



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم الهندسة المدنية
Civil engineering department



N° d'ordre : M/GC/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Civil

Spécialité : Structure

Thème

**Diagnostic des pathologies
des bâtisses en béton armé**

Présenté par :

- LAADJAL Ilham
- KAHLOUCHE Zohra

Soutenu le 27 /06 / 2022 devant le jury composé de :

Président : REZIGUA AHMED

Examineur : SADEK BAHAR

Encadrant : ZELMAT YASSINE

Année Universitaire : 2021 / 2022

Remerciement

Je remercie dieu le tout puissant qui m'a donnée la force et la volonté de réaliser et achever ce travail.

Je remercie tout d'abord Mr ZALMAT Yassine 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 MOSTAGANEM.

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. Cette recherche nous a permis de réaliser une classification, selon l'orientation des fissures et l'importance et leur gravité 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، ونظرا للأهمية القصوى لهذه الدراسات من الناحية الاقتصادية والإستراتيجية للبلاد، على الخبراء والباحثين إعطائه أولوية من الجانب العلمي والعملية والتطبيقي.

تتعرض المنشآت و البنائيات 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 تؤثر سلبا على ديمومتها.

في هذه الدراسة كان هدفنا جمع وتصنيف مختلف أنواع التشققات، وتحديد الأسباب الرئيسية أو المحتملة في مختلف عناصر البناية الأساسية و الثانوية منها الأعمدة و الروافد، البلاطات وكذلك الجدران. 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
Dégradation d'ordre chimique	3
• La carbonatation	3
• La corrosion et ces phases de développement	5
• Attaque des chlorures.....	7
• L'attaque Sulfatique.....	9
Dégradation d'ordre physique.....	11
• Effet de Gel /Dégel	11
• La réaction alcali-granulat	12
Dégradation d'ordre mécanique.....	13
• Les chocs sur le béton.....	13
• Mouvement de sol et Tassement.....	14
• Action des séismes	16
Dégradation dues aux défauts de calcul et de conception.....	17
• Instabilité et le non-respect des règles de la statique.....	17
• Matériau non approprié.....	18
• Structure en chaîne.....	19
• Effet des variations dimensionnelles	19
Dégradation dues aux Défauts d'exécution et Erreurs de dessin	21
Poussées au vide	23
I.3 Conclusion	24

Chapitre : II Caractérisation et recensement des fissures

Introduction.....	25
Caractéristiques des fissures	25
Différents types de fissures.....	27
Classification selon le type de fissure	28
Classification selon le fonctionnement	30
Mécanisme de la fissuration.....	32
Recensement des fissures.....	33
Eléments des structures.....	33
II.4.2 Eléments Façade.....	35
Réalisation d'un diagnostic	36
Investigation non destructives.....	37
Investigations destructives	38
I I.6 Conclusion	39
Diagnostic et analyse	39
Eléments des structures principales	62
Éléments des Façades : Murs	63
I II.6 Conclusion.....	42
I II.7 Conclusion générale	43
III.8 Fiche pour fissure.....	44
BIBLIOGRAPHIQUES	46

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

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.....	40
Tableaux III.2 : Eléments des Façades : Murs.....	42

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 réparti en trois chapitres, 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.

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

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.

Dégradation d'ordre chimique

La carbonatation

La carbonatation est un phénomène lent et nature qui touche la plupart des matériaux de construction, c'est le résultat de la réaction chimique entre le CO₂ 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 phase, la première phase et c'est la désolation 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.

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.

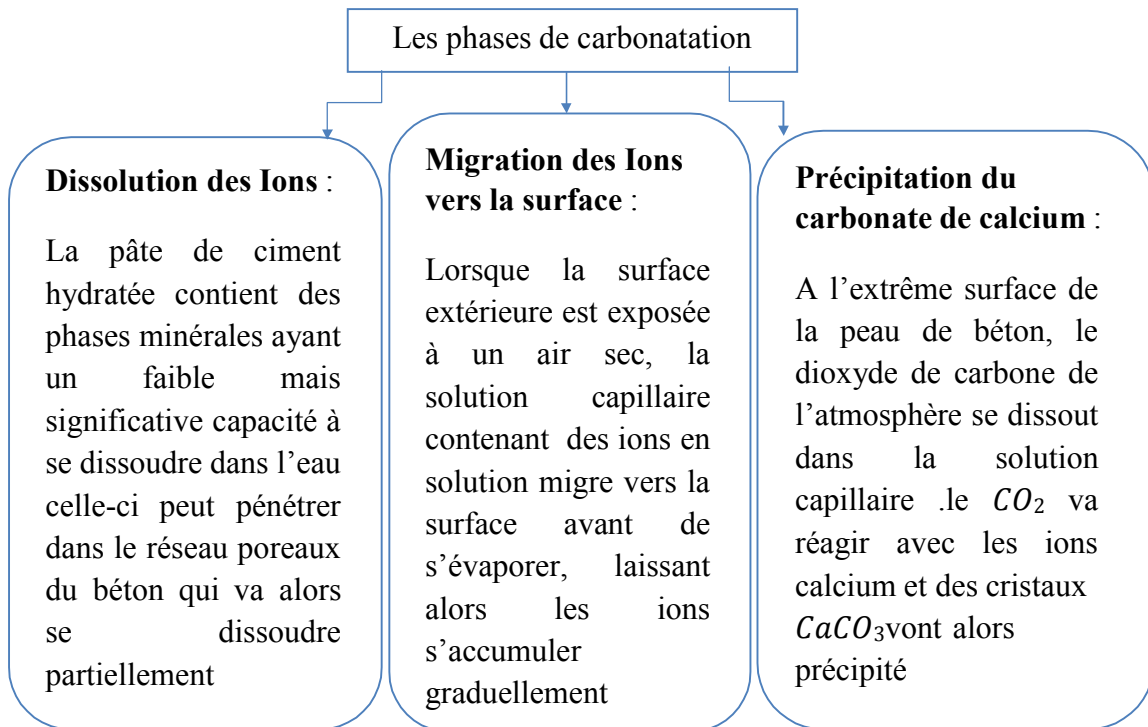


Figure I-1 : les phases de carbonatation. [1]

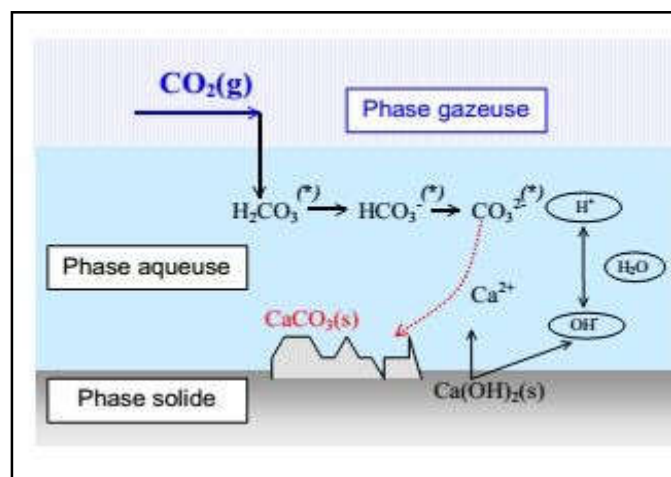


Figure I-2 : Mécanisme de carbonatation. [5]

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 phénolphtaléine. La coloration en rose représente la zone non carbonatée, la partie incolore la zone carbonatée, (Figure 1-3).

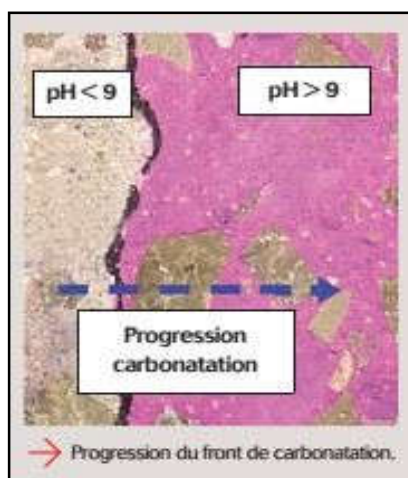


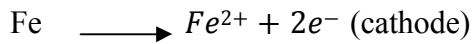
Figure I-3 : progression de carbonatation. [2]

La corrosion et ces phases de développement

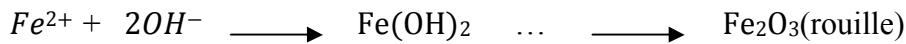
L'évolution de la corrosion des armatures du béton s'effectue généralement en deux étapes : Au départ, l'acier est stabilisé par la couche passivation qui empêche la formation de la rouille, puis durant la phase de l'amorçage, les espaces néfastes vis-à-vis de la corrosion pénètrent dans le béton et 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 oxydes et hydroxydes 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)



(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**)

