



Évaluation de la méthode de mesure de la performance des travaux de tranchée



RÉSEAUX
TECHNIQUES URBAINS

MISSION DU CERIU

Mettre en œuvre toute action de transfert de connaissance et de recherche appliquée pouvant favoriser le développement du savoir-faire, des techniques, des normes et des politiques supportant la gestion durable et économique des infrastructures et la compétitivité des entreprises qui œuvrent dans le secteur.

AVANT-PROPOS

Le CERIU

Fondé en 1994, le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU) est un organisme sans but lucratif **né du besoin de réhabiliter les infrastructures municipales de façon performante et à coûts acceptables.**

Grâce à l'expertise variée de ses **125 membres organisationnels** regroupant municipalités, entreprises, ministères, laboratoires et institutions d'enseignement et à son approche unique axée sur le partenariat et la concertation, le CERIU est le seul organisme à offrir une perspective intégrée sur les enjeux reliés aux infrastructures urbaines.

Véritable centre d'innovation, le CERIU œuvre à changer les mentalités et les habitudes afin de promouvoir de nouvelles manières de faire plus efficaces et plus économiques ainsi qu'à développer des outils adaptés aux besoins des municipalités et des entreprises de services publics.

Le conseil permanent Réseaux techniques urbains (RTU) du CERIU

Né de la mobilisation des acteurs du milieu, le conseil permanent Réseaux techniques urbains (RTU) du CERIU encourage les meilleures pratiques de planification de travaux, de coordination des interventions et de construction de réseaux techniques urbains par des activités de sensibilisation, de discussion, de formation, de recherche, de veille, de développement et de transfert dans un cadre de développement durable de l'ensemble des infrastructures municipales.

REMERCIEMENTS

Le CERIU tient à remercier chaleureusement les différents partenaires pour leur dévouement et leurs précieuses contributions.

L'ÉQUIPE

- Supervision par le conseil permanent Réseaux techniques urbains
- Coordination par Salamatou Modieli, ing., M. ing., coordonnatrice de projets, CERIU
- Gérance de projet par Alain Caissy, ing., M. Sc., chargé de projet

- Recherche et rédaction par Laurence Picard, étudiante, École de technologie supérieure
- Supervision par Michel Vaillancourt, ing., Ph.D., École de technologie supérieure

PARTENAIRES

- Denis Poirier, ing., M.G.P Commission des services électriques de Montréal
- Joseph Loyola, tech. génie municipal Ville de Longueuil
- François Cabot, ing. Ville de Québec

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 - GÉNÉRALITÉ.....	2
1.1 MISE EN CONTEXTE	2
1.2 REVUE DE LA DOCUMENTATION.....	2
1.3 LE SUIVI DE LA PERFORMANCE.....	3
1.4 OBJECTIF	4
CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE.....	5
2.1 PHASE I : ÉVALUATION DE LA MÉTHODE DE RELEVÉ	5
2.2 PHASE II : MÉTHODE DE CONSERVATION ET DE PARTAGE DE DONNÉES	5
CHAPITRE 3 - PLANIFICATION DES RELEVÉS	6
3.1 ÉTABLISSEMENT DE FORMULAIRES	6
3.2 CHOIX DES SITES.....	6
CHAPITRE 4 - PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	8
CHAPITRE 5 - ANALYSE.....	9
5.1 CONDITIONS GÉNÉRALES	9
5.1.1 Signalisation	9
5.1.2 Équipements.....	9
5.1.3 Formulaire.....	12
5.1.4 Prise de photos	12
5.1.5 Périmètre de relevé	13
5.2 RELEVÉ	14
5.2.1 Écart de fissuration.....	14
5.2.2 Différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente	14
5.2.3 Seuils de tolérance.....	15

CHAPITRE 6 - CONSERVATION ET PARTAGE DE DONNÉES	17
CHAPITRE 7 – CONSTATS ET RECOMMANDATIONS	18
7.1 OUTILS DE MESURE	18
7.2 SUPPORT À L'INFORMATION	18
7.3 MESURE DE LA FISSURATION	18
7.4 MESURE DU DIFFÉRENTIEL D'ÉLÉVATION	19
7.5 IMPLANTATION DE CHAÎNAGE	19
7.6 SEUIL DE TOLÉRANCE	19
7.7 GESTION DE L'INFORMATION	19
CONCLUSION	20
ANNEXES	21
ANNEXE A : FORMULAIRES	22
Visite préparatoire	22
Formulaire 1 : Informations générales	22
Formulaire 2 : Relevé visuel	22
Formulaire 3 : Mesure de l'orniérage	22
Formulaire 4 : Écart de fissuration	22
Formulaire 5 : Mesure du différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente	22
Formulaire 6 : Mesure du différentiel d'élévation avec les accessoires	22
Formulaire 7 : Rapport résumé	22
ANNEXE B : RAPPORTS DE RELEVÉ	22
1 Ville de Montréal	22
2 Ville de Québec	22
3 Ville de Longueuil	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des sites sélectionnés.....	7
Tableau 2 : Résultats de performance des sites sélectionnés	8

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Équipement - Règle de 2,5 m.....	10
Figure 2 : Indicateur électronique à affichage numérique de 0-25mm, précision 0,001 mm.....	11
Figure 3 : Photo prise avec un appareil photo	13
Figure 4 : Photo prise avec la tablette numérique	13
Figure 5 : Chaînage 0+000 à 0+010; Ouverture du joint de 5 à 10 mm	16
Figure 6 : Chaînage 0+010 à 0+020; Ouverture du joint de 0 à 10 mm	16
Figure 7 : Chaînage 0+020 à 0+030; Ouverture du joint de 0 à 10 mm.....	16
Figure 8 : Chaînage 0+030 à 0+040; Ouverture du joint de 0 à 15 mm.....	16

INTRODUCTION

Les municipalités possèdent un réseau d'infrastructures urbaines dont elles ont la responsabilité. Plus particulièrement, une partie des fonds publics annuels est investie pour construire et maintenir les voies de circulation afin d'assurer la pérennité du système routier. Les entreprises de réseaux techniques urbains (RTU) enfouies dans les emprises municipales sont responsables d'une grande quantité des interventions réalisées en tranchée pour faire l'entretien ou l'expansion de leur réseau de distribution souterraine.

