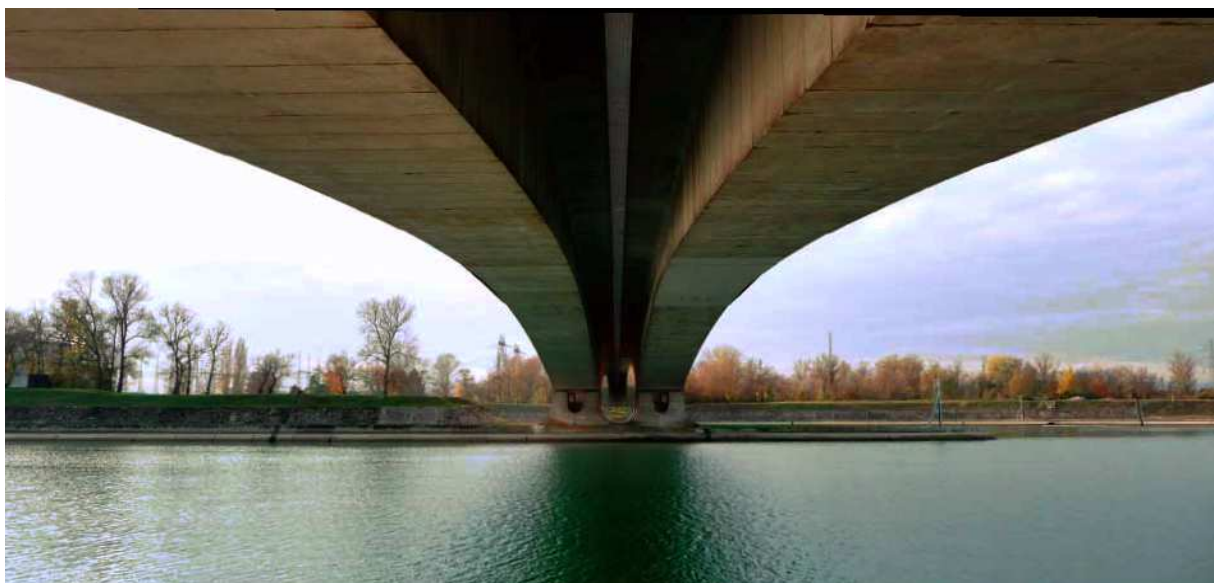


5 décembre 2013 à Metz

Ouvrages d'art : un patrimoine à gérer



Afin d'échanger sur les enjeux et sur les pratiques actuelles de gestion des ouvrages d'art, ainsi que sur les nouveaux outils d'aide à la programmation des actions de surveillance et d'entretien, le CETE de l'Est, avec la COTITA Est et l'AFGC ont organisé à Metz le jeudi 5 décembre 2013, une journée technique sur le thème «Ouvrages d'art : un patrimoine à gérer».

Rappel du programme de la journée

Matinée animée par Freddy Cuzzi

Conseil Général de Meurthe-et-Moselle

9h00 : Accueil des participants à l'ENIM

9h30 : Ouverture et présentation de la journée

Hervé Mangnan - Directeur du CETE de l'Est

Pierre Chevrier - Directeur de l'ENIM

9h45 : La gestion du patrimoine aujourd'hui : pourquoi ? comment ?

Les enjeux de la gestion du patrimoine

Rafaël Ortiz - DIR EST

Le système de gestion patrimoniale des ouvrages d'art de l'Etat

Jean-Marc Tarrieu - SETRA

Présentation comparée de méthodes de gestion du patrimoine

Alphonse Woelffel - Conseil Général du Bas-Rhin

Un exemple de gestion du patrimoine : l'exemple du Conseil Général de la Meurthe-et-Moselle

Freddy Cuzzi - Conseil Général de Meurthe-et-Moselle

11h00 : Pause

11h15 : Des points sensibles de la gestion du patrimoine

Domianialité des ouvrages d'art

Albin Tedeschi - Conseil Général de la Moselle

Gestion des transports exceptionnels

Fabien Renaudin - CETE de l'Est

11h50 : L'évaluation de l'état d'un ouvrage d'art et les mesures de sécurité immédiate et de sauvegarde

Auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesures de sécurité immédiate et de sauvegarde

Thibaud Perrin - CETE de l'Est

Evaluation structurale des ouvrages d'art

Damien Champenoy - CETE de l'Est

12h40 Déjeuner

Après-midi animée par Fabien Renaudin

CETE de l'Est

14h00 : De nouvelles approches pour optimiser la gestion du patrimoine

Méthode d'analyse de risque d'un patrimoine d'ouvrages

Davy Prybyla - CETE de l'Est

Méthode d'aide à la programmation des travaux

Sébastien Neiers - CETE de l'Est

Les inspections ciblées d'ouvrages

Christian Cremona - SETRA

Mieux gérer pour mieux construire

André Orcesi - IFSTTAR

L'exemple des ponts intégraux

Philippe Jandin - SETRA

16h30 : Synthèse de la journée et clôture

Christian Cremona - SETRA

La France dispose d'un patrimoine considérable en infrastructures et plus particulièrement en ouvrages d'art.

A titre d'exemple, le réseau routier français compte plus de 200 000 ponts, qui représentent une valeur de remplacement estimée à plusieurs centaines de milliards d'Euros.

Ces ouvrages, soumis à des sollicitations et des contraintes d'exploitation croissantes, doivent en outre répondre au besoin de promotion d'une mobilité durable.

Le récent schéma national de mobilité durable « Mobilité 21 » a souligné l'importance de privilégier une gestion patrimoniale technique et financière des infrastructures, qui préserve, entretient, améliore et anticipe.

Synthèse des présentations

La gestion du patrimoine aujourd'hui : pourquoi ? comment ?

Les enjeux de la gestion du patrimoine

Rafaël Ortiz - DIR EST

Les enjeux de la gestion du patrimoine OA

- Préserver les fonctions assurées par les ouvrages (ex : franchissement, protection de l'environnement...).
- Anticiper les évolutions à court ou long terme (gestion des risques, évolution des fonctions, mise aux normes...).
- Garantir la sécurité (usagers, tiers, personnels DIR...).
- Veiller à la pérennité du patrimoine : (enjeu économique).

Fonctionnalité de l'OA

- L'ouvrage assure des fonctions variées et multiples et concerne souvent 2 (ou plus) gestionnaires... (Ex : franchissement, protection d'une infrastructure, protection de l'environnement, support d'équipements variés, insertion architecturale...)
- L'objet « OA » n'est pas isolé : il fait partie d'un itinéraire et doit assurer le même niveau de service (ou en tous cas un niveau acceptable, voire dégradé sur une période plus ou moins longue).
- Ce ne doit pas être (et rester) un maillon faible (Ex : gabarit voie franchie, sensibilité aux chocs, largeur utile, classe des DR, tonnage autorisé, passages des TE, « confort » des enrobés et joints de chaussée...)

Les manifestations régionales

Sécurité sur OA

- Elle doit être vue sous l'angle des usagers, des tiers et des personnels.
- Pour les usagers et tiers, cela passe par :
 - o Une surveillance efficace et une remontée rapide du terrain (alerte) sur les désordres susceptibles de porter atteinte à la sécurité.
 - o Une bonne exploitation sous chantier lors de travaux ou de surveillance (ex : nacelle).
- Pour les personnels, une réflexion globale sur la sécurité aux abords et sur OA lors d'actions de maintenance est nécessaire. (Plan de prévention, fiche sécurité, mise en place effective des DIUO...).

Pérennité de l'OA

- Cet enjeu présente une forte connotation économique : en effet les coûts augmentent en fonction des actions de maintenance.
 - o Entretien courant.
 - o Entretien spécialisé.
 - o Grosses réparations.
 - o Reconstruction...
- Bien sûr, il y a un impact parallèle sur l'exploitation (gêne à l'utilisateur), la sécurité, la fonctionnalité (limitation de tonnage).

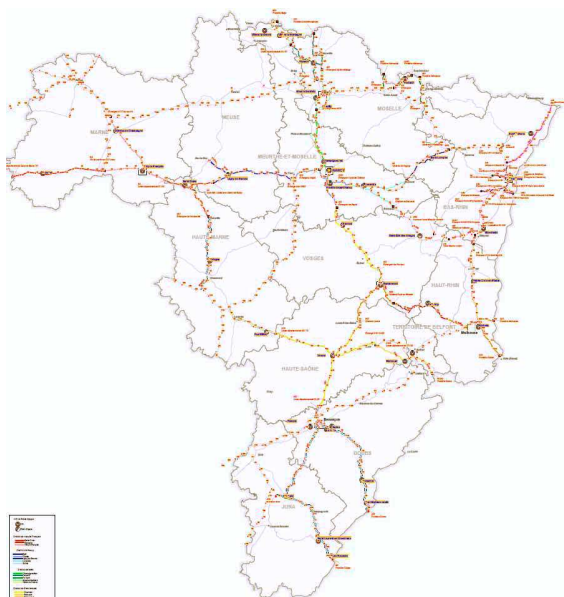
Quels sont les objectifs de la maintenance ?

- But : maintenir les fonctions de l'ensemble du patrimoine au niveau de service souhaité.
- Objectifs immédiats :
 - o Rétablir les conditions normales de fonctionnement ==> signalisation, réparation d'urgence.
 - o Maintenir les conditions normales de fonctionnement ==> ECOA.
- Objectifs à court terme : Prévenir les risques pouvant résulter d'une dégradation rapide vers un état inacceptable ==> ESOA (ex : joints).
- Objectifs à long terme : Anticiper sur les dégradations prévisibles afin de réduire les coûts de réparations ultérieures ==> ESOA (ex : étanchéité), réparations.

Étapes du processus de maintenance

1. Définir une politique de maintenance
 - Niveaux de service cibles, objectifs, indicateurs.
 - Pour l'ensemble du réseau et pour chaque ouvrage.
2. Évaluer et réévaluer le patrimoine
 - Surveillance, diagnostic, analyse des risques.
3. Prioriser ses actions
 - Au regard des objectifs et en fonction des contraintes budgétaires.

4. Mettre en oeuvre sa politique
 - Avec les moyens disponibles.
5. Réévaluer périodiquement sa politique
 - En fonction des résultats obtenus.



La DIR Est

4 régions
12 départements
1 640 km de réseau
3 100 km de chaussée (dont 500 de bretelles)

Le patrimoine OA

2 336 ouvrages :

- 1 666 ponts.
- 664 murs.
- 6 tunnels.

Superficies :

- 748 000 m² de tabliers.
- 196 000 m² de murs.
- 20 000 m² de tunnels.

Organisation de la DIR Est en OA

- Le DIR (maître d'ouvrage sur le réseau existant).
- Le SPR (Service des Politiques Routières) : Niveau décisionnel ; Ne comporte pas de CGOA
- Le SOA (Metz) : Niveau organisationnel
 - POA 1 (CGOA) : surveillance, gestion, ECOA.
 - POA 2,3,4 (Bureaux d'études OA) : neuf, grosses réparations.
- Les SIR (2 SIR) : le SOA est co-traitant pour les OA neufs.
- Les DE (3 Divisions d'Exploitation) : Niveau opérationnel : Programmation, gestion des marchés.
- Les Districts (7) : Comportent un Correspondant OA (et Lagora), chargé des visites IQOA et contrôles annuels.

Les manifestations régionales

- Les CEI (28) : Comportent un RECOA (Responsable de l'ECO).

Exemple de politique : l'ECO en DIR Est

1 : définir une politique

- Niveau de service : définition de fréquences d'ECO (1, 2 ou 3 ans) dérogatoires à l'ITSEO, suivant les CEI.
- Objectifs : entretenir en régie les parties d'OA accessibles.
- Indicateur : % age d'OA entretenus sur la période de référence (fiche ECO transmise ==> annoté sur LAGORA).

2 : évaluer

- Sortie mensuelle par SOA d'un état d'avancement ECO.

3 : prioriser

- Les CEI organisent et priorisent l'ECO en fonction des contraintes d'exploitation et des autres chantiers.

4 : mettre en oeuvre avec les moyens disponibles

- Désignation d'un RECOA par CEI, utilisation des CES.
- 350 000 € affectés à l'ECO pour la DIR Est.