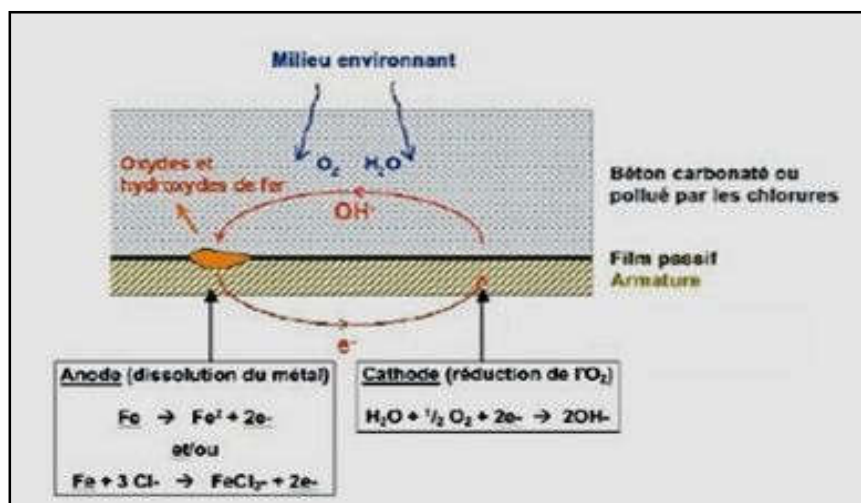


Figure I-4 : Processus de la corrosion des aciers dans le béton. [1]

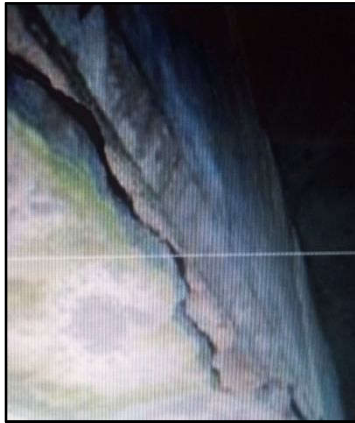
Les causes de la corrosion

Deux mécanismes conduisent à la dépassivation des armatures :

- La carbonatation
- L'action des chlorures

Les conséquences de la corrosion

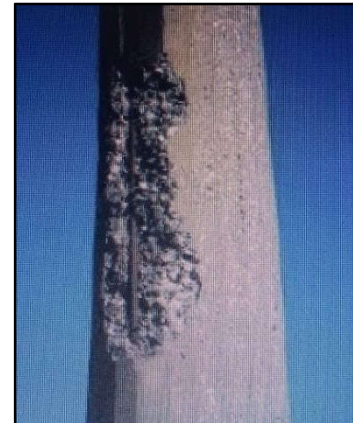
La corrosion des armatures a souvent pour conséquences des symptômes visibles sur le parement, ce phénomène entraîne à la fois une augmentation de volume, perte de la section efficace de l'armature. Ces pathologies peuvent être des fissures, décollements de béton éclats épaufrures (**Figure 1-5**).



Fissures



Epaufures



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

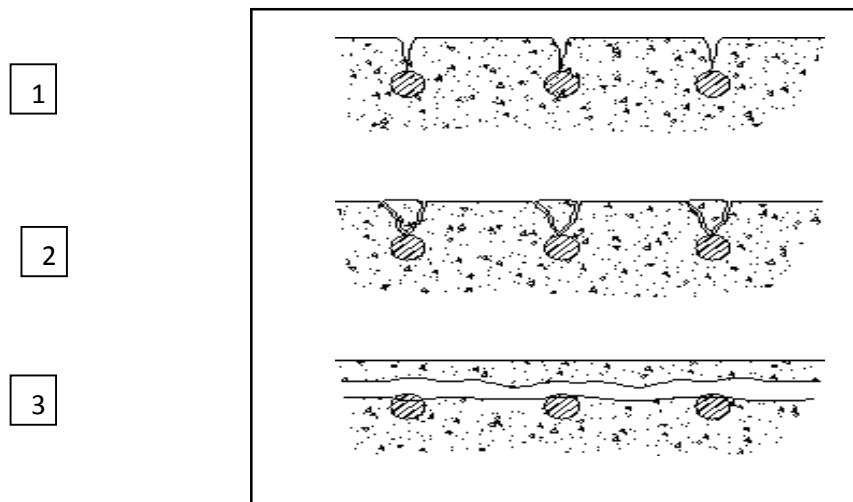


Figure : I-6 Types de fissures provoquées par la corrosion de l'armature. [6]

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.

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 déverglaçage.

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.

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).

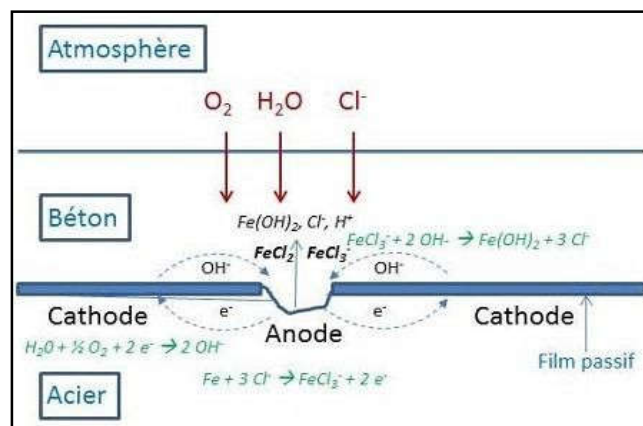
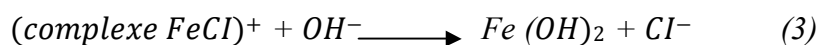


Figure I-7 : Mécanisme de la corrosion due aux chlorures. [8]

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 importante 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]

L'attaque Sulfatique

L'attaque sulfatique est associée à la précipitation de produits sulfatés secondaires, d'une expansion importante et de 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.

L'origine des sulfates

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

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 trisulfate aluminé 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, héli-hydrate, anhydrite).
- Les sulfates contenus dans le clinker lui-même : sulfates alcalins et solutions solides dans les silicates de calcium [30].
- Ils peuvent provenir de l'utilisation de granulats ou de l'eau de gâchage.

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 .

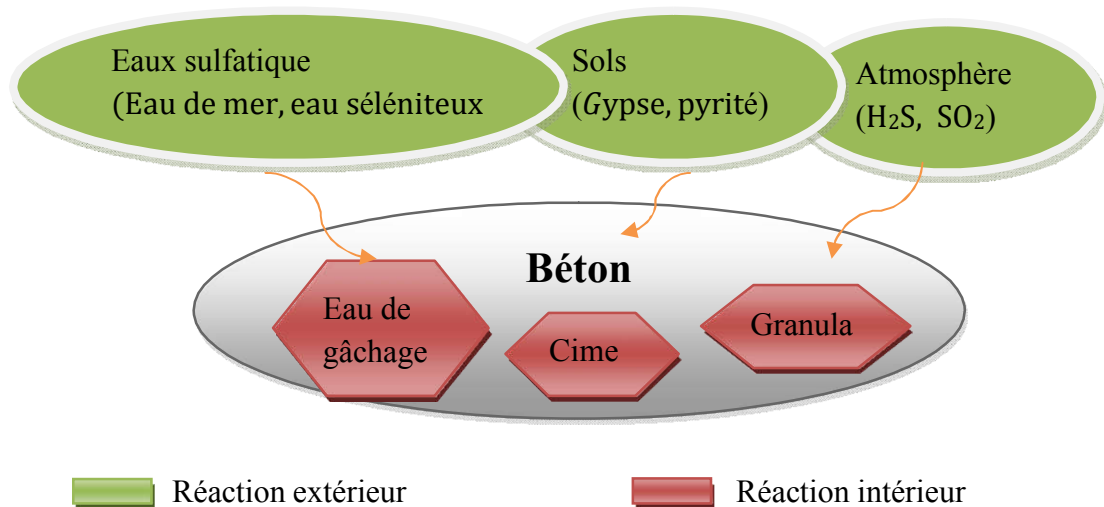


Figure I-9 : Sources de sulfates multiples. [7]

Les conséquences des réactions Sulfatique

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'étrangéité
- 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 sulfatique. [7]

Dégradation d'ordre physique

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 le plus petits. Néanmoins, l'expansion de l'eau dans la porosité des bétons provoque l'apparition de contrainte qui peut engendrer un écaillage. (Figure I-11)

Gel/Dégel + Sels de déverglage → Dégradation de surface

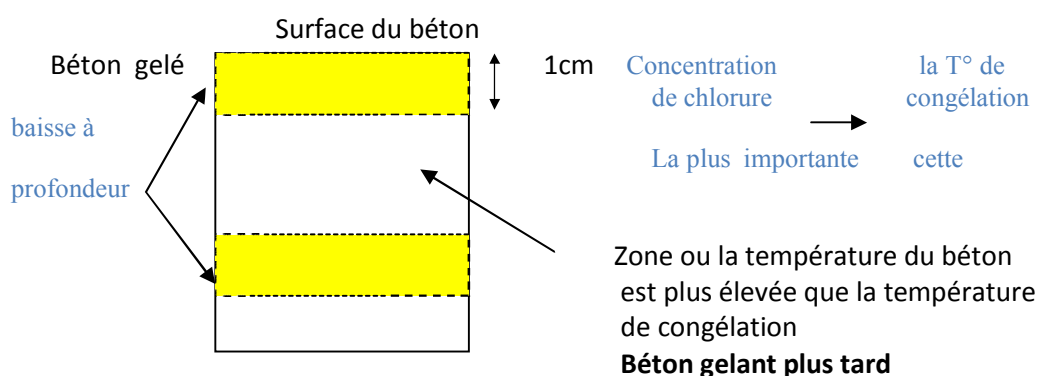


Figure I-11 : Le Processus du gel- dégel et des sels de déverglage. [6]

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]

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]

Dégradation d'ordre mécanique

Les chocs sur le béton

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

Les chocs dû 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]

Mouvement de sol et Tassement

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.

