Cartographie non destructive du sous-sol et évaluation de l'état d'un grand pont routier

Évaluation complète du tablier et de l'étanchéité d'un pont à l'aide d'un géoradar multicanal

Le défi

Afin d'assurer une gestion à long terme de ses infrastructures et de planifier un entretien ciblé, le propriétaire de l'ouvrage avait besoin d'une évaluation détaillée de la structure interne et de l'état de l'étanchéité d'un pont routier stratégique. Plus précisément, l'inspection se heurtait à plusieurs obstacles majeurs :

- Géométrie interne non documentée : il n'existait pas de plans à jour et très détaillés de la couche supérieure d'armature ni de la disposition exacte du système de post-tension transversale (PT).
- Soupçon de dégradation de l'étanchéité : on soupçonnait une infiltration d'humidité, mais son ampleur, son emplacement et son effet sur l'adhérence de l'étanchéité sous la couche d'asphalte d'environ 100 mm étaient inconnus.
- Limites des diagnostics automatisés : les algorithmes standard de cartographie automatisée de la détérioration par géoradar (GPR) n'ont pas pu être utilisés en raison de deux facteurs aggravants :

    1. La disposition très irrégulière et « par plaques » du treillis d'armature de la première couche.
    2. Une forte concentration d'eau dans le sous-sol résultant de trois jours de pluie continue avant le balayage nocturne.

- Réduire au minimum les perturbations de la circulation : les travaux de diagnostic devaient être réalisés rapidement, en limitant au maximum les carottages ou les essais destructifs.

La solution

Un radar à pénétration de sol (GPR) Proceq de pointe a été déployé, combinant l'acquisition de données haute résolution à une validation physique ciblée.

1. Balayage GPR haute résolution

Le balayage GPR a été réalisé de nuit à l'aide des systèmes multicanaux GM8000 et GS9000 afin de capturer des profils souterrains à haute densité sur l'ensemble de la chaussée.

2. Analyse multicouche des signaux

Les algorithmes de cartographie automatisés étant inapplicables dans ces conditions de forte saturation, les ingénieurs ont analysé manuellement les propriétés diélectriques brutes détectées par le radar ainsi que les amplitudes des signaux :

- Cartographie de la limite de l'étanchéité : évaluation de l'intensité du signal à la limite entre l'asphalte et le béton. Les réflexions de faible amplitude (zones orange/vertes) indiquaient une étanchéité sèche et intacte, tandis que les réflexions de forte amplitude et à haute constante diélectrique (zones rouges) signalaient une accumulation d'eau et un décollement potentiel.
- Cartographie des armatures et des câbles de post-tension : suivi des réflexions hyperboliques des armatures longitudinales et transversales afin de cartographier la profondeur, l'espacement et la relation structurelle entre les panneaux d'armatures et les gaines de post-tension sous-jacentes.

3. Étalonnage à l'aide de fosses d'essai ciblées

Plutôt que de recourir à des essais destructifs à grande échelle, seules trois tranchées d'essai localisées ont été creusées pour étalonner et confirmer les interprétations des signaux GPR :

- La tranchée d'essai n° 1 a été creusée dans une zone à haute amplitude afin de vérifier une défaillance présumée de l'étanchéité.
- La fosse d'essai n° 3 a été creusée dans une zone de faible amplitude (orange) afin de confirmer l'état sain et intact de l'étanchéité ainsi que la présence de béton sec.



Résultats

L'étude par géoradar a permis d'établir une cartographie claire et exploitable de l'état interne du pont, permettant ainsi au client de passer d'un entretien général à des réparations localisées et très ciblées.

Cartographie de la structure et des armatures

L'étude par géoradar a permis de cartographier avec succès la configuration complexe des couches supérieures d'armature du pont :

- Première couche (profondeur : 150 mm – 200 mm) : disposée en panneaux rectangulaires espacés de 4 m. Les barres longitudinales se trouvent tout en haut, reposant directement sur les torons de post-tension transversaux situés en dessous. Cela suggère que le panneau d'armature reposait probablement directement sur les gaines des torons de post-tension lors du coulage initial du béton.
- Deuxième couche (profondeur : environ 300 mm) : un treillis d'armature secondaire a été cartographié avec succès.
- Anomalies structurelles : identification de zones localisées où le treillis d'armature de la première couche repose à une profondeur nettement plus importante (300 mm–350 mm) au-dessus des câbles de post-tension transversaux.

