

## PRESENTATION DES TRAVAUX DU COMITE PONTS ROUTIERS DE L'AIPCR



### GILLES PIERRE

Inspecteur général f.f.

Département des Expertises techniques

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

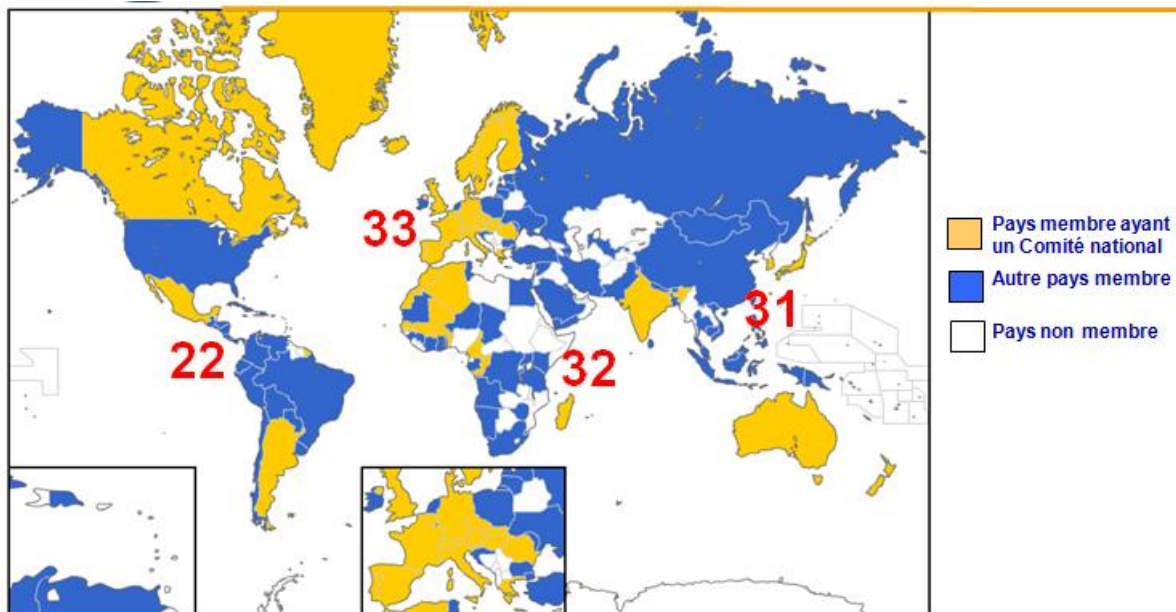
Tél. : 081/77 32 82

Fax : 081/77 38 00

Email : [pierre.gilles@spw.wallonie.be](mailto:pierre.gilles@spw.wallonie.be)

### Résumé

L'association mondiale de la route (AIPCR) a été créée en 1909 à Paris. Elle regroupe 118 pays.



Durant un cycle de 4 ans, des groupes de travail travaillent sur des enjeux bien définis. Au terme d'un cycle, des rapports sont rédigés souvent en 3 langues : français, anglais et espagnol. Ils sont disponibles sur le site : [www.piarc.org/fr/base-de-connaissances](http://www.piarc.org/fr/base-de-connaissances).

Durant le cycle 2008-2011, le groupe de travail ouvrages d'art a travaillé sur les enjeux suivants :

- Enjeu D.3.1 : Inspections et méthodes d'auscultation non destructives
- Enjeu D.3.2 : Evaluation de l'état des ponts routiers
- Enjeu D.3.3 : Méthodes d'entretien innovantes
- Enjeu D.3.4 : Gestion des ponts en service
- Enjeu D.3.5 : Adaptation au changement climatique

## **Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

---

Les éléments suivants peuvent être soulignés :

### Accréditation de l'inspecteur

Reconnaissant et comprenant que le processus d'inspection détaillée représente l'élément-clé pour récolter des informations relatives à l'état d'un parc d'ouvrages, il en résulte qu'une formation est essentielle pour accréditer les inspecteurs. Ce processus d'apprentissage, un cours théorique assorti d'une formation pratique, est considéré comme une exigence pour obtenir des données d'inspection cohérentes et récoltées par différentes personnes.