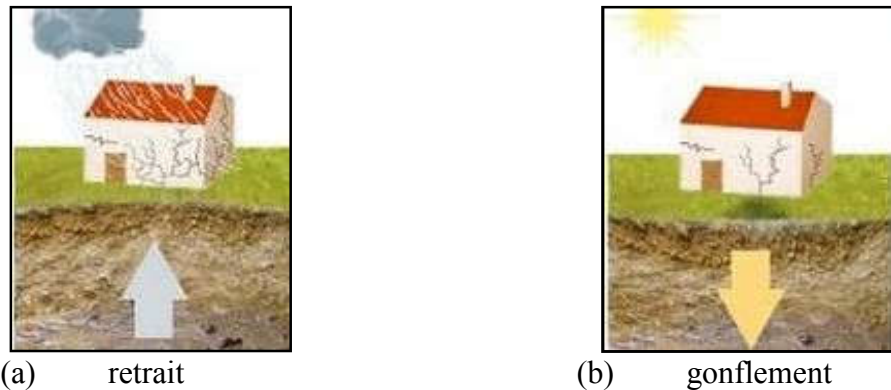


Figure I-15 : L'effet de l'argile gonflante. [14]

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).

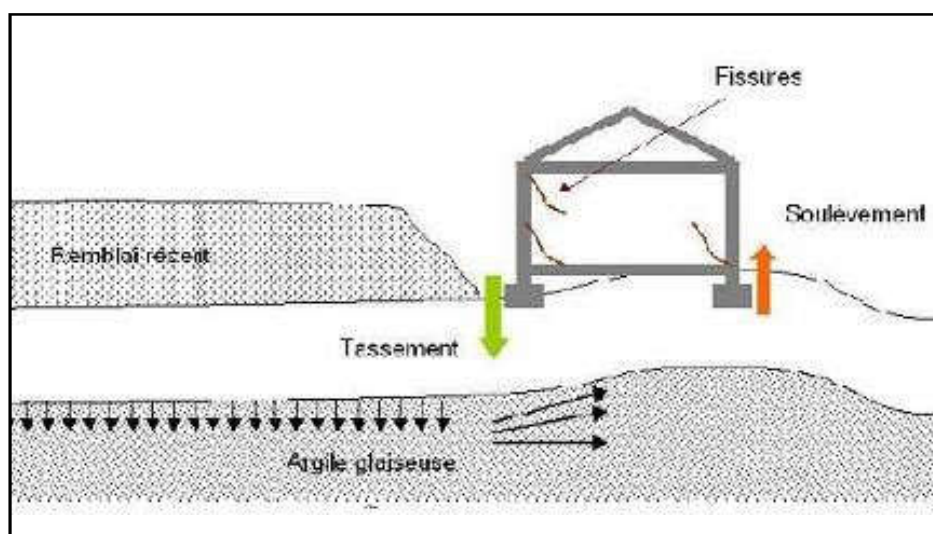


Figure I-16 : L'effet de l'affaissement de sol. [12]



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

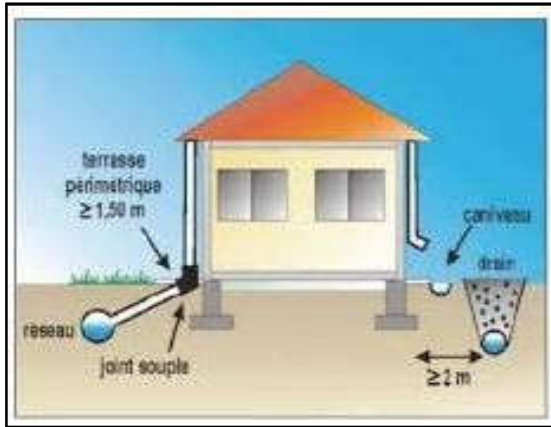


Figure I-18 : L'effet de l'argile gonflante : Infiltration d'eau. [15]

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).

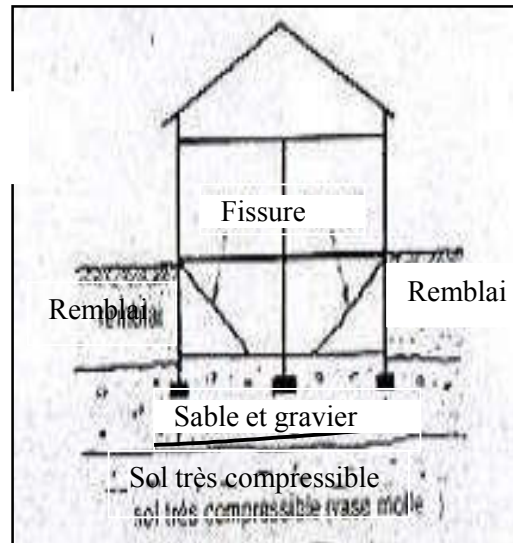
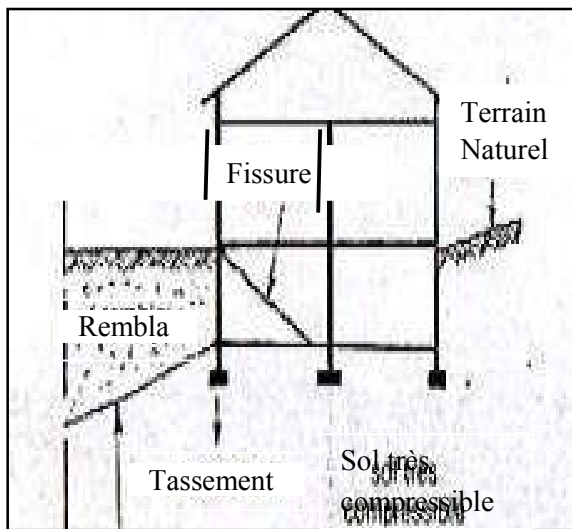


Figure I-19 : L'instabilité de sol : Cause de remblai. [12]

Terrain instable de déblais

Un terrassement par déblai consiste à des terres initialement en place, ces déblais 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)

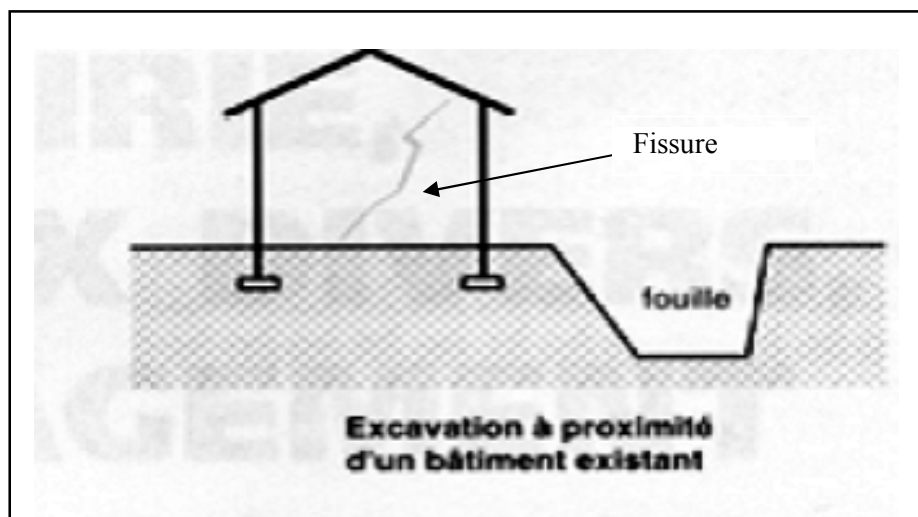


Figure I-20 : L'instabilité de sol : Cause de d'excavation et déblai. [12]

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 certains endroits, dégradation puis rupture. (Figure I-21)



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

Dégradation dues aux défauts de calcul et de conception

Instabilité et le non-respect des règles de la statique

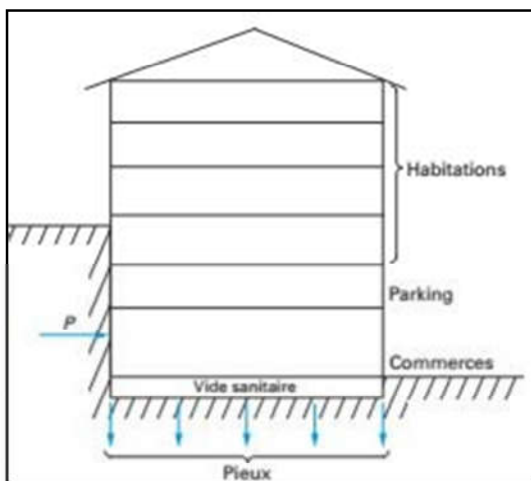
Il s'agit de s'assurer que l'ouvrage sera en équilibre, impose les 2 conditions fondamentales : ces conditions doivent, bien entendu, être vérifiées, tant que l'ouvrage considéré dans sa globalité, que pour chaque élément constitutif de l'ouvrage.

