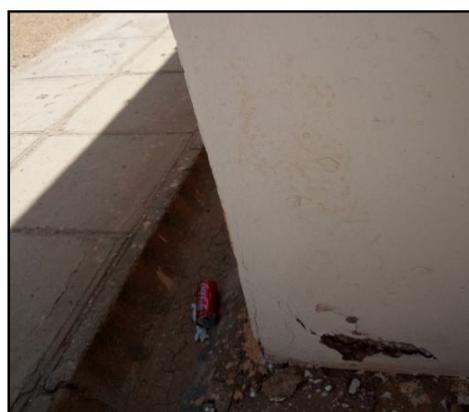
Figure III -5 : Fissure à l'angle bas de poteau. Cas (2-A)

- **Cas (1-K)**

Le cas (1-K) représente un poteau fissuré (Figure III-6.-b-). D'après notre enquête ce poteau a été réparé en 2011(Figure III-6.-a-). On a observé des microfissures avec des fissures qui se sont reproduit après huit ans à cause des armatures corrodées ; qui n'ont pas été pris en considération lors de la réparation (nettoyage et brossage d'armatures). On constate des rigoles sur le périphérique de l'amphi.



-a- Dégradation à la base du poteau en 2011



-b- Des fissures après réparations

Figure III -6 : Fissure à l'angle bas de poteau. Cas (1-K)

III.4.1.2 Les Poutres

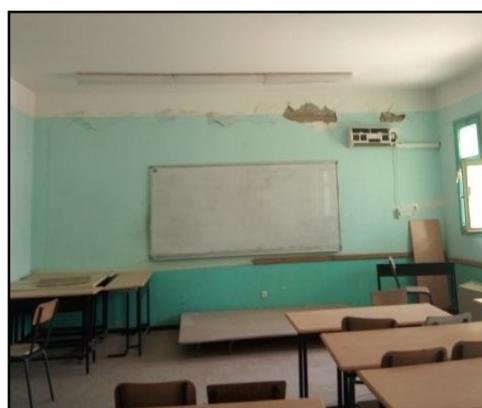
On a analysé trois cas pathologique de déférentes poutres.

- Cas (1 –I)

Le cas (1 –I) représente une poutre de travée interne d'une classe pédagogique (Figure III III-7.-a-). On a observé une fissure fine longitudinale le long de la poutre, avec craquelage (Figure III-7-d-) et décollement de l'enduit (Figure III-7.-c-). On peut rendre la cause principale de ces fissures à la contrainte de cisaillement provoqué par le mouvement du sol (plante sur le périphérique du bloc de classe), ainsi que le fonctionnement mécanique de la structure.



-a- Vue générale : infiltration d'eaux



-b-Fissure à la long de la poutre



-d- Craquelage à la long de la poutre



-c- Décollement à la long de la poutre

Figure III -7 : Fissure de la séparation. Cas (1 –I)

- **Cas (2-C)**

Le cas (2 –C) représente une poutre dans un réfectoire (Figure III-8). Il s'est produit une fissure importante unique horizontale formée le long d'armature (Figure III-8.-a-.-b-), Selon notre diagnostic, la cause principale de cette fissuration est la corrosion d'armature.



-a- Fissure au semi de la poutre

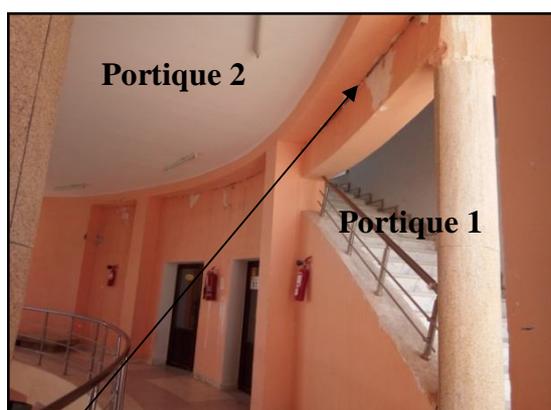


-b- Fissure à la long de la poutre

Figure III -8 : Fissure dans de la Poutre. Cas (2-C)

- **Cas (1-M)**

Le cas (1 –M) représente une poutre de section rectangulaire le long d'un demi-cercle dans un bloc usage scientifique (Figure III-9.-a-). On a remarqué une fissure horizontale en joint séparant les deux parties de la structure (le portique1 et le portique 2). Outre, une fissure horizontale unique dans la partie inférieure, le long de la poutre du portique 2, (Figure III-9.-b). Ces fissures sont rendues à l'infiltration d'eau, la mise en œuvre, et à la corrosion d'armature.



-a- Infiltration d'eau



-b-Fissure à la long d'armature et trace d'humidité

Le joint de séparation

Figure III -9 : Fissure dans la Poutre. Cas (1-M)

III.4.1.3 Les plancher

On a analysé deux cas pathologique de plancher

- **Cas (3-A)**

Le cas (3 –A) représente la pathologie d’un plancher (Figure III-10), on a observé des fissures fines multiples (Figure III-10.-a). Ces fissures sont formées le long de ferrailage, suivi par un décollement partiel de l’enrobage et du tracé d’humidité (Figure III-10.-b). La cause principale de ces fissures est la corrosion d’armature, qui est du à la mauvaise étanchéité, au manque des conduites d’évacuation d’eau pluviales.



