

## Objectifs

Une étude exploratoire réalisée en 1993 sur le thème « Maintenance, Réparation et Renforcement des Constructions », prolongée en 1994 par une enquête réalisée auprès de maîtres d'ouvrage, a montré que la maîtrise du comportement des ouvrages dans le temps constituait le premier thème à développer en s'appuyant sur des données à fournir par les maîtres d'ouvrage. Le but final à atteindre était de déboucher sur une méthodologie de suivi et d'entretien des constructions ainsi que sur des méthodes de modélisation de l'évolution des matériaux et des structures.

Le Projet National KRONOS 1 a été lancé pour se concentrer sur une première phase consacrée à l'étude des facteurs de vieillissement. Ses objectifs et son programme ont été définis par un Comité de Pilotage constitué, en majorité, de maîtres d'ouvrage acceptant de fournir les résultats des inspections.

# Projet National KRONOS

## Facteurs de vieillissement des ouvrages

### ... suite Objectifs

Les objectifs étaient :

- d'avoir une première idée sur l'état réel du patrimoine,
- de favoriser les échanges d'expérience et de faciliter les échanges de données entre les maîtres d'ouvrage,
- d'identifier les facteurs influant dans un sens défavorable sur le vieillissement des ouvrages, dès la conception, puis au cours de leur construction et du suivi en service, mais aussi les facteurs qui jouent un rôle favorable,
- de fournir les éléments indispensables pour la définition des programmes de maintenance,
- d'essayer de déduire des lois statistiques caractérisant le vieillissement des ouvrages.

### Programme réalisé

*Après définition, sous le contrôle du Comité de Pilotage, des facteurs d'influence du vieillissement des ouvrages (vieillessement naturel des matériaux, erreurs de conception ou d'exécution, environnement et conditions exceptionnelles d'utilisation, défauts d'entretien) et de la nature des désordres les affectant, le Projet s'est appuyé sur des données recueillies au cours des opérations de surveillance de plusieurs familles d'ouvrages :*

- 441 ponts routiers représentatifs des 22 000 du réseau géré par la Direction des Routes à la base d'une enquête très approfondie conduite par le Séttra (IQOA : Image Qualité des Ouvrages d'Art),
- 181 ouvrages appartenant à Réseau Ferré de France gérés par la SNCF représentant les quatre types les plus courants du patrimoine RFF (voûtes en maçonneries, poutrelles enrobées, métal, dalle béton armé) sélectionnés en s'appuyant sur les courbes de cotation des ouvrages,
- 30 ouvrages en voile mince de grande hauteur : aéroréfrigérants d'EDF (surface concernée : 1.500.000 m<sup>2</sup>).

*Pour exploiter l'ensemble de ces données, il a fallu au préalable établir une méthode de codification assez générale pour être applicable sur tout type de structure quel que soit le maître d'ouvrage ayant fourni la donnée.*



## Organisation

### La Direction du Projet

Président : Georges RIBES  
Assisté de : Elie ABSI et Bernard FARGEOT

### Les partenaires

ATILH - CEBTP - EDF - Direction des Routes (Sétra)  
- LCPC - Port Autonome du Havre - RATP - Réseau  
Ferré de France - SNCF

## Durée Budget

Le Projet National, approuvé par le Comité de Pilotage en octobre 1995, s'est déroulé de 1996 à 1999.

Le budget s'est élevé à 301 666 € HT, dont une subvention de la DRAST de 45 540 € HT, le solde en apports en nature et cotisations des partenaires.



Confortement. © Photo Sétra / Gérard Forquet



Désordre d'un joint de chaussée.  
© Photo Sétra / Gérard Forquet



Problème d'assainissement.  
© Photo Sétra / Gérard Forquet



Corrosion des aciers, ouvrage en béton armé.  
© Photo Sétra / Gérard Forquet

## Publications

Les résultats des travaux du Projet National KRONOS 1 ont été regroupés dans un dossier de synthèse comportant deux parties principales et une série d'annexes :

- la première partie concerne les facteurs d'influence sur le vieillissement des superstructures et des appuis des ouvrages de l'échantillon. C'est ainsi que l'on constate que le vieillissement de l'ensemble des ouvrages gérés par la Direction des routes, est principalement dû à des défauts de mise en œuvre (37%), des défauts ou erreurs de conception (21%), alors que les défauts d'entretien, les conditions d'exploitation, la nature des matériaux n'interviennent que pour 6% chacun, les causes restant indéterminées pour 20% des désordres constatés. Différents tableaux donnent la fréquence d'apparition des principaux désordres rencontrés. Ils mettent en évidence, en particulier, que l'un des désordres dominants est le manque d'étanchéité des ouvrages,
- la deuxième partie traite des facteurs d'influence sur le vieillissement des équipements,
- les annexes traitent des facteurs d'influence par type d'ouvrages. Sept types d'ouvrages courants ont été retenus : les ponts-dalles en béton armé, les ponts-dalles et les ponts-caissons en béton précontraint, les ponts-voûtes en maçonneries, les ponts à poutrelles enrobées, les ponts métalliques et les voiles minces de grande hauteur.

