

RÉHABILITATION DU BÉTON ARMÉ DÉGRADÉ PAR LA CORROSION

Guy TACHÉ

Centre d'Expertise du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP)

André RAHARINAÏVO

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)

1. INTRODUCTION

A la demande du Comité Scientifique et Technique de l'AFGC, un groupe de travail AFGC / CEFRACOR (Centre Français de l'Anti-Corrosion), a été créé en 1999. L'objectif de ce groupe "Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion" a été d'établir des recommandations pour guider dans le choix du mode de réhabilitation le mieux adapté pour une structure présentant de la corrosion, et ceci en fonction de critères tels que le processus de dégradation concerné, les caractéristiques du béton armé, le milieu environnant, les contraintes et sujétions rencontrées, etc.

Le document « Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion » publié en novembre 2003 traite d'une part, des dégradations par corrosion des ouvrages en béton armé en service et, d'autre part, des techniques de prévention ou de réparations de ces désordres.

Il s'adresse aux gestionnaires, maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, architectes, confrontés à des problèmes de corrosion de structure ainsi qu'aux entreprises de réparation, laboratoires de contrôle, applicateurs et fournisseurs de produits concernés par la mise en œuvre de méthodes ou produits de réhabilitation.

Il comprend les chapitres :

- Caractérisation diagnostic : inventaire détaillé des principales méthodes utilisées aussi bien sur site qu'en laboratoire. Ce diagnostic doit répondre aux objectifs suivants : l'identification de l'origine des désordres (carbonatation, chlorures externes ou internes, autres), l'évaluation de l'étendue dans l'espace de ces désordres, la prédiction de leur évolution probable, dans le temps ou dans l'espace, l'estimation des conséquences sur la sécurité de l'ouvrage ou des personnes, la définition des suites à donner et entre autres le principe des solutions de réparation.
- Contraintes et exigences liées au type de réhabilitation, ainsi qu'à la nature et à l'environnement de l'ouvrage à réparer.
- Les méthodes de réhabilitation : reconstitution de l'enrobage, imprégnations, inhibiteurs de corrosion, revêtements de surface, béton projeté, traitements électrochimiques.
- Les contrôles de la mise en œuvre : préparation des travaux, contrôle intérieur de l'entreprise, contrôle extérieur du maître d'œuvre.

Une Annexe précise la démarche d'un gestionnaire d'ouvrages relevant de l'État ou de collectivités territoriales (murs de soutènement, ponts...) pouvant être adaptée à d'autres gestionnaires qui ont à gérer d'autres parcs d'ouvrages (bâtiments, réservoirs...).

2. OUVRAGES CONCERNÉS

Les ouvrages et éléments concernés par la corrosion des armatures sont les suivants :

- **Bâtiments** : acrotères et balcons, dans toutes les atmosphères, éléments verticaux et terrasses, en milieu industriel et maritime. Ce sont les éléments les plus sensibles des bâtiments, du fait soit de leur minceur, soit de la difficulté à maintenir des enrobages suffisants.



Eclats en formation



Parement en béton armé

- **Bâtiments industriels** : poteaux et dalles. Ces éléments sont en effet soumis assez souvent à des expositions d'agents chimiques. Les poutres sont également des éléments particulièrement sensibles des constructions industrielles, car supportant parfois les dalles de plancher. Certaines d'entre elles sont parfois dans des états assez surprenants.
- **Parkings** : poutres et dalles, en milieu maritime ou montagneux. Cela est lié dans les deux cas à la présence des chlorures (provenant respectivement de l'eau de mer et des sels de déverglaçage).
- **Composants de structures préfabriquées** : il ne semble pas que des problèmes importants soient à signaler dans cette rubrique, du fait probablement que les bétons sont mieux soignés et mieux mis en œuvre. Toutefois, les poteaux de lignes électriques par exemple semblent être un objet de préoccupation. Il existe également une importante pathologie touchant divers éléments de construction, due à l'utilisation dans les années 60-80 d'accélérateurs de prise à base de chlorure de calcium. Cela concerne des panneaux de façade, des acrotères, jardinières, etc.
- **Ponts et ouvrages d'art** : dans cette catégorie d'ouvrages, il apparaît que les zones les plus sensibles soient les tabliers, les appuis en superstructures, et les équipements de tablier où l'influence des sels de déverglaçage est importante.