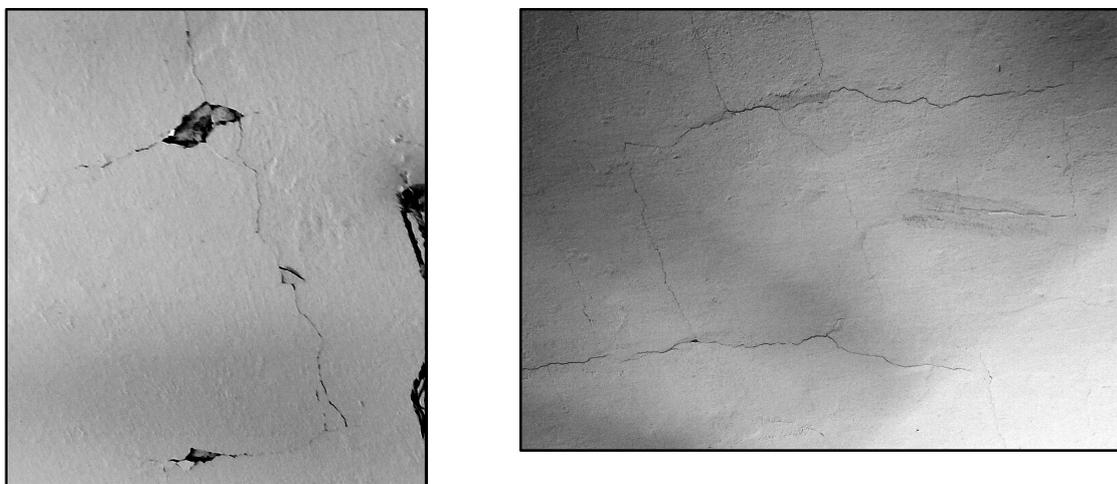
-a- plancher en dalle pleine

-b- Fissure et décollement

Figure III -10 : Fissure dans le plancher. Cas (3-A)

- **Cas (2-A)**

Le cas (2 –A) représente la pathologie d’un plancher (Figure III-11.-a.-b-), on a observé des fissures aléatoires, suivi par un décollement partiel de l’enduit, est comme en a présenté dans le deuxième chapitre II (II-2.4.2.2-C) (Figure II.7). Cette morphologie de fissuration est due au retrait plastique.



-a- Fissure et décollement

-b- Fissure au niveau de plancher

Figure III -11 : Fissure dans le plancher. Cas (2 –A)

III.4.1.4 Les balcons

- Cas (1-J)

Le cas (1 -J) représente la pathologie d'un balcon (Figure III-12). On a remarqué une fissure large unique, formée le long du ferrailage accompagné d'une deuxième fissure moyenne d'un tracé aléatoire à l'extrémité de la console. Ce type de fissuration peut se produire dans les cas de la corrosion d'armature.



-a- Fissure à la long d'armature

Figure III -12 : Fissure dans le consol de balcon. Cas (1-J)

III.4.2 Elément façade

III.4.2.1 Les murs

On a analysé plusieurs cas pathologiques des murs intérieurs et extérieurs.

- **Cas (1-C)**

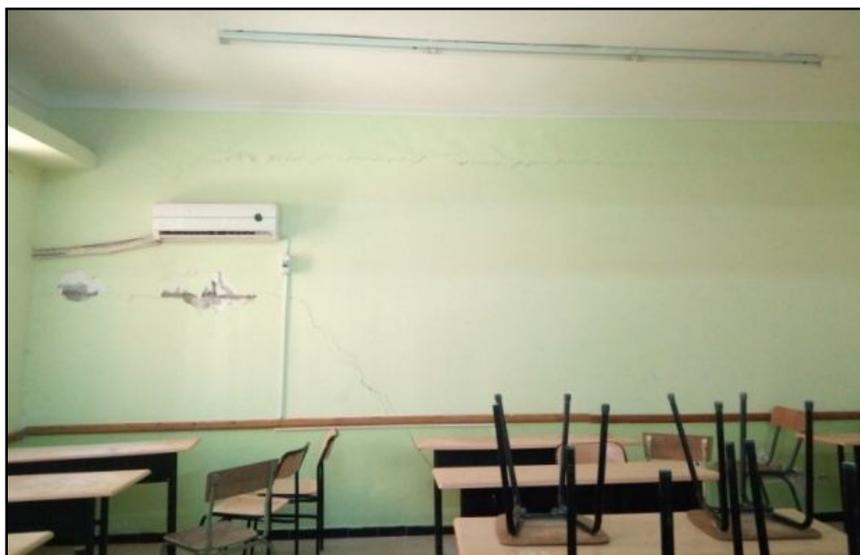
Le cas (1 –C) représente la pathologie des murs internes (Figure III-13) des classes de TD. On a observé des fissures lézardes traversant et obliques aux murs comme il est montré par la Figure (III-13.-a.-b). Ces fissures larges sont accompagnées par un décollement de la couche du crépissage en enduit. Après un petit sondage par grattage (Figure III-13-d-), nous avons remarqué que le mortier de liaison (joint) est de mauvaise qualité (Figure III-13.-c).

D'après notre diagnostic la cause de ces fissures larges qui sont importantes est due à la mauvaise liaison entre la brique et le mortier. Car, quand la résistance à la traction des briques est supérieure à celle du mortier, il se produit des contraintes qui provoquent de la fissuration de type lézarde. Ce type de fissure est probablement au fonctionnement de la structure ; comme il a été mentionné au Chapitre II. (II.2.4.2.1 : Figure II.6- F.2)

On a constaté une combinaison de deux origines provoquant la fissuration dans l'élément étudié. La fissure est importante et peut être classée comme une fissure dangereuse.