Ces annexes proposent des fiches didactiques faisant la synthèse des résultats par type d'ouvrage. Pour chaque type, une fiche présente les désordres induits par facteur d'influence, une autre les facteurs d'influence intervenant par désordre, d'une part sur les superstructures, d'autre part sur les appuis et fondations.

Une évaluation (valeur 1996) des coûts de remise en état par types d'ouvrages ainsi que par désordres et par facteurs d'influence complète les données.

Les fiches établies ont l'ambition de contribuer à l'amélioration des ouvrages existants ainsi qu'à celle des ouvrages du futur de conception comparable.



**Les enseignements issus du projet sont nombreux : ils apportent une connaissance détaillée du comportement dans le temps des ouvrages existants en mettant en évidence leurs faiblesses, avec pour conséquence de connaître les points à suivre au cours de la vie de l'ouvrage mais aussi d'éviter de reconduire les mêmes erreurs sur les structures du futur.**

■ Le projet met aussi bien en évidence le fait que, pour disposer d'ouvrages au comportement satisfaisant dans le temps, tous les intervenants sont concernés, qu'il s'agisse du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre, du concepteur, du calculateur, de l'entrepreneur, des contrôleurs ou des chargés d'entretien. Le rôle de chacun est primordial.

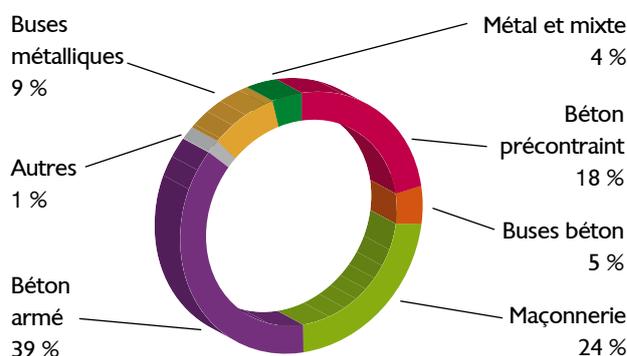
■ Le projet fournit des éléments essentiels pour répondre au problème fondamental des maîtres d'ouvrage, qui est de pouvoir disposer d'une aide à la décision lorsque des ouvrages de leur parc présentent des désordres et que se pose la question de leur devenir : faut-il les conserver en les réparant ou en les renforçant, faut-il les détruire ? La suite logique de KRONOS 1 est de contribuer à des projets approfondissant les moyens et les méthodes sur les thèmes : "Auscultation, diagnostic et évaluations des ouvrages". Depuis ces dernières années plusieurs projets dans le cadre de l'ANR ont développé ces thèmes. Les nouveaux logiciels peuvent dans de nombreux cas être considérés comme des outils de gestion courante donnant à tous moments l'état de l'ouvrage et traitant des phases d'entretien coordonnées avec une exploitation optimale.

■ Dans le domaine de la connaissance de l'état des ouvrages, le projet fait apparaître certaines lacunes dans les moyens d'étude de leur comportement, en particulier pour ce qui touche à la quantification des désordres. Pour s'assurer de données fiables, les outils manquent parfois ou sont insuffisants.

Il en est ainsi pour appréhender les profondeurs de carbonatation, le taux d'humidité, la perméabilité, la compacité des bétons, les caractéristiques mécaniques des bétons en place, la qualité de l'injection des câbles de précontrainte, l'état réel des diverses armatures de béton armé, le niveau des contraintes dans le béton dans les zones particulièrement sollicitées, l'état de conservation des chapes d'étanchéité. Des progrès considérables ont été faits dans ce domaine depuis la parution des résultats de KRONOS grâce à de nouveaux développements d'outils de contrôles non destructifs. De nombreuses recherches universitaires, publiques ou privées, sont en cours en France et dans le monde entier. Il est intéressant de se reporter, à ce sujet, au document produit par l'AFGC (travail collectif coordonné par Denys BRESSE et Odile ABRAHAM datant de 2005) intitulé : "Méthodologie d'évaluation non destructive de l'état d'altération des ouvrages en béton".

■ Il faut noter enfin qu'un certain nombre d'ouvrages neufs de grande importance (en particulier parmi ceux devant garantir contractuellement une certaine durée de vie) ont été équipés de capteurs fournissant en permanence des données précises sur leur état télétransmises vers un centre d'analyse. C'est un progrès important pour une gestion saine des ouvrages instrumentés, mais c'est aussi un moyen d'obtenir un grand nombre de données qui, si elles sont mises à la disposition des chercheurs, permettront de faire progresser les connaissances dans le domaine du vieillissement des ouvrages.

### Répartition en nombre par famille d'ouvrages



Rénovation d'ouvrage (146 travées) du Brenner en Italie.  
© Photo F. Vigouroux, Freyssinet