Pile de pont

- **Réservoirs (enterrés, au sol, aériens)** : le principal problème de ces structures est lié aux fuites d'eau dues soit à la présence de fissures d'origines diverses (thermiques, mécaniques,...) ou de défauts d'enrobages des armatures, notamment si le milieu contient des sels agressifs (chlorures notamment). Sur les structures existantes souffrant de fissures, ou de fuites diffuses, les réparations consistent à colmater les défauts ou à installer une étanchéité.
- **Silos** : les silos pour le stockage des matériaux granuleux ou poudreux (céréales, ciments,...) sont soumis à de fortes contraintes, notamment pendant les périodes de chargement et de déchargement. Ces contraintes induisent des fissures, verticales ou horizontales. Celles-ci peuvent être à l'origine de pénétration d'eau, engendrant une corrosion des armatures.
- **Aéroréfrigérants industriels, de centrale nucléaire** : ces structures sont soumises à un environnement sévère (brouillard d'eau sous forme de vapeur ou de gouttelettes entraînées à l'intérieur, soleil, pluie ou gel à l'extérieur) engendrant des contraintes amorçant des fissures. Par ailleurs le fort gradient hydrique est à l'origine d'un transfert de vapeur d'eau pouvant être la source d'altération du béton.
- **Cheminées** : les cheminées (industrielles notamment) sont soumises à un environnement très sévère, acide particulièrement (acide sulfurique et acide chlorhydrique).
- **Structures portuaires** : celles situées en bord de mer souffrent de l'agression due aux chlorures. L'intensité de la corrosion est liée à l'agressivité du milieu (zone de marnage, d'éclaboussures, d'embruns). Des défauts d'enrobage ou de qualité du béton sont alors immédiatement mis en évidence.



Poutre de tablier

- **Canalisations en béton armé et précontraint** : la plupart sont enterrées, et des ruptures surviennent lorsque la protection du béton n'est plus suffisante (carbonatation, présence de chlorures).



Tuyau en béton armé

Il faut également signaler les **monuments historiques** (églises ou autres ouvrages des architectes A. Perret ou Le Corbusier), ou les **bâtiments classés** en béton armé, de plus en plus nombreux, qui possèdent leurs contraintes propres, notamment en termes de réparation.



Parement en béton armé dans un monastère classé

3. PRINCIPALES MÉTHODES DE RÉHABILITATION

Plusieurs méthodes sont disponibles pour réparer durablement un parement en béton, arrêter la progression des dégradations et éviter de nouveaux désordres. Elles supposent une mise en œuvre attentive, le contrôle des résultats et une surveillance adaptée.

3.1 Reconstitution de l'enrobage

La reconstitution du parement a pour objectif de restaurer l'apparence du béton, tout en arrêtant le processus de corrosion et en rendant à la structure son intégrité. Il s'agit de réparations à caractère discontinu, ponctuel et superficiel, pour lesquelles plusieurs précautions doivent être prises :

- si les zones dégradées sont visuellement identifiables (béton décollé, fissures, épaufures, etc.), l'état des zones adjacentes n'est en général connu qu'après un diagnostic généralisé. Ainsi, les surfaces à dégarnir sont en général sous estimées lors de leur première évaluation ;
- si des zones présentent un risque de corrosion (béton carbonaté, ou pollué par les chlorures), celle-ci peut se déclarer après un délai de quelques années, à côté de la réparation, par l'apparition d'un couple galvanique entre la surface réparée et la surface adjacente.

