

## Préambule

L'évaluation de l'activité de corrosion des armatures dans le béton par l'essai de potentiel de corrosion (PdeC) selon la norme ASTM C876 exige un contact électrique entre l'électrode de mesure et le béton. Dans le cas des dalles avec revêtement bitumineux, ce contact est réalisé par le perçage de trous ( $\varnothing \sim 1\text{cm}$ ) dans ce revêtement et leur remplissage par un liquide conducteur. Ce perçage endommage localement la membrane d'étanchéité entre le revêtement et la dalle, et détruit ainsi l'efficacité de cette membrane. Les propriétaires d'ouvrages, et notamment des ponts et viaducs, sont donc à la recherche de solutions technologiques non-destructives et qui donnent des informations comparables à celles des relevés de PdeC. Le présent bulletin vise à montrer que la technique du Géoradar est une solution alternative à l'essai de potentiel de corrosion, et répond à un certain nombre de questions fréquemment posées à son sujet.

## Principe de la technique Géoradar

L'auscultation par la technique du Géoradar utilise un équipement appelé Géoradar. Cet équipement est doté d'une sonde (antenne) qui envoie des ondes électromagnétiques dans le matériau investigué. Lorsque ces ondes rencontrent un milieu différent, une partie de leur énergie est réfléchie vers la surface où elle est détectée par une antenne réceptrice. Dans le cas d'une dalle de tablier de pont, les réflexions se produisent notamment aux interfaces suivantes (figure 1a): (1) revêtement bitumineux-dalle de béton, (2) béton-armature supérieure, (3) béton armature-inférieure et (4) béton-air (intrados de la dalle). Le résultat est présenté sous la forme d'une image en 2D indiquant les réflecteurs dans le milieu (figure 1b). L'analyse de cette image donne des informations sur la position des réflecteurs, leur géométrie ainsi que sur l'état de dégradation de la dalle.

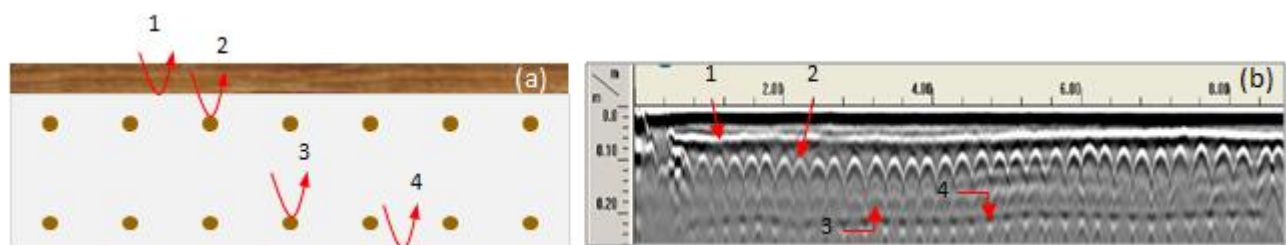


Figure 1 : Réflexions des ondes – cas d'une dalle de tablier de pont

## Comment peut-on évaluer la probabilité de corrosion des armatures par Géoradar ?

La probabilité de corrosion des armatures est généralement forte là où le béton est contaminé par les ions chlorures, et elle est faible ailleurs. Cette contamination du béton par les ions chlorures engendre une atténuation très significative des ondes Géoradar lors de leur propagation dans les dalles (Fig. 2a). L'évaluation de la probabilité de corrosion des armatures par Géoradar consiste donc tout simplement à déterminer les endroits où l'atténuation des ondes Géoradar est forte au sein d'une dalle (endroits où le béton est corrosif (fig. 2b)), et à associer ces endroits aux endroits où la probabilité de corrosion des armatures est forte.

