

Atelier 5 : Ouvrages d'art.

Communication intitulée :

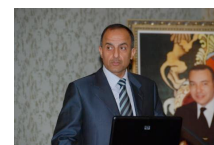
Enjeux de la planification de la maintenance des grands ouvrages d'art

Mots clés :

Ouvrage d'art, urbain, prestige, complexes, haute performance, maintenance, manuel de surveillance et d'entretien, patrimoine.

Auteur :

**Nabil BENAZZOUZ : Ingénieur Expert assermenté en Génie Civil,
Expert et Auditeur en Management de Projet.
Administrateur certifié « IMA »
Président de la FMCI.
Directeur Général d'IDAF**



Coordonnées :

E-mail : idafa1@gmail.com Phone : 00212 5 37 757506
Site Web : www.n.benazzouz@idafa-consulting.com Mobile : 00212 6 61 150426
Adresse : 24 Rue Oulad ZIANE Quartier de l'Aviation Rabat Maroc.

Préambule :

Dans une économie mondiale marquée de plus en plus par la compétitivité et une course infernale vers l'efficacité et la rentabilité tous azimuts, des projets d'infrastructures et notamment les ouvrages d'art jamais imaginés par le passé ont vu le jour en franchissant désormais des obstacles aussi bien naturels que culturels pour relier ainsi des communautés d'intérêt commun en milieu urbain, interurbain, international ou même intercontinental.

Cette tendance a introduit de nouveaux défis pour les intervenants dans l'acte de bâtir qui doivent désormais doubler d'imagination et de prouesses techniques et managériales pour concrétiser des projets complexes dits de prestige.

Le Maroc au vu des projets de développement des deux dernières décennies n'échappe guère à cette dynamique mondiale. Des ouvrages d'art de plus en plus complexes et d'envergure ont ainsi été lancés pour accompagner les grands projets d'infrastructures routières, autoroutières et ferroviaires : longs viaducs de la ligne LGV Tanger Kénitra, ponts haubanés de Rabat et Casablanca, ponts Moulay l'Hassan, Pont Sidi Maarouf...

Ces ouvrages d'art d'envergure et coûteux étant souvent construits par des matériaux de haute performance très sensibles et selon des procédés complexes exigeant une approche de maintenance appropriée devant prendre naissance depuis la genèse du projet jusqu'à sa fin de vie.

Cet article essaie de partager des esquisses d'une approche de maintenance - cas des ponts haubanés- adoptée et susciter ainsi la réflexion sur son développement et extension adaptée au patrimoine actuel et futur.

1 – Enjeux de la planification de la maintenance ... :

La planification de la maintenance décrit l'organisation temporelle et spatiale des actes nécessaires à la réalisation ciblée de la maintenance d'un ouvrage d'art de la réalisation à l'exploitation. C'est une composante essentielle de l'ossature de base d'une bonne gouvernance.

Elle est souvent réduite à de simples actes de définition et de programmation d'actes d'entretien post réalisation. Au moment où elle doit prendre naissance dès la conception de l'ouvrage et devra être continuellement évaluée pour s'inscrire dans une approche itérative circulaire sans laquelle elle perdrait de sa pertinence.

Une planification bien réfléchie doit concevoir et organiser les actes de surveillance, d'entretien et de réparations des ouvrages sur la base d'une analyse exhaustive et dynamique des risques : fonctionnels, techniques, managériaux, ... et ceux liés à l'environnement naturel, socio-économique, politique et financier, ...

2. la surveillance :

Des ouvrages comme les ponts suspendus, les ponts à haubans, les ponts métalliques, les tunnels, ... sont des ouvrages complexes nécessitant des approches spécifiques de surveillance et de suivi d'exploitation.

Le rôle du gestionnaire est d'organiser et de mettre en œuvre efficacement un système de surveillance et la remontée d'information jusqu'à un niveau de fonction adéquat afin qu'il y ait prise de décision sur la suite technique à donner.

L'organisation de la surveillance nécessite de connaître les principes de fonctionnement de l'ouvrage ainsi que ses différentes parties. Les différents points à examiner sont indiqués dans un cadre formalisé de visite inclus dans un document dit « guide de surveillance et d'entretien ».

