



a **kiwa** company



**Dégradations de béton:
la réparation commence par
un diagnostic approfondi**



a **kiwa** company



DÉGRADATIONS DE BÉTON: LA RÉPARATION COMMENCE PAR UN DIAGNOSTIC APPROFONDI

Table des matières

Introduction	4
Cadre normatif	5
Phénomènes de dommages les plus courants	6
Evaluation et diagnostic de la structure en béton	8



INTRODUCTION

Le monde de la construction était à son apogée dans les années 1970. De nombreux bâtiments ont été construits dans les secteurs résidentiel et non résidentiel. Le réseau routier a également été considérablement étendu, entraînant la construction de nombreux ouvrages d'art (ponts, tunnels). Toutes ces constructions atteignent un âge d'environ 50 ans, rendant visibles les ravages du temps. Aujourd'hui, nous sommes souvent confrontés à l'apparition de dégradations de béton.

Tout comme nous faisons appel à un médecin lorsque nous ressentons des symptômes de maladie pour poser un diagnostic et prescrire un traitement approprié, une telle démarche est également nécessaire en cas d'une dégradation de béton. Une étude de 2007 a révélé qu'en Europe, 20 % des réparations du béton échouaient dans les 5 ans et 55 % dans les 10 ans. Cela est souvent dû, en partie, à un diagnostic inadapté ou non réalisé. Avec ce document, nous aimerions prendre un moment pour réfléchir à l'importance et à la valeur ajoutée d'un bon diagnostic dans le cadre des dégradations de béton de béton.



CADRE NORMATIF

La série de normes NBN EN 1504 couvre le processus complet de l'évaluation de la structure jusqu'à la réparation et la protection du béton. Cela constitue donc la base pour réaliser l'évaluation de la structure en béton. Par ailleurs, il peut également être fait référence à d'autres documents de référence dont la Note d'Information Technique 231 (« Réparation et protection des ouvrages en béton », Buildwise).

Diagnostic					
INFORMATIONS RELATIVES À LA STRUCTURE	PROCESSUS D'ÉVALUATION	STRATÉGIE DE GESTION	CONCEPTION DES TRAVAUX DE RÉPARATION	TRAVAUX DE RÉPARATION	ACCEPTATION DES TRAVAUX DE RÉPARATION
Considérations de base et actions					
<ul style="list-style-type: none"> État et historique de la structure Documentation Réparation et maintenance antérieures 	<ul style="list-style-type: none"> Défauts et leurs classification et causes Expertise sécuritaire/structurale avant protection et réparation 	<ul style="list-style-type: none"> Options Principes Méthodes Expertise sécuritaire/structurale pendant la protection et la réparation 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation prévue des produits Exigences <ul style="list-style-type: none"> - substrat - produits - travaux Spécifications Plans Expertise sécuritaire/structurale après la protection et la réparation 	<ul style="list-style-type: none"> Choix et utilisation des produits et systèmes et méthodes et équipements à utiliser Essais de maîtrise de la qualité Santé et sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Essais d'acceptation Mesures correctives Documentation

Les différentes phases d'une réparation de type béton selon NBN EN 1504

PHÉNOMÈNES DE DOMMAGES LES PLUS COURANTS

Dommmages dus à la corrosion des armatures



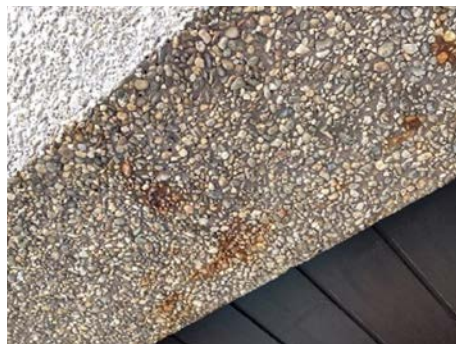
Carbonatation

La valeur initiale élevée du pH du béton crée une couche de passivation autour de l'acier (armature) dans le béton. Cette couche de passivation forme une couche protectrice qui empêche la corrosion de l'acier.

