

INNOVATION

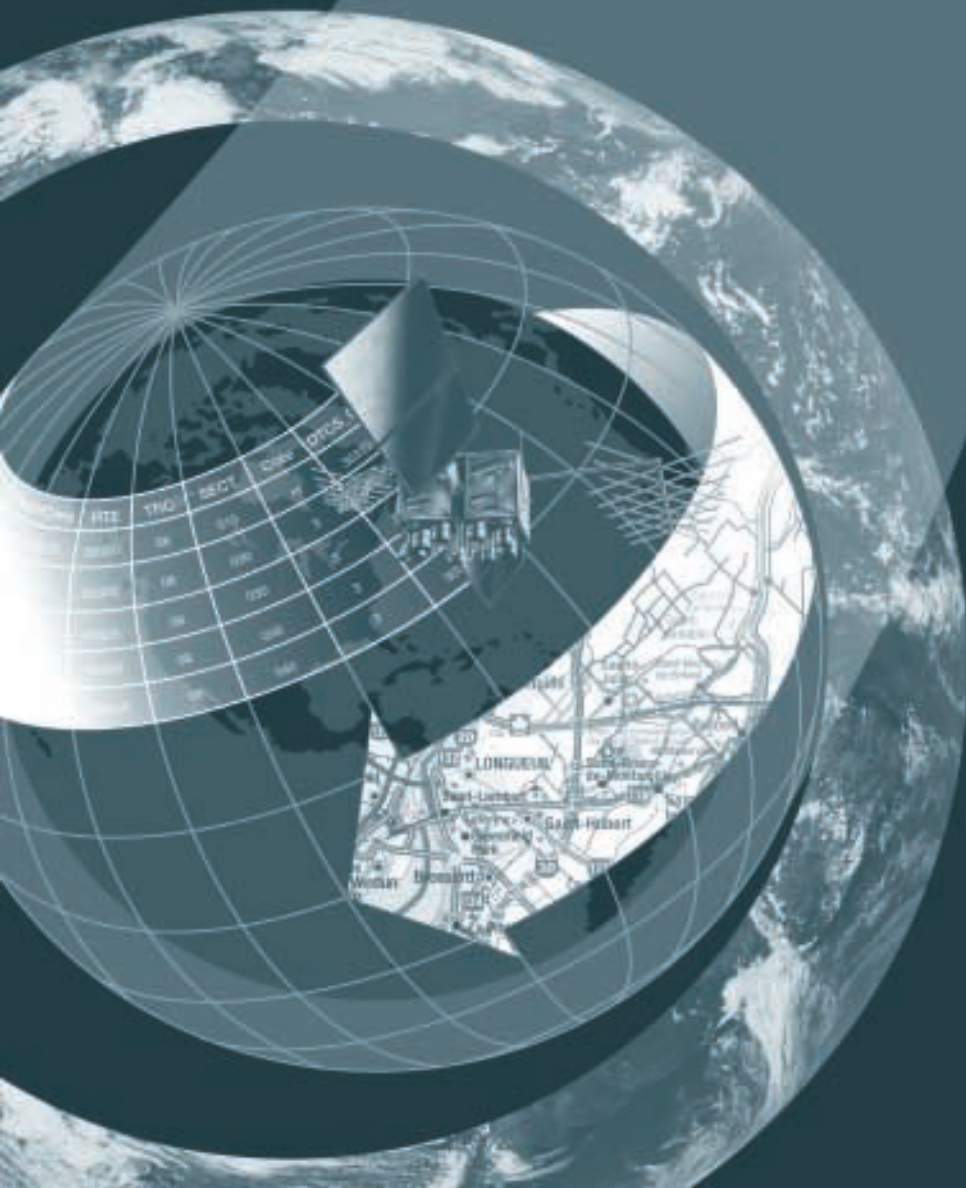
NUMÉRO 13

SEPTEMBRE 2002

# TRANSP RT

BULLETIN SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

[mtq.gouv.qc.ca/innovation/innovation.htm](http://mtq.gouv.qc.ca/innovation/innovation.htm)



**DOSSIER**



**LA GÉOMATIQUE  
AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS**

Québec 

**PROJET DE RECHERCHE  
SURVEILLANCE ÉLECTRONIQUE DU  
COMPORTEMENT EN SERVICE D'UN PONT  
ROUTIER EN BÉTON ARMÉ 3**

**DOSSIER  
LA GÉOMATIQUE AU MINISTÈRE DES  
TRANSPORTS 11**

**SÉCURITÉ DANS LES  
TRANSPORTS  
SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET PLANIFICATION  
DU TERRITOIRE 17**

