

Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art

*Fascicule 3 – Auscultation, surveillance renforcée, haute
surveillance, mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde*



Page laissée blanche intentionnellement

Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art

*Fascicule 3 – Auscultation, surveillance renforcée, haute
surveillance, mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde*



Composition du groupe de travail de refonte des fascicules 2 et 3 :

- Jean-Michel Lacombe, Sétra
- Gilles Lacoste, Sétra
- Jean-Christophe Schlegel, MEDDTL - DIT

Composition du comité de pilotage de l'ITSEOA :

- Présidente : Évelyne Humbert, CGEDD
- Rapporteur : Gilles Lacoste, Sétra
- Jean-Claude Bastet, CETE Méditerranée
- Jean-François Duroux, RATP
- Bruno Godart, IFSTAR
- Philippe Guignard, Conseil Général de la Gironde
- Jean-Michel Lacombe, Sétra
- Manuel Le Moine, RFF
- Bernard Plu, SNCF
- Vincent Robert, CETU
- Jean-Christophe Schlegel, MEDDTL - DIT

Remerciements au réseau ouvrages d'art des Directions Interdépartementales des Routes (DIR) et au Réseau Scientifique et Technique (RST) pour les contributions apportées à ce document.

Couverture : Voûte en maçonnerie provisoirement étayée (Photo : LRPC Clermont-Ferrand/P. Dantec)

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | 5 |
| Chapitre 1 - Champ d'application | 7 |
| Chapitre 2 - Généralités, démarches à suivre | 9 |
| 1 - Résultats de l'action de surveillance | 9 |
| 1.1 - État normal ou quasi normal | 9 |
| 1.2 - État défectueux | 9 |
| 1.3 - État douteux | 10 |
| 2 - Assurer la sécurité | 10 |
| 3 - Investigations | 11 |
| 4 - Coordination des intervenants | 11 |
| Chapitre 3 - L'auscultation | 13 |
| 1 - Objectifs de l'auscultation | 13 |
| 2 - Nature des investigations | 14 |
| 3 - Moyens d'auscultation | 15 |
| 4 - Programme d'auscultation | 16 |
| Chapitre 4 La surveillance renforcée | 17 |
| 1 - Objectifs de la surveillance renforcée | 17 |
| 2 - Consistance | 17 |
| 2.1 - Examens réguliers et fréquents | 17 |
| 2.2 - Suivi à l'aide d'une instrumentation | 18 |
| 3 - Programme et organisation de la surveillance renforcée | 19 |
| Chapitre 5 - La haute surveillance | 21 |
| 1 - Objectifs de la haute surveillance | 21 |
| 2 - Analyse préalable | 21 |
| 3 - Système de haute surveillance | 22 |
| 4 - Consignes de sécurité | 23 |
| 5 - Programme et organisation de la haute surveillance | 23 |
| 6 - Conditions particulières d'application | 24 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 6 - Les mesures de sécurité immédiate et de sauvegarde | 25 |
| 1 - Restrictions d'utilisation | 25 |
| 1.1 - Restrictions de circulation | 25 |
| 1.2 - Restrictions pour les occupants du domaine public | 26 |
| 2 - Protection des tiers | 27 |
| 3 - Confortements provisoires et étaielements | 27 |
| 4 - Organisation | 28 |
| | |
| Annexes | 29 |
| Annexe 1 - Bibliographie | 29 |
| Annexe 2 - Schéma d'aide au processus décisionnel | 32 |
| Annexe 3 - Principales méthodes d'auscultation | 33 |

Avant-propos

L'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) est constituée du fascicule 0 - « Dispositions générales applicables à tous les ouvrages » et des fascicules d'application suivants qui lui sont annexés :

Fascicule 1 - Dossier d'ouvrage ;

Fascicule 2 - Généralités sur la surveillance ;

Fascicule 3 - Auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde .

Cet ensemble de documents sert de référentiel aux services de l'État pour mettre au point leur politique de gestion, en donnant des indications générales relatives à leur organisation. C'est aussi un élément du référentiel pour les contrats de concession ou de partenariat public-privé à passer pour le réseau routier de l'État.

Il peut également être utilisé par les collectivités territoriales et par les opérateurs chargés d'infrastructures de transport pour construire leur propre référentiel. Les éléments spécifiques aux services de l'Etat sont signalés dans le texte.

Les autres fascicules qui constituaient la seconde partie de la version de 1979 de l'ITSEOA ne font plus partie intégrante de l'ITSEOA de 2010 et sont désormais des guides techniques.

Ces autres fascicules sont les suivants :

- Fascicule 4 - Surveillance topométrique.
- Fascicule 10 - Fondations en site aquatique.
- Fascicule 11 - Fondations en site terrestre.
- Fascicule 12 - Appuis.
- Fascicule 13 - Appareils d'appui.
- Fascicule 20 - Zone d'influence – Accès – Abords.
- Fascicule 21 - Équipements des ouvrages (protection contre les eaux, revêtements, joints de chaussée et de trottoirs, garde-corps, dispositifs de retenue).
- Fascicule 30 - Ponts et viaducs en maçonnerie.
- Fascicule 31 - Ponts en béton non armé et en béton armé.
- Fascicule 32 - Ponts en béton précontraint.
- Fascicule 33 - Ponts métalliques (acier, fer, fonte).
- Fascicule 34 - Ponts suspendus et ponts à haubans.
- Fascicule 35 - Ponts de secours.
- Fascicule 40 - Tunnels, tranchées couvertes, galeries de protection.
- Fascicule 50 - Buses métalliques.
- Fascicule 51 - Ouvrages de soutènement.
- Fascicule 52 - Déblais et remblais.
- Fascicule 53 - Ouvrages de protection.

Ces fascicules continueront à être modifiés et complétés, notamment pour tenir compte des évolutions en matière de construction, de gestion ou de méthodes d'auscultation, pour former un corpus technique cohérent avec l'ITSEOA de 2010.

La mise à jour de ces fascicules est confiée à un comité de pilotage placé sous la présidence de Mme Évelyne Humbert, ingénieure générale des ponts, des eaux et des forêts, dans lequel sont représentés :

- le ministère (DGITM/DIT) ;
- les directions interdépartementales des routes (DIR) ;
- les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) ;
- les collectivités locales ;
- le réseau scientifique et technique (Sétra, IFSTTAR, CETE, CETU) ;
- des maîtres d'ouvrage extérieurs (SNCF, RATP, concessionnaires d'autoroutes).



Figure 1 - Buse métallique présentant une déformation mettant en jeu la sécurité de l'ouvrage (Photo : Sétra)



Figure 2 - Pont mixte présentant des traces d'humidité et des efflorescences pouvant faire craindre une corrosion des aciers passifs (Photo : Sétra)



Chapitre 1

Champ d'application

Tous les ouvrages visés dans le fascicule 0 de l'instruction sont susceptibles de bénéficier des dispositions contenues dans le présent fascicule. Celles-ci concernent :

- l'auscultation, qui est un ensemble d'examen et de mesures spécifiques faisant le plus souvent appel à des techniques élaborées, et qui vise à mieux connaître l'état réel d'un ouvrage pour aboutir à un diagnostic de sa pathologie ;
- la surveillance renforcée dont l'objectif est de suivre d'une façon plus attentive l'évolution d'un ouvrage pendant une certaine durée :
 - soit, dans le cas le plus général, pour détecter une évolution anormale ;
 - soit, dans le cas où l'examen de l'ouvrage n'a pas permis d'expliquer les causes exactes des désordres ou que l'auscultation n'a pas permis d'évaluer l'état réel dans lequel se trouve l'ouvrage, pour mieux identifier les problèmes et mieux appréhender son comportement.
- la haute surveillance qui consiste à guetter l'apparition d'un signe faisant craindre la possibilité d'une défaillance de l'ouvrage à très court terme, afin de prendre immédiatement les mesures de sécurité nécessaires et préalablement définies ;

- les mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde qui peuvent s'avérer nécessaires pour préserver la sécurité des usagers et des tiers, dans le cas où la ruine de l'ouvrage est à craindre dans un délai très court.

Les dispositions du présent fascicule sont donc applicables aux ouvrages dont l'état ou le caractère nécessitent une attention particulière :

- soit parce que des désordres ont été constatés, que ceux-ci soient ou non susceptibles de s'aggraver ou de mettre en cause la sécurité (cf. figure 1) ;
- soit parce que l'existence de désordres est soupçonnée, sans pour autant que ceux-ci aient pu être constatés lors d'un examen visuel ou d'une auscultation légère (cf. figure 2) ;
- soit parce que la défaillance éventuelle pourrait avoir des conséquences extrêmement importantes ;
- soit parce que l'ouvrage, en bon état, présente un caractère exceptionnel (cf. figure 3) ;
- soit encore, parce que l'ouvrage est constitué par une structure innovante dont on souhaite connaître le comportement en service (cf. figure 4).



Figure 3 - Exemple d'un grand ouvrage nécessitant une attention particulière : viaduc de la Ravine des Trois bassins (île de la Réunion) (Photo : Sétra)



Figure 4 - Exemple d'ouvrage innovant nécessitant une attention particulière (Photo : Sétra)

Les dispositions du présent fascicule ne s'appliquent pas aux ouvrages dont un ou plusieurs éléments présentent des risques pour la sécurité immédiate des usagers comme sur la figure 5 (garde-corps détériorés, altération des dispositifs de retenue, décalage entre éléments des joints de chaussée, dégradations importantes de la chaussée, chutes de morceaux de béton, etc.).