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

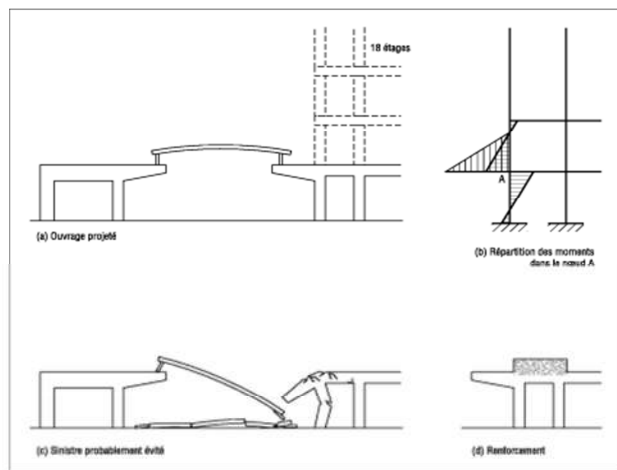
$\sum M=0$ la somme des moments des forces appliqués est nulle.

Ces conditions doivent, bien entendu, être vérifiées, tant 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 RDCmitoyen à autre avec n étage [12]

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

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).

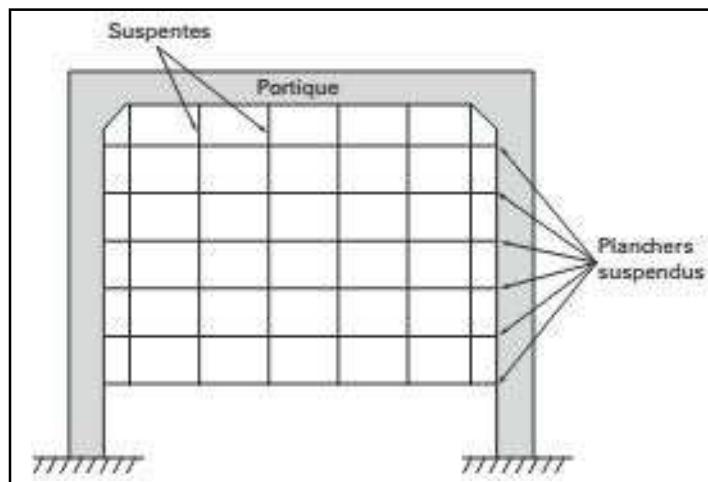


Figure I-23 : Bâtiment à planchers suspendus. [17]

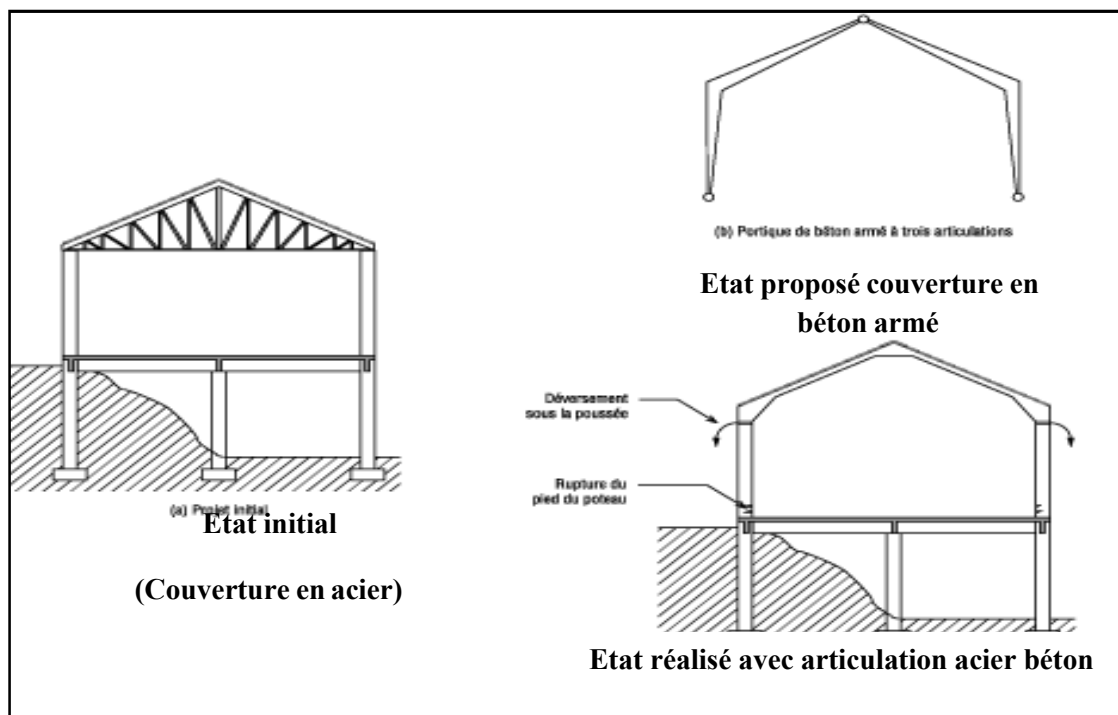


Figure 1-24 : Choix du matériau adéquat pour assurer la durabilité de la structure. [12]

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).

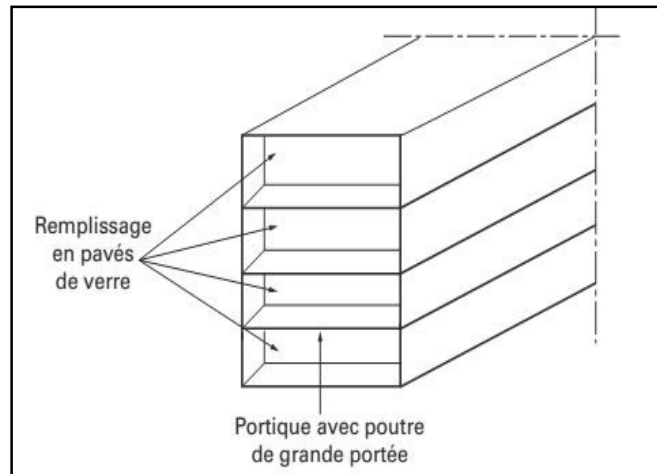


Figure I-25 : Immeuble comporte une façade fragile reposante sur un élément déformable.
[17]

Effet des variations dimensionnelles

Les désordres consécutifs aux variations dimensionnelles représentent 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

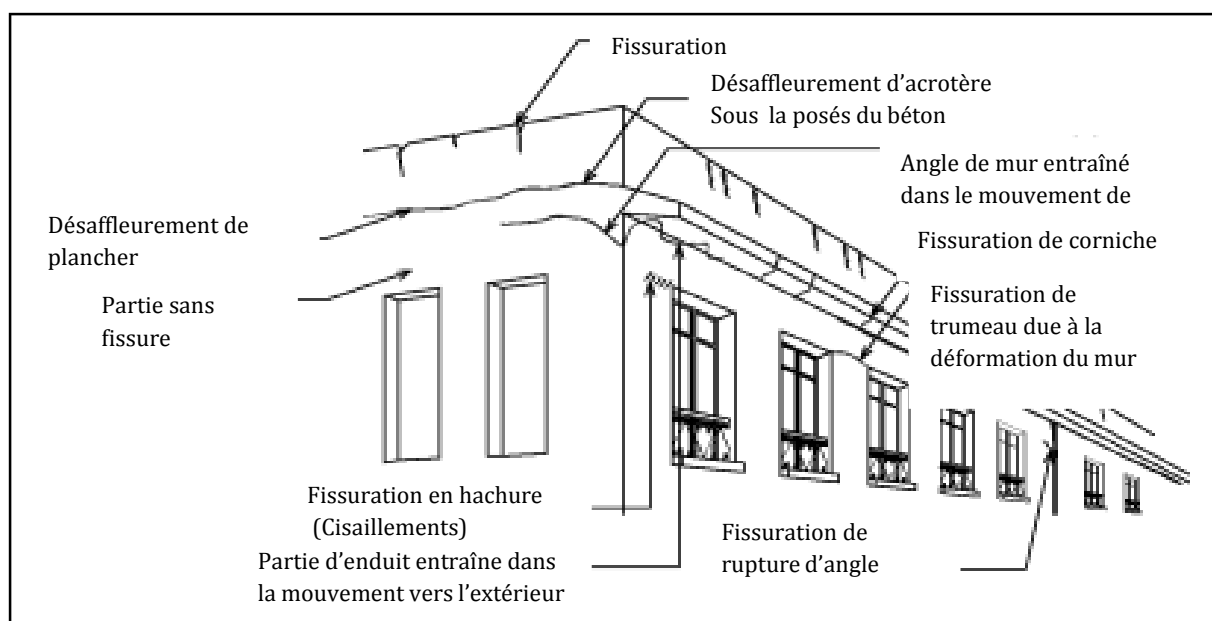
Et, que ces variation dimensionnelles, flèche pour une poutre,

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.

