

Détermination de l'état des câbles de précontrainte du pont de Rosbruck par méthodes non destructives.

Maël PORTIER,
Conseil Général de la Moselle, Direction des Routes Départementales

Résumé. – Le pont de Rosbruck est un ouvrage en béton précontraint géré par le Département de la Moselle. Construit en 1952, il présente plusieurs câbles de précontraintes apparents et fissurés ou rompus. Ces dégradations remettent en cause la capacité portante de l'ouvrage.

Il est apparu nécessaire de contrôler l'état des câbles à l'intérieur des poutres. Préalablement au contrôle à l'aide de la méthode MFL (Magnetic Flux Leakage), il a été effectué la vérification de leur position par rapport aux plans d'exécution. Cette vérification étant concluante, des mesures par MFL ont été réalisées sur une poutre de l'ouvrage. Les résultats sont probants et ne montrent pas de défaut. Pour la suite, il semble nécessaire d'élargir l'auscultation à des zones dégradées.

Introduction

Le Pont de Rosbruck est un ouvrage à poutre précontrainte (VIPP), construit en 1952. Il fait partie des premiers ponts construits en béton précontraint en Moselle suivant les premières recommandations techniques connues. Actuellement l'ouvrage présente des dégradations annonciatrices de perte de la capacité portante. Devant l'urgence de la situation, le Département de la Moselle a programmé sa reconstruction. Mais dans l'attente de ces travaux, il est nécessaire de connaître l'état interne de l'ouvrage.

Dans le cadre du projet CURE MODERN, le Fraunhofer IZFP est intervenu sur l'ouvrage par des méthodes de contrôles non destructifs [1] qui serviront dans l'auscultation de la totalité du pont. A cet effet, le Fraunhofer IZFP a utilisé des mesures faites par géoradar en vue de la localisation des câbles de précontrainte et des mesures de flux de fuite magnétique pour la vérification de l'éventuelle fissuration de certains câbles (paragraphe 4).



Projet cofinancé par le Fonds européen de développement régional dans
du programme INTERREG IVA Grande Région
L'Union européenne investit dans votre avenir.

Gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung im
des Programms INTERREG IVA Großregion
Die Europäische Union investiert in Ihre Zukunft.



1. Description de l'ouvrage

1.1 La structure

Le pont de Rosbruck est un VIPP (Viaduc à travée indépendante) composé de 8 poutres principales et de 8 entretoises, précontraintes par post tension. La largeur de l'ouvrage est de 14,60 mètres et sa portée est de 47,25 mètres entre culées. Il existe un biais de 44,01 grades entre la ligne d'appui et l'axe longitudinal du tablier.

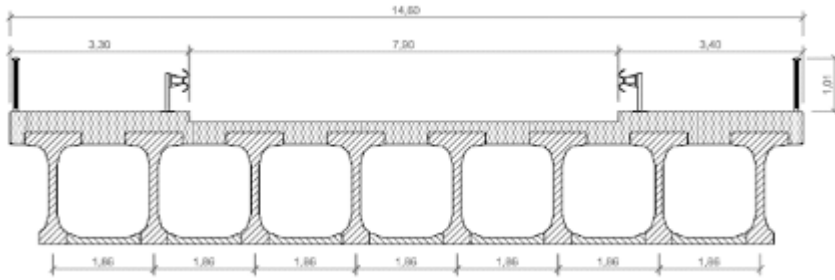


Figure 1. Coupe transversale du tablier



Figure 2. Photo de l'élevation de l'ouvrage

1.2 L'environnement

Cet ouvrage est situé entre les communes de Rosbruck et de Morsbach. Il permet à la route départementale 603 de franchir un faisceau de quatre voies ferrées, dont deux sont gérées par la SNCF. Ces deux voies constituent la ligne ferroviaire entre Metz et Saarbrücken. Les autres voies permettent l'accès à un triage géré par la société SGM.

Le trafic sur cette section est de 12 000 véhicules par jour, dont 400 poids-lourds. Plusieurs lignes de transport en commun empruntent ce pont quotidiennement.