**ROUTES ET STRUCTURES  
PROJET AVEC GARANTIE DE PERFORMANCE  
DE 10 ANS SUR L'A-40 À VAUDREUIL :  
BILAN APRÈS 6 ANS 20**

**PARUTIONS RÉCENTES 27**

**CONGRÈS ET  
CONFÉRENCES 29**

INNOVATION TRANSPORT est réalisé par le Centre québécois de transfert de technologie en transport et édité par la Direction des communications du ministère des Transports du Québec. Il est maintenant diffusé sur Internet à l'adresse suivante : <http://www.mtq.gouv.qc.ca/innovation/innovation.htm>

Coordination : Centre québécois de transfert de technologie en transport

Révision linguistique : *Direction des communications*

Supervision graphique : *Jean-Pierre Tremblay*

Conception : *Tandem Conception et Infographie inc.*

Impression : *Imprimerie Laurentide inc.*

Photogravure : *Composition Orléans*

Pour obtenir de l'information supplémentaire, il suffit de s'adresser à :

Ministère des Transports du Québec

Direction de la recherche et de l'environnement

700, boul. René-Lévesque Est, 21<sup>e</sup> étage

Québec (Québec), G1R 5H1

Téléphone : (418) 643-6039

Télécopieur : (418) 646-2343

Courriel : [doduchesne@mtq.gouv.qc.ca](mailto:doduchesne@mtq.gouv.qc.ca)

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

ISSN - 1480-610X

Tirage : 1950 exemplaires

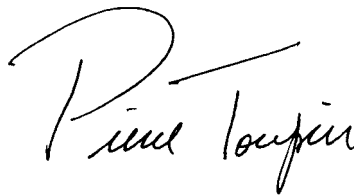
# LA GÉOMATIQUE AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

La géomatique est un domaine où les innovations se succèdent à un rythme accéléré. Au même titre que l'informatique au début des années 80, la géomatique vient remettre en question de manière radicale nos façons de faire.

Au ministère des Transports du Québec, la gestion efficace des réseaux de transport passe inévitablement par l'accès rapide à des données géographiques fiables et à jour. Depuis plusieurs années, le Ministère a amorcé le virage de la géomatisation en raison des possibilités qu'offrent les nouvelles technologies en matière de captage, de traitement, d'intégration, d'analyse et de représentation de l'information géographique.

Récemment, le Ministère a élaboré et mis en œuvre des projets importants en géomatique, dont le système de la base géographique routière et le système d'inventaire des infrastructures de transport visant à faciliter l'exploitation des données relatives aux différents réseaux de transport. Divers autres projets de recherche en géomatique sont également en cours.

Sur le plan gouvernemental, les multiples applications dans différents ministères et organismes ont conduit à une action concertée de coordination des initiatives du secteur public en la matière. Le Plan géomatique du gouvernement du Québec est le fruit de cette action concertée. Par ailleurs, l'expertise du Ministère en matière d'applications géomatiques en transport, de production et de diffusion de données à référence spatiale en font un chef de file au sein du gouvernement du Québec. À ce titre, le Ministère aura à relever un défi de taille au cours des prochaines années, soit celui d'adapter constamment ses façons de faire, tributaires de l'évolution rapide des nouvelles technologies, afin de réussir le passage au XXI<sup>e</sup> siècle en matière de gestion des données géographiques. Nous vous invitons à prendre connaissance du dossier du présent bulletin qui brosse le portrait de la géomatique au ministère des Transports du Québec.



Pierre Toupin



# PROJET DE RECHERCHE

## SURVEILLANCE ÉLECTRONIQUE DU COMPORTEMENT EN SERVICE D'UN PONT ROUTIER EN BÉTON ARMÉ

par Marc Savard, Ph. D., ing., Direction des structures

### INTRODUCTION

Les infrastructures autoroutières sont soumises à des conditions d'exploitation de plus en plus exigeantes. L'intensité des charges sollicitant les ponts est en hausse d'année en année, ce qui surcharge les structures existantes, dont plusieurs ont été conçues avec des charges de calcul significativement plus faibles. Les effets de ces charges et la détérioration par la corrosion accélèrent le processus de dégradation. Enfin, des causes d'ordre environnemental (affouillement, poussée des glaces, effets des cycles de gel-dégel, etc.) contribuent également à rendre inadéquates les structures existantes. Dans ce contexte, de plus en plus de ponts ne répondent pas aux exigences actuelles, et des travaux de plus en plus nombreux et coûteux doivent être réalisés pour renforcer ou réhabiliter les structures afin d'assurer la sécurité des usagers.