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 qui 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]

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)

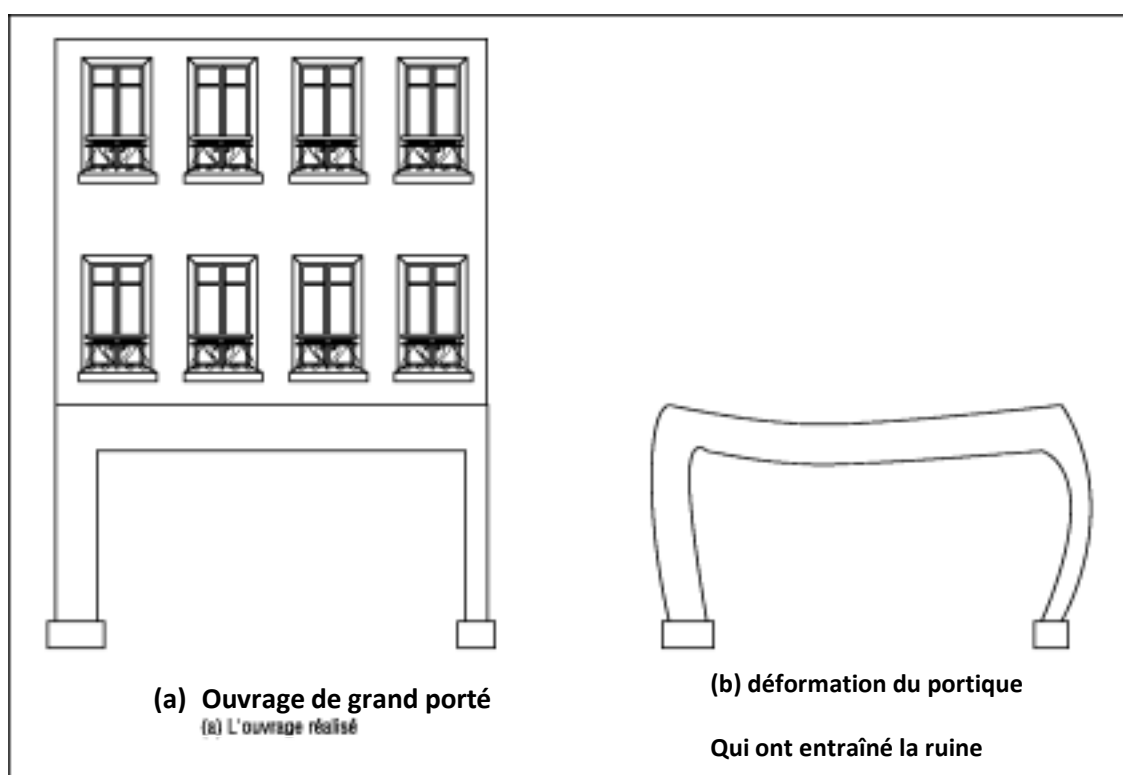


Figure I-27 : Effondrement d'une façade à grande portée. [12]

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)

Poussées au vide

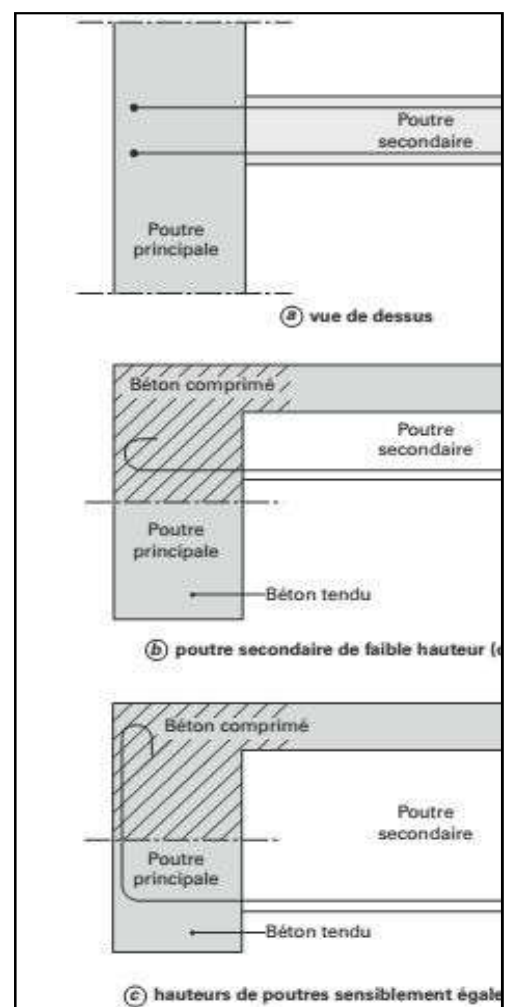
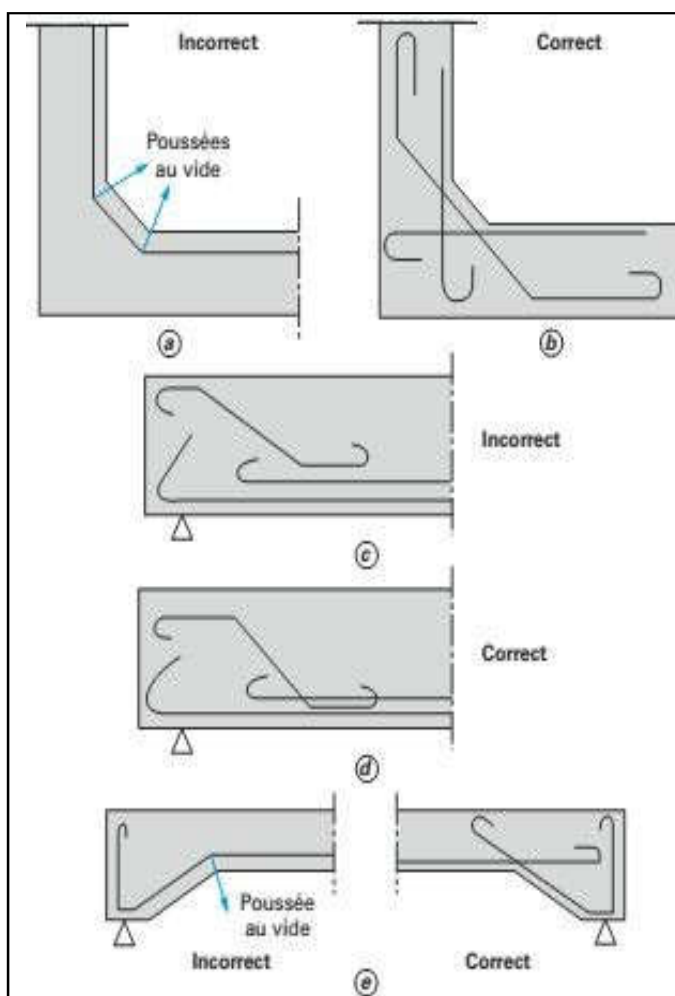
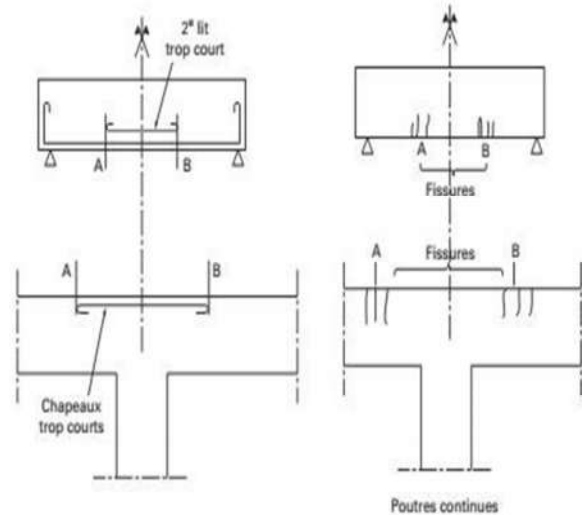


Figure I-28 : Solutions de ferrailages à Poussées au vide.

Figure I-29 (a) : Aciers non emontés.