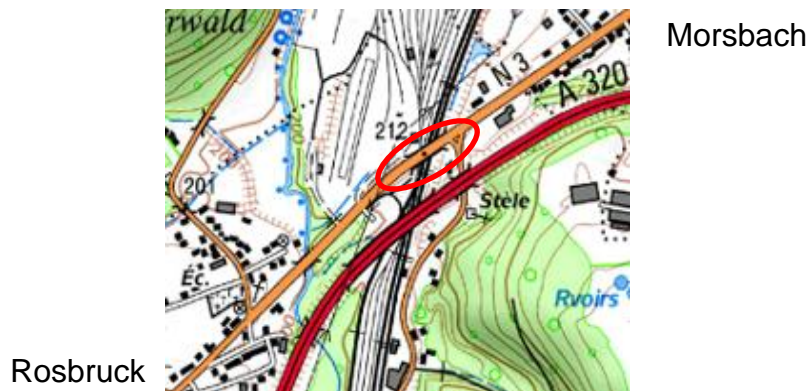


Figure 3. Plan de localisation de l'ouvrage

2. Historique

L'ouvrage construit en 1952, présente dès 1977 un tassement au niveau des culées qui engendre un écrasement des appareils d'appuis. Plusieurs fissures sont relevées en 1984 entre le hourdis inférieur et les poutres. Celles-ci caractérisent un défaut de la précontrainte transversale dont certains fils sont corrodés. Ce défaut de précontrainte aboutit en 1985 à des décollements du hourdis inférieur. Un dispositif de détection des chutes et donc mis en place pour préserver la sécurité des circulations ferroviaires.

En 1986, suite à l'apparition de fissures, des carottages sont effectués au droit des reprises de bétonnage. Ces carottages mettent en évidence une mauvaise adhérence entre les différents bétons.

Une partie du hourdis inférieur est démolie, et l'étanchéité est remplacée en 1992. Les désordres des culées et appareils d'appui ne sont pas traités.

En 2000, la précontrainte transversale est renforcée.

Une inspection réalisée en 2003 met en avant des infiltrations d'eau à plusieurs endroits du tablier.

3. Les désordres actuels

L'ouvrage présente en plusieurs points une dégradation du talon des poutres. La mauvaise qualité du béton ainsi que des défauts d'étanchéités sont les principales causes de ces désordres. Ces dégradations découvrent des câbles de précontraintes, qui ne sont pas protégés par une gaine étanche. Au cours des années et des aléas, ses câbles en acier se sont corrodés. Certains torons composant ces câbles ont finis par se rompre.