En effet, de tels risques doivent faire l'objet d'un traitement spécifique d'urgence.



Figure 5 - Ouvrage présentant des risques pour la sécurité immédiate des usagers (Photo : Sêtra/G. Lacoste)

Chapitre 2

Généralités, démarches à suivre

1 - Résultats de l'action de surveillance

La surveillance des ouvrages, définie dans la première partie de l'instruction et le fascicule 2, permet d'apprécier l'état de service d'un ouvrage. Cet état de service peut être classé comme étant :

- normal ou quasi normal ;
- défectueux (ou anormal) ;
- douteux.

1.1 - État normal ou quasi normal

L'état d'un ouvrage est qualifié de normal lorsque cet ouvrage est en bon état général et que les seuls défauts qu'il présente sont ceux auxquels l'entretien courant peut remédier.

L'état d'un ouvrage est considéré comme quasi normal lorsque cet ouvrage présente des désordres mineurs auxquels l'entretien spécialisé peut remédier (cf. figure 6).



Figure 6 - Cas d'un ouvrage en état quasi normal : pont métallique présentant un enrrouillage et nécessitant une remise en peinture (Photo : Sétra)

1.2 - État défectueux

L'état d'un ouvrage est qualifié de défectueux lorsque des désordres majeurs structurels ont été mis en évidence, que leur gravité a pu être appréciée au moins sommairement, et que ces désordres sont susceptibles, soit tels quels, soit après évolution, de mettre en cause la sécurité ou la pérennité de l'ouvrage (cf. figure 7).



Figure 7 - Cas d'un ouvrage défectueux : pont suspendu présentant une déformation de la membrure supérieure d'une poutre (Photo : Sétra)



Figure 8 - Cas d'un ouvrage dans état douteux : un choc a endommagé la poutre de rive d'un ouvrage de type PRAD (Photo : DIR Massif-Central)



Figure 9 - Cas d'un ouvrage dans état douteux suite à un incendie déclaré sous le tablier (Photo : DIR Ile-de-France)

1.3 - État douteux

L'état d'un ouvrage est qualifié de douteux lorsque l'analyse effectuée à la suite d'une action de surveillance ne permet pas de conclure :

- soit parce que des désordres ont été constatés, mais que l'analyse n'a pas permis d'apprécier leur gravité réelle ou potentielle (exemple d'un ouvrage qui présente les symptômes d'une alcali-réaction dont la présence demande à être établie et dont la gravité doit être déterminée) (cf. figure 8) ;
- soit parce que des désordres n'ont pas été mis en évidence, mais des indices qui permettent d'en soupçonner l'existence ont été reconnus (exemple des VIIPP [viaducs à travées indépendantes à poutres précontraintes] sur lesquels des coulures de calcite ont été observées, celles-ci pouvant faire craindre une corrosion des câbles de précontrainte) (cf. figure 9).

Cette situation doit être transitoire, et les investigations effectuées selon les dispositions du présent fascicule doivent permettre de lever les doutes afin de reclasser les ouvrages dans la catégorie de ceux en état normal ou quasi normal, ou dans celle de ceux en état défectueux.

2 - Assurer la sécurité

Lorsqu'il est constaté qu'un ouvrage est dans un état défectueux ou lorsque son état présente un caractère douteux, chaque niveau de responsabilité est tenu de préparer l'ensemble des précautions à prendre en cas d'extrême urgence. Cette mesure doit rester au premier rang des préoccupations durant toute la période pendant laquelle l'état de l'ouvrage ne peut être considéré comme normal.

Lorsqu'une défaillance de l'ouvrage est à craindre à très court terme, des mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde doivent être prises pour limiter les conséquences possibles de cette défaillance, et en particulier pour éviter tout accident corporel. Ces mesures sont décrites au chapitre 6.

Lorsque des désordres constatés sur un ouvrage paraissent susceptibles de mettre en cause la sécurité ou la tenue de l'ouvrage, le maître d'ouvrage gestionnaire peut décider de le placer sous haute surveillance de manière à permettre, en cas de danger imminent, le déclenchement immédiat par les autorités compétentes des actions nécessaires pour assurer la sécurité.

Lorsque l'état d'un ouvrage le justifie ou en cas d'incertitude sur l'origine, la nature et la cause de désordres ou lorsque l'ouvrage a un caractère innovant ou exceptionnel, le maître d'ouvrage gestionnaire peut décider de le soumettre à une surveillance renforcée, plus intense que la surveillance définie dans le fascicule 2.

3 - Investigations

Les investigations à mener doivent être définies dans un programme établi sous la responsabilité du niveau organisationnel, en collaboration éventuelle avec des organismes spécialisés. Ce programme d'investigations définit les actions du type visite exceptionnelle, inspection détaillée, auscultation, calcul, etc., nécessaires au traitement du problème.

Lorsque l'état d'un ouvrage est considéré, à la suite d'une action de surveillance, comme douteux ou défectueux, il doit d'abord faire l'objet d'une inspection détaillée (si celle-ci n'a pas déjà été accomplie), puis d'investigations nécessaires pour :

- confirmer l'existence ou l'absence de désordres s'il y a doute ;
- déterminer les causes des désordres et les mécanismes de leur évolution ;
- définir les réparations ou renforcements à effectuer ;
- le cas échéant, effectuer l'analyse préalable qui sert à définir le dispositif de haute surveillance.

L'inspection détaillée, au besoin, peut être remplacée par une inspection détaillée de parties d'ouvrages, si cela suffit pour lever des doutes. Cette inspection doit être réalisée par un spécialiste, selon un programme bien défini.

Dans le cas d'un ouvrage défectueux, l'inspection détaillée doit être complète. Il convient en effet de saisir l'occasion de la nécessité d'une réparation pour ne laisser aucun défaut dans l'ombre, afin que la remise en état concerne l'ensemble de l'ouvrage.

Lorsque les résultats de l'inspection détaillée ne permettent pas d'atteindre l'ensemble des objectifs énumérés ci-dessus, et en particulier pour déterminer plus complètement les causes et les mécanismes d'évolution des désordres, il peut être nécessaire d'effectuer :

- une auscultation (sa consistance est définie au chapitre 3) ;
- une étude par le calcul ;
- une auscultation et une étude par le calcul menées conjointement.

S'il s'avère impossible de conclure à l'issue de ces investigations, un complément d'informations, pouvant porter en particulier sur l'évolution des désordres, peut être recherché dans une surveillance renforcée dont la consistance est définie au chapitre 4 du présent fascicule. Si pendant cette période de surveillance renforcée qui peut durer de quelques mois à plusieurs années, une défaillance de l'ouvrage est à redouter, il convient alors de procéder à une mise sous haute surveillance (chapitre 5) ou de prendre des mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde (chapitre 6).

4 - Coordination des intervenants

Du début de l'expertise jusqu'à la fin de la réparation, la continuité des opérations doit être assurée. Ceci nécessite une bonne coordination entre les différents niveaux du maître d'ouvrage gestionnaire.

Figure 10 - Inspection détaillée des piles d'un ouvrage à l'aide d'une passerelle (Photo : CETE de Lyon)





Chapitre 3 L'auscultation

L'auscultation est un ensemble d'examen et de mesures spécifiques faisant le plus souvent appel à des techniques élaborées, destiné à approfondir la connaissance réelle d'un ouvrage, à partir des résultats d'une inspection détaillée. Elle nécessite l'intervention d'une équipe compétente et, le plus souvent, l'utilisation de moyens ou de techniques spécialisés. Effectuée le plus couramment lorsque l'état de l'ouvrage est douteux ou défectueux, elle peut aussi être appliquée dans le cas d'un ouvrage en état normal ou quasi normal, lorsqu'il est envisagé d'apporter à celui-ci une modification touchant à la structure (exemple de l'élargissement d'un ouvrage existant en béton, en bon état apparent, dont il faut connaître l'état, la nature et la position des armatures, la capacité portante des fondations, etc.).

Comme l'indique le paragraphe 3.2 du fascicule 0 de l'instruction technique, toute réparation doit être précédée d'une inspection détaillée et d'une étude approfondie de l'ouvrage. L'auscultation, au même titre que les calculs ou recalculs, fait partie de cette étude approfondie. Mis à part les cas où un diagnostic fiable peut être établi sans investigations, l'expérience montre que la phase d'auscultation ne doit pas être négligée sous peine d'aller au devant de gros problèmes au moment des travaux d'entretien spécialisé ou de réparation.

L'établissement d'un programme d'auscultation succède à un examen détaillé des désordres constatés lors des diverses actions de surveillance. Dans la pratique, il est nécessaire de déterminer les causes probables des désordres.