-a- Lézarde : face avant



-b- Lézarde : face arrière



-c- Mauvaise mortier



-d- Relevé in situ

Figure III -13 : Fissure oblique dans le mur. Cas (1-C)

- **Cas (1-A). (1-C). (2-A)**

Les cas (1 -A), (1 -C), (2 -A) représentent la pathologie des murs intérieurs des classes (Figure III-14). Ces trois cas présentent un cas pathologique similaire. Ils ont manifesté les mêmes types de fissures, on a observé des fissures uniques d'orientation obliques de 45° le long des murs et traversant (Figure III-14. 1-C). Notre diagnostic nous a permis de constater ce type fissuration est dus aux mauvaise matériaux, dans ce cas la résistance à la traction des briques est plus faible que celle du mortier.

Cas (1 -C)



-a- Fissure oblique : Face extérieur

Cas (1 -A)



-c- Fissure oblique : Face extérieur de paroi



-b- Fissure oblique : Face intérieure de mur

Cas (2 -A)



-d- Fissure oblique : Face intérieur de paroi

Figure III -14 : Fissure oblique dans le mur. Cas (1 -A), (1 -C), (2 -A)

- **Cas (1-H). (1-A). (1-L)**

Les cas (1-H). (1-A). (1-L) représentent la pathologie des deux types de murs : intérieurs (classes de TD) et extérieurs (centre médicale) (Figure III-15). Il a été remarqué des fissures verticales, larges traversent, d'occurrence unique avec un tracé en escalier. Ces fissures se trouvent au milieu des murs intérieurs (Figure III -15-a et b) et au rive des murs extérieurs. ces types de fissures dus aux mauvaise matériaux constituant les murs (brique et mortier de liaison), ce diagnostic est similaire avec les autres cas précédents.



Cas (1 -H) -a- Lézarde dans un mur intérieur

Cas (1 -A) -b- Lézarde dans un mur intérieur



Cas (1-L) -c- Lézarde dans un mur extérieur

Figure III -15 : Fissure Escalier dans le mur. Cas (1-H). (1-A). (1-L)

- **Cas (1-H)**

Le cas (1-H) représente la pathologie des murs extérieurs des classes pédagogiques (Figure III-16). On a observé des fissures obliques à la partie basse du mur extérieur (a) et fissure oblique traversante dans le mur intérieur (c)- (d). Comme on observé un soulèvement des carrelages (b), donc comme on a présenté au chapitre II-2.4.2.1 : (Figure : II.6-B) la cause de cette fissuration est dus au tassement de sol. (Des travaux d'aménagements près de la structure)



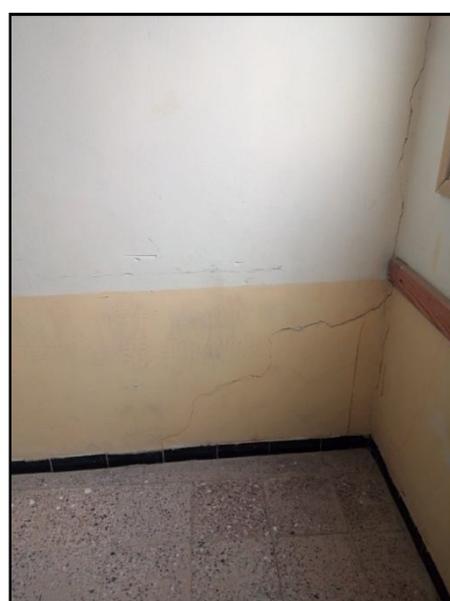
Cas (1-H) -a- Fissure oblique dans un mur extérieur



-b- Soulèvement de carrelage



Cas (1-H)-c- Fissure oblique dans un mur intérieur
Coté avant



-d- Fissure oblique dans un mur intérieur : Coté arrière

Figure III -16 : Fissure oblique à la base de mur. Cas (1-H)

- **Cas (1-H) - (2-A)**

Les cas (1-H), (2-A) L'état représente la pathologie des murs (Figure III-17), on a observé fissure verticale unique et large dans le milieu du mur. D'après notre diagnostic est comme on a présenté au chapitre II.2.4.2.1 (Figure II :6.C), la cause de cette fissuration est due au gonflement de sol ; soulèvement de sol comme il a été constaté précédemment (Cas 1-H) .



Cas (1-H) -a- Fissure verticale dans le mur intérieur



Cas (2-A) -b- Fissure verticale dans le mur intérieur

Figure III -17 : Fissure verticale dans le mur. Cas (1-H). Cas (2-A)

- **Cas (1-L)**

Les cas (1-L) représente la pathologie de la structure (Figure III-18), on a observé des fissures obliques, verticales, horizontales et traversant de la limite de séparation, dans quelque bureaux été réparés à l'avance, mais nous avons remarqué que ces dégradations sont apparues. D'après notre diagnostic les causes des fissures c'est le tassement de sols.