Il est recommandé de placer l'inspection détaillée des ponts sous la responsabilité d'un ingénieur civil expérimenté, qui fera appel à des techniciens spécialisés et des ressources externes disposant de l'expérience adéquate dans le domaine des ouvrages d'art. Le cours en tant que tel doit au minimum durer 2 jours et prévoir une formation pratique à l'inspection sur les sites des ponts. Pour atteindre une accréditation complète, il est recommandé d'accomplir l'inspection d'un certain nombre de ponts, de types différents, étape certifiée par les autorités de gestion des ponts compétentes. Une procédure de requalification est considérée comme obligatoire pour tout système de formation et d'accréditation, afin de garantir la continuité de la qualité du processus d'inspection.




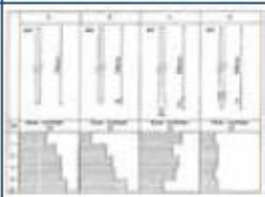


Dans un monde idéal, le processus d'inspection détaillée de ponts devrait être réalisé dans le cadre de compagnonnage. Cette méthode serait peut-être possible dans certaines circonstances, mais vu la vitesse et les contraintes du monde actuel, où l'on observe une croissance et un vieillissement du patrimoine d'ouvrages d'art et le déclin du financement d'entretien des ponts, elle n'est pas souvent praticable. C'est pourquoi un bon programme de formation à l'inspection détaillée, combiné à un contrôle continu de la qualité (tel qu'un audit) et un processus de requalification, est essentiel. Il est impératif de pouvoir faire confiance aux données techniques initiales introduites dans le processus de gestion, sur lesquelles d'autres personnes se baseront par la suite pour mener des analyses et prendre des décisions.

### Essais non destructifs

D'autres données d'inspection, en plus de celles fournies au cours de l'inspection visuelle détaillée, sont essentielles pour connaître l'état d'un parc d'ouvrages et prévoir les interventions adéquates visant à l'améliorer. Les contrôles non destructifs (CND) sont l'un des outils dont dispose l'inspecteur d'ouvrages d'art pour produire des informations fiables et quantitatives sur l'état réel du pont.

Des méthodes de CND recommandées ont également été proposées pour différents matériaux principaux, afin de résoudre les nombreux problèmes rencontrés sur les ponts ou durant leur construction. Cependant, il convient de noter que l'éventail de problèmes peut être assez large, et il est difficile de proposer une méthode qui s'attaquerait à tous les problèmes et situations. Bien que ces recommandations se basent sur l'évaluation de 22 réponses à un questionnaire et qu'elles visent à présenter les techniques les plus efficaces pour les essais non destructifs de différents éléments structurels, chaque organisation doit tenir compte de ses propres besoins en termes de coûts, de complexité, d'équipements d'essai en laboratoire, de fiabilité de données, d'accès à des experts techniques et de technologies spécialisées, de portabilité de l'équipement et de disponibilité directe des résultats.

**Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

TABLEAU 4a - COMPARAISON DE CND POUR LE BOIS DE CONSTRUCTION LOCALISATION DE LA DÉTÉRIORATION DU BOIS			
CND POSSIBLE		IMAGES	CND RECOMMANDÉ
CND	OBJECTIF		
Marteau	Détecte les vides		
Radars haute fréquence	Détecte les variations dans les matériaux, les vides ou les fissures	 	
Essai de pénétration	Évalue la résistance à un objet tranchant		
Test de défauts par ultrasons	Révèle les défauts matériels et les variations dimensionnelles		
Vitesse de transmission ultrasonique	Révèle les propriétés mécaniques		

Indépendamment des recommandations formulées et du choix pris par chaque organisation sur la base d'une évaluation de leurs besoins, il convient de garder à l'esprit que la plupart des méthodes de CND ne mesure pas directement les grandeurs recherchées mais se fonde sur un calibrage et une validation pour parvenir à des conclusions sur le plan structurel. La mise en œuvre réussie de toute technologie de CND nécessite le soutien du management, une formation intensive, un calibrage et un transfert de technologies. Ces considérations relatives à la mise en œuvre doivent être abordées de manière efficace si l'on veut recourir à un CND avec réussite. Par ailleurs, il faut reconnaître que de nombreuses méthodes de CND sont utilisées pour réaliser la cartographie d'un pont, pour en localiser les défauts, en permettant de définir les recommandations pour d'autres essais destructifs.

