

Diagnostic et réparation des ouvrages endommagés

I/ Le diagnostic des structures endommagés

Le diagnostic d'un ouvrage permet avant tout de déterminer l'état de santé, les éventuelles pathologies présentes ainsi que leur ampleur. Cependant le diagnostic peut avoir deux finalités. Soit il est mené afin de déterminer exactement quels sont les désordres présents en vue de leur traitement, soit il est effectué afin de connaître l'évolution des désordres dans le temps, que ce soit à court, moyen ou long terme.

1/Définition

C'est l'ensemble des investigations nécessaires pour définir l'origine et l'étendue des désordres constatés.

2/ Object de diagnostic :

- Evaluer la gravité des désordres ;
- Permettre la prise de décision ;
- Mettre au point d'une solution de réparation durable.

3/ Étape de diagnostic

Les étapes à suivre en tout processus de diagnostic sont :

3.1/ 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. Accompagné par des schémas ou des plans simplifiés pour localiser des principaux problèmes observés lors de la visite du site, les activités effectuées sont:

- Observations visuelles.
- Prise des photos.
- Identification et localisation des zones fortement sollicitées.
- Observation des zones critiques (joints, appuis, système de drainage).
- Localisation des fissures, et toutes les manifestations de la dégradation.
- Mesures des ouvertures et des longueurs des fissures.

3.2/ Collecte des documents

Un maximum d'informations concernant la structure doivent être récoltés, à savoir :

- Date de construction afin de connaître le code selon lequel la structure a été calculée et les dispositions constructives de l'époque.

- L'historique de la structure
- Les plans de coffrage et de ferrailage
- Les rapports d'éventuelles études antérieures
- L'orientation de la structure une

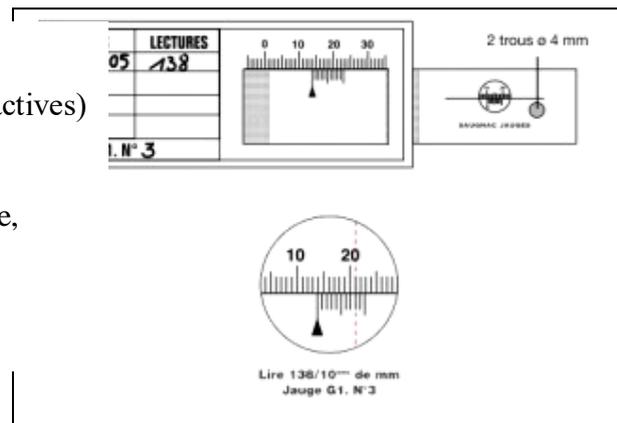
3.3/ Préparation de l'intervention

A partir de la visite sur site et de l'étude des documents collectés on peut déterminer précisément le nombre et le type de mesures à réaliser pour répondre au mieux aux résultats. Avant l'intervention il faut déjà avoir déterminé quelles informations sont importantes pour réaliser la mission.

3.4/ 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 de désordres tels que :

- la présence de fissures
- la présence d'armatures (passives ou actives) apparentes, corrodées ou non,
- le relevé des déformations de la structure,
- la détection des traces d'humidité,
- etc.



Un fissuromètre

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

- Un appareil photo - Un décimètre - Un pied à coulisse - Un fissuromètre (réglette en plastique transparente munie de traits de largeurs calibrées que l'on place successivement sur la fissure à observer pour estimer sa largeur) et le nécessaire pour prendre des notes.

3.5/ Essais en laboratoires

Si des échantillons ont été prélevés dans les zones représentatives des états de dégradation, ceux-ci sont envoyés en laboratoire pour analyse chimique ou microstructurale afin de qualifier le béton.

3.6/Treatment des resultants

L'ensemble des résultats d'analyse et des relevés des défauts sont récapitulés dans des tableaux ou sur des plans dans le rapport de diagnostic.

3.7/ Commentaires et avis de réparation

A partir de tous les éléments dont il dispose, l'ingénieur chargé d'affaires doit indiquer dans son rapport.

