

Sujet élaboré par une cellule pédagogique nationale

**EXAMEN PROFESSIONNEL DE PROMOTION INTERNE ET EXAMEN
PROFESSIONNEL D'AVANCEMENT DE GRADE DE TECHNICIEN
PRINCIPAL TERRITORIAL DE 2^{ème} CLASSE**

SESSION 2021

ÉPREUVE DE RAPPORT AVEC PROPOSITIONS OPÉRATIONNELLES

ÉPREUVE D'ADMISSIBILITÉ :

Rédaction d'un rapport technique portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt. Ce rapport est assorti de propositions opérationnelles.

Durée : 3 heures
Coefficient : 1

SPÉCIALITÉ : RÉSEAUX, VOIRIE ET INFRASTRUCTURES

À LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET :

- Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni initiales, ni votre numéro de convocation, ni le nom de votre collectivité employeur, de la commune où vous résidez ou du lieu de la salle d'examen où vous composez, ni nom de collectivité fictif non indiqué dans le sujet, ni signature ou paraph.
- Sauf consignes particulières figurant dans le sujet, vous devez impérativement utiliser une seule et même couleur non effaçable pour écrire et/ou souligner. Seule l'encre noire ou l'encre bleue est autorisée. L'utilisation de plus d'une couleur, d'une couleur non autorisée, d'un surlieur pourra être considérée comme un signe distinctif.
- Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.
- Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Ce sujet comprend 29 pages.

Il appartient au candidat de vérifier que le document comprend

le nombre de pages indiqué.

S'il est incomplet, en avertir le surveillant.

Vous êtes technicien principal territorial de 2^e classe à la direction des infrastructures du département TECHNIDEP. Cette direction s'occupe des ouvrages d'art sur les routes départementales. Elle doit gérer ainsi un parc de 420 ponts. Le président du conseil départemental est inquiet de l'état de ce patrimoine.

Plus particulièrement, la route départementale RD9X, dans sa section qui contourne TECHNIVILLE, enjambe une ligne ferroviaire grâce à un pont métallique vétuste. Elle possède au niveau de cet ouvrage deux files de circulation de 4,5 m de large, ainsi que des trottoirs de part et d'autre de 1,5 m. Des réseaux de gaz, d'électricité et d'eau potable passent également dans des réservations du tablier. Il est à noter en outre la présence d'un éclairage public dont les lampes sont fixées aux arcs du pont métallique.

Le Maire de TECHNIVILLE a obtenu du conseil départemental de revoir le partage de la voirie sur la RD9X en y agrandissant les trottoirs pour y recevoir les piétons et les cyclistes en un espace partagé. La SNCF a du reste récemment signalé une forte corrosion de cet ouvrage avec des chutes d'éléments métalliques sur les voies ferrées. Une réparation du pont s'impose donc dans un court terme.

Dans un premier temps, le directeur des infrastructures vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à l'aide des documents joints, un rapport technique sur la surveillance et l'entretien des différents types de ponts.

10 points

Dans un deuxième temps, il vous demande d'établir un ensemble de propositions opérationnelles visant à organiser les travaux sur le pont-route de la RD9X.

Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances.

10 points

Liste des documents :

Document 1 : « Technologie fiche connaissances matériaux » - *académie de Bordeaux* - octobre 2011 - 1 page

Document 2 : « Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers. Guide technique à l'usage des communes » (extraits) - *Cerema* - septembre 2018 - 9 pages

Document 3 : « Surveillance des ouvrages d'art » - *aisne.com* - 17 août 2018 - 2 pages

Document 4 : « Pont - Définition et explications - Pathologie et réparation » - *techno-science.net* - consulté en août 2020 - 2 pages

Document 5 : « Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art » (extrait) - *SETRA* - mai 2016 - 2 pages

Document 6 : « Le patrimoine des ouvrages d'art en France : entretien et surveillance » - IESF - décembre 2018 - 8 pages

Document 7 : « Ponts de la métropole de Lyon : 186 structures « complexes » à surveiller de près » - actu.fr - novembre 2019 - 2 pages

Documents reproduits avec l'autorisation du C.F.C.

Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

DOCUMENT 1

TECHNOLOGIE

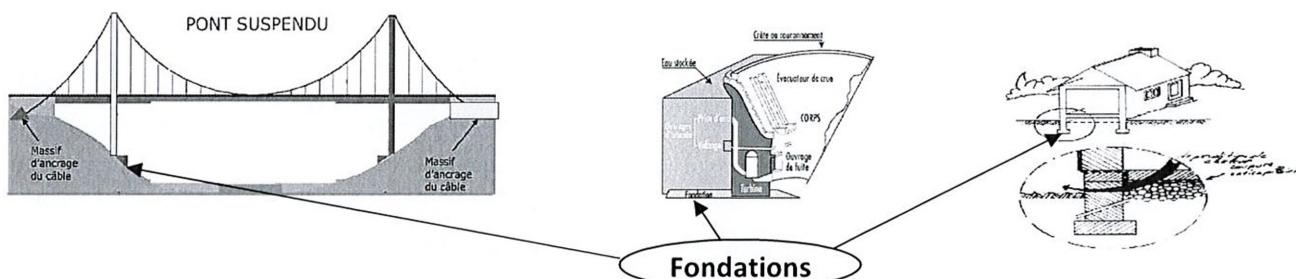
CONNAISSANCES	NIVEAU	CAPACITES
Propriétés mécaniques et esthétiques d'une structure : résistance ; déformation ; esthétique).	2	- Identifier sur une structure les éléments de stabilisation.
	3	- Mettre en relation, dans une structure, une ou des propriétés avec les formes, les matériaux et les efforts mis en jeu.
SOCLE COMMUN		
C.3	Savoir utiliser des connaissances dans divers domaines scientifiques	Rechercher, extraire et organiser l'information utile pour comprendre l'utilisation et le comportement des matériaux dans les structures

1. PROPRIETES D'UNE STRUCTURE

a) Les éléments de stabilisation

Les éléments de stabilité d'un ouvrage permettent d'assurer à la construction son indéformabilité, son équilibre et la transmission des efforts.

Pour fixer profondément et solidement l'édifice, pour l'ancrer au sol, on utilise par exemple des fondations pour un pont, une maison, un barrage.



Dans une structure il existe d'autres éléments de stabilisation.

b) Le choix des matériaux et des formes en fonction des efforts mis en jeu dans la structure

Tous les ponts doivent résister aux sollicitations de flexion. Ses éléments sont aussi soumis à de la traction ou de compression.

Fonction	Solutions techniques	Matériaux
Permettre le franchissement d'un obstacle	Pont à voûte	Pierre, béton
	Pont en arc	Acier, béton armé, bois
	Pont poutre	Acier, béton armé, bois
	Pont suspendu	Acier, béton
	Pont à hauban Haubans : traction Tablier : flexion Pilier : compression	Acier, béton

DOCUMENT 2

Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers. Guide technique à l'usage des communes (extraits) - Cerema

(...)

2 - La dégradation des ouvrages

2.1 - Les phénomènes de dégradations

Les ouvrages d'art, comme toutes les constructions humaines, se dégradent essentiellement sous l'effet de l'action de l'eau et de l'environnement ce qui recouvre un très grand nombre de processus : corrosion des aciers de construction métallique, carbonatation des bétons, pénétration d'eau et/ou d'ions chlorures et corrosion des aciers de béton armé, érosion des fondations, végétation non contrôlée, agressions chimiques...

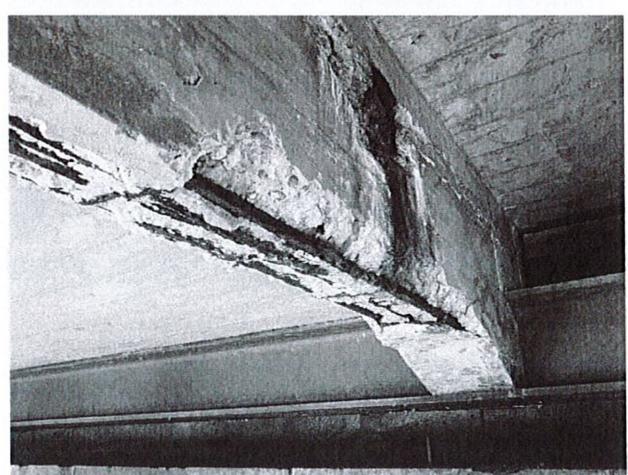
Il s'y ajoute, mais dans une moindre mesure, les effets de l'usage (action du trafic, exploitation des réseaux...).

Enfin des défauts de construction ou des insuffisances de conception peuvent plus ou moins accélérer les processus de vieillissement.

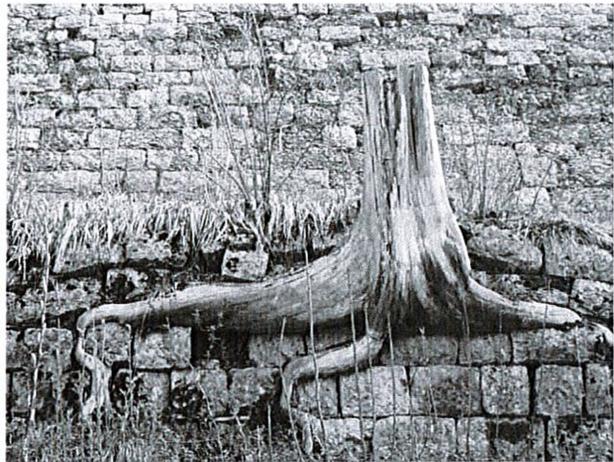
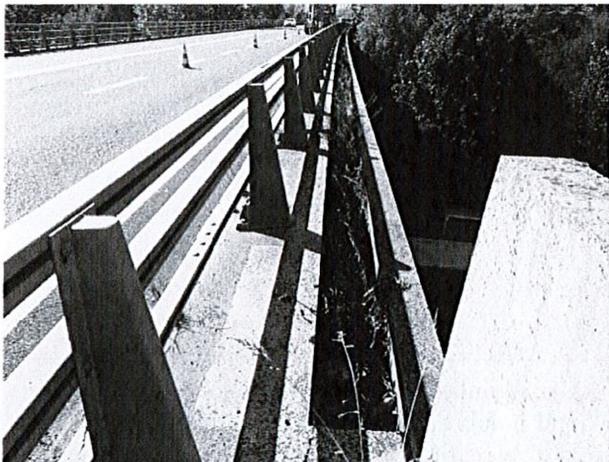
La plupart des désordres apparaissent après une quinzaine d'années d'exploitation soit largement après la fin du délai de garantie décennale qui, en matière d'ouvrages d'infrastructures, est souvent délicate à invoquer.