5 : réévaluer (bilans)

- Un bilan est tiré en fin d'année (processus P3 du SMI de la DIR Est).

Conclusion

La gestion efficace d'un patrimoine OA demande :

- Une bonne connaissance du patrimoine, et donc une bonne organisation et suivi du système de surveillance des OA.
- Des marchés généraux (nacelles, joints, entretien) adaptés et une bonne organisation de la maîtrise d'oeuvre au niveau opérationnel.
- Une remontée rapide du terrain sur les désordres impactant la sécurité des agents et usagers : (Alerte).
- La définition de politiques et d'indicateurs (SMI de la DIR Est).
- L'anticipation des risques (ex : enquêtes TA, BM, VIPP, ou recensement des piles fragiles en DIR Est).
- Une bonne capacité d'expertise
 - Fonctionnement des divers types de structures.
 - Pathologie des divers matériaux et structures.
 - Méthodes de réparations adaptées (techniquement et « socialement »).
 - Un maître d'oeuvre travaux aguerri.
- Une relation étroite avec un réseau de compétences externes (Cete, Laboratoires, IGOA, Setra, autres DIR, Entreprises, ...).

Le système de gestion patrimoniale des ouvrages d'art de l'Etat

Jean-Marc Tarrieu – SETRA

La gestion du patrimoine avant 1979

La gestion des ouvrages d'art du réseau routier national était régie par un ensemble assez hétéroclite de circulaires, dont les dates s'étaient étalées de 1936 à 1975.

L'ITSEOA de 1979

Les principes de l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art :

- Pour connaître l'état des ouvrages -> il faut les surveiller
- Pour les empêcher de se dégrader -> il faut les entretenir
- Si, malgré ces actions, leur niveau de service se détériore -> il faut les réparer

L'ITSEOA de 1995

La révision de l'ITSEOA en 1995 introduit la méthodologie IQOA (image qualité des ouvrages d'art)

- IQOA Ponts
- IQOA Murs
- IQOA Tunnels
- IQOA Tranchées Couvertes

La méthode IQOA

Méthode de surveillance et d'évaluation

- Visite des ouvrages tous les 3 ans ==> cotation.

Documents méthodologiques :

- Catalogues de désordres.

- Procès verbaux de visite.

Le patrimoine des ouvrages d'art

Les OA :

- Ponts : 12 000

- Murs : 6 000

- Tunnels : 100

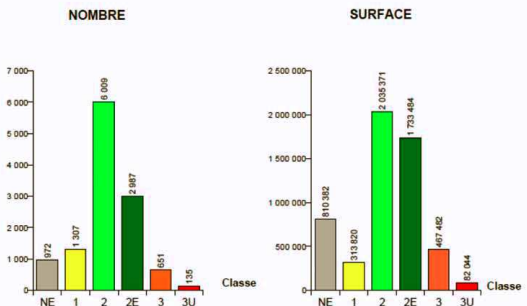
- Tranchées couvertes : 60

Le patrimoine du RRN-NC est plutôt récent (40 ans), donc en assez bon état.

Les ponts du RRN représentent environ 5 % des ponts routiers de France.

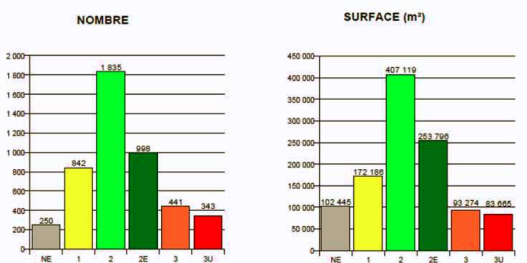
Patrimoine des ponts

Nombre d'ouvrages : 12 061 Surface totale : 5 442 584 m²

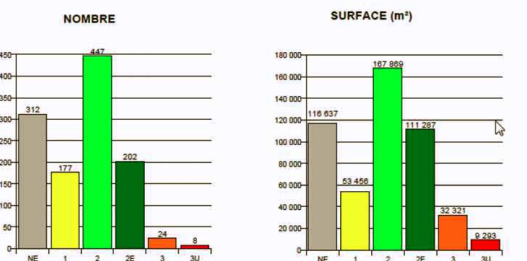


Patrimoine des murs

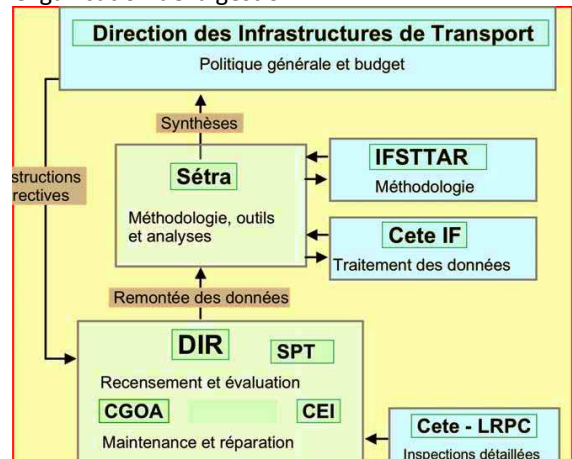
Nombre d'ouvrages : 4709 Surface totale : 1 112 486 m²



Nombre d'ouvrages : 1170 Surface totale : 490 862 m²



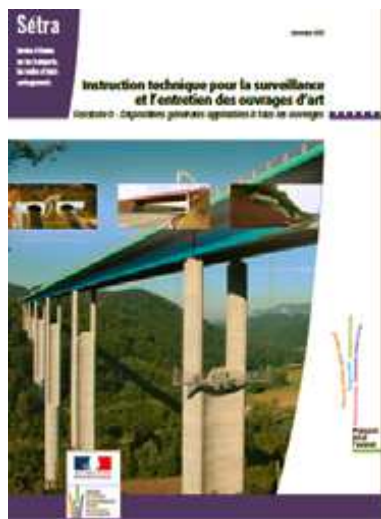
Organisation de la gestion



L'ITSEOA (2010)

L'ITSEOA est le référentiel des services de l'État pour mettre au point leur politique de gestion. Les autres maîtres d'ouvrage (collectivités...) peuvent s'en inspirer ».

L'ITSEOA '2010' est publiée par la circulaire du 16 février 2011.



Le « corps » de l'ITSEOA 2010 est composé de 4 fascicules :

- Fascicule 0 : dispositions générales applicables à tous les ouvrages.
- Fascicule 01 : dossier d'ouvrage.
- Fascicule 02 : généralités sur la surveillance.
- Fascicule 03 : auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde.

Les autres fascicules qui constituaient la seconde partie de l'ITSEOA de 1979 ne font plus partie intégrante de l'instruction et ont désormais le statut de guides d'application.

L'ITSEOA comprend actuellement 21 guides techniques.

Actualités :

- Fascicule 10 : fondations en site aquatique (publié).
- Fascicule 32 : ponts en béton précontraint.
- Fascicule 33 : ponts métalliques.

Les outils de gestion

Le logiciel Lagora est l'outil de gestion du patrimoine ouvrages d'art du RRN-NC.

– Chaque gestionnaire est tenu d'y renseigner et de mettre à jour l'ensemble des informations nécessaires.
– Des consolidations et exploitations s'effectuant ensuite au niveau national.

Les manifestations régionales



Le logiciel de gestion

Fonctionnalités :

- Recensement des ponts, murs et tranchées couvertes.
- Programmation et enregistrement des visites et inspections.
- Gestion de l'entretien courant des ouvrages.
- Programmation et enregistrement des travaux.
- Gestion des différents budgets (entretien, réparation, ...).

Gestion des ouvrages

Deux objectifs principaux :

- Maintenir les performances (et donc les fonctions) de l'infrastructure en concevant et menant de manière efficace les interventions, inspections, réparations, remplacements, renforcements : Résultats des inspections, des essais et des évaluations suffisamment précis pour y répondre.
- Fournir l'information pour programmer les besoins financiers, ce qui implique notamment une hiérarchisation des interventions par priorité.

Développement de méthodologies de gestion des ouvrages :

- Normalisation des procédures d'inspection et de constitution de bases de données.
- Procédures de traitement permettant la prise de décision (nouveau).

Architecture globale des systèmes de gestion des ouvrages :

- Méthodes.
- Modèles analytiques.
- Outils de traitement.
- Processus organisationnels.
- Bases de données.

Ces systèmes fonctionnent sur deux niveaux :

- Niveau individuel.
- Niveau global.
- Interaction de ces deux niveaux.

Enjeux de la gestion des OA du RRN-NC

Patrimoine réparti sur l'ensemble du territoire.

Patrimoine partagé par plusieurs gestionnaires (DIR)

– Enjeux de gestion du réseau structurant :

- Enjeux nationaux : nécessité d'homogénéiser les organisations et les méthodes.
- Enjeux locaux : maîtrises d'ouvrages gestionnaires organisées pour adapter la politique de gestion aux enjeux locaux.

Évolution de la politique d'entretien sur le RRN-NC

Le MEDDE fait évoluer sa politique d'entretien routier vers une meilleure éco-responsabilité (DDcompatibilité) en fixant les orientations suivantes :

- L'accent doit être mis sur l'entretien préventif
- Maintenir l'ordre de grandeur des moyens financiers actuellement consacrés à l'entretien des ponts »

Inspection basée sur les risques (RBI)

Aléas/vulnérabilité ?

- Identifier les modes de dysfonctionnement, les mécanismes de dégradation, la sensibilité des OA à ces derniers.

Vraisemblance ?

- Analyses spécifiques.
- Retour d'expérience.
- Jugements d'expert.
- Disponibilité existante de données de dégradation ?

Conséquences ?

- Enjeux de gestion, d'exploitation.

Analyses des risques

Stratégie de suivi et d'inspection.

Hierarchisation des ouvrages pour un éventuel renforcement.

Identification de familles d'ouvrages sensibles.

Développements en cours

Inspections ciblées (IC)

- Nouveau niveau d'inspection.
- Portent sur des phénomènes de vieillissements particuliers.
- Sont menées sur des zones représentatives de chaque ouvrage et les risques potentiels associés.
- Sont réalisées soit sur l'ensemble des ouvrages d'un patrimoine, soit sur un échantillon ciblé représentatif d'un patrimoine.

Les manifestations régionales

Mercuriale des prix

- Analyser l'effort financier global lié à une stratégie de gestion.
- Simuler des stratégies de gestion par territoires ou familles d'ouvrages particulières.
- Chiffrer des scénarii de hiérarchisation des opérations d'entretien spécialisé et de réparation afin de construire des programmes de travaux optimisés sous contraintes (enveloppe financière, délais...).
- Affiner les estimations de leurs projets.

Nouveau système de gestion

- Recensement : Ponts, Murs, Tunnels, Tranchées Couvertes, PPHM.
- Surveillance/Evaluation : Analyses de risques + Inspections ciblées (yc estimation du vieillissement).
- Aide à la décision
 - Indicateurs de qualité.
 - Coût de remise à neuf (mercuriale).
 - Méthode simplifiée de priorisation.
 - Introduction de modèles de vieillissement.
 - Analyse multicritère.
 - Calendriers d'interventions.

Présentation comparée de méthodes de gestion du patrimoine

Alphonse Woelffel - Conseil Général du Bas-Rhin

La première étape la connaissance du patrimoine

Passer par un inventaire des ouvrages d'art pour :

- Identifier l'ouvrage.
- Gérer les opérations de surveillance.
- Organiser l'entretien courant.
- Programmer et suivre l'avancement des travaux.

L'Indispensable : la base de données

- Constitue l'inventaire des ouvrages elle doit être :
- Exhaustive.
- Fiable.
- Contenir les éléments indispensables aux différents acteurs (Maître d'ouvrage, Gestionnaires et Utilisateurs sur le terrain).

Structure de la base

- Données facilement mesurables.
- Données facilement accessibles.
- Données facilement identifiables.
- Données nécessitant des recherches ou la consultation du dossier.
- Données dites actives.
- Liens avec un SIG.
- Requêtes.

Les différentes méthodes

- ITSEOA (Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art).
- VSC (Visites Simplifiées Comparées).
- Gestion des ouvrages d'art à l'usage des départements et autres collectivités locales
- (Méthode dite « Départementale »).

ITSEOA : Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art.

- Défini par la circulaire ministérielle du 10 décembre 1979 modifiée le 26 décembre 1995 et le 16 février 2011.
- Est obligatoire pour les ouvrages sur le réseau national non concédé.

