

**Chaire de recherche CRSNG-
Industrie sur l'auscultation des
structures de béton**

**Auscultation de dalles en béton :
Analyse comparative entre les mesures Géoradar
et les mesures de potentiel de corrosion**

Rapport No GRAI 01-10-10

Présenté à :

Marjolaine Pépin
Louis-Marie Bélanger, ing.

Service de l'entretien
Direction des structures
Ministère des Transports du Québec

Présenté par :

Jamal Rhazi, ing., Ph.D.



Département de Génie Civil
Université de Sherbrooke
Sherbrooke (Québec) J1K 2R1

Octobre 2010

SOMMAIRE

Ce rapport concerne un projet de recherche mené en 2010 et intitulé « Auscultation de dalles en béton : Analyse comparative entre les mesures Géoradar et les mesures de potentiel de corrosion ». L'objectif de ce projet est de vérifier la validité de l'approche de traitement des données Géoradar développée pour déterminer la probabilité de corrosion des armatures dans les dalles des tabliers de ponts en béton armé.

Les résultats de cette étude confirment que la mesure de l'intensité de la réflexion des ondes Géoradar sur la face inférieure des dalles en béton armé est un moyen non destructif fiable permettant d'évaluer la probabilité de corrosion des armatures dans le béton.

Il est recommandé de poursuivre les travaux de recherche sur cette thématique pour améliorer les performances de cette technique et bonifier le devis technique existant relatif à l'évaluation des dalles par Géoradar. Il est notamment proposé :

- d'identifier des solutions permettant le traitement des données lorsque les relevés sont effectués sur une poutre longitudinale en béton ou en acier,
- définir les corrections à appliquer aux données pour tenir compte de la variation de l'épaisseur des dalles s'il y a lieu.

TABLE DES MATIÈRES

1.	CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	1
2.	OBJECTIFS.....	1
3.	STRUCTURES CONSIDÉRÉES	1
4.	TRAITEMENT DES DONNÉES	2
5.	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	3
5.1	Cas de la structure P-09722.....	3
	5.1.1 Observations générales sur les données	4
	5.1.2 Traitement des données	6
	5.1.3 Présentation des résultats.....	7
5.2	Cas de la structure P-14949N	10
	5.2.1 Observations générales sur les données	10
	5.2.2 Traitement des données	12
	5.2.3 Résultat du traitement des données	12
5.3	Cas de la structure P-14949S	13
	5.3.1 Observations générales sur les données	13
	5.3.2 Traitement des données	14
5.4	Cas de la structure P-15094	15
	5.4.1 Observations générales sur les données	15
	5.4.2 Traitement des données	17
	5.4.3 Résultat du traitement.....	17
5.5	Cas de la structure P-15397	18
	5.5.1 Observations générales sur les relevés Géoradar	18
	5.5.2 Traitement des données	18
	5.5.3 Résultat du traitement des données	19
5.6	Cas de la structure P-07424	21
	5.6.1 Observations générales sur les relevés Géoradar	21
	5.6.2 Traitement des données	22
	5.6.3 Résultat du traitement des données	22
6.	SYNTHÈSE DES TRAVAUX.....	24
7.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	25

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P-09722.....	7
TABLEAU 2 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P-14949N.....	11
TABLEAU 3 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P14949S.....	14
TABLEAU 4 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P-15094.....	16
TABLEAU 5 : Observations sur les relevés collectés sur la structure P-15397.	19

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Réflexion des ondes sur la face inférieure d'une dalle.....	3
Figure 2 : Exemples de profils Géoradar collectés sur la structure P-09722.....	5
Figure 3 : Exemples de relevés avec et sans réflexion sur la fin de la dalle.....	6
Figure 4: Comparaison entre les résultats Géoradar et de potentiel..... Structure P-09722	9
Figure 5: Résultats Géoradar entre les chaînages 795 et 1033 m..... Structure P-09722	9
Figure 6: Profil avec et sans visibilité de la réflexion sur le fond de la dalle.....	12
Figure 7: Résultat Géoradar - Structure P-14949N.....	12
Figure 8 : Vue générale de la structure P-15094.....	15
Figure 9 : Résultats du Géoradar - Structure P-15094.....	17
Figure 10a : Résultat des relevés Géoradar – Structure P-15397.....	20
Figure 10b : Résultat des relevés de potentiel de corrosion..... Structure P-15397	20
Figure 11a : Résultat des relevés Géoradar..... Structure P-07424	23
Figure 11b : Résultat des relevés de potentiel de corrosion..... Structure P-07424	23

1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

La corrosion des armatures en acier est la principale cause de dégradation des dalles en béton armé, et notamment les dalles des tabliers de ponts.

L'évaluation de l'état de corrosion des armatures est difficile non seulement en raison du confinement de ces barres à l'intérieur de la matrice de béton, mais également parce que les dalles sont elles-mêmes souvent recouverte d'un revêtement bitumineux.

C'est dans ce contexte que le ministère des Transports du Québec (MTQ) collabore depuis 2001 en tant que partenaire à la Chaire du CRSNG sur l'auscultation des structures en béton. Les travaux de recherche menés par la Chaire pour le compte du MTQ portent principalement sur l'utilisation de la technique du Géoradar pour déterminer les probabilités de corrosion des armatures dans les dalles des tabliers de ponts en béton armé.

2. OBJECTIFS DU PROJET

Étant donné l'utilisation récente du Géoradar pour déterminer la probabilité de corrosion des armatures en acier dans les éléments en béton armé (ex. les dalles de ponts), il apparaît nécessaire de valider les résultats obtenus à l'aide de cette technique en les comparant avec des investigations de l'état réel des matériaux, ou bien avec d'autres méthodes d'auscultation, tel que le relevé de potentiel de corrosion.

Un projet de recherche a donc été confié à l'automne 2009 par le MTQ à la Chaire pour analyser des relevés Géoradar collectés sur des structures en service lors de campagnes antérieures et les comparer aux résultats de relevés de potentiel enregistrés dans des conditions environnementales du même ordre.

3. STRUCTURES CONSIDÉRÉES

Les structures ayant fait l'objet de cette étude sont les suivantes :

- Structure P-09722 (pont Gédéon Ouimet à Laval)
- Structure P-14949 N à Gatineau
- Structure P-14949S à Gatineau
- Structure P-15094 à Gatineau
- Structure P-15397 à Ste-Sixte
- Structure P-07424 à Québec (Aut. Laurentien) ,

Les données Géoradar de la structure P-07424 ont été collectées par l'UdeS, alors que les autres données (Géoradar et relevés de potentiel) ont été fournies à la Chaire par la direction des structures du MTQ.

Les données du potentiel de corrosion n'ont pu être obtenues que pour les structures P-09722, P-15397 et P-07424. La comparaison des résultats du Géoradar à ceux du potentiel n'a donc pu être faite que pour ces trois structures.

4 . TRAITEMENT DES DONNÉES

L'évaluation qualitative des données brutes de Géoradar et leur analyse comparative avec les mesures de relevé de potentiel ont été effectuées sur la base des connaissances ayant ressorties des travaux effectués par Jamal Rhazi dans le cadre de la Chaire d'auscultation des structures en béton. Ces travaux ont abouti à l'élaboration en 2008 du devis 8401-08-KA05 relatif à l'auscultation des dalles des tabliers de ponts par Géoradar.

Le devis 8401-08-KA05 du MTQ précise le traitement qui doit être appliqué aux données Géoradar collectées sur les dalles de ponts, et décrit un protocole pour l'interprétation des résultats en termes de la probabilité de corrosion des armatures.