La complexité des structures du cas des ponts haubanés entraîne des modalités particulières de surveillance par rapport aux ouvrages classiques. De la même manière, des tâches d'entretien spécifiques aux structures, prévues dès la conception, sont parfois nécessaires à leur bon fonctionnement.

Pour les ouvrages neufs, il incombe au maître d'ouvrage de veiller à ce que les documents de surveillance soient établis par le maître d'œuvre constructeur et remis au gestionnaire.

Pour les ouvrages anciens, il est recommandé qu'ils soient constitués de manière progressive par le gestionnaire et mis à jour lors d'un changement notable dans le mode de gestion ou encore à la suite de travaux de réparation importants et ce en associant les personnes chargées des visites et de l'entretien.

La surveillance devra comprendre :

- un calendrier des actions de surveillance : le type et la fréquence des visites ou examens à réaliser. Un calendrier à long terme des différentes interventions. L'inspection initiale sera rappelée et les visites particulières de fin de garanties contractuelle ou de responsabilité seront notamment indiquées;
- un cadre de suivi topographique qui précise les positions des points de mesure et le calendrier des contrôles.
- l'indication des moyens matériels pour chaque type d'examen : les lieux de conservation des moyens d'accès particuliers tels que clés et autres accessoires d'ouverture ou nécessaires au fonctionnement des dispositifs d'accès ou de visites.
- La description des accès aux têtes de pylônes, intérieur du tablier, appareils d'appuis, massifs d'ancrages ;

La surveillance organisée comprend plusieurs niveaux de visites ou d'examens :

⇒ Examen détaillé initial ;

- ⇒ Contrôle annuel ;
- ⇒ Examens simplifiés ;
- ⇒ Examens détaillés périodiques ;
- ⇒ Visites de fin de garantie ;
- ⇒ Visites ou inspections détaillées exceptionnelles ;
- ⇒ Instrumentation particulière.

Pour les ponts à haubans, tout examen oblige à recourir à des moyens d'accès spéciaux (alpinistes, nacelle, ...). Les examens simplifiés sont donc en réalité des examens ou inspections détaillés simplifiés. L'ouvrage sera donc soumis une fois sur deux à un examen simplifié ou détaillé.

Examen détaillé initial :

L'inspection ou examen détaillé initial doit être réalisée à l'achèvement des travaux, avant la réception de l'ouvrage. Elle fait partie intégrante du dossier de l'ouvrage et doit être accompagnée d'un levé topographique.

Un contrôle topographique doit être réalisé à la fin de la construction (point zéro) et lorsqu'il aura été prévu lors de la conception, notamment pour suivre les déformations liées au fluage., devront être prises pour s'assurer de la qualité de ce contrôle.

Le contrôle topographique pourra également être mis en œuvre en tant qu'outil de diagnostic à la suite d'une pathologie constatée.

Le contrôle annuel :

Examen visuel du profil en long, de la ligne générale des haubans (régularité des chaînettes) et de leurs comportements au vent (observation de la vibration des haubans en fonction de la vitesse du vent ou des traces de déplacements des amortisseurs) ;

l'observation du haubanage avec la recherche des désordres éventuels :

- ⇒ impact accidentel ou dégradation volontaire sur hauban ou tube anti-vandalisme,
- ⇒ ruptures, déformations ou absence d'éléments particuliers du haubanage (colliers de serrage, dispositifs antivibratoires, capots d'ancrages...),
- ⇒ glissement des haubans au niveau des ancrages inférieurs visibles (par extrusion par exemple),
- ⇒ coulures de cire ou graisse et éventuellement venue d'eau,
- ⇒ glissement de gaines extérieures ou de tubes guides,
- ⇒ désordres sur gaines et tubes anti-vandalisme (déformations, fissuration, arrachement, ...), ...

la visite de fin de garantie de parfait achèvement (1 an) constitue le premier contrôle annuel.