Lorsque le béton est exposé à l'air, le dioxyde de carbone (CO_2) pénètre par les ouvertures normales du béton (pores, fissures, nids de graviers, etc.) et réagit avec la chaux libre ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) présente dans le béton pour former du carbonate de calcium. Cette réaction fait descendre le

pH du béton en dessous de 9, ce qui affecte la couche de passivation. L'acier n'est dès lors plus protégé contre la corrosion. Ce phénomène est appelé carbonatation et constitue la cause la plus fréquente de corrosion des armatures et de dégradation du béton.

Lorsque la corrosion de l'acier (armature) se produit suite à la carbonatation, le produit de corrosion formé va provoquer une augmentation de volume, provoquant des contraintes dans le béton. Ceux-ci conduisent ultérieurement à la formation de fissures et d'éclats de béton, ce qui entraîne la mise à nu des armatures.



Chlorures

Une deuxième cause possible de corrosion des armatures est la présence de chlorures dans le béton. Ils peuvent avoir été ajoutés lors du malaxage (chlorure de calcium comme accélérateur de prise, utilisation d'eau de mer, utilisation de granulats contaminés par des chlorures, etc.) ou pénétrer dans le béton de l'extérieur via, par exemple, les sels de déneigement (ponts, infrastructures routières, parkings...), l'exposition au climat maritime (jusqu'à 2 km de la côte) ou à des activités spécifiques (procédés industriels,

piscines...). Les ions chlorure ont la propriété de pénétrer la couche passivée autour de l'armature et de provoquer des foyers de corrosion très localisés. Cette forme de corrosion est appelée corrosion par piqûre. Il s'agit d'une corrosion qui peut conduire à une réduction locale de la section d'armature jusqu'à à une rupture de celle-ci, et ce, sans formation de nombreux produits de corrosion, de sorte que l'effet d'avertissement lié à la présence de d'éclats de béton et/ou de l'apparition fissures n'est pas présent. Dans certains cas, des taches de rouille apparaissent sur la surface du béton.

La littérature nous indique qu'il n'existe pas de limite sûre de concentration de chlorure en dessous de laquelle aucune corrosion ne se produira. Toute trace de celui-ci peut provoquer la corrosion de l'acier dans certaines conditions de présence d'eau et d'oxygène. Naturellement, le risque de corrosion augmente avec l'augmentation de la concentration en chlorure. De ce fait, le contact entre les chlorures et le béton doit être évité.

Dommmages au béton même

Attaque chimique

La réaction alcalis-granulats (RAG) est une réaction entre les composants alcalins du béton (ciment, adjuvants, etc.) et les granulats réactifs sensibles aux alcalis. Cette réaction a lieu sous certaines conditions. Lorsque ces conditions sont remplies, un gel alcali-silice se forme qui attire l'eau et gonfle. Cela crée des contraintes de traction internes dans le béton, provoquant la formation de fissures.

D'autres formes d'attaque chimique sont les attaques par des produits agressifs (comme les acides), les attaques par les sulfates et les réactions biologiques (par exemple dans les égouts).

Dommmages physiques

Des dommages dus au gel (ou aux cycles de gel-dégel) peuvent survenir lors du durcissement du béton en raison du gel de l'eau libre, mais aussi dans les bétons plus anciens en raison du gel de l'eau présente dans les pores du béton.

Le retrait et la dilatation thermique sont également des exemples de phénomènes physiques pouvant provoquer la formation de fissures.

Dommmages mécaniques

Les dommages mécaniques sont causés par des facteurs externes tels que vibrations, explosion, surcharge, tassement, etc.



EVALUATION ET DIAGNOSTIC DE LA STRUCTURE EN BÉTON

Pour poser un bon diagnostic, il faut collecter et traiter un maximum d'informations pertinentes. C'est le but de l'évaluation de la structure en béton. L'évaluation de la structure en béton se déroule en différentes phases, réalisées ou non in situ.