Ces divers processus, suivant l'intensité et la teneur de la maintenance réalisée, ont alors une incidence sur la « durée de vie des ouvrages ».

Remarque : Nous présentons ci-après des désordres « avancés » afin d'interpeller sur l'évolution ultime des phénomènes de dégradations. Mais dans la plupart des cas, ces dégradations sont à « bas bruit » ; les différents fascicules guides de l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) permettent alors d'identifier, suivant les types d'ouvrages et les différents facteurs de dégradations, les signes annonciateurs des phénomènes à contrer.



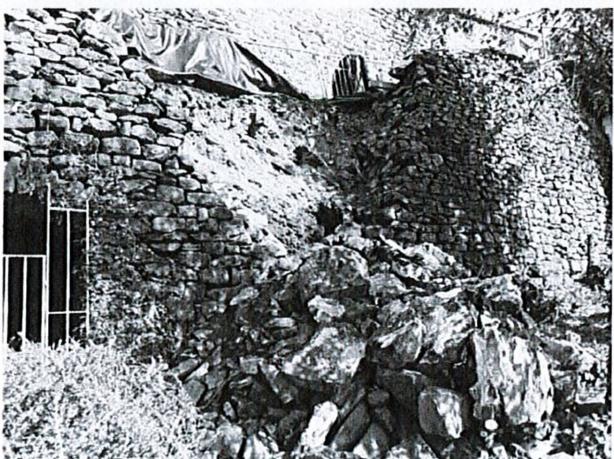
Défauts d'étanchéité, carbonatation du béton armé puis corrosion des aciers, un processus éprouvé !



Défauts d'entretien courant qui compromettent le fonctionnement de l'assainissement, du drainage ou la stabilité des ouvrages



Défauts d'entretien d'ouvrages métalliques. Ces défauts affectent assez souvent des parties difficilement visitables et très exposées aux venues d'eau



Mur effondré à la suite d'un défaut de drainage suivi d'infiltrations et d'un cycle gel/dégel



Mur de soutènement présentant des bombements et des défauts d'entretien courant



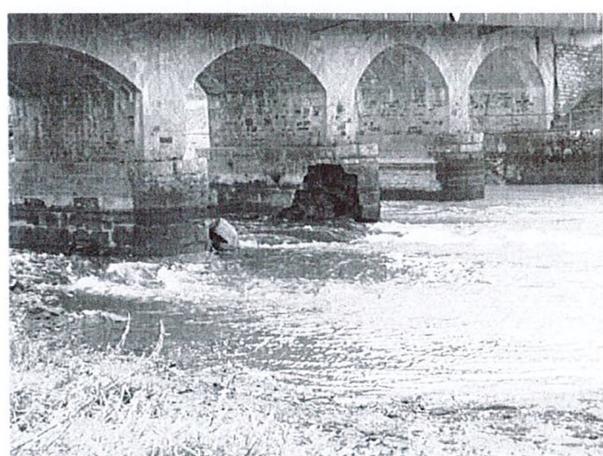
Fracture grave d'une voûte en maçonnerie. Un tel état impose de prendre des mesures de sécurité immédiates au dessus et au dessous de l'ouvrage



Pont en maçonnerie affecté de divers désordres : radier en mauvais état, dégradation des bandeaux et défaillance de l'étanchéité



Décollement et dégradation du bandeau d'un ouvrage en maçonnerie sous l'effet de charges excentrées (absence de trottoir), puis effondrement quelque temps plus tard



Affouillements de fondations causés par des régimes d'écoulement torrentiels (érosion puis disparition d'éléments de parties de fondations)

2.2 - La durée de vie des ouvrages

Suivant les Eurocodes, la durée de vie (ou de projet) des ouvrages d'art à construire est désormais normalisée à 100 ans par défaut pour la plupart des ouvrages ; les maîtres d'ouvrages peuvent être tentés de choisir des durées de vie plus faibles suivant les usages prévus sachant toutefois que, à la construction, l'impact d'une durée de vie plus faible sur le coût d'investissement est relativement faible.

En tout état de cause, la durée de vie de conception ou escomptée ne peut être atteinte que sous réserve d'une maintenance adéquate et anticipée.

En effet, les ouvrages se dégradent lentement avec des « évènements » significatifs de périodicité de l'ordre d'une quinzaine d'années ce qui est compréhensible eu égard aux phénomènes physiques en cause, relativement lents à l'échelle de la durée de vie d'un ouvrage. Ces dégradations imposent la mise en œuvre d'actions correctrices régulières mais sur un rythme lent. Ce « fait » représente d'ailleurs en quelque sorte un « danger » dans la mesure où il peut inciter les maîtres d'ouvrage à des reports voire des impasses qui se paient alors très chers à plus long terme.

Par ailleurs, les ouvrages ne sont pas égaux : les ouvrages les plus récents, construits après la parution des règlements modernes de calcul et d'exécution dans les années 1980-85, sont plus fiables que les ouvrages construits antérieurement. Le patrimoine très important construit dans les années 1950-1975 et *a fortiori* les ouvrages construits antérieurement sont donc les plus critiques. Certaines générations de familles d'ouvrages particulières sont par ailleurs connues comme présentant des risques particulièrement élevés, en raison de leurs conception, dimensionnement, exécution... Finalement, la durée de vie des ouvrages existants ré-estimée, de façon statistique, s'étale alors entre 35 ans et 100 ans suivant les techniques utilisées et les époques de constructions.

Famille d'ouvrages	Age moyen	Durée de vie recalée	+Ancien	Dates critiques de construction vis-à-vis de la durée de vie
Béton armé	30 ans	80 ans	1920 < 1940	
Buses métalliques	30 ans	35/45ans	1960	Durée de vie 35 ans !
Béton précontraint	30 ans	70 ans	1950 <1975 (conception), <1970 (matériaux)	
Maçonneries	145 ans	150/250 ans	1800	Maçonneries de briques 150 ans
Métal seul	40 ans	70 ans	1925 <1990 (conception), <1950 (matériaux)	
Métal mixte	25 ans	100 ans	1970 <1990 (conception), <1950 (matériaux)	
Autres	35 ans			

Par exemple, en escomptant une durée de vie moyenne ré-estimée de 70 ans, la plupart des ouvrages construits dans les années 1950 sont actuellement en « fin de vie ». Les années à venir 2020-2040 demanderont donc une grande attention en ce qui concerne la maintenance du patrimoine.

3 - Gestion des ouvrages d'art

3.1 - Le recensement des ouvrages

Pour le maître d'ouvrage, il est capital de connaître les ouvrages d'art qui relèvent de sa compétence.

C'est pourquoi, toutes les opérations liées à la gestion des ouvrages doivent être précédées par une phase de reconnaissance et de recensement. Suivant les recommandations de l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA), ce recensement concerne les ponts et buses d'ouverture supérieure à deux mètres ainsi que les murs de soutènement de hauteur supérieure à deux mètres. Pour les ouvrages de dimensions plus modestes, on peut néanmoins s'inspirer des principes de gestion exposés dans l'ITSEOA. L'annexe 1 du présent définit les différents types d'ouvrages d'art.

Les données issues du recensement comprennent au minimum le type d'ouvrage, sa localisation et ses principales dimensions (*cf.* annexe 1). La date ou la période de construction constituent également des données importantes car elles renseignent sur les typologies de conception, de dimensionnement et d'exécution et donc sur les particularités de la gestion à prendre en compte.

Toutes les informations collationnées doivent être vérifiées sur le terrain pour tenir compte d'éventuelles transformations ou informations non disponibles dans les dossiers ; des ouvrages non répertoriés peuvent également être découverts à l'occasion d'un recensement exhaustif.

Diverses méthodes existent pour faciliter et synthétiser les données issues du recensement sous forme de fiches d'identification, de bases de données, etc.

3.2 - Le dossier d'ouvrage

Il est capital de disposer d'un dossier qui rassemble toutes les caractéristiques des ouvrages et l'historique de l'ensemble des actions effectuées. Le fascicule 1 de l'*Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art* (ITSEOA) définit un contenu type de **dossier d'ouvrage**.

Malheureusement, malgré un travail de recherche indispensable, il est fréquent que des documents aussi importants que les plans d'exécution et les notes de calculs des ouvrages soient perdus. Cela n'empêche pas de constituer un dossier avec les renseignements disponibles et les actions effectuées.

Comment retrouver des dossiers égarés ?

Les économies possibles sur les coûts de diagnostic et de réparation des ouvrages en fonction de l'existence ou non d'un dossier d'ouvrage sont telles qu'il est indispensable de rechercher les éléments de dossiers égarés. On pourra consulter à cet effet les anciens gestionnaires, les archives départementales, les bureaux d'études et les entreprises qui ont travaillé sur la construction ou des travaux d'entretien.

On pourra également réaliser des recherches bibliographiques (articles sur la construction, livres sur l'historique de la construction d'ouvrages d'art...). Certaines données constituent des hypothèses nécessaires au recalcul d'un ouvrage lorsqu'il s'impose. En l'absence de ces informations, il est nécessaire de prévoir dans un programme d'auscultations des prélèvements de matériaux dans l'ouvrage pour essais (incidence sur les coûts et délais de l'étude de diagnostic), sachant que certaines informations du dossier d'ouvrage peuvent être très difficiles voire impossibles à reconstituer.

3.3 - La surveillance et le rôle du maître d'ouvrage

La surveillance de l'état des ouvrages est déterminante pour l'entretien du patrimoine et la sécurité des usagers. Cette surveillance est indispensable, parce que, à l'instar de la plupart des constructions, et par conception, les ouvrages d'art sont conçus pour être « entretenus » et « réparés » comme il est requis par les Eurocodes :

« La structure bénéficiera d'une maintenance adéquate » (Norme NF EN 1990, §2.1 Exigences de base)
« Afin d'assurer une durabilité adéquate de la structure, il conviendra de prendre en compte .../... la maintenance escomptée pendant la durée d'utilisation du projet (Norme NF EN 1990, § 2.4 Durabilité).