Les examens simplifiés :

- ⇒ examen détaillé des pièces d'ancrage et de leurs fixations (déformations, fissuration, glissement et serrage des boulons, circulation d'eau),
- ⇒ vérification des dispositifs de drainage et d'évacuation des eaux,
- ⇒ examen des zones d'ancrage des câbles sur le tablier et en tête de pylônes,
- ⇒ examen des amortisseurs et de leurs attaches (déplacements, fissures, corrosion, traces de fuite),
- ⇒ examen des zones d'encastrement en pied de pylônes ou examen de l'état apparent de l'articulation,
- ⇒ examen de l'éclairage, des paratonnerres ...
- ⇒ examen des appareils d'appui et leurs scellements,
- ⇒

Les examens détaillés périodiques

En complément des observations à réaliser dans le cadre du contrôle annuel et de l'examen simplifié, les examens ou inspections détaillées périodiques portent sur :

- ⇒ inspection visuelle à partir d'une nacelle de l'ensemble du haubanage : examen des gaines, joints de dilatation, capots d'ancrages, déviateurs. cet examen pourra être complété par une auscultation électromagnétique ou par ultrasons à une fréquence maximale correspondant à deux inspections détaillées ;
- ⇒ vérification de l'état et du fonctionnement des amortisseurs (état de pièces mécaniques, présence de fuites d'huile, pouvoir frottant, ...) ;
- ⇒ déboulonnage partiel des capots d'ancrages pour voir si présence de venues d'eau ou démontage de quelques capots d'ancrage;
- ⇒ vérification de l'état des aiguilles d'interconnexion et de leur jonction avec les haubans.

Pour permettre le démontage d'éléments dans de bonnes conditions (capots d'ancrages, couverture de selle de déviation, cachetage des douilles d'ancrages, tube anti-vandalisme, ...), des schémas de montage/démontage sont inclus dans le guide de surveillance et d'entretien de l'ouvrage.

Visites de fin de garantie contractuelle ou de responsabilité :

La visite de fin de la responsabilité décennale (10 ans) doit prendre la forme d'une inspection ou examen détaillé.

En complément de la garantie de parfait achèvement et de la responsabilité décennale, le marché de construction de l'ouvrage peut prévoir des garanties spécifiques par exemple sur la protection anti-corrosion des pièces métalliques et des haubans, la durabilité des gaines de haubans, le bon fonctionnement des amortisseurs, la stabilité des couleurs, la garantie éventuelle des haubans, ...

Des visites ou examens spécifiques relatifs à des parties d'ouvrages sont à programmer par le gestionnaire selon les mêmes modalités que les inspections détaillées, car elles ne peuvent être réalisées que par des équipes très spécialisées.

Visites ou inspections détaillées exceptionnelles

Dans le cas d'un désordre avéré ou suite à un phénomène naturel ou autres (tempête, foudre, accident, séisme, incendie, ...), une visite ou une inspection détaillée exceptionnelle doit être réalisée à l'initiative du gestionnaire.

Dans le cas d'une remise en tension des haubans, une inspection détaillée exceptionnelle sera réalisée et comprendra essentiellement un levé topographique et le relevé des nouvelles tensions dans les haubans mesurées au vérin et à la corde vibrante.

Instrumentation particulière :

Pour les très grands ouvrages ou les ponts innovants, une instrumentation à demeure peut être mise en œuvre afin d'assurer un suivi spécifique de leur comportement. Ces actions particulières de surveillance, basées sur la mise en place d'un monitoring, pourront par exemple analyser en temps réel la tension dans quelques haubans, l'écoute de la rupture de fil, ...

3. L'entretien :

Entretien courant

il se basera sur la liste des tâches décrites; des schémas ou des plans indiqueront l'existence et l'implantation des éléments particuliers d'assainissement (gargouilles, regards, collecteurs, purge des ancrages, ...) et les opérations de nettoyage particulier à réaliser (joints de chaussée, appareils d'appui ou éléments mobiles, ...) ; les contre-indications sur l'emploi de certains détergents ou produits seront clairement indiquées notamment vis-à-vis des gaines des haubans ;

Des actions plus spécifiques aux ponts à haubans :

- ⇒ le nettoyage et le graissage au niveau des pièces mobiles (articulations, selles d'inflexion, dispositifs anti-vibratoires, ...),
- ⇒ l'entretien des dispositifs d'évacuation d'eau au niveau des ancrages.

