

Article pour PCM N° 892 Août – Septembre 2018

LA MAINTENANCE DES OUVRAGES D'ART : UN PRIX A PAYER

Par Bruno GODART

Président de l'Association Française de Génie Civil (AFGC)

Directeur Adjoint International du Département « Matériaux et Structures » de l'IFSTTAR

A Gênes, Le mardi 14 août 2018 en fin de matinée, s'effondrait une partie du viaduc de Polcevera, sur l'autoroute A10 qui relie la France à l'Italie, viaduc plus connu sous le nom de Pont Morandi du nom de son concepteur, provoquant la mort de 43 personnes. Construit de 1962 à 1967, ce pont à haubans à travées multiples avait déjà fait et faisait l'objet de réparations. En effet, entre 1992 et 1994, les 4 haubans d'un des 3 pylônes (le pylône n°11 situé en extrémité du viaduc) furent renforcés par des câbles additionnels avec transfert progressif de tension, en raison de corrosion détectée dans les câbles d'origine [1]. Les haubans du pylône n°9 qui s'est effondré ne semblent pas avoir fait l'objet de renforcement. Morandi lui-même reconnaissait dans un article de 1979 que le viaduc de Polcevera était dans un environnement particulièrement agressif en raison des embruns marins et de fumées industrielles et il avait déjà constaté de la corrosion à cette époque sur son ouvrage [2].



Effondrement d'une partie du pont Morandi à Gênes (Photo AFP – Valery Haché)

Bien qu'il faille attendre les conclusions de la commission d'enquête italienne pour connaître les raisons de l'effondrement, l'hypothèse que l'on peut émettre à ce jour pour l'amorçage de la rupture, hypothèse étayée par les récits de quelques automobilistes qui ont assisté à la totalité de l'effondrement, est la rupture d'un hauban (ou tirant) en béton précontraint, vraisemblablement par corrosion des armatures de précontrainte. Dans la mesure où le type de haubanage du pont Morandi n'a aucune redondance, une rupture d'un hauban provoque une flexion avec torsion de la travée haubanée qui s'affaisse d'un côté et qui peut soit permettre un échappement de la travée médiane supportée, soit provoquer la rupture du second hauban qui lui est parallèle et entraîner la rupture de la travée haubanée : le déséquilibre est alors tel que le pylône ne peut résister et s'effondre à son tour.

A ce stade, on peut donc mentionner que le pont Morandi à Gênes était une structure qui manquait globalement de robustesse et notamment en matière de haubanage, ce qui rendait bien difficile la maintenance d'un tel ouvrage. La maintenance était-elle bien adaptée et suffisante ? L'enquête le dira, mais cet effondrement, comme celui en 2006 du viaduc de la Concorde à Montréal qui présentait une mauvaise disposition des armatures de cisaillement au niveau d'un joint cantilever, ou celui en 2007 du pont de l'I 35 sur le Mississippi à Minneapolis qui présentait quelques goussets d'assemblage métallique sous-dimensionnés, pose la question du prix à payer pour une maintenance en toute sécurité de ponts qui présentent des « faiblesses » de construction.

Au cours des 60 dernières années, les pays d'Europe de l'Ouest ont construit des infrastructures routières majeures pour pouvoir faire face à l'accroissement considérable du trafic routier. Maintenant que les réseaux routiers des pays européens, comme d'une manière plus générale ceux des pays développés, ont atteint un niveau de performance appréciable, la plupart de ces pays est confrontée à un vieillissement des infrastructures et à une évolution des conditions d'exploitation des ouvrages d'art qui posent de manière accrue le problème de leur maintenance sur le long terme. La gestion des ouvrages d'art devient ainsi une préoccupation partagée par un nombre croissant de collectivités propriétaires de ces ouvrages [3].