En 2014, le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU) a rédigé un guide proposant une approche de gestion de la performance du comportement des chaussées à la suite de travaux réalisés par tranchée. Cette approche fait l'objet d'un programme de contrôle de la qualité des travaux faisant le suivi de neuf indices de dégradation de la couche de surface des chaussées, échelonné sur trois campagnes. La performance est évaluée selon l'état de la couche de surface de la section d'intervention comparée aux caractéristiques de la zone avoisinante. Ces indices de dégradation sont soumis à une évaluation selon les seuils de tolérance établis afin de déterminer s'il s'agit d'une défaillance de la tranchée ou d'une dégradation normale selon des écarts d'acceptabilité. Ainsi, les entreprises de RTU sont responsables de la performance de leurs travaux de tranchée pour une durée de trois ans. S'il y a défaillance, les entreprises de RTU ont la responsabilité d'apporter les correctifs appropriés.

Dans le but de déployer cette nouvelle approche, le CERIU a contacté l'École de technologie supérieure pour tester et évaluer la méthode de réalisation de mesure de performance. La méthode de relevé suggérée consiste en une cueillette de données simple utilisant des appareils d'auscultation faciles d'accès dans le domaine des chaussées, peu dispendieux et non destructifs. Les visites sur le terrain ont eu lieu dans trois villes partenaires impliquées dans le projet soit Montréal, Longueuil et Québec.

Le présent rapport est divisé en 8 chapitres : le chapitre 1 - *Généralité*, présente les objectifs qui ont amené à la réalisation de ce projet pilote. Le chapitre 2 - *Méthodologie*, décrit les événements planifiés pour réaliser ces objectifs. Le chapitre 3 - *Planification des relevés*, décrit les étapes préliminaires aux travaux sur le terrain telles que l'établissement de formulaires et le choix des sites. Le chapitre 4 - *Présentation des résultats*, traite de la phase de test de l'évaluation dont les résultats de performance obtenus sur le terrain. Le chapitre 5 - *Analyse*, présente l'évaluation des conditions générales de la réalisation des travaux, des relevés visuels et des relevés de mesure. Le chapitre 6 traite de la proposition de méthodes de conservation et de partage des données recueillies entre les entreprises de RTU et les municipalités. L'annexe A regroupe les formulaires conçus sur mesure. L'annexe B rassemble les rapports de relevés des sites auscultés.

CHAPITRE 1 - GÉNÉRALITÉ

1.1 MISE EN CONTEXTE

Le projet pilote s'inscrit dans le cadre général des discussions entre les entreprises de RTU et les municipalités à propos des coûts causaux résultant des diverses interventions des RTU dans la chaussée municipale. Une piste de solution à la suite de ces échanges consiste à définir conjointement la performance attendue et les bonnes pratiques pour la réalisation de tranchées selon les guides techniques du CERIU.

Les performances attendues à la suite de la réalisation des tranchées par les entreprises de RTU dans la chaussée municipale ont été définies dans un document rédigé par le CERIU intitulé : «Guide d'évaluation de la performance des chaussées municipales suite à des travaux planifiés réalisés par tranchée». Ce guide propose une approche de gestion de la performance des travaux de tranchée selon des critères définis conjointement. Le guide de performance propose neuf indices de dégradation ayant chacun des seuils de tolérance. Les relevés de mesure sont réalisés aux frais des entreprises de RTU et les résultats sont partagés avec les municipalités concernées. En bref, ce guide de performance propose un changement fondamental dans la relation d'affaires « municipalité-entreprises de RTU » pour ce qui concerne les tranchées réalisées par les entreprises de RTU dans la chaussée municipale.

Actuellement, les municipalités où le présent projet pilote a été réalisé ne font pas une surveillance permanente sur chacun des chantiers de RTU. Le processus de surveillance des travaux utilisé fonctionne par une série de visites cycliques de chantiers réparties aux surveillants de la ville. Le surveillant de chantier fait la vérification de l'avancement des travaux et de leurs conformités au devis. Les municipalités partenaires ne possèdent aucun programme détaillé de suivi de la performance suivant la fin des travaux.

1.2 REVUE DE LA DOCUMENTATION

Une exploration de la documentation traitant des bonnes pratiques en chantier, l'auscultation routière et les systèmes de gestion des chaussées a été réalisée pour analyser les conditions actuelles de la pratique.

En matière de référence pour les bonnes pratiques de mise en œuvre en chantier pour des travaux réalisés par tranchée conformes aux règles de l'art, le rapport « Remblayage des tranchées, sommaire des pratiques courantes au Québec et recommandations » est une source technique détaillée rédigée par le CERIU.

De plus, la CNESST a rédigé en 2013 « Pour mieux exécuter les travaux de creusement, d'excavation et de tranchée », un document de référence s'adressant aux entrepreneurs et proposant une méthodologie de travail sécuritaire pour effectuer des travaux d'excavation, sans l'intervention d'un ingénieur. Bitume Québec a publié en 2008 « Le guide des bonnes pratiques : La mise en œuvre des enrobés », ce guide est une référence sur les méthodes d'application de l'enrobé bitumineux et des performances à atteindre.