Entretien spécialisé

Il y sera indiqué la composition, la marque et les références du fabricant et du constructeur des différents éléments pouvant à terme être remplacés du fait d'usure normale, d'incidents ou de malfaçons. Seront également indiquées les opérations spécifiques d'entretien relatives à chaque élément. Il s'agit en particulier :

- ⇒ des appareils d'appui : type et fabricant, entretien particulier à réaliser,
- ⇒ des ancrages : type et fabricant, entretien particulier à réaliser,
- ⇒ de la protection anti-corrosion : type, composition et fabricant des peintures mises en œuvre,
- ⇒ du remplacement d'éléments secondaires : tube anti-vandalisme, amortisseur anti-vibratoire : le mode opératoire et les spécifications relatives à ces opérations devront être indiqués,
- ⇒ de l'entretien, la réparation ou le remplacement des gaines,
- ⇒ de la re-tension des haubans. Une re-tension est parfois prévue lors de la conception de l'ouvrage avec des valeurs cibles de tension ;

L'entretien spécialisé consiste en :

- ⇒ la réfection périodique de la protection anti-corrosion,
- ⇒ la réfection périodique de la protection anti-corrosion des pièces d'ancrage des haubans,
- ⇒ le remplacement des pièces d'usure, notamment sur les déviateurs ou dispositifs anti-vibratoires (anneaux néoprène en sortie de tubes guides, amortisseurs visqueux, ...),
- ⇒ le nettoyage des gaines,
- ⇒ les opérations spécifiques de maintenance préconisées par le constructeur,
- ⇒ le nettoyage des zones de déviation,
- ⇒ la réfection des étanchéités si nécessaire car ces zones constituent des pièges à eau efficaces,
- ⇒ la remise en tension des haubans en cas de réglage du profil en long s'il est prévu dès la conception ; de préférence par l'entreprise constructrice, ce qui peut poser des difficultés vis-à-vis des règles de consultation des marchés publics ;
- ⇒ ...

Ces opérations d'entretien spécialisé sont en général faites par une entreprise spécialisée.

4. La réparation :

Opérations préalables au diagnostic :

Le programme d'expertise ou d'investigations complémentaires doit être établi avec l'aide de spécialistes reconnus. Il est indispensable que la valeur technique des entreprises soit le critère prioritaire pour juger les réponses à un appel d'offre.

Le gestionnaire pourra être amené à programmer dans ce cadre certaines des opérations suivantes :

- ⇒ le démontage partiel ou total d'un hauban, des gaines ou des tubes de protection,
- ⇒ la mesure des tensions des haubans (par pesage ou par méthodes dynamiques),
- ⇒ l'auscultation des haubans,
- ⇒ le suivi des ruptures de fils par méthodes d'émission acoustique ou équivalent,
- ⇒ le pesage des réactions d'appuis,
- ⇒ le contrôle topographique du tablier et des pylônes,
- ⇒ ...

La mesure de tension dans les haubans, le pesage des réactions d'appuis ou le contrôle topographique doivent être réalisés dans l'optique d'une comparaison avec un état de référence.

Réparations :

Parmi les réparations spécifiques des ponts à haubans, il y a notamment :

- ⇒ le remplacement total ou partiel d'un hauban et de ses accessoires (tubes anti-vandalismes, ...),
- ⇒ le reculottage des culots d'ancrage des câbles,
- ⇒ la remise en tension d'un ou de plusieurs haubans, notamment en cas de réglage du profil en long lié à une pathologie,
- ⇒ la réparation locale de gaines,
- ⇒ le changement de gaines ou la mise en place de gaines extérieures par chemisage général,

- ⇒ la ré-injection de cire en cas de fuite et/ou la mise en place de systèmes de vase d'expansion,
- ⇒ la reprise de l'étanchéité au droit des jonctions entre la gaine générale, le tube anti-vandalisme et le tube coffrant,
- ⇒ l'amélioration des systèmes de drainage et d'étanchéité des ancrages,
- ⇒ la mise en place de dispositifs destinés à éviter les flexions parasites du câble dans la zone d'ancrage (sellette d'appui par exemple) ou des dispositifs amortisseurs quand ils n'ont pas été prévus à la construction,
- ⇒ l'amélioration de la protection anti-corrosion et la protection contre les intempéries des selles de déviation et des haubans en tête de pylônes par mise en place de capots et/ou d'anodes sacrificielles en zinc.

