

AUSCULTATION DES OUVRAGES D'ART

**A. CHOUKIR
(INGENIEUR E.N.P.C. LPEE)**

RESUME

La présente communication a pour objet de montrer l'intérêt et les objectifs des auscultations des ouvrages d'art. Elle comprend deux parties:

1ère partie:

Le point sera mis sur la méthodologie adoptée au niveau de la reconnaissance des ouvrages d'art en vue de situer la place des auscultations et montrer les phases préliminaires nécessaires à l'élaboration des plans d'auscultation .

2 ème partie:

Au niveau de cette partie, il sera abordé les différentes méthodes d'auscultation . On insistera sur les objectifs, les solutions apportées ainsi que sur les difficultés d'interprétation .

Enfin, l'accent sera mis sur l'interaction entre les différents intervenants: maître d'ouvrage, laboratoire, B.E.T. et entreprises .

INTRODUCTION:

Les ouvrages d'art constituent des fusibles de la circulation routière. Tout problème affectant un pont routier risque de condamner la route jusqu'à sa remise en état. C'est pourquoi, la sécurité du trafic est en grande partie liée avec l'état de santé des ponts. Il est par conséquent indispensable de disposer de moyens nécessaires pour avoir l'assurance que l'ouvrage peut être laissé ouvert à la circulation. Il est cependant évident que cette assurance ne peut être donnée avec certitude absolue. Il s'agit, toutefois, d'avoir une confiance suffisante dans les mesures et méthodes qui ont permis de porter un jugement sur l'état de l'ouvrage.

La construction d'un pont représente une dépense élevée pour l'Etat. Ne pouvant que difficilement être rentable en tant que tel, l'ouvrage ne peut jamais être considéré comme amortie économiquement. On a donc intérêt à ce que celui-ci dure jusqu'à ce que son remplacement soit justifié par les paramètres qui ont déterminé sa construction, à savoir la charge et le volume du trafic. Par ailleurs, l'interruption de trafic sur un ouvrage, provoquée par l'apparition des dommages graves, avant que les réparations ou reconstruction du pont aient été programmées peut coûter cher aux usagers. De même, certains désordres apparaissant au jeune âge peuvent diminuer très notablement la durée de vie de l'ouvrage s'ils ne sont pas détectés et réparés suffisamment tôt (amorce de corrosion, affouillement).

L'auscultation d'un ouvrage d'art s'avère donc nécessaire. Elle vise donc généralement deux objectifs:

- Mettre en évidence les parties d'ouvrages nécessitant un entretien particulier;
- Déceler suffisamment tôt les désordres structuraux risquant de mettre en danger la sécurité globale de l'ouvrage.

II/ METHODOLOGIE D'AUSCULTATION DES PONTS

Comment procède-t-on à la reconnaissance et à l'auscultation d'un pont ?

II - 1/ Visite de l'ouvrage :

La visite détaillée de l'état de l'ouvrage s'effectue essentiellement de manière visuelle, quelques appareils de mesures peuvent faciliter le travail. L'inspection visuelle constitue une base indispensable de toute auscultation d'ouvrage. Elle permet d'appréhender simultanément de nombreux paramètres.

Seule une bonne connaissance des propriétés des matériaux et du comportement des structures peut permettre de détecter, sur la base d'un indice souvent à peine visible, un défaut caché plus important.

L'inspection visuelle de l'ouvrage demande une attention soutenue et ne doit pas être bâclée dans un temps minimum. Elle ne doit pas se limiter uniquement aux parties d'ouvrages visibles de la chaussée. Elle doit s'étendre à la totalité de l'ouvrage et cela pose le problème majeur de l'accessibilité. Ce point nous amène au moyen d'accès.

II - 2/ Moyen d'accès:

Le plus grand nombre d'ouvrages n'est accessible qu'à l'aide d'échaffaudages onéreux. Le résultat étant bien entendu qu'on fait rien du tout et qu'un certain nombre de désordres, restent inaperçus pendant plusieurs années. Il y a sur ce point, dans notre pays une absence de matériel adapté. En effet, il existe sur le marché toute une série d'engins destinés à la visite d'ouvrage. Très généralement, ces appareils sont constitués d'un camion supportant un contrepoids et un dispositif de bras articulés se terminant soit par une nacelle, soit par une passerelle de travail. Un jeu de jambes de force permet d'assurer la stabilité de l'ensemble au cours des manoeuvres.

II - 3/ Moyens d'auscultation:

Après avoir accédé à l'ouvrage, effectué les constatations visuelles nécessaires, convenablement interprétées et consignées (ce qui n'est pas toujours très aisé, l'établissement, par exemple, d'un plan de fissuration étant un travail long et fastidieux), il peut être nécessaire d'effectuer des essais complémentaires. Le but recherché étant:

- Soit étudier le fonctionnement de la structure à un instant donné;
- Soit apprécier la qualité des matériaux constitutifs;
- Soit suivre l'évolution de la structure.