La surveillance a un caractère systématique, périodique et exhaustif (concerne l'ensemble du patrimoine). Bien entendu, la consistance de la surveillance varie suivant la nature et l'importance des ouvrages, l'importance du patrimoine et les moyens du gestionnaire. Elle consiste à suivre l'évolution des ouvrages à partir d'un état de référence. Cet état est défini à l'issue de sa construction ou à sa reprise en gestion en cas de transfert de maîtrise d'ouvrage (généralement par une inspection détaillée initiale). Cet état de référence est actualisé tout au long de la vie de l'ouvrage car il sert de base de comparaison pour évaluer périodiquement l'évolution de son état. Ainsi des travaux majeurs (remise en état, transformation telle qu'un élargissement ou une extension) qui ont modifié l'ouvrage peuvent aussi en modifier l'état de référence.

Le maître d'ouvrage est responsable de l'organisation de la surveillance qui doit s'appliquer à tous les ouvrages d'art. Le rôle du maître d'ouvrage est de définir les conditions de recensement des ouvrages, de gérer et de stocker les informations, de constituer une documentation, de définir les processus de visite, d'organiser la surveillance et d'assurer l'entretien.

(...)

2 - Parties constitutives d'un pont routier

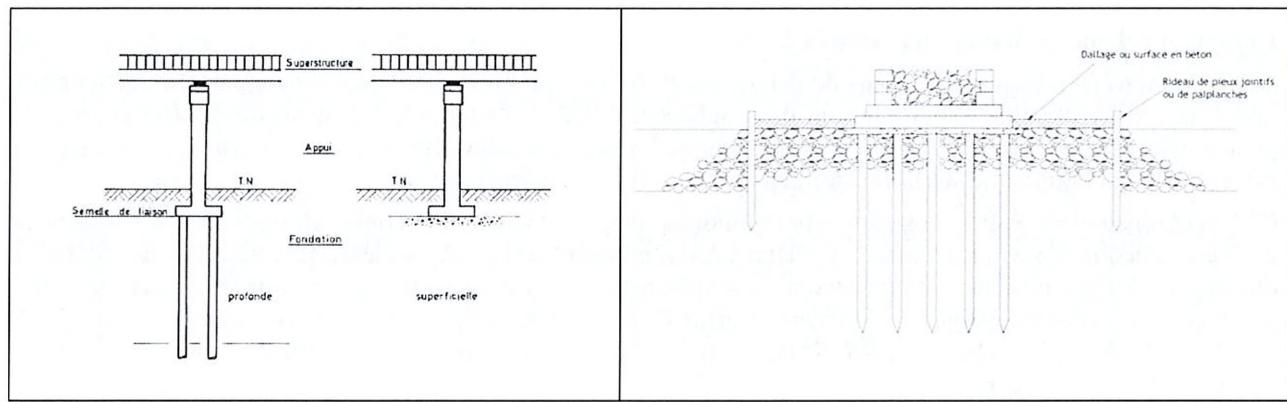
Un pont routier comprend quatre parties principales

2.1 - Les abords et la zone d'influence de l'ouvrage

Les abords comprennent les talus, chaussées et remblais contigus et les ouvrages éloignés dont le bon fonctionnement conditionne l'état des ouvrages. Dans le cas de petits ouvrages, l'état des abords est souvent révélateur du bon fonctionnement des culées et murs attenants à l'ouvrage, des dispositifs d'assainissement...

2.2 - Les appuis et fondations

Les appuis ont pour fonction principale de transmettre les charges verticales et horizontales du tablier aux fondations ; de plus, les appuis d'extrême (les culées), comprennent des murs qui transmettent des efforts horizontaux de poussée des terres ; dans le cas de petits ouvrages, cette fonction de soutènement des culées est souvent critique car très sensible à l'état des abords et de l'assainissement.



Fondations profondes et superficielles d'une pile d'un ouvrage récent

Fondations profondes et ses protections anti-affouillements d'un appui d'un ouvrage en maçonnerie. Ces protections peuvent être facilement endommagées par un curage intempestif

2.3 - La structure porteuse

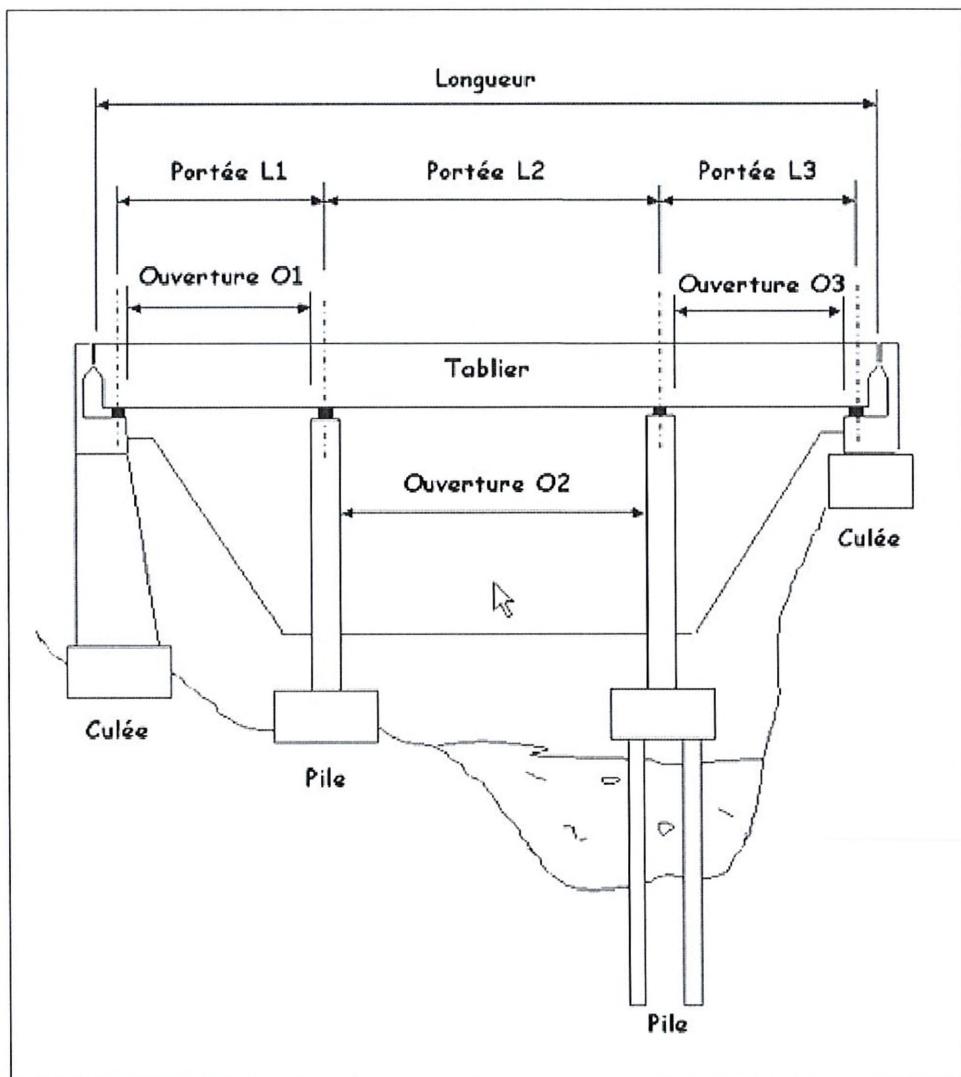
La structure porteuse est constituée d'un tablier qui porte les voies de circulation ; les tabliers sont réalisés de diverses façons par exemple en voûte de maçonnerie, en béton armé, en métal... Chaque type de tablier relève de préconisations spécifiques pour la surveillance et l'entretien mais tous les types de tablier sont très sensibles au bon état des dispositifs d'étanchéité et d'évacuation des eaux.

On appelle **travée**, la partie de tablier comprise entre deux appuis successifs, la longueur de la plus grande travée détermine l'importance de l'ouvrage.

La **longueur** d'un pont est un terme ambigu ; il convient toujours de préciser « longueur totale » ou « longueur de la (des) travée(s) ».

La **portée** d'une travée est la distance entre les axes de deux appuis successifs. La somme des ouvertures ou des portées, augmentée des longueurs d'abouts, est donc égale à la longueur de l'ouvrage.

L'**ouverture** est la distance libre entre les parements de deux appuis successifs.

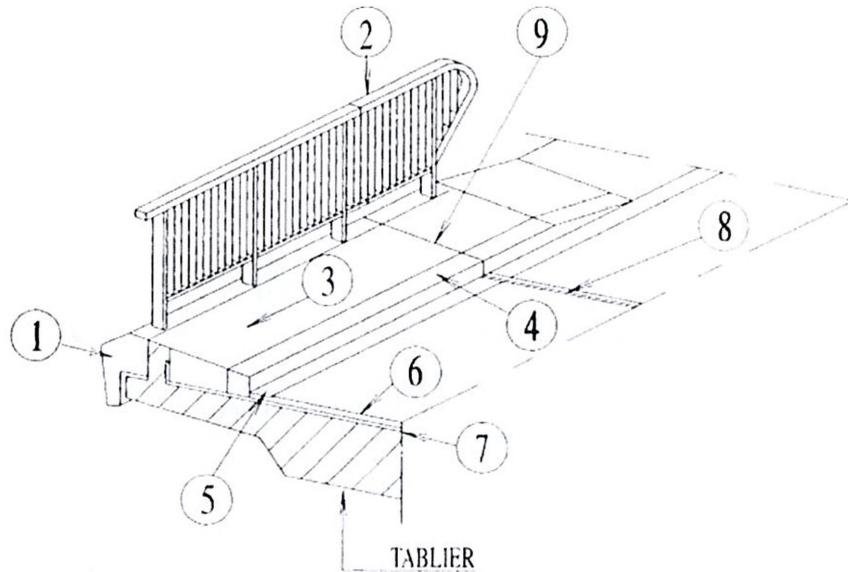


*Schéma d'un ouvrage à trois travées
(de portées L1, L2 et L3, d'ouvertures O1, O2 et O3)*