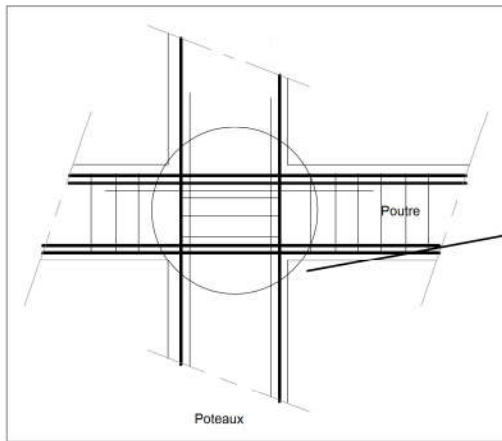


(c) Ferrailages trop courte au niveau de recouvrement



(d) fissure au zone critique de ferrailage

Figure I-29(b) : 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

Introduction

La fissuration du béton armé est un phénomène normal compte tenu du principe de fonction de ce matériau. Mais, que ce 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.

Caractéristiques des fissures

Les fissures sont caractérisées par :

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'injectable 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.

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
- Inclivée (préciser l'angle par rapport à l'horizontal)
- Mixte (plusieurs directions)
- Quelconque

✓ **Tracé ou forme :**

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

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 cataloguer (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).

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.

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.

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.

Classification selon le type de fissure

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

a : Emplacement :

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

La situation de la fissure correspond alors :

- Fissures horizontale inclinées :

Partie (ou zone) basse, partie moyenne, partie supérieur

- 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 :

Le faïençage

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

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...

Les fissures





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

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

Classification selon le fonctionnement

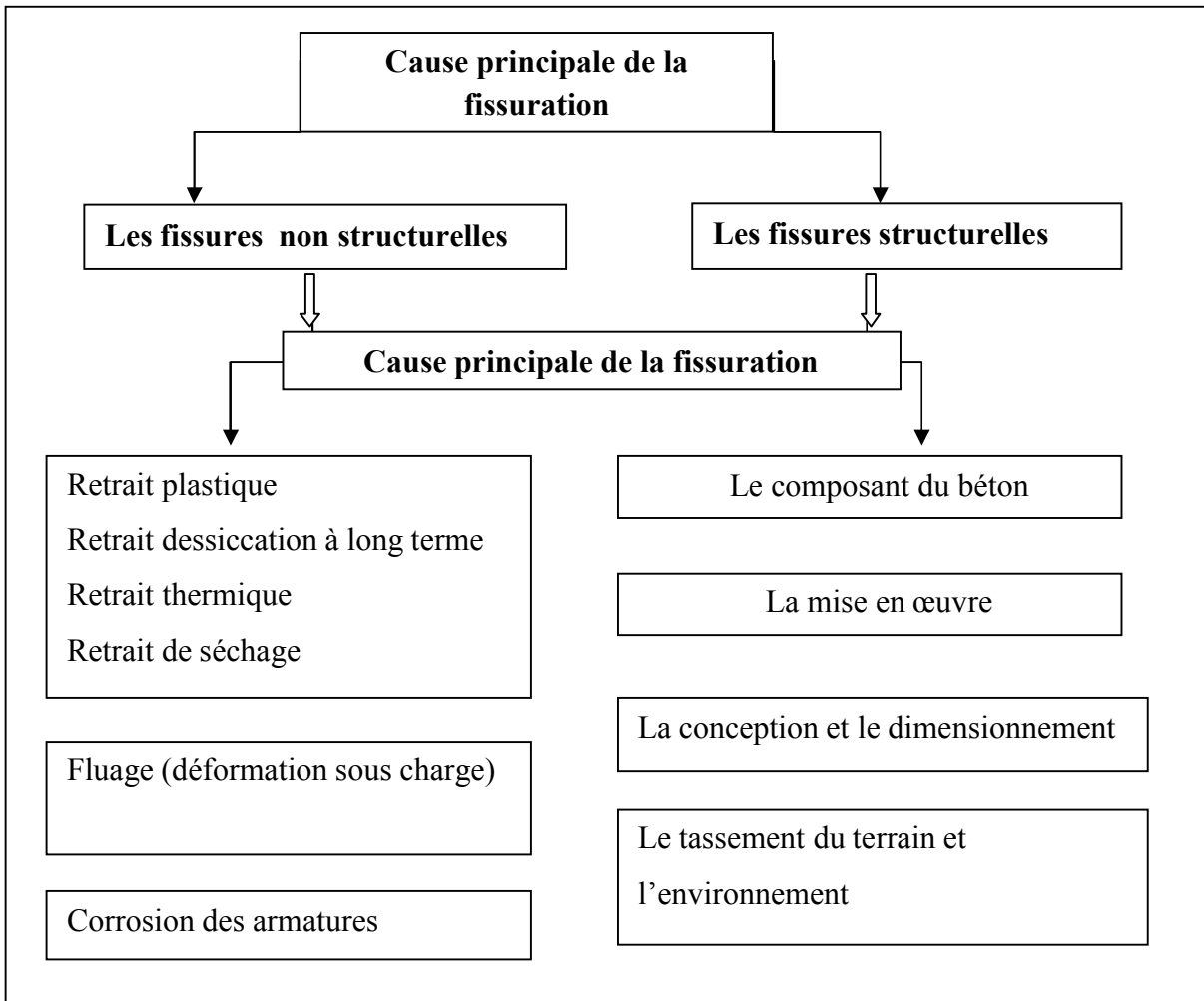


Figure II-1 : Fonctionnement et cause des fissures

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)

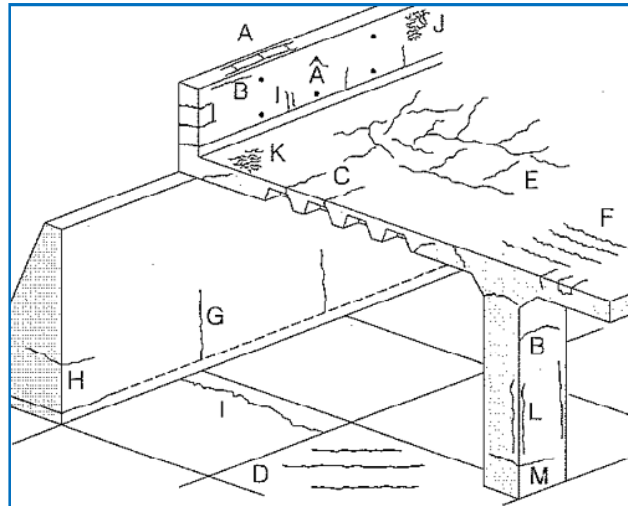


Figure II-2 : Désignations de fissure. [22]

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			

Recensement des 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.

Eléments des structures

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).

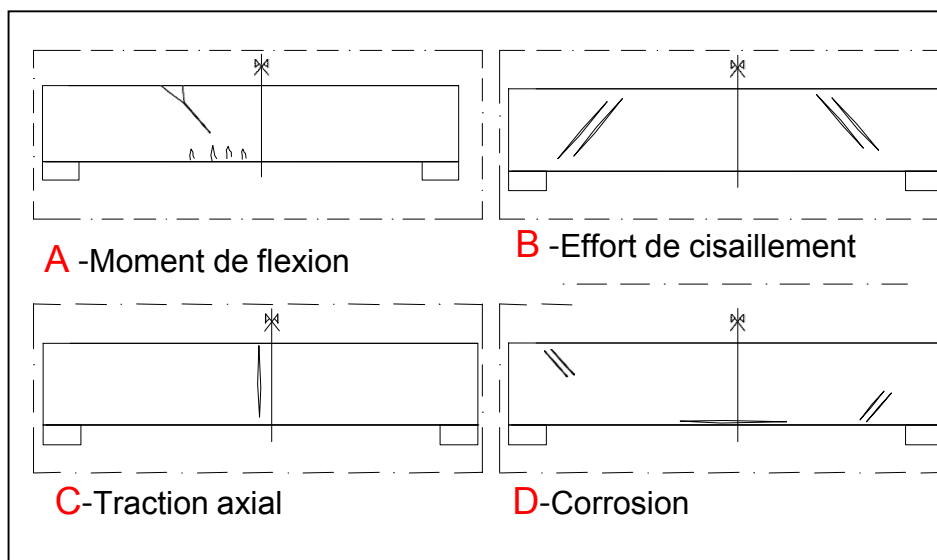


Figure II-3 : Fissures probables affectant la poutre

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.

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).

