

TECHNIQUES DE
RÉHABILITATION
DES OUVRAGES D'ART

A. YOUSFI (MEGEC)

PRÉAMBULE

La dégradation des O.A. étant une préoccupation constante des services de l'Équipement et ce depuis plusieurs années, celle-ci a donné lieu à une sensibilisation accrue pour ce qui est de leur remise en état et plus particulièrement pour les O.A. présentant une dégradation avancée requérant par conséquence une intervention urgente et efficace.

Les dégradations dans un O.A. sont vouées à prendre de l'ampleur du fait de la vétusté combinée à une augmentation rapide du trafic par le nombre et le tonnage qui y transitent, ayant pour conséquence directe la non conformité aux conditions d'exploitation imposées.

Certains ouvrages d'art ne peuvent en aucun cas bénéficier d'une reconstruction, la continuité de service étant impérative, et une déviation étant impossible du fait des coûts engendrés par une telle solution.

Ceci a poussé tous les concernés à développer une technique de remise en état à même de conserver les ouvrages existants par une intervention de réparation et confortement, pour éviter la reconstruction obligatoire des O.A. à plus ou moins brève échéance, que ceux ci soient ferroviaires ou routiers.

Le présent a pour objet d'explicitier succinctement et d'une manière générale le schéma de l'intervention consistant en la réparation et confortement, ainsi que la description des techniques utilisées.

Pour cela, il est proposé de faire un rappel des ouvrages remis en état et d'en décrire l'intervention d'une manière détaillée pour certains d'entre eux.

OUVRAGES D'ART REMIS EN ÉTAT

Les ouvrages ayant bénéficié d'une remise en état par une réparation et un renforcement sont de deux catégories.

1 - OUVRAGES FERROVIERS

Ceux ci sont localisés sur la ligne ONCF SIDI KACEM/TANGER située sur le

littoral Atlantique Nord du Maroc, région soumise à de fortes précipitations et à l'influence de l'atmosphère marin.

Ces ouvrages ont été construits depuis une soixantaine d'année.

Ils sont constitués d'une ou plusieurs travées indépendantes, les tabliers reposant sur des culées et piles en béton ordinaire ou en maçonnerie.

La structure du tablier est représentée par deux poutres sous chaussées en béton armé, avec un système d'appuis par plaques de plomb.

Les désordres constatés sont de plusieurs provenances, à savoir :

- * Situation géographique favorisant le phénomène de corrosion des aciers.
- * La mauvaise qualité des bétons mis en oeuvre ainsi qu'une granulométrie non adaptée à la densité des armatures et des reprises de bétonnage n'assurant pas la liaison entre les bétons.
- * Les effets de flexion, de retrait du béton, ainsi que de l'effort tranchant à proximité des appuis.
- * Plaques de plomb ayant perdu leur fluage, devenues inopérantes engendrant des efforts de traction avec tendance d'arrachement du béton en partie centrale des appuis.
- * Tassements différentiels donnant naissance à des désordres dans les murs en aile ou en retour.
- * Absence d'étanchéité.
- * Joints entre tabliers non protégés.

Cette liste étant non limitative, ces dégradations ont conduit à l'intervention constituée de deux types.

a - Travaux de réfection avec une remise en état général des ouvrages en passant par la phase suivante

1. Etude et vérification des conditions d'exploitation.
2. Etanchéité des tabliers.
3. Protection et renforcement des culées et piles.
4. Remise en état des abouts de poutres avec dispositif ...provisoire représenté par corbeaux en B.A.
5. Reconstruction corbeaux des sommiers par la mise en place ...des tabliers sur appuis provisoires.
6. La réfection des poutres (abouts et poutres courantes).
7. Dépose des tabliers sur appuis définitifs.
8. Travaux complémentaires tels que injections des fissures, ...renforcement des armatures de consoles, réfection des ...intrados d'ourdis et enfin peinture du tablier.

b - Travaux de renforcement

La vérification des tabliers sous les conditions d'exploitation a mis en évidence une insuffisance des armatures de flexion, et par conséquent un renforcement des tabliers devait être envisagé, soit deux types adoptés :

1. Renforcement par plats collés (brevets l'Hermite) dont le domaine d'application reste limité à des portées n'excédant pas 7,00 m.
2. Renforcement par précontrainte additionnelle par l'introduction d'efforts externes opposés à ceux engendrés par la charge propre et les surcharges d'exploitation, absorbant ainsi l'intensité occasionnée.

Ce procédé a été appliqué à des portées de 13,60 m et 20,00 m de longueur.

L'investissement induit par ces travaux dont les coûts sont toutefois relatifs du fait qu'ils ont permis à améliorer la situation d'un grand nombre d'ouvrages rallongeant la durée de vie de ces derniers d'une manière significative.

De plus ce type d'ouvrage ne pouvait être reconstruit du fait de plusieurs facteurs, à savoir :

- Importance des études et réalisation des modifications des tracés des voies ferrées.
- Investigations géotechniques spécifiques.
- Durée des études et des travaux incompatibles avec l'obligation de maintien de mise en service.