Outil de gestion

Lagora : Logiciel d'Aide à la Gestion des Ouvrages d'Art permet notamment :

- Programmer les actions de surveillance, d'entretien courant, d'études et de travaux.
- Programmer les chantiers.
- Et un outil d'aide à la programmation des travaux en termes de crédits.
- Fournit des indicateurs de gestion.
- Permet de croiser différents indices.

Outil d'évaluation de l'état des ouvrages

Méthode IQOA Image Qualité des Ouvrages d'Art basée sur :

- Visite sommaire.
- Cotation de chaque élément à partir d'un barème simple.
- Évaluation par partie d'ouvrage puis une classe globale.
- Visite spécifique pour les éléments non accessibles.

VSC (Visites Simplifiées Comparées)

Élaborée, à l'origine, en réponse aux besoins spécifiques des villes en vue de :

- Traiter immédiatement les problèmes de sécurité publique.
- Accéder à une vue d'ensemble du parc des ouvrages et de son état.
- Programmer pour mieux gérer.
- Aider à programmer les dépenses pluriannuelles de gestion du parc et évaluer a posteriori l'effet de la politique de gestion.

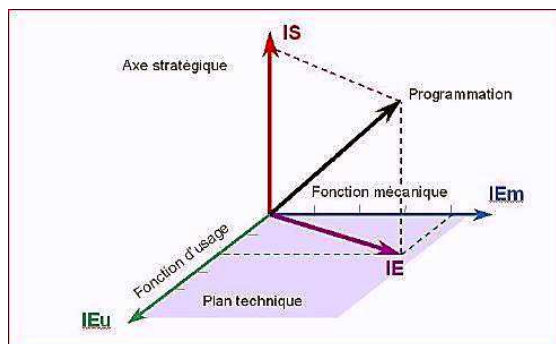
Principe de la méthode

Chaque ouvrage est affecté de deux indices :

- Indice d'état (IE) résultant d'un indice mécanique (IEm) et d'un indice d'usage (IEu).
- Indice stratégique (IS).

Les manifestations régionales

Les trois axes de la méthode



Outils de la méthode

- Guide méthodologique.
- Logiciel spécifique à la méthode.

Gestion des ouvrages d'art à l'usage des départements et autres collectivités locales Méthode dite « Départementale »

Elaborer pour s'adapter aux contraintes des services techniques départementaux en terme :

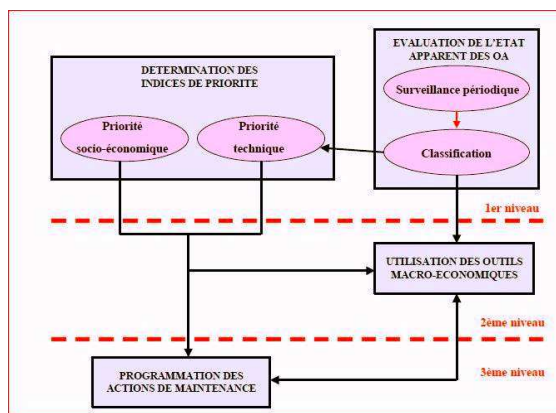
- D'importance et de composition des patrimoines.
- Des moyens humains et financiers.
- De diversité de fonctionnement des services gestionnaires.

Objectifs

Elle vise :

- À obtenir une image fiable de l'état du patrimoine.
- À identifier les risques éventuels encourus par les usagers.
- À faciliter la mise en oeuvre d'une politique d'entretien, de surveillance et de préservation du patrimoine.

Principe de la méthode



Outils de la méthode

- Outils à développer à l'initiative des clients.
- Utilisation de logiciels ou d'outils déjà existant (ex IQOA).

Positionnement des acteurs privés

Logiciels présents sur le marché :

- Ne sont que des outils.
- Doivent être mis au service d'une stratégie de maintenance.
- ➔ Définir au préalable une stratégie de maintenance adaptée aux besoins et aux moyens des maîtres d'ouvrages.

Outils de gestion adaptés

Critères de choix indispensables :

- Outil évolutif.
- Outil paramétrable.
- Outil intuitif.

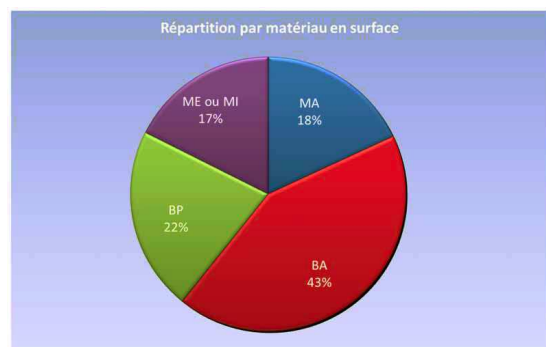
Un exemple de gestion du patrimoine : l'exemple du Conseil Général de la Meurthe-et-Moselle
Freddy Cuzzi - Conseil Général Meurthe-et-Moselle

Présentation du patrimoine.

- 1 044 ponts : ouverture > 2 m ou section hydraulique > 2 m²
- 515 murs de soutènement > 1 m + 226 murs en zone d'influence (sur + 2 000 recensés le long des RD).
- 24 Portiques, Potences et Haut-Mâts (PPHM).
- Valeur à neuf du patrimoine -> environ 760 M€.

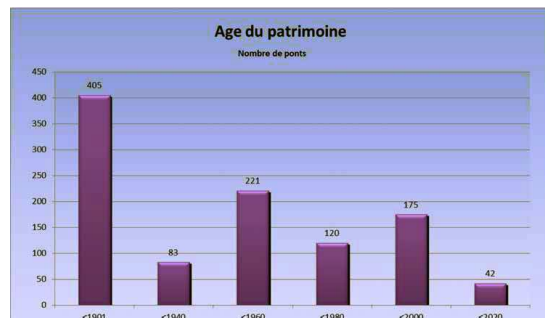
Depuis 1990, le patrimoine a augmenté de 25 % en surface et 20 % en nombre (construction de routes neuves + déclassement des RN).

Présentation du patrimoine ponts

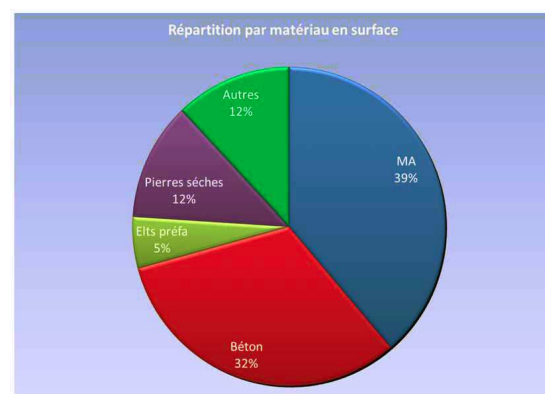
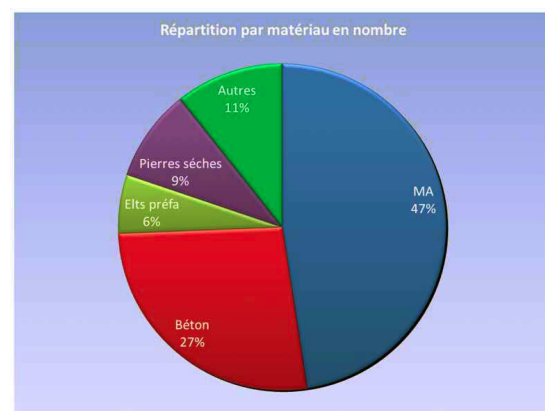


Les manifestations régionales

Le patrimoine est vieillissant : âge moyen 82 ans. Certains ouvrages ont atteint voire dépassé leur durée de vie théorique.



Présentation du patrimoine Murs



Surveillance du patrimoine.

Réalisée en interne par les territoires

- Un contrôle annuel sur tous les ouvrages.
- Des visites périodiques réalisées tous les 3 ans.

Réalisée en externe par le central

- Des Inspections Détaillées Périodiques (IDP) tous les 6 ans.
- Des Visites des Appuis Immergés (VAI) réalisées tous les 6 ans par des hommes-grenouilles.

Evaluation du patrimoine.

Pour un PV triennal et une IDP, le plan de visite pour un pont se décompose en 5 parties avec une note maximale par partie :

- Les abords x/2
- La superstructure x/3
- La structure d'origine x/5
- Les fondations x/5
- Les élargissements x/5

Pour une VAI, le plan de visite pour un pont se décompose en 5 parties avec une note maximale par partie :

- Les abords et les berges x/3
- Les cours d'eau x/3
- Les appuis sous eau et protection x/5
- Les appuis hors d'eau x/5
- La structure et élargissement x/5

Le plan de visite pour un mur se décompose en 5 parties avec une note maximale par partie :

- La zone d'influence x/5
- Les équipements (au dessus et au pied) x/3
- Le drainage ou l'assainissement x/2
- La structure x/5
- Les élargissements x/5

A l'issue de chaque visite, un Indice de Gravité (IG) est attribué à chaque ouvrage :

- IG = 1 : OA en très bon état général, ne nécessitant que de l'entretien courant.
- IG = 2 : OA en bon état, nécessitant ponctuellement des travaux de réparations spécialisées.
- IG = 3 : OA en état moyen sans défaut de fonctionnement, nécessitant d'importants travaux de réparations spécialisées ou des grosses réparations dans les 10 ans.
- IG = 4 : OA en mauvais état avec altération de la structure et défaut de fonctionnement, sans mise en cause de la sécurité à court terme, nécessitant des travaux de grosses réparations dans les 3 à 5 ans.
- IG = 5 : OA en très mauvais état présentant des défauts de fonctionnement avec mise en cause de la sécurité à court terme ; mesures de prévention urgente.
- *Un indice de sécurité « S » est éventuellement associé à l'IG.*

Définition des lignes budgétaires.

Crédits de fonctionnement (BP 2013 : 1 300 000 €)

- Surveillance des OA (IDP ; Nacelles ; VAI) 26%
- Entretien courant des OA 74%

Crédits d'investissement (BP 2013 : 5 000 000 €)

- Etudes et diagnostics 10%
- Grosses réparations + Modernisations 60%
- Ponts sensibles (OA inscrits au PPI) 30%

Les manifestations régionales

Les grosses problématiques actuelles.

Pathologies non courantes : la précontrainte



Pathologies non courantes : Alkali-réaction



Pathologies non courantes : la RSI



Les grosses problématiques actuelles :

- Le patrimoine est vieillissant : 70 ponts ont dépassé leur durée de vie théorique.
- Une quinzaine d'ouvrages sont classés « ponts sensibles » et devront faire l'objet de travaux de confortement lourds, voire d'une reconstruction.
- Sans intervention sur ces ouvrages à court terme, des mesures préventives de sécurité contraignantes devront être mises en oeuvre, voire des fermetures totales à la circulation.
- Les OA classés 4 et 5 impliquent la limitation de tonnage de 6 ponts.
- 4 ponts sont limités en tonnage pour les TE.
- 1 pont en restriction de circulation.
- 2 ponts sont sous surveillance par instrumentation.

Le patrimoine croisé.

- Ouvrages construits dans le cadre de nouvelles infrastructures (voies ferrées, canaux, autoroutes, etc.) permettant le rétablissement des RD existantes.
- 180 ponts en gestion croisée.
- Un certain nombre d'ouvrage a fait l'objet d'une convention qui définit les modalités de surveillance et d'entretien.
- Pour les autres, aucune convention : ces OA échappent à toute surveillance.
- Certaines conventions ne sont plus appliquées.

Des points sensibles de la gestion du patrimoine

Domanialité des ouvrages d'art

Albin Tedeschi - Conseil Général de la Moselle

La domanialité des ouvrages d'art

- Ponts fixes au dessus des voies navigables.
- Ponts mobiles.
- Ponts fixes au dessus des voies ferrées.
- Ponts fixes au dessus du RRN et RRD.
- Les murs de soutènement.
- Ponts sur écluses et barrages.