Bien entendu, ces trois types de préoccupations peuvent coexister à propos d'un même ouvrage.

a) Fonctionnement de la structure à un instant donné:

On cherche à le connaître soit dans le but de vérification lors des épreuves de l'ouvrage ou après réparation. Soit pour établir un diagnostic lorsqu'on soupçonne que le fonctionnement réel n'est pas conforme aux hypothèses de calcul (zone de concentration de contraintes anormales, modification de conditions d'encastrement, effet de réparation d'un platelage, modification des réactions d'appui due à des effets différés, relaxation de la précontrainte, etc..).

On distinguera deux cas très différents suivant que les informations données par des variations de déplacement ou de déformation sous l'action de surcharges convenablement choisies sont suffisantes, ou qu'au contraire, on a besoin de connaître le comportement de l'ouvrage à vide; un exemple du premier type serait l'étude du fonctionnement d'une entretoise; un exemple du deuxième type est l'état de contrainte régnant dans un pont en béton précontraint après fluage et relaxation.

Dans le premier cas, les essais essentiels consisteront à mesurer des flèches et déformations instantanées et, éventuellement, des ouvertures de fissures.

Les flèches peuvent être mesurées de différentes manières:

- * Nivellement topographique;
- * Fleximètre Richard nécessitant la présence d'un point d'ancrage fixe, ce qui n'est pas toujours possible d'obtenir (brèche profonde, rivière à courant violent).
- * Capteurs de déplacement.

Les déformations instantanées sont en général mesurées à l'aide de jauges de déformation à fil résistant. La précision est alors de l'ordre de quelques 10-6 (bien entendu, on ne doit pas utiliser de telles jauges sur des parties en béton armé tendu, il faudrait alors, si les mesures s'avéraient nécessaires, les placer sur les armatures préalablement dégagées).

Les mesures d'ouverture de fissure peuvent s'effectuer à l'aide de divers types d'extensomètres mécaniques lorsqu'il s'agit d'essais statiques.

A noter que les moyens de chargement présentent parfois des difficultés, lors de la réalisation de ces essais, notamment lorsque l'ouvrage est dans un état inquiétant. La méthode consiste alors à charger progressivement l'ouvrage.

Dans le cas où l'on souhaite connaître l'état à vide, les mesures sont plus délicates à effectuer. Il a été mis au point deux méthodes d'investigation qui semblent prometteuses: mesure des réactions d'appui et mesure des contraintes par libération.

- La mesure des réactions d'appui est utile sur des ouvrages hyperstatiques dont le schéma de fonctionnement a pu se modifier au cours du temps à cause, notamment, de phénomènes de fluage et de relaxation, mais aussi, éventuellement, du fait de mouvements des appuis. Le procédé de mesures consiste à interposer entre appui et tablier des vérins par paliers et en relevant pour chaque palier le déplacement.

La représentation de la mesure se compose de deux segments de droite, le premier correspondant à la mise en place du système et prenant en compte, notamment, la raideur des appareils d'appui, la pente du second segment traduisant la raideur au déplacement vertical du tablier proprement dit. En prolongeant ce segment de droite jusqu'à l'axe des efforts, on obtient alors la réaction verticale des appuis sur le tablier en l'absence de tout déplacement.

- La méthode de mesure des contraintes par libération est couramment utilisée en mécanique des roches, mais n'a été appliquée aux tabliers d'ouvrages que très récemment. Plusieurs réalisations technologiques sont possibles, se fondent toujours sur l'un des principes suivants: mesure de la déformation d'une partie d'ouvrage entre un instant 0 où cette partie est solidaire de l'ouvrage et un instant 1 où elle en est désolidarisée par carottage par exemple, on mesure des efforts à exercer pour annuler les déformations d'une partie d'ouvrage provoquées par désolidarisation de l'ouvrage. La méthode la plus couramment utilisée est la méthode dite par vérins plats mise au point par le Laboratoire de Génie Civil de Lisbonne. Après avoir estimé une des directions principales des contraintes, on place à la surface des repères d'extensométrie (jauges repères pour extensomètres mécaniques) des deux côtés d'une ligne frontière perpendiculaire à cette direction principale. On mesure la distance entre ces repères puis, à l'aide d'une scie diamantée, on pratique une saignée le long de la ligne frontière, ce qui provoque un déplacement relatif des repères.

On déduit de la pression mesurée la contrainte moyenne dans la structure perpendiculairement au vérin sur la hauteur intéressée. A noter qu'en approfondissant la saignée et en utilisant un jeu de vérins appropriés, il est possible d'apprécier (qualitativement pour l'instant) l'évolution de la contrainte avec la profondeur.

b) Qualité des matériaux constitutifs:

Outre les prélèvements et les essais en Laboratoire qu'il convient de ne pas oublier, d'assez nombreuses méthodes existent pour apprécier l'état du matériaux. Dans le cas du béton armé et du béton précontraint, on citera particulièrement les méthodes d'auscultation dynamique et d'auscultation gammagraphique.