Cette procédure a été développée en 2002 pour le compte du ministère des Transports du Québec (MTQ) par la Chaire industrielle du CRSNG sur l'auscultation des ouvrages de béton de l'Université de Sherbrooke (2001-2011). Certains professionnels d'Auscultech avaient activement participé à ce développement qui a fait l'objet de plusieurs présentations dans des conférences au Québec et ailleurs (ex. Colloques du MTQ sur la *Progression de la recherche Québécoise sur les ouvrages d'art*). Cette procédure a aussi fait l'objet de publications dans des revues spécialisées et est maintenant utilisée partout dans le monde (ex. Réf. 1, 2 et 3).

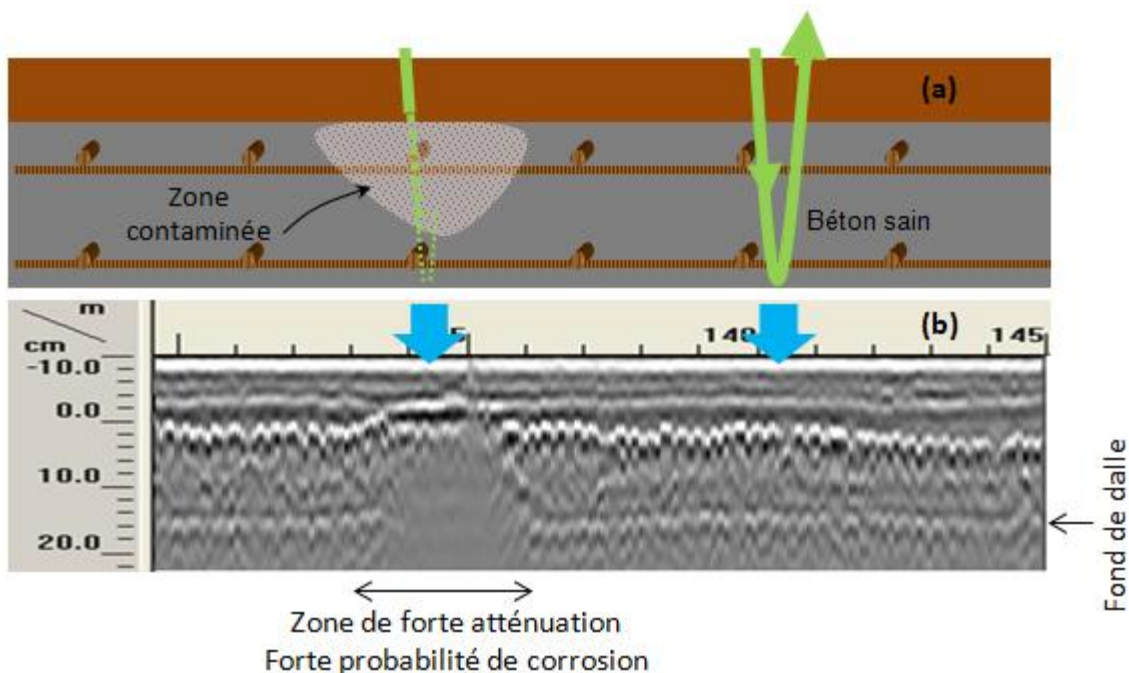


Figure 2 : Principe de l'évaluation de la probabilité de corrosion par Géoradar

### Est-ce que cette procédure a été validée sur des structures en service ?

L'évaluation de la probabilité de corrosion par Géoradar a fait l'objet d'un grand nombre d'essais sur site pour s'assurer de sa validité et déterminer les limites de ces applications. Cette validation a été réalisée en comparant les résultats de relevés Géoradar et de potentiel de corrosion sur des structures en service. La figure 3 illustre les résultats d'une telle comparaison élaborée il y a plus de 10 ans déjà. Elle indique que les zones où l'atténuation des ondes Géoradar est forte correspondent de façon satisfaisante aux zones où la probabilité de corrosion des armatures est forte (zones où le potentiel de corrosion est inférieur à -350 mV)

