

LE MYSTÈRE DE LA PRÉCONTRAINTE BRUYANTE DE CERTAINS VIADUCS ANCIENS ENFIN PERCÉ !

**Pierre TROUILLET¹, John DUMOULIN², Pierre BARRAS³, Dominique COCHET⁴, Angel BARREU⁵,
Laurent FRITZ⁶, Pierre ROENELLE⁷, Michel DAUVILLIERS⁸**

¹ spécialiste ouvrages d'art au contrôle des concessions , DGITM, chargé de cours au CNAM.

² spécialiste instrumentation, LRPC de Bordeaux (*)

³ spécialiste ouvrages d'art, DOA du CETE de Bordeaux (*)

⁴ directeur adjoint, chef du groupe ouvrages d'art, LRPC de Bordeaux (*)

⁵ inspecteur ouvrages d'art, LRPC Bordeaux (*)

⁶ chef de l'unité instrumentation, LRPC de Bordeaux (*)

⁷ chef d'unité , LRPC de Lyon (**)

⁸ chef unité qualité et durabilité des ouvrages d'art, DREIF LR Trappes (***)

(*) maintenant : direction territoriale Sud Ouest du CEREMA

(**) maintenant : direction territoriale Centre Est du CEREMA

(***) maintenant : direction territoriale Ile de France du CEREMA

I. INTRODUCTION

Un ancrage de câble de précontrainte qui émet des craquements audibles au passage de véhicules...

Voilà un phénomène étonnant et rare.

Lors des épreuves de portance des ouvrages il arrive que l'on capte parfois des bruits.

Mais aucun des spécialistes français de la précontrainte interrogés n'avait connaissance de bruits apparus dans la vie de l'ouvrage.

Le viaduc « A » qui présente cette singularité devait être renforcé du fait de l'insuffisance de son dimensionnement initial prenant mal en compte les effets des gradients thermiques ainsi que ceux de la redistribution par fluage. Avant de procéder à ces travaux il était nécessaire de vérifier si ces émissions acoustiques traduisaient ou non un dommage structurel au sein des unités de précontrainte concernées et donc s'il fallait – ou non – accroître très substantiellement le renforcement prévu pour remédier au dimensionnement initial insuffisant.

Au cours de cette étude il s'est avéré que d'autres viaducs anciens émettaient aussi des craquements, laissant ainsi craindre une pathologie d'une certaine ampleur.

Cet article synthétise les études et travaux réalisés pour comprendre l'origine des émissions.

Il n'aurait pu voir le jour sans la mobilisation de plusieurs unités du réseau scientifique et technique du Ministère chargé des transports et la fertilisation croisée qui en a découlé.

II. LES VIADUCS À PRÉCONTRAINTE BRUYANTE

2.1. Le viaduc « A »

Conception et réalisation

Cet ouvrage autoroutier franchit une brèche de 208 m en 4 travées (42-62-62-42 m) et supporte aujourd'hui 25 000 véhicules par jour dont environ 30 % de poids lourds.

Chaque sens de circulation est supporté par un caisson en béton précontraint de hauteur variable, coulé en place par encorbellements successifs.

Sa conception date de 1975 (IP1) et l'intégration du projet de circulaire sur la prise en compte du gradient thermique et des re-distributions par fluage parue en 75 a été limitée à une partie du gradient thermique (5°C + surcharges) ainsi qu'à l'application d'une règle forfaitaire allégée pour le fluage.

Un re calcul récent prenant en compte les phases de réalisation, les caractéristiques des bétons utilisés, la géométrie réelle (renformis) et les lois de fluage « scientifique » montre des tractions élevées en fibre inférieure des travées de rive (3.4 MPa soit 1.5 fois la résistance en traction).

L'ouvrage n'est pas doté de goussets . La précontrainte de continuité est en milieu de hourdis.

La précontrainte de fléau, ici concernée, est composée de câbles SEEE de type FU avec torons manchonnés individuellement .

Lors des épreuves initiales, les flèches mesurées étaient égales ou supérieures aux flèches calculées, traduisant un écart.(On peut en effet rappeler que pour ce type de structure le rapport flèche mesurée / flèche calculée est dans 90% des cas inférieur ou égal à 0.80).

Par la suite, une pathologie classique est apparue en hourdis inférieur :

- des fissures de diffusion et d'entraînement d'ouvertures modérées (0.3mm) dont certaines se prolongeant longitudinalement à la jonction hourdis inférieur sans toutefois remonter sur les âmes ;
- une fissuration longitudinale importante traduisant les effets de la poussée au vide du hourdis courbe.

Les bruits constatés

En 1988, dix ans après la mise en service, des bruits secs, audibles, générés au passage de surcharges ont été constatés essentiellement dans 2 zones d'ancrage des câbles de fléau (à droite dans le dessin ci-dessous).

En 1993, les bruits étaient observés dans 4 zones.

En 2009, le nombre de zones bruyantes atteignait 13 et plusieurs émissions pouvaient être constatées par heure.

Nous avons disposé sur le site www.dailymotion.com/video/x1b223t_pont-bruyant_tech, à l'attention du lecteur, un échantillon de bruit enregistré au passage d'un poids lourd. On perçoit nettement deux émissions successives et très rapprochées.

Les émissions acoustiques semblaient avoir pour origine les zones d'ancrage des câbles de fléau et leur apparition paraissait être corrélée à celle de surcharges :

- le passage d'un poids lourd conduisait à l'émission de bruits intenses et nombreux ;
- le passage d'un véhicule léger ne conduisait que rarement à des bruits, au demeurant faiblement audibles ;
- on ne notait pas de bruit en l'absence de surcharges.

Après dégagement du béton situé en partie arrière de deux ancrages ceux-ci continuaient d'émettre des bruits.

2.2. Le viaduc « B »

Conception et réalisation

Cet ouvrage autoroutier franchit une brèche de 206 m en 4 travées (33- 42- 84- 47 m). Son tablier unique en caisson béton précontraint de hauteur variable a été coulé en place par encorbellements successifs et comporte 3 âmes sans goussets.