## **Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

---

### Évaluation d'état

L'évaluation de l'état de ponts est un constituant essentiel d'un système global de gestion des ponts. Si l'on comprend bien que le processus d'inspection détaillée est l'aspect-clé de la récolte d'informations sur l'état d'un parc d'ouvrages, la cotation d'un élément de pont est considérée comme essentielle pour déterminer l'état général d'un pont. Une approche standardisée pour évaluer l'état d'ouvrages fournit ainsi un cadre cohérent et logique pour permettre la prise des décisions de gestion et la communication des niveaux de service des ponts.

Les organisations doivent élaborer eux-mêmes une procédure d'évaluation d'état pour correspondre à leur utilisation des informations ; mais certaines recommandations générales ont tout de même été formulées. Les catalogues de défauts sont considérés comme le moyen le plus efficace pour garantir une attribution non ambiguë des états. Les états doivent uniquement être attribués aux éléments structurels majeurs, et les scores par élément doivent prendre en compte l'étendue et la gravité des défauts, ainsi que la progression des défauts (détérioration) et le niveau de service de l'élément en fonction. Il est recommandé d'adopter un système de cotation pour tous ces éléments, comprenant au maximum 5 scores pour évaluer l'état d'ouvrages. Une cotation générale calculée conformément à la somme pondérée de chaque élément noté est considérée comme la meilleure approche pour déterminer la cotation d'état globale.

Dans le contexte actuel de limitation des financements permettant de remplacer et d'entretenir un pont, il est important de disposer de données objectives permettant de prouver le déclin de la santé des ponts et de démontrer qu'un entretien périodique est le plus rentable sur le long terme. L'utilisation de cotations d'évaluation d'état permet de répondre à ces besoins. L'évaluation de l'état d'ouvrages d'art forme également les bases pour envisager des interventions et réaliser une estimation des coûts d'éventuels travaux de réhabilitation.

Il est important de se rendre compte que les données d'inspection compilées dans les milliers de rapports sont le résultat d'un jugement humain. Les inspecteurs de ponts jugent les niveaux de service, la stabilité et les performances structurelles d'éléments critiques pour attribuer des états aux ouvrages. C'est pour cette raison qu'il convient de garder à l'esprit que, bien que le score général déterminé par calcul semble objectif, il se compose en fait de plusieurs scores d'éléments qui sont subjectifs. Les principes sous-jacents à l'évaluation de l'état fournissent des bases solides pour faire progresser les connaissances dans la gestion de l'entretien des ouvrages. Cependant, l'utilisation de cotations globales ou par élément pour l'évaluation d'état doit toujours être uniquement vu comme un outil, qui doit être utilisé grâce à l'interprétation d'un ingénieur expert pour déterminer les activités de gestion de pont les plus efficaces.

### Grands ponts : techniques de gestion, d'évaluation, d'inspection et d'entretien innovantes

Les progrès récemment accomplis dans les matériaux en acier et en béton, ainsi que dans la connaissance des processus de vieillissement permettent d'envisager une durée de vie beaucoup plus longue que les cent ans habituellement fixés pour un ouvrage d'art. Mais pour cela, trois conditions doivent être remplies :

- une conception très soignée de l'ouvrage et un choix très minutieux des matériaux, en fonction d'une analyse des risques, intégrant les contraintes de gestion, notamment le remplacement de tous les composants dont la durée de vie est limitée ;
- une bonne exécution ;
- une approche moderne de la gestion du patrimoine et des techniques de surveillance offrant des informations précises sur les matériaux, les composants sur la santé structurale et sur le vieillissement.

Ces conditions sont remplies pour tous les ponts de grandes dimensions examinés dans cet article. De manière plus générale, les grands ponts constituent un patrimoine d'une grande valeur, géré dans une perspective d'avenir durable. En réalité, la notion même de cycle de vie est inadaptée à ces ouvrages, construits pour une durée presque illimitée.

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

---

Durant le cycle 2008-2011, le groupe de travail ouvrages d'art a travaillé sur les enjeux suivants :

- cycle 2012-2015
  - Enjeu 4.3.1 : Adaptation au changement climatique
  - Enjeu 4.3.2 : Nouvelles méthodes de réparation et de réhabilitation
  - Enjeu 4.3.3 : Gestion d'un parc d'ouvrages basée sur l'analyse de risques
  - Enjeu 4.3.4 : Estimation de la capacité portante d'un pont considérant ses défauts et déficiences.

