

PRISE EN COMPTE DU CYCLE DE VIE DANS LES PARTENARIATS PUBLIC-PRIVÉ ET LES CONCESSIONS EXEMPLE DU PONT DE RION ANTIRION

Alexandre CHAPERON, Gilles HOVHANESSIAN

ADVITAM S.A.S.

Aris STATHOPOULOS-VLAMIS

GEFYRA S.A.

1. INTRODUCTION

1.1. Engagements et objectifs d'une concession

Une concession représente l'engagement que prend une administration à laisser une personne privée opérer un patrimoine, sur une durée et sous des conditions fixées à l'avance, en échange d'une délégation de services. Dans la majeure partie des cas, ces services incluent la construction du patrimoine, le maintien en état de la structure et des équipements auxiliaires qui permettent sa gestion (bâtiments, réseaux, postes de péages, etc.). Une concession est donc un engagement réciproque entre l'état et une entité extérieure à l'administration, et peut varier selon les cas connus entre 30 ans et 75 ans dans le domaine des constructions de génie civil.

Cet engagement réciproque est caractérisé par :

- Sa durée
- Un niveau minimal de service ou de sécurité
- L'état dans lequel le patrimoine doit être rendu au moment du transfert à l'état
- Les tarifs appliqués

1.2. Aspects financiers

Pour le concessionnaire, les deux variables principales d'une concession qui restent actuellement difficilement rationalisables, et doivent être approximés, sont :

- du côté des recettes, le trafic ou taux d'utilisation de la concession,
- du côté des dépenses, le coût du maintien en état de la structure et de ses équipements.

Les équipements sont en général des produits industriels, et pour lesquels le retour d'expérience permet d'apprécier assez justement la durée de vie et le coût de maintien. En revanche, l'appréciation du coût de maintien de la structure n'est quand à lui pas soumis à la loi des grands nombres, et il est nécessaire de faire appel à des notions relativement nouvelles pour rationaliser ce calcul. Une fois le patrimoine construit, l'objectif est de réduire au maximum les dépenses à long terme, tout en assurant les engagements du concessionnaire.

Le taux d'utilisation, quand à lui, dépend également du taux de disponibilité de la structure, donc du niveau de maintenance et d'entretien.

Pour le concessionnaire, l'optimisation des dépenses – ou du manque à gagner – doit passer par une analyse du patrimoine prenant en compte les cycles de vie dans le génie civil, et plus particulièrement à partir de la phase d'exploitation, afin de rationaliser les coûts d'entretien et de maintenance, réduire ces coûts sur le long terme, et enfin réduire l'impact des détériorations structurelles et des opérations de maintenance sur la disponibilité de la structure.

2. LE CYCLE DE VIE D'UNE STRUCTURE

2.1. Définitions

Le cycle de vie d'une structure comporte 5 phases : la conception, la construction, l'exploitation, la maintenance et le démantèlement. Nous nous intéressons ici plus particulièrement aux phases d'exploitation et de maintenance, qui se déroulent sur de longues périodes, tandis que les autres phases sont « ponctuelles » en comparaison.

2.2. Outils d'appréciation du cycle de vie

Apprécier le cycle de vie d'une structure revient à apprécier le cycle de vie de chacun de ses composants. Advitam a développé une méthode d'analyse structurelle basée sur ce principe, ainsi sur les principes généraux d'analyse des risques provenant des domaines industriels et militaires.

A ce titre, l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), outil de sûreté de fonctionnement et de gestion de la qualité, est la méthode la plus adaptée, tant par sa démarche structurante et déductive, que par son exhaustivité : Chaque composant possède une ou plusieurs fonctions, maintenues au cours de son opération. Un composant arrive en fin de vie lorsqu'il ne remplit plus sa fonction et qu'il a été décidé de ne pas le réhabiliter (remplacement ou suppression).

L'appréciation de la durée du cycle de vie des composants du le génie civil est approximative, néanmoins vouée au bon sens. La connaissance des pathologies des structures (simples ou complexes, visibles ou invisibles), permet de positionner assez précisément chaque composant sur son cycle de vie.