Figure 11 - Fenêtre ayant permis de déterminer l'état de la précontrainte d'un pont VIPP (Photo : Sétra)

1 - Objectifs de l'auscultation

Les investigations conduites avant l'établissement d'un projet de réparation doivent répondre aux objectifs suivants :

- **évaluer l'ampleur des désordres** : cette évaluation fait souvent appel à une conjugaison de techniques de contrôles non destructifs (généralement qualitatives) et de techniques quantitatives appliquées sur des prélèvements. Lorsque les désordres sont cachés, cette évaluation peut devenir très difficile. Dans le cas de la corrosion des armatures du béton armé, la méthode du potentiel d'électrode permet d'obtenir une bonne image de l'état de corrosion des aciers. En revanche, dans le cas du béton précontraint, et plus particulièrement des VIPP (viaducs indépendants à poutres précontraintes), l'état de corrosion des câbles de précontraintes ne peut être estimé qu'au prix de l'ouverture de plusieurs fenêtres dont l'emplacement aura été guidé par des radiographies ou de la radioscopie (cf. figure 11). L'évaluation de l'ampleur des désordres est nécessaire pour le choix de la solution de traitement (simple entretien, réparation ou reconstruction) et pour le choix de la technique de réparation ;



Figure 12 - Parement de béton atteint d'alkali réaction (Photo : LRCP de Saint-Brieuc)

- **établir le diagnostic** : mis à part les cas simples pour lesquels le prédiagnostic réalisé à l'issue de l'inspection visuelle suffit pour se forger une opinion sur la maladie affectant un ouvrage, et les cas compliqués pour lesquels des recherches sont encore nécessaires pour identifier l'origine de la maladie (exemple de la délamination (feuilletage) de hourdis de pont en béton armé), dans tous les autres cas, des investigations bien menées doivent permettre l'obtention du bon diagnostic (cf. figure 12), qui est indispensable avant de s'engager dans des réparations ;

- **définir ou étayer des hypothèses de calcul** : la détermination de caractéristiques mécaniques des matériaux constitue un cas courant. Si la résistance à la rupture, la limite d'élasticité ou le module sont des caractéristiques qui peuvent être évaluées sans trop de difficultés, il existe en revanche d'autres caractéristiques comme l'adhérence entre une armature et du béton qui sont impossibles à obtenir. La vérification du fonctionnement d'articulation ou l'évaluation de la rigidité transversale d'un pont à poutres constituent d'autres exemples de l'objectif d'une auscultation. D'une manière générale, les données mécaniques et le modèle de fonctionnement du pont sont des éléments indispensables pour effectuer un bon recalcul.

L'utilisation de ces moyens techniques et l'interprétation des résultats nécessitent en général le recours à des spécialistes. Il est rappelé que l'intervention conjointe d'un agent spécialisé dans l'auscultation et d'un spécialiste du calcul sous la direction d'un agent du service organisationnel est très souhaitable.

2 - Nature des investigations

Il n'existe pas de méthode générale d'auscultation applicable à tous les ouvrages d'art, ni même à une famille donnée d'entre eux. Les explications recherchées, donc les méthodes d'auscultation à utiliser, diffèrent suivant la nature des désordres constatés. Les investigations peuvent être de deux natures :

- appréciation de l'état ou des propriétés des matériaux en place (matériaux constitutifs de l'ouvrage et/ou des terrains avoisinants) ;

- analyse du mode de fonctionnement réel de la structure ou d'un de ses éléments, à vide et/ou sous chargements.

Assez souvent, ces deux types d'analyse existent dans une même campagne d'investigations. Il peut en effet arriver qu'une déféctuosité du matériau ait une incidence directe sur le fonctionnement de la structure (exemple de la corrosion des armatures qui entraîne une fissuration de la structure). Inversement, le mauvais fonctionnement d'un ouvrage pour des raisons structurelles se manifeste par une détérioration, au moins partielle, de certains des matériaux constitutifs (cas du tassement à la naissance d'un pont en arc encastré à ses extrémités qui provoque un éclatement du béton par excès de compression).

Les deux natures d'investigations précédemment définies font appel à divers moyens d'auscultation dont une liste non exhaustive est présentée en annexe 3, et dont certaines descriptions figurent dans les références citées en annexe 1.

3 - Moyens d'auscultation

Les moyens permettant d'apprécier l'état des matériaux comprennent :

- les études et analyses sur prélèvements ;
- les techniques d'examen des matériaux en place, soit visuelles, soit par des méthodes plus raffinées et plus puissantes (radiographie, auscultation sonore, auscultation électromagnétique, méthodes électrochimiques, etc.).

Le prélèvement d'un échantillon sur un ouvrage présente l'inconvénient d'être partiellement destructif. Il est donc recommandé d'extraire des échantillons les plus petits possibles, en nombre limité, et aux endroits les moins vitaux de la structure. Il en résulte un second inconvénient, à savoir que les renseignements obtenus ne peuvent être représentatifs de l'ensemble de l'ouvrage. Le plus souvent, on utilise donc ces échantillons comme référence d'étalonnage, ou comme élément comparatif, afin de compléter les informations que l'on peut obtenir grâce à des essais non destructifs effectués sur l'ouvrage. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de méthode non destructive pouvant donner des résultats suffisamment sûrs sans aucun rattachement à un étalonnage sur le même matériau. En revanche, la conjugaison de plusieurs méthodes d'auscultation complémentaires constitue une voie intéressante de progrès.

Les moyens permettant d'apprécier le fonctionnement de la structure sont variés, et il est souvent nécessaire de les associer dans une même auscultation. On peut distinguer :

- les mesures d'ordre topométrique ou géométrique (évolution du nivellement, mesure de déformation générale ou de déplacement sous chargement) ;
- les mesures directes de forces (cf. figure 13) ;
- les mesures locales de fonctionnement (mesure de déformation locale, extensométrie, fissurométrie, etc.) (cf. figure 14).

L'utilisation de ces moyens techniques et l'interprétation des résultats nécessitent en général le recours à des spécialistes.



Figure 13 - Mesure de la tension résiduelle de fils de précontrainte à l'aide de la méthode de l'arbalète (Photo : LRCP de Strasbourg)



Figure 14 - Équipement d'un ouvrage mixte à l'aide de jauges de contrainte et de capteurs de déformation (Photo : CETE de l'Est)

4 - Programme d'auscultation

L'auscultation d'un ouvrage d'art doit faire l'objet d'un programme qui en fixe les objectifs généraux et qui précise la nature des investigations à effectuer. Le programme d'auscultation est établi par le niveau organisationnel et arrêté par le niveau décisionnel, après consultation et avis des spécialistes dont l'intervention est souhaitable, ou même, le cas échéant, sur leur proposition. Le niveau opérationnel est informé de son contenu.

Les méthodes d'auscultation sont parfois fort coûteuses, et l'une des difficultés de l'établissement d'un bon programme d'auscultation est de procéder à toutes les investigations nécessaires à la détermination des causes des désordres et de leurs mécanismes, ainsi qu'à l'établissement du projet de réparation, tout en évitant les essais et recherches inutiles ou qui ne permettraient pas de répondre aux questions que l'on se pose. L'établissement du programme doit donc être précédé d'une phase de réflexion, et le programme peut être revu en cours d'exécution, si nécessaire, en fonction des premiers résultats obtenus et de l'interprétation qui peut en être faite.



Chapitre 4

La surveillance renforcée

Comme l'indique l'alinéa 2.4.1 du fascicule 0 de l'instruction technique, lorsque l'état d'un ouvrage le justifie, ou en cas d'incertitude sur l'origine, la nature et la cause de désordres ou lorsque l'ouvrage a un caractère innovant ou exceptionnel, le maître d'ouvrage gestionnaire peut décider de le soumettre à une surveillance renforcée.

1 - Objectifs de la surveillance renforcée

En général, la surveillance renforcée a pour objectif de suivre d'une façon plus attentive l'évolution d'un ouvrage défectueux ou douteux, pendant une certaine durée :

- soit, dans le cas le plus général, pour détecter une évolution anormale ou déceler toute aggravation susceptible de mettre en jeu la sécurité ;
- soit, dans le cas où l'examen de la structure n'a pas permis d'expliquer les causes exactes des désordres ou lorsque l'auscultation n'a pas permis d'évaluer l'état réel dans lequel se trouve l'ouvrage, pour mieux identifier les problèmes et mieux appréhender son comportement ;
- soit, dans le cas où l'ouvrage a subi une réparation touchant à sa structure, pour vérifier l'efficacité de la réparation pendant la période de garantie particulière ou de responsabilité.

La surveillance renforcée peut également s'appliquer sur les ouvrages à caractère exceptionnel ou innovant qui ont fait l'objet dès leur construction d'une instrumentation spécifique qu'il convient de suivre et d'exploiter. Dans ce cas, l'ouvrage est dès l'origine sous surveillance renforcée. Les résultats des contrôles effectués peuvent permettre ultérieurement de suivre l'ouvrage dans le cadre des inspections détaillées classiques.

La nature de ces objectifs implique qu'un régime de surveillance renforcée ne peut être appliqué pendant une durée trop courte. Sauf exception, un délai de l'ordre d'un an constitue un minimum (un an représente effectivement la durée minimale pour pouvoir corriger les variations saisonnières des paramètres mesurés sur l'ouvrage, variations dues à l'influence des conditions thermo-hygrométriques).

La décision de mise sous surveillance renforcée d'un ouvrage peut intervenir à l'issue d'un contrôle annuel, d'une visite d'évaluation ou d'une inspection détaillée d'ouvrage ou de partie d'ouvrage. La surveillance renforcée se distingue des actions de surveillance organisée et des actions particulières de surveillance telles que définies dans le fascicule 2, par le fait qu'elle impose un suivi plus intense de l'ouvrage pendant une durée minimale.

Elle se distingue aussi de la haute surveillance par le fait que la sécurité présentée par la structure ne doit pas être mise en cause pendant toute la durée de cette opération, et que des consignes ne sont pas indispensables.