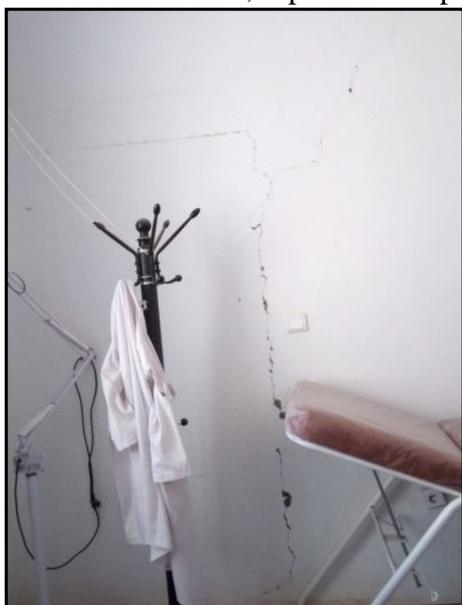
Nous classons ces cas comme dangereux



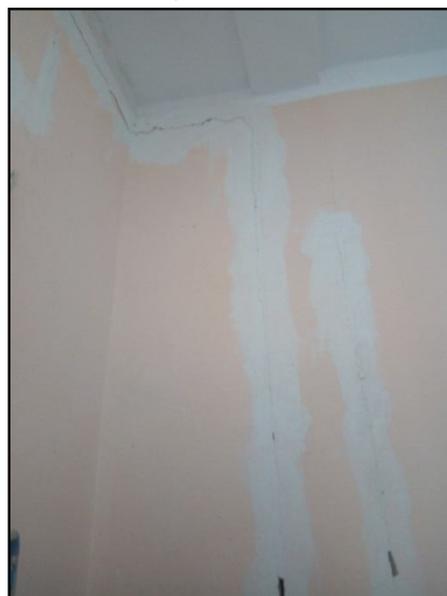
-a- Fissure traversant, séparation de paroi



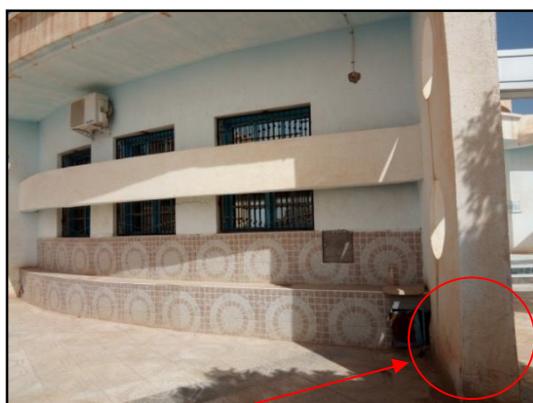
-b- Fissure traversant, face extérieur



-c- Fissure traversant, séparation de paroi



-d- Fissure après réparation

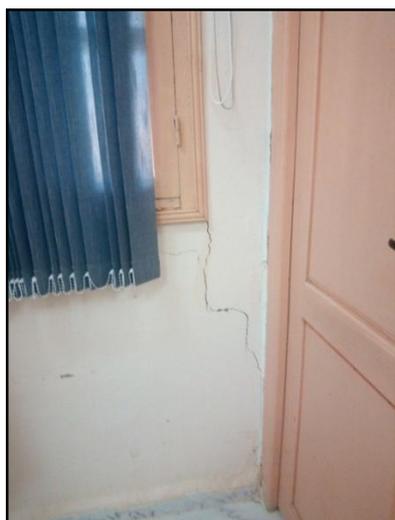


-c- Tracé d'humidité

Figure III -18 : Fissure de la séparation. Cas (1 -L)

Cas (1-C)

L'état représente des fissures esthétiques dans les fenêtres (Figure III-19. (a. b. c) et des fissures importante dans le cas (d. e), on a observé dans le cas (a. b. c) se sont des fissure oblique fine et dans le cas (d. e) un fissure oblique traversante à la base de la fenêtre, d'après notre diagnostic est comme on a présenté à chapitre II.2.4.2.1 (Figure II :.6.D) ,deux causes classifié cette phénomène, la première est due au variation des contraintes dans les appuis, ce que indique au mauvais béton du linteaux), la deuxième due au tassement de sol.



Cas (1-L) -a- Fissure à l'inférieur de fenêtre



-b- Fissure à haut de porte



Cas (1-C) -c- Fissure à haut de fenêtre



Cas (1-H) -d- Fissure à l'inférieure de mur
Et tracé d'humidité



-e- Fissure sous la fenetre au niveau d'étage

Figure III -19 : Fissure dans les angles des fenêtres et les portes. Cas : (1-L). (1-C). (1-H)

III.4.2.2 Autre cas

➤ Fissure due à l'élément décoratif

- Cas (1-K). (1-L)

Les cas (1-K), (1-L) représente des fissures causé par la réalisation des éléments décoratifs (Figure III-20), comme il est montré dans le cas (a) la fissure dans le coté extérieur, fissure verticale suivie la long de l'élément en corniche, le deuxième cas (b) fissure verticale traversé la paroi, d'après notre diagnostic la cause principale de la fissuration est due à la mise en œuvre.



Cas (1-K)-a- Fissure à la long d'emplacement
de port à faux



-b- Longueur importante de port à faux



Cas (1-L)-a- Vue de l'élément décoratif

-b- Fissure vertical d'élément décoratif

Figure III -20: Fissure des éléments décoratifs. Cas : (1-K) (1-L)

➤ **Fissure due à séparation. joint de dilatation**

➤ **Cas (1-C). (2-A)**

Les cas (1-C), (2-A) L'état représente un déplacement au niveau de joint entre les deux immeubles (Figure III-20), d'après notre diagnostic la cause principale de cette manifestation est à la mauvaise utilisation de matériaux de jointage, tassement partielle, le retrait, la mise en œuvre.