Calcul du coût de cycle de vie basé sur le coût de chacun des composants

Méthode : B. Yanev - Executive Director, Bridge Inspection & Bridge Management Bureau of Bridges, New York City Dot, Adjunct Professor Department of Civil Engineering Columbia University

La méthodologie développée et employée par Advitam reprend également ce principe, en y intégrant l'ensemble des phénomènes pouvant altérer le fonctionnement de la structure, au regard des priorités du concessionnaire.

2.3. Paramètres d'appréciation

Le fonctionnement de la structure représente sa capacité à remplir sa fonction : généralement assurer un trafic en toute sécurité, sans dégager de coûts de maintenance exorbitants. Le fonctionnement d'une structure est en effet lié aux priorités du concessionnaire et aux engagements fixés par l'état.

Il existe plusieurs catégories de phénomènes pouvant altérer ce fonctionnement:

- Le vieillissement naturel des matériaux constitutifs de la structure dans leur environnement
- Les phénomènes structurels (retrait, fluage, accommodation de la structure)
- Les événements exceptionnels, comme les séismes, les tempêtes, les collisions de véhicules
- Les conséquences des défauts de construction (insuffisances structurelles locales, ou simplement aléas de chantier)

- 2 Prise en compte du cycle de vie dans les partenariats public-privé et les concessions. Exemple du pont de Rion-Antirion
Alexandre Chaperon, Gilles Hovhanessian (Advitam S.A.S.), Aris Stathopoulos-Vlami (Gefyra S.A.)

- Les mouvements de terrain
- Le vieillissement des équipements structuraux (appareils d'appui, joints d'expansion, amortisseurs, etc...)

Chacun d'entre eux participe d'une façon qui lui est propre à l'altération de la structure dans le temps.

Les priorités du concessionnaire peuvent être, quand à elles, d'ordres bien différents :

- Economie financière
- Tenue structurelle
- Sécurité des utilisateurs
- Impact environnemental
- Esthétisme
- Impact médiatique
- Etc...

L'analyse développée par Advitam intègre l'ensemble ces notions sur une échelle commune, liée au temps moyen de détérioration des éléments, et permet de mettre en place des indicateurs pertinents de la position de chaque élément de l'ouvrage sur son cycle de vie. Ces indicateurs sont basés sur un plan inspection visuelle, ou sur les données fournies par une instrumentation lorsque l'inspection visuelle ne permet pas d'évaluer le phénomène souhaité.

Les avantages de ces indicateurs sont qu'ils remplissent, bien sûr, les fonctions habituelles de l'inspection et de l'instrumentation, mais aussi qu'ils assurent l'exhaustivité de la surveillance au regard de l'appréciation du cycle de vie de l'ouvrage.

Chaque donnée est alors importante, et sur une concession étendue, il est nécessaire d'informatiser leur gestion pour pouvoir les traiter avec une vision d'ensemble.

3. OUTILS PRATIQUES DE RÉCUPÉRATION ET DE PRISE DE COMPTE DES DONNÉES

Des outils informatiques ont été mis en place sur le pont de Rion-Antirion afin de relever et de gérer l'ensemble des données pertinentes et inhérentes à la gestion technique de la structure. Ces données incluent celles qui sont relevées lors des inspections, et celles qui sont relevées par l'instrumentation en temps réel de l'ouvrage.



Le Pont de Rion-Antirion, Grèce
www.gefyra.gr

3.1. Inspections

L'ensemble des inspections sont gérées par le Manuel d'Inspection et de Maintenance de l'ouvrage, dont le contenu dépend directement des résultats de l'analyse. Entre autres, ce manuel décrit précisément :

- Les inspections périodiques, de fréquence variables et adaptées à l'ouvrage et à son vieillissement, et visant à caractériser l'évolution (en termes structurels) de chacun des composants de l'ouvrage
- Un programme parallèle d'inspections visuelles permettant d'évaluer l'impact sur la structure des aléas rencontrés lors de la construction
- Les inspections visant à évaluer l'état de l'ouvrage après des événements exceptionnels majeurs : séismes, tempêtes, collisions de véhicules, incendies, etc...