Historique et localisation

L'historique et l'environnement d'une structure peuvent déjà fournir une indication sur l'état attendu et le risque de certains types et causes de dommages. Par exemple, sur la base de la période durant laquelle la structure a été construite, le risque d'obtention d'un béton de moins bonne qualité (par exemple plus poreux) peut être estimé comme étant plus grand. Par exemple, avant les années 1970, la composition du béton n'était ni standardisée ni certifiée, ce qui signifiait que la qualité du béton était moins homogène qu'aujourd'hui. La destination et l'emplacement de la structure sont également très importants. Une structure ou une partie de celle-ci qui est alternativement humide et sèche est plus sensible à la carbonatation ; dans un bâtiment sur la côte ou dans une piscine, on s'attend à une augmentation des concentrations de chlorure, etc.

Les plans de l'ouvrage peuvent fournir une indication de la quantité d'armature et de l'enrobage du béton..

Inspection visuelle

Une inspection visuelle approfondie permet de cartographier l'état de la structure et les dommages visibles. Une première évaluation est réalisée sur la nature, l'étendue et le stade des dommages. Sur la base de ces informations, le programme d'essais peut prendre sa forme définitive. Il permet de déterminer au mieux où effectuer les essais ainsi que la nature des essais à réaliser afin d'obtenir une image représentative de la situation.

Programme des tests

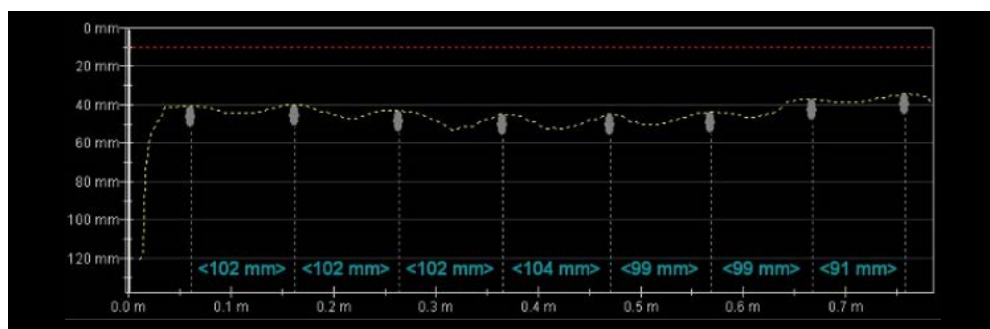
Tests de base

Les tests de base suivants concernant les phénomènes de dommages les plus courants et font toujours partie de l'évaluation d'une structure en béton.

Pachométrie

L'enrobage du béton sur l'armature est mesuré en différents endroits au moyen d'un pachomètre (non destructif). Cet appareil permet de scanner assez rapidement de grandes zones pour détecter l'emplacement du ferrailage et déterminer l'enrobage du béton au-dessus de l'armature.

En combinaison avec les mesures de la profondeur de carbonatation, le risque de corrosion des armatures liée à la carbonatation peut être estimé sur cette base.



Mesure de la profondeur de carbonatation

La profondeur de carbonatation est déterminée par l'indicateur coloré phénolphthaléine. Une décoloration rose indique un pH suffisamment élevé et donc un béton non carbonaté. Aucune décoloration indique que le béton est carbonaté.



Deux méthodes sont utilisées pour effectuer ces mesures. La **méthode la plus simple, mais aussi légèrement moins précise**, consiste à percer des trous dans l'élément en béton. Lors du perçage, la poussière de perçage est collectée sur un chiffon imbibé de phénolphthaléine. Lorsqu'une coloration se produit, le béton non carbonaté est atteint. La profondeur du forage correspond alors approximativement à la profondeur du front de carbonatation.



Une **deuxième option** consiste à retirer des carottes de béton de la structure et à les pulvériser de phénolphthaléine. La partie décolorée indique le béton non carbonaté. Cette méthode est donc plus précise, mais provoque également plus de dommages à la structure, ce qui signifie que moins de mesures sont possibles qu'avec la collecte de poussières de forage.

Détermination de la teneur en chlorure

La teneur en chlorure est déterminée par des analyses (en laboratoire) sur un échantillon de béton. Il existe encore une fois deux options pour cela. De la poussière de forage peut être collectée et analysée ou des échantillons peuvent être prélevés sur des carottes de béton. Cette dernière méthode présente l'avantage de pouvoir indiquer avec précision sur la carotte la profondeur à laquelle l'analyse doit avoir lieu et de cette manière, un profil de chlorure (teneur en chlorure à différentes profondeurs) peut également être déterminé.