5. De l'évaluation, Amélioration :

Le processus organisationnel et technique de la maintenance devra être évalué régulièrement pour en améliorer l'incidence sur la tenue du patrimoine d'ouvrages d'art et sa préservation dans le temps. Des audits indépendants du gestionnaire et des intervenants dans la surveillance, l'entretien et les réparations devront être prévus et leurs constats et recommandations incorporés dans les données d'entrée d'une revue de système de maintenance.

A titre illustratif, ci-après un extrait du contenu du dossier de surveillance et d'entretien esquissé pour le projet du Pont Mohamed VI sur oued BOUREGREG :

PONT À HAUBANS SUR BOUREGREG DE L'AUTOROUTE DE CONTOURNEMENT DE RABAT
Extrait du Contenu du DOSSIER DE SURVEILLANCE ET 'ENTRETIEN (à titre strictement illustratif)

Objet :

I. Liste des intervenants durant les travaux et organisation :

II. Documents de référence :
Annexe 1-2 Fiche signalétique ouvrage.
Annexe 2-2 Déroulement des travaux.

III. Garanties de l'ouvrage :
Annexe 1-1 Garanties générales.

IV. Accès et principe de repérage :
Annexe 1-2 Plan général avec principe de repérage de l'ouvrage.
Annexe 2-2 Plans schématiques des fixations avec principes d'accès par moyens alpinistes.

V. Rappel des matériaux et équipements principaux :
Annexe 1-6 Rappel des bétons utilisés.
Annexe 2-6 Rapport de labo sur les armatures passives.
Annexe 3-6 Matériaux de précontrainte adhérente et torons gainés graissés.
Annexe 4-6 Plans des équipements des haubans
Annexe 5-6 Plans détails des équipements en charpente métallique (Entretoises et boîtes ancrage haubans).
Annexe 6-6 Fiche technique du complexe anticorrosion.

VI. Maintenance préventive de l'ouvrage :

VI.1 Structure :

VI.1-1 Contrôle de la structure en béton :

VI.1-2 Contrôle de la charpente Métallique (Entretoises et boîtes d'ancrage de haubans

VI.1-3 Contrôle des haubans

VI.1-4 Contrôle de la précontrainte

VI.2 Équipements :

VI.2-1 Contrôle des appareils d'appuis

VI.2-2 Contrôle du complexe étanchéité et couche de roulement

VI.2-3 Contrôle des joints de chaussée.

VI.2-4 Entretien du système général d'évacuation des eaux du tablier

VI.2-5 Entretien des corniches béton sur le VIPP :

VI.2-6 Entretien des barrières de sécurité BN4-16t et des garde-corps

VI.2-7 Entretien éclairage intérieur des pylônes

VI.2-8 Entretien balisage aviation et circuit parafoudre

VI.2-9 Contrôle instrumentation

VII. Maintenance corrective de l'ouvrage

VII.1 Structure

VII.1.1 Réparation de la protection anticorrosion de la charpente Métallique (Entretoises et boîtes d'ancrage de haubans)

VII.2 .2. Maintenance corrective des haubans

VII.2 Équipements :

VII.2-1 Réparation ou remplacement du complexe étanchéité et de la couche de roulement

VII.2-2 Réparation ou remplacement des appareils d'appuis
Annexe Indication pour le réglage des appareils d'appui à pot sur C0 et PC3

VII.2-3 Réparation ou remplacement des joints de chaussée
Annexe Manuel de maintenance des joints de chaussées.