2.4 - Les équipements

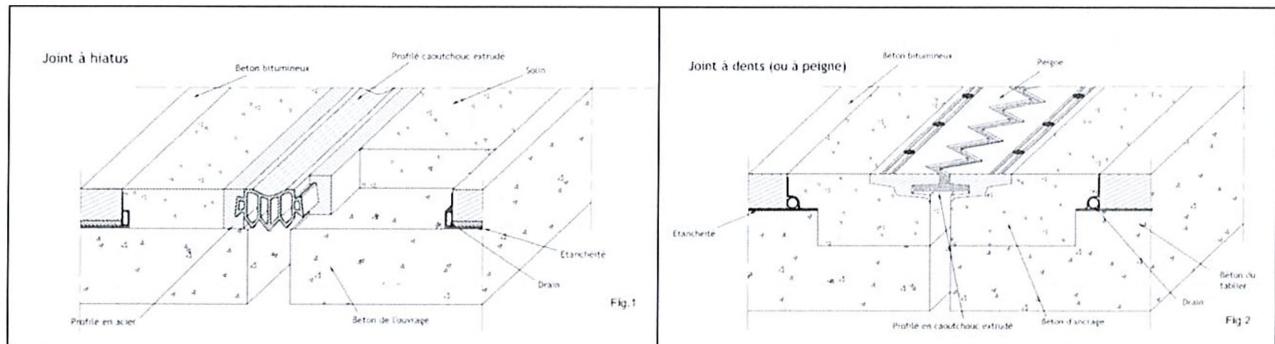
Les équipements (ou superstructures) sont des éléments ajoutés à la structure et nécessaires à son usage : par exemple les dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux (caniveaux, gargouilles, cunettes), les garde-corps, les joints de chaussées, les corniches...

- 1 - CORNICHE
- 2 - DISPOSITIF DE RETENUE
- 3 - TROTTOIR
- 4 - BORDURE DE TROTTOIR
- 5 - CANIVEAU
- 6 - COUCHE DE ROULEMENT
- 7 - CHAPE D'ETANCHEITE
- 8 - JOINT DE CHAUSSEE
- 9 - JOINT DE TROTTOIR

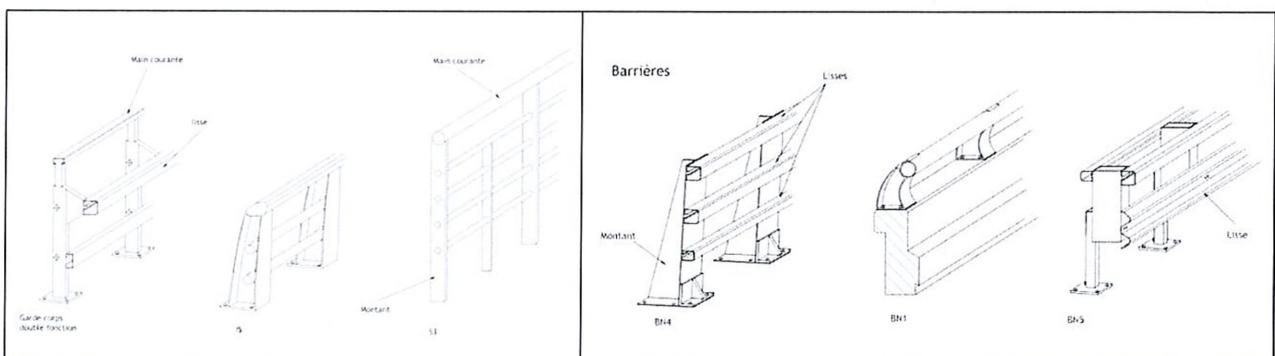


Récapitulatif de quelques équipements sur un ouvrage courant

Les équipements concourent à la sécurité d'usage (garde-corps, barrières, trottoirs...), à son exploitation (échelle d'accès, panneaux d'information...), à la conservation en bon état de la structure (joints, étanchéités...), ainsi qu'à l'esthétique.

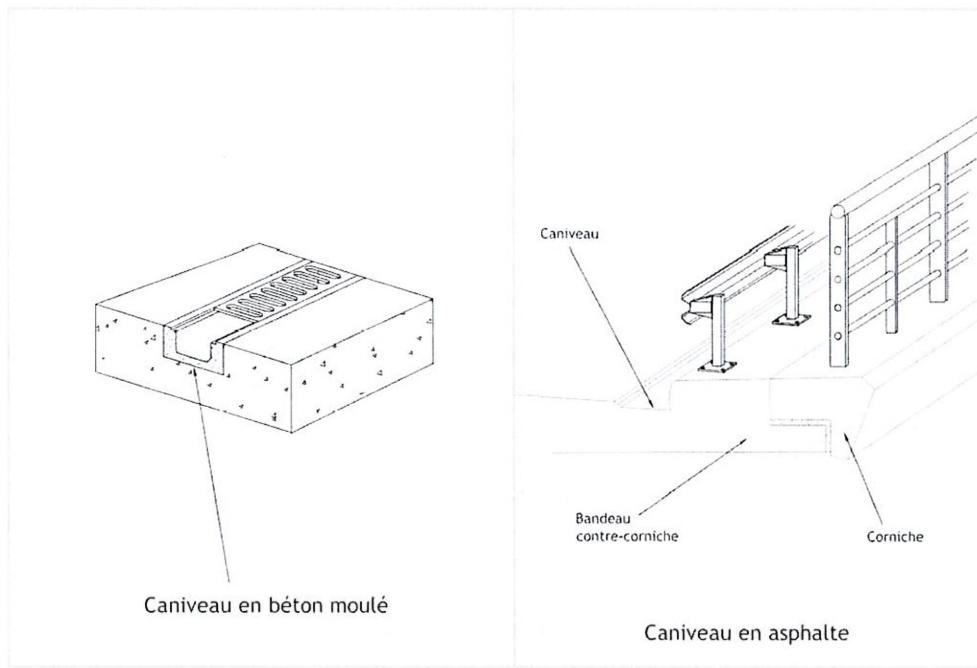


Coupes de joints de chaussées. Les joints de chaussée sont des éléments d'usure coûteux (leur remplacement est à prévoir tous les 15 ans environ suivant le trafic)



Garde-corps pour la sécurité des piétons par exemple, en site urbain

Dispositifs de retenue routiers de type « barrières » permettant de guider les véhicules en cas de choc



Différents types de caniveaux. Leur entretien régulier permet d'éviter la stagnation d'eau, la dégradation des chapes d'étanchéités et les fuites vers les parties les plus sensibles de l'ouvrage

Les équipements se dégradent plus vite que les éléments porteurs (ils ne possèdent pas la même durée de vie) ; en outre, la dégradation des équipements est souvent préjudiciable à l'état de l'ouvrage. Le maintien en bon état des équipements constitue l'essentiel des dépenses d'entretien des ouvrages.

(...)

DOCUMENT 3

aisne.com

Publié le 17 août 2018 - Mis à jour le 17 août 2018

Surveillance des ouvrages d'art | Conseil départemental de l'Aisne

Surveillance et contrôles

Les règles de surveillance des ouvrages d'art sont principalement édictées par l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (éditée en 2010 par le SETRA).

Ces règles s'appliquent aux ponts de plus de 2 mètres d'ouverture, aux murs de soutènement de plus de 2 mètres de haut, aux tunnels (aucun tunnel routier dans l'Aisne).

La surveillance des ouvrages d'art est structurée selon 2 niveaux :

- **les contrôles périodiques** : il s'agit de contrôles simples visuels effectués selon une périodicité comprise entre 1 à 3 ans. Ils sont réalisés par des agents de la voirie départementale. Ces contrôles font l'objet d'un constat qui mentionne l'identification de l'ouvrage, la date de la visite, les anomalies constatées et leurs évolutions, les parties qui n'ont pu être évaluées.
- **les inspections détaillées** : il s'agit de diagnostics minutieux réalisés par des bureaux d'études spécialisées. Si les fondations sont immergées, ces inspections peuvent être en partie subaquatiques. La périodicité normale est de 6 ans. Elle peut être portée à 9 ans ou ramenée à 3 ans selon la sensibilité de l'ouvrage.

Ces contrôles permettent de noter l'état de chaque ouvrage selon un référentiel technique national nommé IQOA, puis de définir les priorités d'interventions en matière de travaux : entretien courant, entretien spécialisé, réparations courantes ou urgentes, mesures de sauvegarde en cas de risque pour les usagers.

Entretien et réhabilitation

L'entretien des ponts s'opère selon différents niveaux :

- **l'entretien courant** (nettoyage, désherbage, rejoints...) est effectué en régie par les agents de travaux du Département.
- **les réparations spécialisées** (maçonnerie, étanchéité, remplacement de pièces de pont, mises en peinture...) sont réalisées par des entreprises privées pour un montant annuel de l'ordre de 1,5 M€.
- **les réhabilitations lourdes et reconstructions** selon des échéances et montants financiers variables en fonction des priorités détectées (de 0,5 à 2 M€ annuels).

Ces dernières années ont vu la reconstruction des ouvrages de **Condren, Guny, Pont-Arcy, Vadencourt, Lehaucourt** et **Manicamp**. Dans les prochains mois, les travaux de reconstruction du pont de **Mennessis** seront lancés.

L'ouvrage le plus important géré par le Département est le viaduc de la RD1029 à **Saint-Quentin**, long d'environ 600 m et supportant un trafic de l'ordre de 29 000 véhicules/jour.

Soutien technique

Le Département peut également apporter un **soutien technique et/ou financier aux communes et intercommunalités** propriétaires de ponts sur leur réseau routier.

Crée en 2013, l'agence départementale d'ingénierie pour les collectivités de l'Aisne (**ADICA**) accompagne les communes et intercommunalités adhérentes dans leurs travaux de bâtiments et voirie. Elle propose une assistance dans les ouvrages d'art aux communes qui ont l'obligation de suivi et d'entretien de leurs ponts. S'appuyant sur les ressources du Département, l'ADICA opère une **visite-diagnostic** afin d'évaluer l'état de l'ouvrage et définir une programmation des interventions nécessaires.