2 - Consistance

La surveillance renforcée d'un ouvrage dans un état défectueux ou douteux peut être effectuée par des examens réguliers et parfois fréquents de celui-ci, accompagnés ou non par une instrumentation permettant un suivi de l'évolution des désordres grâce à des relevés périodiques de mesures.

2.1 - Examens réguliers et fréquents

La forme la plus simple de surveillance renforcée est constituée par des examens visuels périodiques qui peuvent porter sur tout ou partie de l'ouvrage. Ces examens sont effectués avec une fréquence plus élevée que les actions de surveillance organisée du type visites ou inspections. Cette fréquence est en général de plusieurs fois par an et peut être semestrielle, trimestrielle, mensuelle, hebdomadaire, voire quotidienne dans quelques rares cas. Ces examens peuvent être accompagnés par l'utilisation de moyens de mesure simples à mettre en œuvre. C'est par exemple le cas du relevé de fissures dont l'ouverture est mesurée à l'aide d'un fissuromètre (plaque de plastique transparente sur laquelle sont gravés des traits de largeur différente et que l'on vient appliquer sur le parement de l'ouvrage en faisant correspondre la largeur de la fissure avec la bonne largeur de trait).

2.2 - Suivi à l'aide d'une instrumentation

Lorsqu'il s'agit de vérifier l'existence de désordres ou d'en déterminer les mécanismes (exemple du suivi de l'expansion d'un ouvrage pour confirmer le diagnostic d'une alcali-réaction), lorsque le suivi d'un ouvrage ne peut être réalisé que par des moyens de mesure (exemple du suivi de l'ouverture de fissures dans les ponts en béton précontraint) ou lorsque l'ouvrage est d'accès difficile, il est nécessaire de faire appel à de l'instrumentation (cf. figures 14, 15 et 16).

Les mesures les plus couramment pratiquées sont d'ordre fissuométrique, topométrique ou géométrique. C'est par exemple le cas du suivi du tassement d'une pile, du basculement d'une culée, de la flèche prise par un tablier, de la convergence d'une portion de tunnel, de la déplanation d'un mur de soutènement, etc.

D'autres types de mesures peuvent être effectuées, dont certaines nécessitent l'utilisation de techniques spécialisées identiques à celles utilisées dans le cadre de l'auscultation. C'est le cas du suivi de la corrosion d'aciers de béton armé, de la détection de ruptures de fils par émission acoustique, du suivi de la propagation de fissures dans des pièces métalliques, etc.

Les mesures directement nécessaires à la surveillance d'un ouvrage demandent parfois à être accompagnées par la mesure de paramètres liés à l'environnement dans lequel se trouve l'ouvrage, que ce soit pour pouvoir interpréter les résultats ou pour les besoins de corrections des appareils de mesures. C'est par exemple le cas de relevés piézométriques, de relevés de température, voire de mesures d'hygrométrie.

La mise en place d'une surveillance métrologique nécessite une période d'observation afin de préciser la signification des mesures, d'en évaluer la précision, de permettre aux équipes de se familiariser avec le dispositif de mesures et d'examiner l'évolution des résultats sous l'effet des actions cycliques normalement appliquées à l'ouvrage (notamment les actions thermiques journalières ou saisonnières).

La fréquence des mesures est très variable et dépend de l'objectif assigné à la surveillance. Le développement de la télésurveillance permet actuellement de faire des acquisitions très fréquentes de mesures.

Lorsqu'il est fait appel à des moyens de mesures automatisés, des moyens plus rustiques doivent être prévus à titre de recoupement. Ces derniers permettent par ailleurs de fournir des éléments de repère permettant, dans le cas où des appareils de mesure seraient détériorés, de recalibrer par rapport à la situation de référence, les mesures délivrées par les appareils de remplacement (exemple de plots scellés de part et d'autre d'une fissure instrumentée par un capteur de déplacement à traduction électrique, et dont on peut suivre l'écartement à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un extensomètre).



Figure 15 - Instrumentation d'un collier d'un câble du pont d'Aquitaine (Photo : LRCP de Bordeaux)



Figure 16 - Suivi d'ouverture de fissures à l'aide de capteurs de déplacements (Photo : CETE de l'Est)

3 - Programme et organisation de la surveillance renforcée

La décision de placer un ouvrage sous surveillance renforcée est prise par le maître d'ouvrage gestionnaire, après proposition du niveau décisionnel qui est responsable de son exécution.

Lorsque la surveillance renforcée ne comporte que des examens visuels, les objectifs et la fréquence du programme de surveillance sont fixés par le niveau décisionnel. L'organisation de ces examens est de la responsabilité du niveau organisationnel.

L'interprétation des résultats est du ressort du niveau organisationnel qui doit avertir le niveau décisionnel en cas d'évolution défavorable du comportement de l'ouvrage.

Lorsque la surveillance renforcée comporte l'utilisation d'instruments de mesures, le programme de surveillance est établi par le niveau organisationnel après consultation et avis des spécialistes dont l'intervention est souhaitable. Il est ensuite arrêté par le maître d'ouvrage gestionnaire.

Ce programme définit :

- les objectifs particuliers ;
- la consistance ;
- les mesures à effectuer et leur périodicité ;
- les responsables de la mise en place des différents instruments de mesures ;
- les responsables des acquisitions des différents types de mesures ;
- la circulation des informations (résultats de mesures, propositions, décisions, etc.) ;
- l'interprétation des résultats qui nécessitent souvent l'intervention des spécialistes de la mesure ;
- la durée prévue.

Ce programme est inséré dans le sous-dossier 3 (Vie de l'ouvrage) du dossier d'ouvrage.

Le niveau décisionnel est responsable de l'organisation et de la mise en œuvre du programme de surveillance.

À la fin du délai prévu pour la mise sous surveillance renforcée, une analyse de l'état de l'ouvrage doit être effectuée par le niveau organisationnel pour évaluer si les objectifs ont été atteints. Sur la base de cette analyse, le niveau décisionnel propose au maître d'ouvrage gestionnaire de lever, de maintenir ou de modifier le régime de surveillance renforcée.



Chapitre 5

La haute surveillance

Comme l'indique l'alinéa 2.4.2 du fascicule 0 de l'instruction technique, lorsque des désordres constatés sur un ouvrage paraissent susceptibles de mettre en cause la sécurité ou la tenue de l'ouvrage, le maître d'ouvrage gestionnaire peut décider de le placer sous haute surveillance de manière à permettre, en cas de danger imminent, le déclenchement immédiat par les autorités compétentes des actions nécessaires pour assurer la sécurité.

1 - Objectifs de la haute surveillance

La mise sous haute surveillance s'applique uniquement à un ouvrage en état défectueux. C'est une mesure d'exception qui consiste à guetter l'apparition d'un signe faisant craindre la possibilité de défaillance à très court terme, afin de prendre immédiatement les mesures nécessaires et préalablement définies :

- dans tous les cas, pour garantir la sécurité physique des usagers et des tiers ;
- dans certains cas, pour limiter les conséquences matérielles de la défaillance, voire pour l'empêcher de se produire.

Dans la pratique, la haute surveillance consiste à suivre l'évolution d'une ou plusieurs grandeurs physiques⁽¹⁾ mesurables⁽²⁾ de préférence (ou à défaut susceptibles d'être caractérisées qualitativement), et à provoquer, dès que ces grandeurs physiques atteignent un seuil (ou prennent une valeur qualitative) permettant de caractériser une situation dangereuse, l'application des mesures de sécurité prédéfinies.

(1) Une grandeur physique est une grandeur caractérisant l'état d'avancement d'une dégradation de matériau ou d'une évolution du comportement mécanique de la structure : la surtension d'un câble de précontrainte, l'ouverture d'un joint, le tassement d'une culée, l'inclinaison d'un mur, etc.

(2) Une grandeur mesurable est une grandeur directement accessible par les moyens de mesures : la déformation d'un fil de toron de précontrainte, le déplacement des bords d'un joint, le déplacement vertical d'une culée, l'angle de rotation d'un mur, etc.

La mise en place d'un régime de haute surveillance se distingue donc de celle d'un régime de surveillance renforcée par le fait qu'elle doit être conditionnée par l'exécution préalable des deux opérations suivantes :

- une analyse poussée des phénomènes susceptibles de se produire, permettant une évaluation raisonnable des risques correspondants ;
- un établissement de consignes précises, adaptées au cas particulier, et qui doivent être appliquées strictement en cas de nécessité. Cet ensemble de consignes doit inclure les consignes d'exploitation du trafic à appliquer en cas de restriction d'utilisation de l'ouvrage.