Pour gérer l'ensemble des structures sous sa responsabilité, le Ministère a mis sur pied un programme d'inspections périodiques de ses ouvrages. Ces inspections ont pour but de détecter le plus tôt possible les défauts pouvant diminuer la capacité d'une structure ou sa durée de vie. Lorsque des défauts majeurs risquent de

mettre en cause la sécurité d'un ouvrage, ceux-ci sont relevés lors des inspections et sont pris en compte dans l'évaluation théorique de la structure.

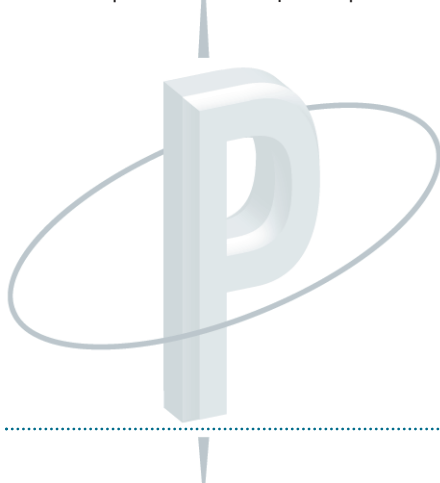
L'évaluation de la capacité d'un pont en béton armé est un exercice complexe. En effet, il est très difficile d'évaluer avec précision l'incidence sur la capacité d'une détérioration révélée lors d'une inspection visuelle. La perte de capacité associée à un défaut dépend de la nature de celui-ci, de son emplacement sur la pièce et de son ampleur. De plus, le processus de détérioration évolue dans le temps, souvent au détriment de la capacité structurale. À titre d'exemple, des fissures apparaissant sous l'effet des charges d'utilisation peuvent s'élargir sous l'effet des cycles des gradients thermiques, qui occasionnent eux aussi la flexion des éléments. Or, la largeur de ces fissures ainsi que leur type (flexion, cisaillement ou combinaison des deux) a une incidence significative sur la résistance offerte par le béton (Minor et White, 1988).

Malgré cela, l'évaluation de la capacité portante actuelle d'une structure existante est généralement effectuée suivant les exigences de la norme canadienne, CAN/CSA-S6, en vigueur. Ce faisant, on calcule les résistances en flexion et en cisaillement en utilisant les mêmes hypothèses et les mêmes équations que celles utilisées pour la conception de nouveaux ponts. Cette façon de faire simplifie beaucoup la procédure d'évaluation et permet de porter un jugement objectif sur la capacité de la plupart des ponts routiers du réseau québécois. Cependant, aucune indication n'est fournie dans la norme pour les cas où les étriers sont espacés au-delà des limites

maximales permises, ni dans les cas où des barres lisses sont utilisées (lesquelles requièrent une longueur de scellement plus grande que les barres crénelées). Aucune indication n'y est donnée non plus pour les cas où des étriers sont manquants dans les zones d'arrêt des armatures de flexion.

Par ailleurs, on admet, dans la norme, que la résistance en traction du béton est négligée, que la déformation ultime du béton est fixée à 3000  $\mu\epsilon$ , que le taux de travail maximum des armatures passives est égal à la limite élastique de l'acier utilisé et que les sections planes restent planes jusqu'à la rupture. De plus, après la fissuration de l'âme sous les effets des efforts de cisaillement, on assimile le comportement des poutres à celui d'un treillis plan dans les zones où coexistent un moment de flexion et un effort tranchant. Dans l'approche théorique standardisée, on simplifie l'analyse en négligeant le niveau de redondance structurale, les conditions de retenue aux appuis, les effets d'arc transversaux ou longitudinaux, etc.

L'évaluation de la capacité d'une structure existante est donc nécessairement entachée d'une certaine imprécision, laquelle est fonction de la justesse des informations disponibles et de la conformité du modèle théorique exploité pour représenter le comportement réel de la structure.



## CHOIX DE LA MESURE À PRIVILÉGIER

Plusieurs mesures peuvent être considérées par le gestionnaire d'une structure dont l'évaluation théorique démontre que sa capacité est insuffisante. En premier lieu, on peut procéder au renforcement ou à la reconstruction à très court terme. Les moyens financiers du Ministère étant limités, cette solution n'est envisagée que sur les structures présentant les défauts les plus aigus ou lorsque la fiabilité de l'ouvrage à très court terme est remise en cause.