BON A SAVOIR

Le Département a mis en place le dispositif **Aisne Partenariat Voirie** (APV) pour aider les communes à entretenir le réseau routier, dont les ouvrages d'art, jusqu'à 70% du montant HT des travaux. Une enveloppe d'1M d'euros a été votée pour 2018.

Pathologie et réparation

Pathologie

Dès leur mise en service les ponts sont soumis à de multiples sollicitations et agressions qui peuvent engendrer des désordres. Plus le pont est ancien, plus le risque d'apparition de désordres est important. Mais quelquefois des sollicitations répétées, comme un trafic au-delà des seuils pris en compte lors de la conception, peuvent conduire à des désordres rapidement.

Ponts en maçonnerie

Les ouvrages maçonnés restent globalement en bon état très longtemps. Ce sont des ouvrages très robustes, mais la défaillance des étanchéités conduit lentement à la dégradation par l'eau des matériaux constituant la maçonnerie. On peut rencontrer des disjoints entre pierres ou encore des tassements d'appuis, dus à des fondations précaires en site aquatique. Enfin, on constate également des problèmes d'insuffisance de résistance des structures en flexion ou à l'effort tranchant.

Ponts métalliques

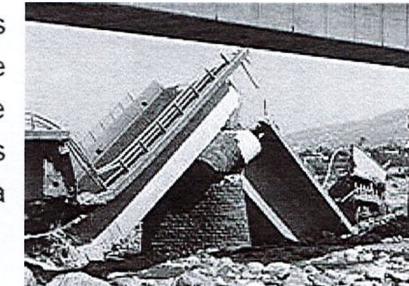
L'acier est très agressé par l'environnement oxydant. La plupart des pathologies qui les atteignent sont aujourd'hui connues. Des problèmes de corrosion existent dans les structures métalliques dont la peinture a été mal entretenue. On observe aussi des fissurations de fatigue dans certains tabliers à dalle orthotrope. Les fissures doivent être réparées. Dans les cas les plus critiques, l'ouvrage doit être remplacé. Une remise en peinture régulière est également impérative.

Ponts en béton armé

Les matériaux béton et acier subissent des phénomènes de vieillissement naturel. Ils fonctionnent très bien dans un environnement stable, mais plongés dans un environnement agressif, certaines réactions chimiques due à la présence du gaz carbonique et de chlorures entraînent naturellement des dégradations. Ainsi, la première cause de pathologie est la corrosion des armatures du béton armé, lorsque les enrobages sont mal respectés, ou sous l'effet d'agressions dues aux sels de viabilité hivernale.

Ponts en béton précontraint

La corrosion des câbles de précontrainte dans les ouvrages en béton précontraints est la défaillance la plus fréquente. De nombreux ouvrages en Grande-Bretagne ont été confrontés dans les années 1980 à ce problème. Un petit pont (Ynys-y-Gwaes) s'est ainsi effondré dans la rivière le 4 décembre 1985, à cause de la corrosion des câbles de précontrainte qui n'étaient pas protégés de façon satisfaisante. Ces événements n'avaient pas été correctement anticipés. Aujourd'hui, les techniques permettent une protection des câbles à l'intérieur de gaines, avec réinjection contrôlée pour que les efforts de précontrainte soient pérennes.



Le pont de la Rivière Saint-Étienne détruit peu après le cyclone tropical Gamède, en 2007.

Fondations

La défaillance des fondations par tassement dû à une défaillance du sous-sol d'appui ou par affouillement du fait des écoulements de l'eau est une pathologie commune à tous les types de ponts. En France, un exemple lié aux aléas naturels est celui de l'effondrement, le 25 février 2007, du pont de la Rivière Saint-Étienne sur l'île de la Réunion. En fait, la rivière en crue a creusé le sol de fondation d'une pile du pont. Celle-ci a fini par céder, et toutes les travées sont successivement tombées.

Techniques de réparation

Ponts métalliques

Toute réparation d'un ouvrage doit être précédée par un diagnostic de la structure et des désordres rencontrés. L'ensemble des techniques et méthodes de construction des ouvrages sont utilisées en réparation, soit en atelier en préparation d'éléments, soit sur site pour raccorder ces éléments à la structure en place.

Pour le remplacement d'éléments endommagés, il convient de mettre en place une structure de soutien provisoire pour éviter que le remplacement d'une barre ou d'un treillis métallique ne mette en péril la structure. Une structure métallique peut être renforcée en augmentant la section de ses éléments les plus faibles par ajout d'un profilé ou d'une tôle. Pour les structures rivetées très sollicitées, les rivets les plus endommagés doivent être remplacés, pour celles qui sont soudées, des techniques spécifiques sont utilisées.

DOCUMENT 5
Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (extrait)
SETRA

(...)

2.5 - Modalités d'exécution

En général, cette visite d'évaluation se pratique sans moyen d'accès particulier.

La visite d'évaluation doit être dirigée et exploitée par un agent ayant reçu une formation spécifique et adaptée.

Cas des ouvrages du réseau routier national

La visite d'évaluation est dirigée et exploitée par un agent ayant reçu une formation sur la méthodologie IQOA.

Selon les cas (liste I ou II), il peut s'agir d'un agent du service opérationnel ou du service organisationnel.

Dans certains cas, ces visites peuvent être sous traitées au RST ou à des organismes qualifiés.

Les ouvrages soumis à une inspection détaillée font également l'objet d'une visite d'évaluation, prévue entre deux inspections détaillées. Celle-ci se limite à la visite des parties accessibles (superstructures, culées, intrados des structures, intérieur du caisson, etc.), les parties inaccessibles pouvant être classées à l'aide du dernier rapport d'inspection détaillée périodique.

Dans le cas des ouvrages non soumis à inspection détaillée périodique, l'évaluation de certaines parties d'ouvrages, majeures pour l'évaluation de l'état de la structure, qui restent inaccessibles lors des visites d'évaluation (appuis immergés, appareils d'appui, etc.), peut être réalisée par des « inspections détaillées de parties d'ouvrages ».

Dans les cas où les ouvrages sont visités par le niveau organisationnel, il est souhaitable d'associer le niveau opérationnel concerné.

2.6 - Exploitation

L'exploitation des procès-verbaux est effectuée par niveau organisationnel selon les principes suivants :

- tous les procès-verbaux d'évaluation réalisés par le niveau opérationnel sont envoyés au niveau organisationnel. Celui-ci les retourne aux niveaux opérationnels lorsque les cotations définitives sont arrêtées ;
- après exploitation, les procès-verbaux d'évaluation sont conservés dans le dossier d'ouvrage.

Cas des ouvrages du réseau routier national

À la fin d'une campagne d'évaluation, les services opérationnels et organisationnels renseignent le logiciel Lagora qui comporte une base de données centralisée. Tous les services concernés ont ainsi accès aux données des ouvrages. Le service organisationnel exporte ces données au Sétra, aux fins d'analyse du patrimoine de l'État.

Au niveau local, les résultats des évaluations conduisent aux actions suivantes.

Ouvrages classés 1

Ces ouvrages ne nécessitent que des travaux d'entretien courant.

À l'issue des visites d'évaluation IQOA, voire pendant la visite, les agents du niveau opérationnel exécutent les travaux d'entretien courant réalisables en régie. Les chefs des niveaux opérationnels sont responsables de l'exécution de ces travaux.

Ouvrages classés 2

Ces ouvrages présentent des défauts sur les équipements, les éléments de protection, le drainage, l'environnement et/ou des défauts mineurs de la structure.

Les chefs des niveaux opérationnels, lorsqu'ils reçoivent du niveau organisationnel le procès-verbal d'évaluation avec la classe définitive, sont responsables des suites à donner pour l'entretien courant.

Ouvrages classés 2E

Ces ouvrages nécessitent un entretien spécialisé à brève échéance (équipements, éléments de protection, drainage, environnement et défauts mineurs de la structure).

Lorsque le niveau organisationnel donne la classe, il distingue :

- les cas nécessitant une expertise devant être traités par le niveau organisationnel (comme pour les ouvrages classés 3 et 3U) ;
- les cas pouvant être traités par le niveau opérationnel (comme pour les ouvrages classés 1 et 2).

Ouvrages classés 3 et 3U

Ce sont des ouvrages dont la structure présente des défauts pouvant nécessiter une intervention urgente.

Le niveau organisationnel est chargé du contrôle et de l'exploitation des procès-verbaux d'évaluation IQOA :

- examen des décisions prises ou renforcement des mesures de sauvegarde (en relation avec le niveau opérationnel) ;
- établissement d'un diagnostic (investigations complémentaires éventuellement nécessaires) ;
- démarrage d'une démarche aboutissant au projet de réparation ;
- inscription à un programme de réparation, définition d'un programme de surveillance particulière jusqu'à la réparation.

Les chefs des services opérationnels concernés sont informés du déroulement de toutes ces actions.

Ouvrages portant la mention « S » (risque pour l'usager)

Si cela est possible, il appartient au chef du service opérationnel concerné de prendre les mesures, éventuellement provisoires, permettant l'élimination d'urgence du caractère d'insécurité de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage, et cela quelle que soit la classe générale de l'ouvrage. Le service organisationnel proposera au service décisionnel les mesures définitives à mettre en œuvre.

- les ouvrages ayant subi d'importantes modifications ou des sollicitations extrêmes ;
- les ouvrages d'accès difficile dont la totalité ou une partie ne peuvent pas être visités par ailleurs ;
- les ouvrages innovants ou relevant de techniques spéciales ;
- les ouvrages présentant des risques particuliers de par leur âge, leur géométrie ou leur conception ;
- les ouvrages comportant des détails critiques (assemblages non redondants, joints cantilever, dispositifs antismismiques) ;
- les ouvrages anciens d'une famille présentant un vieillissement accéléré (VIPP antérieurs à 1967, certains grands murs de soutènement, bûses métalliques, ouvrages atteints d'une réaction de gonflement interne du béton).

Cas des ouvrages du réseau routier national

Les ouvrages dont l'état ou la capacité portante sont significativement altérés sont généralement ceux qui sont classés 3 ou 3U selon la méthodologie IQOA.

Cette inspection a lieu tous les six ans au plus pour les ouvrages cités ci-dessus.