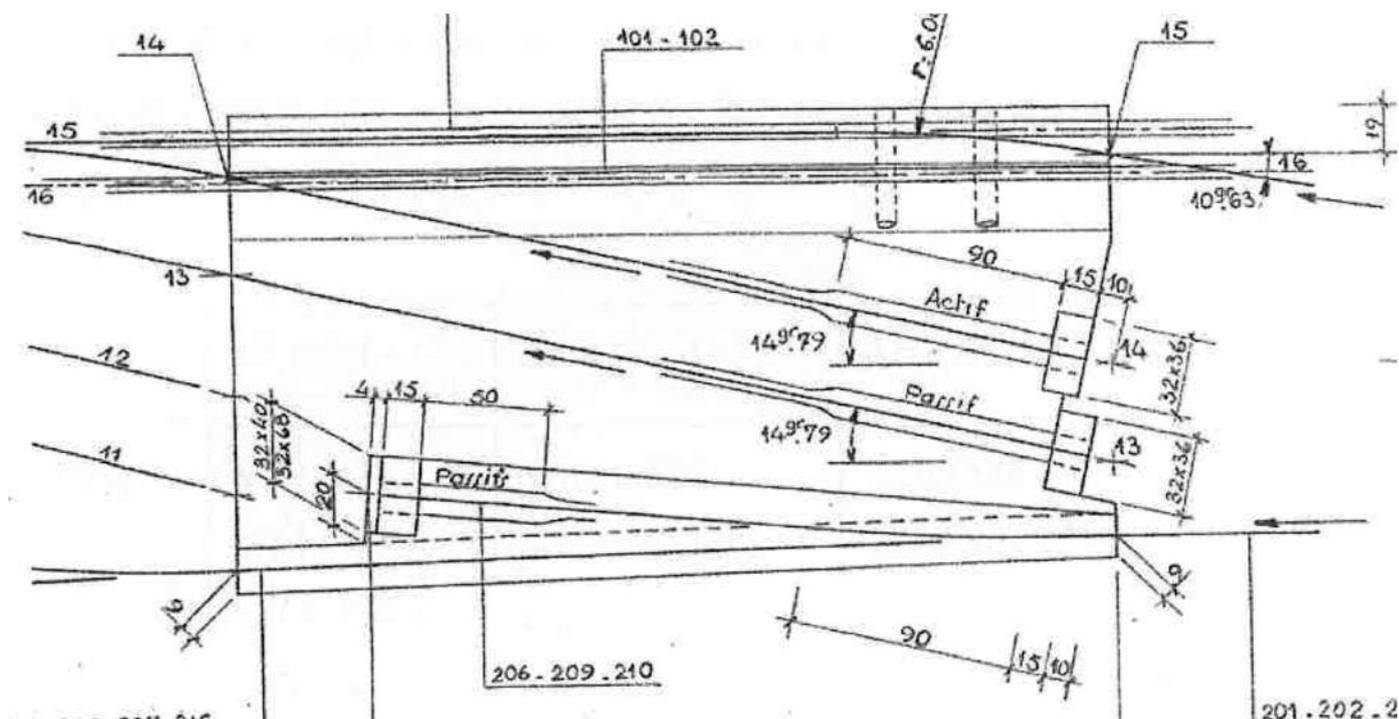


Figure 1 : ancrage des câbles de fléau.

Sa conception date de 1968 (IP1) et ne prend pas en compte les effets des gradients thermiques ni ceux de la redistribution par fluage.

La précontrainte a été réalisée avec des câbles F7-600t toronnés.

Ce système de précontrainte est identique au précédent (gaines, plots béton, etc) à l'exception du manchonnage : les 7 torons du câble sont sertis par un seul et même manchon à 7 trous.

Zones bruyantes

En 1977, sept ans après la mise en service, deux zones en travée centrale émettaient des bruits au passage de véhicules, toutes deux au droit d'ancrages de câbles de fléau, vers le 1/3 de travée, en partie basse de l'âme.

Des mesures acoustiques (accéléromètres) ont alors été réalisées pour identifier et localiser les sources d'émission. L'adjonction d'une précontrainte additionnelle en 1980 a comblé l'insuffisance de compression à vide et les bruits ont alors disparu.

En 2012, trente deux ans après, nous avons réalisé des mesures rigoureusement identiques aux précédentes, aux mêmes emplacements. Elles ont montré que cette disparition était durable, au moins sous surcharges fréquentes et gradient faible.

2.3. Les viaducs «C», « D » et « E »

Conception et réalisation

Ces tabliers en caisson précontraint de hauteur constante, ont été tous les trois conçus en 1968 et coulés en place sur cintre auto-lanceur. Leurs caractéristiques principales sont :

	Longueur (m)	Nb. de travées	Portée max. (m)
Viaduc « C »	190	4	49.8
Viaduc « D »	474	11	50
Viaduc « E »	264	6	46

Le système de précontrainte utilisé est le « F 7500 » dont les dispositions constructives ne diffèrent fondamentalement pas de celui ci-dessus.

Bruits constatés

Les parties bruyantes sont au tiers de travées, au droit d'une reprise de bétonnage.

Ces zones sont fissurées sur une grande hauteur, témoignant d'un manque de précontrainte.

Comme ci-dessus, les bruits se produisent sous surcharges (poids lourds et gradient thermique).

Le viaduc E souffrant d'un manque de précontrainte a été renforcé. Suite à cette opération les émissions ont alors cessé.

2.4. Synthèse

Dans les 5 cas étudiés, la conception ne prend pas en compte (ou insuffisamment) les effets des gradients thermiques et ceux de la re-distribution par fluage.

Ces caissons en béton précontraint qui ont été construits par encorbellements successifs ou sur cintre auto lanceur, présentent des portées différentes mais utilisent le même système de précontrainte (SEEE).

Les émissions ont été détectées soit peu de temps après mise en service (1 cas) soit beaucoup plus tard (20 à 30 ans).

Les émissions sont liées au chargement mécanique (thermique ou trafic).