Le groupe Qualitas a publié en 2012 « Auscultation du réseau routier et implantation du système de gestion des chaussées », ce document fait l'objet de plusieurs méthodes de relevé et de programmes de réhabilitation des routes. Pour sa part, le Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET) a rédigé le « Guide de mesure et d'identification des dégradations des chaussées souples » où les dégradations observables de la couche de surface des chaussées souples sont répertoriées et le niveau de sévérité associé. De plus, Bitume Québec a mis sur pied le site Internet www.entretiendesroutes.ca où sont présentés les indices d'état de dégradations des routes et les techniques de réhabilitation et d'entretien les plus couramment utilisées par l'industrie.

En résumé, la documentation disponible ne traite pas spécifiquement de la performance du comportement évolutif de la chaussée à la suite d'une intervention. La documentation disponible réunit des guides de bonnes pratiques en chantier pour la réalisation de travaux durables, sans préciser les critères de performance à atteindre à la suite des travaux. Le « Guide de mesure et d'identification des dégradations des chaussées souples » du MTMDET demeure un bon ouvrage de référence pour le repérage des défaillances de la couche de surface et permet d'effectuer une évaluation sommaire et rapide de l'état de la chaussée. Par ailleurs, les modèles d'implantation de systèmes de gestion des chaussées présentés dans le rapport du groupe Qualitas « Auscultation du réseau routier et implantation du système de gestion des chaussées » proposent plusieurs méthodes de conservation et de partage des données pour une saine gestion du réseau routier.

1.3 LE SUIVI DE LA PERFORMANCE

Le guide de performance rédigé par le CERIU propose un nouveau système de gestion de la performance des travaux réalisés par excavation dans l'emprise de la chaussée et réalisés par les entreprises de RTU. Cette approche vise à ce que les entreprises de RTU qui soumettent une demande de consentement municipal assument la responsabilité de la performance de l'intervention et de la mise en œuvre des correctifs pour une durée de trois ans, suivant la fin des travaux. La période de responsabilité de la performance est renouvelée au moment d'une application de correctif. Afin de préparer le déploiement de cette nouvelle approche dans les RTU, le CERIU a approché l'École de technologie supérieure (ÉTS) pour valider sur le terrain la procédure d'auscultation routière.

1.4 OBJECTIF

Le projet pilote a pour objectif d'évaluer la méthode de mesure de la performance des travaux réalisés par tranchée exécutés par les entreprises de RTU, telle que proposée dans le guide de performance du CERIU. La première phase du projet pilote couvre l'ensemble de la mise en œuvre de ce programme de suivi de la performance. Les contraintes d'application rencontrées pour chacun des volets de réalisation sont relevées afin de proposer des alternatives dans le but de faciliter l'application de la méthode ou pour encadrer des éléments subjectifs. Des formulaires de compilation des mesures, adaptés au programme d'auscultation du guide de performance, ont été réalisés. La deuxième phase du projet pilote porte sur la réflexion d'une méthode de conservation et de partage des rapports de performance entre les entreprises de RTU et les municipalités, dans le but de faciliter son implantation. Les propositions émises lors du projet pilote devront faire l'objet d'une évaluation par le comité de travail du guide de performance, afin de juger de la pertinence des propositions.

CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE

Le CERIU a proposé un partenariat avec trois municipalités, afin de valider le processus d'évaluation de la performance des tranchées. La réalisation du projet pilote est divisée en deux phases, la phase I : Évaluation de la méthode de relevé et la phase II : Méthode de conservation et de partage de données.

2.1 PHASE I : ÉVALUATION DE LA MÉTHODE DE RELEVÉ

Pour cette phase, le déroulement des activités est divisé en sept événements tels que rassemblement des outils de mesure, élaboration de support technique, rencontre avec la ville partenaire, visite préparatoire aux sites, organisation de la tournée des sites, relevé sur le terrain et analyse de la performance des sites auscultés selon les seuils de tolérance. De plus, l'évaluation de la méthode de relevé traite aussi des composantes de cette méthode telles que la sélection des neuf critères de performance, les équipements de mesure suggérés, le recensement des dégradations et la détermination du type de travaux.

2.2 PHASE II : MÉTHODE DE CONSERVATION ET DE PARTAGE DE DONNÉES

La phase II propose une réflexion sur la gestion du programme de suivi de la performance des travaux de tranchée et une procédure de conservation et de partage des données pouvant être facilement utilisée par l'ensemble des municipalités.

CHAPITRE 3 - PLANIFICATION DES RELEVÉS

Le chapitre 3 traite du processus de planification de la tournée d'auscultation routière telle que la préparation des formulaires et la prise de connaissance des conditions de sites. Ces étapes de planification à la mise à l'essai de la méthode permettent de mettre en place un périmètre sécuritaire pour l'inspecteur.