Toutefois, le niveau décisionnel peut, en le justifiant, déroger à cette règle pour certains ouvrages en portant la périodicité à neuf ans pour les ouvrages robustes ou, à l'inverse, en la réduisant à trois ans ou même un an pour les ouvrages particulièrement vulnérables ou présentant des désordres significatifs.

Cette périodicité est mentionnée sur la liste susvisée.

3.3 - Liste des ouvrages à inspecter et organisation

À partir de l'inventaire des ouvrages dont il a la charge, le niveau organisationnel propose la liste de ceux qui doivent être soumis à une inspection détaillée.

Cette liste est approuvée par le niveau décisionnel et tenue à jour régulièrement.

Cette liste doit mentionner les ouvrages dont certaines parties devront faire l'objet d'une « inspection particulière de partie d'ouvrage » qu'ils soient soumis à une inspection détaillée ou non.

Les logigrammes d'organisation de la surveillance de l'annexe 2 peuvent aider à l'établissement de ces listes.

(...)

3 - Les inspections détaillées

3.1 - Objectif

L'inspection détaillée périodique constitue un « bilan de santé » complet de l'ouvrage.

À partir du compte-rendu de l'inspection, le niveau organisationnel doit pouvoir effectuer la cotation de l'état de l'ouvrage.

3.2 - Ouvrages concernés - périodicité

Les ouvrages concernés sont les ouvrages importants qui méritent une attention particulière, avec en principe au moins :

- les ouvrages exceptionnels ;
- les ouvrages métalliques ou mixtes supportant un fort trafic poids lourds ;
- les grands ouvrages en béton précontraint ;
- tous les tunnels et les tranchées couvertes ;
- les murs présentant des éléments structurels enterrés ;
- tous les ouvrages dont l'état ou la capacité portante sont significativement altérés ;

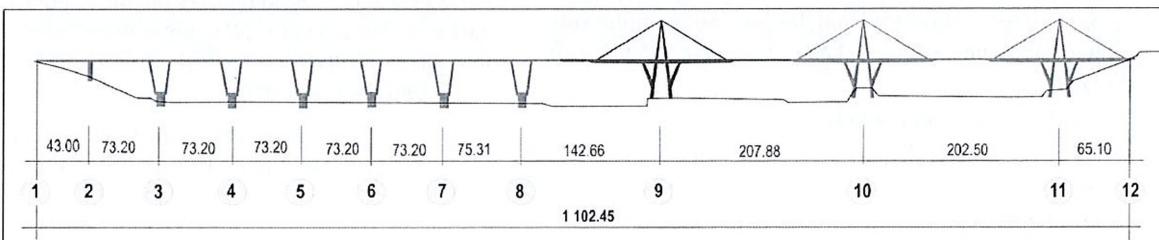
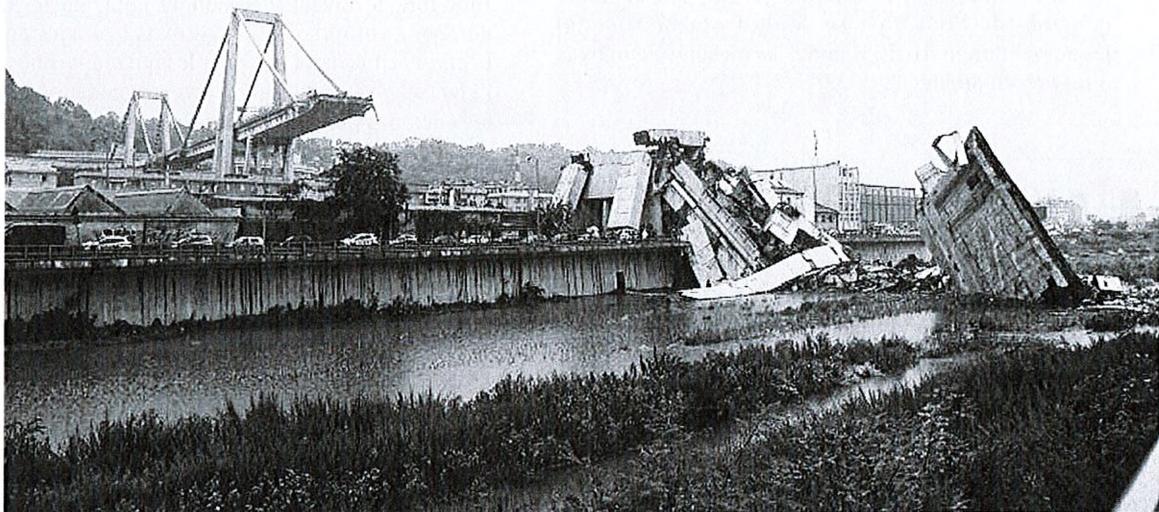
Comité génie civil et bâtiment

Décembre 2018

Le patrimoine des ouvrages d'art en France : Entretien et surveillance

Introduction

La catastrophe de Gênes, survenue le 14 août 2018, dû à l'effondrement du pont « MORANDI », a attiré l'attention de tous sur les ouvrages d'art et sur leur entretien. Il est trop tôt pour déterminer précisément les causes et le processus de rupture ; cela découlera des investigations des experts, nécessairement longues.



On peut cependant constater que la conception de l'ouvrage n'était pas résiliente, c'est-à-dire que la rupture d'un seul élément, hauban de suspension notamment, entraîne la chute d'un pylône et corrélativement celle des deux travées cantilever adjacentes.

Il est aujourd’hui considéré comme indispensable qu’une structure complexe – ouvrage d’art majeur ou bâtiment exceptionnel – ait des capacités de résistance redondantes (*cf.* la notion de robustesse développée dans les Eurocodes¹).

On peut aussi mentionner que la maintenance de câbles métalliques noyés dans du béton, comme c’était le cas dans le pont Morandi, et le diagnostic de leur état, ne sont pas aisés. Des réparations avaient déjà été réalisées, du fait des dégradations de certains éléments de structure. Là aussi, les ouvrages plus récents prennent en compte dès la conception les questions d’entretien et de surveillance (« monitoring »).

On peut enfin affirmer que le trafic actuel sur ce pont est bien plus important, notamment pour les poids lourds, que cela n’avait été envisagé à l’époque de la construction (1967). D'où des effets de fatigue qui étaient mal pris en compte à cette époque et peuvent favoriser la rupture des matériaux constitutifs.

A la suite de cet accident, la question de la sécurité et de l’entretien des ponts dans notre pays a été soulevée, aussi bien par les autorités que par les citoyens. En particulier, le Sénat a confié à Hervé MAUREY, sénateur de l'Eure, président de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable, une mission d'information sur la sécurité des ponts en France. Celui-ci doit rendre son rapport début 2019.

L’IESF a décidé de confier à son comité Génie civil et bâtiment le soin faire un point sur l’état des ouvrages d’art en France².

Le patrimoine des ouvrages d’art en France

Le patrimoine considéré ici est celui des ponts (par définition : ouvrages présentant une ouverture supérieure à 2 m), en excluant les tunnels, gérés de façon différente ; quelques données sur les murs de soutènement sont également fournies car la rupture d’un mur, à l’aval de la route notamment, peut induire une coupure durable de l’itinéraire. Les ponts en France sont de tous âges, de tous types, de toutes capacités et ont différents propriétaires, principalement l’Etat, les départements, les communes, la SNCF. Le « mille-feuilles » des collectivités comprend aussi aujourd’hui les métropoles et les intercommunalités qui gèrent elles des ouvrages. Dans le cas des autoroutes, la gestion peut en avoir été confiée à des concessionnaires.

On dénombre environ 200 000 ponts au total, dont 80 % dépendent des collectivités territoriales :

Réseau national non concédé :	12 000 ponts
Autoroutes concédées :	3000 ponts environ
Collectivités territoriales	plus de 160 000 ponts
Voies ferrées :	32 000 ponts-rails ³

auxquels il convient ajouter les murs de soutènement : 56 000 ouvrages pour État et Départements.

¹ Normes européennes de construction élaborées à partir de 1976 et publiées par l’AFNOR en France avec leur annexe nationale à partir de 2005.

² La liste des contributeurs est rappelée en Annexe 3

³ Source : Memento Statistiques SNCF mobilités 2017

La valeur du patrimoine des ouvrages d'art (OA) est difficile à estimer. Un rapport de 2007 du CGPC⁴ donnait un montant pour le patrimoine routier national non concédé (13 720 km) : valeur à neuf de 106 milliards d'euros TTC. Les ouvrages d'art représenteraient un peu moins de 10 % de ce chiffre.

Mais, et la catastrophe de Gênes l'a bien montré, l'impact économique d'une fermeture de certains ouvrages très circulés, préventive ou suite à un effondrement, peut être considérable. Les ponts sont également le support de divers réseaux (eau, gaz, téléphone, etc.).

Mentionnons enfin que les effondrements de pont ont été jusqu'à ce jour heureusement rares dans notre pays, comme le montre l'encadré suivant.

Effondrements récents

Le 9 avril 1978, effondrement du pont Wilson à Tours (crue de la Loire)

Le 16 janvier 1985, effondrement du pont suspendu de Sully-sur-Loire (grands froids)

Le 3 décembre 2003 à Givors, effondrement partiel du pont Montrond sur la RD 2 (crue du Gier).

Le 25 février 2007, effondrement du pont aval de la RN 1 à La Réunion (crue de la rivière Saint-Étienne).

Le 29 octobre 2012, endommagement partiel du Pont Mathilde à Rouen, qui sera fermé pendant 638 jours (accident de la circulation mettant en cause un camion d'hydrocarbures).

L'entretien et la surveillance des ouvrages d'art

Il existe tout un corpus de documents (circulaires, guides techniques, recommandations) concernant les aspects techniques et organisationnels de l'entretien et de la surveillance des ouvrages d'art.

Pour les routes nationales et autoroutes non concédées, la circulaire du 16 février 2011 s'impose aux services de l'État. Elle se traduit par l'Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEO), qui comprend plusieurs fascicules⁵ :

- Fascicule 0 : Dispositions générales applicables à tous les ouvrages
- 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

Des guides d'application sont spécifiques aux différents types d'ouvrages (ponts suspendus, ponts en béton précontraint, déblais et remblais, etc.).