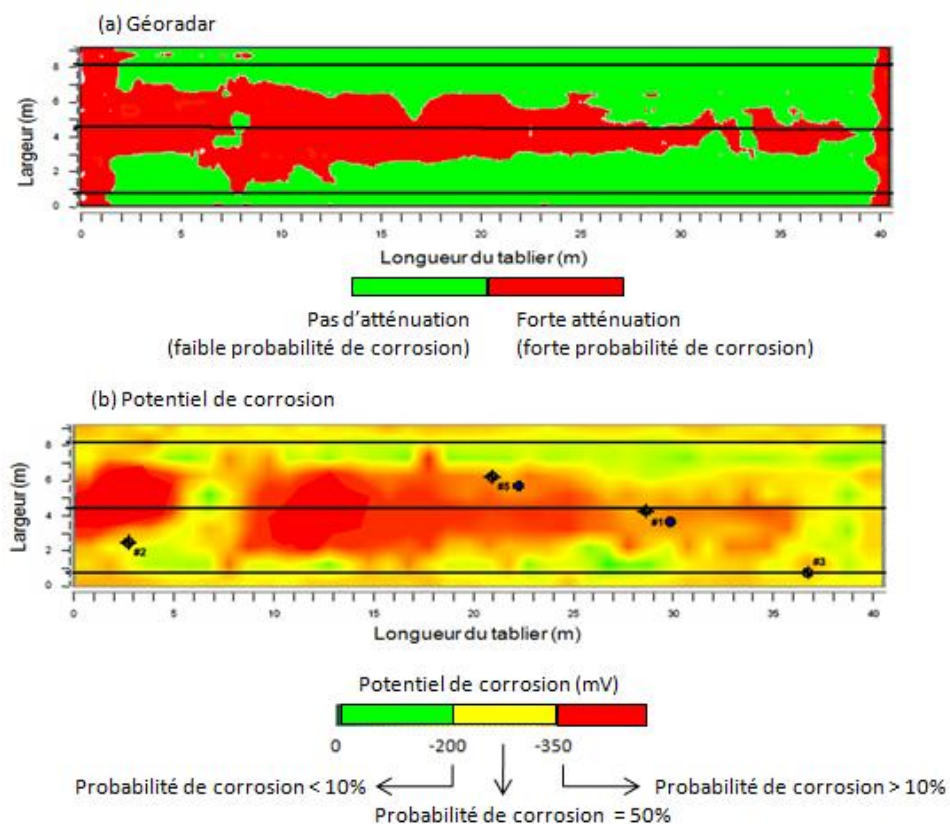


Figure 3 : Validité de l'évaluation de la probabilité de corrosion par Géoradar

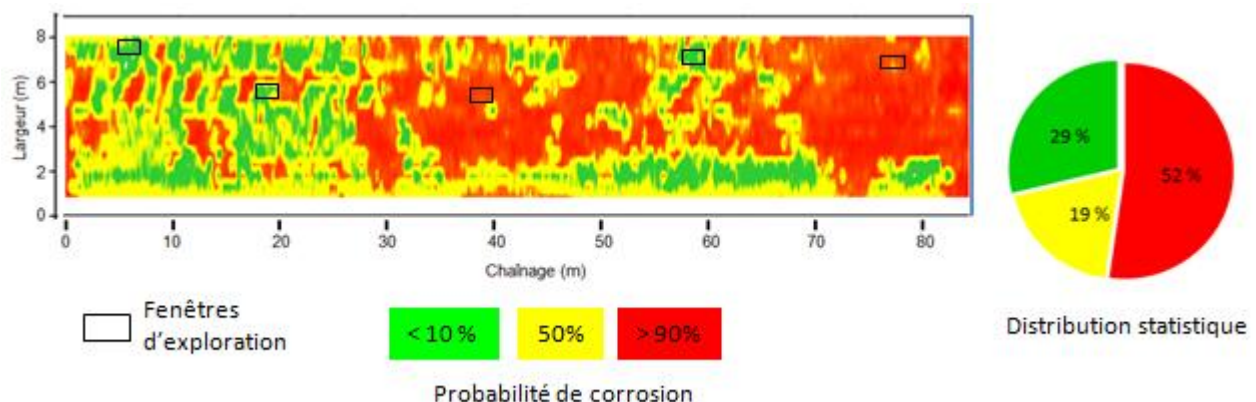
Il est à signaler que le traitement des données Géoradar pour l'obtention de la cartographie de la figure 3a ne nécessite pas du tout l'élaboration d'outils de traitement spécifiques. Des logiciels commerciaux tel que le logiciel Radan manufacturé par la compagnie GSSI sont largement suffisants pour mener à bien ce type de traitement.