➔ ENJEUX FINANCIERS ET TECHNIQUES IMPORTANTS

La domanialité des ponts

LE CONTEXTE JURIDIQUE

- Jurisprudence fixe la propriété :
 - CE 1906 (Hérault).
 - CE 2011 (Somme).
 - CE 2012 (Marne).
- Des circulaires de 1948 pour les PS SNCF.
- Code de la Voirie Routière de 1989 et des Collectivités Territoriales.
- Des propositions de lois au Sénat.

Les manifestations régionales

LES CONSEQUENCES

- Nécessaire distinction entre la propriété et la gestion (maintenance des ouvrages d'art).
- Pas d'incidence de la nature du pont (fixe ou mobile).
- Pas de prise en compte de l'antériorité.
- Cas particuliers des Autoroutes Concédées, passerelles et passages à faune.

L'APPLICATION

- Recommandation forte d'établir des conventions
- Pour les OA existants.
- Pour les OA à venir (à préciser lors de la DUP !).
- Recherche des conventions introuvables.
- Responsabilité du MOa de la voie portée même si convention.
- Recours possible / MOa conventionné.

L'ENTRETIEN DES PONTS ROUTES EXISTANTS SUR LE DOMAINE FERROVIAIRE SNCF / RFF

- Instructions ministérielles : circulaires de janvier
- (Etat-SNCF) et Novembre 1948 (Collectivités – SNCF).
- Circulaire de Novembre 1948.
- Conventions à appliquer, à retrouver ou à établir.
- Statu quo ou application de la jurisprudence.

LA SOLUTION = UNE LOI

SENAT n°521 et 745 de mai et juillet 2011 :

- Concernent les infrastructures nouvelles.
- Distinction entre propriété et gestion.
- Convention avec répartition technique et financière pour la gestion de l'ouvrage.
- Impact sur les collectivités.

La domanialité des murs

- Le titre de propriété fait foi.
- Absence de titre : application d'un principe simple/soutien apporté (jurisprudence administrative).
- Cas particuliers / constructeur de l'ouvrage.
- Interprétation du juge administratif / désordres.
- Note d'information MELTT du 16/10/1997.

La domanialité des ponts sur écluses et barrages

- Par sa conception ou le besoin = ouvrage indissociable du domaine public fluvial qui en assure la propriété et la gestion Sauf convention de gestion.
- (TA TOULOUSE 20/10/1994 confirmée par CA de Nancy).

CONCLUSIONS

- Propriété : référence et application de la jurisprudence.
- Gestion : appliquer les conventions d'entretien, à établir ou à retrouver.
- PPP avec compétence entretien – exploitation : interlocuteur gestion = titulaire.
- Projets neufs : préciser et confirmer les futures modalités de gestion dans D.U.P.
- Problème récurrent mais urgent / vétusté des OA.
- Nécessité d'une loi de cadrage.

Gestion des transports exceptionnels

Fabien Renaudin - CETE de l'Est

Le contexte

- Fort développement de la circulation des véhicules lourds : 10 000 demandes d'autorisations de circulation de convois exceptionnels de 3ème catégorie par an
- Des contraintes d'exploitation croissantes
- Des ouvrages à préserver

Les règles de circulation des TE

Principaux textes actuels concernant TE et OA :

- A- Le Code de la Route
- B- L'arrêté du 5 mai 2006
- C- Le fascicule 61, titre II de 1971
- D- La pièce jointe à la circulaire du 20 juillet 1983
- E- L'Eurocode 1-2 et son annexe nationale
- F- Les charges militaires
- G- Le transport combiné et le transport de bois ronds
- H- L'arrêté du 28-04-2012 modifiant l'arrêté du 4-05-2006
- I- Le décret et l'arrêté du 4 décembre 2012
- J- L'arrêté du 25 juin 2013

•Code de la route - Article R. 433-1

Définition des catégories de véhicules réglementées par le transport exceptionnel :

- véhicule à moteur ou remorque transportant ou destiné au transport de charges indivisibles
- véhicule ou matériel agricole ou de travaux publics
- ensemble forain comprenant une seule remorque
- véhicule ou engin spécial

•Code de la route

Historique du poids total autorisé depuis 40 ans :

- Avant 1973 : 35 tonnes (4 essieux a priori)
- 1973 : 38 tonnes (4 essieux a priori)
- 1986 : 40 tonnes (5 essieux et plus)
- 44 tonnes (transport combiné)
- 2012 : 44 tonnes (5 essieux et plus)

Evolutions futures :

- généralisation des camions de 44 tonnes

Les manifestations régionales

- camions de 25,25 m et 40 tonnes ? (expérimentations)
- camions de 25,25 m et 60 tonnes ? (Scandinavie, NL,)

Arrêté du 5 mai 2006

Limites imposées en fonction de 3 aspects :

- la sécurité des usagers et la gêne à la circulation (limites sur l'encombrement des convois)
- la résistance des chaussées (limites sur les charges par essieux)
- la résistance des ouvrages d'art (limites sur les charges maximales totales, limites sur les charges par essieux, et limites sur la répartition longitudinale des charges)

=> Pas de limitation en hauteur !!!

➤ Arrêté du 28 avril 2012

Assouplissement des conditions d'accès au réseau autoroutier

➤ Décret et arrêté du 4 décembre 2012

Autorise les véhicules de transport routier de plus de quatre essieux à circuler entre 40 et 44 tonnes sur le territoire national

➤ Arrêté du 25 juin 2013

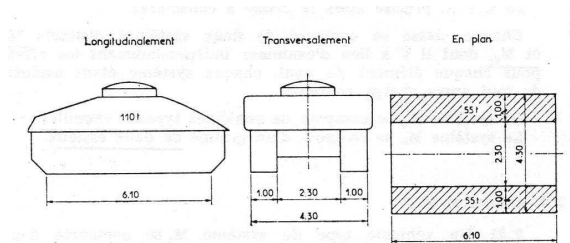
Autorise des dérogations, sous conditions, aux limitations de densité de charges linéiques et aux limitations de charges par essieux

Les convois de dimensionnement

(Fasc61 titre II de1971, lettre-circulaire REG/3 du 20/07/1983, convois militaires, EC1-2 et AN)

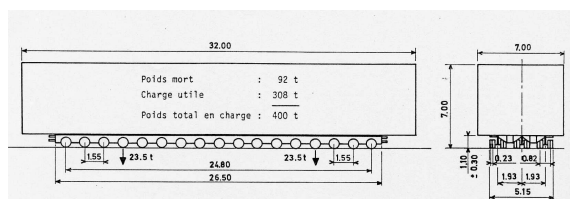
Fasc61 de 1971:

- Convoi D : 280t - Convoi E : 400t - Chars Mc80, Mc120



REG/3 1983:

- Convois C1, C2 : 120t - Convois D2F1, D3F1, D3F2 : 250t (seuls, centrés) - Convois E2F1, E3F1, E3F2 : 400t (seuls centrés)



EC1-2 AN : " Guide pour la prise en compte des véhicules spéciaux sur les ponts routiers "

- définit les règles de calculs pour les différentes conditions de circulation
- ne définit pas de véhicule type (document joint à la circulaire de 1983 encore valable)

Les difficultés d'évaluation de l'aptitude des OA

- La multitude des règlements de charge, de matériaux et de calcul
- Le manque de connaissance sur la résistance et l'état des ouvrages
- La très grande variété des convois
- Les contraintes d'exploitation : peuvent induire des conditions de passage différentes de celles en usage en service
- Les différentes conditions de passage possibles :
 - mêlé à la circulation et à vitesse normale
 - seul sur l'ouvrage et à la vitesse normale
 - seul sur l'ouvrage, dans l'axe et à vitesse normale
 - seul sur l'ouvrage, dans l'axe et à vitesse inférieure à 10 km/h
- Le temps disponible pour une étude d'itinéraire

Les démarches d'évaluation

➤ Quatre approches possibles :

• Niveau 1 : Approche générale : (ex : BOA n°46)

- ✓ Connaissance de l'état de l'ouvrage, des règlements de dimensionnement
- ✓ Adaptée aux ouvrages récents
- ✓ Généralement sécuritaire

Comparaison des agressivités des véhicules vis-à-vis des ouvrages d'art			
Code de la Route			
32 tonnes - 4 essieux (non articulé)	38 tonnes - 4 essieux (articulé)	40 tonnes - 5 essieux (articulé)	tous les ouvrages (sauf limitation)
TE - Véhicule de 1 ^{ère} catégorie < 45 tonnes et conditions supplémentaires (répartition longitudinale des charges, poids à l'essieu) carte de 1 ^{ère} catégorie applicable			au moins les ouvrages en bon état construits depuis 1950
TE - Véhicule de 2 ^{ème} catégorie < 72 tonnes et conditions supplémentaires	TE - Grue automotrice de 48 tonnes		au moins les ouvrages en bon état construits depuis 1971
carte "2 ^{ème} " catégorie non applicable	cartes 1 ^{ère} et "2 ^{ème} " catégories non applicables		
TE - Grue automotrice de 60 tonnes			impossible de se prononcer a priori (sauf ponts en bon état conçus avec les charges militaires)
TE - PEB Leclerc - 100 t - 3 ^{ème} catégorie	TE - Grue automotrice de 72 tonnes		impossible de se prononcer a priori (sauf ponts en bon état conçus avec les charges militaires)

• Niveau 2 : Approche par comparaison avec un véhicule ayant déjà franchi l'ouvrage

- ✓ comparaison en termes de sollicitations, et pas de charge uniquement !
- > méthode à utiliser avec précaution

Les manifestations régionales

- ✓ différence de circulation concomitante (peut s'avérer plus agressive pour le nouveau convoi)
- > bien connaître les conditions de passage du 1er convoi et la nature des justifications ayant conduit à l'autorisation
- ✓ endommagement de l'ouvrage après le passage du premier convoi ou dégradation de l'état de l'ouvrage.

• Niveau 3 : Approche simplifiée

- ✓ comparaison des sollicitations dues au CE pour des conditions de circulation données, aux sollicitations provenant des charges retenues à l'époque de la conception
- ✓ suppose une connaissance précise de la géométrie de la structure et une modélisation particulière à l'ouvrage.
- ✓ adaptée aux OA pour lesquels les plans de ferrailage et de câblage ne sont pas connus
- ✓ ne donne pas en général de résultats intéressants pour les ouvrages conçus avant l'application du règlement de charge de 1958/1960.

• Niveau 4 : calcul complet

- ✓ Modélisation fine de l'ouvrage pour détermination des sollicitations sous CE
- ✓ Vérifications de la résistance de l'ouvrage (calcul de la résistance des sections et des éléments)
- ✓ Permet de déterminer les sollicitations de CE admissibles (éléments pertinents pour les prochaines demandes de passage)

• Surveillance des OA soumis à TE :

- ✓ Prévoir une surveillance adaptée (visites spécifiques sous TE, périodicité adaptée,...)
- ✓ Possibilité de réaliser des mesures sous passage de TE

Et si cela ne passe pas...

- Possibilités de modifier la géométrie du convoi ou ses conditions de passage
 - Passage de 1 à 2 remorques
 - Passage en « crabe » sur ouvrage
- Reconfiguration du franchissement
 - Mise en place d'une structure provisoire spécifique
 - Renforcement de la structure existante
 - Construction d'un ouvrage neuf distinct de l'existant
 - Construction d'un ouvrage neuf à la place de l'existant

Auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesures de sécurité immédiate et de sauvegarde

Thibaud Perrin - CETE de l'Est

Définitions

Auscultation : ensemble d'examens et de mesures spécifiques destinés à établir un diagnostic de la pathologie de l'ouvrage.

→ S'assurer que l'ouvrage est sûr

Surveillance renforcée : suivi d'une façon plus attentive de l'évolution d'un désordre ou d'une anomalie.

→ Suivre l'évolution d'un ouvrage

Haute surveillance : mesure d'exception qui consiste à guetter l'apparition d'un signe laissant présager la défaillance de l'ouvrage à très court terme.

→ Guetter les signes dangereux pour l'ouvrage

Mesure de sécurité immédiate : restriction d'utilisation d'un ouvrage ou mesure de protection des usagers et des tiers mise en oeuvre lorsque la défaillance d'une partie d'ouvrage est à craindre à très court terme.

Mesure de sauvegarde : confortement provisoire mis en oeuvre pour éviter une défaillance de l'ouvrage (assurer la pérennité de la structure).

→ Préserver la sécurité des usagers et des tiers.