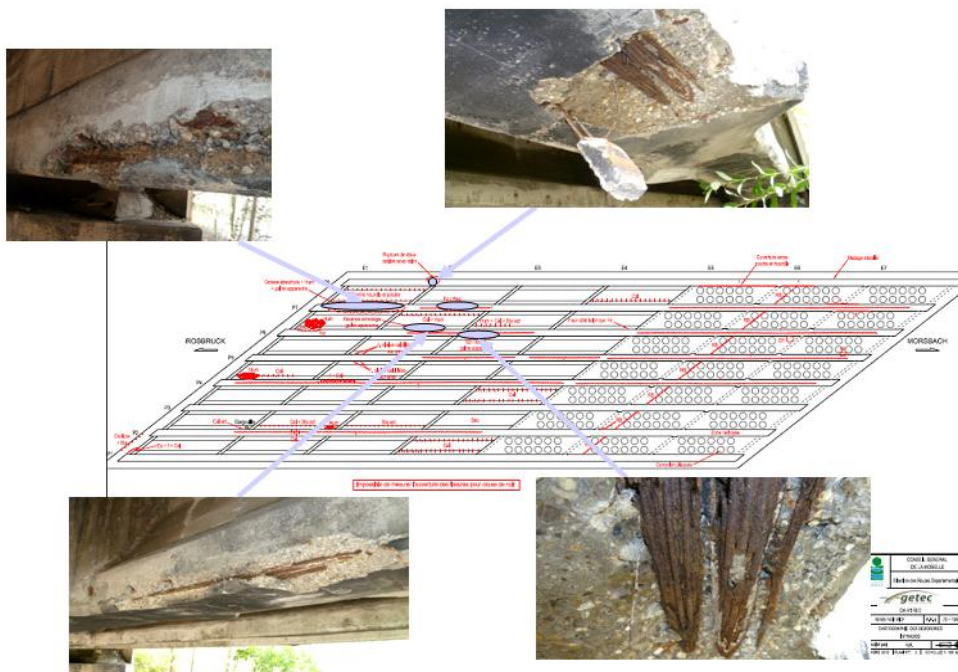


Figure 4. Localisation des dégradations des talons des poutres

Certaines fissures suivent le tracé des câbles de précontrainte notamment sur la poutre P4. elles laissent apparaître des traces d'infiltrations indiquant des défauts d'étanchéité au niveau des abouts de poutre. Ceux-ci permettent l'écoulement des eaux le long des câbles de précontraintes engendrant leur corrosion.

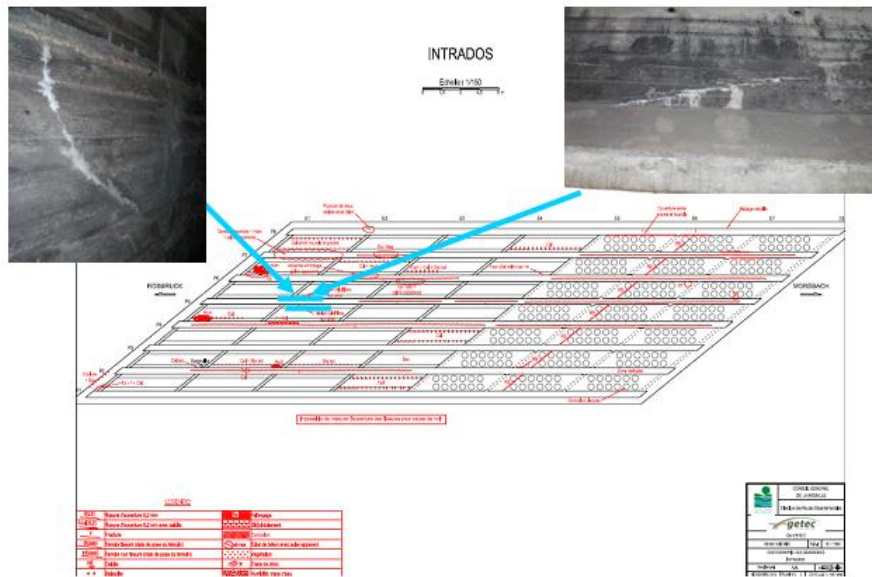


Figure 5. Localisation des fissures

Des désordres indiquent un défaut généralisé de l'étanchéité. En effet, plusieurs zones d'infiltration sont apparues, notamment aux différents joints entre le hourdis supérieur et les poutres principales.

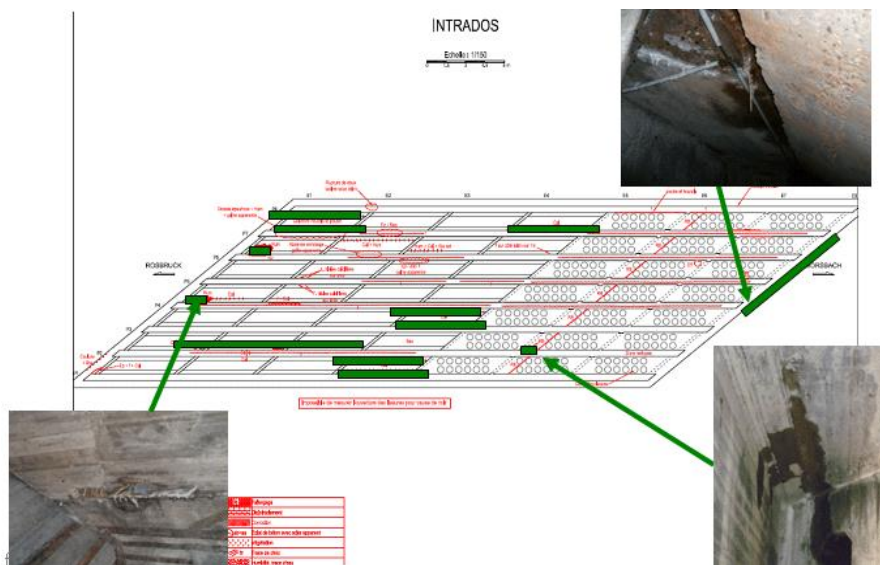


Figure 6. Localisation des zones d'infiltration

4. Auscultation de l'ouvrage

4.1. Vérification de la localisation des câbles de précontraintes

4.1.1.