Dans ce devis, il est précisé que le traitement qui doit être effectué sur les données collectées est la mesure de l'intensité de réflexion des ondes radar sur la face inférieure des dalles auscultées (Fig. 1).

Pour que cette réflexion soit visible sur les relevés, le devis précise que ceux-ci doivent être effectués le long de lignes de mesure qui ne sont pas situées au-dessus des poutres longitudinales à l'intrados.

La position des poutres à l'intrados doit donc être préalablement déterminée soit à partir des plans de la structure, soit sur site par une inspection visuelle de l'intrados ou, si cela n'est pas possible, en faisant un relevé Géoradar dans la direction perpendiculaire à la direction de ces poutres.

Le traitement qui a été appliqué aux données faisant l'objet du présent rapport est celui recommandé dans le devis du MTQ.

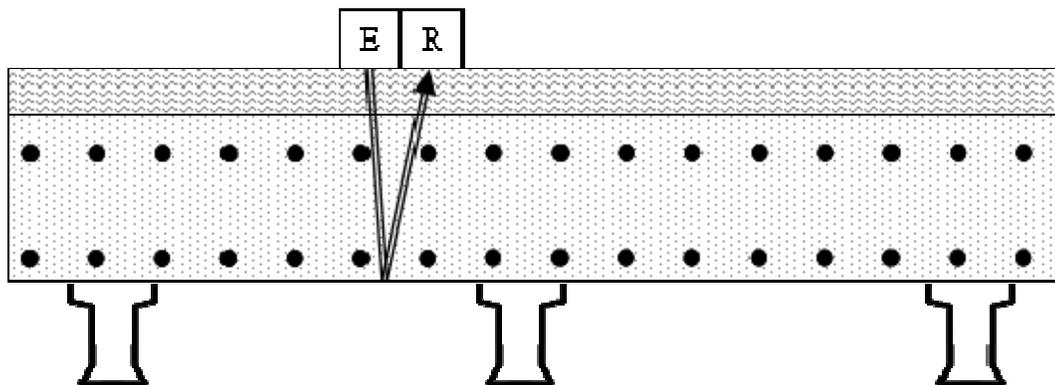


Figure 1 : Réflexion des ondes sur la face inférieure d'une dalle

5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

5.1 Cas de la structure P-09722

Le pont Gédéon-Ouimet (désigné par structure P-09722) est situé sur l'autoroute 15 au dessus de la rivière des Mille-Îles. Il comporte trois voies de circulation en direction nord et trois voies de circulation en direction sud. Le tablier de ce pont est constitué d'une dalle mince sur poutres d'acier et comporte 41 travées. Sa longueur totale est de 1033,8 m, sa largeur est de 26,4 m.

Les essais Géoradar sur cette structure ont été effectués durant la nuit du 16 octobre 2008. La collecte des données à concernée le côté droit des voies en direction du Sud et le côté droit des voies en direction du Nord. Dans chaque cas, les relevés ont été effectués selon huit lignes espacées de 50 cm et ont couvert une largeur allant de 0,5 m à 4 m.

5.1.1 Observations générales sur les données

Les fichiers de données Géoradar fournis sur un support informatique (CD) sont organisés en deux groupes : un groupe de huit fichiers nommés GO-01 à GO-08 et un autre groupe de huit fichiers nommés GO-20 à GO-27. Aucun rapport d'essai n'est joint aux données pour préciser quel est le groupe de données qui concerne la voie en direction du Sud, et quel est le groupe qui concerne la voie en direction du Nord. Ces informations ont finalement pu être obtenues via le chargé du projet. Ainsi, les fichiers 01 à 08 concernent la voie en direction Sud; le fichier GO-08 est celui le plus à droite. Les fichiers GO-20 à GO-27 concernent la voie en direction Nord; le fichier GO-27 est celui le plus à droite.

L'analyse des relevés indique que l'espacement entre les armatures n'est pas le même pour toute la surface auscultée. Cet espacement est de l'ordre de 26 cm pour les lignes GO-04 et GO-24 (fig.2b), et est de l'ordre de 12 cm pour les

autres relevés (fig.2a). L'espacement entre les armatures varie parfois d'un endroit à un autre pour une même ligne de mesure. C'est ce qui a été constaté sur les lignes GO-03 et GO-05, GO-25.

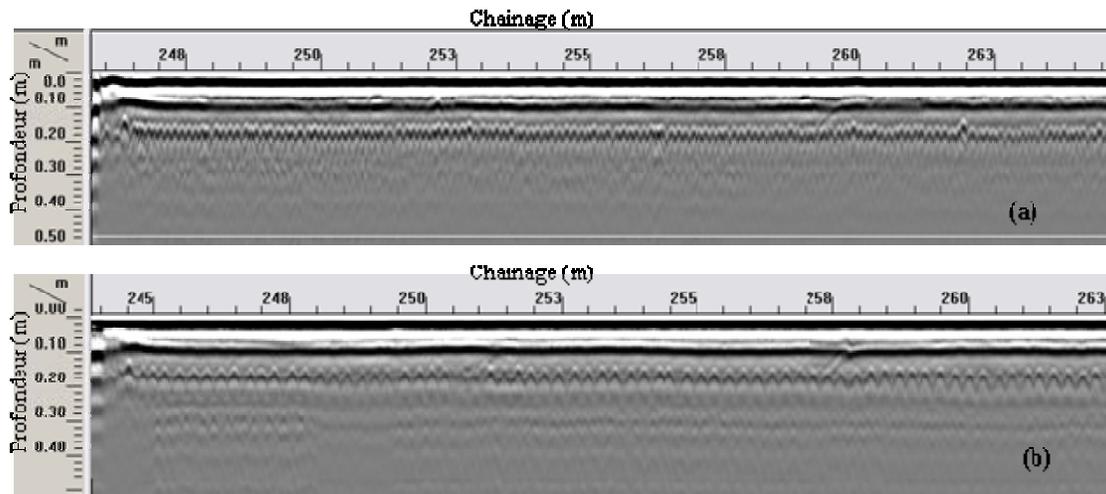


Figure 2 : Exemples de profils Géoradar collectés sur la structure P-09722

Les données Géoradar qui nous ont été transmises sont filtrées et amplifiées, ce qui va à l'encontre des recommandations du devis 8401-08-KA05 du MTQ.

Globalement, la qualité des données est satisfaisante mais est moins bonne que celle des données collectées sur les structures de Gatineau, de Ste-Sixte et de Québec.

Un relevé Géoradar (GO-20) présente un « saut » qui se produit au chaînage 825 m, ce qui se traduit par un chainage total inférieur à la longueur de la dalle (950 m au lieu de 1030 m). Ceci est vraisemblablement dû à un problème avec l'odomètre lors des relevés. Ce type de problème doit normalement être détecté sur place et corrigé. Le profil GO-20 doit donc être rejeté.

Par ailleurs, la visibilité de la réflexion sur les armatures de la rangée supérieure est faible et est parfois extrêmement mauvaise (Fig. 3b).

5.1.2 Le traitement des données.

La visualisation des relevés Géoradar collectés sur cette structures indique que la réflexion des ondes sur la face inférieure de la dalle est visible sur les relevés GO-03, GO-04, GO-05 et GO-06 et sur les relevés GO-24, GO-25 (fig. 3a). Cette réflexion n'est que partiellement visible dans le cas des profils GO-06, GO-22, GO-23 et est invisible pour les autres profils (fig. 3b). Il s'en suit que seulement 30% des données sont exploitables (Tableau 1).