3.1 ÉTABLISSEMENT DE FORMULAIRES

Une série de neuf formulaires est proposée pour couvrir l'ensemble des informations générales de l'exécution des travaux et de l'évaluation de l'état de la chaussée selon l'observation des dégradations apparentes à sa surface. Les formulaires proposés sont :

- ❖ Visite préparatoire
- ❖ Informations générales
- ❖ Relevé visuel
- ❖ Mesure de l'orniérage
- ❖ Écart de fissuration
- ❖ Mesure du différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente
- ❖ Mesure du différentiel d'élévation avec les accessoires
- ❖ Cartographie
- ❖ Rapport résumé

L'annexe A présente les formulaires avec plus de détails. Deux options de formulaires ont été validées sur le terrain, le format électronique supporté par une tablette numérique et le format papier. La conception des formulaires a suivi un processus itératif, tout au long du projet, pour optimiser leur utilisation et leur versatilité. L'élaboration de ces formulaires a pour objectifs de faciliter la procédure de relevé, l'interprétation des résultats et représenter l'état général des différents sites. L'annexe B présente les formulaires utilisés lors du projet pilote. Le comité de travail du guide de performance a suggéré une version simplifiée des formulaires. Cette version simplifiée des formulaires est présentée à l'annexe A.

3.2 CHOIX DES SITES

Dans le but de sélectionner des chantiers représentatifs des conditions de terrain variables, plusieurs facteurs ont influencé le choix des sites. Les sites sélectionnés sont préférablement de campagne 2 ou 3 puisqu'ils ont déjà subi au minimum une période de gel et de dégel. Toutefois, un site de première campagne fut accepté, car il présente plusieurs types de dégradation et de niveau de sévérité variable.

De plus, l'un des critères de sélection requiert que la durée de vie résiduelle de la chaussée ne doit pas être échu lors de l'exécution des travaux. Le groupe de sites sélectionnés présente une alternance du type de tranchée de dimensions variables et si possible de densité de la circulation considérée de moyenne à élevée. Le processus décisionnel de sélection des sites s'est déroulé conjointement avec les municipalités partenaires du projet pilote. Un résumé des caractéristiques des sept sites sélectionnés est présenté au tableau 1, ci-dessous.

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des sites sélectionnés

Sites	Campagne	Type de tranchée	Dimension (m x m)	Nombre de chainages	Nombre de voies	Densité du trafic	Temps d'exécution
Ville de Montréal							
Rue William et rue Murray	1	Surfacique	4,2 X 3,7	1	2	Moyenne	50 min
Rue Notre-Dame O. et rue Montfort	2	Longitudinale	1,5 X 6	1	5 et 1	Moyenne	40 min
Rue Bishop	3	Longitudinale	0,9 X 12,19	1	1	Moyenne	45 min
Ville de Québec							
Boul. Louis XIV	2	Longitudinale	10 - 5 X 13	3	4	Élevée	1 h 35 min
Rue du Grand-Voyer	2	Longitudinale	2,5 X 10	3	2	Faible	1 h 00 min
Ville de Longueuil							
Ch. Chambly et rue de Gentilly O.	1	Surfacique	8,8 X 5	3	4	Élevée	1 h 45 min
Boul. Marie-Victorin	1	Longitudinale	1,2 X 50	5	6	Moyenne	1 h 30 min

CHAPITRE 4 - PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'approche proposée par le guide de performance du CERIU vise l'évaluation de la performance des interventions par tranchée selon neuf critères de performance. Les relevés sont réalisés en deux parties soit, le relevé visuel et le relevé de mesure. Le relevé visuel repère la présence des dégradations où les seuils de tolérance n'allouent aucune occurrence telle que le nid-de-poule, le ressuage, l'ouverture du joint, la pelade, le désenrobage et l'arrachement. Le relevé de mesure recense l'évolution des dégradations où les seuils de tolérance permettent une croissance limitée ou comparée comme l'orniérage, l'écart de fissuration, le différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente et les accessoires de rue. Le tableau 2 présente les mesures compilées sur le terrain selon les seuils de tolérance applicables pour la campagne de relevé. Selon le tableau 2, Résultats de performance des sites sélectionnés, les cases ombragées représentent une non-conformité de performance avec les seuils de tolérance. L'ensemble du groupe de sites auscultés pour le projet pilote nécessiterait une reprise des travaux puisque chacun présente un ou plusieurs dépassements des limites de performance. La dégradation qui occasionne le dépassement des limites le plus fréquent est l'ouverture du joint. Le seuil de tolérance n'accepte ou ne tolère aucune présence de cette dégradation. Pour l'ensemble des sites, il a été observé une ouverture variable du joint. Le différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente et les accessoires occasionne aussi des résultats d'écarts variables selon l'axe et le chaînage.

Tableau 2 : Résultats de performance des sites sélectionnés

Sites	Campagne	Critère de performance								
		Nid-de-poule (F, L, E)	Ressuage (F, L, E)	Ouverture Joint (mm)	Pelade (F, L, E)	Désenrobage (F, L, E)	Orniérage (mm)	Écart de Fissuration (mm/mm ²)	Différentiel élévation adjacente (mm)	Différentiel élévation accessoires (mm)
Ville de Montréal										
Rue William et rue Murray	1	Aucun	Aucun	0 à 15	Aucune	Limite	Aucun	-0,801	7 à 16	1 à 4
Rue Notre-Dame O. et rue Montfort	2	Aucun	Aucun	0 à 20	Aucune	Faible	Aucun	Aucun	8 à 15	Aucun
Rue Bishop	3	Aucun	Aucun	0 à 15	Aucune	Élevé	Aucun	+ 0,33	2,5 à 6,3	Aucun
Ville de Québec										
Boul. Louis XIV	2	Aucun	Aucun	0 à 15	Aucune	Aucun	Aucun	-0,027	3 à 15	7 à 10
Rue du Grand-Voyer	2	Aucun	Aucun	0 à 20	Aucune	Faible	Aucun	+ 0,164	6 à 12	0 à 6
Ville de Longueuil										
Ch. Chambly et rue de Gentilly O.	1	Aucun	Aucun	0 à 10	Aucune	Aucun	Aucun	+ 0,1728	4,5	10 à 14,4
Boul. Marie-Victorin	1	Aucun	Aucun	0 à 15	Aucune	Aucun	Aucun	-0,34	0 à 17	Aucun

CHAPITRE 5 - ANALYSE

Ce chapitre présente l'analyse de chacune des étapes de réalisation proposées par le Guide de performance du CERIU. Le but de cette analyse est de souligner les points forts et de proposer des alternatives aux éléments considérés peu encadrés. La section *Conditions générales* porte sur la planification des travaux d'auscultation routière. La section *Relevé* présente une synthèse des contraintes rencontrées lors des travaux d'auscultation routière et du traitement des mesures compilées.