Les éléments suivants peuvent être soulignés :

### Nouvelles méthodes de réparation et de réhabilitation

À l'issue de ce rapport, il semble que les problèmes de détérioration d'un pont les plus courants affectent les ponts de béton armé et précontraint, plus particulièrement des problèmes de corrosion. Bon nombre de ces problèmes se rapportent à des éléments de précontrainte internes mis en tension après bétonnage, ce qui s'explique par le fait que l'usage de cette technologie est très répandu dans le patrimoine des ponts de plusieurs administrations, qu'il est difficile d'observer des signes du début de la détérioration, et que les méthodes de remise en état ne sont pas faciles à trouver et à appliquer.

Dans le cas des ponts en acier, la fissuration par fatigue est devenue un problème plus important qu'anticipé à l'origine. Cette situation problématique se manifeste de plus en plus dans les structures vieillissantes.

Ce rapport présente en détail de nombreuses méthodes de remise en état. Même s'il ne s'agit que d'un survol partiel de la question se limitant aux 59 réponses reçues, on peut en tirer les conclusions suivantes.

- Augmentation des méthodes de véritable remise en état qui préservent les structures au lieu d'en remplacer des parties. La protection cathodique en est un bon exemple.
- Usage répandu de feuilles ou de bandes de polymère renforcé de fibres dans certains pays, avec parfois une mise en tension après bétonnage de ces éléments.
- Si le remplacement partiel d'éléments de béton demeure une nécessité, l'évolution de la technologie du béton offre différentes nouvelles options, comme du béton léger ou à haute performance, ou renforcé de fibres.

Les administrations responsables de la gestion des structures qui ont répondu à notre questionnaire utilisent déjà des méthodes innovatrices, mais ces interventions doivent devenir plus nombreuses et plus ambitieuses. Évidemment, une méthode n'est pas perçue comme étant innovatrice de la même façon partout dans le monde. Les réponses reçues ne témoignent pas nécessairement d'une tendance nationale de l'approche innovatrice. Il semble néanmoins normal que les méthodes innovatrices soient mises à l'essai surtout dans les pays industrialisés, où les projets de recherche et développement sont plus courants. Par ailleurs, il n'est pas possible de conclure qu'il existe des différences culturelles parmi les pratiques des différents pays.

Une vue d'ensemble de toutes les méthodes de remise en état fait clairement ressortir que l'évaluation de la qualité du produit ou de la méthode n'est pas encore assez répandue, et les ingénieurs de ponts devront développer cet aspect à l'avenir. Il ne s'agit cependant pas de l'aspect le plus important d'une méthode de remise en état et, la disponibilité, l'entretien et la sécurité sont des thèmes qui gagnent progressivement en importance.

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

---

Face à un problème de détérioration, l'ingénieur de ponts doit comparer différentes méthodes de remise en état et en choisir une. Dans la vaste majorité des pays, cette tâche relève de l'administration responsable du réseau routier. Dans quelques pays, par exemple les Pays-Bas, la tâche est confiée à l'entrepreneur chargé du projet de remise en état, à partir de critères de performance énoncés par l'organisme public.

L'analyse des problèmes de détérioration et la proposition de solutions devraient s'effectuer progressivement, en collaboration avec des spécialistes des matériaux et de l'aspect financier, pour produire plus souvent des analyses de coûts à long terme, même pour les projets de remise en état. Dans un avenir un peu plus lointain, un objectif sera d'inclure une analyse de cycle de vie (« du berceau au tombeau ») afin d'examiner l'impact global d'une intervention comparativement à une autre.

Dans le présent rapport, l'analyse des méthodes de remise en état tenait aussi compte de l'aspect financier, mais il a été difficile d'obtenir des données pertinentes. En premier lieu, les répondants au questionnaire ne semblaient pas se trouver en mesure de donner des renseignements financiers précis. Ensuite, compte tenu des différences pour les processus contractuels d'un pays à l'autre, il était difficile d'établir quels étaient les services effectivement inclus dans un prix, et donc d'effectuer une comparaison vraiment fiable.