Compte tenu de cet état de fait, il ne nous a été possible de traiter les données selon le devis du MTQ que pour les relevés GO-03, GO-04, GO-05 et GO-06 de la voie en direction du Sud, et pour les relevés GO-24 et GO-25 de la voie en direction du Nord. Dans le premier cas, une cartographie de la dalle indiquant les zones problématiques à pu être élaborée. Ceci n'a pas pu être effectué dans le cas de la voie en direction du Nord car il faut avoir au moins trois (3) lignes de mesures pour construire une cartographie.

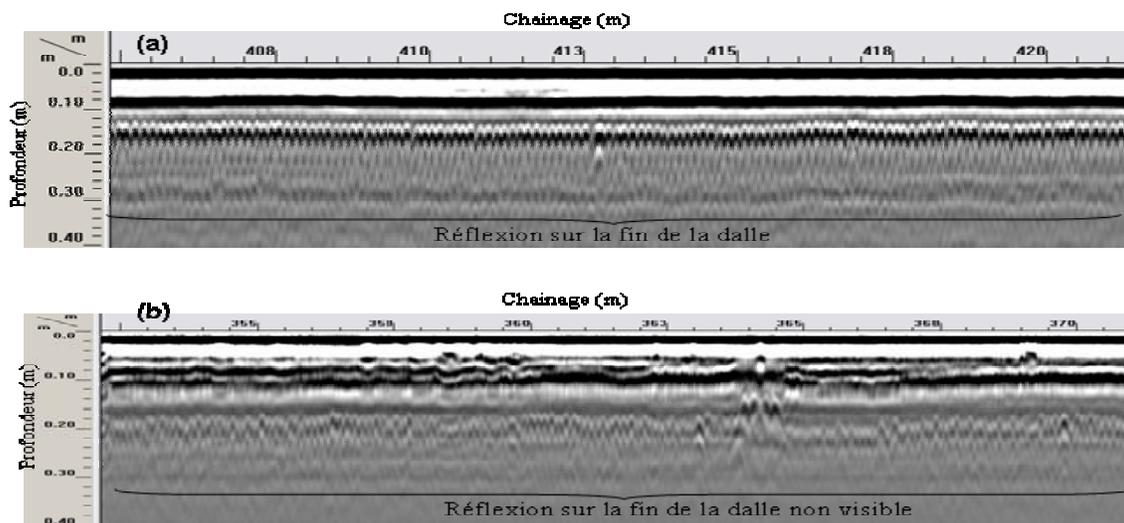


Figure 3 : Exemples de relevés avec (a) et sans (b) réflexion sur la fin de la dalle.

Tableau 1 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P-09722

Fichier	Position par rapport à la bordure de droite	Visibilité de la fin de la dalle
Voie en direction du Sud (relevés du S vers N)		
GO-01	4 m	Non visible
GO-02	3,5 m	Non visible
GO-03	3 m	<i>visible</i>
GO-04	2,5 m	<i>visible</i>
GO-05	2 m	<i>visible</i>
GO-06	1,5 m	<i>visible</i>
GO-07	1 m	Non visible
GO-08	0,5 m	Non visible
Voie en direction du Nord (relevés du S vers N)		
GO020	4 m	Non visible
GO021	3,5 m	Non visible
GO022	3 m	Visible sur 50%
GO023	2,5 m	Visible sur 60%
GO024	2 m	<i>Visible</i>
GO025	1,5 m	<i>Visible</i>
GO026	1 m	Non visible
GO027	0,5 m	Non visible

5.1.3 Présentation des résultats

Les relevés Géoradar ont été effectués sur la voie en direction Sud et en direction Nord, sur une largeur de voie entre 0,5 m et 4 m.

Les relevés de potentiel ont été effectués sur :

- la voie en direction Sud, entre les chainages 0-247 m et 528-795 m sur une largeur de voie entre 0,5 m et 3,5 m
- la voie en direction Nord, entre les chaînages 247-528 m, 795-1033 m sur une largeur de voie entre 0,5 m et 3,5 m.

La figure 4 compare les résultats des relevés Géoradar à ceux du potentiel dans le cas de la voie en direction du Sud. Pour les raisons mentionnées ci-dessus, cette comparaison n'a pas pu être effectuée pour les résultats de la voie en direction Nord.

La figure 4a concerne les données Géoradar et de potentiel pour la portion de la voie entre 0 m et 247 m. La cartographie Géoradar concerne la largeur de la voie entre 1,5 m et 3 m, alors que la cartographie de potentiel concerne la largeur entre 0,5 m et 3,5 m.

La figure 4b concerne les données Géoradar pour la portion de la voie entre 528 m et 795 m. La cartographie Géoradar concerne la largeur de la voie entre 1,5 m et 3 m, alors que la cartographie de potentiel concerne la largeur entre 0,5 m et 3,5 m.

Globalement, on constate que les cartographies Géoradar et de potentiel sont similaires, et ne mettent pas en évidence des problèmes majeurs d'activité de corrosion. L'activité de corrosion semble être localisée au niveau des joints.

La figure 5 concerne les résultats Géoradar pour la portion de la voie en direction Sud entre 247 m et 528 m, et la figure 5b concerne ceux relatifs à la portion de la voie entre 795 m et 1033 m.

La première cartographie met en évidence une zone de forte probabilité de corrosion à environ 450 m. Dans le cas de la 2^{ème} cartographie, une zone de forte probabilité de corrosion apparaît au chaînage 1000 m environ.