5.1 CONDITIONS GÉNÉRALES

Les relevés doivent faire l'objet d'une planification adéquate dans le but d'optimiser le temps de déviation de la circulation et d'assurer la sécurité de l'inspecteur. La planification des relevés regroupe la mobilisation de la signalisation adaptée selon la densité de la circulation, l'optimisation des équipements d'auscultation, l'utilisation de formulaire approprié et l'application des bonnes techniques de relevés.

5.1.1 Signalisation

La mobilisation des équipements de signalisation est régie par l'arrondissement de la municipalité où se déroule l'intervention. Dans la plupart des cas, l'accès à la rue par la circulation ne peut être complètement fermé, la fermeture séquentielle des voies est privilégiée. La mobilisation d'un camion-flèche et de cônes est une solution sécuritaire puisqu'elle offre une grande visibilité de la zone des travaux aux automobilistes. Ce scénario requiert la participation d'un conducteur pour déplacer le camion-flèche et assurer la fluidité de la circulation. Une consultation avec le responsable de la signalisation de l'arrondissement assure la sélection d'un plan de détournement de la circulation approprié à la localisation de la zone des travaux.

5.1.2 Équipements

La sélection de la gamme d'équipements vise à optimiser les outils de mesurage selon les connaissances techniques de l'inspecteur et l'accessibilité à des équipements spécialisés, afin de réduire le temps de manipulation des outils et de prise de mesure. Le temps alloué à la circulation sur la voie par l'inspecteur doit être réduit au minimum pour assurer sa sécurité. Lors de la prise de mesure, les outils proposés dans le guide de performance ont été mis à l'essai. Les critères d'analyse sont le temps de mise en place, la facilité de manipulation et le transport des outils.

5.1.2.1 Règle

Le guide de performance propose l'utilisation de la règle de 1,5 m ou de 1,8 m pour mesurer les ornières, la règle de 1,8 m ou de 3 m pour mesurer le différentiel d'élévation de la zone d'intervention et aucune spécification pour le différentiel d'élévation avec les accessoires. La règle de 3 m n'est pas un outil facile à transporter puisqu'elle ne peut être rangée dans une voiture de format standard. Pour le projet pilote, une barre d'acier de 2,5 m a été utilisée pour l'exécution des relevés, car l'ÉTS ne dispose pas de règle standardisée (voir la figure 1). Dans le cas où cette gamme d'équipements n'est pas disponible, l'utilisation d'une seule règle suffisamment longue pour couvrir les dégradations de différentes dimensions permet d'optimiser le nombre d'équipements à transporter.



Figure 1: Équipement - Règle de 2,5 m

5.1.2.2 Biseau

Le biseau est un outil de mesure spécialisé au domaine routier. L'ÉTS ne dispose pas de biseau donc comme alternative, un ruban à mesurer et un indicateur à affichage numérique d'une précision de 0,001 mm pour les écarts inférieurs à 25 mm peuvent être utilisés. Cette alternative au biseau a permis une lecture rapide et à un niveau de précision élevé (figure 2).



Figure 2 : Indicateur électronique à affichage numérique de 0-25mm, précision 0,001 mm

5.1.2.3 Propositions de sélections d'outils de mesure

Deux options de sélection d'outils de mesure répondent aux exigences du guide de performance du CERIU. Des outils sont essentiels pour la mise en place du périmètre de relevé tels la roulette de mesure, la peinture de marquage, les clous d'arpentage de type PK, la masse pour l'enfoncement, le ruban à mesurer et l'appareil photo/tablette numérique. Le choix des équipements alternatifs concerne ceux servant à mesurer les écarts d'élévation.

La première proposition suggère l'utilisation d'une seule règle suffisamment longue pour couvrir les dégradations de différentes dimensions et d'un ruban à mesurer ou d'un indicateur électronique à affichage numérique. Ces équipements peu dispendieux et d'usage courant peuvent être manipulés par des inspecteurs ayant peu d'expérience dans le domaine de l'arpentage et fournissent un niveau de précision suffisant. La seconde proposition est l'emploi de la station totale. Toutefois l'inspecteur doit détenir des notions de base en arpentage. La prise de mesure est très rapide et plus sécuritaire puisque le temps de circulation de l'inspecteur sur la voie est réduit.

5.1.3 Formulaire

Le guide de performance du CERIU suggère l'emploi de deux types de supports pour les formulaires afin d'assister l'inspecteur à la comptabilisation des mesures, soit la tablette numérique ou le support papier. Des formulaires ont été conçus pour s'adapter à ces supports, puis ont été mis à l'épreuve sur le terrain.