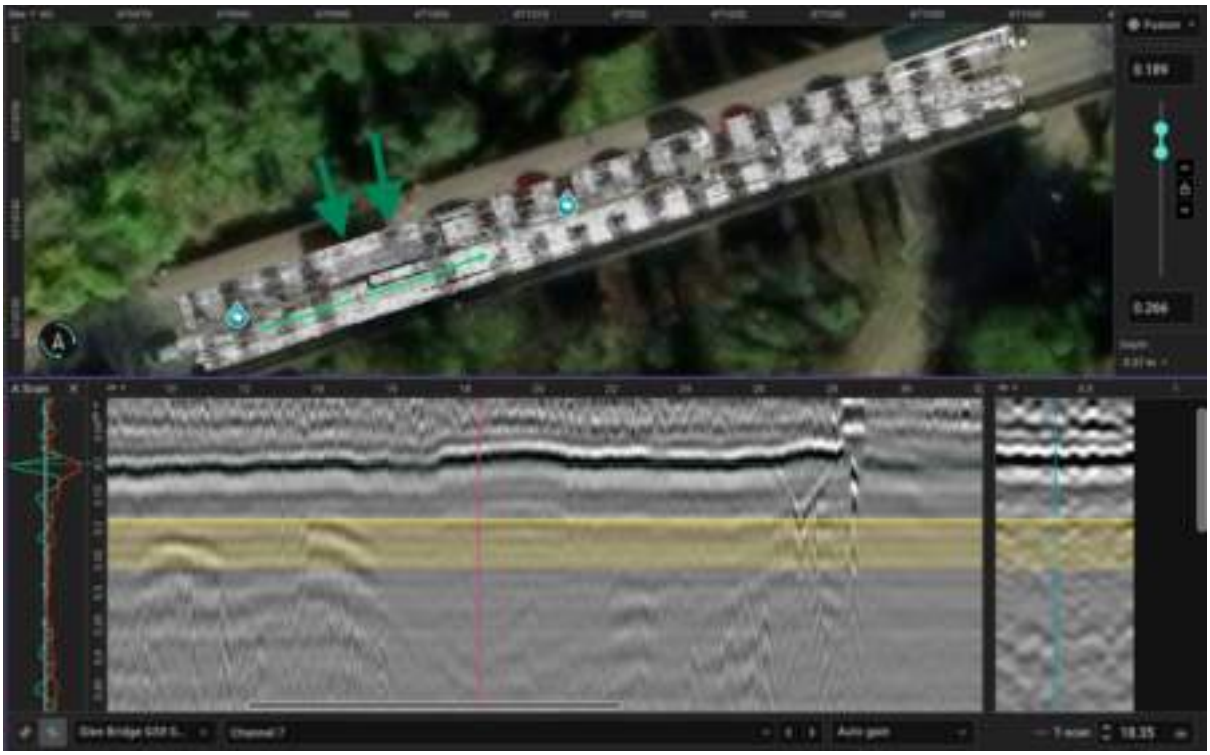


Fig.1 Overview of 1st layer reinforcement

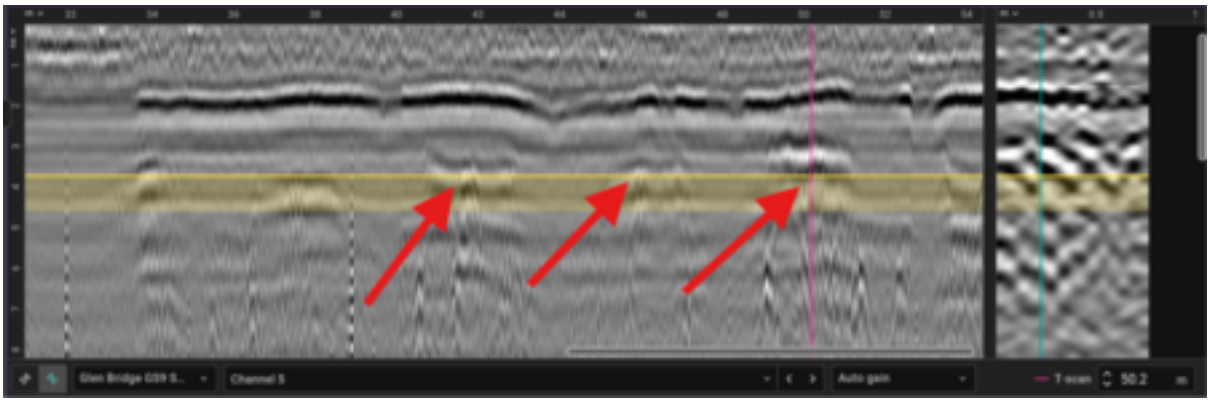


Fig.2 possible PT strands

Étanchéité et cartographie de l'humidité

En analysant le contraste diélectrique à l'interface entre l'asphalte et l'étanchéité, les ingénieurs ont identifié les zones d'accumulation d'humidité :

- **Joint de la culée sud-ouest : une** zone importante d'accumulation d'eau a été identifiée. En raison de la pente du pont, le ruissellement est brusquement stoppé au niveau du joint de dilatation, ce qui entraîne une

saturation en eau prolongée. La tranchée d'essai n° 1 a confirmé que cette saturation avait entraîné une mauvaise adhérence de la membrane d'étanchéité.

- **Saturation de la tranchée de réseaux :** des réponses diélectriques**de forte amplitude** ont mis en évidence une zone saturée traversant la chaussée à mi-portée, coïncidant avec une tranchée transversale de réseaux et de câblage de télécommunications.
- **Zones saines : la** chaussée en direction de l'ouest et les sections est présentaient des réflexions de faible amplitude. La tranchée d'essai n° 3 a permis de confirmer que l'étanchéité était parfaitement intacte dans ces zones et que le béton sous-jacent était sec.