Des étapes essentielles sont à respecter, dont la préparation de la surface du support. La phase d'élimination de la zone sous corrosion, constitue en effet l'une des tâches les plus délicates à réaliser. La bonne tenue dans le temps des réfections de parement, dépend directement de la qualité d'exécution de ces travaux. Il est donc impératif d'éliminer l'intégralité de cette altération, qu'elle soit foisonnante ou de surface, et ceci sur toute la périphérie de l'acier, par décapage et brossage soigné ou par des moyens mécaniques (sablage, hydrosablage, etc.). Cette opération doit être plus particulièrement soignée en milieu marin, car la rouille y est chargée de chlorures acides.

La réfection des bétons consiste à rétablir l'enrobage des armatures par la mise en œuvre de mortier. Ce dernier doit respecter les critères :

- de tenue verticale sans coffrage,
- de montée en résistance rapide et de résistance mécanique supérieure au béton support,
- d'adhérence supérieure ou égale à la cohésion du support,
- d'imperméabilité à l'eau et aux agents agressifs,
- de coefficient de dilatation thermique et de module d'élasticité dynamique équivalent au béton support,
- de bonne protection des aciers.

Les produits de protection seront, de préférence, choisis dans la famille des produits à base de liants hydrauliques avec ajouts ou modifiés.

3.2 Imprégnations

D'une façon générale, les produits appliqués par imprégnation sont des consolidants ou des hydrofuges. Seuls les hydrofuges de surface seront traités dans ce document.

Un hydrofuge constitue une barrière interne au matériau, vis-à-vis de la pénétration de l'eau liquide, sans trop affecter la perméabilité à la vapeur d'eau. Un hydrofuge est dit de surface, lorsqu'il est appliqué sur le béton durci. Une hydrofugation se justifie, si le béton subit une altération liée à un contact avec de l'eau liquide provenant de l'atmosphère (et non pas du sol ou d'une fuite d'eau). Ce traitement est appliqué à titre préventif ou curatif

Par sa fonction principale, un produit hydrofuge n'est ni un imperméabilisant, ni un antigriffiti. Certains produits ont des fonctions secondaires (antisalissure, etc.). Les consolidants et les hydrofuges n'ont pas d'action directe sur la protection contre la corrosion des armatures. Mais ils peuvent être utilisés comme traitement complémentaire.

Le contrôle du traitement a pour objectif de vérifier :

- que les produits et les conditions de mise en œuvre, définis dans la procédure d'application, ont été respectés,
- et que le traitement a été efficace.

L'efficacité d'un traitement par imprégnation est, en général, de deux ans. Elle porte à la fois sur la tenue à la pénétration d'agents agressifs dans le béton et sur l'aspect du parement.

3.3 Inhibiteurs de corrosion

Par définition, un inhibiteur de corrosion est un composé chimique qui, ajouté en faible concentration au milieu corrosif, ralentit ou arrête le processus de corrosion d'un métal placé dans ce milieu.

Essentiellement, il a pour fonction :

- de pénétrer une couche de béton très hétérogène par nature (variations de compacité notamment) ,
- d'abaisser la vitesse de corrosion du métal, sans en affecter ses propriétés (ni celles du milieu environnant),
- d'être stable dans le milieu considéré et compatible avec celui-ci, à la température d'utilisation,
- d'être efficace à la concentration recommandée,
- de ne pas être toxique.

Par ailleurs, la teneur en inhibiteur doit être réglée, en tenant compte de divers paramètres tels que les facteurs géométriques ou la forme des matériaux, leur état de surface, etc.

La corrosion étant un processus électrochimique, l'action de l'inhibiteur se fait au niveau de l'une des réactions élémentaires du mécanisme de cette corrosion, et plus particulièrement au voisinage immédiat de la surface : transport des espèces réactives, formation d'intermédiaire, adsorption, etc.