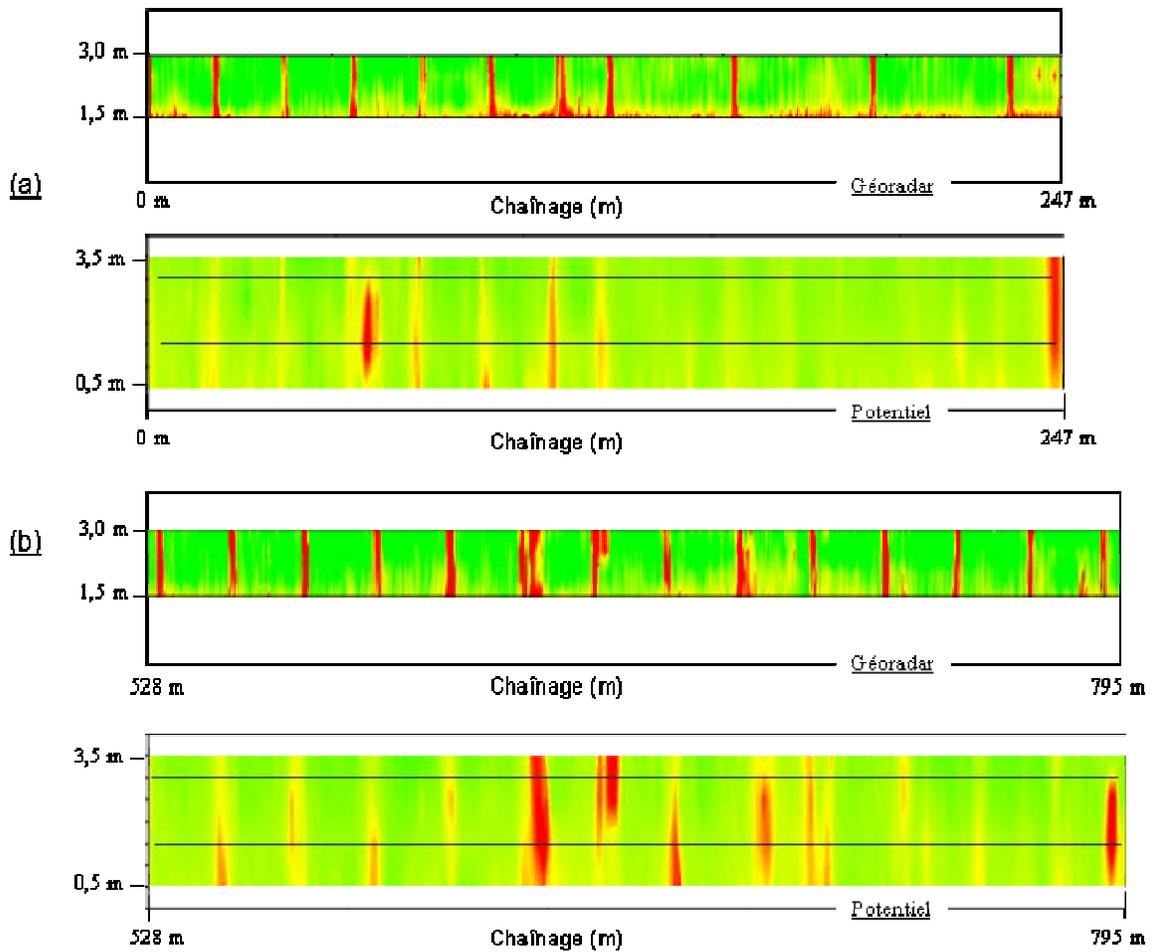


Figure 4 : Comparaison entre les résultats Géoradar et de potentiel.
Structure P-09722

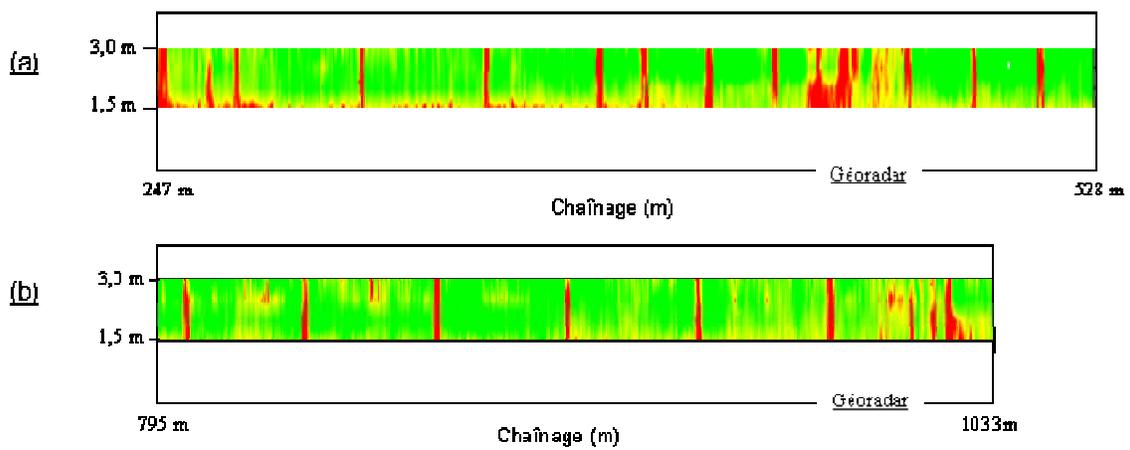


Figure 5 : Résultats Géoradar entre les chaînages 795 et 1033 m.
Structure P-09722

5.2 Cas de la structure P-14949N

La structure P-14949N est située sur l'autoroute 50 à Gatineau (Québec), au dessus du Bd. de la Grappe et du Bd. Maloney Ouest. Ce pont est à sens unique en direction de l'ange-Gardien. Voici ces principales caractéristiques :

- il a été construit en 1970 et ne comporte pas de membrane d'étanchéité,
- la dalle du tablier est de type caisson dont l'épaisseur est de 180 mm,
- sa longueur est de 290 m, sa largeur est de 15,85 m.

Les relevés Géoradar ont été effectués le 16-17 juillet et le 4 et 5 novembre 2008. Selon le rapport des relevés, 31 profils espacés de 0,5 m ont été collectés sur le tablier dans la direction Sud-Nord. Les données de potentiel concernant ce pont ne sont pas disponibles.

5.2.1 Observations générales sur les données

Les fichiers de données Géoradar fournis sur un support informatique (CD) sont numérotés de PR-01 à PR-30. Les relevés ont été effectués selon les recommandations du devis 8401-08-KA05 du MTQ. Globalement, la qualité des données est satisfaisante.

La visualisation des données fournies indique que la longueur des profils est de 200 m, et non de 290 m tel que indiqué dans le rapport des essais.

Le tableau 2 donne les observations effectuées sur ces relevés. On y constate que la réflexion des ondes sur la face inférieure de la dalle n'est pas toujours visible sur les relevés; soit parce que l'épaisseur de la dalle est importante (cas des relevés proches des bordures de la dalle), soit parce que les profils ont été collectés au-dessus d'une poutre longitudinale. Dans le cas d'autres profils, la réflexion des ondes sur la face inférieure de la dalle est parfois visible, parfois non visible (Fig. 6).

TABLEAU 2 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P-14949N

Fichier	Distance par rapport à la bordure de droite	Visibilité de la réflexion des ondes sur le fond de la dalle
PR-01	0,5 m	Très faible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-02	1 m	Très faible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-03	1,5 m	Très faible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-04	2 m	Nulle –passage au dessus d’une poutre ?
PR-05	2,5 m	Nulle –passage au dessus d’une poutre ?
PR-06	3 m	Nulle –passage au dessus d’une poutre ?
PR-07	3,5 m	Visible de 0 à 170 m
PR-08	4,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-09	4,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-10	5,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-11	5,5 m	Visible de 173 à 200 m
PR-12	6,0 m	Visible de 0 à 170 m
PR-13	6,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-14	7,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-15	7,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-16	8,0 m	Visible de 0 à 170 m
PR-17	8,5 m	Visible de 0 à 170 m/77-130 m et 183-200 m
PR-18	9,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-19	9,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-20	10,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-21	10,5 m	Visible de 77-130 m et 183-200 m
PR-22	11,0 m	Visible de 0 à 170 m
PR-23	11,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-24	12,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-25	12,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-26	13,0 m	Visible de 173 à 200 m
PR-27	13,5 m	Nulle –passage au dessus d’une poutre ?
PR-28	14 m	Visible de 0 à 200 m
PR-29	14,5 m	Très faible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-30	15 m	Très faible car la dalle est épaisse à cet endroit

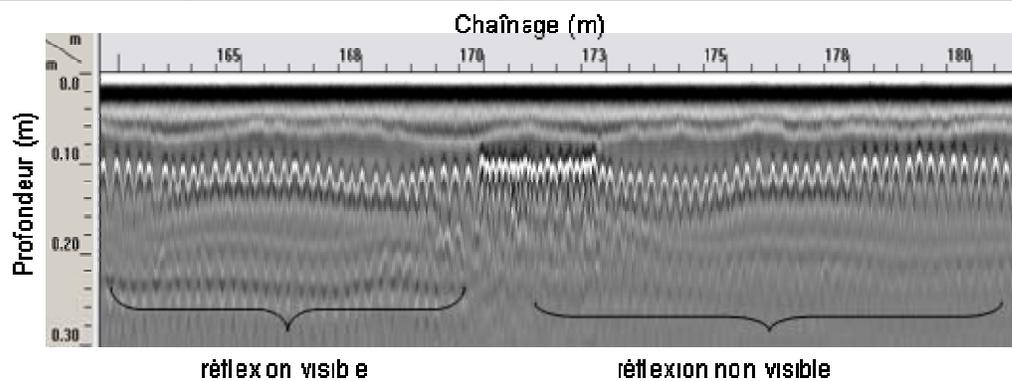


Figure 6 : Profil avec et sans visibilité de la réflexion sur le fond de la dalle

5.2.2 Traitement des données

Compte tenu des faits décrits ci-dessus, le traitement des données s'est limité aux profils numérotés PR-07 à PR25, soit aux données collectées sur la largeur de la voie allant de 3,5 m à 12,5 m.