Un formulaire dynamique sous format PDF a été conçu pour l'utilisation avec la tablette numérique. Le formulaire est muni de cases pour enregistrer les résultats et dispose de menus déroulants pour réduire le temps de remplissage. Ce type de document dynamique peut être pris en charge par l'ensemble de la gamme de tablettes. La tablette numérique est simple à manipuler et la luminosité extérieure ne réduit pas la visibilité de l'affichage du formulaire à l'écran. L'utilisation de la tablette numérique décharge l'inspecteur du temps alloué au bureau pour la transcription des données. Par contre, ce type de formulaire réduit la liberté de l'information relevée aux champs alloués du formulaire. Cependant, le formulaire dynamique est facilement modulable avec le programme Excel de la suite Microsoft Office. La contrainte du papier n'est pas complètement éliminée, puisqu'il n'y a pas d'alternative de support pour dessiner les cartographies de chaînages. L'emploi d'un formulaire papier nécessite la planification de l'étendue du relevé, afin d'imprimer un nombre suffisant de copies. En revanche, le formulaire papier permet à l'inspecteur de dépasser les limites des champs préétablis, mais il requiert un temps supplémentaire pour la transcription des notes manuscrites à la suite du relevé. Les tests sur le terrain concluent que le format papier n'a pas de désagrément, excepté lors des conditions de grand vent où il devient difficile à manipuler. Les deux options de support pour les formulaires sont disponibles et considérées performantes, ainsi la décision revient à la discrétion de l'inspecteur.

5.1.4 Prise de photos

Le guide de performance du CERIU propose une prise de photo à l'aide d'un appareil photo ou d'une tablette numérique de l'ensemble de chacun des chaînages de manière géoréférencée et des dégradations avec un repère d'ordre de grandeur.

Pendant une journée très ensoleillée, la lumière reflète sur l'écran de la tablette numérique et il devient très difficile d'apercevoir le cadrage de la photo. De plus, le zoom de la tablette numérique est peu variable, donc la prise de photo de l'ensemble d'un chaînage en incluant les repères marqués au sol nécessite de reculer physiquement et pour certains sites l'espace sécuritaire est restreint. Toutefois, la qualité de l'image obtenue avec la tablette numérique est équivalente à celle de l'appareil photo. La qualité des photos est présentée aux figures 3 et 4. L'appareil photo permet une meilleure adaptation de prise à l'extérieur et possède une gamme de zoom plus étendue.

Il serait à tester si d'autres marques de tablettes numériques ont une meilleure réponse à la prise de photos à l'extérieur. Cependant lors des journées moins ensoleillées, l'utilisation de la tablette numérique permet d'optimiser le nombre d'équipements utilisés sur le site.



Figure 3 : Photo prise avec un appareil photo



Figure 4 : Photo prise avec la tablette numérique

5.1.5 Périmètre de relevé

L'étendue du périmètre de relevé est l'un des aspects auquel l'inspecteur est confronté à l'étape de la planification de la mobilisation de la signalisation. La proposition d'établir des barèmes de périmètres de relevé selon le type d'intervention s'est appuyée sur les seuils de tolérance du guide de performance. Pour quatre des neuf défaillances à analyser, les seuils de tolérance à respecter ne tolèrent aucune présence pour les trois campagnes. Un seul indice de dégradation, soit l'écart de fissuration, requiert la comparaison d'une surface équivalente à celle de la tranchée.

Une implantation de paramètres de chaînage pour les zones d'intervention surfacique vise à prévoir un nombre de chaînages suffisant pour couvrir la zone d'intervention, puis projeter un chaînage supplémentaire à l'une des extrémités afin d'observer le comportement de la chaussée existante. Cette procédure vise à répondre aux seuils de tolérance et à optimiser le temps d'exécution des relevés.

Pour le type de tranchée linéaire, le nombre de chaînages à implanter doit couvrir l'étendue de l'intervention. Par contre, dépendamment de la largeur de la voie et des conditions du site, l'inspecteur doit juger de la largeur adéquate de relevé. Dans le cas d'une zone d'intervention de type longitudinal, mais positionnée transversalement à la voie, celle-ci suivra les paramètres d'implantation de chaînage d'une intervention de type surfacique.

5.2 RELEVÉ

La procédure de prise de mesure des dégradations est facile à appliquer sur le terrain, et ce pour l'ensemble des neuf indices de dégradation. Cependant, dans quelques situations, les conditions de site contraignent l'application de la méthode de prise de mesure. De plus, il s'est avéré que le résultat de performance n'est pas représentatif des conditions réelles. De ce fait, à la suite des travaux sur le terrain, plusieurs questionnements se sont imposés concernant la récolte des mesures et des paramètres d'évaluation des défaillances de la couche de surface. L'établissement de barèmes pour encadrer la méthode a pour objectifs de limiter les éléments subjectifs afin de standardiser le contenu d'un rapport de performance et d'avoir en main les documents nécessaires pour faire une analyse approfondie de l'état de la chaussée.

5.2.1 Écart de fissuration

La mesure de la dimension des fissures pour calculer le taux de fissuration est facile à relever. Dans le cas d'une chaussée d'intervention linéaire, l'inspecteur juge des tronçons considérés d'écart à la limite du niveau de fissuration. Le projet pilote suggère une méthode alternative pour limiter l'interprétation et obtenir un résultat de performance plus représentatif de l'ensemble de la zone excavée. L'approche consiste à prendre en considération le niveau de fissuration de l'ensemble de la superficie de la zone d'intervention et à projeter une zone témoin équivalente. Pour une intervention de type linéaire supérieure à 100 mètres, fractionner les superficies de la zone témoin permet de faciliter la prise de mesure.