Aussi l'option de la solution remise en état s'est logiquement imposée, de part la nécessité d'une intervention rapide et aussi par le fait que ces ouvrages pouvaient encore servir vu que la dégradation constatée permettait de procéder opportunément à leur réparation.

2 - OUVRAGES ROUTIERS

Un nombre d'ouvrage important ont subi des interventions pour réparation, renforcement ou élargissement

Parmi ces ouvrages on peut citer :

- RP 8 aux PK 287+000, 288+250, 381+750, 411+200 et 413+850.
- RP 28 aux PK 14+200 (ancien Moulay Idriss Zerhoun),155+300.
- 158+200, 184+200 et 211+200.
- RP 28 au PK 6+10.
- Pont sur Oued LAOU RS 608 PK 1+100.
- Pont sur Oued LOUKOS RP 152 et 158.
- RP 39 au PK 4+500 pont Espalmadero.
- Pont sur Oued TENSIFT RS 511 PK 39.
- Pont Multivoûte RP 13 PK 1+370 sur OUM RBIA.

Ces ouvrages sont pour la majorité constitués de structures et portées similaires aux ouvrages ferroviaires, de portées variables (12 à 15 m) et ayant pour structure deux à quatre poutres en béton armé, sous chaussée.

Un autre type d'ouvrage rencontré ayant une structure en maçonnerie "ouvrages voûte" dont les dégradations ne sont pas aussi importantes que celles des ouvrages en béton armé.

DIAGNOSTIC DES OUVRAGES :

Les problèmes classés par ordre d'importance :

- 1) Constatations de dégâts sur la structure en béton armé du tablier et sommiers des appuis.
- 2) Dégradations dans les fondations (terrassements, glissement, rotation).
- 3) Insuffisance d'élargissement de la chaussée.

Les objectifs qu'on peut se donner en vue de résoudre les problèmes précisés :

- 1° Réparation et protection de l'ouvrage (tablier + appui).
- 2° Renforcement (tablier + appui).
- 3° Renforcement fondation.
- 4° Elargissement de l'ouvrage.

Ces problèmes peuvent être rencontrés séparément ou en même temps.

Pour l'établissement du diagnostic d'un ouvrage nous avons besoins d'un ensemble d'informations sur l'ouvrage (plan coffrage et ferrailage, nature du béton, de l'acier, état de dégradation...) sur les fondations (coffrage, ferrailage, niveau d'assise), sol de fondation (portance au sol au niveau de l'assise semelle) et les surcharges d'exploitation.

Le recueil de ces informations pose des problèmes difficiles à résoudre parfois même insolubles à savoir :

A - CARACTERISTIQUES ET FERRAILAGE DE L'OUVRAGE :

Pour un pourcentage important des ouvrages rencontrés, compte tenu des changements survenus dans l'Administration, les plans et note de calcul sont égarés.

Pour résoudre ce problème un relevé géométrique et armatures aux endroits critiques est à faire.

B - CARACTERISTIQUES MECANQUES DU MATERIAU :

La connaissance des résistances de rupture des matériaux (acier et béton) est nécessaire pour s'assurer de la marge sécuritaire.

C - ETAT DE DEGRADATION :

Un relevé de l'état de dégradation est fait sur place : comprend l'état de fissure, les endroits de fuites d'eaux, des éclatements des bétons et les équipements dégradés de l'ouvrage.

Ce relevé sert pour localiser le mal, les endroits à réparer, faire l'interprétation des causes des dégradations, proposer les solutions de remise en état, et faire une estimation.

D - LA CONNAISSANCE DES SOLS DE FONDATIONS :

La connaissance de sol de fondation s'avère nécessaire chaque fois qu'on rencontre des dégradations au niveau des fondations qui laissent supposer un problème de sol de fondation et quand l'ouvrage prévoit un surélargissement c'est à dire une augmentation de la charge transmise au fondation.

A la lumière des informations recueillies sur l'ouvrage et en fonction des objectifs décidés au préalable, le diagnostic comprend :

- Une vérification de la structure dégradée de l'ouvrage.
- Propositions pour remèdes aux causes de dégradation.
- Réparation des parties de la structure dégradée.
- Eventuellement :
 - * Renforcement de la structure affaiblie et n'assurant pas la sécurité souhaitée.
 - * Solution d'élargissement et d'aménagement des piles et culées.

Les ouvrages d'art cités au préalable de ce paragraphe qui sont déjà repérés ont subi un diagnostic similaire à celui détaillé sur ce paragraphe. Parmi les procédés techniques qui sont utilisés pour la réparation au Maroc on peut citer :

- 1) Reconstitution du béton d'enrobage des armatures à base de résine époxydique.
- 2) Réfection système de protection vis-à-vis de l'eau ..(réfection étanchéité, joint de chaussée, forme de pente, larmiers, drainages des eaux de pluies).
- 3) Renforcement des structures par structures superposables (coulage additionnelle, béton projeté...).
- 4) Renforcement par précontrainte additionnelle.
- 5) Renforcement par plat scellé.