Cas (2-A) -a- séparation entre deux bloc

Cas (1-C) -b- séparation entre deux bloc

Figure III -21: Séparation. Joint de dilatation. Cas (1-C). Cas (2-A)

III.5 Diagnostic et analyse

On rencontre plusieurs sortes de fissures. Selon la forme et l'orientation (verticales, horizontales, obliques...), la longueur, la largeur et la profondeur des fissures, les signes peuvent être superficiels ou plus alarmants. L'interprétation est souvent difficile car comme en médecine, elle requiert le recul et l'expérience.

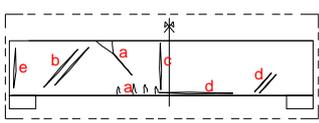
L'analyse des fissures consiste à étudier les caractéristiques et l'évolution des fissures sur une façade, un mur ou tous les éléments en béton armé. L'analyse des fissures permet d'identifier leurs causes, évaluer les risques et préconiser des solutions de traitement.

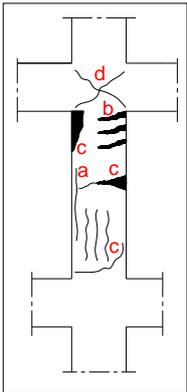
Nous avons essayé de regrouper les différents types de fissures pour les deux catégories d'éléments constructives : éléments structuraux et élément de façade dans des tableaux présentant les causes probables selon le tracé de la fissure et précaution à prendre afin d'éviter ces pathologies.

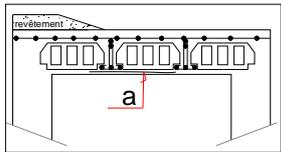
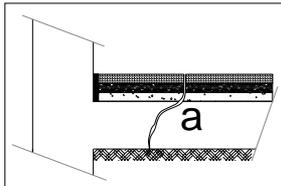
III.5.1 Éléments des structures principales

III.5.1.1 Éléments porteurs

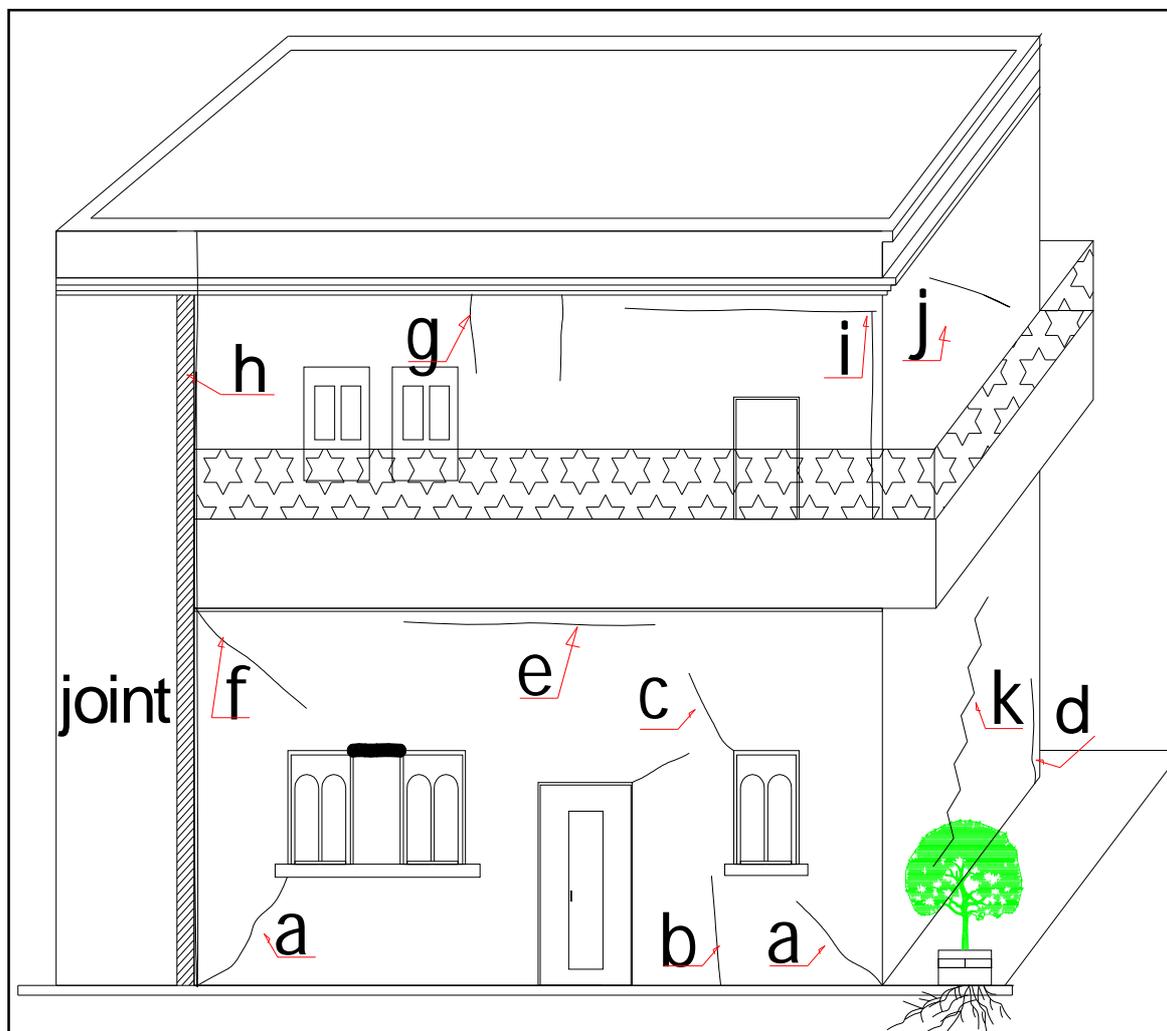
Tableaux III. 1 : Éléments des structures principales