Le mécanisme d'action d'un inhibiteur peut être divers. L'inhibiteur recouvre (adsorption) la surface du métal, et réduit les surfaces de réactions élémentaires. Il peut former également des composés avec le métal et le liquide environnant et modifier les réactions d'interface. Dans les deux cas, la vitesse de corrosion peut être ralentie, voire annulée.

Plusieurs inhibiteurs à bases chimiques, organiques et inorganiques, ont été employés depuis une dizaine d'années, dans la réhabilitation de divers ouvrages en béton armé.

Le système de maîtrise de l'efficacité du traitement est propre à chacun des composants chimiques de base. Lors de l'utilisation pour le béton armé d'un inhibiteur appliqué sur le parement, il est demandé au produit :

- d'avoir une action rapide et vérifiable ;
- d'être performant pendant de nombreuses années ;
- d'être efficace en milieu basique, neutre (carbonatation), voire acide (en présence de chlorures, la surface métallique en voie de corrosion dans les cellules occluses, est au contact d'acide chlorhydrique).

Les paramètres d'efficacité à prendre en compte lors d'une étude sont les suivants :

L'influence de l'état de surface de l'acier (absence de discontinuité acier/béton) : l'utilisation des inhibiteurs de corrosion permet de protéger l'ensemble des aciers en situation de risque de corrosion, sans avoir à purger le béton contaminé ou carbonaté, à condition qu'aucun phénomène d'épaufrure ou décollement acier / béton n'ait débuté.

La pénétration du produit : la pénétration des inhibiteurs à l'intérieur d'un béton dépend de nombreux paramètres : porosité du béton, humidité, degré de carbonatation, type de ciment utilisé, teneur en chlorures, traitements préalables, etc.. Ainsi, cette pénétration ne peut pas, à ce stade des connaissances, faire l'objet d'une modélisation précise. Par conséquent, il est toujours nécessaire de vérifier la pénétration de l'inhibiteur par des tests de validation *in situ*.

La concentration minimale efficace au droit des armatures. Celle-ci doit être précisée par le fabricant, sur la base de résultats d'essais représentatifs, en tenant compte notamment de la teneur en chlorures dans le béton au droit des armatures (limite d'efficacité).

Le recours aux inhibiteurs permet de conserver au maximum l'aspect initial de l'ouvrage et de réduire les zones à dégarnir. Le retour d'expérience sur des ouvrages traités par inhibiteur d'imprégnation est

actuellement d'une dizaine d'années. La durabilité du traitement peut être vérifiée par des mesures de teneur en inhibiteur au niveau de l'acier après quelques années.

Aucune norme ne définit les classes d'inhibiteur permettant de juger de leur efficacité intrinsèque. Il n'existe pas non plus pour l'instant de procédure de qualification des produits.

3.4 Revêtements de surface

La mise en peinture des ouvrages de génie civil en béton a, en général, pour principaux objectifs :

- d'améliorer l'esthétique de l'ouvrage, par la mise en couleur ou la création de motifs décoratifs, en vue de lui donner un aspect particulier, ou d'homogénéiser, lorsque nécessaire, la teinte de ses parements,
- d'augmenter le confort et la sécurité des usagers, tout en facilitant le nettoyage (exemple : revêtement des tunnels),
- de participer à la sécurité de l'ouvrage (exemple : balisage des pylônes),
- de contribuer à la protection du béton : la mise en place d'un système de peinture en couche mince, dans la mesure où il apporte une amélioration de l'imperméabilité du support peut permettre de ralentir la pénétration de l'humidité extérieure et d'améliorer ainsi la durabilité du béton.

Il existe une procédure de qualification concernant les systèmes de peinture pour béton de génie civil. Elle porte sur des critères d'adhérence, d'aspect et plus généralement sur des considérations d'ordre esthétique, et non pas sur des critères visant à apprécier la capacité effective des systèmes testés à remplir une fonction de protection.