L'observation du phénomène sur plusieurs ouvrages peut faire craindre l'existence d'une nouvelle pathologie des structures des ponts en caisson en béton précontraint.

III. LE SYSTÈME DE PRÉCONTRAÎTE UTILISÉ

Les dispositions constructives utilisées pour la précontrainte sont quasiment identiques dans les 5 cas étudiés ci-dessus. Il existe donc une forte présomption pour que l'origine des bruits soit liée à celles-ci.

3.1. Le système de précontrainte

Le système utilisé est à base de torons type T13.

Deux opérations sont réalisées successivement sur ceux-ci :

- la découpe à la longueur définitive de façon à ce qu'après allongement à la mise en tension leur longueur soit voisine de celle du pont
- la réalisation de manchons filés à chaque extrémité des torons.

Le dessin ci-dessous montre que les manchons (A) prennent appui sur une plaque de répartition (B) reposant sur la plaque d'ancrage (C) elle-même reposant sur un bloc de béton préfabriqué (D) celui-ci assurant le ferrailage du prisme de première diffusion et autorisant une mise en tension précoce.

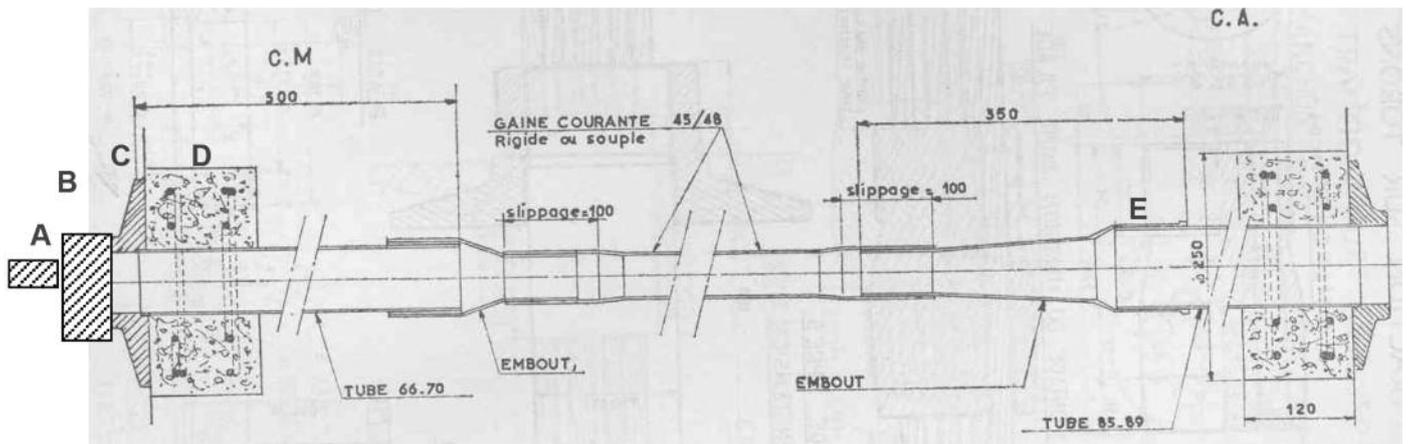
La plaque de répartition (B) peut être filetée (ancrage actif) ou non (ancrage passif).

Coté ancrage actif (à droite, sur le dessin ci-dessous), le processus prévoyant en quelque sorte « l'extraction de la plaque de répartition » lors de la mise en tension, la gaine est dotée en E d'un diamètre supérieur à celui prévalant en section courante.

Le système prévoit que les gaines soient emmanchées dans les plaques d'ancrages C.

Le manchonnage d'un toron comprend les opérations suivantes :

- 1. mise en place d'un ressort autour du toron concerné ;
- 2. mise en place du manchon autour du ressort ;
- 3. sertissage par écrasement du manchon par passage dans une filière. Le système rentre alors en plasticité et le ressort s'inscrute dans le manchon et les fils du toron. Lors de cette opération on constate que le ressort se rompt.



Plan extrait de la circulaire du 02 02 68 (fascicule spécial 68 ter) relatif au procédé SEEE.
À gauche culot mort, à droite culot actif.