Les profils PR11 et PR22 n'ont pas été pris en considération car la réflexion sur la fin de la dalle n'est pas toujours visible. De plus, le traitement s'est limité au chaînage entre 0 et 170 m car pour certains profils la réflexion sur la fin de la dalle n'est pas visible au-delà de 170 m (profils PR12, PR16 et PR22).

5.2.3 Résultat du traitement des données

La cartographie Géoradar est donnée à la figure 7. Cette cartographie ne révèle aucune activité de corrosion dans la dalle. N'ayant pas à notre disposition les résultats de l'essai de potentiel de corrosion relative à cette structure, il ne nous a pas été possible de confronter les résultats Géoradar aux résultats du potentiel de corrosion.

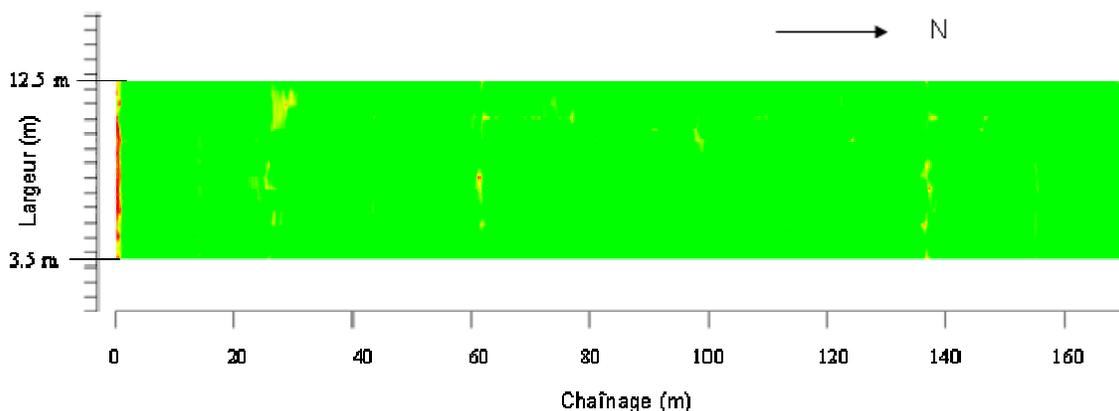


Figure 7 : Résultat Géoradar- Structure P14949N

5.3 Cas de la structure P-14949S

La structure P-14949S est située sur l'autoroute 50 à Gatineau (Québec), au dessus du Bd. de la Grappe et du Bd. Maloney Ouest. Ce pont est à sens unique en direction du centre ville de Gatineau. Voici ces principales caractéristiques :

- Elle a été construite en 1970.
- Elle ne comporte pas de membrane d'étanchéité
- La dalle du tablier est de type caisson dont l'épaisseur est de 180 mm,
- Sa longueur est de 290 m, sa largeur est de 15,85 m

Les relevés Géoradar ont été effectués le 16-17 juillet et le 4 et 5 novembre 2008. Selon le rapport des relevés, 32 profils espacés de 0,5 m ont été collectés sur le tablier dans la direction Sud-Nord. Les relevés de potentiel de corrosion concernant cette structure ne sont pas disponibles.

5.3.1 Observations générales sur les données

Les fichiers de données Géoradar fournis sur un support informatique (CD) sont numérotés de PR-01 à PR-30.

Les relevés ont été effectués selon les recommandations du devis 8401-08-KA05 du MTQ. Globalement, la qualité des données est satisfaisante.

Le tableau 3 donne les observations effectuées sur ces relevés. Pour 60% des données, on constate que la réflexion des ondes sur la fin de la dalle est soit invisible car la dalle est épaisse (cas des profils collectés extrémités de la dalle), soit invisible car les relevés ont été collectés au dessus d'une poutres longitudinale.

5.3.2 Traitement des données

Compte tenu d'une part que seulement 30% données sont totalement exploitables et d'autre part que les profils exploitables ne sont pas regroupés, il n'a pas été possible d'obtenir une cartographie de la dalle indiquant l'état de la probabilité de corrosion des armatures dans la dalle. Toutefois, l'analyse visuelle qualitative des données indique que l'état de la dalle est sain, et est similaire à celui de la dalle P-14949N.

TABLEAU 3 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P14949S

Fichier	Distance (bordure de droite (Est))	Visibilité de la réflexion des ondes sur le fond de la dalle
PR-01	0,5 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-02	1 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-03	1,5 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-04	2 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-05	2,5 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-06	3 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-07	3,5 m	Visible de 32 m à 200 m
PR-08	4,0 m	Visible de 11 m à 200 m
PR-09	4,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-10	5,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-11	5,5 m	Visible de 0 à 40 m
PR-12	6,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-13	6,5 m	Visible de 15 m à 200 m
PR-14	7,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-15	7,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-16	8,0 m	Visible de 0 à 35 m
PR-17	8,5 m	Visible de 0 à 10 m/32-200 m
PR-18	9,0 m	Visible de 11 m à 200 m
PR-19	9,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-20	10,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-21	10,5 m	Visible de 0 à 40 m
PR-22	11,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-23	11,5 m	Visible de 10 à 200 m
PR-24	12,0 m	Visible de 0 à 200 m
PR-25	12,5 m	Visible de 0 à 200 m
PR-26	13,0 m	Visible de 0 à 36 m
PR-27	13,5 m	Visible de 0 à 13 m
PR-28	14 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-29	14,5 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit
PR-30	15 m	Non visible car la dalle est épaisse à cet endroit

5.4 Cas de la structure P-15094

La structure P-15094 est située au centre ville de la ville de Gatineau. Cette structure est à double sens de circulation. Voici ces principales caractéristiques:

- Elle a été construite en 1970.
- Elle ne comporte pas de membrane d'étanchéité
- La dalle du tablier est de type caisson et a une épaisseur de 190 mm,
- Sa longueur est de 198,40 m, sa largeur est de 25,92 m.



Figure 8 : Vue générale de la structure P15094

Les relevés Géoradar ont été effectués le 14-15 juillet et le 4 et 5 novembre 2008. Selon le rapport des relevés, 46 profils espacés de 0,5 m ont été collectés sur le tablier dans la direction Sud-Nord. Les relevés de potentiel de corrosion concernant cette structure ne sont pas disponibles.

5.4.1 Observations générales sur les données

Les fichiers de données Géoradar fournis sur un support informatique (CD) sont numérotés de PR-01 à PR-46. La longueur des profils est de 294 m. Les relevés ont été effectués selon les recommandations du devis 8401-08-KA05 du MTQ. Globalement, la qualité des données est satisfaisante. Le tableau 4 ci-dessous donne les observations effectuées sur ces relevés. On y constate que la fin de la dalle n'est visible dans les profils que pour environ 47% des profils.