Tests supplémentaires

Un large éventail de méthodes de recherche supplémentaires sont disponibles pour obtenir des informations sur l'état du béton et des armatures. Quelques exemples :

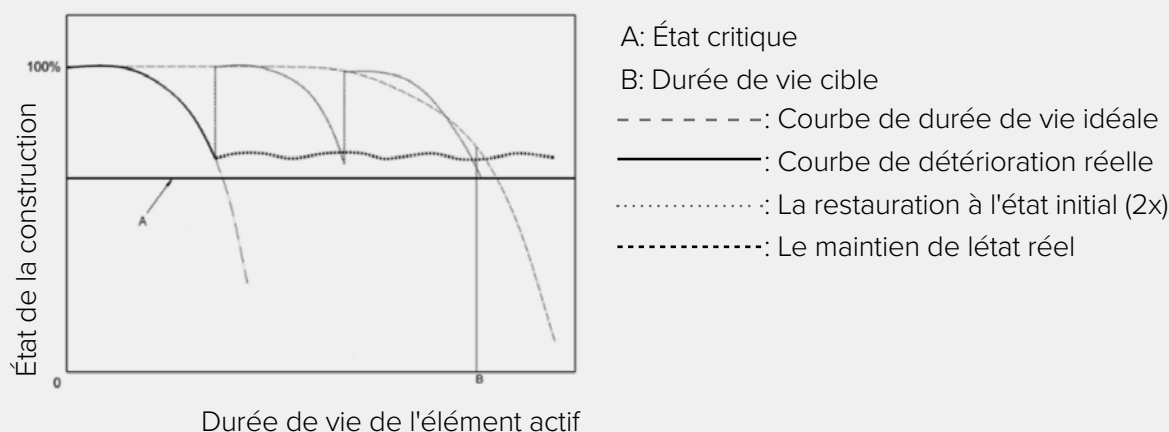
- Les mécanismes de dommages chimiques (par exemple ASR) peuvent être détectés au moyen d'une analyse pétrographique.
- Les mesures de potentiel de corrosion peuvent fournir une indication semi-destructive du degré de corrosion de l'armature.
- En créant une « fenêtre de visualisation », on peut vérifier visuellement le type et l'état des armatures.



Diagnostic

Sur la base de toutes les informations acquises, l'état effectif du béton sera évalué et l'étendue dans laquelle les dommages du béton évolueront dans un avenir (proche) pourra être estimée. Ceci constitue à son tour la base pour déterminer l'opportunité de certaines interventions ou réparations. La NBN EN 1504-9 nous enseigne que pour atteindre une certaine durée de vie, l'état de la structure doit rester au-dessus d'un niveau critique. Une fois le niveau critique atteint, la structure ne peut plus remplir sa fonction (par exemple, la stabilité n'est plus garantie).

Pour éviter que le niveau critique ne soit atteint prématurément, une ou plusieurs interventions (par exemple réparation du béton) sont nécessaires pendant la durée de vie. Ceci est représenté schématiquement dans le graphique suivant de la NBN EN 1504-9.



En fonction de l'endroit où se situe l'état de la structure sur le graphique, il sera alors estimé si les réparations sont appropriées et dans quel délai.

Les principes de réparation à utiliser seront également déterminés. Ceux-ci dépendent entre autres des mécanismes de dommages établis. Cela peut aller d'une réparation classique du béton jusqu'à la nécessité de démolition de certains éléments, et ce, selon la nature et l'ampleur des dégâts.

En cas de risque modéré à élevé de corrosion des armatures due aux chlorures, toute réparation du béton devra être complétée par une protection cathodique.



a **kiwa** company

vincotte.be

Siège Social

Jan Olieslagerslaan 35
1800 Vilvorde
Tél : +32 2 674 57 11

Offices

Jan Olieslagerslaan 35
1800 Vilvorde
brussels@vincotte.be

Noordersingel 23
2140 Anvers
antwerpen@vincotte.be

Rue Phocas Lejeune 11
5032 Gembloux
gembloux@vincotte.be

Bollebergen 2a boîte 12
9052 Gand
gent@vincotte.be