Types	schéma	Tracé	Cause	Recommandation /Précautions
poutres	 <ul style="list-style-type: none"> • (a,b,c) :Zone de flexions et tractions. • (e) :L'extrémité des poutres (poussé au vide) 	Oblique Horizontale Verticale	<ul style="list-style-type: none"> • Éléments fléchis et tendue. • probable de (conception et calcule). • Éclatements de béton au nœud. • Mauvaise matériaux.et ferrailage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la gravité des dégâts. • Suivi permanent des dommages causés aux structures. • Réparation avec matériaux efficaces.

<p>poteaux</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • (a, b,c) :Zone de compression et • (d) : Cisaillements et éclatement de béton au nœud 	<p>Oblique Horizontale Verticale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Probable de compression et cisaillements (conception et calcule). • Éclatements de ferrailages au nœud. • mauvaise matériaux. • Corrosion. • L'excentricité. • L'alignement des axes des poteaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la gravité des dégâts. • Suivi permanent des dommages, causés à des poteaux, après les réparations. • Réparation avec matériaux efficaces. • Nettoyée la surface dégradé. • La Matière injecté. les outille de réparations.
-----------------------	--	--	--	--

Types	schéma	Tracé	Cause	Recommandation /Précautions
<p>plancher</p>	 <p>Au niveau de faux plafond</p>	<p>Faïençage, Oblique Horizontale Verticale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltration d'eaux. • Corrosion. • Manque de chainage. • Long travées. • Mauvaise chape. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réalisations d'étanchéités suivant la norme, • Suivi périodique à l'étanchéité après l'achevés
<p>revêtement de sol</p>	 <p>Au niveau de la surface de revêtement.</p>	<p>Faïençage, Oblique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltration d'eaux. • Sol instable. • Mauvaise chape. 	<ul style="list-style-type: none"> • Système de drainage d'eau. • Eviter l'implantation d'arbre près de la structure (au moins 2 m).

III.5.2 Éléments des Façades : Murs



Tableaux III.2 : Éléments des Façades : Murs

cas	Tracé	cause	Recommandation /Précautions
a	Oblique Limites bas de la structure	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltration d’eaux, racine des arbres, Instabilité de terrain, Mauvaise matériaux, Mouvement des fondations, séisme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la gravité des dégâts. • Réparation avec matériaux efficaces. • Nettoyée la surface dégradé. • La Matière injecté. • les outille de réparations. • Suivi permanent des dommages, après les réparations.
b	Verticales Limites bas de la structure	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltration d’eaux, racine des arbres, Mauvaise matériaux, long travée, Mouvement des fondations, Instabilité de terrain, séisme. 	
c	Oblique / horizontales Angles des fenêtres et portes	<ul style="list-style-type: none"> • Faiblesse de la maçonnerie et l’instabilité des appuis des ouvertures, défaut d’exécution d’éléments décoratifs. 	
d	Verticales Extrémités de bâtiment ou mur	<ul style="list-style-type: none"> • Probable de flambements de poteaux (chargement et excentricités), retrait et dilatation, mauvaise matériaux, corrosion, l’instabilité de la structure. 	
e	Horizontale Au niveau du plancher	Probable de La flèche de la poutre, le retrait, l’instabilité de la structure, mauvaise matériaux, l’incompatibilité entre béton et maçonnerie.	
f	Oblique Angles supérieure du mur	<ul style="list-style-type: none"> • Le retrait, l’instabilité de la structure 	
g	Verticales Limite supérieure de mur	<ul style="list-style-type: none"> • Le retrait, probable de flèche de la poutre. 	
h	Verticales Au niveau de joint de délattions	<ul style="list-style-type: none"> • Manque ou mauvaise joint de délattions, structure en chaine 	
i	Verticales et horizontale Séparation entre éléments porteurs et maçonneries	<ul style="list-style-type: none"> • Retrait et dilatation, probables de mauvaise conception, l’instabilité de la structure. 	
j	Verticales ou Horizontale Surface de mur	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise matériaux, l’instabilité de la structure, séisme. 	
k	Surface de mur	Mauvaise matériaux (brique ,enduit), l’instabilité de la structure, séisme.	

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu l'importance du diagnostic, c'est l'étape clé qui permet de déterminer les types de pathologies dont souffre l'ouvrage ainsi que leur ampleur. Notre objectif été la collecte et l'analyse des différents types de fissures rencontrés, qui sont étendues, en particulier en identifiant les causes qui conduisent à la fissuration ou même à une détérioration de l'état structural d'origine.