5.2.2 Différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente

La prise de mesure du différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente suggère l'utilisation d'une des règles positionnées dans l'axe de la chaussée d'intervention afin que celle-ci atteigne la chaussée de part et d'autre. La prise de mesure telle que demandée peut être difficile à réaliser lorsque la règle ne peut être appuyée de part et d'autre. Cela peut être dû au profil de courbure très accentué de la chaussée ou à la trop grande dimension de la tranchée. Dans ces circonstances, il est proposé de réaliser aussi la vérification par l'évaluation de l'écart d'élévation au joint de la zone excavée.

D'autre part, la direction de l'écart à l'aide d'indice positif ou négatif est jugée pertinente pour souligner un soulèvement ou un affaissement. Par exemple, dans le cas d'une surélévation d'un accessoire de rue, la défaillance est plus sévère puisqu'il ne maintient plus sa fonctionnalité et entraîne ainsi des zones d'accumulation d'eau.

5.2.3 Seuils de tolérance

les seuils de tolérance applicables pour les campagnes de relevés proposés dans le guide de performance du CERIU n'allouent pas une grande marge de manœuvre à la présence de défaillances. Au chapitre 4, *Présentation des résultats*, la défaillance de l'ouverture du joint a causé le dépassement aux seuils de tolérance pour l'ensemble des sites auscultés. Selon le « Guide de mesure et d'identification des dégradations des chaussées souples » rédigé par le MTMDET, une ouverture de joint inférieure à 5 mm est associée à un niveau de sévérité faible. Sur le terrain, on constate une ouverture du joint variable de la tranchée, telle que présentée sur les figures 5 à 8 ci-dessous. Pour la campagne 3, il est suggéré d'ajouter au seuil de tolérance pour l'indice de dégradation de l'ouverture du joint, une tolérance d'ouverture moyenne de 5 mm.

Pour une meilleure représentativité des conditions réelles du site, l'ajout d'un paramètre aux seuils de tolérance a été jugé nécessaire, soit l'étendue. Par exemple, une dégradation peut être jugée sévère, mais lorsque son emprise est inférieure à 2 % de la chaussée, elle ne représente pas les mêmes enjeux. Ce paramètre ajoute un facteur de nuance dans l'analyse de l'état de la couche de surface qui permettrait de faire la demande de travaux pour la correction de la défaillance sans toutefois renouveler l'obligation de responsabilité. Ce paramètre peut être appliqué principalement pour l'ouverture du joint, pour le différentiel d'élévation de la chaussée adjacente et les accessoires.



Figure 5 : Chaînage 0+000 à 0+010;
Ouverture du joint de 5 à 10 mm



Figure 6 : Chaînage 0+010 à 0+020;
Ouverture du joint de 0 à 10 mm



Figure 7 : Chaînage 0+020 à 0+030;
Ouverture du joint de 0 à 10 mm



Figure 8 : Chaînage 0+030 à 0+040;
Ouverture du joint de 0 à 15 mm

CHAPITRE 6 - CONSERVATION ET PARTAGE DE DONNÉES

Dans le but de déployer le programme de suivi de la performance proposé par le CERIU, les systèmes de gestion des infrastructures des municipalités partenaires ont été consultés

L'implantation du guide de performance requiert une coordination efficace avec les systèmes de gestion des chaussées des municipalités. Ainsi, chacun des systèmes de gestion des partenaires est exploré, afin de visualiser une procédure d'insertion universelle et facile d'utilisation.

Les municipalités traitent leurs informations à l'aide de systèmes de gestion et des procédures internes différents. La solution jugée la plus économique et facile à implanter est le partage des rapports par l'entremise d'une plateforme Internet. Chaque demande de consentement municipal posséderait son dossier sur la plateforme Internet où l'accès aux documents est protégé par un nom d'utilisateur et un mot de passe. Cette procédure permet de manière sécuritaire le transfert des rapports de performance entre les municipalités et les entreprises de RTU responsables des travaux. Puisque les municipalités gèrent leurs données avec des systèmes de gestion différents, ce fonctionnement permet aux différents intervenants de conserver les documents transmis selon leurs procédures internes.

Ainsi, les municipalités disposeraient d'un outil de gestion pour y intégrer, classer et conserver l'ensemble des documents relatifs aux interventions sur cette leur plateforme. L'archivage des documents serait indépendamment traité par chacun des intervenants selon leurs procédures administratives. Le département informatique de chacune des municipalités serait responsable de contrôler les paramètres de sécurité de leur plateforme. Cette méthode est adaptable pour chacun des intervenants, facile d'utilisation et sécuritaire. Pour vérifier la facilité d'emploi de ce système, une plateforme web-test pourrait être mise en place dans les trois municipalités impliquées au projet, afin de récolter leurs commentaires.

CHAPITRE 7 – CONSTATS ET RECOMMANDATIONS

L'approche d'évaluation de la performance proposée par le guide de performance du CERIU vise la pérennité des infrastructures et comporte un changement de paradigme dans la gestion des interventions par tranchée. Les recommandations émises par le projet pilote visent à faciliter le déploiement et l'implantation de cette approche par les entreprises de RTU. Les propositions ont pour objectifs de préciser les éléments subjectifs pour encadrer les paramètres d'exécution, récolter des données représentatives des conditions réelles et promouvoir la bonne entente entre les parties. Ce chapitre fait la synthèse des propositions émises au chapitre 5, *Analyse* et au chapitre 6, *Conservation et partage des données*.

7.1 OUTILS DE MESURE

Deux options d'équipements sont recommandées pour le relevé de mesure soit l'utilisation d'une seule règle suffisamment longue pour couvrir les tranchées de différentes dimensions ou la station totale. L'utilisation de la station totale est favorisée puisqu'elle est plus sécuritaire et elle permet de réduire le temps de circulation sur la voie par l'inspecteur.