L'état des ouvrages d'art est noté suivant l'IQOA (Image de la Qualité des Ouvrages d'Art), au moins une fois tous les trois ans. Les classes d'ouvrages d'art sont données dans le tableau suivant :

⁴ Conseil général des ponts et chaussées, rapport n° 005096-01, avril 2007.

⁵ Établis par les services techniques du ministère (Sétra et Cete, aujourd'hui regroupés dans le CEREMA) dans le cadre de groupes de travail associant la SNCF, la RATP, des représentants des Collectivités territoriales.

Classe 1 : Ouvrage en bon état apparent relevant de l'entretien courant au sens de l'Instruction Technique sur la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art.
Classe 2 : Ouvrage, <ul style="list-style-type: none"> • dont la structure est en bon état apparent mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts, • ou dont la structure présente des défauts mineurs, • et qui nécessite un entretien spécialisé sans caractère d'urgence.
Classe 2E : Ouvrage, <ul style="list-style-type: none"> • dont la structure est en bon état apparent mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts, • ou dont la structure présente des défauts mineurs, • et qui nécessite un entretien spécialisé URGENT, pour prévenir le développement rapide de désordres dans la structure et son classement ultérieur en 3.
Classe 3 : Ouvrage dont la structure est altérée et qui nécessite des travaux de réparation mais sans caractère d'urgence.
Classe 3U : Ouvrage dont la structure est gravement altérée, et qui nécessite des travaux de réparation URGENTS liés à l'insuffisance de capacité portante de l'ouvrage ou à la rapidité d'évolution des désordres pouvant y conduire à brève échéance.

Pour les OA importants, une inspection détaillée est réalisée tous les 6 ans. Bien entendu, suite à des événements particuliers, des visites ou inspections spécifiques peuvent être organisées.

Pour ce qui concerne les autres routes, il existe une certaine diversité dans l'organisation de l'entretien des ouvrages d'art, en général calquée sur celle de l'État. L'IDRRIM (Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité), qui rassemble aujourd'hui la grande majorité des intervenants dans le domaine des infrastructures de transport, publie des recommandations techniques (voir exemple en biblio) et un rapport de l'Observatoire national de la Route.

Le rapport 2017 de l'Observatoire national de la Route

La première édition de l'Observatoire national de la Route a été publiée en 2017. Ce document comporte des éléments techniques sur l'état des routes, ouvrages inclus) et un volet financier sur les dépenses d'entretien.

Les données concernant les routes nationales sont homogènes et assez complètes. Les données concernant les routes départementales sont moins complètes puisque seuls 57 départements ont répondu à l'enquête. Les métropoles et les agglomérations n'ont pas été interrogées. Concernant les dépenses, les OA ne sont pas isolés des chaussées : on n'a donc pas de chiffres spécifiques.

Sur le plan technique, la classification IQOA des ouvrages d'art (classes 1, 2, 2E, 3, 3U) de l'État est donnée dans le tableau suivant (état 2016).

Nombre d'ouvrages	Ponts	Murs de soutènement
Classe 1	10 %	18 %
Classe 2	57 %	37 %
Classe 2E	23 %	22 %
Classe 3	5 %	7 %
Classe 3U	1 %	6 %
Non évalué	3 %	10 %
Total	12 246	6 008

Les classes 3 et 3U représentent 4 % des ponts, soit environ 500 ouvrages, ce qui n'est pas négligeable. Pour être plus riche d'enseignement, cette information mériterait d'être couplée aux données sur le trafic, ce qui n'est malheureusement pas le cas.

Les départements ont mis au point des classifications de leurs ouvrages d'art, soit identiques à celle de l'État, soit avec des variantes. Ainsi les indicateurs sont variables d'un département à l'autre. Aucune donnée concernant les autoroutes concédées n'était disponible.

On peut conclure de ce rapport que, si l'État utilise des outils uniques mis en place par le réseau scientifique et technique (IQOA pour les ouvrages d'art), une forte hétérogénéité des pratiques existe au niveau des départements, avec souvent une adaptation spécifique à chaque département. Un travail devait donc être engagé pour permettre la comparaison de toutes ces données entre chaque gestionnaire.

Le rapport 2018 de l'Observatoire national de la Route

Cette seconde enquête est plus représentative puisque 65 départements ont répondu, ainsi que certaines métropoles.

Le rapport présente des données sur les ouvrages d'art :

- de l'État avec 18 254 ouvrages d'art (12 246 ponts + 6 008 murs de soutènement) ;
- -de 65 départements ayant répondu à l'enquête, représentant un patrimoine total de 112 893 ouvrages, dont 62 389 ponts et 50 504 murs de soutènement.

Les notations n'étant pas toutes identiques, l'Observatoire a tenté de classer les OA suivant une échelle commune :

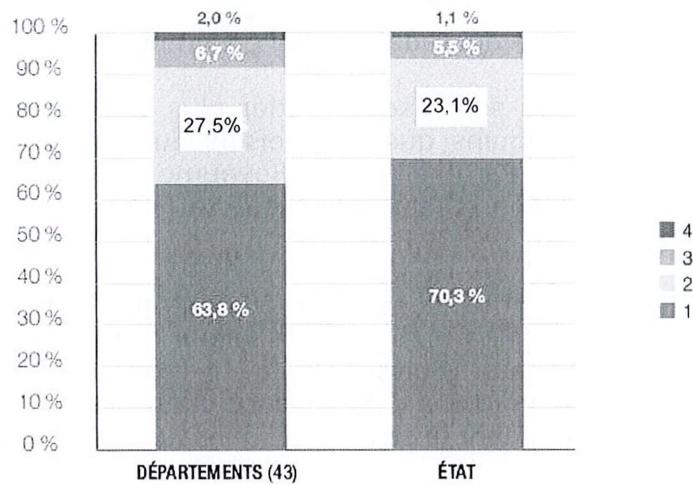
1 : ouvrage en bon état structurel

2 : ouvrage dont la structure présente des défauts nécessitant des travaux d'entretien spécialisé

3 : ouvrage dont la structure est altérée et qui nécessite des travaux de réparation

4 : ouvrage dont l'altération de la structure peut conduire à une réduction de la capacité portante à court terme.

Le résultat est le suivant, pour les ponts de l'État et de 43 départements (on ne dispose pas de données représentatives pour les autres gestionnaires) :



Si la majorité des ouvrages est en bon état structurel, un tiers environ des ouvrages doivent faire l'objet de travaux. Il apparaît que 7 à 9 % des ouvrages ont une structure altérée nécessitant une réparation. Dans 1 à 2 % des cas (800 à 1600 ouvrages), une réduction de capacité portante est possible à court terme.

Pour les murs de soutènement, la situation est analogue, toutefois un peu moins favorable (environ 5 % en catégorie 4).

On ne peut bien évidemment pas tirer de conclusion sur l'évolution entre deux années consécutives, 2017 et 2018.

Les audits demandés par le ministère pour le Réseau Routier National

Pour définir la meilleure stratégie d'entretien possible, le ministère chargé des transports a commandé un audit à des bureaux d'études indépendants (Nibuxs et IMDM, Suisse). Leur rapport (2018), résumé ci-dessous, confirme l'importance d'une politique d'entretien préventive.

Soumis à d'intenses trafics et aux contraintes climatiques, le réseau routier national non concédé a fortement vieilli ces dernières années. La dégradation des chaussées et des ouvrages d'art est préoccupante.

Sur les 12 000 ponts que compte le réseau non concédé, un tiers nécessite des réparations. Le plus souvent, il s'agit de petites réparations afin de prévenir l'apparition de dégradations structurelles. Mais dans 7 % des cas (soit 840 ouvrages), les dommages sont plus sérieux, pouvant présenter à terme un risque d'effondrement et donc la forte probabilité de fermer préventivement ces ponts à la circulation des poids lourds ou de tous les véhicules.

Les réseaux des grandes agglomérations et les voies à caractéristiques autoroutières supportant des trafics de longue distance (par exemple, l'A31, l'A35 et la RN4 dans l'Est de la France) sont les plus fragilisés.

Accentuée depuis une dizaine d'années, la détérioration du réseau routier national non concédé reflète l'insuffisance des moyens consacrés à l'entretien et à la gestion du réseau.

Ces dix dernières années, l'État a consacré en moyenne 666 millions d'euros par an aux dépenses d'entretien et de gestion du réseau routier national non concédé. Ces montants étaient fluctuants d'une année sur l'autre et surtout insuffisants pour enrayer une dégradation de l'ensemble du réseau.

L'État français investit dans son réseau routier plus que ses voisins du sud de l'Europe, mais nettement moins que ses voisins du nord (Pays-Bas, Autriche, Suisse, Grande-Bretagne...). Par exemple, le Royaume-Uni consacre 80 000 euros par kilomètre et par an à son réseau, alors que la France se situe à un niveau proche de 50 000 euros.

À titre d'exemple, la somme consacrée à l'entretien des ouvrages d'art représente en moyenne 0,2 % à 0,25 % de la valeur à neuf des ouvrages. Selon certains experts internationaux (Suisse, OCDE), il faudrait un effort d'entretien quatre à sept fois supérieur (0,8 à 1,5 %) pour préserver un ouvrage (chiffres incluant il est vrai non seulement la structure, mais aussi les équipements).

Une politique d'entretien sous-dimensionnée implique à terme des coûts supplémentaires extrêmement élevés et des risques (sécurité, vie économique et sociale) dans certains cas « inacceptables » pour les citoyens.

- > « Effort zéro aujourd'hui, coûts exponentiels demain : si on continue à ne dépenser que 666 millions d'€ par an jusqu'en 2022, il faudra ensuite investir 1,3 milliards d'€ par an jusqu'en 2037 pour revenir à l'état actuel ».

Aspects techniques

On peut remarquer l'évolution des travaux des organismes du Réseau Scientifique et Technique du ministère chargé des transports, passant des ouvrages neufs à la maintenance des ouvrages anciens. Cette évolution remonte déjà à une bonne vingtaine d'années et se traduit par la production de rapports de recherche et de guides techniques sur le diagnostic et l'entretien. Aujourd'hui, les compétences techniques auxquelles on peut faire appel se situent au CEREMA, à l'IFSTTAR⁶ et dans quelques bureaux d'étude privés.