2 - Analyse préalable

Un dispositif de haute surveillance ne peut permettre de déceler l'apparition d'une défaillance que si celle-ci se produit par un mécanisme supposé connu, en fonction duquel le dispositif est défini. La mise en œuvre de la haute surveillance ne doit pas laisser de place à l'improvisation et nécessite une analyse préalable comportant les cinq étapes suivantes :

- analyse de l'état de l'ouvrage concluant à une mise en cause de la sécurité des usagers, des tiers ou de la tenue de l'ouvrage, cette analyse étant généralement effectuée après une étude approfondie de l'état de la structure (auscultation et/ou recalculs) ;
- étude des différents schémas de ruine possibles, et choix du (ou des) schéma(s) de ruine ayant la plus grande probabilité de se produire : cette étude est souvent facilitée par l'analyse des mécanismes de formation et d'évolution des désordres déjà constatés. À ce stade, il convient de noter que s'il existe un risque de rupture de type fragile de la structure, c'est-à-dire un risque de ruine brutale sans alerte préalable, la haute surveillance est généralement inopérante, et l'ouvrage doit faire l'objet de mesures immédiates de sauvegarde telles que définies au chapitre 6 ;
- sélection des grandeurs physiques pouvant faire l'objet de mesures significatives (ou à défaut d'une description qualitative) et qui soient représentatives d'une évolution défavorable de l'ouvrage dans le cadre des chemins

de ruine retenus. Le choix des paramètres surveillés est conditionné par la précision et la fiabilité des diverses techniques de mesures existant actuellement. Ces grandeurs mesurables (déplacements, rotations, déformations, pressions, etc.) sont généralement complétées par un relevé des grandeurs physiques extérieures ayant une influence sur le fonctionnement de la structure (température, hygrométrie, etc.), et parfois par une mesure des actions extérieures agissant sur l'ouvrage (mesure de trafic, niveau de la retenue d'eau, mesure du glissement d'un terrain, etc.). Enfin, la sélection des paramètres peut aussi être facilitée par une approche fiabiliste du comportement des ouvrages qui permet d'évaluer les probabilités de défaillance de tout ou partie d'une structure :

- fixation de seuils sur les grandeurs physiques au-delà desquels des mesures conservatoires sont prises (notions d'alerte, d'alarme, de feu rouge, de fermeture d'ouvrage à telle ou telle catégorie d'usagers). Une évaluation de la vitesse possible de déroulement de la défaillance à partir de l'instant où les seuils sont atteints doit être tentée, afin de définir, au moins par défaut, le délai minimal disponible pour appliquer les mesures de sécurité prévues en cas de défaillance ;
- définition du plan d'interventions en cas de dépassement de seuils (réception et validation des alarmes, consignes pour les personnes chargées d'intervenir, gestion du trafic dévié, etc.).

Ce plan d'interventions étant conçu en fonction des moyens disponibles et surtout de la cinétique de déroulement de la défaillance.

Toute cette analyse préalable doit être effectuée par une équipe de spécialistes, réunissant notamment bureau d'études et laboratoire. Pendant cette phase d'analyse préalable, une surveillance renforcée spécifique doit être mise en place pour prévenir d'une défaillance éventuelle.

3 - Système de haute surveillance

La mise en œuvre d'un système de haute surveillance repose généralement sur l'acquisition automatique de mesures fournies par des instruments placés sur l'ouvrage (cf. figure 17). Elle suppose l'existence d'une programmation et fait généralement appel à de la télétransmission pour pouvoir récupérer à distance les mesures. Elle permet le déclenchement d'alerte ou d'alarme, et le traitement des mesures peut être réalisé sur le site ou chez le gestionnaire, en fonction de la configuration du système de surveillance retenu.

Le guide du LCPC sur la télésurveillance des ouvrages d'art sous haute surveillance [1] fournit des éléments d'informations sur le recueil, le traitement et l'exploitation des données. L'opération la plus délicate est la fixation des seuils qui servent de base aux déclenchements des alertes et des alarmes. Une période d'apprentissage est généralement nécessaire pour valider les seuils fixés provisoirement et pour tester le bon fonctionnement du système de surveillance, ainsi que la bonne application des consignes de sécurité.

La mise en œuvre d'un système de haute surveillance est souvent une opération lourde qui nécessite des moyens techniques appropriés en métrologie, en acquisition et traitement de mesures, et en télétransmissions. Ces moyens doivent être fiables pendant toute la durée de la haute surveillance. Cela suppose une fiabilité de l'ensemble de la chaîne de mesures et donc de chacun des éléments qui la constitue : capteurs et instruments de mesure, centrale d'acquisition, unité de traitement, et système de télétransmission. Le niveau de fiabilité du système de haute surveillance doit donc être défini au préalable et communiqué à tous les intervenants.

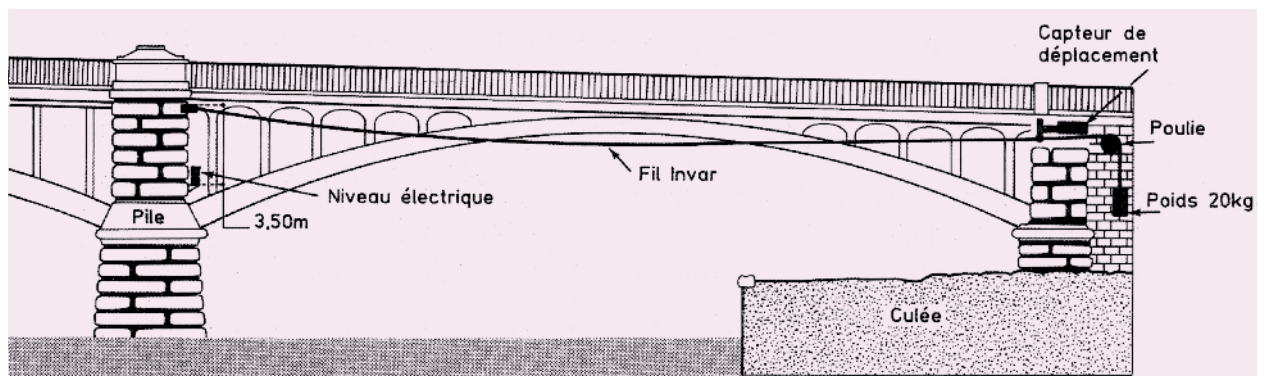


Figure 17 - Instrumentation installée lors de la mise en haute surveillance du pont de l'Île-Saint-Denis pour prévenir d'un basculement éventuel de la pile intermédiaire (Sétra)

4 - Consignes de sécurité

Les mesures de sécurité à appliquer lorsqu'une alerte est déclenchée doivent faire l'objet de consignes écrites établies à l'avance. Ces consignes doivent définir, dans le plus grand détail, le déroulement des opérations, depuis le moment où il est constaté un dépassement de seuil jusqu'à l'achèvement de la mise en application des mesures de sécurité. Elles doivent être portées, dès la mise en place du dispositif, à la connaissance de tous les intervenants (différents niveaux du maître d'ouvrage gestionnaire, police, gendarmerie, pompiers, préfecture, etc.). Elles définissent le rôle de chacun et doivent être appliquées strictement. Le niveau opérationnel veille à ce que ces consignes restent connues en permanence par les intéressés, et soient transmises en cas de changement de personnes.

Lorsque le délai disponible avant la défaillance est suffisant, les consignes peuvent prévoir une phase de réflexion et d'analyse des phénomènes constatés, au terme de laquelle un choix peut être fait entre plusieurs séries de consignes de sécurité. Si cette phase de réflexion ne permet pas de conclure dans le temps imparti, le choix doit se porter sur les mesures de sécurité adaptées à l'hypothèse la plus défavorable.

Dans la plupart des cas, il existe un dispositif automatique dont le déclenchement est assuré par les appareils de mesure mis en place sur l'ouvrage. Deux niveaux peuvent être envisagés :

- le déclenchement automatique d'une alerte ou d'une alarme qui a pour effet de prévenir instantanément un responsable (ainsi que le cas échéant, d'autres intervenants) lorsqu'un seuil est atteint. Il appartient alors à ce dernier d'appliquer immédiatement les consignes prévues ;
- la mise en application automatique de mesures de sécurité : il s'agit, par exemple, d'une interruption immédiate du trafic par des signaux ou des barrières dont la fermeture est déclenchée directement par le système de surveillance.

Dans ce dernier cas, ce dispositif ne doit être utilisé qu'avec la plus grande prudence. Il nécessite une fiabilité totale du système de surveillance, et il est illusoire d'escompter interrompre effectivement le trafic à l'aide d'un déclenchement automatique de feux rouges ou d'abaissement de barrières si des forces de police ou de gendarmerie ne sont pas en permanence sur place pour faire respecter ces signaux.

5 - Programme et organisation de la haute surveillance

C'est le maître d'ouvrage gestionnaire qui prend la décision de placer un ouvrage sous haute surveillance, et qui en fixe les principaux objectifs. L'organisation et la mise en place de cette haute surveillance est de la responsabilité du niveau décisionnel.

Le programme de mise sous haute surveillance est établi par le niveau organisationnel après consultation et avis des spécialistes dont l'intervention est souhaitable, et le niveau opérationnel. Il est ensuite soumis à l'accord du niveau décisionnel, puis arrêté par le maître d'ouvrage gestionnaire.

Le niveau décisionnel peut demander la création d'un comité technique réunissant des experts choisis en fonction de la nature du problème et susceptible d'apporter toute assistance technique nécessaire pour établir le diagnostic et étudier les solutions possibles.

Le programme de mise sous haute surveillance doit comporter les éléments suivants :

- l'analyse préalable telle que définie à l'alinéa 5.2 ;
- la description du système de surveillance (capteurs, acquisition, périphériques, etc.) ;
- les mesures à effectuer et leur périodicité ;
- la circulation des informations (résultats de mesures, propositions, décisions, etc.) ;
- la fixation des seuils ;
- la durée de la période d'apprentissage ;
- les consignes (y compris celles relatives à la gestion du trafic).