3.5 Béton projeté

Un béton projeté est constitué d'un mélange de granulats, de ciment et d'eau avec parfois des ajouts, projeté grâce à de l'air comprimé, sur une paroi.



Il faut distinguer deux techniques de projection, suivant le moment d'introduction de l'eau dans la chaîne :

- par voie sèche avec ou sans pré-mouillage : l'eau est introduite au niveau de la lance,
- par voie mouillée : l'eau est introduite au malaxage du béton.

Les avantages du **béton projeté par voie sèche** sont les suivants :

- grande souplesse d'utilisation : il est facile d'arrêter le travail et de redémarrer sans avoir à se livrer à des nettoyages fastidieux,
- grandes distances de transport : il est possible d'installer la machine à projeter à quelques centaines de mètres du lieu de travail. Dans des cas précis - par exemple, réparations de tunnels SNCF - des installations spécialement étudiées permettent un transport sur plus d'un kilomètre, sans reprise,
- possibilité de projeter de fortes épaisseurs en une seule couche même sans accélérateur,
- résistances élevées : l'effet de compaction exercé par les graviers projetés à grande vitesse et le faible E/C tendent à améliorer les résistances,
- obtention aisée de béton à hautes performances,
- robotisation possible pour augmenter les cadences et améliorer les conditions de travail.

Domaines d'emploi privilégiés :

- réparation et renforcement de structure,
- réalisation de voiles minces avec armatures,
- projection immédiate de terrain avec activité discontinue et volume restreint,
- projection en falaise,
- rénovation d'ouvrages souterrains, etc.

Limites d'emploi et inconvénients :

- une capacité de production limitée,
- un dégagement de poussière, à la machine et à la lance (pouvant être réduit en humidifiant le granulat),
- une appréciation visuelle de la teneur en eau par le porte-lance,
- une perte par rebond importante,
- dans le cas de béton fibré, un appauvrissement en fibres dans le béton placé,
- un risque de détérioration des supports fragiles, etc.

Les avantages du **béton projeté par voie mouillée** sont les suivants :

- capacité de production élevée, atteignant le double ou le triple de la voie sèche,
- diminution des poussières, améliorant les conditions de travail,
- diminution des pertes par rebond,
- meilleur contrôle de la qualité du béton,
- composition du béton en place homogène dans l'épaisseur de la couche,
- dans le cas de béton fibré, dosage en fibres du béton en place proche du dosage initial,
- robotisation, améliorant les conditions de travail.

Domaines d'emploi privilégiés :

- travaux en espace confiné,
- soutènement en tunnel nécessitant des cadences importantes de projection,
- projection sur support fragile, etc.,

Limites d'emploi et inconvénients :

- moins de souplesse ; formulation exigeant une mise au point rigoureuse (fluidité, stabilisation, etc) et une régularité de la consistance,
- un transfert sur de grandes distances difficile,
- des adjuvants raidisseurs ou accélérateurs obligatoires pour compenser la fluidité et la stabilisation du béton projeté,
- l'usage recommandé d'un stabilisateur pour permettre un temps d'utilisation suffisant du béton gâché pour minimiser les nettoyages lors des arrêts ponctuels de la machine à projeter,
- un compactage et une adhérence plus faibles,
- la nécessité d'un dosage initial en ciment élevé (minimum 400kg/m³) pouvant entraîner des retraits importants.

La projection du matériau sur un support lui confère des caractéristiques mécaniques et physico-chimiques intéressantes, surtout par voie sèche, du fait de la très grande vitesse :

- richesse élevée en ciment du mélange projeté, au voisinage de la surface réceptrice, du fait des rebonds des plus gros granulats,
- compaction dans l'épaisseur de la couche.