7.2 SUPPORT À L'INFORMATION

L'emploi de la tablette numérique est facilité avec l'utilisation des formulaires dynamiques Excel développés sur mesure. La qualité de l'image obtenue avec la tablette numérique est satisfaisante. L'utilisation d'une tablette numérique donne des résultats performants. Ainsi le choix entre le support papier accompagné d'un appareil photo ou de la tablette numérique revient à la discrétion de l'inspecteur.

7.3 MESURE DE LA FISSURATION

Le guide de performance propose l'espace décisionnel alloué à l'inspecteur où celui-ci relève uniquement les défaillances qui dépassent les seuils de tolérance. Il est suggéré d'utiliser une méthode alternative de barèmes de mesure pour la fissuration lorsque la superficie des zones comparées est équivalente à la superficie totale de la zone excavée. Dans le cas d'une tranchée longitudinale, si le périmètre de sécurité ne permet pas une telle emprise de la chaussée, les zones soumises à l'évaluation pourront être fractionnées en lots.

7.4 MESURE DU DIFFÉRENTIEL D'ÉLÉVATION

La procédure du guide de performance pour la mesure du différentiel d'élévation ne peut être appliquée lorsque la règle n'est pas suffisamment longue ou lorsque l'angle de courbure de la chaussée est trop accentué. Dans ce cas, la règle ne peut être appuyée de part et d'autre de la zone excavée. Dans ces cas-ci, la vérification de l'écart d'élévation peut être aussi effectuée au joint de la tranchée.

7.5 IMPLANTATION DE CHAÎNAGE

Les paramètres d'implantation de chaînage selon le type de tranchée ne sont pas détaillés dans le guide de performance. La recommandation est l'implantation minimale de chaînage pour couvrir la tranchée et, si l'espace sécuritaire le permet, un chaînage supplémentaire à l'une des extrémités.

7.6 SEUIL DE TOLÉRANCE

Dans le but d'obtenir un relevé plus représentatif des conditions réelles, l'ajout d'un paramètre supplémentaire relatif au seuil de tolérance est recommandé. Celui-ci permettra d'indiquer l'étendue de la dégradation en pourcentage d'emprise de la chaussée. Un indice important pour les dégradations telles que, l'ouverture de joint, le désenrobage ou encore pour les différentiels d'élévation est proposé.

7.7 GESTION DE L'INFORMATION

La gestion de l'information étant commune aux entreprises de RTU et aux municipalités par le partage des rapports de performance, il est recommandé d'utiliser une plateforme Internet, où un nom d'utilisateur et un mot de passe protègent l'accès aux documents. Ainsi la procédure d'archivage des documents est traitée selon le système de gestion interne de chacun des intervenants.

CONCLUSION

Le guide de performance du CERIU s'adresse aux municipalités et aux entreprises de RTU et propose une approche de gestion de la performance du comportement des chaussées à la suite des travaux réalisés par tranchée. Ce guide propose un programme de contrôle de la qualité des travaux faisant le suivi de neuf indices de dégradation de la couche de surface des chaussées. La méthode se veut peu coûteuse, facile à réaliser et non destructive des infrastructures. L'École de technologie supérieure a été approchée dans le but de valider cette méthode de relevé et de proposer un système de conservation et de partage des données entre les intervenants au projet.

En général, la méthode d'auscultation routière a été jugée facile à appliquer sur le terrain, même par un inspecteur peu expérimenté. Tout de même, certains éléments considérés subjectifs ont été mis en lumière lors du projet pilote. Les recommandations émises dans ce rapport ont fait l'objet d'une discussion au sein du comité de travail et certaines d'entre elles ont été retenues et utilisées pour ajuster le guide de performance du CERIU.

L'approche d'évaluation de la performance se distingue de la pratique habituelle, car elle comporte des changements de paradigme dans la gestion des interventions. Une saine gestion du déploiement de ce programme doit prévoir l'ampleur des activités qui en découlent, dont la détermination du niveau de travaux qui fera l'objet d'un suivi de la performance étant donné l'accroissement annuel des travaux réalisés par excavation.

ANNEXES

ANNEXE A : FORMULAIRES

Tous les formulaires listés ci-dessous sont disponibles sur le site du CERIU dans la section Bibliothèque.

Visite préparatoire

Formulaire 1 : Informations générales

Formulaire 2 : Relevé visuel

Formulaire 3 : Mesure de l'orniérage

Formulaire 4 : Écart de fissuration

Formulaire 5 : Mesure du différentiel d'élévation avec la chaussée adjacente

Formulaire 6 : Mesure du différentiel d'élévation avec les accessoires

Formulaire 7 : Rapport résumé

ANNEXE B : RAPPORTS DE RELEVÉ

Tous les rapports indiqués ci-dessous sont disponibles sur le site du CERIU dans la section Bibliothèque.

1 Ville de Montréal

Rue William et rue Murray
Rue Notre-Dame Ouest et rue Montfort
Rue Bishop
Relevé photographique – Montréal

2 Ville de Québec

Boulevard Louis XIV
Rue du Grand-Voyer
Relevé photographique – Québec

3 Ville de Longueuil

Chemin de Chambly et rue de Gentilly Ouest
Boulevard Marie-Victorin
Relevé photographique - Longueuil



Centre d'expertise
et de recherche
en infrastructures
urbaines

La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation du CERIU.

Tous droits réservés.
© CERIU, novembre 2016



Centre d'expertise
et de recherche
en infrastructures
urbaines

1255, boul. Robert-Bourassa, bur. 800
Montréal (Québec) H3B 3W3
Canada

514 848-9885

info@ceriu.qc.ca
www.ceriu.qc.ca