En France, depuis de nombreuses années, les ponts situés sur les réseaux routiers majeurs sont soumis à une augmentation du trafic lourd (au détriment du fret ferroviaire et du transport fluvial), à une augmentation du poids des camions dont certains excèdent malheureusement le poids autorisé, ainsi qu'aux conséquences indirectes de l'évolution du trafic comme en témoignent l'accroissement du nombre de chocs de camions contre les appuis et les tabliers de ponts, ou l'augmentation du nombre d'incendies affectant les infrastructures. Par ailleurs, l'utilisation intensive de fondants en hiver (« sels de déneigement ») réduit la durabilité de ces structures en favorisant la corrosion des aciers et l'écaillage des bétons. Il n'est ainsi pas rare d'observer que certains ouvrages montrent des signes importants de dégradation après seulement quelques décennies de service. Ces désordres aboutissent à augmenter la fréquence des réparations et peuvent générer une baisse de la capacité portante des ouvrages qui oblige à devoir limiter le trafic.

La maintenance des ouvrages d'art devient donc un enjeu important pour l'économie des pays développés. Elle nécessite la conception d'un Système de Gestion des Ouvrages d'Art qui a pour objectifs principaux, classés par ordre d'importance, de : (i) garantir la sécurité des usagers et des tiers, (ii) assurer un niveau de service donné (modulable en fonction des itinéraires), (iii) conserver le patrimoine à long terme. Ce système est relativement complexe puisqu'il se compose d'un ensemble de procédures incluant les méthodes, les modèles analytiques, les outils informatiques, les processus organisationnels et les bases de données nécessaires à sa mise en oeuvre. Il agit généralement à deux niveaux : le niveau du « projet » ou niveau de *l'ouvrage* individuel, pour lequel la gestion a un caractère essentiellement technique, et le niveau du *réseau*, où la gestion a davantage un caractère économique et politique. De fortes interactions existent nécessairement entre ces deux niveaux de gestion.

En France, une instruction du gouvernement aux services de l'Etat : l'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) est le texte de référence utilisé par la plupart des gestionnaires de parcs d'ouvrages d'art routiers. La SNCF, la RATP ou d'autres propriétaires comme ceux possédant des ouvrages de génie civil pétroliers et gaziers, ont leur propre instruction, qui se réfère elle-même souvent à l'ITSEOA.

Penchons-nous un peu sur la situation dans notre grand pays voisin qu'est l'Allemagne. L'examen de l'état des ponts du réseau national (fédéral) qui sont au nombre de 39 440 pour une surface de tablier de 30,5 millions de m² et une évaluation patrimoniale de 60 milliards d'euros, montre que depuis 2005 la surface de ponts en très bon état et en bon état diminue (de 18 à 12 % du parc), que la surface de ponts jugés en état satisfaisant ou suffisant augmente (de 67 à 76 %) et que la surface de ponts en état inadéquate ou non satisfaisant diminue (de 15 à 12 % du parc) [4]. Ces statistiques, qui résultent déjà d'un certain effort de maintenance conduit au cours des dernières années, masquent la nécessité de remplacer de grands ouvrages comme le pont haubané de Leverkusen sur l'autoroute A1 franchissant le Rhin à Cologne (pont à dalle orthotrope mis en service en 1965, victime de la fatigue et interdit aux poids lourds depuis 2014) et le pont de Duisbourg-Neuenkampff de l'autoroute A40 sur le Rhin [3], et surtout les 38 grands viaducs en béton précontraint de l'autoroute A45 qui franchissent les nombreuses vallées situées dans le Siegerland entre Dortmund et Francfort. Le coût de reconstruction de ces viaducs de l'A45 est estimé à 1,3 milliard d'euros, dont notamment le « Siegtal Brücke » de longueur 1053 m mis en service en 1969 (soit après seulement 50 ans de durée de vie), et représente un projet gigantesque et complexe pour le ministère des Transports allemand.