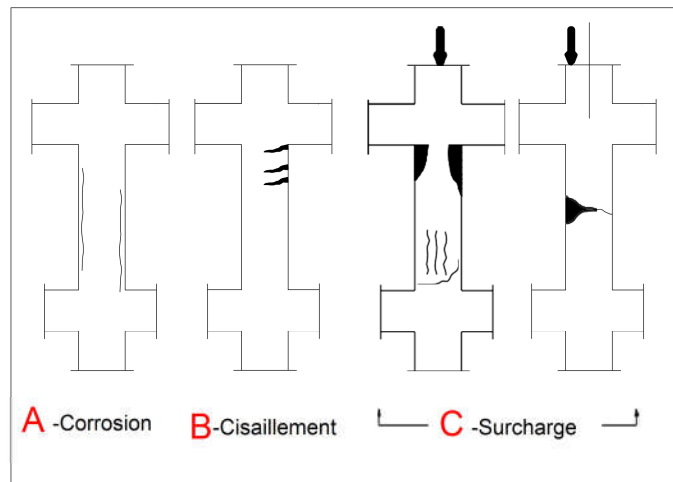


Figure II-4 : Fissures probables affectant les poteaux.

Les Plancher

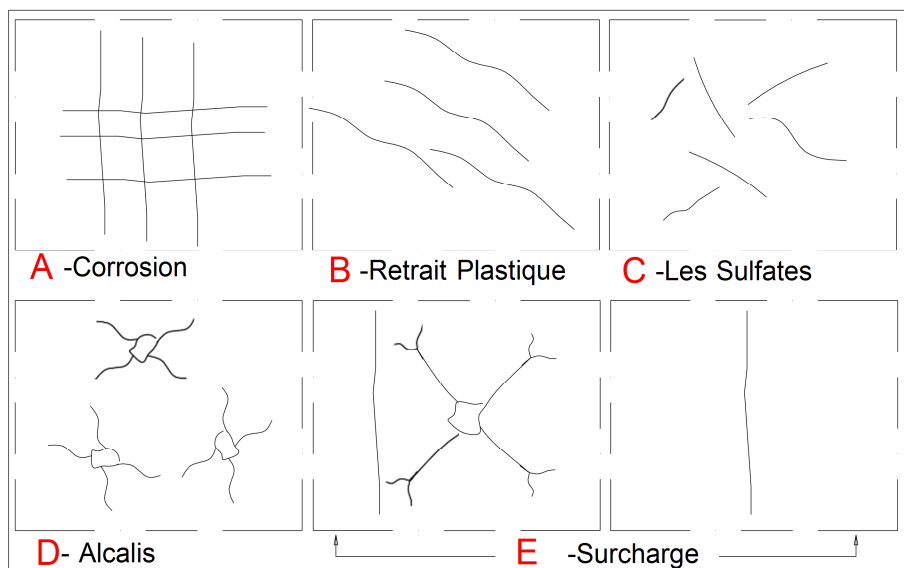


Figure II-5 : Fissures probables affectant les plancher.

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

Eléments Façade

Mur et Enduit

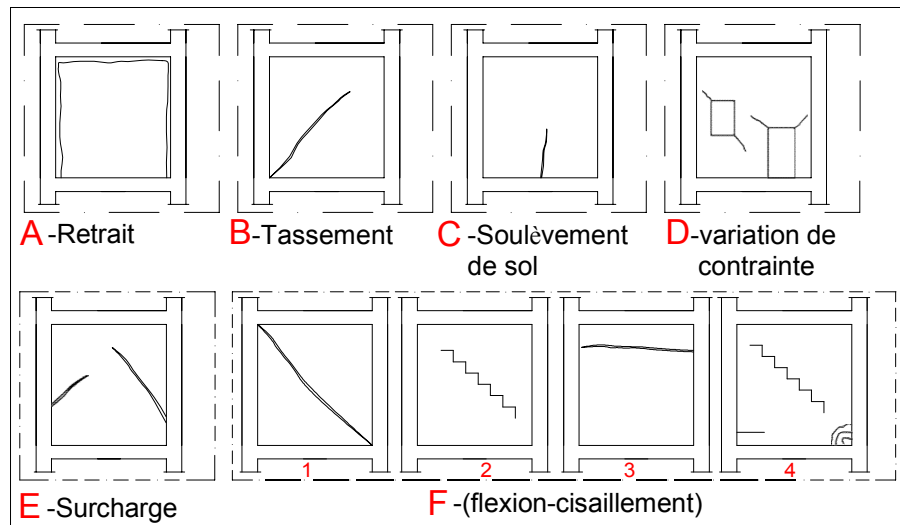


Figure II-6 : Fissures probables affectant les Murs

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.

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.

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.

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.....).

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)

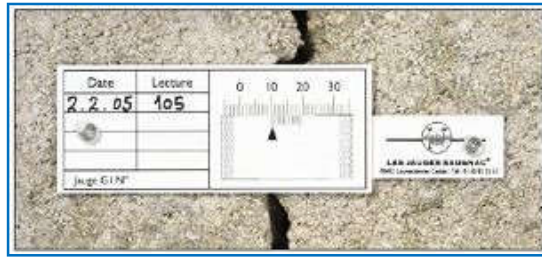


Figure II-7 : La jauge GINGER. [21]

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 phacomètre 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.

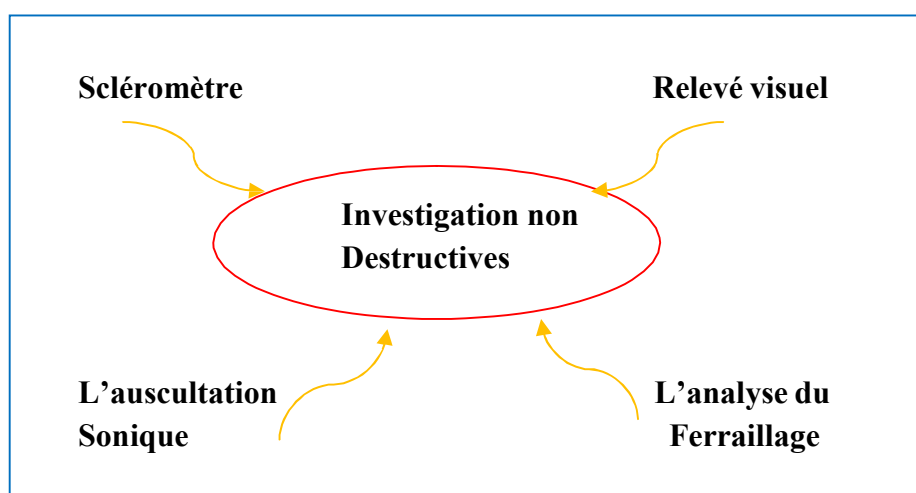
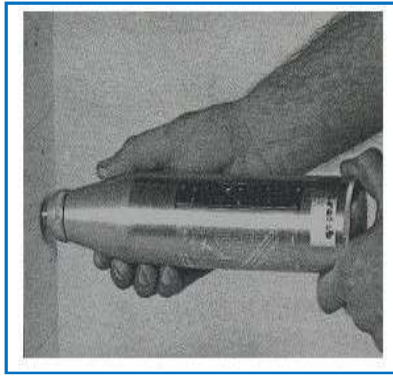


Figure II-8 : Étapes Investigation non destructives. [21]
Instrument pour le suivi



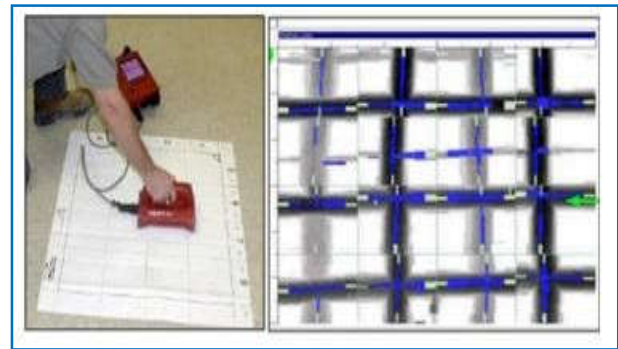
Scléromètre



Appareil de mesure de
La corrosion des armatures



Ultrasonique



détection par fenêtres et résultats (pachomètre)

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

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)

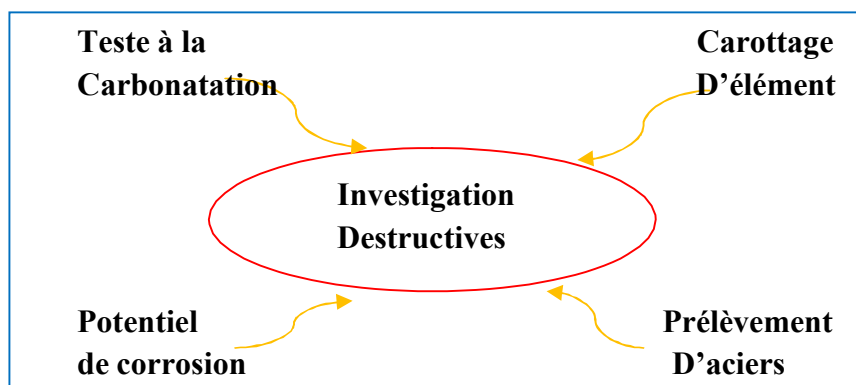


Figure II-10 : Étapes Investigation destructives. [25]

l'analyse du diagnostic

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.