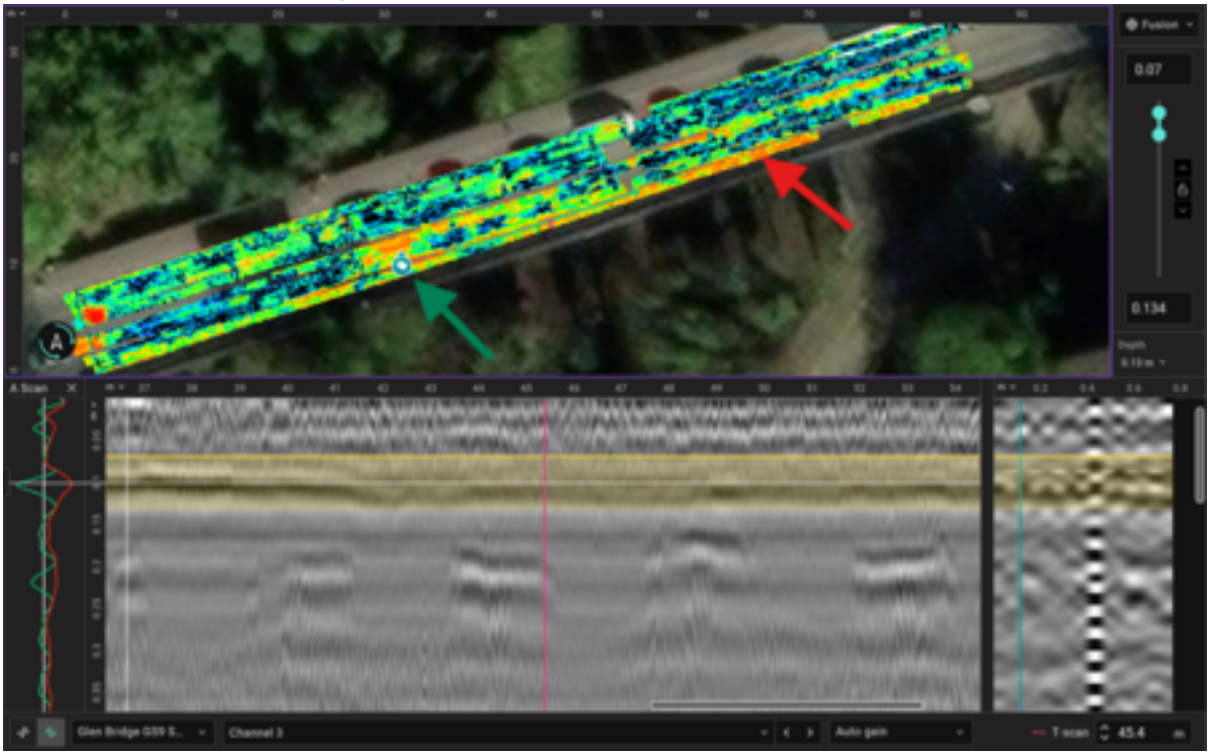


Fig.3 Low amplitude response shown in orange, high amplitude higher dielectric response in red

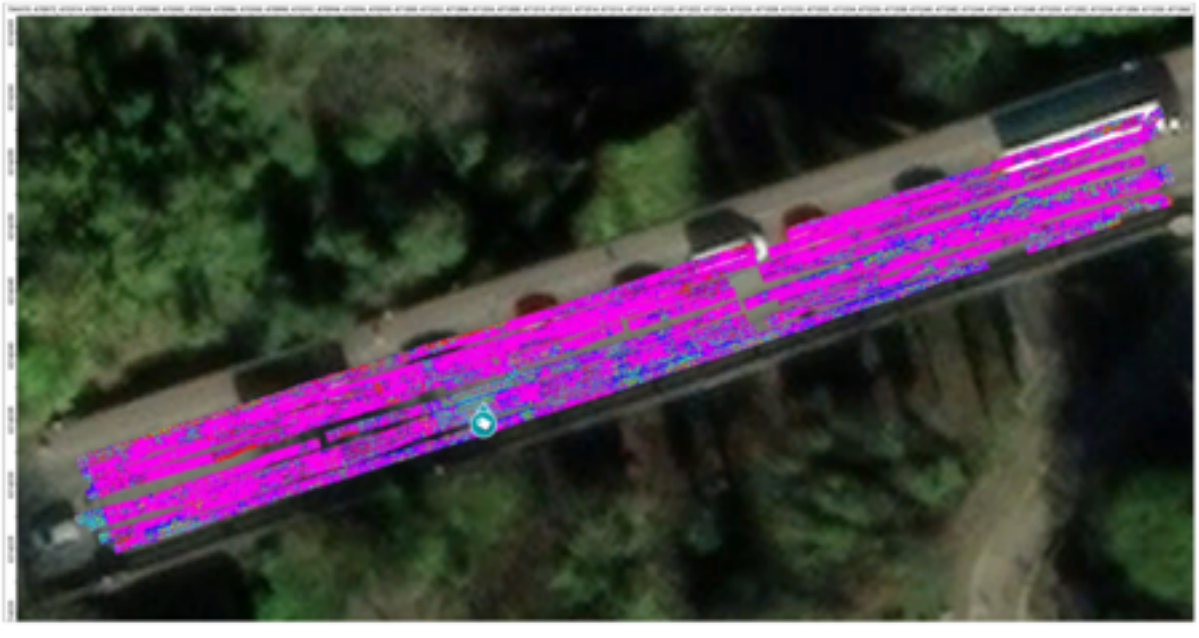


Fig.4 Waterproofing layer

Évaluation de l'état de l'acier

Malgré l'impossibilité d'utiliser des modèles automatisés de détérioration, l'analyse manuelle de l'atténuation du signal a permis de mettre en évidence des zones localisées préoccupantes :

• Les profils GPR ont montré un affaiblissement soudain, voire une disparition, du signal au niveau du coin du treillis d'armature. Cela indique soit une saturation localisée du béton qui fait écran au signal radar, soit une détérioration de l'acier à un stade précoce.