TABLEAU 4 : Observations effectuées sur les relevés. Structure P15094

Fichier	Distance (bordure de droite (Est))	Visibilité de la réflexion des ondes sur le fond de la dalle
PR-01	0,5 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-02	1 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-03	1,5 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-04	2 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-05	2,5 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-06	3 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-07	3,5 m	Non visible – Dalle épaisse
PR-08	4,0 m	Visible
PR-09	4,5 m	Visible
PR-10	5,0 m	Visible
PR-11	5,5 m	Visible
PR-12	6,0 m	Visible
PR-13	6,5 m	Visible
PR-14	7,0 m	Non visible
PR-15	7,5 m	Non visible
PR-16	8,0 m	Non visible
PR-17	8,5 m	Visible 50%
PR-18	9,0 m	Visible
PR-19	9,5 m	Visible
PR-20	10,0 m	Visible
PR-21	10,5 m	Visible
PR-22	11,0 m	Visible
PR-23	11,5 m	Visible – problème de chainage
PR-24	12,0 m	Visible 50%
PR-25	12,5 m	Visible
PR-26	13,0 m	Visible
PR-27	13,5 m	Visible
PR-28	14 m	Visible
PR-29	14,5 m	Visible
PR-30	15 m	Visible 50%
PR-31	15,5	Non visible
PR-32	16	Non visible
PR-33	16,5	Non visible
PR-34	17	Visible
PR-35	17,5	Visible
PR-36	18	Visible
PR-37	18,5	Visible
PR-38	19	Visible
PR-39	19,5	Visible
PR-40	20	Non visible
PR-41	20,5	Non visible
PR-42	21	Non visible
PR-43	21,5	Non visible
PR-44	22	Non visible
PR-45	22,5	Visible 50%
PR-46	23	Non visible

5.4.2 Traitement des données

Le traitement des données n'a concerné que les profils où la fin de la dalle est visible (Tableau 4). Ainsi, les profils qui ont été traités sont les suivants :

- PR08 à PR13 : ces profils concernent la largeur de la dalle entre 4 m et 6,5 m
- PR18 à PR22 : ces profils concernent la largeur de la dalle entre 9 m et 11 m
- PR25 à PR29 : ces profils concernent la largeur de la dalle entre 12,5 et 14,5 m
- PR-34 à PR39 : ces profils concernent la largeur de la dalle entre 17 et 19,5 m.

5.4.3 Résultat du traitement

La figure 9 donne les résultats de traitement des données concernant les quatre sections considérées. Cette cartographie indique que les quatre sections sont caractérisées par une faible probabilité de corrosion des armatures. N'ayant pas à notre disposition les résultats de l'essai de potentiel de corrosion relatifs à cette structure, il ne nous a pas été possible de confronter les résultats Géoradar aux résultats du potentiel de corrosion.

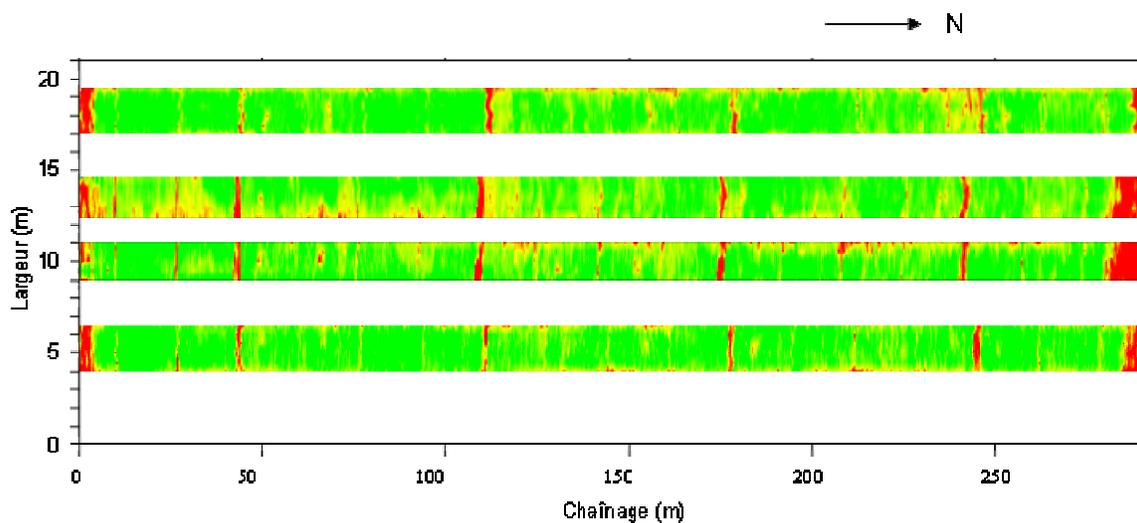


Figure 9 : Résultats du Géoradar. Structure P15094

5.5 Cas de la structure P-15397

Le pont P-15397 est situé sur la route 317 dans la municipalité de Sainte-Sixte, au Québec. Cette structure est à double sens de circulation (2 voies de circulation dans chaque direction). Voici ces principales caractéristiques:

- elle a été construite en 1975.
- elle ne comporte pas de membrane d'étanchéité
- La dalle du tablier a une épaisseur de 190 mm et repose sur des poutres en acier espacées de 1,8 m,
- Sa longueur est de 41,70 m, sa largeur est de 13,10 m

Les relevés Géoradar ont été effectués le 19 juin 2008. Selon le rapport des relevés, 23 profils espacés de 0,5 m ont été collectés sur le tabliers dans la direction Nord-Sud.

5.5.1 Observations générales sur les relevés Géoradar

Les fichiers de données Géoradar fournis sur un support informatique (CD) sont numérotés de PR-01 à PR-23. La longueur des profils est de 42 m. Les relevés ont été effectués selon les recommandations du devis 8401-08-KA05 du MTQ. Globalement, la qualité des données est bonne.

Le tableau 5 donne les observations effectuées sur ces relevés. On y constate que la fin de la dalle est visible sur tous les profils.

5.5.2 Traitement des données

Le traitement des données a été effectué selon la procédure décrite dans le devis du MTQ. Il a consisté à déterminer les variations de l'amplitude de réflexion des ondes radar sur la face inférieure de la dalle. Ce traitement a concerné tous les profils collectés sur la dalle du tablier.

Tableau 5 : Observations sur les relevés collectés sur la structure P-15397

Nom du fichier	Distance par rapport à la bordure de droite (Nord-Ouest)	Visibilité de la réflexion sur le fond de la dalle
PR-01	0,5 m	Visible
PR-02	1 m	Visible
PR-03	1,5 m	Visible
PR-04	2 m	Visible
PR-05	2,5 m	Visible
PR-06	3 m	Visible
PR-07	3,5 m	Visible
PR-08	4,0 m	Visible
PR-09	4,5 m	Visible
PR-10	5,0 m	Visible
PR-11	5,5 m	Visible
PR-12	6,0 m	Visible
PR-13	6,5 m	Visible
PR-14	7,0 m	Visible
PR-15	7,5 m	Visible
PR-16	8,0 m	Visible
PR-17	8,5 m	Visible
PR-18	9,0 m	Visible
PR-19	9,5 m	Visible
PR-20	10,0 m	Visible
PR-21	10,5 m	Visible
PR-22	11,0 m	Visible
PR-23	11,5 m	Visible

5.5.3 Résultat du traitement des données

Le résultat du traitement des données est présenté à la figure 10a. C'est une cartographie qui indique les variations au sein de la dalle de l'amplitude de réflexion des ondes électromagnétiques sur la face inférieure de la dalle.