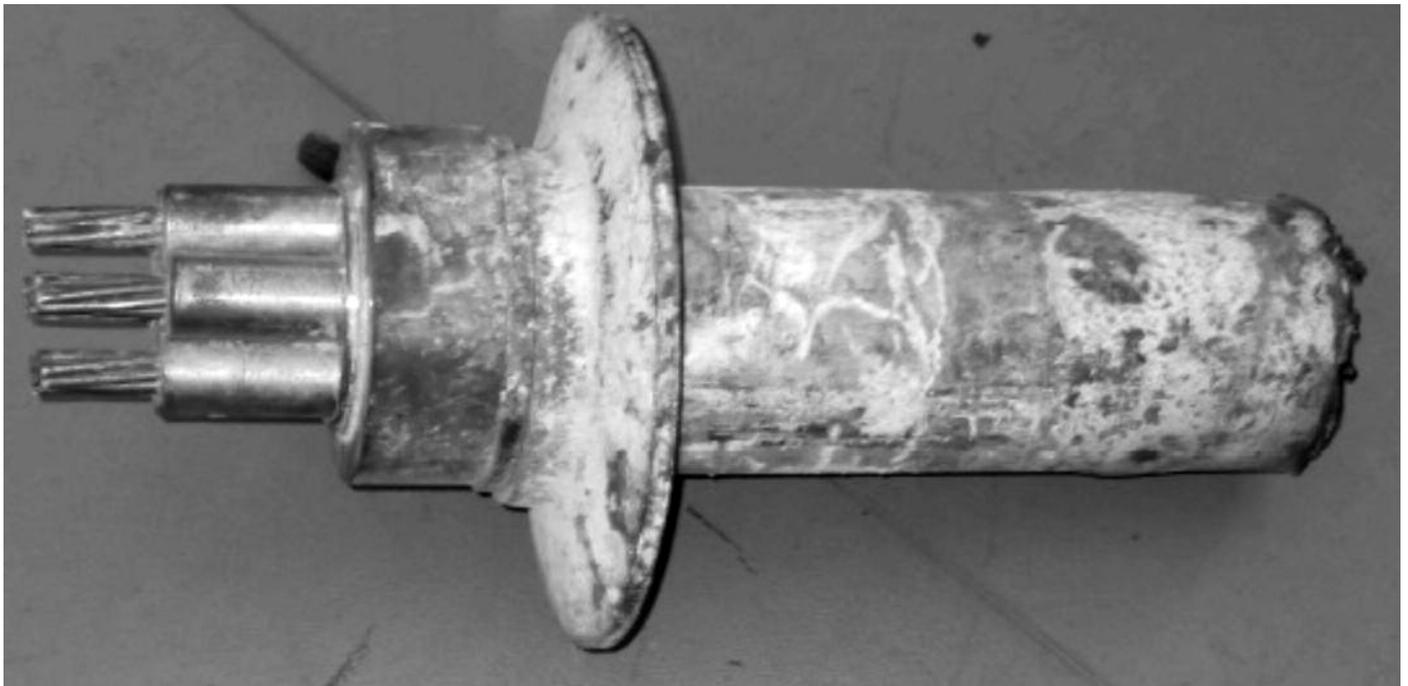
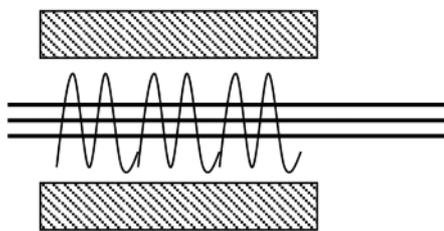
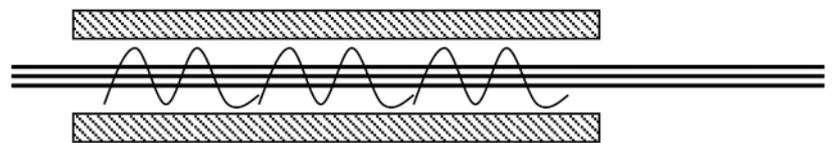


Photo 1 : ancrage extrait d'un pont (Blagnac) construit en 1974



Après mise en place du ressort
et avant sertissage du manchon



Après sertissage du manchon

Il s'agit d'un processus de fabrication simple, sans source d'erreur et robuste. L'effort est maximal à la mise en tension : s'il n'y a pas de rupture à la mise en tension, elles ne sont pas à craindre plus tard (hormis, bien sûr, les éventuelles ruptures par fatigue).

3.2. Hypothèse : une rupture dans le manchon d'ancrage

Plusieurs centaines de milliers d'incrustations existent dans un ouvrage car le ressort comprend 50 spires, chaque

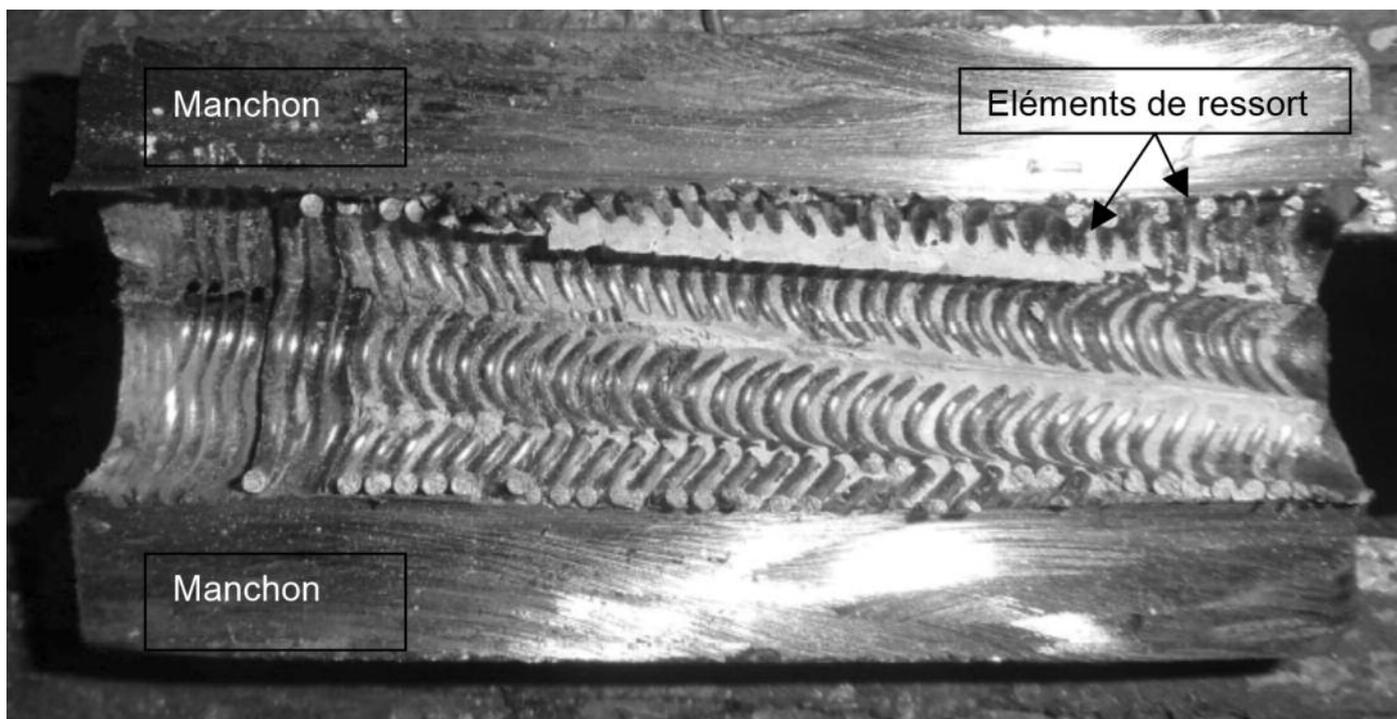


Photo 2 : Coupe d'un manchon montrant les incrustations dans celui-ci.