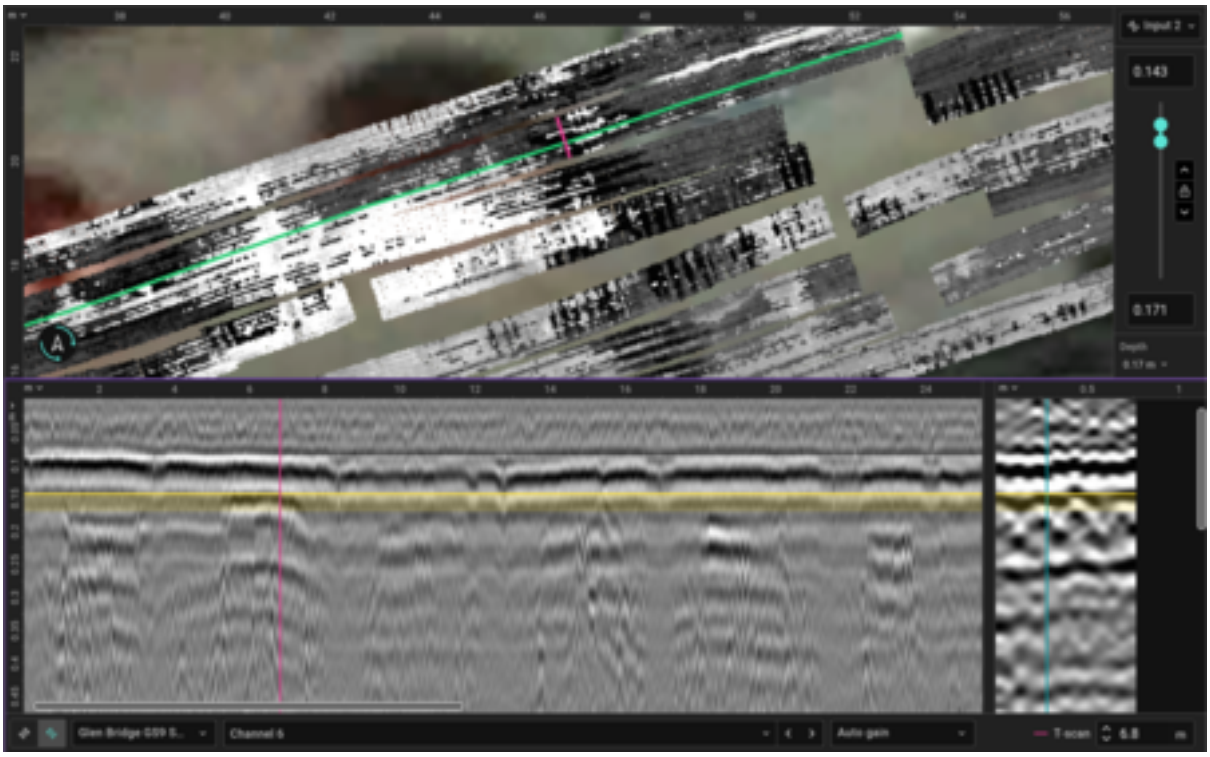


Fig.5 steel detail in centre of bridge

Conclusion et recommandations concrètes

Dans l'ensemble, le béton et l'armature interne en acier du tablier du pont se sont révélés en bon état structurel. Plutôt que de recommander un refait-à-neuf complet et coûteux du revêtement et de l'étanchéité du tablier, les données du géoradar ont permis de formuler des recommandations d'entretien efficaces :

1. Réparation ciblée de l'étanchéité : procéder à un remplacement localisé de l'étanchéité à l'extrémité sud-ouest du pont, en se concentrant sur la zone à forte saturation jusqu'à la limite la plus à l'est.
2. Remise en état du système de drainage : remédier à l'obstacle au niveau du joint de la culée sud-ouest afin d'éviter toute accumulation d'eau à l'avenir et toute défaillance prématurée de l'adhérence.
3. Analyse localisée du béton et de l'acier : effectuer un suivi localisé non destructif ou une mise à nu localisée pour évaluer la dégradation présumée de l'armature.

Consultez d'autres notes d'application et études de cas sur notre plateforme technique « ».

SCREENING EAGLE | proceq

Terms Of Use
Website Data Privacy Policy

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.