Etant en possession des plans de ferrailage de l'ouvrage, il est important de vérifier que ces plans ont été respectés lors de la construction du pont. Cette vérification s'est faite sur la poutre P7, les résultats obtenus ont été élargis aux autres poutres de l'ouvrage.

L'auscultation s'est faite à l'aide de l'outil Ps 1000 Hilti. La zone de contrôle a été divisée en plusieurs parties définies par l'outil de mesure qui permet l'enregistrement d'une zone de 1,20 x 1,20 mètre. Ainsi chaque section de poutre, située entre deux entretoises, a pu être fragmentée en 5 parties.

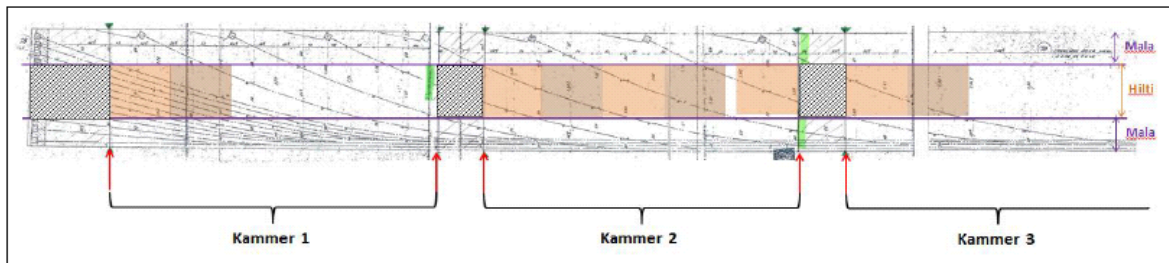


Figure 7. Séparation de la poutre en plusieurs zones de contrôle

4.1.2. Résultats

Les résultats pouvant être lu directement lors de l'auscultation, il a été constaté que les câbles de précontraintes sont correctement positionnés dans la poutre. Ces résultats ont été comparés aux plans d'exécution permettant ainsi de confirmer la position des câbles à l'intérieur des poutres.