Généralités, démarches à suivre

Résultat de la surveillance des ouvrages :

- Normal ou quasi normal (désordres mineurs).
- Défectueux (ou anormal) (désordres majeurs).
- Douteux (suspensions de désordres majeurs).

Investigations (suite à une inspection détaillée) pour :

- Lever le doute sur un désordre (existence ou absence).
- Déterminer causes et mécanismes de l'évolution des désordres.
- Définir les réparations et les renforcements à effectuer.
- Effectuer l'analyse préalable qui sert à définir le dispositif de haute surveillance.

L'auscultation

Ensemble d'examens et de mesures spécifiques destinés à établir un diagnostic de la pathologie de l'ouvrage.

→ S'assurer que l'ouvrage est sûr.

Objectifs :

- Évaluer l'ampleur des désordres.
- Établir le diagnostic.
- Définir ou étayer des hypothèses de calcul.

Les manifestations régionales

Moyens permettant d'apprécier :

- L'état des matériaux.
- Le fonctionnement de la structure

Programme d'auscultation :

- Préciser la nature des investigations à effectuer.
- Fixer les objectifs généraux de l'auscultation.

La surveillance renforcée

Suivi d'une façon plus attentive de l'évolution d'un désordre ou d'une anomalie.

→ Suivre l'évolution d'un ouvrage.

Objectifs :

- Détecter une évolution anormale ou déceler une aggravation.
- Appréhender le comportement d'un ouvrage.
- Vérifier l'efficacité d'une réparation structurelle.

Consistance :

- Examens réguliers ou fréquents
 - Examen visuel d'une partie de l'ouvrage.
 - Fréquence d'interventions : annuelle à quotidienne.
 - Mesures simples.
- Suivi à l'aide d'une instrumentation

Programme et organisation :

- Objectifs particuliers.
- Consistance.
- Mesures à effectuer et leur périodicité.
- Identification du (des) responsable(s).
- Circulation des informations.
- Interprétation des résultats.
- Durée prévue.

La haute surveillance

Mesure d'exception qui consiste à guetter l'apparition d'un signe laissant présager la défaillance de l'ouvrage à très court terme (ouvrage défectueux).

→ Guetter les signes dangereux pour l'ouvrage.

Objectifs :

- Garantir la sécurité physique des usagers et des tiers.
- Limiter, voire empêcher, les conséquences matérielles (dans certains cas).

Analyse préalable pour connaître le mécanisme du désordre :

Analyse de l'état de l'ouvrage.

- Étude des différents schémas de ruine possibles.
- Sélection des grandeurs physiques pouvant faire l'objet de mesures significatives.
- Fixation de seuils sur les grandeurs physiques.
- Définition du plan d'intervention.

Système de haute surveillance :

- Acquisition automatique.
- Programmation (télétransmission).
- Déclenchement d'alerte ou d'alarme.

Consignes de sécurité :

- Écrites et établies à l'avance.
- Détaillées.

Programme et organisation :

- Analyse préalable.
- Description du système de surveillance.
- Mesures à effectuer et leur périodicité.
- Fixation des seuils.

Dans certaines conditions, la haute surveillance ne peut être envisagée

Les mesures de sécurité immédiate et de sauvegarde

Restriction d'utilisation d'un ouvrage ou mesure de protection des usagers et des tiers mise en œuvre lorsque la défaillance d'une partie d'ouvrage est à craindre à très court terme.

Confortement provisoire mis en œuvre pour éviter une défaillance de l'ouvrage (assurer la pérennité de la structure).

- ➔ Préserver la sécurité des usagers et des tiers.

Restrictions d'utilisation :

- Restriction de circulation :
 - Largeur.
 - Vitesse.
 - Espacement entre véhicules.
- Restriction pour les occupants du domaine public.
 - ➔ Confortements provisoires et étaitements pour éviter une défaillance ou une rupture de l'ouvrage.

Quelques conseils pour la réussite d'une instrumentation

Le gestionnaire (ou le bureau d'études) doit bien préciser à l'organisme chargé de l'instrumentation ce qu'il cherche à étudier ou à connaître :

- Bien définir le problème.
- Avoir une idée des valeurs attendues.

Tous les moyens nécessaires et suffisants doivent être mis en œuvre.

L'organisme chargé de l'instrumentation doit :

- Connaître la panoplie des moyens de mesure disponibles.
- Affecter une équipe compétente.
- Mesurer les paramètres susceptibles d'influer sur le résultat des mesures (température, marée, hygrométrie, ...).
- Corriger les mesures de ces effets.

Les manifestations régionales

- Utiliser le cas échéant des moyens de recoupement (plots pour des mesures à long terme, doublement de certains capteurs, ...).

Evaluation structurale des ouvrages d'art

Damien Champenoy - CETE de l'Est

Evolution des charges

Le contexte : 56 règlements BA, métal et surcharges depuis 1852

Evolution du béton armé

Des bétons plus performants, des aciers plus durs, plastification des sections, fissuration, fatigue

Evolution du béton précontraint

Gradient thermique, prise en compte de la fragilité, fluage, estimation des pertes.

Evolution de l'acier

Les méthodes courantes d'évaluation structurale des ouvrages existants

Les Eurocodes : rassemblent les progrès mathématiques et l'expérience passée

En général, ils ne concernent que les ouvrages neufs.

Eurocode 1-2 – Actions sur les structures – Actions sur les ponts, dues au trafic

Les Eurocodes 0 et 8 intègrent les OA existants

Eurocode 0 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures

Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes

Le contexte général :

En l'absence de textes réglementaires sur le sujet, la stricte application des règlements destinés aux ouvrages à construire pour évaluer un ouvrage existant n'est en général pas pertinente et peut conduire à des renforcements ou réparations injustifiés.

Les différences entre un ouvrage neuf et un ouvrage existant :

La meilleure connaissance que l'on a des caractéristiques de l'ouvrage (géométrie, résistances des matériaux, dégradations...) ou du trafic supporté peut autoriser des aménagements des règlements pour ouvrages neufs sans remettre pour autant en cause le niveau global de sécurité structurale.

Par exemple, la réduction de l'incertitude sur certaines données justifie une réduction des coefficients partiels de sécurité pondérant les actions et les résistances.

Origine de la Note d'Information du Sétra n°35 :

Rapport interne rédigé par un groupe de travail du Réseau Scientifique et Technique (RST) du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) exposant les pratiques en vigueur dans le RST en matière d'évaluation structurale des ouvrages existants.

Plan de la NI n°35 :

La démarche des calculs (HORS TE)

Étape 0 : évaluation sans recalcul

Pourquoi s'inquiéter pour un ouvrage robuste en bon état ?

Étape 1 : évaluation avec recalcul, le fait que l'ouvrage est déjà construit n'étant pas ou peu pris en compte

- ✓ Utilisation des règlements pour ouvrages neufs.
- ✓ La méthode ne s'applique pas dans le cas d'ouvrages présentant des désordres structuraux.

Étape 2 : évaluation avec recalcul, le fait que l'ouvrage est déjà construit étant pris en compte

- ✓ Utilisation des règlements pour ouvrages neufs avec adaptations sur les sollicitations et les résistances.
- ✓ Recherche de réserves de capacité portante.
- ✓ Prise en compte de résultats d'auscultation et d'instrumentation.

Étape 3 : approche fiabiliste

- ✓ Probabilité sur les paramètres.
- ✓ Simulation de trafic.

Quels règlements utiliser pour les évaluations structurales ?

- Quel règlement de charges ?

L'Eurocode 1-2, règlement actuel, censé être le plus représentatif du trafic réel. (2 ou 3 classes de trafic).

Prise en compte de l'ELS et de l'ELU

- Le niveau d'aptitude au service (ELS) d'un ouvrage doit-il être le même que celui requis pour un ouvrage neuf ?
 - Le principe selon lequel un ouvrage existant peut avoir un niveau théorique d'aptitude au service (ELS) inférieur à celui requis pour un ouvrage neuf est généralement appliqué dans le Ministère.
- Le niveau de sécurité structurale (ELU) d'un ouvrage doit-il être le même que celui requis pour un ouvrage neuf ?
 - Oui, en tenant compte éventuellement des aménagements justifiés par la meilleure connaissance que l'on a de l'ouvrage.

Les manifestations régionales

- Mais : un niveau de sécurité moindre peut être envisagé sur la base de critères socio-économiques et d'une analyse de risque et pour des durées d'usage réduites. Elle est compensée en général par une mise de l'ouvrage sous surveillance renforcée.

Quels aménagements prendre en compte ?

- Modification de coefficients partiels à l'ELU

Le coefficient partiel sur les charges permanentes γ_G est de 1,35. Il est le produit de deux coefficients γ_{Sd} et γ_g :

- γ_{Sd} correspond aux incertitudes de modélisation = 1,125
 - γ_g correspond à l'incertitude sur la valeur de G. Cette valeur peut être réduite si des investigations sur l'ouvrage ont amené un complément d'information. 1,2
- Au total, il convient de ne pas descendre au-dessous de $\gamma_G = 1,2$

Les coefficients partiels relatifs aux charges routières ne doivent pas être modifiés.

Il est par contre envisageable d'affiner les valeurs des coefficients partiels relatifs aux matériaux en fonction des résultats des mesures effectuées.

- Prise en compte de valeurs mesurées sur l'ouvrage (masse volumique, épaisseur de béton, épaisseur d'enrobée, caractéristiques mécaniques du béton et de l'acier, trafic réel, etc.)

Quelles caractéristiques mécaniques des matériaux en bon état ?

Ouvrages postérieurs à 1960

Pour ces ouvrages, il est en général possible de baser le recalcul sur les résistances des matériaux (béton et acier) visées dans les documents d'exécution.

Ouvrages antérieurs aux années 1960

Pour ces ouvrages, et en particulier pour ceux construits juste après la seconde guerre mondiale avec des matériaux de récupération, il convient en général de procéder à des mesures des caractéristiques des matériaux de l'ouvrage.

Quelles caractéristiques mécaniques des matériaux présentant des désordres ?

Les principes précédents ne sont plus applicables aux cas des matériaux présentant des désordres.

Pour ceux-ci la plus grande prudence s'impose, et l'on peut difficilement énoncer des règles générales chaque cas étant particulier.

Cependant en ce qui concerne les aciers de béton armé et plus encore les armatures de précontrainte, la corrosion des armatures a non seulement pour effet de réduire leur section

résistante, mais également de réduire le palier plastique avant rupture ainsi que l'adhérence et la résistance à la fatigue. Il est recommandé de vérifier les sections à l'état limite ultime en retenant la section résiduelle non corrodée d'armatures et selon une hypothèse de comportement élastique, pour ne pas surestimer les possibilités de plastification des aciers tendus, lorsque les armatures sont partiellement corrodées.

Pour les armatures actives, il est également nécessaire de vérifier leur susceptibilité à la corrosion fissurante sous tension, laquelle peut conduire à une rupture brutale par propagation d'une fissure.

Comment trouver des réserves de capacité portante ?

- En retenant des taux de travail pour les matériaux plus importants que lors de la conception.
Ex : les valeurs des contraintes limites des anciennes règles de calcul étaient en général plus faibles qu'aujourd'hui.
- En faisant des modélisations plus fines faisant mieux participer la matière.
Ex : modèles à grilles de poutres ou aux éléments finis.
- En retenant des méthodes de justification plus évoluées.
Ex : contrôle du déversement à l'aide d'un calcul au 2e ordre à la place de la méthode forfaitaire.
- En faisant participer des éléments généralement négligés.
Ex : prise en compte de la longrine de la barrière de sécurité qui rigidifie la structure.

Documents anciens disponibles sur le site Piles du Sétra

www.piles.setra.developpement.durable.gouv.fr
Anciens règlements de calculs et de charges depuis 1852

- Textes réglementaires (une cinquantaine).
- Autres textes.
- Documents de synthèse.

Textes sur la précontrainte

- Agréments des armatures de précontrainte.
- Agréments des procédés de précontrainte.
- Autorisations de distribution.
- Autres textes.
- Documents de synthèse.

Textes sur les aciers de construction métallique

- Catalogue des anciens profilés métalliques.
- Autres textes.
- Documents de synthèse.

Textes sur les armatures de béton armé

- Agréments et homologations.

Les manifestations régionales

- Autres textes.
- Documents de synthèse.