6 - Conditions particulières d'application

Les quatre conditions indispensables pour l'application d'une mise sous haute surveillance sont récapitulées ci-dessous :

- si l'on n'est pas sûr que la défaillance de la structure ne puisse résulter que de l'un des modes de ruine envisagés, la haute surveillance ne peut pas être mise en place. Il est en effet absolument inutile de se prémunir contre les conséquences d'un mode de défaillance donné si un autre mode contre lequel aucune protection n'est assurée, présente des risques non négligeables de provoquer également une défaillance ;
- s'il n'est pas possible pour un mécanisme donné de déterminer une grandeur physique mesurable dont l'évolution puisse traduire significativement le degré d'avancement de la dégradation de l'ouvrage, alors la haute surveillance ne peut être envisagée ;
- si les seuils susceptibles de caractériser l'occurrence d'une situation dangereuse ne peuvent être définis avec suffisamment de certitude, il convient de les fixer par défaut à des valeurs telles qu'il soit quasi certain que la situation n'est pas dangereuse tant qu'ils ne sont pas atteints ;
- si la vitesse possible d'évolution de la dégradation est telle qu'aucune mesure de sécurité ne puisse être appliquée en temps voulu pour éviter des conséquences graves, alors la haute surveillance ne peut être mise en œuvre. Elle ne peut généralement prévenir une rupture de type fragile.

Dans le cas où les conditions permettant d'exercer utilement une haute surveillance ne sont pas réunies, il convient de prendre, à titre préventif, les mesures nécessaires pour assurer la sécurité. Ces mesures sont décrites au chapitre 6.



Chapitre 6

Les mesures de sécurité immédiate et de sauvegarde

En cas d'extrême urgence, chaque niveau est tenu de prendre immédiatement les mesures de sécurité qui s'imposent (alerte des forces de l'ordre pour une fermeture immédiate, restriction d'utilisation ou protection des tiers, etc.). L'information des usagers sur le risque particulier doit également être réalisée.

Dans le cas particulier où sont constatés des désordres graves pouvant mettre en jeu à court terme la sécurité des personnes, une information directe et rapide doit être remontée.

Seules les restrictions d'utilisation et certaines mesures de protection des tiers peuvent être considérées comme des mesures de sécurité immédiate, car leur mise en application peut se faire très rapidement.

Les confortements provisoires et étaielements sont considérés comme des mesures de sauvegarde ; ils ne peuvent être utilisés que lorsqu'il n'y a pas d'urgence immédiate ou lorsqu'ils sont accompagnés de mesures d'application plus rapide, ces dernières pouvant être instaurées à titre provisoire jusqu'à ce que les confortements ou étaielements aient eu le temps d'être installés.

Pour les ouvrages des itinéraires importants, il est utile de préparer, même en l'absence de désordres, les consignes nécessaires à l'application des mesures de sécurité immédiate, afin que ces dernières puissent être prises le plus rapidement possible en cas de nécessité. Ces consignes doivent alors figurer dans le dossier de l'ouvrage (sous-dossier 2).

Des mesures de sauvegarde (confortement provisoire, étaielement, stabilisation par remblaiement, etc.) peuvent également être nécessaires.

1 - Restrictions d'utilisation

1.1 - Restrictions de circulation

Toute mesure de restriction de circulation doit faire l'objet d'un arrêté de la part de l'autorité compétente, et nécessite une phase d'instruction qui demande généralement un délai relativement important. Il convient donc de souligner l'intérêt de préparer convenablement des mesures qui ne doivent ensuite être mises en application que si un événement particulier le justifie. Cette préparation comprend notamment toute la phase d'instruction jusqu'à la signature des arrêtés nécessaires, et la mise en place de la signalisation qui peut être masquée jusqu'à son application effective.

Les restrictions de circulation peuvent porter sur les points suivants :

- catégories d'usagers admis sur l'ouvrage ;
- largeur offerte au trafic ;
- espacement entre véhicules, ou le cas échéant entre poids lourds seulement ;
- limitation de vitesse, éventuellement adaptée en fonction des catégories de véhicules.

Les restrictions sur les catégories d'usagers admis à utiliser l'ouvrage sont justifiées lorsque le risque est lié au poids des véhicules circulant sur la chaussée. Les seules restrictions dont il est généralement possible d'obtenir l'application effective sont :

- l'interdiction de tout poids lourd par une limitation à 3,5 t ;
- l'interdiction à tout véhicule automobile ;
- la fermeture totale de l'ouvrage, y compris aux piétons (cf. figure 18).

Cette dernière restriction est nécessaire dès lors que le risque encouru est celui d'un effondrement de l'ouvrage à vide.

D'une façon générale, les restrictions apportées à la circulation pour des raisons de sécurité doivent être appliquées rigoureusement (cf. figure 19). Pour cela, elles doivent être matérialisées par des obstacles qui empêchent physiquement les infractions. À titre d'exemple, le seul dispositif permettant de faire appliquer effectivement une interdiction de circulation des poids lourds consiste à placer, de part et d'autre de l'ouvrage des portiques robustes de limitation de gabarit (à titre indicatif, de largeur inférieure à 2,50 m et de hauteur inférieure à 3 m). C'est la raison pour laquelle une limitation de poids supérieure à 3,5 t est généralement physiquement inapplicable.

Une réduction de la largeur offerte au trafic

Celle-ci se traduit le plus souvent par la réduction du nombre de voies. Elle est justifiée, par exemple, dans le cas où le risque est lié à la position transversale des véhicules (exemples : cas d'un pont en maçonnerie dont les tympans ont tendance à se séparer des voûtes ou d'un mur de soutènement en mauvais état). Là encore, une réduction de la largeur utilisable doit être matérialisée par des obstacles latéraux, situés à la limite de la largeur autorisée sur toute la longueur faisant l'objet de cette restriction.

La limitation de la vitesse des véhicules lourds

C'est un moyen peu efficace pour diminuer de façon significative les effets dynamiques, sauf dans le cas où il existe des irrégularités de chaussée sur l'ouvrage ou une irrégularité de profil en long située juste avant l'ouvrage.

La réglementation de l'espacement entre véhicules, le plus souvent les poids lourds

Cette dernière a pour objectif de n'admettre qu'un véhicule à la fois sur une même travée. La limitation de vitesse et la réglementation de l'espacement entre poids lourds sont des mesures difficiles à faire respecter sans l'appui des forces de police. Si quelques infractions à ces deux mesures sont de nature à entraîner des conséquences graves sur l'ouvrage, il est nettement préférable de se tourner vers les deux premiers types de restrictions citées précédemment.

1.2 - Restrictions pour les occupants du domaine public

Le niveau opérationnel doit informer les occupants du domaine public des risques présentés par l'ouvrage et des conséquences potentielles d'une défaillance de l'ouvrage sur les réseaux que ces occupants gèrent, afin que ces derniers puissent prendre les mesures de sécurité adéquates (par exemple, mise en place de réseaux de secours pour la fourniture d'eau, dérivations par un réseau existant pour l'électricité et le téléphone, sectionnement d'un réseau pour le gaz, etc.).



Figure 18 - Fermeture totale d'un ouvrage en urgence (Photo : Sétro)



Figure 19 - Dispositif destiné à limiter la circulation de certains véhicules (Photo : Sétro)

2 - Protection des tiers

Lorsque la défaillance éventuelle de l'ouvrage est susceptible de provoquer des accidents dans sa zone d'influence, le niveau opérationnel doit informer les tiers de la situation afin que ces derniers puissent prendre les mesures adéquates pour se protéger.

Ces mesures comprennent notamment :

- des restrictions d'utilisation des voies de communication franchies par l'ouvrage (routes, voies ferrées, canaux, etc.) ;
- l'évacuation, le cas échéant, des zones habitées menacées par un effondrement de l'ouvrage ;
- les études de déviation pour des services d'urgence implantés à proximité de l'ouvrage (pompiers, hôpitaux, police, gendarmerie, etc.) ; ces informations devraient pouvoir être trouvées dans le dossier d'ouvrage.

3 - Confortements provisoires et étaitements

Les confortements provisoires et les étaitements (mise en place de cintres sous une voûte, mise en place de butons pour des murs de soutènement, pose de poteaux sous les extrémités de poutres, etc.) peuvent être employés :

- soit pour éviter une défaillance ou une rupture de l'ouvrage ;
- soit dans des cas extrêmes, pour en limiter les conséquences (cf. figure 20).

De telles mesures ne doivent être prises qu'après une étude préalable, aussi approfondie que possible, et dont le délai est compatible avec le degré d'urgence. Cette étude porte sur :

- le fonctionnement du confortement envisagé ;
- les effets, éventuellement néfastes, que le confortement peut avoir sur l'ouvrage.

En particulier, un étaieement mal positionné peut engendrer, du fait de l'application de réactions non prévues, des dégâts importants, même dans des parties saines de l'ouvrage.

Parfois, un étaieement peut être strictement passif en étant constitué d'appuis provisoires sur lesquels la structure ne porte pas en fonctionnement courant (un jeu correspondant aux flèches normales doit être prévu), et sur lesquels elle viendrait reposer en cas de rupture. Une telle solution, qui évite que la rupture n'entraîne des accidents, implique cependant une mise hors service immédiate de l'ouvrage si une rupture vient à se produire (cf. figure 20).



Figure 20 - Étaieement provisoire d'une voûte pour éviter son effondrement (Photo : CETE du Sud-Ouest)



Figure 21 - Confortement d'une pile menacée d'effondrement par pose d'une charpente métallique (Photo : DEAL 973)

4 - Organisation

Les mesures de sécurité immédiate sont prises, sur proposition du niveau opérationnel, par le maître d'ouvrage gestionnaire (le niveau décisionnel) ou le préfet. Le niveau décisionnel pourra, s'il le juge nécessaire, demander l'avis du niveau organisationnel pour déterminer les mesures à prendre. Dans tous les cas le niveau organisationnel est informé dans les meilleurs délais de ces décisions.