La figure 10b donne le résultat des essais de potentiel de corrosion effectués sur cette dalle. La comparaison de cette figure à la figure 10a montre une bonne corrélation entre les résultats du Géoradar et les résultats de potentiel de corrosion.

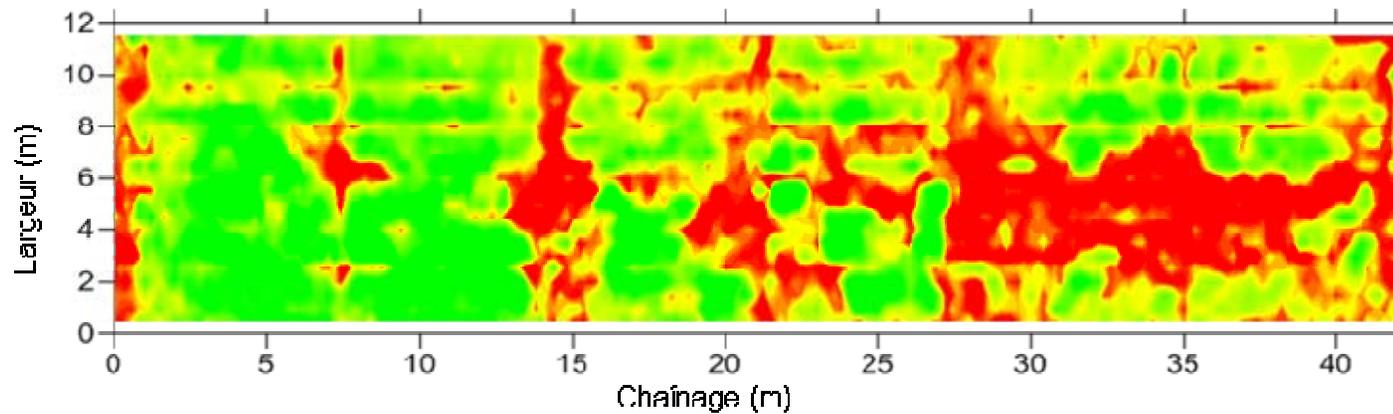


Figure 10a : Résultat des relevés Géoradar – Structure P15397

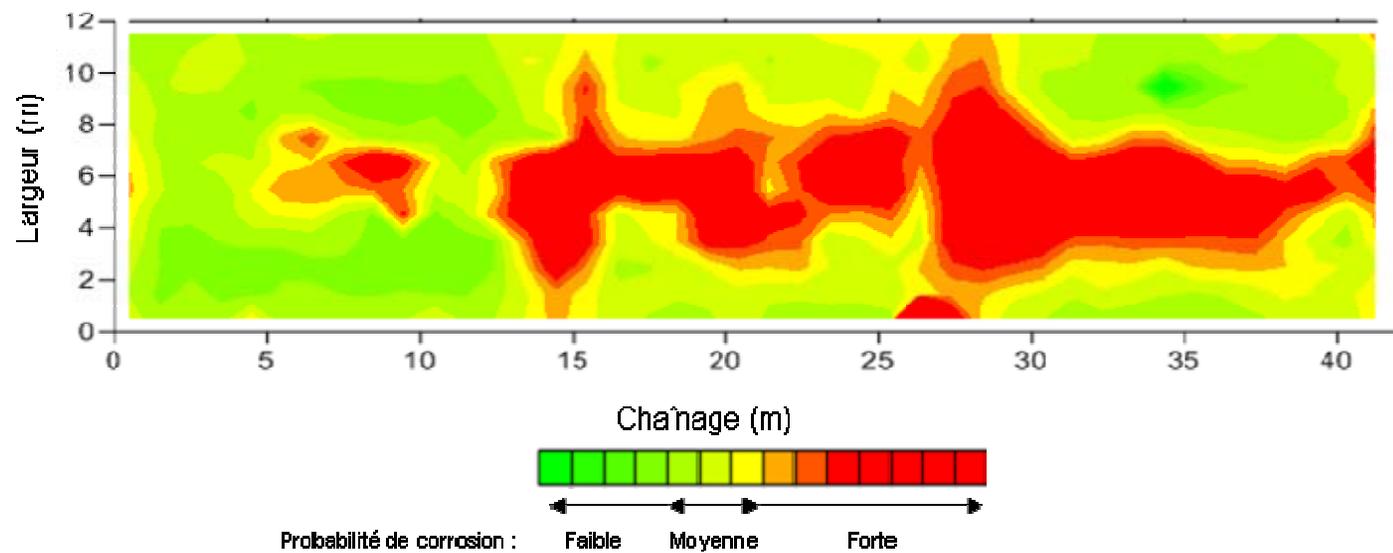


Figure 10b : Résultat des relevés de potentiel de corrosion – Structure P15397

5.6 Cas de la structure P-07424

Le pont 07424-Sud est situé sur l'autoroute Laurentienne (A973), au-dessus de la rivière Saint-Charles à Québec. Il comporte quatre voies de circulation en direction du Sud. Il est composé de deux travées d'approche (Nord et Sud) et de deux travées centrales. Les travées d'approches comportent des poutres longitudinales, et les travées centrales sont de type caisson. Seule la travée d'approche Nord (au-dessus de la rue Bourdages) ainsi que les deux travées centrales ont fait l'objet de l'auscultation. La largeur carrossable est de 15,6 m. La longueur de la travée d'approche est de 22 m, et celle des travées centrales est de 40 m. L'épaisseur de la dalle de béton des travées est de 17 cm.

Les relevés Géoradar ont été effectués durant la nuit du jeudi 4 au vendredi 5 septembre 2008, entre 23h00 et 2h00. Le tablier était sec et la température était de l'ordre de 15 °C.

Les relevés ont d'abord été effectués sur les deux voies les plus rapides, puis sur les deux voies de droite. Au total, 12 relevés Géoradar ont été collectés sur les travées auscultées. Ces relevés ont été effectués selon des lignes longitudinales (parallèles à l'axe du pont) et espacés de 1.2 m. Cet espacement a été choisi de manière à éviter de faire des mesures au-dessus des poutres longitudinales. Le début des relevés ($X = 0$ m) s'est fait au niveau du joint Nord de la travée d'approche Nord, à partir d'une fissure visible dans le pavage.

5.6.1 Observations générales sur les relevés Géoradar

Contrairement aux autres structures traitées dans le présent rapport, les données collectées sur cette structure ont été collectées par l'équipe de l'UdeS. Globalement, les données sont de bonne qualité, et la réflexion des ondes sur la fin de la dalle est visible dans tous les profils.

5.6.2 Traitement des données

Le traitement des données a été effectué selon la procédure décrite dans le devis du MTQ. Il a consisté à déterminer les variations de l'amplitude de réflexion des ondes radar sur la face inférieure de la dalle. Ce traitement a concerné tous les profils collectés sur la dalle du tablier.

5.6.3 Résultat du traitement des données

Le résultat du traitement des données Géoradar est présenté à la figure 11a. C'est une cartographie qui indique les variations au sein de la dalle de l'amplitude de réflexion des ondes électromagnétiques sur la face inférieure de la dalle.