Photo 3 : Coupe d'un manchon, empreintes du ressort sur 3 fils, et, à droite, éléments du ressort.

toron comprend 7 fils, chaque câble comprend au moins 7 torons et l'ouvrage comprend un grand nombre de câbles...

Les contraintes dans la structure au droit des ancrages des câbles de fléau sont susceptibles de très faibles variations mais répétées sous les effets des convois et des gradients thermiques.

Ces variations sont communiquées à des parties déjà localement plastifiées (au droit des incrustations) et soumises à des tensions élevées (car il n'y a pas de pertes de précontrainte à l'ancrage dans ce système).

On peut alors craindre une rupture par fatigue en grand nombre de cycles mais d'amplitudes excessivement faibles car les ancrages concernés se situent à proximité du centre de gravité de la section.

Ceci serait cohérent avec la latence de l'apparition des bruits et l'importance du nombre de poids lourds ayant transité sur l'ouvrage (ici plus de 48 millions).

La confirmation de l'hypothèse d'une rupture conduirait à renforcer les ouvrages déficients, non seulement pour reprendre le déficit de précontrainte lié à leur conception initiale mais aussi, un déficit lié à une perte progressive de

l'ancrage puis, par rupture progressive d'adhérence, une perte de précontrainte.

La compréhension de l'origine des bruits était donc vitale pour s'assurer de la durabilité des ouvrages sur le long terme.

IV. ESSAIS RÉALISÉS EN LABORATOIRE ET SUR LE SITE DU VIADUC « A »

L'ouvrage présentant les plus fortes émissions a fait l'objet d'une campagne visant à déterminer leur origine.

4.1. Examen par gammagraphie de la zone d'ancrage

L'ouvrage a fait l'objet d'un contrôle d'injection par gammagraphies en 1976 puis de radiographies Scorpion en 1985 puis de contrôles par gammagraphies d'une zone d'émission de bruits, en 1995.

On notait alors au droit des ancrages étudiés :

- la présence d'une cavité partiellement bouchée au droit des plaques d'ancrage ; derrière la plaque d'appui ;
- un défaut de contact de la plaque d'appui sur le béton.

Ces informations n'apportaient pas les éléments nécessaires pour identifier la source de bruits et le mécanisme de leur création.

4.2. L'émission provient-elle des dispositifs de retenue ?

Plausibilité de cette cause

Cette cause est crédibilisée par les points suivants :

- les lisses des barrières (BN4) sont en fibre extrême et donc sollicitées sous surcharges ;
- elles sont parfois posées sans jeu ou le jeu a été supprimé par la corrosion ;
- avant de rajouter de la précontrainte sur un ouvrage on libère les lisses des barrières en vue du raccourcissement du tablier. Il est donc normal que les bruits disparaissent après rajout de précontrainte.

Essais menés sur site et conclusion

Des mesures acoustiques sur les lisses n'ont pas relevé d'émissions au passage de camions alors que simultanément elles étaient constatées à l'intérieur de l'ouvrage.

Par ailleurs, le chemin entre l'émetteur supposé (dispositif de retenue) et la zone de perception (âme) étant long du fait du transit par l'encorbellement, le signal serait considérablement affaibli.

Enfin, les bruits ont été repérés dans le caisson aussi bien sur une rive que sur l'autre alors que les dispositifs de retenue y sont différents (BN4 d'un côté, glissière de l'autre). Tous ces éléments nous ont conduits à rejeter cette hypothèse.

4.3. L'émission est-elle liée à des zones particulières le long de l'ouvrage ?

Plausibilité de cette cause

Le hourdis inférieur est parcouru par des fissures d'entraînement en arrière des bossages.

Il existe aussi une fissure longitudinale à l'intersection hourdis inférieur- âme.

Les bruits les plus intenses sont perçus dans les zones d'ancrages des câbles de fléau les plus longs, zone non traversée (cousue) par d'autres câbles.

La variation de déformation est effectivement plus importante vers le bas de la section (ancrage bas) que vers l'ancrage haut (voisin du centre de gravité).

En l'absence de ferrailage passif (les parties libres des torons étant courtes de 10 cm environ), l'effort de traction est repris par le béton.

De plus, il y a une poussée au vide dans le hourdis inférieur tendant à fissurer la jonction hourdis- âme.

Au total, ces fissures (dont la longueur est de plusieurs mètres) pourraient jouer sous l'effet des variations des surcharges. Les craquements pourraient alors provenir du béton (petites ruptures en traction et broyage au cisaillement).

Différents constats appuient cette hypothèse :

- dispersion dans les accélérations mesurées ;
- ferrailage peu important ;
- continuité des observations au cours du temps ;
- difficulté de localisation des points d'émission ;
- Disparition des bruits après renfort par précontrainte additionnelle.

Méthode utilisée et conclusions

Tous les joints ont été écoutés à l'oreille.

Les bruits se sont avérés très audibles et leur apparition corrélée exclusivement au passage des poids lourds. Ils sont perçus dans l'âme sous voie lente et sont plus nombreux en période de gradient non nul.

Les 22 zones d'émission se situent toutes en milieu de travée, dans les zones d'ancrage des câbles de fléau.

4.4. La source de bruit se situe t-elle dans l'ancrage ou bien dans le câble ?

Plausibilité

Les bruits peuvent être émis soit dans l'ancrage, soit transmis à celui-ci par effet de guide d'onde du fil.

Méthode déployée et résultats

Une première recherche a été faite par triangulation à l'aide d'accéléromètres posés en peau du béton et d'un dispositif synchrone d'acquisition.

On a conclu que :

- le bruit provient de l'ancrage bas des câbles de fléau de l'âme « voie lente » de la travée de rive, mais il est difficile d'en dire plus. En tout cas, il ne vient pas du câble qui pourrait faire guide d'onde ;



Photo 4 : recherche de la zone d'émission à l'aide d'accéléromètres sur le béton et sur l'ancrage qui a été dégagé du béton.

– les accélérations mesurées sont très variables (0.5 g à 10g).