D'importants progrès ont été réalisés ces dernières années au sujet du comportement, de la durabilité et du vieillissement des matériaux : corrosion des câbles de précontrainte en acier, comportement des aciers par très grand froid, relaxation des aciers, fluage des bétons, alcali-réaction dans les bétons, réaction sulfatique interne des bétons, etc.

La modélisation mécanique et numérique a fait également de grands progrès et son application aux ouvrages existants s'est développée (ré-ingénierie). Toutefois, le contre-exemple de l'effondrement du pont de Minneapolis (2007, USA) - modélisation imparfaite, oubli de goussets déficients dans le modèle de vérification de l'ouvrage pourtant effectuée peu de temps avant l'accident - est là pour nous rappeler l'exigence de qualité que doivent satisfaire ces études complexes.

Les capacités offertes aujourd'hui par la technologie pour le diagnostic et la surveillance sont impressionnantes. De nombreux capteurs sont maintenant

⁶ Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

intégrés dès la construction dans les grands ouvrages et enregistrent en quasi-continu différents paramètres de l'ouvrage.

Exemples de capteurs :

Capteurs de déformation = extensomètres, accéléromètres, jauge de contraintes, cordes vibrantes

Capteurs de déplacement = inclinomètres, bathymétrie, GPS, GNSS.....

Capteurs de pression = cellules de pression

Capteurs acoustiques = détection de ruptures de câbles...

Capteurs environnementaux = piézomètres, station météo, anémomètres

On commence à envisager l'estimation de la durée de vie résiduelle d'un ouvrage à partir de l'analyse des « profils » obtenus à différentes dates (exploitation de *big data*). Cela concerne essentiellement des ouvrages exceptionnels et il faut bien sûr le prévoir dès la construction. Toutefois, des ouvrages plus modestes mais stratégiques sont de plus en plus éligibles à ces technologies.

Attention toutefois à la nature des capteurs et à leur interprétation (par exemple, on ne mesure pas une contrainte, mais une déformation qui permettra d'évaluer une contrainte grâce à un module élastique).

Un excès de capteurs peut être inutile voire contre-indiqué, si on ne sait pas ou si on n'a pas les moyens pour les interpréter. Il ne faut pas se cacher les difficultés de réalisation et d'interprétation des mesures qui nécessitent de faire appel à des sociétés ou organismes spécialisés pour être exploitées correctement.

L'instrumentation n'étant pas une fin en soi, des algorithmes sont développés qui permettent d'ores et déjà d'apprécier l'aptitude ou non au service et la détection de certaines pathologies qui échappent parfois au contrôle visuel.

Les données obtenues par l'instrumentation peuvent être utilement employées pour recalculer des ouvrages anciens conçus avant les Eurocodes, ce qui est le cas de plus de 50 % des ouvrages actuellement en service.

◦ ◦ ◦

Synthèse et avis d'IESF

Les différents éléments rassemblés ci-dessus montrent clairement que la situation des ponts routiers en France nécessite une attention soutenue dans le temps.

La première version de l'ITSOA date de 1979, une réflexion générale ayant été engagée après l'effondrement du pont Wilson sur la Loire. Elle demandait d'établir un inventaire à jour des ouvrages d'art du réseau routier national. Cette situation a bien progressé depuis mais il manque toujours des informations essentielles sur certains ouvrages anciens et sur une bonne partie des ouvrages des Collectivités territoriales.

Globalement, le risque d'effondrement d'un pont dans notre pays, comme celui du pont de Gênes, est très faible – même si une catastrophe peut toujours arriver – car les ouvrages d'art sont en moyenne bien suivis. Mais un grand nombre d'ouvrages sont dans un état peu satisfaisant pouvant entraîner à court terme leur fermeture partielle ou totale ou des restrictions de circulation dont le coût économique et social peut être difficilement supportable. (...)

DOCUMENT 7

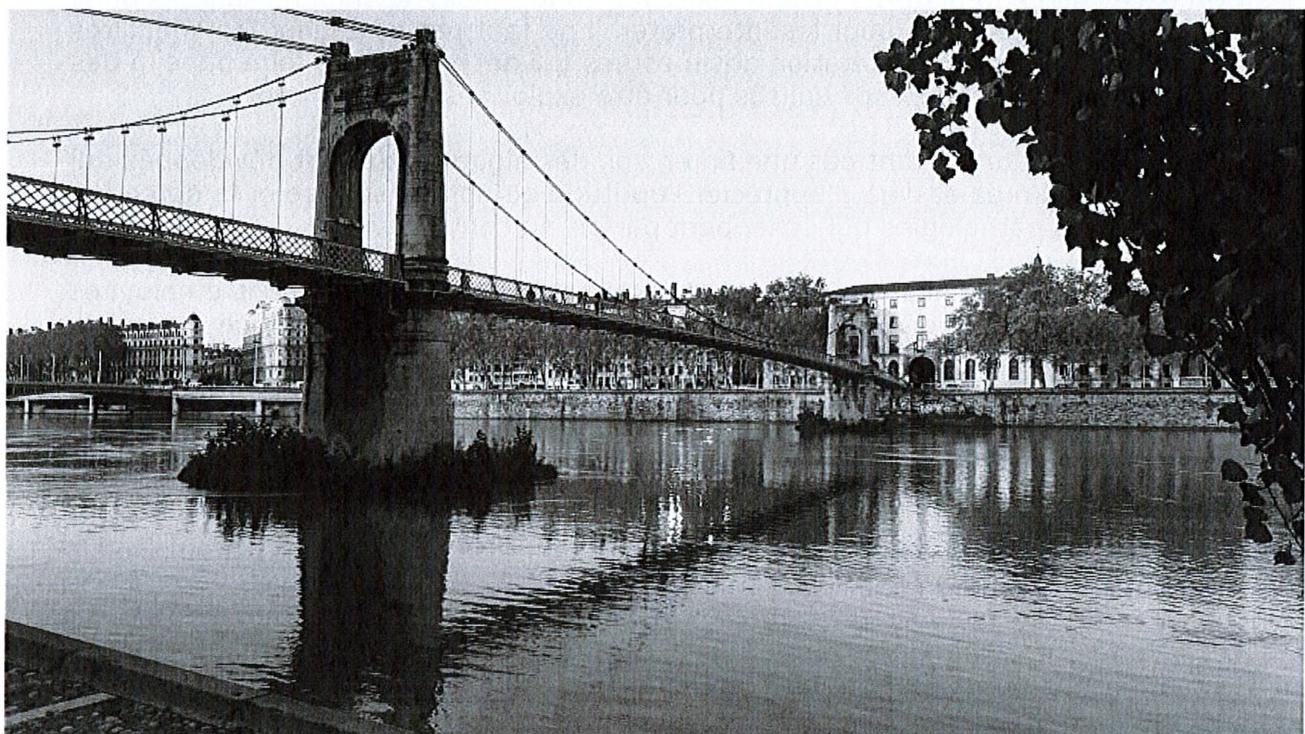


> Auvergne-Rhône-Alpes > actuLyon

Ponts de la métropole de Lyon : 186 structures « complexes » à surveiller de près

Après qu'un pont s'est effondré près de Toulouse (Haute-Garonne); tuant deux personnes. La métropole de Lyon (Rhône) a souhaité faire un point sur la surveillance de ses ponts

Publié le 19 Nov 19 à 18:10



La métropole de Lyon (Rhône) doit gérer près de 735 ponts, passerelles et trémies sur tout son territoire. (©FH / Actu Lyon)

Deux jours après la tragédie du pont suspendu situé en Mirepoix-sur-Tarn (Haute-Garonne), près de Toulouse, la métropole de Lyon (Rhône) a souhaité dresser un **bilan de maintenance des 735 ponts** dont elle a la responsabilité.

186 ponts « complexes »

La métropole de Lyon doit gérer aussi bien les ponts, les passerelles que les trémies qui traversent la Saône et le Rhône. Sur les 735 ouvrages d'art de franchissement, 186 sont considérés comme « complexes » et ont besoin d'une surveillance particulière.

Pour cela, plusieurs niveaux d'observation et maintenance sont déployés en fonction du pont, sa dimension ou sa complexité. Cela permet à la collectivité de suivre l'évolution de l'état de santé de ses ouvrages.

Les deux premiers échelons de surveillance

1^{er} niveau : sur l'ensemble de son patrimoine, les services réalisent régulièrement des contrôles visuels sur les parties des ouvrages accessibles sans moyens particuliers.

2^e niveau : des Inspections détaillées périodiques (IDP) sont réalisées – tous les 6 ans en moyenne – par des bureaux d'études spécialisés.

145 000 euros pour des inspections périodiques

Tous les ans, les services de la métropole réalisent 30 inspections notamment sur les ouvrages les plus anciens et dont l'état est le plus dégradé.

En 2018, le budget affecté à ces IDP était de 145 000 €. Lors de ces IDP, la totalité de l'ouvrage est alors examinée. A titre d'exemple, les piles immergées sont examinées par des équipes d'inspections subaquatiques spécialisées.

Pont de l'Île Barbe fragile en période de froid

Un troisième niveau de surveillance a été instauré pour les ponts très fortement dégradés et pour lesquels, une évolution rapide est possible, remarque la métropole dans un communiqué.

“Des visites régulières sont assurées par des bureaux d'études spécialisés (quotidiennement par exemple pour le pont de l'île Barbe en période de froid, annuellement pour le pont Bonaparte).

En revanche, pour les parties les plus fragiles des ouvrages, des capteurs peuvent être placés pour assurer une surveillance permanente (pont de Vernaison).

La surveillance annuelle pour le pont Bonaparte représente un budget de 5 000 €, celle du pont de l'île Barbe est de 70 000 € et l'investissement pour les capteurs installés sur le pont de Vernaison se monte à plus de 400 000€.

Travaux de réparation d'urgence

Si jamais, un pont est fragilisé et qu'il présente un danger pour ses usagers, la Métropole de Lyon est immédiatement informée par le bureau d'études et met l'ouvrage en sécurité en effectuant les travaux nécessaires en urgence.

En 2018, le pont de Couzon avait eu un problème de joint de chaussée. Le Grand Lyon avait alors enclenché sans attendre des travaux de réparation.