De nouvelles approches pour optimiser la gestion du patrimoine

Méthode d'analyse de risque d'un patrimoine d'ouvrages

Davy Prybyla - CETE de l'Est

Contexte

Qu'ils soient chroniques, accidentels, technologiques ou naturels, les risques causent des dommages économiques, modifient les équilibres écologiques, mettent des vies en péril...

La gestion du patrimoine = assure la sécurité des usagers

=> Souhait risque ZERO...mais illusoire (très difficile à réaliser et très coûteux).

Mais il est possible de maîtriser les risques.

Méthode d'analyse de risque = outil d'aide à la gestion du patrimoine et à la décision pour :

- Réaliser des travaux prioritairement sur les ouvrages stratégiques.
- Définir une stratégie de surveillance du patrimoine : consacrer plus de temps aux ouvrages sensibles.
- Intervenir de manière globale sur une famille d'ouvrages présentant des risques importants.

Mais au fait ? Qu'est ce que le risque ?

Définition du risque.

Le risque peut être défini comme la probabilité d'occurrence d'un événement dont les conséquences peuvent, en fonction de la gravité, occasionner des dommages importants.

Deux notions essentielles :

- Aléa : événement potentiellement dangereux (phénomène naturel ou accident technologique).
- Enjeu : personnes, biens, équipement ou environnement susceptible de subir les conséquences d'un événement.

Le risque implique la combinaison d'un aléa et d'un enjeu.

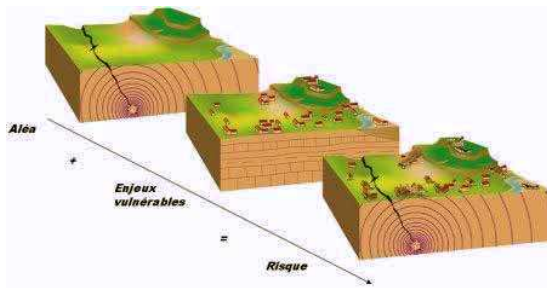
Le niveau de conséquence d'un aléa sur un enjeu s'exprime et se mesure en fonction de la vulnérabilité de cet enjeu.

Des actions spécifiques peuvent ainsi réduire cette vulnérabilité.

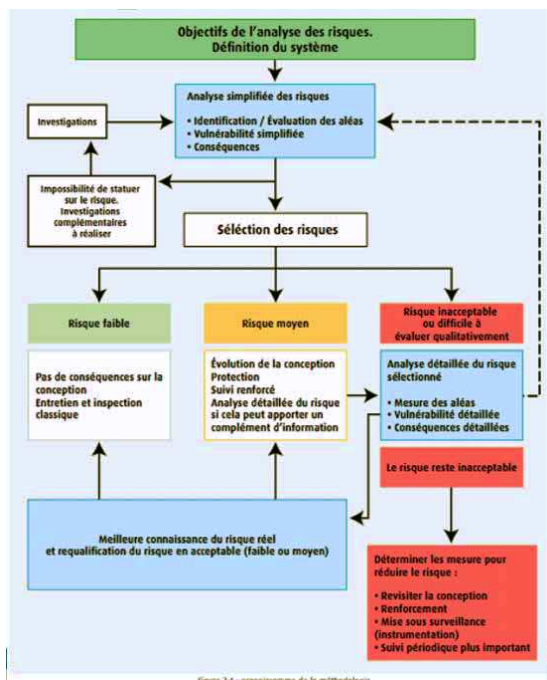
Le risque implique la combinaison d'un aléa et d'un enjeu.

Le niveau de conséquence d'un aléa sur un enjeu s'exprime et se mesure en fonction de la vulnérabilité de cet enjeu. Des actions spécifiques

peuvent ainsi réduire cette vulnérabilité (ou augmenter sa robustesse).



Méthodologie.



Les étapes

- Etape 1 : définition de l'objectif de l'analyse de risques.
- Etape 2 : définition du système = recueil de données existantes.
- Etape 3 : analyse de risques simplifiée :
 - identification et évaluation des aléas.
 - évaluation de la vulnérabilité aux aléas,
 - évaluation de l'importance des conséquences,
 - évaluation du risque.
- Etape 4 : sélection des risques (généralement niveau élevé et moyen).
- Etape 5 : si nécessaire, analyse détaillée des risques.
- Etape 6 : traitement du risque.

Les démarches en cours

Méthodologie d'analyse des risques appliquée aux ouvrages jugés sensibles :

- VIPP.
- Buses métalliques.
- Ouvrages de type Terre Armée®.
- Ouvrages affouillables.

Les manifestations régionales



VIPP : guide publié en novembre 2010.

Buses métalliques : version provisoire guide publiée en octobre 2010.

La méthodologie nécessite quelques adaptations suite aux retours d'expérience. Groupe de travail piloté par Cerema

Ouvrages de type Terre Armée® : guide en cours de publication.

Ouvrages affouillables : guide en cours de publication

Méthodologie d'analyse des risques appliquée aux ouvrages jugés sensibles puis à d'autres types de patrimoine présentant des risques connus :

- Ouvrages en béton atteints de réactions de gonflement interne (RAG et/ou RSI).
- PPHM.
- Ouvrages neufs.

Conclusion

- Méthode d'analyse de risque permet une optimisation de la gestion en intervenant prioritairement sur les ouvrages à risques.
- Méthode et outils applicables sur 4 familles d'ouvrages sensibles.
- Méthode déclinable sur d'autres types d'ouvrages.

La Bible : Méthodologie générale présentée dans le guide « Maîtrise des risques, application aux ouvrages d'art » publié en janvier 2013

Problématique

Gestion du patrimoine = Enjeu majeur :

=> Garantir le niveau de sécurité.

=> Garantir le niveau de service.

=> Maîtriser les dépenses.

Travail du gestionnaire = Faire au mieux entre :

=> Exigence de sécurité.

=> Conditions d'exploitation.

=> Gravité des désordres.

=> Urgence des réparations.

Au final une question subsiste : le gestionnaire fait-il les bons choix ?

=> Affecte-t-on les moyens financiers sur les travaux les plus utiles pour la conservation du patrimoine ?

=> Réalise-t-on la meilleure répartition des financements entre les actions préventives et les actions curatives ?

=> Des politiques différenciées sont-elles à envisager par zone à desservir ou par itinéraires ?

=> Quels travaux permettent a minima de conserver l'état moyen de son patrimoine ?

Situation actuelle

Les méthodes de gestion actuelles :

=> Permettent principalement de hiérarchiser les ouvrages en fonction de leur état apparent.

=> Permettent de suivre globalement l'état du patrimoine dans le temps, mais n'anticipent pas son état futur.

=> Ne permettent pas de quantifier les gains obtenus par l'intermédiaire d'une maintenance préventive.

Idée générale

Mettre au point une méthode qui permettra :

=> De hiérarchiser ses priorités (prévention / réparation).

=> De définir des stratégies de gestion en «prouvant» leur efficacité).

=> De calculer la « rentabilité » de ses investissements.

-> Idée : attribuer une valeur « monétaire » à chaque ouvrage.

Valeur sociétale : cahier des charges

• Doit tenir compte de la « valeur réelle » des ouvrages :

=> Age.

=> Conception.

=> Etat.

=> Importance socio-économique.

=> Situation.

Les manifestations régionales

• Doit pouvoir intégrer des actions de réparation ou d'entretien.

=> Valeur(s) « sociétale(s) »

Le calcul de la valeur sociétale doit être simple et pouvoir s'appuyer sur les bases de données des gestionnaires.

Il peut également s'appuyer sur les bases de données de coûts existantes (bases de données du SETRA) :

–Coût des ouvrages neufs.

–Coût de réparation.

On peut ainsi définir :

=> Une valeur sociétale dans l'état actuel de l'ouvrage.

=> Une valeur sociétale après réparation (ou opération d'entretien).

=> Une valeur sociétale d'un ouvrage « parfaitement entretenu ».

Pour hiérarchiser les travaux, il suffit alors de comparer les valeurs sociétales des ouvrages avant et après réparation (ou opération d'entretien).

La difficulté principale de la méthode reste la définition de la valeur sociétale...

$$V_{sociétale} = C_{ISE} \times \sum_{parties} V_{partie}$$

C_{ISE} reflète l'importance stratégique de l'ouvrage

V_{partie} est la valeur sociétale de chacune des parties de l'ouvrage (appui, tablier et superstructures).

V_{partie}

$$V_{Partie} = Coût_{Partie} \times \alpha_{EtatPartie} \times \beta_{AutrePartie}^{AutrePartie} \times \delta_{Vétusté} \times \gamma_{Robustesse}$$

=> $Coût_{partie}$ reflète le coût « à neuf » individuel de la partie étudiée.

=> α_{etat} partie est une pondération qui tient compte de l'état apparent de l'ouvrage et à terme de la nature et de l'étendue des désordres.

=> $\beta_{AutrePartie}$ caractérise l'influence de l'état d'une autre partie sur la partie considérée (ex : état de la chape d'étanchéité).

=> $\gamma_{robustesse}$ tient compte de la robustesse de l'ouvrage.

=> $\delta_{vétusté}$ est fonction de la durée de vie estimée de l'OA et de son âge.

$Coût_{partie}$

Calcul de $Coût_{partie}$ (coût « à neuf » individuel des parties de l'ouvrage)

$$Coût_{Partie} = \mu_{Partie} \times Coût_{ouvrage}$$

Où :

Coût_{ouvrage} est estimé à partir du coût global d'un OA neuf

μ_{Partie} est une « ventilation » forfaitaire de ce coût par partie (faute de mieux pour le moment...)

=> Equipement 10%

=> Tablier 50%

=> Appuis 40%

Coût_{ouvrage}

$$\text{Coût}_{\text{ouvrage}} = S_{\text{tablier}} \times \text{Prix}/m \times 1,1 \times C_{\text{Site}}$$

=> Utilisation des coûts statistiques OA neuf du SETRA.

=> Majoration de 10% pour tenir compte des opérations de démolition.

=> Pondération par un coefficient C_{site} tenant compte des difficultés liées au site (difficulté de construction/reconstruction) :

- Voies ferrées importantes : C_{site} = 1,25

- Autoroute : C_{site} = 1,20

- RD et voirie secondaire : C_{site} = 1,05

- Passage faune, agricole : C_{site} = 1,00

α_{Etat partie}

À fixer suivant la méthode de gestion

Remarque : on pourrait également tenir compte du nombre d'années où l'ouvrage est côté en estimant que le passage d'une côte à une autre s'effectue en un certain temps (par exemple en considérant que le passage de 3 à 3U se fait en 15 ans).

γ_{robustesse}

Certains ponts plus ou moins sensibles aux aléas (par conception, matériaux utilisés ou époque de construction).

Difficile de tenir compte de la robustesse de toutes les parties d'ouvrage (par manque de données, sur la typologie des appuis par exemple).

=> Coefficient global pour tout l'ouvrage et par famille.

Exemple :

PIPO : γ_{robustesse} = 1

Voûte en maçonnerie : γ_{robustesse} = 1,5

VIPP de 2ème génération, (> 1967) : γ_{robustesse} = 0,8

VIPP de 1ère génération, (<= 1967) : γ_{robustesse} = 0,6

Pont Mixte : γ_{robustesse} = 0,9

δ_{vétusté}

Traduit la dégradation progressive de la structure (altération des matériaux, effet de fatigue, augmentation des charges...).

Difficile de tenir compte de la vétusté de toutes les parties d'ouvrage (par manque de données, sauf peut-être pour les équipements).

=> Coefficient global pour tout l'ouvrage.

Chaque famille a une durée de vie T_{réf} (fixée à dire d'expert).

Les manifestations régionales

→ Vieillesse pris en compte par une loi linéaire

δ_{vétusté} = Max [(1 - 0,5 T/T_{réf}) ; 0,5] (ou plus raffinée...)

Ajout d'une durée de vie de 30 ans en cas de réparation « lourde ».

β_{AutrePartie}

=> Pour l'étanchéité : on considère que si elle est classée 2E pendant un nombre d'année « A », elle dégrade le tablier.

=> Pour les appareils d'appui : s'ils sont classés 3U pendant un nombre d'années A et que le pont est sensible à des tassements d'appui :

C_{ISE}

4 critères, avec chacun une note :

A : Mesure de l'importance stratégique de l'itinéraire porté par l'ouvrage.