Les propriétés attendues sont les suivantes :

- adhérence au support,
- résistances mécaniques précoces élevées,
- module élastique voisin de celui du support,
- fissuration maîtrisée : l'ajout de fibres améliore encore cette propriété,
- protection du support vis à vis des agents agressifs et des actions du gel-dégel avec des précautions particulières : (formulation, mise en œuvre),
- possibilité de projeter des couches épaisses en une seule passe

3.6 Traitements électrochimiques de réalkalinisation et d'extraction des chlorures

Le principe de ces traitements consiste à polariser l'armature la plus proche du parement, à l'aide d'une anode placée sur ce parement et enrobée d'une pâte saturée d'un liquide convenablement choisi (électrolyte). Le courant de polarisation circule de l'anode vers l'armature (cathode). Les armatures plus profondes doivent être reliées électriquement à celles qui sont directement polarisées.

Ces traitements électrochimiques sont dits temporaires, parce qu'ils durent généralement entre une et six semaines.

On distingue deux techniques de traitements temporaires :

- une technique pour laquelle un générateur électrique (technique du courant imposé) est placé entre l'anode et l'armature,
- une technique pour laquelle l'anode, en alliage judicieusement choisi, est directement reliée à l'armature (courant galvanique).

Leur objectif est de redonner au béton d'enrobage, sa capacité à protéger les armatures. Il s'agit soit d'augmenter le pH du béton qui a été carbonaté (ré-alkalinisation), soit d'extraire les ions chlorures qui ont pénétré cet enrobage (déchloruration). L'aspect du béton traité est respecté.

Les principales opérations du système à courant imposé sont :

- projection d'une première couche de pâte (cellulose ou laine de roche) avec une solution électrolytique adaptée (carbonate alcalin pour la ré-alkalinisation ou eau de chaux pour la déchloruration),
- mise en place du treillis anodique métallique (acier ou titane) sur des baguettes isolantes, fixées au parement,
- connexion des fils d'anode sur le treillis,
- projection d'une deuxième couche de pâte,
- raccordements électriques au générateur : courant continu, tension variable de 10 à 48 volts,
- humidification périodique de la pâte par l'électrolyte, ou par de l'eau,
- suivi des tensions et courants, prélèvement d'échantillons de béton en cours de traitement pour analyses (alcalinité, taux de chlorures),
- dépose de l'ensemble de l'installation,
- rinçage à l'eau basse pression.

Celles du système à courant galvanique sont :

- projection ou extrusion d'une couche de pâte saturée d'électrolyte et déposée sur le béton,
- mise en place d'une anode (grille) métallique fixée sur une baguette et au contact de la pâte,
- connexion de l'anode au circuit électrique, à partir de ce moment le traitement est actif,
- humidification périodique de la pâte avec de l'eau,
- suivi des tensions et courants, prélèvement d'échantillons de béton en cours de traitement pour analyses (alcalinité, taux de chlorures),
- dépose de l'ensemble de l'installation,
- rinçage à l'eau basse pression.

Dans ce cas, l'électrolyte choisi permet de réaliser en même temps une déchloruration et ré-alkalinisation.

Les procédés de traitements électrochimiques temporaires s'appliquent aux seuls cas de bétons armés dégradés :

- par carbonatation jusqu'à une profondeur au plus égale à l'épaisseur d'enrobage,
- ou par chloruration d'origine externe, limitée entre le parement et le premier lit d'armature.

Ils ne sont pas adaptés pour les autres pathologies, telles les attaques sulfatiques, l'alcali-réaction, etc. Dans le cas d'un béton potentiellement réactif à cette dernière altération, des essais préalables doivent être effectués.

3.7 Protection cathodique

La protection cathodique des armatures métalliques dans un béton est un traitement appliqué de façon permanente qui permet de ralentir, voire d'arrêter leur corrosion. Elle consiste à abaisser le potentiel électrochimique de l'armature jusqu'à une valeur seuil appelée potentiel de protection qui est telle que la vitesse de corrosion de l'acier devient négligeable.