Si l'Allemagne a considérablement augmenté son budget consacré à la maintenance des routes fédérales au cours des dernières années, ce budget va continuer à augmenter puisqu'il devrait passer de 3,3 milliards d'euros en 2016 à 4,2 milliards d'euros en 2020 [5]. La part de ce budget consacrée aux ouvrages d'art est actuellement de 36 % et devrait croître à environ 43 % après 2020. Afin d'accélérer les travaux de renforcement du réseau fédéral, un programme de modernisation des ponts a été lancé en 2015 ; ce programme spécial concerne des opérations de renforcement de grands ponts à plus de 5 millions d'euros par pont, et le budget global de ce programme devrait évoluer de 450 millions d'euros en 2016 à 780 millions d'euros en 2020. A cela s'ajoute un budget de 100 millions d'euros pour des renforcements de ponts plus courants.

Si l'on s'intéresse à présent à l'état du réseau routier national français non concédé, réseau qui comporte 12 000 ponts pour une surface de 5 500 000 m², la démarche « Image Qualité des Ouvrages d'Art du réseau routier national (IQOA) », mise en œuvre depuis 1994 sur les ponts [6], et depuis 2006 sur les murs de soutènement, permet d'évaluer l'état des ouvrages d'art du réseau routier national non concédé à l'issue d'une visite des différentes parties de l'ouvrage et à partir de catalogues de désordres. Ceci permet de classer les ouvrages suivant leur état et d'identifier ceux susceptibles de poser des problèmes structurels. Un tiers environ des ouvrages est visité et « classé » chaque année.

En examinant les données IQOA des ponts en termes de surface entre 2007 [7] et 2016 [8], et en les corrigeant des ouvrages non évalués, on se rend compte qu'en l'espace de 9 ans, le pourcentage de ponts nécessitant des réparations urgentes a diminué de 3 à 1 %, le pourcentage de ponts ayant besoin de réparations structurelles est resté stable à 11 %, le pourcentage de ponts nécessitant un entretien spécialisé urgent est passé de 32 à 35 %, le pourcentage de ponts ayant besoin d'un entretien spécialisé est passé de 44 à 48 % et celui des ponts en bon état de 10 à 5 %. A noter que si les tunnels sont globalement en bon état, les murs de soutènements sont globalement en plus mauvais état que les ponts avec un « taux d'ouvrages préoccupants » proche de 5 %.

Si l'effort volontairement mené pour réduire la quantité de ponts en demande de réparation urgente s'est révélé positif, le « baromètre IQOA » met en évidence une dégradation générale du reste du parc. C'est ce que confirme l'audit réalisé par Nibux et IMDM pour le compte du ministère français chargé des Transports, qui pointe également une dégradation de l'état des chaussées et des équipements. Au cours de ces 10 dernières années, l'Etat a consacré en moyenne 666 millions

d'euros par an à l'entretien et à la gestion du réseau routier national non concédé ; sur la base des données de 2015 [9], 51 millions d'euros ont été consacrés à la maintenance des ouvrages d'art (19 M€ pour l'entretien et 32 M€ pour les réparations), sans prendre en compte les 70 millions d'euros dédiés à la mise en sécurité des tunnels.

La comparaison avec nos voisins allemands est assez instructive ; ces derniers consacrent environ 1 200 M€ pour une surface de ponts de 30 Mm² (soit 40 € / m²), alors qu'en France nous dépensons 52 M€ pour une surface de ponts de 5,5 M m² (soit 10 € / m², mais ce ratio monte à environ 20 € / m² si l'on considère les ponts et les tunnels). Ce type de comparaison est évidemment à analyser plus en détail, car ce ratio de dépense au m² dépend de la conception et de la qualité d'exécution des ouvrages à l'époque de la construction, du contexte économique du pays, des sollicitations (trafic...), du relief, des conditions climatiques, etc., mais un tel écart reste néanmoins significatif.

Un autre ratio moins dépendant des conditions locales est le rapport entre le coût de maintenance annuel du patrimoine et sa valeur à neuf ; ce ratio est actuellement d'environ 0,3 % pour les ouvrages d'art du réseau national français non concédé, valeur en baisse par rapport au taux de 0,5 % qui était en vigueur en 1998 [10], et qui reste nettement inférieur au taux de 1 % recommandé par l'OCDE et au taux appliqué en Allemagne.