- Si la structure garantit toujours la sécurité des personnes et des biens qu'elle abrite (bâtiments) ou qu'elle ne menace pas de s'écrouler.
- L'origine probable des désordres, leur étendue, et leur probable évolution
- Les zones à traiter en priorité
- De conseil sur des éventuels compléments d'étude
- Des recommandations relatives aux éventuelles méthodes de réparation les mieux adaptées

4/ Types d'investigation (types de diagnostic)

Les différentes investigations sont classé en deux catégories soit les méthodes non destructives, soit les méthodes destructives. Les principales méthodes rencontrées lors de diagnostics sont :

4.1/ L'auscultation

Les objectifs de l'auscultation se résument en deux axes:

1. Appréciation de la qualité des matériaux en place ;
2. Analyse du mode de fonctionnement réel de la structure.

4.1.1/Appréciation de la qualité des matériaux

Les moyens permettant d'apprécier l'état des matériaux comprennent:

a) *Etudes sur prélèvement (Investigations Destructives)*

Ces études ont un double objectif : l'identification des matériaux en place et l'évaluation de ses propriétés.

- **Le prélèvement:** Le prélèvement d'un échantillon sur un ouvrage à l'inconvénient d'être partiellement destructif. Il se fait à l'aide d'une carotteuse.
- **Essais mécaniques:** il s'agit des essais mécaniques classiques (compression, traction, etc.).
- **Essais physiques:** il s'agit de mesure de densité, porosité, teneur en eau, etc.
- **Essais chimiques:** le type d'essai effectué dépend de ce que l'on recherche et fait appel à des moyens coûteux, il faut donc définir l'objectif recherché. Les analyses chimiques et

minéralogiques d'un béton durci se font par des méthodes opérationnelles très puissantes comme:

- Les analyses diffractométriques (par les rayons X envoyés sur le béton en poudre), pour repérer les minéraux (la portlandite, l'ettringite, le gypse, etc.);
- Les examens au microscope électronique à balayage pour repérer les produits mal cristallisés comme l'Ettringite;

b) Examen du matériau en place (Investigations non destructives)

• **Auscultation des bétons par le scléromètre:** l'auscultation au scléromètre peut indiquer le béton de mauvaise qualité dans une partie d'ouvrage, puisqu'il donne la résistance à la compression. Mais dans les cas les plus complexes, l'auscultation sonore reste la méthode d'expertise significative.

• **Auscultation sonore ou dynamique:** Elle consiste à mesurer la vitesse de propagation d'une onde ultrasonique dans le béton. Cette technique est utilisée pour: estimation de la résistance à la rupture du béton, apprécier l'homogénéité d'un béton, localiser et apprécier l'importance d'un défaut.

• **Diagnostic de l'état du béton armé:** pour réaliser un diagnostic précis, différents moyens se présentent tels que:

- **Estimation de l'enrobage et du diamètre des aciers** dans un béton par mesure au pachomètre
- **Détection de la corrosion des armatures:** C'est une méthode basée sur la mesure du potentiel électrochimique permettant de repérer à la surface de béton les zones de corrosion des aciers,
- **Estimation de la vitesse de corrosion des armatures:** une technique de polarisation (méthode par impulsions galvanostatiques), permet en 10 à 30 secondes de donner la vitesse de corrosion
- **Contrôle de la profondeur de carbonatation:** Ce contrôle est effectué par un indicateur coloré qui est **la phénolphthaléine**.
- **Mesure de la perméabilité de surface**

4.1.2/Analyse du mode de fonctionnement réel de la structure

a) Mesure des déformations et des mouvements

b) Mesure de forces sur ouvrages

c) Etude géométrique des fissures (la fissurographie)

Le relevé détaillé de la fissuration est un élément de diagnostic très important, il est nécessaire dès le stade de l'examen visuel, de savoir: la nature des fissures ainsi que leur apparition et leur évolution.

5/ Rapport De Diagnostic

En fin de chaque investigation ou étape de diagnostic, on doit remettre un rapport final détaillé

Le rapport de diagnostic présente l'ensemble des résultats et leur interprétation, comme il doit être compréhensible. Il comprend :

- *l'identification de la structure, le nom du demandeur,*
- *l'identification du laboratoire (ou de l'ingénieur) chargé de l'étude, la date,*
- *une brève description de la structure,*
- *le rappel des objectifs de l'étude,*
- *la liste des documents consultés,*
- *les résultats de l'inspection détaillée,*
- *les résultats des essais in situ et de laboratoire,*
- *une discussion sur l'origine des désordres, leur étendue, leur évolution probable, et leur incidence sur la sécurité,*
- *des conclusions claires sur les désordres constatés et des propositions éventuelles de complément d'étude,*
- *une liste des priorités des réparations et travaux à effectuer,*
- *des recommandations relatives aux méthodes de réparation les plus adaptées*