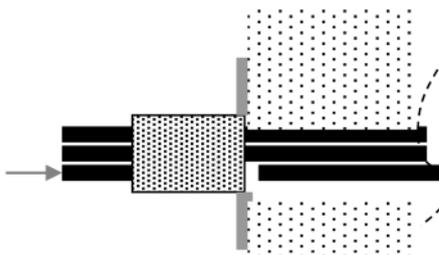
Sur cette base, un focus a été réalisé avec des accéléromètres placés sur l'ancrage ; il a confirmé que l'émission provenait bien de la zone de manchons et non du câble.

4.5. Les bruits sont-ils liés à une rupture de fils ?

Plausibilité de ce type de rupture

Lors des essais de contrôle de production d'unité de précontrainte avec manchons, on constate que les ruptures se produisent généralement dans les fils, en sortie de manchon. On peut alors penser qu'il en serait de même sur l'ouvrage.

Mesures réalisées



Des mesures en laboratoire, sur corps d'épreuves réels (ancrage de même type déposé provenant d'un autre pont) ont montré qu'il était possible de détecter une rupture de fils par un capteur US à 45°, disposé en about de fil, au-delà du manchon.

Tous les torons accessibles sur le viaduc « C » ont été examinés (soit environ 47 % des fils).

Il n'a pas été relevé de rupture.

Conclusion

Sur un échantillon représentatif il n'a pas été constaté de rupture de fil.

La source des bruits est à rechercher ailleurs.

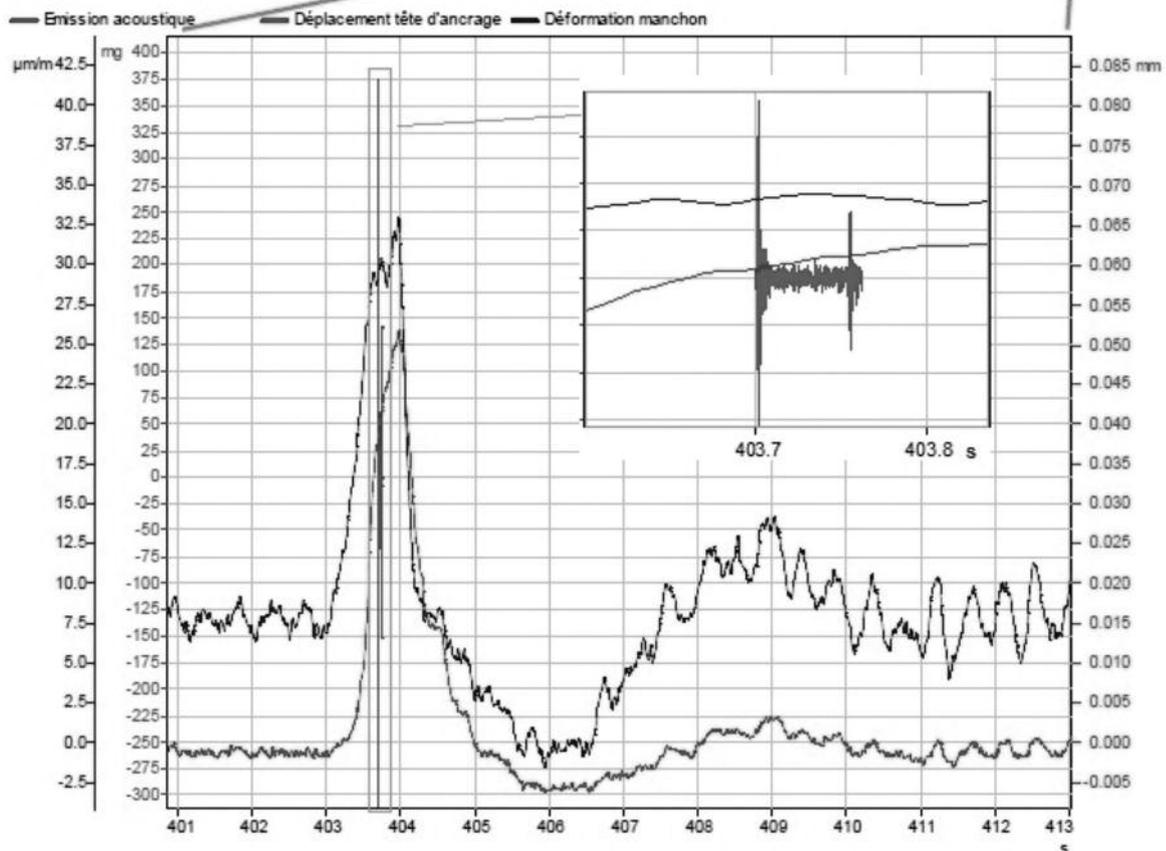
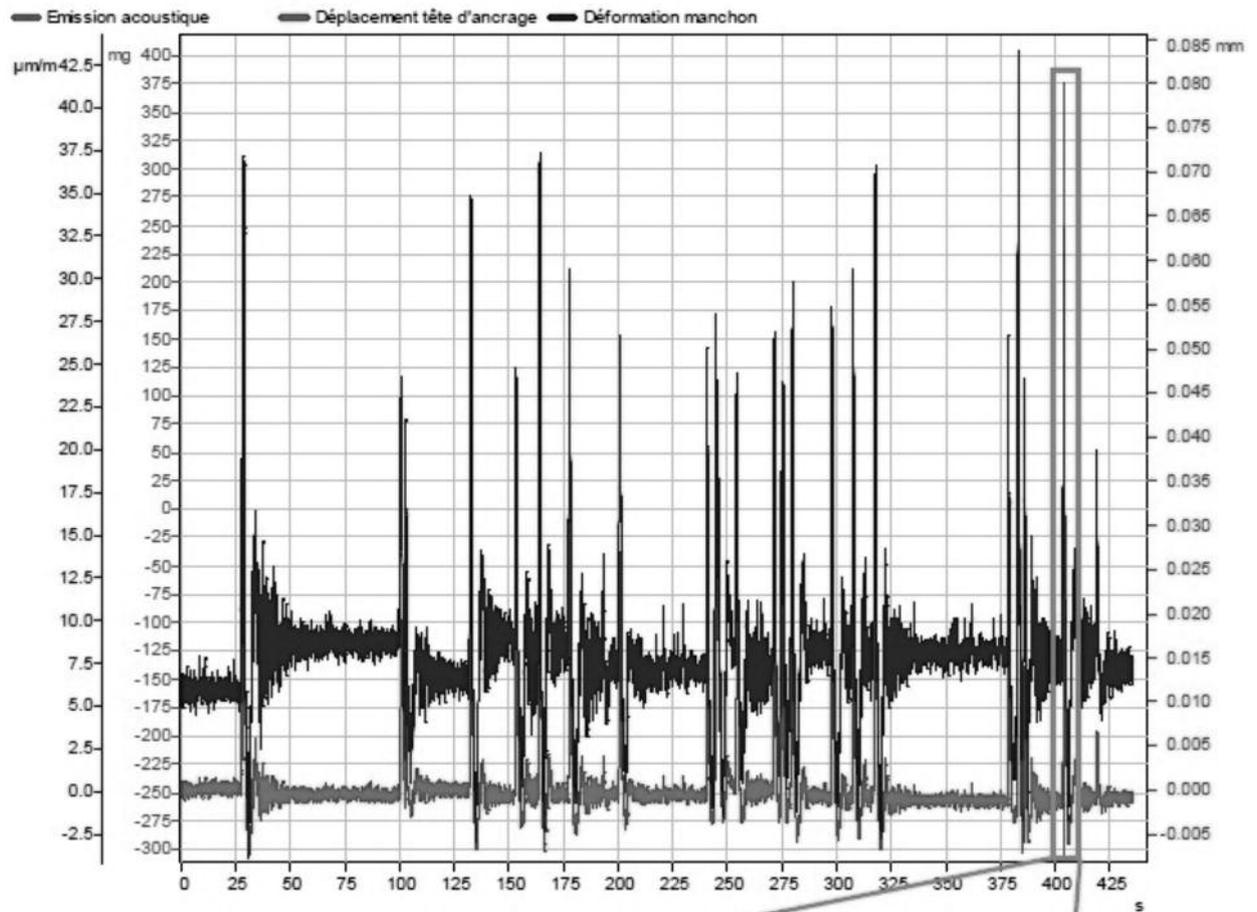
4.6. Les bruits sont-ils liés à un défaut de contact sous l'ancrage ?