Le principe de la protection cathodique consiste à polariser l'armature dans le béton, à l'aide d'une anode placée de façon permanente sur le parement ou parfois dans l'enrobage. Le courant de polarisation, qui circule de l'anode vers l'armature, se situe entre 2 et 50 mA par mètre-carré de surface d'armature.

La protection cathodique s'applique aux structures en béton armé, exposées à l'atmosphère, dont les armatures se corrodent ou risquent de se corroder

Il existe deux techniques de protection cathodique :

- par courant imposé : un générateur électrique est placé entre l'anode et l'armature,
- par anode sacrificielle (courant galvanique) : l'anode, en alliage correctement sélectionné, est directement reliée à l'armature.

La protection cathodique de l'acier dans le béton fait l'objet de la norme européenne NF-EN 12 696 "Protection cathodique de l'acier dans le béton". Elle doit être étudiée, mise en œuvre et appliquée par du personnel compétent.

L'étude détaillée de l'installation de la protection cathodique conduit à l'établissement d'un plan qualité comportant :

Une **note de calcul** détaillée indiquant notamment :

- le nombre et l'emplacement des zones anodiques,
- la consommation en courant [$\text{mA/m}^2(\text{acier})$] pour chaque zone,
- le type d'anode choisi,
- le nombre et l'emplacement des capteurs de surveillance et de contrôle.

Des **plans d'installation** détaillés portant sur :

- l'emplacement des anodes et des connexions anodiques,
- le câblage (boîtiers de raccordement et câbles positifs et négatifs)
- et le positionnement du transformateur-redresseur (courant imposé),
- le détail des connexions (aux anodes, capteurs, etc.),
- l'emplacement et le câblage des capteurs.

Les **spécifications** détaillées relatives aux **matériaux** d'installations

Les **déclarations** ou spécifications détaillées relatives :

- à la méthode d'installation,
- aux essais,
- à la mise sous tension,
- à la mise en service
- à l'exploitation.

La protection cathodique peut s'appliquer aux armatures de précontrainte du béton, si le potentiel des aciers n'est pas plus négatif que $-1100 \text{ mV}_{\text{Ag-AgCl}}$, seuil au-dessous duquel l'hydrogène peut fragiliser les aciers à

haute résistance mécanique. Dans ce cas, les armatures de précontrainte doivent obligatoirement être reliées aux cages d'armatures passives.

Il ne faut pas appliquer une protection cathodique lorsque le béton risque des dégradations par alcali-réaction, principalement lorsque les armatures sont fortement polarisées.

Une installation de protection cathodique est efficace, tant que les critères (potentiel sous courant coupé, etc.) sont vérifiés. Parmi tous les composants des circuits électriques, les composants les moins durables sont les électrodes de référence, qui sont facilement remplaçables, et les anodes. Une anode en titane est donnée pour une durée de 20 ans minimum. Certains compléments permettent de rallonger la durée de vie des anodes.

4. CONCLUSIONS

Plusieurs procédés existent pour réhabiliter le béton armé dégradé par la corrosion. Aucun d'eux n'est applicable dans tous les cas. Leurs caractéristiques ont été analysées dans le document dont il est fait état dans cet exposé.

Il est rappelé que chaque procédé ou traitement doit comporter les étapes suivantes :

- Evaluation de la structure
- Détermination de la nature et des causes des éventuelles dégradations
- Choix entre les solutions possibles sur le plan technique
- Compatibilité entre les procédés et les exigences diverses. En effet, la plupart du temps, plusieurs options différentes sont possibles : la solution retenue doit être compatible avec les exigences diverses, les choix techniques et le coût supportable.

Enfin, une démarche de gestionnaire d'ouvrages est proposée, prenant en compte l'ensemble des opérations de réhabilitation, du diagnostic aux contrôles finaux.



Diagnostic non destructif au radar