Notre enquête approfondie est faite d'après un relevé visuel des conditions. Les principaux indices de problèmes à distinguer sont :

- Fissuration et craquelures.
- Caractérisation des fissures selon leur tracé et ouverture
- Détresse de surface : Effritement, désagrégation, et écaillage
- Fuite d'eau : Humidité de la surface, infiltration ou fuite à travers les joints et les fissures.
- Mouvements : Déflexion, soulèvement, affaissement.
- Corrosion de l'acier : Taches de rouille, décoloration, aciers exposés.

Ce relevé nous a permis de qualifier et quantifier les désordres (fissures), car selon son ampleur et son importance, des méthodes de réparation seront à envisager. Localiser les Fissures afin de pouvoir déterminer son origine et ainsi agir à la source du problème.

On a distingué deux causes principales provoquant la fissuration.

- ✓ Les fissures de décollement entre différentes natures de matériaux
- ✓ Les fissures de rupture qui peuvent être traversant (ou partielles) et qui correspondent à une sollicitation excessive

III.7 Conclusion générale

Le béton est un matériau micro-fissuré, résultat d'un mécanisme interne lié à sa prise : le retrait et à une faible résistance à la traction. La fissuration est indissociable du fonctionnement du béton armé et est intégrée au dimensionnement des ouvrages.

Afin de connaître la cause, l'étendue et la potentialité d'évolution de la fissuration en fonction de sa morphologie, on établit une étude étalé sur cette pathologie.

Pour atteindre notre objectif, on s'est basé sur la synthèse bibliographique qui nous a permis de faire un état des connaissances sur les causes de la dégradation et des pathologies des constructions, en particulier la fissuration. Ainsi, identifier les moyens permettant de diagnostiquer la fissuration.

Notre objectif dans cette étude été le recensement des causes principales de la fissuration manifestée dans les constructions en béton armé, présenter une classification étendue des différents types de fissures et proposer un modèle de fiche pour fissures

De toute façon et après relevé visuel, notre investigation nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ Les fissures de décollement entre différentes natures de matériaux à cause de l'incompatibilité entre les matériaux.
- ✓ Les fissures qui peuvent être traversant et qui correspondent à la fonctionnement de structures.
- ✓ L'incompatibilité des composants de murs (brique et le mortier).
- ✓ Tassements des sols dus aux causes de la l'infiltration de l'eau, et le gonflement de sol
- ✓ La mise en œuvre.
- ✓ Utilisation non locale pour les surcharges.
- ✓ Précaution pour l'exécution des travaux adjacents aux bâtiments.
- ✓ Erreurs de conception architecturale, sans prendre en compte les éléments esthétiques, notamment la séparation des joints entre deux blocs.

III.8 Fiche de fissure

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE				
Fiche de fissure				
Etablissement/bureau d'étude et technique	.....		Willaya :.....	
Maitre d'ouvrage	.....		Commune :.....	
Maitre d'œuvre	.....		Date :.....	
Description de l'ouvrage				
Non d'ouvrage	.....		
Adresse	.....		
L'âge	.....		
Nature	Habitation <input type="checkbox"/>	Equipement <input type="checkbox"/>	Mixte (béton et métallique) <input type="checkbox"/>	
Surface bâti	.....		N : d'étage	.....
Réhabilitation	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Démolition	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Travaux autour du bâtiment				Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Environnement	.....		
Document nécessaire				
Les plan	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Note de calcul	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Permis de construire	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Rapport de sol	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Le bâtiment est identique aux plans			Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Facteurs climatiques et naturels				
Température	.....	Les règles technique	.....
Humidité	.....	Les règles technique	.....
Le vent	.....	Les règles technique	.....
Séisme	.....	Les règles technique	.....
Diagnostic de l'ouvrage				
Tout l'ouvrage		Photos d'ouvrage		
Partis de l'ouvrage				
Poteaux/ Poutre				
Mur/voile				
Plancher/balcon				
Escalier/ascenseur				
Autorisation d'inspection				
Ingénieur génie civil	.....		
Technicien	.....		
Ingénieur topographe	.....		
Ingénieur VOA	.....		
Architecte	.....		
Chef de projet	.....		

Type d'inspection					
visuelle <input type="checkbox"/>	Visite périodique <input type="checkbox"/>	Inspection détaillée à court terme <input type="checkbox"/>	Inspection détaillée à long terme <input type="checkbox"/>		
Appareil utiliser					
Scléromètre <input type="checkbox"/>	Fissuromètre <input type="checkbox"/>	Ultrasonique <input type="checkbox"/>	Autre instrument <input type="checkbox"/>		
Fissuration					
Microfissure $\leq 0.2\text{mm}$ <input type="checkbox"/>	Fissure $0.2 \leq e \leq 2\text{mm}$ <input type="checkbox"/>	Lézard $\geq 2\text{mm}$ <input type="checkbox"/>			
Orientation	Horizontale: H <input type="checkbox"/>	Activité	Active : A <input type="checkbox"/>	Profondeur	Traversant : T <input type="checkbox"/>
	Verticale : V <input type="checkbox"/>		Passive : P <input type="checkbox"/>		
	Oblique : O <input type="checkbox"/>		Stabilisé : S <input type="checkbox"/>		
	Maille : M <input type="checkbox"/>				
Eléments fissurés					
1-Poteaux/poutres	.....-.....-.....-.....-	5-Escalier/ascenseur-.....-.....-.....-	
2-Mur ext/ Mur int	.....-.....-.....-.....-	6-Acrotère-.....-.....-.....-	
3-Plancher/Balcon	.....-.....-.....-.....-	7-Autre-.....-.....-.....-	
4-Voile	.....-.....-.....-.....-	8-Autre-.....-.....-.....-	
Cause de fissuration					
Carbonatation :	<input type="checkbox"/>	Tassement de sol :	<input type="checkbox"/>		
Attaque sulfatique :	<input type="checkbox"/>	Soulèvement de sol :	<input type="checkbox"/>		
Attaque de chlorure :	<input type="checkbox"/>	Infiltration d'eau agressive :	<input type="checkbox"/>		
corrosion :	<input type="checkbox"/>	Travaux à proximité :	<input type="checkbox"/>		
Défaut de conception :	<input type="checkbox"/>	Mauvaise matériaux :	<input type="checkbox"/>		
Défaut d'exécution :	<input type="checkbox"/>	Séisme :	<input type="checkbox"/>		
Autre manifestations de dégradations					
Ecaillage <input type="checkbox"/>	Epaufrure	La désintégration	<input type="checkbox"/>		
Salpêtre <input type="checkbox"/>	Moisissures	Champignons	<input type="checkbox"/>		
Recommandation					
.....					
.....					
.....					