Dans les cas d'extrême urgence, le niveau opérationnel peut mettre en application les mesures nécessaires, puis en rendre compte au niveau supérieur (niveau décisionnel).

Le niveau opérationnel est chargé de mettre en œuvre les restrictions de circulation, de contacter les forces de police ou de gendarmerie, et d'avertir les tiers concernés.

Les mesures de sauvegarde de l'ouvrage sont prises ou proposées au maître d'ouvrage gestionnaire par le niveau opérationnel. Le niveau organisationnel vérifie l'adéquation des mesures de sauvegarde immédiate : le cas échéant, il propose au niveau décisionnel les adaptations des mesures de sauvegarde qui s'avèreraient nécessaires. Il étudie ou fait étudier le projet de confortement provisoire et le propose au niveau décisionnel. Les travaux de confortement sont réalisés par le niveau opérationnel ou par une entreprise, avec l'aide du niveau organisationnel.

Annexe 1 - Bibliographie

Textes généraux

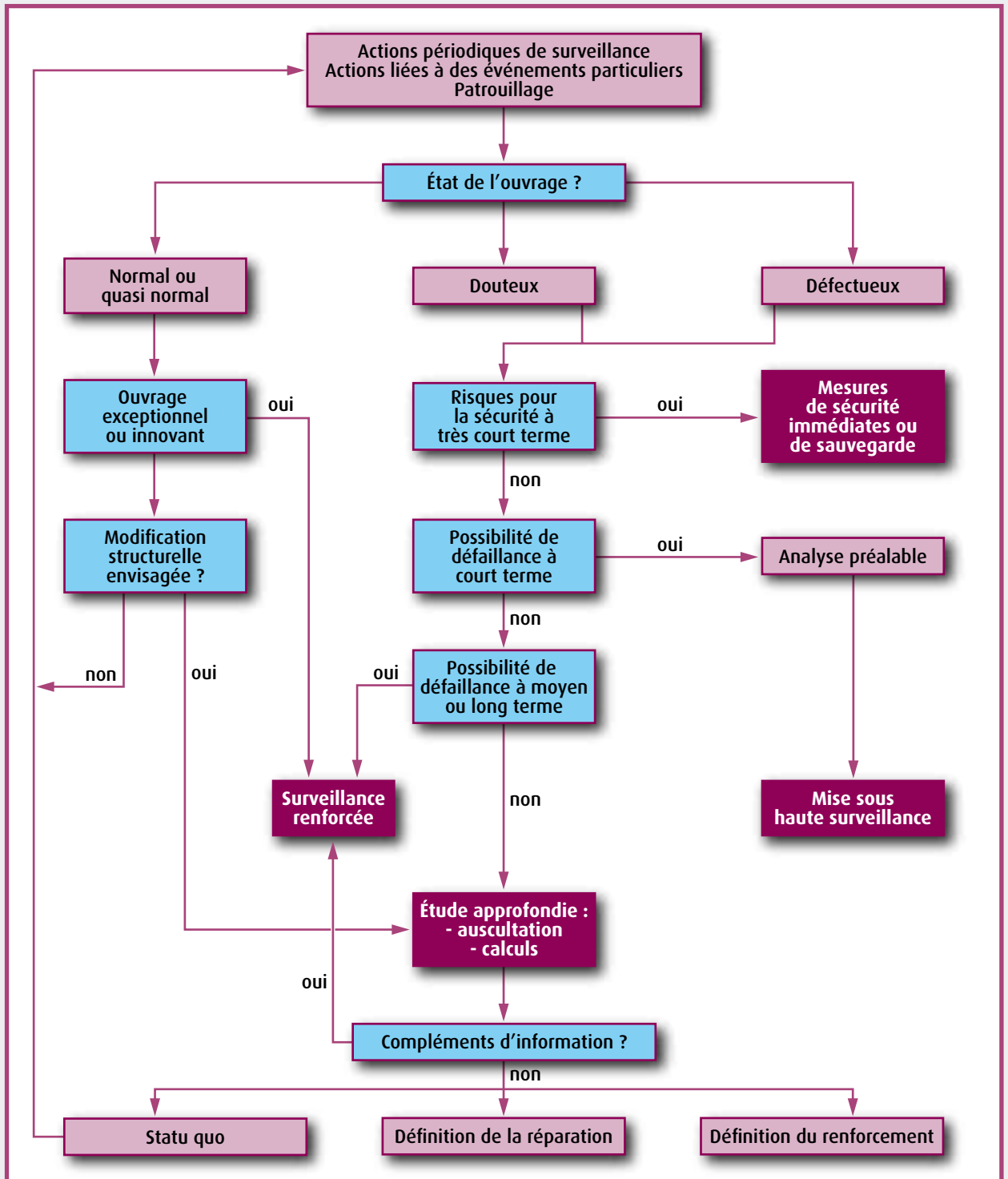
- [1] La télésurveillance des ouvrages d'art sous haute surveillance – Guide technique, 72 pages, LCPC, septembre 2005.
- [2] Méthodologie d'évaluation non destructive de l'état d'altération des ouvrages en béton. Édité par les Presses de l'ENPC, sous la direction de D. Breyse et O. Abraham, AFGC et COFREND, 2005.
- [3] Surveillance des ouvrages et des sites – Bulletin thématique des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 132 pages, LCPC, décembre 2000.
- [4] Surveillance et réparation des ponts routiers en France – La doctrine technique actuelle – Colloque international sur la gestion des ouvrages d'art, C. BOIS, Paris-Bruxelles, Éditions ENPC, 13-17 avril 1981.
- [5] Mise sous haute surveillance de trois ouvrages d'art – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-L. Duchêne et C. Chrétien, 146 pages, pp. 45-56, novembre-décembre 1986.
- [6] Surveillance des pentes instables – Guide technique – Techniques et méthodes des LPC, LCPC, 125 pages, octobre 1994.
- [7] Télésurveillance des ouvrages d'art et des sites, Projet national ITELOS, Éditions KIRK, 442 pages, 1994.
- [8] L'auscultation des ouvrages d'art – Guide technique, LCPC (à paraître).

Articles sur les méthodes d'auscultation

- [101] L'extensométrie par jauges à fil résistant, supplément au Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J. Chatelain, 39, 111 pages, août 1969.
- [102] L'auscultation dynamique des structures – Son application à la pathologie des ouvrages d'art – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J. Prost, 72, pp. 145-154, juillet-août 1974.
- [103] Auscultation dynamique des pieux par transparence – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J. Carracilli, 72, pp. 119-124, juillet-août 1974.
- [104] Le flexigraphe laser – Nouvel appareil de mesure des flèches d'ouvrages d'art – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-M. Caussignac, 75, pp. 20-25, janvier-février 1975.
- [105] Auscultation des pieux et des parois moulées en béton – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, D. Fritsch, 78, pp. 65-70, juillet-août 1975.
- [106] Essais réalisés pendant la construction d'un grand pont à haubans – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, R. Ambrosino, J. Bruneau et J.-M. Caussignac, 87, pp. 79-84, janvier-février 1977.
- [107] Analyse minéralogique des bétons durcis – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, X. Deloye, 89, pp. 25-32, mai-juin 1977.
- [108] La pesée des réactions d'appui – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 97, J. Chatelain, pp. 170-178, septembre-octobre 1978.
- [109] Estimation par des essais de chargement du défaut de résistance à la flexion de certains tabliers en béton précontraint – Colloque international sur la gestion des ouvrages d'art, J. Chatelain, J. Bruneau et J.-L. Duchêne, Paris-Bruxelles, Éditions ENPC, 13-17 avril 1981.
- [110] Mesure de la tension dans les câbles – Application au réglage des ponts suspendus – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, R. Lafuente, 125, pp. 31-36, mai-juin 1983.
- [111] Application et interprétation des mesures de potentiel d'électrode des aciers enrobés de béton – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, P. Brevet, 125, pp. 125-128, mai-juin 1983.
- [112] Pesées des réactions d'appui – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, A. Chabert et R. Ambrosino, 128, pp. 23-30, novembre-décembre 1983.
- [113] Visualisation des fissures des bétons par la méthode du ressuage – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, G. Grimaldi et al., 129, pp. 52-55, janvier-février 1984.
- [114] Mesure de contraintes sur ouvrage d'art par une méthode de libération miniaturisée – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, C. Abdunur, 138, pp. 5-14, juillet-août 1985.
- [115] Scorpion, premier système de radioscopie télévisée haute énergie pour le contrôle non destructif des ouvrages d'art en béton précontraint – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 139, J.-C. Dufay et J. Piccardi, pp. 77-84, septembre-octobre 1985.
- [116] Méthodologie d'auscultation et de surveillance des câbles de ponts suspendus – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-P. Gourmelon et J.-L. Robert, 139, pp. 85-92, septembre-octobre 1985.
- [117] Les techniques d'émission acoustique appliquées aux ouvrages de génie civil – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, R. Laloux et J.-L. Robert, 139, pp. 93-98, septembre-octobre 1985.
- [118] Auscultation des parties immergées d'ouvrages d'art par sonar latéral – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-C. Jouanneau, 141, pp. 5-12, janvier-février 1986.
- [119] Mesure de la porosité ouverte des bétons hydrauliques – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, R. Berissi, G. Bonnet et G. Grimaldi, 142, pp. 59-67, mars-avril 1986.
- [120] Investigations sur un ouvrage en béton incendié – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-P. Persy et F.-X. Deloye, 145, pp. 108-114, septembre-octobre 1986.
- [121] Étude en fatigue d'un pont en béton précontraint sous actions combinées du trafic et des gradients thermiques – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, B. Jacob, J. Carracilli, B. Godart et P. Trouillet, 152, pp. 37-48, novembre-décembre 1987.
- [122] Étude de la rupture par temps froid d'éléments en acier provenant d'un pont suspendu – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-P. Persy et A. Raharinaivo, 152, pp. 49-54, novembre-décembre 1987.
- [123] Méthodologie de contrôle des buses métalliques – Contrôles géométriques – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J. Fuchs et G. Lescasse, 154, pp. 45-50, mars-avril 1988.