## Cette procédure permet-elle de déterminer les zones où la corrosion est incertaine ?

Les ingénieurs de structures sont habitués à prendre des décisions en ce qui concerne la réhabilitation des ponts et viaducs notamment sur la base des résultats des relevés de potentiel de corrosion. Ils considèrent généralement que la superficie relative de béton dégradé (en %) est équivalente au pourcentage des mesures de potentiel de corrosion inférieure à -300 mV. Il est donc important pour ces ingénieurs que les résultats des relevés Géoradar précisent non seulement les endroits où la probabilité de corrosion est forte (>90 %) ou faible (<10%), mais également les endroits où la corrosion est incertaine (probabilité de corrosion de 50 %). De plus, selon ces ingénieurs, pour que la technologie Géoradar soit réellement acceptée comme solution alternative aux relevés de potentiel de corrosion, il fallait être en mesure de déterminer la distribution statistique des probabilités (ex. x% de vert, y% de jaune ..), comme cela est le cas pour les relevés de potentiel (voir le bulletin N° 3 d'Auscultech).

Afin de répondre aux demandes des ingénieurs, il était nécessaire de passer d'une analyse qualitative et visuelle des relevés à une analyse quantitative basée sur la mesure de l'amplitude de réflexion des ondes Géoradar sur le fond des dalles. C'est pour cela que le devis actuel du ministère des Transports du Québec exige cette façon de faire.

Il est important de signaler que lorsque la mesure de l'intensité de la réflexion est faite selon les règles de l'art, les cartographies obtenues sont claires et non bruitées, comme cela est démontré par la figure 4. C'est là où le savoir-faire du professionnel est déterminant.





## Est-il vrai que la mesure de l'amplitude de la réflexion des ondes sur les armatures est plus fiable que la mesure de l'amplitude de réflexion sur le fond des dalles ?

Il existe effectivement une approche qui prône que l'intensité de la réflexion des ondes Géoradar sur les armatures est un meilleur indicateur de l'état de la corrosion. Cette approche se base sur le fait que la corrosion d'une armature réduit son diamètre et que cette réduction engendre une diminution de l'intensité de la réflexion des ondes sur l'armature. Malheureusement, la réduction de cette intensité n'est pas suffisamment significative pour statuer de façon certaine sur la probabilité de la corrosion. Pour fin d'illustration, considérons le relevé Géoradar ci-dessous (Fig. 5a) qui ne montre que les armatures (apparaissant dans l'image sous forme d'hyperboles). Les réflexions sur les armatures ont quasiment les mêmes intensités et il est difficile d'affirmer quoi que ce soit sur la probabilité de corrosion de ces armatures. Par contre, l'analyse des réflexions sur le fond de la dalle (Fig. 5b) met clairement en évidence 4 zones où les réflexions sont invisibles (zones de forte probabilité de corrosion).

L'analyse des réflexions sur les armatures n'est donc pas aussi fiable que l'analyse des réflexions sur le fond des dalles en ce qui concerne l'évaluation de la probabilité de la corrosion des armatures. Nous avons tenté de le démontrer ici simplement. La considération de la réflexion sur les armatures peut même parfois s'avérer non sécuritaire. Nous allons en faire la démonstration dans un autre bulletin d'Auscultech.