EXEMPLES D'OUVRAGES D'ART REMIS EN ÉTAT

PONT SUR L'OUED ESPALMADERO

1 - DESCRIPTION SOMMAIRE

Pont ancien construit au temps du protectorat Espagnol, structure du pont hyperstatique à trois travées de longueur respectivement 5,7 m - 16,25 m - 5,7 m.

Les travées de rives constituées de dalles en béton mixte reposant sur les appuis de manière rigide.

La travée centrale constituée d'une dalle qui repose sur une arche par l'intermédiaire de voiles, la dalle en béton mixte, les voiles en béton armé, toutes les liaisons sont rigides.

2 - DESORDRES ET DEFAUTS DE STRUCTURE RELEVES

Les piles et culées étaient gravement fissurées et menaçaient la stabilité de l'ouvrage. Le tablier était également atteint par des fissures longitudinales.

Les défauts de structures relevés sont les liaisons rigides des appuis qui entravaient la variation linéaire du tablier, ce qui créaient des efforts importants aux sommiers des piles et culées raison de l'état de fissuration.

Le système de protection de l'ouvrage était inexistant ce qui avait entraîné des corrosion des aciers et des éclatements béton.

3 - REMEDES, REPARATIONS ET RENFORCEMENT DE L'OUVRAGE

L'objectif qui a été défini par l'Administration c'était la sauvegarde de l'ouvrage menacé par l'effondrement et l'élargissement de la chaussée de 4,3 m à 5,50 m pour assurer deux voies de circulation.

La solution qui a été proposée consiste en la conservation de la dalle du tablier et la voûte, la réfection des piles en béton armé, le chemisage des culées et le renforcement dalle du tablier, la création de système d'appuis isostatiques au droit des culées.

4 - TRAVAUX REALISES

Les travaux importants exécutés sur cet ouvrages et qui ont fait appel à des techniques spéciales nouvelles sont :

*a - Création de système d'appui élastique aux droit des culées
(appareils néoprènes frettés)*

La réalisation faite de la manière suivante :

- Levage et suspension de la travée de rive du tablier.
- Réfection du sommier du tablier et aménagement des appareils d'appui.
- Réalisation d'about du tablier solidaire au tablier.
- Pose du tablier sur appui.

b - Réfection des piliers constitués de voiles en béton armé

- Levage et suspension du tablier.
- Démolition des piles existantes.
- Reconstruction des appuis et voiles en béton armé.

c - Superposition de structure béton armé nouvelles à des structures B.A. anciennes.

La réalisation du monolithisme des deux structures a nécessité l'utilisation :

- Scellement d'armature de liaison au mortier de résine.
- L'utilisation de colle à base de résine appliquée sur le béton ancien.

d - Réfection du système de protection et de drainage des eaux de pluies

- Mise en place de gargouille.
- Application d'étanchéité.
- Mise en place de joint de chaussée.
- Corniches et garde-corps.

PONTS EN MACONNERIE SUR LA RP 8

1 - DESCRIPTION SOMMAIRE

Une série de ponts anciens constitués de voûtes en maçonnerie de longueur d'ouvrage variable entre 9,0 et 32,0 m les portées de voûtes également variables entre 3,0 et 7,0 m.

2 - DÉSORDRES

Les désordres relevés sur ces ouvrages sont d'ordre structurel et menacent la stabilité de la structure : des fissures perpendiculaires aux génératrices des voûtes qui prolongent toute la série des voûtes expliquées par écartement progressif des murs tympans dû à la poussée des terres.

D'autres dégradations relevées concernant les ouvrages de protections des fondations vis-à-vis de l'affouillement.

3 - REMÈDES, RÉPARATION ET RENFORCEMENT

Le système de renforcement utilisé est constitué de tirants de précontraint appliqués suivant les génératrices des voûtes assurant ainsi la prise des poussées des terres et stoppant la progression des fissures.

4 - LES TRAVAUX RÉALISÉS

Les travaux importants exécutés sur ces ouvrages et qui font appel à des techniques spéciales nouvelles sont :

a - Tirants précontraints

- Réalisation de trous suivant les génératrices placés suivant la surface médiane de la maçonnerie de la voûte. L'exécution de ces trous sur 8,0 m de profondeur nécessite une grande précision qui fait appel à un matériel de haute précision de forage.
- Plaques en béton armé de répartition des efforts de précontraint sur la maçonnerie de la voûte.
- La mise en place des câbles et la mise en tension des ... tirants.

b - Injection des fissures

Après la mise en tension des câbles il sera procédé à l'injection de fissures de la manière suivante :

- Colmatage de fissure et mise en place des évents.
- Injection des fissures au moyen d'une résine dont le but d'assurer le monolithisme de la maçonnerie fissuré.