B : Mesure du trafic de la voie portée.

C : Mesure de la dimension du franchissement.

D : Mesure des conséquences d'une réduction du niveau de service.

$$C_{ISE} = \sqrt{K_{ISE}} = \sqrt{\alpha \cdot A + \beta \cdot B + \gamma \cdot C + \delta \cdot D}$$

Possibilité de fixer a, b, g et d suivant les enjeux sur le réseau étudié.

Pour l'état, on propose α = 0,35, β = 0,30, γ = 0,15 et δ = 0,20, on a donc :

$$C_{ISE} = \sqrt{0,35 \cdot A + 0,30 \cdot B + 0,15 \cdot C + 0,20 \cdot D}$$

C_{ISE} : A

Possibilité de fixer A, B, C et D, suivant les enjeux du réseau étudié.

Pour l'état, on propose :

A : mesure de l'importance stratégique de l'itinéraire porté par l'ouvrage

- Les itinéraires très stratégiques : A = 4.

- Les itinéraires stratégiques : A = 3.

- Les itinéraires d'importance normale : A = 2.

- Les itinéraires de faible importance stratégique : A = 1.

Possibilité d'augmenter le coefficient en cas d'enjeux particuliers (passage sur ligne TGV...).

C_{ISE} : B et C

B : mesure du trafic de la voie portée

C : mesure de la dimension du franchissement

C_{ISE} : D

D : mesure des conséquences d'une réduction du niveau de service

Valeur sociétale

On dispose au final de :

- La valeur sociétale dans l'état actuel de l'ouvrage.
- La valeur sociétale après réparation (ou opération d'entretien).
- La valeur sociétale d'un ouvrage « parfaitement entretenu ».

• Sur tous les ouvrages de la base de données.

Il devient alors possible de définir des critères de gestion :

- Indicateurs de l'état moyen du patrimoine.
- Stratégie de gestion.
- Coût de remise à niveau du patrimoine.
- Rentabilité des travaux et hiérarchisation des travaux.

Définition de critères de gestion

=> Indicateurs de l'état moyen du patrimoine.

On peut calculer la valeur sociétale de l'ensemble du parc d'ouvrage :

$V_{\text{sociétale actuelle}} = \text{somme des valeurs sociétales des ouvrages}$

$V_{\text{sociétale à neuf}} = \text{somme des valeurs sociétales à neuf des ouvrages}$

On peut ainsi définir :

- Un critère de vétusté générale :

$$\frac{V_{\text{Sociétale actuelle}}}{V_{\text{Sociétale à neuf}}} > 0,5$$

- Un critère de bon entretien :

$$\frac{V_{\text{Sociétale actuelle}}}{V_{\text{Sociétale OA entretenus}}} > 0,8$$

=> Permet d'anticiper l'évolution « globale » future du patrimoine.

=> Stratégie de gestion.

- Stratégie de remise à niveau du patrimoine : programmation des travaux pour revenir, en 10 ans, aux critères de bonne gestion.
- Stratégie de maintien à niveau du patrimoine : programmation des travaux pour conserver, au fil des ans, $V_{\text{sociétale actuelle}} = \text{Constante}$.
- Stratégie de maintien à niveau du patrimoine par le biais d'indicateur d'état : programmation des travaux pour conserver un patrimoine d'une certaine qualité en fixant des objectifs sur les indicateurs d'état du patrimoine (note IQOA pour l'état) :
 - o Surface totale des ouvrages notés 1 ou 2 : > 55% du patrimoine
 - o Surface totale des ouvrages notés 2E : < 30% du patrimoine
 - o Surface totale des ouvrages notés 3+3U : < 15% du patrimoine

Les manifestations régionales

- o Surface totale des ouvrages notés 3U : < 1% du patrimoine

=> Coût de remise à niveau du patrimoine.

On peut calculer l'effort financier permettant de réaliser des travaux qui ramènent l'ensemble des ouvrages dans un état jugé satisfaisant en matière de niveau de service.

Méthode IQOA : remise à niveau des ouvrages classés 2E, 3 ou 3U vers un niveau 2.

Le calcul du coût de remise à niveau étendu à tous les ouvrages donne une indication sur le budget à prévoir pour remettre en état son patrimoine.

=> Rentabilité des travaux et hiérarchisation des travaux.

On calcule

$$R_{\text{Travaux}} = \frac{\Delta V_{\text{valeur sociétale}}}{\text{Coût}_{\text{Travaux}}}$$

=> On hiérarchise ensuite les travaux par rentabilité croissante (R le plus élevé possible).

Au final...

=> L'analyse coût/bénéfice des travaux doit bien sûr être subordonnée au traitement prioritaire de tous les problèmes graves détectés lors de la surveillance du patrimoine qui affectent la sécurité des usagers.

=> Méthode publiée, disponible sur le site PILE du SETRA (dans « dossier thématique / méthode de gestion des OA »).

=> Testée sur un patrimoine d'ouvrage : la méthode est prometteuse mais montre 2 principales limites.

- Difficile d'évaluer le coût des travaux de remise en état des ouvrages (alors que c'est ici un élément clé...).
- Les indicateurs d'états disponibles ne sont pas assez précis (la valeur sociétale de l'ouvrage en est forcément moins précise...).

Conclusion : les limites I

- Pour pouvoir évaluer la rentabilité des travaux sur un ouvrage, il faut pouvoir déterminer le coût de remise à niveau d'un ouvrage.
- Pour le moment, utilisation de la base du SETRA « base de prix de réparation » de 1996 (prix actualisés avec indices TP).
- Cette base donne des informations très « globales ».
- Doit être mise à jour et retravaillée pour
 - o Donner des coûts unitaires.
 - o Évaluer les surcoûts liés aux différentes contraintes de site.
 - o ...

=> Mercuriale de prix de réparation en cours de réalisation.

Conclusion : les limites II

Indicateurs de l'état de suivi de l'ouvrage

Pour l'Etat = note IQOA + LAGORA

- Pas assez précis pour évaluer l'évolution des états (détails des notes des superstructures par exemple – évolution des notes dans le temps...).
- Pas assez précis pour évaluer de façon fiable un coût de remise à niveau (ex : étendue des «dégâts» ?).
- Amélioration de la précision des bases de données nécessaire pour gérer « finement » le patrimoine.
- La méthode exposée ici donne des pistes d'améliorations pour les bases de données.

Les inspections ciblées d'ouvrages

Christian Cremona - SETRA

Contexte de l'inspection OA

ITSEOA : 19/10/1979

- Effondrement du pont Wilson à Tours (1978).
- Recommandations uniformes.
- Contrôle annuel, inspections détaillées (IDP, groupe 2).

ITSEOA modifiée : 26/12/1995

- Introduction de l'IQOA.

ITSEOA : 16/02/2011

- Introduction de périodicités 3/6/9 pour l'IDP selon l'état (IQOA).

Analyse de risques et inspections ciblées

Motivation

- 20% des machines à l'origine de 80% des problèmes.

Objectifs : compléter l'ITSEOA

- Focaliser les inspections sur des problèmes sensibles.
- Mettre en place une démarche anticipée (préventive) de la maintenance.

Approche

- Introduire un niveau d'inspection quantitative.
- Rationaliser les périodicités d'inspection.
- Meilleure adéquation entre exigences et besoins en matière d'inspection.

Inspection ciblée

Démarche

- Déclencher des actions de maintenance préventive pour :
 - éviter l'apparition de pathologie,
 - maintenir et prolonger la durée d'utilisation de l'ouvrage.
- Optimiser la gestion des ouvrages en complétant le suivi visuel :

Les manifestations régionales

- par des contrôles quantitatifs du vieillissement des matériaux,
- en optimisant le nombre de contrôles.
- Organiser les programmes de maintenance préventive :
 - en déterminant un indice de vieillissement par ouvrage,
 - en définissant la périodicité des inspections.

Principes

- Issues d'un criblage par analyse sommaire des risques.
- Portent sur des phénomènes de vieillissements particuliers, identifiés comme critiques pour les ouvrages.
- Menées sur des zones représentatives de chaque ouvrage et les risques potentiels associés.
- Réalisées soit sur un échantillon ciblé représentatif d'un patrimoine, soit sur l'ensemble des ouvrages d'un patrimoine.

Remarque

Sont exclus

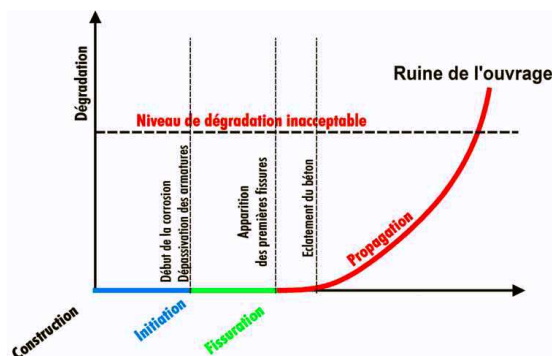
- Les ouvrages pathologiques (type 3 et 3U).
- Les ouvrages sensibles
- VIPP.
- Buses métalliques et béton.
- Les ponts en maçonnerie.

Etapas d'une inspection ciblée

- Echantillonnage des ouvrages du groupe 1
- Préparation de l'inspection ciblée
 - o Analyse préalable du dossier d'ouvrage.
 - o Liste des aléas potentiels à suivre : pénétration de chlorures, fissures de fatigue...
 - o Identification des zones représentatives à inspecter.
 - o Pré-visite destinée à préciser les paramètres de l'inspection ciblée : nombre et type d'essais, accessibilité, moyen d'accès, contraintes diverses (circulation, ...).
- Réalisation de l'inspection ciblée
- Exploitation des résultats
 - o Calcul d'un indice de vieillissement pour chaque zone représentative inspectée. La combinaison de ces indices donnera un indice global de vieillissement l'ouvrage.
 - o Détermination de la prochaine inspection.
- Conclusions et suites à donner
 - o Vieillessement normal des zones critiques.
 - o Vieillessement anormal des zones critiques. Dans ce cas, un diagnostic détaillé doit être mené avant toute action corrective.
- Qualification du personnel

- o Inspecteurs "Ouvrages d'Art" pour la partie essais.
- o Chargés d'études pour les études préalables du dossier d'ouvrage, l'établissement de la fiche « inspection ciblée », le choix des zones test, l'exploitation des résultats...
- o Qualifications complémentaires nécessaires selon le type de structure, la nature des contrôles à réaliser.

Inspection ciblée du matériau BA



Définition des classes d'environnement et de matériaux

Définition des classes de criticité et essais à réaliser

Echantillonnage

Ciblage des parties et des zones pour un ouvrage inspecté

– Scindé en parties d'ouvrage

- Tablier.
- Appuis (piles et culée d'ouvrage).
- Autre" (corniche, mur en retour ...).
- Deux zones représentatives
- Zone exposée (ZE).
- Zone référence (ZR).

– Chaque partie de l'ouvrage appartient à une classe. Deux parties d'ouvrages peuvent alors être dans deux classes différentes.

Objectif

– Inspecter 10% du patrimoine (composé de partie d'ouvrage) de chaque classe homogène afin d'obtenir des données sur leurs cinétiques de vieillissement.

Remarque

– Un ouvrage déclassé (dégradations apparentes, obsolescence...) n'est plus suivi par inspection ciblée. Il est alors remplacé, dans l'échantillon, par 2 autres ouvrages de sa classe.

Investigations à réaliser

Mesure de l'enrobage
Front de carbonatation
Front de chlorures

Les manifestations régionales

Indice de vieillissement

Local

– Par zone inspectée.
– Deux indices par phénomènes (carbonatation, chlorures).

Global

– Sous forme d'intervalle.