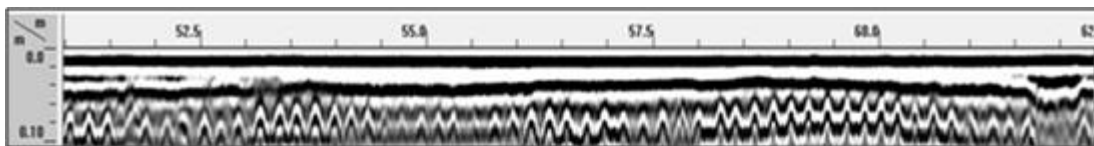


Figure 5a: Intensité des réflexions sur les armatures

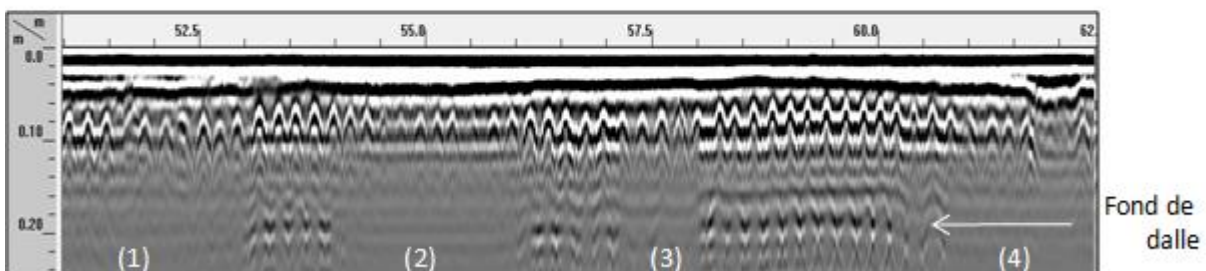


Figure 5b: Intensité des réflexions sur le fond de la dalle

Figure 5 : Comparaison de la variation des réflexions sur les armatures et sur le fond de dalle

## Conclusions

Lorsqu'elle est appliquée selon les règles de l'art par un personnel hautement expérimenté, la procédure Géoradar décrite dans ce bulletin permet d'avoir des informations très pertinentes sur la probabilité de corrosion des armatures dans les dalles en béton armé si les conditions de développement de cette corrosion sont réunies. Le lecteur intéressé par cette thématique est invité à consulter notamment les thèses de doctorats présentées à l'Université de Sherbrooke par des anciens étudiants (O. Dous, S. Laurens, M. Sbartai) de la Chaire industrielle du CRSNG sur l'auscultation des ouvrages (2001-2011).

Nous nous sommes limités dans ce bulletin à donner les informations de base utiles aux ingénieurs en charge de la gestion des ponts et viaducs. Ceux et celles désirant approfondir leurs connaissances sur le sujet sont invités à suivre la formation sur le Géoradar dispensée chaque année par Auscultech en collaboration avec le Réseau des ingénieurs du Québec. La prochaine formation aura lieu à Montréal le 3 décembre 2013 ([www.reseauiq.qc.ca](http://www.reseauiq.qc.ca)). Elle donnera des détails sur :

- l'influence des variations de l'épaisseur du revêtement bitumineux
- l'influence des réparations et des délaminages dans les dalles
- l'influence des poutres à l'intrados des dalles
- Les applications aux dalles épaisses
- Les applications aux dalles sur sol et aux dalles enterrées
- l'influence de la température et l'humidité sur les résultats, etc.

N'hésitez pas à nous contacter et il nous fera plaisir de répondre à vos questions.

## Références

1. Balayssac, J-P., Laurens, S., Rhazi, J., Utilisation du RADAR pour la détection de zones à risque de corrosion dans le béton armé, *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées*, Vol. 237, mars-avril, **2002**
2. Rhazi, J., Dous, O., Ballivy, G., Laurens, S., Balayssac J.-P., Non destructive health evaluation of concrete bridge decks by GPR and half cell potential techniques, *Non-Destructive testing in Civil Engineering, International Symposium*, Berlin, **2003**
3. Dous, O., Rhazi, J., Ballivy G., Bertrand L., *Évaluation des dalles de tabliers de ponts par RADAR, potentiel de corrosion et résistivité électrique*, 11e colloque sur la progression de la recherche québécoise sur les ouvrages d'art, Université de Laval, Québec **2004**