Plausibilité de cette hypothèse

Les clichés de gammagraphie ont été re interprétés et ont confirmé la présence de défauts de contacts. Ces défauts pourraient induire des déplacements relatifs sous l'effet des surcharges (mécaniques et thermiques) qui pourraient être une source d'émission de bruits.

Mesures de déplacement faites in situ

Les mesures de déplacement de la plaque d'ancrage par rapport au béton montrent que celle-ci se déplace par rotation sous trafic par rapport au plot de béton préfabriqué jusqu'à 80 ou 100 microns sur une base de mesure d'un cm.



Déplacements de la tête d'ancrage au passage d'un poids lourd et déformations simultanément enregistrées sur le manchon.

Les déformations enregistrées sur le manchon (en bleu sur le graphique ci-dessus) sont synchrones avec les déplacements de la tête d'ancrage (en rouge) .

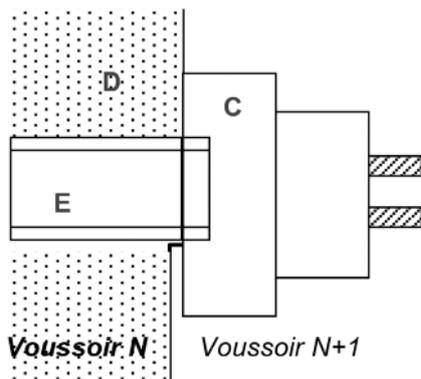
La forme de la relation déplacement en fonction du temps est en bonne corrélation avec la forme de la ligne d'influence des moments fléchissants dans la section. En d'autres termes, le déplacement de la plaque et la déformation sont bien liés à la flexion d'ensemble de la structure sous surcharges.

Le graphique ci-dessus représente en vert les accélérations relevées lors du passage d'un poids lourd sur le pont. Elles ne se produisent que si le déplacement est suffisamment important (ici de l'ordre de 40 microns).

Le bruit est caractérisé par deux émissions séparées par environ 0.05 secondes, soit 1.30 m parcourus à 90 km/h. Elles peuvent évoquer le passage d'essieux dans la section. On déduit de ce qui précède que l'origine des bruits est à rechercher dans le déplacement de la plaque d'ancrage.

On comprend alors bien que la précontrainte de renforcement comprimant les zones de "battement d'ancrage" fait disparaître les bruits.

Selon l'agrément, les gaines sont théoriquement emboîtées dans les plaques métalliques d'ancrages.



Les plaques d'ancrage (C.) devraient être en contact parfait avec leur support qui est le dé (D) en béton préfabriqué. Ce n'est pas le cas en partie inférieure sur le dessin.

La plaque métal "baille" sur son support, il y a un « défaut de conjugaison ».

Ce défaut du voussoir N n'est pas comblé lors de la mise en tension du câble ni lors du bétonnage du voussoir N+1. Les surcharges (thermiques, trafic) induisent des variations de déformation induisant d'infimes déplacements de la plaque d'ancrage.

L'origine des bruits est à rechercher dans les pièces en contact :

- plaque d'ancrage/ béton,
- plaque d'ancrage/ emboîtement de la gaine dans celle-ci ;
- contact fil/ gaine.
- ...

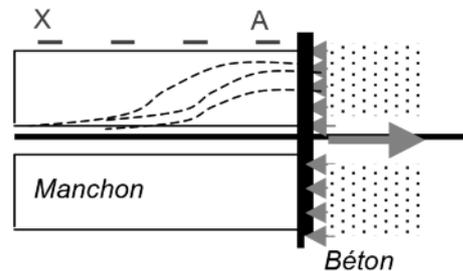
Les deux émissions rapprochées et successives de bruit constatées au passage de poids lourds militent pour la deuxième et la troisième possibilité.