Ces trois types d'inspection visent à mieux connaître l'état de l'ouvrage et sa cinétique de détérioration. Elles génèrent une quantité importante de données.

Les relevés sur l'ouvrage sont réalisés de manière électronique. Un support (tablette graphique), permet de dessiner précisément les défauts de l'ouvrage et de leur affecter des caractéristiques et des photos. L'état visuel de l'ouvrage est donc mis en base de données dès l'inspection.

Par ailleurs, les défauts sont pris dans une base de connaissance cadrée et formatée, ce qui offre par la suite des possibilités de synthèse.

Enfin, les inspecteurs remplissent des fiches d'inspection, ou check-lists informatiques, afin de donner des précisions sur chacun des éléments.

Lors de l'analyse ultérieure, il est alors possible :

- De comparer l'état de chaque élément structurel entre deux inspections successives, et d'en établir la cinétique de vieillissement
- De comparer entre eux les vieillissements d'éléments similaires sur l'ouvrage

Ces inspections informatisées sont réalisées depuis la fin de la construction de l'ouvrage, en 2004, et offrent déjà un bon nombre d'informations sur la cinétique globale de vieillissement des matériaux, l'impact de l'accommodation structurelle des premières années, ainsi que celui des aléas de construction.

Au fur et à mesure que la base de données se complète, il devient possible de réaliser des prévisions sur la maintenance préventive ou corrective de l'ouvrage, et de valider les hypothèses faites au début du projet. Des réajustements peuvent alors être prévus, de manière générale en optimisant les travaux d'inspection et de maintenance sur l'ouvrage.

Il est à noter que, pour des ouvrages plus courants mais nombreux, ce fonctionnement a été également adopté par la ville de New York, qui travaille sur l'estimation de la durée et des cycles de vie de ses ouvrages, en s'appuyant sur un système de relevé et de traitement informatique et cadré des données d'inspection.

Les inspections visuelles offrent une bonne vision de l'état général de l'ouvrage, mais ne permettent pas de contrôler directement son fonctionnement structurel. C'est pourquoi une instrumentation en temps réel a été également mise en place

3.2. Instrumentation en temps réel

L'instrumentation intervient en complément des inspections visuelles. Cette complémentarité a été définie au cours de l'analyse des risques initiale. Ses objectifs sont les suivants :

- Fournir des données sur le vieillissement de l'ouvrage là où les inspections visuelles ne sont pas suffisantes
- Etablir des lois de fonctionnement structurel de l'ouvrage, et en détecter les dérives
- Réduire, voire faire disparaître, les temps d'interruption du trafic après un séisme ou une tempête, en fournissant en temps réel des données synthétiques sur l'état de l'ouvrage

Les données de l'instrumentation sont récupérées et traitées en parallèle des données d'inspection.

4. CONCLUSION

A l'heure actuelle, la problématique de l'estimation des durées de vie et des coûts des ouvrages, basée sur une meilleure connaissance des cycles de vie, est un sujet qui se développe très rapidement. Les grands groupes français et européens de concessions intègrent dès la conception, et de manière quasi-systématique, une analyse du coût de cycle de vie basée sur une décomposition de leur patrimoine, et mettent en place les méthodes et outils qui permettront d'optimiser ce coût.

Selon notre expérience, cette approche est maintenant également intégrée en Russie, et aux Etats-Unis, en particulier au travers de travaux fédéraux, ainsi qu'au niveau de quelques états. En Asie, cette approche reste ponctuelle.

La connaissance des processus et des durées de vieillissement des ouvrages, et l'intégration des cycles de vie de ses composants, est donc une science en devenir. Si elle permet d'une part d'améliorer la gestion structurelle des concessions, elle permet d'autre part d'offrir un niveau de maîtrise et de sécurité supérieur.