Le principe bien connu de l'auscultation dynamique consiste à mesurer la vitesse de propagation d'ébranlements à la surface des matériaux et à en déduire des appréciations des valeurs des paramètres caractéristiques de ces matériaux. En fait, les paramètres que l'on peut apprécier plus ou moins directement sont le module d'élasticité des matériaux et éventuellement sa variation en fonction de la profondeur, ainsi que des caractéristiques géométriques telles que profondeur des fissures, épaisseur d'une paroi, etc. Les résultats sont souvent exprimés en résistance à la compression du béton à partir d'une corrélation résistance à la compression-vitesse du son. Il faut garder à l'esprit que pour des bétons durcis (âge supérieur à 28 jours), cette corrélation est, en général, très lâche et que les valeurs ainsi obtenues doivent être considérées en fait comme des indicateurs qualitatifs permettant éventuellement de mettre en évidence des zones homogènes.

- L'auscultation par gammagraphie (ou par rayons X) repose sur le principe de l'atténuation sélective des photos par la matière. L'irradiation d'un film photographique à travers la paroi à ausculter permet d'obtenir un cliché des zones de densité différente à l'intérieur de la dite paroi. On pourra mettre ainsi en évidence des défauts tels que: hétérogénéités et présence de vides dans le béton, présence de corps étrangers dans le béton, fissures, défauts d'injection des gaines de précontrainte, rupture de fil, corrosion, défaut de positionnement des armatures, etc ...

En matière d'ouvrages métalliques, les auscultations portent essentiellement sur l'état de **corrosion interne** des câbles de ponts suspendus et sur l'état des soudures.

Les contrôles des câbles de ponts suspendus se font par des méthodes électromagnétiques. Une première méthode, dont le principe consiste à mesurer l'impédance d'une bobine dont le câble et le noyau en exploitant les phénomènes propres aux courants de Foucault, permet d'apprécier le taux d'oxydation d'un câble, c'est à dire la proportion pondérale des oxydes par rapport aux poids du tronçon, la relation entre la cerce de la bobine et ce taux d'oxydation étant obtenue par étalonnage en Laboratoire. Le matériel est constitué de bobines dont le diamètre est variable de 10 mm en 10 mm en fonction du câble à ausculter. Les bobines comprennent 96 spires et s'ouvrent en deux demi-coquilles munies de connecteurs sur toute la longueur, ce qui permet un montage et un démontage aisé. Dans tous les cas, même si on ne dispose pas des courbes d'étalonnage appropriées, la méthode permet de localiser les parties de câbles les plus oxydées mais elle ne permet pas de déceler d'autres désordres tels que zone d'oxydation localisée ou rupture de fils dus à la corrosion sous tension.

III/CONCLUSION:

La technologie dans le domaine de la conception des ouvrages d'art évolue constamment; parallèlement les méthodes de reconnaissance évoluent pour mieux résoudre les problèmes rencontrés au cours de la vie des ouvrages.

Si par le passé des signes inquiétants nous ont échappé par méconnaissance (mauvaise connaissance du phénomène, impossibilité d'accès à la mesure) ou, ce qui est plus grave par précipitation, un effort sans précédent doit être maintenu pour suivre la technologie de construction et, juger les méthodes de conception. Pour ce faire, on doit inventorier les différentes anomalies qui affectent les ouvrages d'art pour les cataloguer et tirer des enseignements utiles afin de les éviter dans le futur. Les confrontations des résultats des méthodes de calcul présentent un grand intérêt. En effet, elles permettent de concevoir des modélisations qui approchent le comportement réel des structures.

Ainsi, à une époque où on se pose de plus en plus de questions sur les disponibilités d'énergie et de matériaux, il semble raisonnable de poursuivre un effort sans relâche pour mettre en place les moyens nécessaires de reconnaissance. Des recherches doivent être menées pour développer et compléter les méthodes d'auscultation.

On doit connaître la limite de chaque méthode ainsi que l'influence des différents paramètres physiques sur les quantités mesurées.

BIBLIOGRAPHIE

- Surveillance des ouvrages d'art par : Dominique Andry, René Suter,
& Remand Fanne Lausanne.

- Surveillance des ouvrages d'art : Bulletin de liaison L.C.P.C.
Philip Leger

- Essais non destructifs : Séminaire de construction
22-23-24 Février 89 A. Choukir

- Les analyses et les investigations : Colloque International sur la
réalisées par le L.P.E.E. sur certains pathologie des constructions
ouvrages au Maroc. 14-15 Novembre 91.