Documents attachés : (photos d'état fissuré),(schème de dessin et réparation)

Liste des photos

Photo.... :	Photo.... :
Photo.... :	Photo.... :

BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Luc COURARD, «Maladies des bétons : Entre fatalité et prise en charge», Université de Liège –services techniques, Bruxelles, 21 Mars 2016.
- [2] Mickaël THIERY, «Solutions béton - Carbonatation des bétons et piégeage du CO_2 », IFSTTAR.
- [3] Collection Technique CIMBÉTON, «Béton et ouvrages d'art – la durabilité des bétons», T 48, Édition, Novembre 2004.
- [4] Marc GRUJON., «Pathologie du béton – Contribution à la compréhension de la dégradation du béton armé au Sénégal », 1993-2010.
- [5] Véronique BAROGHEL -B, (LCPC Paris), «Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages – Maitrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction », AFGC, Juillet 2004.
- [6] Valentine RINCKER, «Diagnostic de structures existantes », PFE, INSA Strasbourg, Juin 2009.
- [7] Anne-charlotte ASSER, «Principales agressions et attaques du béton », CEREMA, ENPC, Marne-le-vallée- 23 Octobre 2014.
- [8] Jonathan MAI-NHU, «Corrosion des armatures : Intérêt des inhibiteurs de corrosion et méthodologies pour le suivi durant la vie de l'ouvrage », CERIB, 276.E, Décembre 2015.
- [9] B. Dooms, (CSTC), V. pollet (CSTC), G. Mosselmans (CRIC), «Prévenir la corrosion des armatures », Dossiers du CSTC-N°4/2008-cahier n° 12.
- [10] Guide Technique, «Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel », LCPC, Décembre 2003.
- [11] Jocelyne –J (SETRA), Guy TACHY (CEBTP), «Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion», AFGC, Novembre 2003.
- [12] GHOMARI- Fouad, «PHATHOLOGIE DES CONSTRUCTION», GCL566.
- [13] KASSOUL Amar, PHATHOLOGIE DES BATIMENT ENDOMMAGÉR PAR LES SÉISMES», Université hassiba benbouali de chlef .

- [14] TECHNIQUES DE L'INGENIEUR, «Pathologie de l'humidité des parois –pathologie des ponts», Réf. Internet : 42241.
- [15] Yoann GLASSON, «Fissures», LAMY S.A. Expertise, www.lamy-expertise.fr
- [16] WWW.argile.fr «les règles de construction dans les sols argileux soumis au retrait-gonflement».
- [17] TECHNIQUES DE L'INGENIEUR, «Pathologie générale –pathologie du béton», Réf. Internet : 42240.
- [18] GUIDE PHATHALOGIE DES BPÂTIMENT, «La Pathologie des façades», Philippe Philipparie, CSRB ÉDITIONS.
- [19] Joseph ABDO, «La FISSURATION ET SA PRÉVENTION», CIMBETON.
- [20] Ciments Calcia-Italcementi Group, «La Principales pathologies», DENIS BETON.
- [21] André PLUMIER, «Pathologies et réparations structurales des constructions», Université de liège, 2011.
- [22] Frédéric BOURDET, «LES DIFFÉRENTS MOYENS DE SUIVI DE FISSURES ET DE MESURE D'OUVERTURE DE FISSURE», Ginger CEBTP.
- [23] Benoît Michaux, «Les fissures dans les bâtiments», Eau et assainissement- Techniques, décembre 2000.
- [24] Benoît Michaux, «Les fissures dans les bâtiments», Eau et assainissement- Techniques, décembre 2000.
- [25] خليل إبراهيم واكد، «أسباب انهيار المباني طرق الترميم و الصيانة» 2003. مصر.
- [26] ا.د شريف ا. ا.د غمروس، ا.د. منير ك. ا.م.د شادية ن، «تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها» 1993. مصر.
- [28] Marc BROUXEL, Lotfi HASNI, «La démarche de diagnostic», IMG.C.
- [29] JOHN.A, WCKHAM.JR. FOUNDATIONS IN EXPANSIVE SOILS. HEAQUARTER-DEPARTMENT OF THE ARMY, Septembre 1983.
- [30] HAMLAOUI, Salim : « Maintenance, entretien et réparation des ponts», Université Mohamed Khider- Biskra : 2012.