La figure 11b donne les résultats des essais de potentiel de corrosion effectués sur cette dalle. La comparaison de cette figure à la figure 11a montre une bonne corrélation entre les résultats du Géoradar et les résultats de potentiel de corrosion.

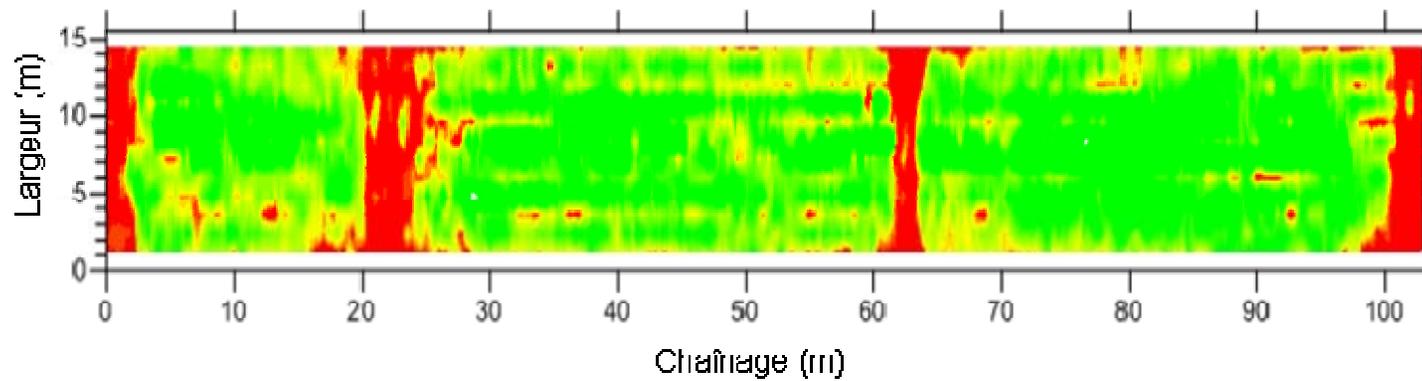


Figure 11a : Résultat des relevés Géoradar – Structure P07424

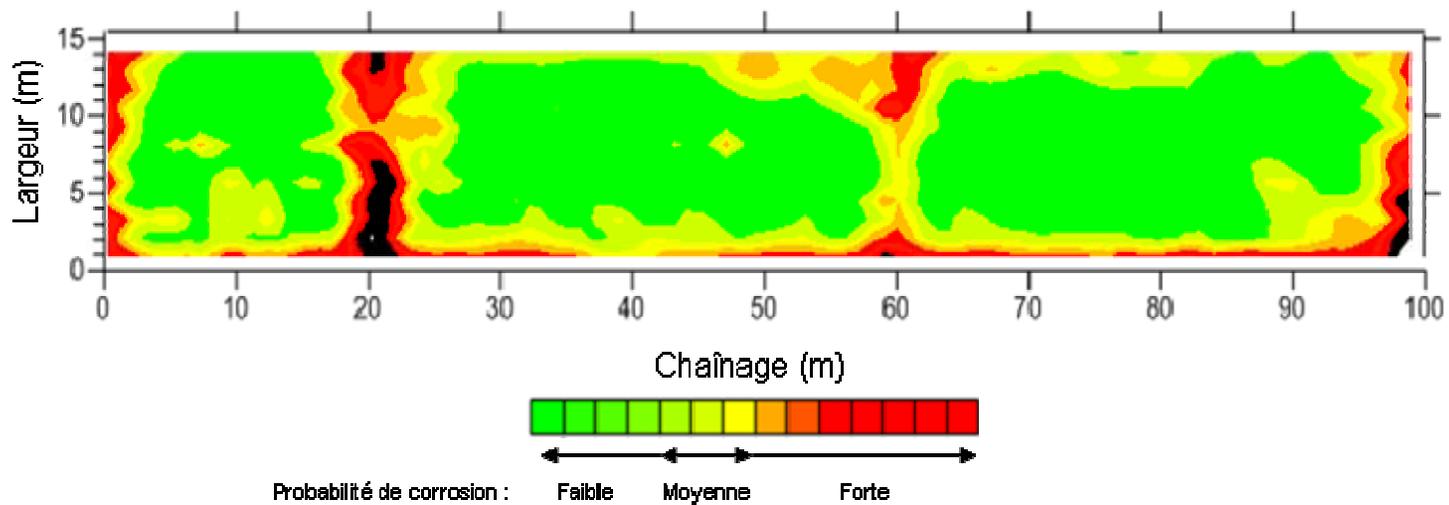


Figure 11b : Résultat des relevés de potentiel de corrosion – Structure P07424

6. Synthèse des travaux

Voici la synthèse des résultats obtenus pour les six structures considérées :

- Structure P-09722 (pont Gédéon Ouimet à Laval) : le traitement des données Géoradar n'a concerné qu'une partie de ces données car la réflexion des ondes radar n'est pas toujours visible sur les relevés. Il a été possible de faire la comparaison entre les résultats du Géoradar et ceux du potentiel de corrosion pour certaines parties du tablier.
- Structure P-14949 N à Gatineau : la réflexion des ondes radar n'est pas toujours visible sur les relevés. Cependant, il a été possible de faire une cartographie d'une bonne largeur de la dalle indiquant la probabilité de corrosion des armatures. Selon cette cartographie, l'état de la dalle est sain.
- Structure P-14949S à Gatineau : il n'a pas été possible de faire une cartographie de la probabilité de corrosion car la réflexion des ondes radar sur le fond de la dalle est invisible. Toutefois, l'analyse visuelle qualitative des données indique que l'état de la dalle est sain, et est similaire à celui de la dalle P-14949N.
- Structure P-15094 à Gatineau : la réflexion des ondes radar n'est pas toujours visible sur les relevés. Cependant, il a été possible de faire une cartographie de quatre parties de la dalle indiquant la probabilité de corrosion des armatures. Selon cette cartographie, l'état de la dalle est globalement sain.
- Structure P-15397 à Ste-Sixte : la réflexion des ondes radar sur le fond de la dalle est visible. Il a été possible de faire la comparaison entre les résultats du Géoradar et ceux du potentiel de corrosion.

- Structure P-07424 à Québec (Aut. Laurentien) : la réflexion des ondes radar sur le fond de la dalle est visible. Il a été possible de faire la comparaison entre les résultats du Géoradar et ceux du potentiel de corrosion.

7. Conclusions et recommandations

Cette étude confirme la validité de la mesure de l'intensité de la réflexion des ondes Géoradar comme moyen non destructif pour évaluer la probabilité de corrosion des armatures dans le béton.

Étant maintenant confiant d'être sur la bonne voie, il est recommandé d'approfondir les travaux pour améliorer cette procédure, étendre ces possibilités d'application et bonifier le devis technique relatif à l'auscultation des dalles par Géoradar. Ceci peut être atteint en considérant notamment les aspects suivants :

- identifier des solutions permettant le traitement des données lorsque les relevés sont effectués sur une poutre longitudinale en béton à l'intrados,
- déterminer les corrections à appliquer aux données Géoradar pour tenir compte de la variation significative de l'épaisseur des dalles s'il y a lieu.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent particulièrement à messieurs D. Bouchard, L.-M. Bélanger et à madame M. Pépin du ministère des Transports du Québec pour leur collaboration exemplaire. Nous remercions également toutes les personnes qui, directement ou indirectement, ont appuyé ce travail.