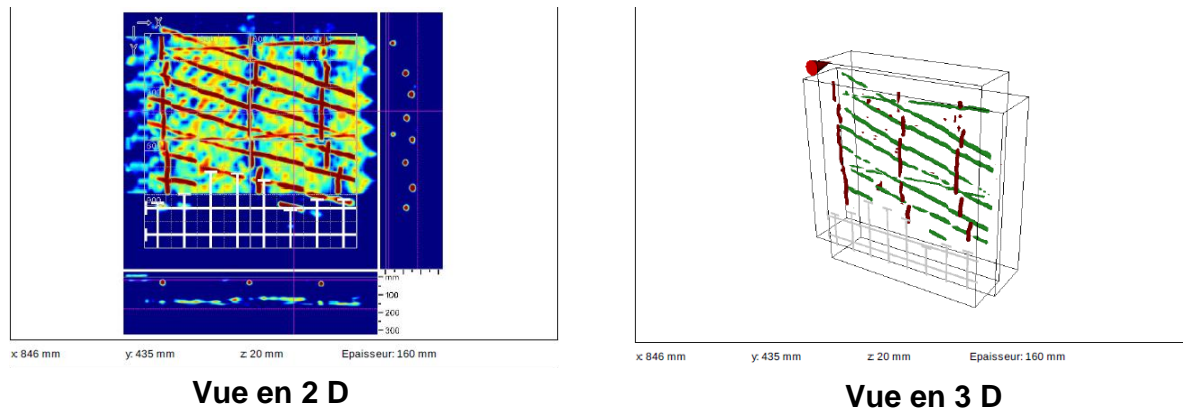


Figure 8. Résultats issus du PS 1000

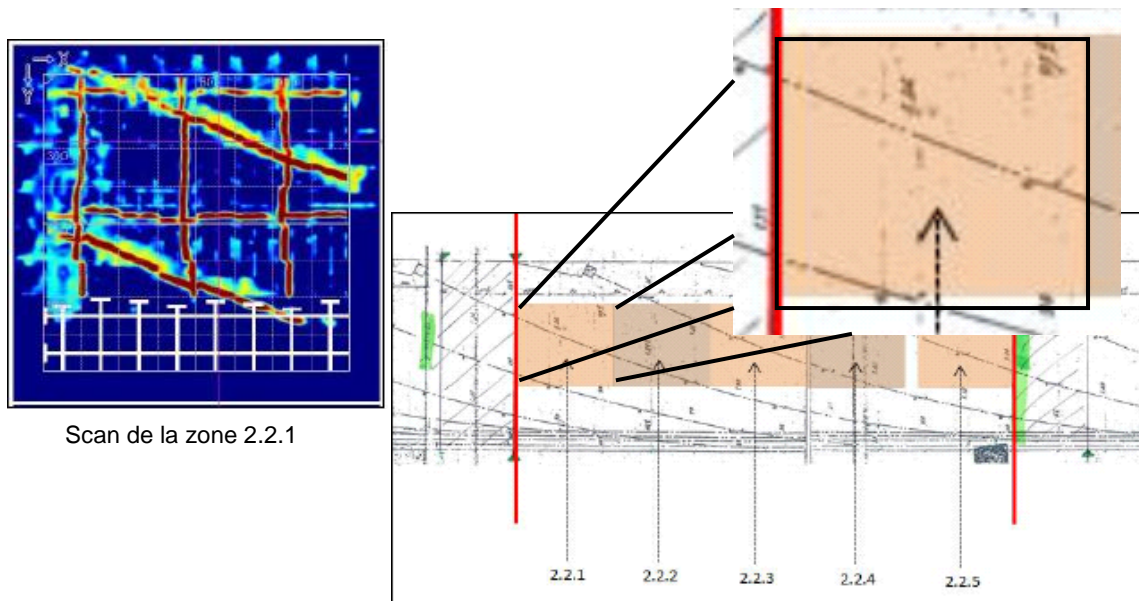


Figure 9. Comparaison des résultats de la zone 2.2.1. et des plans

4.2. Mesure à l'aide de la méthode MFL (Magnetic Flux Leakage) [1]

4.2.1. Principe de mesure

Un élément ferromagnétique magnétisé dirige le flux magnétique vers la structure à ausculter. Aux endroits défectueux, comme les fissures, se créent des pôles magnétiques supplémentaires qui génèrent un flux de fuite magnétique proche de la surface.

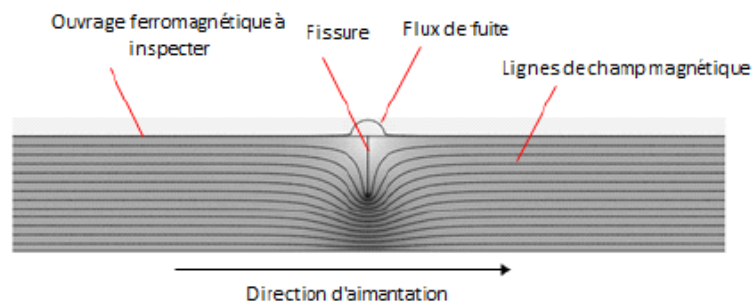


Figure 10. Flux de fuite généré par une fissure

À travers des capteurs magnétiques hautement sensibles et à faible niveau sonore (capteurs GRMN, capteurs à effet Hall), le flux de fuite magnétique peut être relevé au niveau métrologique, localisé à travers des informations locales (codeur rotatif, manipulateur, etc.) et représenté en image à ultrasons.

4.2.2. Dispositif de mesure

Le dispositif comportant des aimants permanents, d'une travée de fer doux (en tant que pont sur la rivière) et d'un capteur captant le champ magnétique, permet d'analyser la structure par contact avec sa surface.