Dans l'impossibilité de faire des mesures de localisation plus fines, il est impossible d'en dire plus.

Du fait de la rotation de la plaque on peut craindre une surtension dans les fils.

Cette surtension générant des variations de déformation dans le manchon et celui-ci étant accessible, il a été instrumenté.

4.7. Quelles peut être l'importance des surtensions induites dans les fils de précontrainte?



Le dessin ci-contre montre qu'il est théoriquement possible de détecter une variation d'effort à l'aide de jauges de déformation placées en périphérie du manchon.

La chute de l'effort de précontrainte entraîne une chute de l'ensemble des déformations mesurées, le glissement du toron par rapport au manchon entraîne une nouvelle répartition des déformations.

Un étalonnage préalable a été fait en laboratoire, sur un ancrage ancien et identique, pour relier la variation de déformation en un point de la périphérie du manchon avec la variation d'effort dans le toron.

Sur site, deux manchons d'un ancrage ont été dotés de jauges sur leur périphérie.

On a relevé des variations de déformations sur manchons de l'ordre de $40 \cdot 10^{-6}$, celles-ci étant synchrones avec les déplacements et les bruits.

De l'étalonnage fait en laboratoire et des mesures sur site, on déduit une estimation de la variation de tension dans le toron de 15 kN, soit une variation de contrainte dans le toron de l'ordre de 100 Mpa.

Sur cette base, connaissant les effets du trafic (passé, présent, futur) et ceux des gradients thermiques concomitants, il est alors possible de réaliser un calcul en fatigue..

Ce calcul conduit à des durées de vie limitées (de l'ordre de 30 ans).

Cette approche entachée de grandes incertitudes (représentativité des déformations enregistrées, nature et intensité des chargements thermiques et du trafic à prendre en compte, qualité des injections dans les différents ancrages...) conduit néanmoins à considérer que le défaut étudié est susceptible de générer un endommagement par fatigue des torons de précontrainte au droit des ancrages.

V. CONCLUSIONS

Le mystère est maintenant levé : les émissions sont liées à un défaut de mise en œuvre d'un dispositif constructif ancien.

Les plaques d'ancrages des unités de précontrainte ne sont pas en bon contact avec le plot de béton préfabriqué assurant le ferrailage du prisme de première diffusion.



Photo 7 : Étalonnage effort/ déformation sur manchon.



Photo 8 : Mesures de déformation in situ.

Les surcharges (thermiques, trafic) induisent des déplacements de la plaque par rapport à son support (« bâillement de l'ancrage »).

Ce déplacement induit des surtensions dans les fils de précontrainte dont l'intensité peut être préjudiciable à leur tenue en fatigue.

Le renfort de l'ouvrage par précontrainte additionnelle, nécessaire par ailleurs pour la reprise des efforts de flexion générale, permet de supprimer les bruits et les surtensions associées.

Pour ce type d'unité de précontrainte, le bruit est donc un symptôme à ne pas négliger car il conduit à lui seul au renforcement de l'ouvrage.

Cette étude constitue un bel exemple de coopération pluri disciplinaire de différentes équipes du CEREMA.

Ce travail n'aurait pas pu être mené à bien sans la contribution des ingénieurs suivants que nous tenons à remercier ici :

MM. ALBRECHT, BERTHO, CHENOT, CHERRIER, DUBOIS, GUILLARME, LANTEAUME, MARION, MENUET, PORRE, WENDLING, ZIVANOVIC.

BIBLIOGRAPHIE

- Dumoulin J. 2013, « **ancrage S, Synthèse** », document CETE Sud Ouest, 45p, non publié.
- Godart B., 2012, « **Pathology, appraisal, repair and management of old pressed beam and slab bridges** », 2012, 5 p, in "Bridge maintenance, safety, management résilience and sustainability" IABMAS 2012.
- Dumoulin J, 2012, rapport « **ancrage S, mesures exploratoires** », document du LRPC de Bordeaux, 25 p, non publié.
- Roenelle P, 2012, « **rapport de ré interprétation de clichés de gammagraphie** », 2012, document LRPC de Lyon, 67 pages, non publié.
- « **Base de données de trafic ISIDOR** », 2012, autoroute A36 , données 2011.
- IFSTTAR, 2011, « **OA71, Projet national S3 Surveillance structurale des ouvrages** » sous la direction de A.Orcesi et C.Cremona
- Melin F., Trouillet P., Rossignol H., Poineau D, 2003, « **A7 Viaduc sur la Drôme / essai à rupture : enseignements tirés** ». Actes des conférences nationales GC'2003, « Environnement, sécurité, patrimoine : les nouvelles donnes ». Association française de génie civil, 26-27 mai 2003, PARIS, édition AFGC + CD Rom, 20 p.
- Barras P., 1993, « **réparation du pont de Blagnac- études, projet et suivi des travaux** », Bulletin « Ouvrages d'art », n°16, pp25-30.
- Jacob B., Caracilli J., Godard B., Trouillet P.1987, "Investigations of fatigue of a prestressed concrete bridge". Proceedings of the 4th international conference on « Durability of buildings materials and components » SIN-GAPORE 4-6 novembre 1987, bulletin n°2, pp 12.
- Trouillet P, 1989 « **Etude de la fatigue dans les ouvrages d'art : cas d'un ouvrage en béton précontraint** ». Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics (ITBTP), n° 478, novembre 1989, pp 108-118.
- Gourmelon JP et Robert, 1979, « **Surveillance acoustique du pont B** », document LCPC, non publié.
- Gourmelon JP et Robert, 1978 « **Surveillance acoustique du pont B** », document LCPC, 1978, non publié.
- Robert JL, 1978, « **compte rendu d'intervention du 09.06.78** », document du LCPC, 50 pages, non publié.
- Bulletin officiel du Ministère de l'Équipement, 1968, fascicule spécial 68 ter, **circulaire n°9 du 02 février 1968 accordant l'agrément à différents procédés de précontrainte.**