- [124] Ouvrage d'art – Actions et sollicitations thermiques – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, M. Behr et P. Trouillet, 155, pp. 57-72, mai-juin 1988.
- [125] Mesures de rotations pour le schéma statique d'un ouvrage fissuré – Conférence internationale du GAMAC : mesures et essais en génie civil, C. Abdunur et J.-L. Duchêne, vol. II, pp. 283-291, Lyon, 13-16 septembre 1988.
- [126] Évaluation de l'état mécanique réel de ponts en béton précontraint – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J. Chatelain et B. Godart, 159, pp. 111-115, janvier-février 1989.
- [127] Surveillance acoustique des câbles – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-L. Robert, 169, pp. 71-78, septembre-octobre 1990.
- [128] Contrôle non destructif des ouvrages d'art par gammagraphie, radiographie et radioscopie – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, R. Guinez, 171, pp. 83-93, janvier-février 1991.
- [129] Mesure de la tension des câbles par méthode vibratoire – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-L. Robert et al., 173, pp. 109-114, mai-juin 1991.
- [130] Mise en œuvre d'auscultations tomographiques sur ouvrages d'art – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Ph. Cote et al., 178, pp. 47-54, mars-avril 1992.
- [131] Visualisation des produits de l'alcali-réaction par fluorescence – Extension de la méthode au diagnostic sur ouvrage – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, J.-S. Guédon, F. Martineau et A. Le Roux, 179, pp. 21-30, mai-juin 1992.
- [132] Progression dans les connaissances sur les phénomènes d'alcali-réaction – Évaluation et surveillance des ouvrages – Annales de l'ITBTP, B. Godart, 517, pp. 134-162, octobre 1993.
- [133] Auscultation des éléments de fondations profondes – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, G. Bigot, 196, pp. 100-105, mars-avril 1995.

Annexe 2 : Schéma d'aide au processus décisionnel



N.B. : ce schéma doit être considéré comme une aide au processus de décision et ne concerne que la première étape de ce processus. C'est ainsi qu'une surveillance renforcée ou une mise sous haute surveillance peut faire l'objet en parallèle d'une étude approfondie et que des mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde peuvent être suivies par une étude approfondie.

Annexe 3 - Principales méthodes d'auscultation

1 - AUSCULTATION DU MATÉRIAU

1.1 - Études sur prélèvements

Examens pétrographiques

Examens métallographiques

Essais mécaniques

- compression, traction, cisaillement ;
- traction par pastillage ;
- dureté, retrait, fluage, module d'Young dynamique ;
- résistance à la fissuration, au choc.

Essais physiques

- densité, porosité, perméabilité à l'eau ou au gaz ;
- essais de gel-dégel.

Essais chimiques

- analyses chimiques élémentaires ;
- diffractométrie des rayons X ;
- analyses thermiques différentielles et thermogravimétrique ;
- spectrométrie infrarouge ;
- observation au microscope électronique à balayage.

1.2 - Examen du matériau en place

Auscultation des bétons :

- scléromètre ;
- mesure de la vitesse du son, auscultation sonique (ou dynamique) ;
- tomographie sismique ;
- impact-écho.

Diagnostic de l'état du béton armé :

- localisation des armatures (profomètre, pachomètre, etc.) ;
- détection de la corrosion des aciers (mesure du potentiel d'électrode, mesure de la vitesse de corrosion) ;
- contrôle de la profondeur de carbonatation ;
- contrôle de la teneur en chlorures ;
- mesure de la perméabilité de surface ;
- mesure de la résistivité du béton.

Auscultation des structures en acier :

- contrôle des soudures (ressuage, magnétoscopie, US, radiographie) ;
- mesures des épaisseurs de tôle ;
- détermination des pertes de section par corrosion.

Auscultation des structures en bois :

- contrôle de l'humidité par résistivité ;
- contrôle de la pourriture et de la fissuration.

Auscultation des revêtements de peinture :

- essai de quadrillage ;
- essai de pastillage ;
- mesure des épaisseurs de couches ;
- colorimétrie, mesure des pigments ;
- mesure des contaminants de surface.

Auscultation électromagnétique des câbles de ponts suspendus

Émission (ou espionnage) acoustique (surveillance acoustique des câbles)

Auscultation de la précontrainte :

- capteur capacitif (précontrainte extérieure) ;
- gammagraphie, radiographie et radioscopie.

Thermographie infrarouge (chapes d'étanchéité, composites, etc.)

Auscultation par méthodes radar

reconnaissance de géométrie interne, localisation d'armatures, délaminage de chapes d'étanchéité, mesures d'épaisseur, etc.

2 - AUSCULTATION DE LA STRUCTURE

2.1 - Mesure des déformations générales et des mouvements

- suivi topométrique ;
- mesure de la déformation sous chargement (flèche) ;
- mesure de distance (distancemètre à fil d'Invar, infrarouge, laser) ;
- mesures par pendules (direct et indirect).

2.2 - Mesures de forces sur ouvrages

- pesée de réactions d'appuis ;
- mesures de forces de précontraintes (par pesage ou à l'aide de pesons) ;
- mesure de la tension des câbles par méthode vibratoire ;
- mesure de la tension de fils ou de torons de précontrainte avec l'arbalète ;
- essai de traction de tiges d'ancrage de PPHM.

2.3 - Mesures locales de fonctionnement

Mesures de déplacement

fissuromètres, comparateurs mécaniques, capteurs électriques

Mesures de rotation

nivelles, inclinomètres, courburemètres

Mesures de vibration et d'accélération

sismomètres, vélocimètres ou géophones, accéléromètres

Mesures de déformations

- jauges de déformations à fil résistant ;
- extensomètres mécaniques ;
- témoins sonores (ou cordes vibrantes) ;
- capteurs à fibre optique.

Mesures de contrainte (par la méthode de libération)

Mesures de température

sondes au platine, thermocouples

Mesures de teneur en eau et d'humidité relative

Essais de chargement

- essais de chargement de tabliers ;
- méthode des moments de décompression ;
- chargement de candélabres.

2.4 - Essais dynamiques des ponts

2.5 - Auscultations des fondations

- auscultation d'un pieu par impédance ;
- auscultation d'un pieu par transparence ;
- auscultation d'un pieu par réflexion des ondes ;
- auscultation d'un pieu par sismique parallèle ;
- piézométrie en forage ;
- tomographie sismique en sondage ;
- radar en forage (et tomographie radar en forage) ;
- bathymétrie.



Page laissée blanche intentionnellement



Le présent document est un fascicule d'accompagnement de l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) de 2010. Ce document, qui fait partie de l'instruction, est relatif à la gestion d'un patrimoine d'ouvrages d'art. Il est destiné aux maîtres d'ouvrage gestionnaires et concerne aussi le constructeur sur certains aspects.

Il traite plus particulièrement de l'auscultation, de la surveillance renforcée, de la haute surveillance, des mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde

Il sert de référentiel aux services de l'État pour mettre au point leur politique de gestion, en donnant des indications générales relatives à leur organisation. C'est aussi un élément du référentiel pour les contrats de concession ou de partenariat public-privé à passer pour le réseau routier de l'État.

Il peut également être utilisé par les collectivités territoriales et par les opérateurs chargés d'infrastructures de transport pour construire leur propre référentiel.

Il annule et remplace l'ancien Fascicule 3 de l'ITSEOA du 19 octobre 1979 modifiée le 26 décembre 1995.

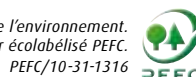


Document disponible au bureau de vente du Sétra

46 avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 53 - télécopie : 33 (0)1 46 11 33 55
Référence : **1106** - Prix de vente : **15 €**

*Couverture, crédit photo : RST, MEDDTL
Mise en page : SCEI - 50/54 bd du Colonel Fabien - 94200 Ivry-sur-Seine
Impression : JOUVE - 1 rue du Docteur Sauvé - 53100 Mayenne
L'autorisation du Sétra est indispensable pour la reproduction, même partielle, de ce document
© 2011 Sétra - Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2011 - ISBN : 978-2-11-128038-0*

*Ce document participe à la protection de l'environnement.
Il est imprimé avec des encres à base végétale sur du papier écolabélisé PEFC.*



Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagement

46 avenue Aristide Briand
BP 100 - 92225 Bagneux
Cedex - France
tél : 33 (0)1 46 11 31 31
fax : 33 (0)1 46 11 31 69

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique du MEDDTL