Cas des ouvrages non inspectés

Profondeur d'enrobage non connu

– Fixée à e_{nom} réduit de 10mm

Estimation de l'indice de vieillissement.

$$\hat{I}_{v(c,d)}(\hat{T}_i) = \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sqrt{\frac{e_{95}^k}{e_{nom,r} \sqrt{\frac{T_i^k}{\hat{T}_i}}}} \right)^2$$

Programmation de l'inspection suivante

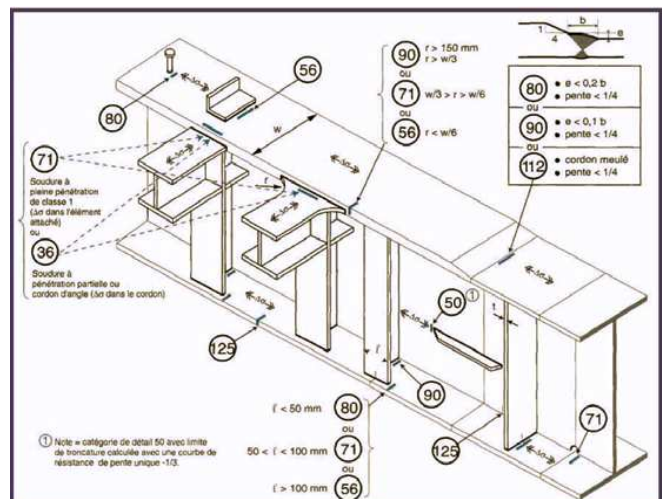
Fixé au quart de la durée de vie résiduelle.

Inspections ciblées sur ponts mixtes

Identification des zones à plus fort risque de fatigue

4 assemblages minimum puis 1 tous les 100 m de poutres pour les contrôles non destructifs par ultrasons pour la recherche de défaut tel qu'une fissure de fatigue.

2 assemblages pour l'instrumentation sous trafic



Investigations à réaliser

Contrôles US

Instrumentation par jauges

Reste à faire...

Guide (en cours de rédaction).

Chiffrage du coût des inspections ciblées (première estimation réalisée).

Processus de mise en place de l'inspection ciblée.
Identification de DIRs (ou autre MOA) tests.

Impacts espérés de l'inspection ciblée

- Améliorer la connaissance de la performance des ouvrages.
- Introduire des modèles prédictifs du vieillissement.
- Faciliter une approche en cycle de vie.
- Favoriser l'émergence de techniques non destructives d'inspection.
- Contribuer au développement de la génération future des systèmes de gestion des ponts.

Mieux gérer pour mieux construire

André Orcesi – IFSTTAR

Nous venons de voir 3 méthodes innovantes pour optimiser la gestion du patrimoine : mais ce n'est pas suffisant !

Pour optimiser la gestion, il faut s'en préoccuper en amont du projet :

- Certains équipements d'ouvrages doivent être remplacés très souvent / Durée de service.
- Les matériaux utilisés ne sont pas toujours optimisés vis à vis de la durabilité.
- Les dispositions constructives sont parfois malvenues.

Mieux construire, mais aussi mieux concevoir.

Prise de conscience : réduction de l'impact sur l'environnement.

Changement dans la façon de concevoir : on pense à l'entretien et à la réhabilitation en amont.

Analyse du cycle de vie.

Méthode d'évaluation environnementale normalisée (série des normes ISO 14040) pour :

- évaluer les flux de matières,
- évaluer les flux d'énergies,
- en déduire les impacts environnementaux.

Sur le cycle de vie du produit étudié.

Objectifs :

- identifier les principales sources d'impacts environnementaux,
 - hiérarchiser les priorités d'amélioration,
 - éclairer les choix techniques et organisationnels.
- Mais la méthode ACV se limite à l'évaluation environnementale.

➔ Intérêt d'une approche plus large.

Approche globale

Objectifs :

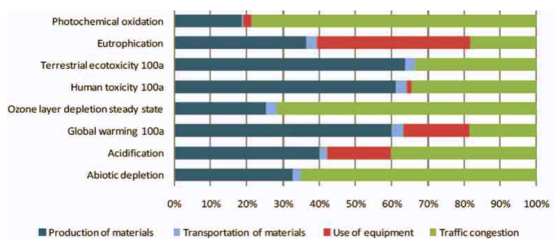
- identifier les principales sources d'impacts environnementaux et économiques,

Les manifestations régionales

- minimiser les impacts,
- éclairer les choix techniques et organisationnels.

Exemple issu du projet SBRI : Contribution des différents processus

Apport environnemental de l'acier autopatinable : cas d'un PS autoroutier.



Les processus de « production de matériaux » et de « congestion de trafic » contribuent le plus fortement aux différents impacts.

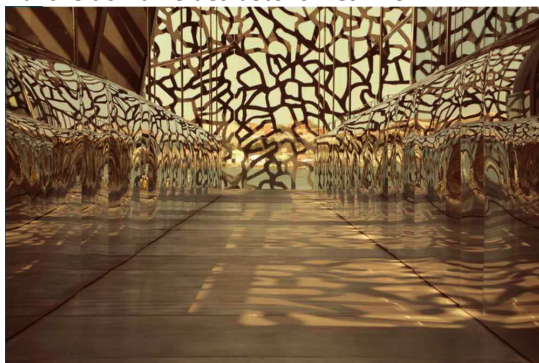
Poids significatif des consommations d'engins, nettement supérieur au transport des matériaux pour plusieurs impacts.

Les méthodes précédentes peuvent aider le maître d'ouvrage à justifier le choix d'une variante ou d'un procédé plus coûteux à l'achat, mais finalement plus économique à long terme.

Quelques pistes

Utilisation de matériaux innovants.

Dans le domaine des bétons : les BFUP



Dans le domaine de l'acier :

- suppression des interventions lourdes pour remplacer un système de protection anticorrosion : acier autopatinable.
- utilisation de l'acier HLE permettant des gains de matière.

Conception innovante

Conception qui permet une meilleure surveillance (et une meilleure aération).

Conception qui améliore la robustesse

- Bi-poutre métallique avec hourdis inférieur.
- Poutre fusible sur ouvrage de type PRAD.

Exemple des Ponts intégraux et semi-intégraux développés dans l'exposé suivant...

Conclusion

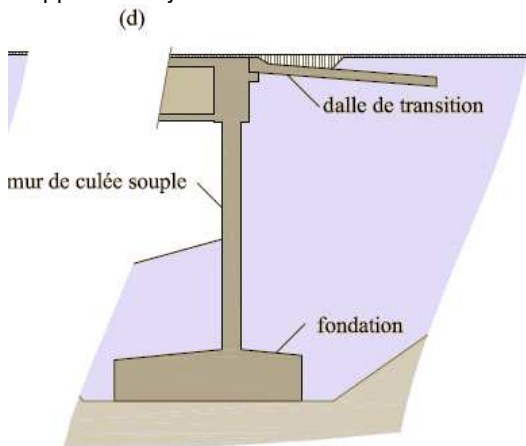
- L'optimisation de la gestion => réflexions en amont du projet.
- 3 niveaux :
 - o Modifications des habitudes de conception.
 - o utilisations des nouveaux matériaux.
 - o Application des nouvelles méthodes de surveillance du patrimoine.

L'exemple des ponts intégraux

Philippe Jandin – SETRA

Définition.

- Ponts semi-intégraux :
 - Suppression des appareils d'appui ou
 - Suppression des joints de dilatation
- Ponts intégraux : suppression des appareils d'appui et des joints de dilatation.



Intérêt.

- Réduire le coût de construction (suppression des appareils d'appui et joints de dilatation, «simplification» de la construction).
- Réduire la maintenance
 - o Coûts directs : plus de maintenance de ces équipements, élimination des désordres aux abouts de tablier.
 - o Coûts indirects : élimination de la gêne aux usagers lors de ces opérations.
 - o Réduction des nuisances sonores.
- Réduction de la maintenance des joints de dilatation et des appareils d'appui.
- Réduction de la maintenance des abouts de pont.

Les pratiques à l'étranger.

Très répandues et courantes :

- USA.
- Canada.

Les manifestations régionales

- Royaume-Uni.

Moins répandues ou en développement :

- Suisse, Suède, Allemagne, Finlande, Pologne.
- Australie, Nouvelle-Zélande.
- Inde, Japon, Chine.

Pratiques aux USA

1ers ponts dès les années 1920 (Colorado)

Années 30/40 : Massachussets, Kansas, Ohio, Oregon, Pennsylvanie, Dakota du Sud.

Années 50 : Californie, Nouveau-Mexique et Wyoming.

Années 50/60 : Minnesota, Tennessee, Dakota du Nord, Iowa, Wisconsin et Washington.

Chaque Etat fixe les domaines d'emploi de ce type de structures.



Record aux USA : Plus long pont intégral avec poutres en béton préfabriquées.

Pratiques anglaises

Design Manual for Roads and Bridges

- Volume 1 – Section 3 Part 12 : Conception des ponts intégraux (BA42/96 Amendment 1)*.

- Recommande de concevoir tous les ponts de – de 60 m de long et de biais < 30° en ponts intégraux.

* Remplacée depuis peu par BS PD 6694-1:2011 Recommendations for the Design of Structures subject to Traffic Loading to BS EN 1997-1 - Section 9 et Annexe A couvrent les ponts intégraux.

Pratiques en Inde :

Avantages recherchés :

- Durabilité : appareils d'appui et joints = points faibles.
- Amélioration des performances au séisme.

Pratiques en Australie, Nouvelle-Zélande

- Nouvelle-Zélande :

- Long. maxi = 70 m pour les ponts en béton.

- Long. maxi = 55 m pour les ponts métalliques ou mixtes.

- Conditions sur la flexibilité des appuis et impose une dalle d'approche.
- *Australie* : cf. UK
- Long. maxi = 60 m et biais < 30°.

Pratiques en Europe : l'Allemagne

- Pas de règles établies ni de guide de conception.
- Peu répandu à ce jour.

Pratiques en Europe et autres pays

- Finlande : limité aux ponts de 35 m de portée sous trafic normal et 45 m sous trafic faible.
- Suède : usage courant pour les faibles longueurs, peu courant pour les longueurs moyennes (20-60 m).
- Pologne : pas de recommandations ni de longueur limite, usage peu répandu. Intérêt pour les petites et moyennes longueurs.
- Japon : domaine de l'innovation et recherche.

Pratiques en France

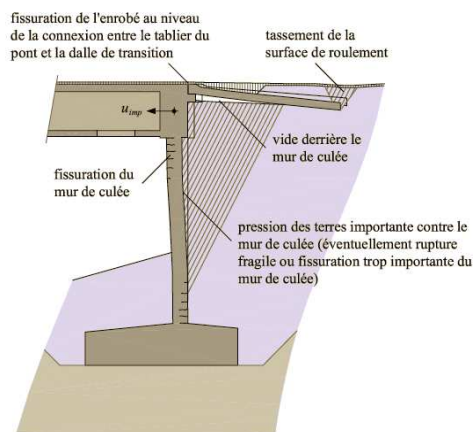
- Les ponts type :
 - Cadres fermés (PICF).
 - Portiques ouverts (PIPO).
 - Portiques ouverts doubles (POD).
- Les ponts type SNCF :

La conception



Exemple de pont à poutres métalliques (acier autopatinable)

Quelques points particuliers.



- Interaction sol/structure

Les manifestations régionales

Augmentation de la pression σ_H avec le nombre de cycles

Recompactage du remblai qui augmente sa rigidité

- Risques de fissuration en about d'ouvrage
- Noeud d'encastrement

Conclusions

- Points essentiels de conception
- Minimiser hauteur d'interaction sol/structure.
- Conception soignée dalle de transition
- Rendre symétrique l'ouvrage.
- Limiter le biais.
- Bon remblai, soigneusement compacté et drainé.

Avantages :

- Réduction du coût de construction :
Réduction nombre de piles, gain de temps par suppression des appareils d'appui et joints de dilatation.
Construction de la culée (et de sa fondation).
- Réduction des coûts de maintenance :
Plus de maintenance des appareils d'appui et joints de dilatation.
Élimination des désordres aux abouts de tablier.
- Meilleure robustesse
Séisme : pas de risque de rupture des appareils d'appui, de chute du tablier de ses appuis, meilleure absorption de l'énergie.
Plus grand degré de redondance.
- Réduction de nuisances :
Meilleur confort pour l'utilisateur.
Réduction des nuisances sonores au passage des joints.

Difficultés :

- Calculs plus complexes.
- Points de conception à soigner :
Murs en aile ou en retour.
Limiter le biais (70 grades maxi) et la courbure.
Fondations sur pieux H : pratiques peu courantes en France.
- En France : domaine d'emploi à fixer, règles de conception et de calcul.