Tous les chiffres convergent donc pour conclure que le parc des ouvrages d'art du réseau routier national français non concédé souffre globalement d'une insuffisance de moyens consacrés à la maintenance. On est d'ailleurs encore dans une politique de gestion *curative* et on ne s'est pas encore décidé à développer une politique de gestion *préventive* qui nécessite de dégager des moyens au-delà du curatif. Et pourtant des outils existent pour essayer d'estimer les besoins nécessaires en coût de maintenance, comme par exemple l'approche développée par A. Orcesi et C. Cremona [11] qui permet de quantifier avec une certaine précision les coûts de maintenance à allouer, soit chaque année, soit sur une période donnée, et qui permet aussi d'avoir une vision globale du patrimoine et de donner la possibilité au gestionnaire d'avoir une vision sur le long terme de l'évolution de son parc d'ouvrages en fonction des politiques qu'il va appliquer.

Vu la surveillance bien organisée dont font l'objet les ouvrages du réseau routier national, le premier des risques encourus par suite d'une maintenance insuffisamment dotée est de se retrouver contraint à limiter la circulation, voire à « fermer » des ouvrages et à reporter le trafic ailleurs.

A l'occasion des Assises nationales de la mobilité de fin 2017, la ministre chargée des transports Elisabeth Borne a rappelé les deux axes de la politique de l'Etat : « *développer de nouvelles solutions de mobilité et redonner aux mobilités traditionnelles un modèle soutenable* ». Il ne peut en effet y avoir de mobilité sans une infrastructure durable, et cela passe par une maintenance adéquate du patrimoine.

REFERENCES :

[1] P. G. Malerba (2014) - Inspecting and repairing old bridges: experiences and lessons, Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance, 10:4, 443-470, DOI: 10.1080/15732479.2013.769010

[2] R. Morandi (1979) - The long term behaviour of viaducts subjected to heavy traffic and situated in an aggressive environment : the viaduct on the Polcevera in Genoa. IABSE reports of the working commissions -Volume 032 (1979), ETH Zürich.

- [3] B. GODART (1999) - La gestion des ouvrages d'art dans les pays développés. - Annales des Ponts et Chaussées, n° 90, Juillet 1999, pp12-18.
- [4] G. Marzahn (Federal Ministry of Transportation and Digital Infrastructure, Head of Unit StB 17) (2016) - Bridge Renovation in Germany. - Journées Techniques Ouvrages d'Art Ifsttar/Cerema (<http://joa.ifsttar.fr/editions-precedentes/joa-edition-2016>)
- [5] Y.-C. Gunreben (Federal Ministry of Transportation and Digital Infrastructure, Deputy-Head of Unit StB 17) (2018) – The German Leverkusen Bridge – Impacts of Deficiencies. - RGRA N° 952 February-March 2018,
- [6] Y. ROBICHON, Ch. BINET, B. GODART. - "IQOA" : Evaluation de l'état des ponts pour une meilleure politique de maintenance. - XXème Congrès mondial de la route de l'AIPCR, Montréal, 1995.
- [7] SETRA - IQOA – PONTS Campagne d'évaluation 2007. Dossier national, juin 2008
- [8] <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/louverture-des-donnees-du-reseau-routier-national>
- [9] Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer, Direction des infrastructures de transport, Entretien et exploitation du réseau routier national non concédé - Rapport d'activité 2015.
- [10] B. GODART (2003) – Les outils de gestion d'un parc d'ouvrages d'art. – Annales du Bâtiment et des Travaux Publics, Nov.-Dec. 2003, N°5-6, pp 28-38.
- [11] A. Orcesi et C. Cremona - Optimisation de la gestion des ponts en béton armé par chaînes de Markov. BLPC • n°265 • oct/nov/déc 2006, pp19-33.