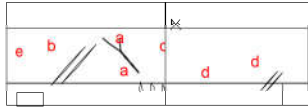
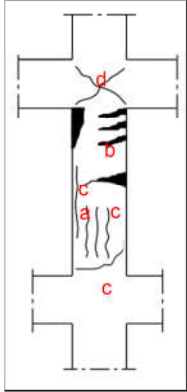
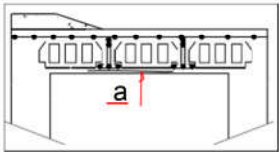
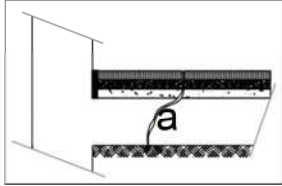
L'analyse des fissures consiste à étudier les caractéristiques et l'évolution des fissures sur une façade, un mur ou tous les éléments en béton armé. L'analyse des fissures permet d'identifier leurs causes, évaluer les risques et préconiser des solutions de traitement.

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.

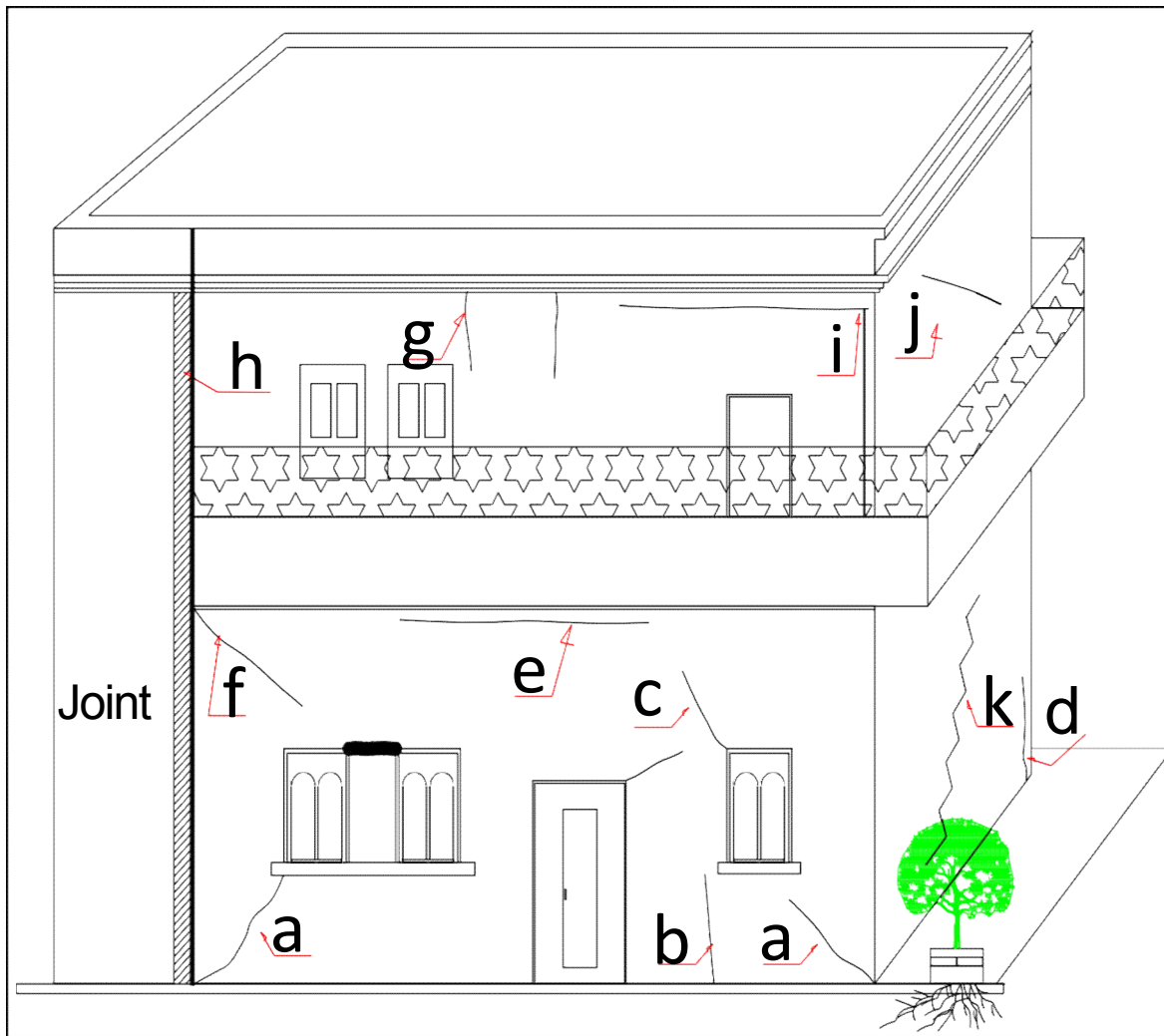
Eléments des structures principales

Eléments porteurs

Tableaux II. 3 : Eléments des structures principales

Types	schéma	Tracé	Cause	Recommandation /Précautions
poutres	 <p>(a,b,c) :Zone de flexions et tractions. (e) :L'extrémité des poutres (poussé au vide)</p>	Oblique Horizontale Verticale	Éléments fléchis et tendue. probable de (conception et calcul). Éclatements de béton au nœud. Mauvaise matériaux.et ferrailage.	Déterminer la gravité des dégâts. Suivi permanent des dommages causés aux structures. Réparation avec matériaux efficaces.
poteaux	 <p>(a, b,c) :Zone de compression et (d) : cisaillements et éclatement de béton au nœud</p>	Oblique Horizontale Verticale	Probable de compression et cisaillements (conception et calcul). Éclatements de ferrailages au nœud. mauvaise matériaux. Corrosion. L'excentricité. L'alignement des axes des poteaux.	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 outil de réparations.
plancher	<p>Revêtement</p>  <p>Au niveau de faux plafond</p>	Faïence, Oblique Horizontale Verticale	Infiltration d'eaux. Corrosion. Manque de chaînage. Long travées. Mauvaise chape.	<ul style="list-style-type: none"> • Réalisations d'étanchéités suivant la norme, • Suivi périodique à l'étanchéité après l'achèvement
revêtement de sol	 <p>Au niveau de la surface de revêtement.</p>	Faïence, Oblique	Infiltration d'eaux. Sol instable. Mauvaise chape.	Système de drainage d'eau. Eviter l'implantation d'arbre près de la structure.

Éléments des Façades : Murs



Tableaux II.4 : Eléments des Façades : Murs

cas	Tracé	cause	Recommandation /Précautions
a	Oblique Limites bas de la structure	• Infiltration d’eaux, racine des arbres, Instabilité de terrain, Mauvaise matériaux, Mouvement desfondations, séisme.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Déterminer la gravité des dégâts. 2. Réparation avec matériaux efficaces. 3. Nettoyée la surface dégradé. 4. La Matière injecté. 5. Les outille de réparations. 6. Suivi permanent des dommages, après les réparations.
b	Verticales Limites bas de lastructure	• 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	• Faiblesse de la maçonnerie et l’instabilité des appuisdes ouvertures, défaut d’exécution d’éléments décoratifs.	
d	Verticales Extrémités de bâtiment ou mur	• 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	• Le retrait, l’instabilité de la structure	
g	Verticales Limite supérieure de mur	• Le retrait, probable de flèche de la poutre.	
h	Verticales Au niveau de joint de délattions	• Manque ou mauvaise joint de délattions, structure en chaine	
i	Verticales et horizontale Séparation entre éléments porteurs et maçonneries	• Retrait et dilatation, probables de mauvaiseconception, l’instabilité de la structure.	
j	Verticales ou Horizontale Surface de mur	• Mauvaise matériaux, l’instabilité de la structure,séisme.	
k	Surface de mur	Mauvaise matériaux (brique, enduit), l’instabilité de la structure, séisme.	

Conclusion

Ce chapitre nous avons vu l’importance du diagnostic est l’étude de la fissuration dans les constructions en béton armé, c’est l’étape clé qui permet de déterminer les types de pathologies dont souffre l’ouvrage ainsi que leur ampleur, 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.

Conclusion générale

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 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 la recherche 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 au 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.

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 plans	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 techniques	.....
Humidité	.....	Les règles techniques	.....
Le vent	.....	Les règles techniques	.....
Séisme	.....	Les règles techniques	.....
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				
Ingénieure génie civil	.....		
Technicien	.....		
Ingénieure topographe	.....		
Ingénieure 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 utilisé					
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"/>		Surface : S <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)

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 PATHOLOGIE DES BÂTIMENT, «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 عمرو س، ا.د منير بك، 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. HEADQUARTER-DEPARTMENT OF THE ARMY, Septembre 1983.

[30] HAMLAOUI, Salim : « Maintenance, entretien et réparation des ponts », Université Mohamed Khider- Biskra : 2012.