Le prochain défi d'avenir consistera probablement à trouver des solutions techniques pour la mise à niveau de ponts existants. Cette thématique se manifeste déjà dans certains projets qui visent à augmenter le niveau de service d'un pont (plus de voies, capacité de charge accrue, etc.).

Il demeure également essentiel d'agir à la source du problème. Ainsi, un défi véritable et considérable, maintenant et pour le proche avenir, consistera à empêcher la pénétration de chlorures dans des éléments de pont en béton.

Toute cette information sur les problèmes de détérioration et les méthodes de remise en état est très importante pour les concepteurs de pont. Malheureusement, il s'écoule une période très considérable entre la construction d'un pont et l'apparition de processus de détérioration, ce qui prolonge la boucle de rétroaction à propos de l'efficacité d'une conception particulière. D'ici là, l'échange d'informations doit s'améliorer entre les concepteurs, les inspecteurs, les ingénieurs responsables de l'entretien et les gestionnaires de ponts.

Finalement, en présence d'un parc de ponts de plus en plus vieillissant qui exige une remise en état, l'ingénieur de ponts doit regarder au-delà des méthodes d'intervention standards et être de plus en plus ouvert à faire appel à des pratiques innovatrices, en faisant appel à des méthodes d'évaluation fiables. Ce défi semble le même partout dans le monde.

### Estimation de la capacité portante

Quelques pays ont rédigé des normes/directives/manuels pour l'estimation de la capacité portante des ponts.

Dans la procédure d'inspection d'un pont il y a plusieurs déclencheurs qui mènent à l'évaluation de la capacité portante. Ils incluent :

- un changement dans la charge permanente;
- une détérioration ou une faiblesse identifiée lors de l'inspection;
- une mesure d'urgence.

**Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

La prise en compte des résultats d'une inspection visuelle est variable dans l'estimation de la capacité portante.

Aux Etats-Unis, les données de l'inspection visuelle sont analysées par un ingénieur qui réalise l'estimation par calcul et qui ensuite définit des inspections complémentaires à faire sur site.

Certains pays n'utilisent que les résultats des inspections détaillées, voire un essai de chargement.

Plusieurs pays utilisent les données provenant de l'inspection visuelle en appliquant des indices d'état aux éléments du modèle de calcul du pont pour déterminer la capacité portante.

Pour appréhender la sollicitation du trafic, plusieurs pays collectent ces données par des mesures de terrain : pesage dynamique (WIM), balances statiques, positionnement des voies de circulation

Dans tous les pays, le jugement de l'ingénieur est essentiel pour déduire des dégradations la capacité portante résiduelle. La formation de ces ingénieurs est donc essentielle.

Gestion d'un parc d'ouvrages basée sur l'analyse de risques

L'analyse de risques commence à être prise en compte dans la gestion d'un parc d'ouvrages.

Les risques peuvent être variés suivants les pays : vulnérabilité au sens large, séisme, inondations, incendie, vent latéral, ...

La méthodologie française passe pour être une des plus développées.

Elle se base sur 3 notions :

- aléa : événement potentiel pouvant affecter la structure;
- vulnérabilité : sensibilité de la structure à cet aléa;
- conséquence : effet de la survenance d'un aléa sur la structure.

La combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité permet de définir une matrice de criticité.

Criticality matrix	Vulnerability					
	Hazards	Low	Medium	Acceptable	High	Very high
Low		C1	C1	C2	C3	C3
Medium		C1	C2	C2	C3	C3
Strong		C2	C2	C3	C3	C4
High		C3	C3	C3	C4	C4
Very high		C3	C3	C4	C4	C4

**Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

---

La combinaison de la criticité avec les conséquences permet de définir la matrice de risque :

Risk matrix	Criticality			
Consequences	Low	Medium	High	Very high
Normal	R1	R1	R2	R3
High	R1	R1	R2	R3
Very high	R1	R2	R3	R3

L'analyse de cette matrice va permettre de prendre des mesures pour réduire les niveaux de risques, pour implémenter une instrumentation, pour réaliser des travaux de renforcement.

Le rapport décrit l'application de cette méthode à un parc de 117 ponts à poutres isostatiques (VIPP).

Par ailleurs cette méthode peut aussi être utilisée en considérant le changement climatique comme un risque.