VII.2-4 Réparation ou remplacement des barrières de sécurité BN4-16t et des garde-corps

VII.2-5 Réparation ou remplacement éléments de l'instrumentation
Annexe les manuels et les fiches techniques des instruments installés au pont

VII.2-6 Réparation ou remplacement éléments de l'éclairage intérieur de l'ouvrage
Annexe Manuel d'inspection et maintenance Électricité

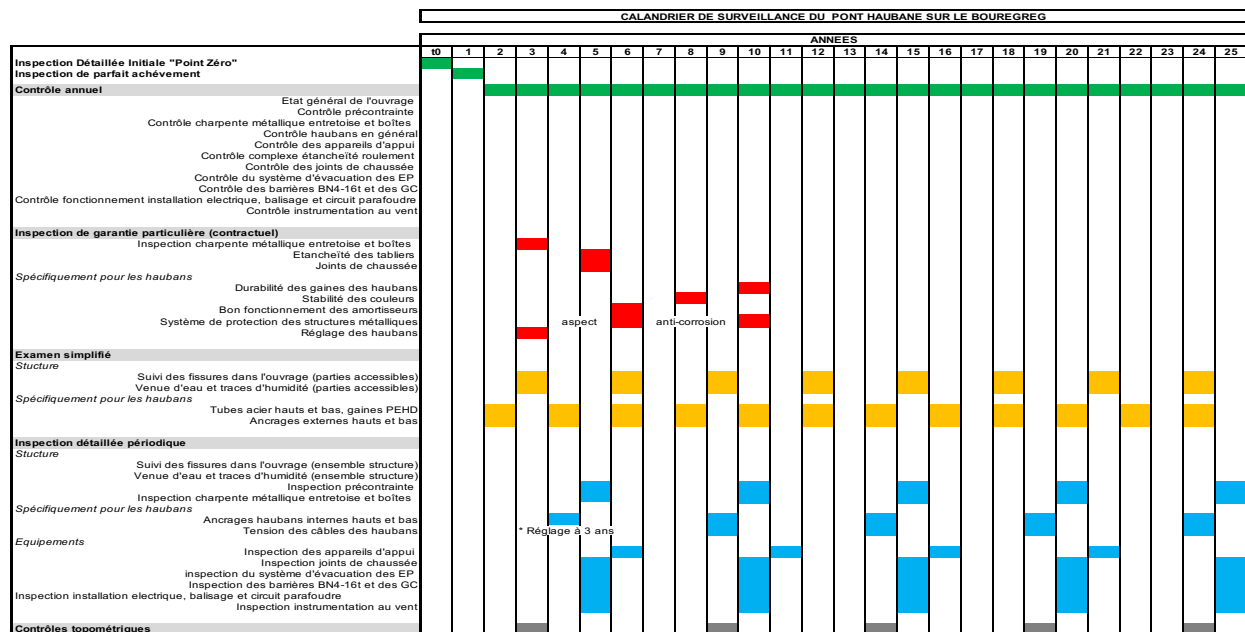
VII.2-7 Réparation ou remplacement éléments balisage extérieur et circuit parafoudre de l'ouvrage
Annexe Entretien balisage aviation et circuit parafoudre.

VII.2-8 Réparation ou remplacement éléments de l'éclairage extérieur de l'ouvrage

VIII. Suivi géométrique de l'ouvrage
Annexe 1 -3 Procédure de point Zéro
Annexe 2 -3 Rapport des bornes rapprochées.
Annexe 3 -3 NDC_3340_B1 pylônes P1 et P2 - déformée des pylônes en construction



Aussi un extrait du planning de principe dressé en phase d'achèvement des travaux, complété et actualisé par la suite par d'autres dispositions prises ultérieurement.



Conclusion :

Espérant que ces recommandations issues de règles de l'art éprouvées et ce modeste témoignage d'un cas d'ouvrages d'art Marocain complexe puisse illustrer aux aménageurs, concepteurs et exploitants que les choix opérés à la genèse des projets et solutions techniques adoptées impactent énormément sur le processus et le cout de maintenance ultérieure et par suite sur le cout global des projets d'infrastructures. L'ambition de se doter d'ouvrages prestigieux élaborés devra être sans cesse accompagnée de souci de développement de savoir-faire et de rigueur en termes de planification de maintenance et de préservation de patrimoine.

Fin de Texte