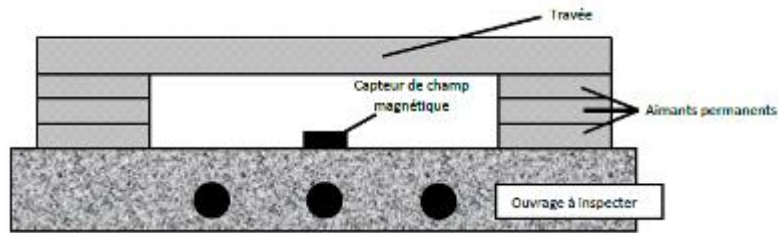


Figure 11. Dispositif de mesure MFL

Le dispositif de mesure étant fortement simplifié sans codeur rotatif, etc., la localisation n'est pas possible. Elle peut à peu près être interpolée en déterminant un laps de temps approprié qui est nécessaire à la mesure d'une ligne de mesure d'une longueur donnée.

4.2.3. Résultat

En raison de la magnétisation, qui est orientée de manière perpendiculaire aux armatures, celles-ci sont visibles dans le résultat de la mesure par MFL. Cela est confirmé par une comparaison des positions des armatures sur les Figure 12 et Figure 13. Les armatures se trouvent à 250 mm et 750 mm du point de départ des mesures. Le pôle Sud du dispositif est constitué du couple aimant permanent - travée, le pôle Nord est généré dans les armatures.

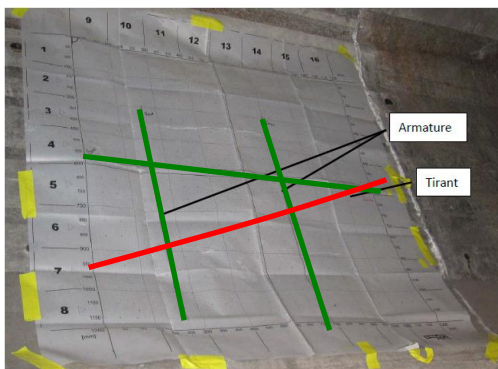


Figure 12. Position des armatures dans la poutre

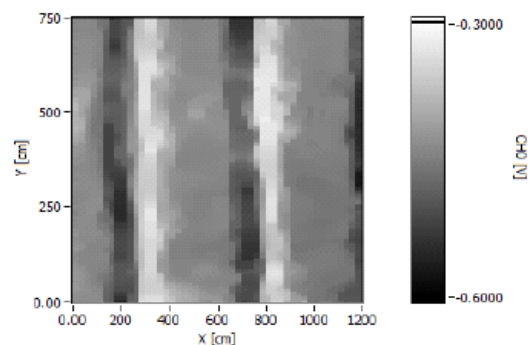


Figure 13. Mesure MFL

En raison de l'enrobage plus élevé, les câbles de précontraintes ne sont pas visibles dans la mesure par MFL. Ceux-ci se trouvant plus en profondeur, ils peuvent être visualisés lorsqu'on applique une magnétisation plus forte.

Dans le cas d'un défaut, des inversions de polarité apparentes surviendraient. Le flux de fuite anormal est plus intensif que le flux de fuite causé par l'armature, raison pour laquelle l'inversion de polarité anormale est visible en position plus basse. Les câbles ne présentent pas de défauts aux endroits analysés étant donné qu'aucune inversion de pôles n'a eu lieu.

Conclusion

Les auscultations du pont de Rosbruck (Radar et MFL) ont permis de confirmer la position des câbles de précontrainte et que les plans d'exécutions et notes de calculs d'origine ont été respectés.

L'auscultation MFL ayant été faite sur une partie limitée de l'ouvrage, il serait nécessaire de reproduire cette auscultation sur la totalité de l'ouvrage afin de pouvoir déterminer l'état réel de tout l'ouvrage. En effet plusieurs poutres présentent des désordres externes qui illustrent la fissuration voire la rupture de certains câbles.

Les travaux de reconstruction du pont débuteront en 2015. Les culées seront renforcées et les remblais contigus allégés. Le tablier actuel sera démolé et remplacé par un tablier mixte composé de plusieurs poutres métalliques et d'un tablier en béton armé. Dans l'attente de ces travaux, l'ouvrage fait l'objet d'une surveillance renforcée afin de détecter la moindre évolution qui compromettrait la sécurité des circulations.

References

[1] Fraunhofer IZFP Saarbrücken (2013) CURE MODERN - Opérations de mesure à Rosbruck en ayant recours au flux de fuite magnétique.