En deuxième lieu, on peut restreindre l'exploitation de la structure, soit en réduisant le nombre de voies ouvertes à la circulation, en limitant la vitesse des véhicules ou en fixant l'espacement entre les véhicules lourds (limitation du nombre de véhicules lourds pouvant charger simultanément un pont ou une de ses travées). Ces mesures restrictives sont souvent inacceptables pour une structure du réseau supérieur. La fermeture complète d'un pont est également inacceptable lorsque aucune voie de déviation ne peut être envisagée ou que la longueur du détour est trop contraignante. Enfin, l'érection d'étais actifs ou passifs n'est envisageable que si la géométrie du site s'y prête et si les incidences environnementales sont jugées acceptables.

Dans certains cas, on peut améliorer la précision de l'évaluation théorique en procédant à l'auscultation de la structure. L'auscultation est un ensemble d'examen et de mesures précises qui vise à mieux connaître l'état réel d'un ouvrage. Il existe deux types d'auscultation, à savoir la prise d'échantillons servant à déterminer les propriétés des matériaux en place et la prise de mesures *in situ* pour l'analyse du comportement réel de la structure ou d'un de ses éléments sollicités par des charges connues (essai de chargement). Les mesures *in situ* peuvent être globales (flèches verticales, rotations aux appuis, modes de vibration, etc.) ou locales (déformations, mesure du souffle (largeur) d'une fissure,

etc.). Les résultats de l'auscultation sont la plupart du temps utilisés pour la mise à jour des calculs d'évaluation de la structure et, dans certains cas, ils peuvent révéler une réserve de capacité suffisante pour assurer l'exploitation sécuritaire de l'ouvrage.

Par ailleurs, sous certaines conditions, on peut prolonger la durée de vie utile d'une structure en la plaçant sous surveillance électronique. Un des objectifs de cette surveillance est de suivre de façon assidue l'évolution de l'ouvrage afin de connaître le rythme d'évolution du processus d'endommagement. Ce suivi peut être fait sur des propriétés structurales telles que la rigidité équivalente, les fréquences de vibration, l'amortissement modal. On peut également suivre l'évolution de paramètres témoignant de la progression de l'endommagement. Dans ce dernier cas, on peut déterminer les plages de variations saisonnières de ces paramètres et définir des seuils caractérisant une situation dangereuse ou faisant craindre la possibilité d'une défaillance de l'ouvrage à court terme. En cas de dépassement de ces valeurs seuils, les mesures de sécurité préalablement définies doivent être exécutées. La télésurveillance est donc un moyen de vérifier si le pont se comporte adéquatement sous l'effet des charges spécifiques au site d'un pont.

L'adéquation du comportement de la structure sous surveillance tendra à confirmer les réserves de capacité prévues, qui étaient négligées dans les calculs théoriques effectués suivant les prescriptions de la norme. Le comportement adéquat de la structure peut également s'expliquer par le niveau des sollicitations réelles, qui seraient inférieures à celles prescrites (le chargement à l'ultime prescrit ayant une probabilité d'occurrence trop faible pour le site du pont à l'étude), ou encore par l'emploi d'un coefficient de majoration dynamique trop important.

À l'opposé, une progression de l'endommagement (augmentation de la longueur ou de la largeur d'une fissure, ou du nombre de fis-

ures) laisse présumer un comportement inadéquat de la structure surveillée. L'apparition de fissures importantes peut être le signe d'une plastification des armatures tendues. Elle peut aussi traduire une perte d'adhérence des aciers au béton par suite d'une corrosion très avancée ou d'une dislocation interne du béton. De tels défauts nécessitent des mesures de renforcement immédiat, et la télésurveillance ne peut recommencer tant les travaux n'ont pas été réalisés.

La télésurveillance n'est donc pratiquée que lorsque la défaillance de l'ouvrage n'est pas prévisible à court terme et que le mode de rupture prévu est ductile (comportant des signes précurseurs). Dans le cas des structures en béton armé, les poutres doivent être sous-armées de manière à ce que l'armature en traction atteigne sa limite élastique avant que le béton éclate en compression. Lorsque l'ouvrage est sujet à une rupture fragile, comme la rupture en cisaillement d'une poutre en béton armé ou une rupture due à la progression d'une fissure de fatigue dans un élément d'acier, des mesures immédiates de renforcement visant à contrer cette éventualité doivent être prises. Dans tous les cas où une télésurveillance est envisagée, la fiabilité de la structure doit être assurée dans l'immédiat et ne peut être compromise que par une aggravation ultérieure des défauts.

L'acier étant un matériau homogène, son comportement jusqu'à l'ultime est plus simple à évaluer. À l'exception de la formation de fissures de fatigue (laquelle ne peut faire l'objet d'une télésurveillance), l'endommagement dans les éléments d'acier est plus facile à quantifier et à prendre en compte dans les calculs d'évaluation. Les éléments en béton armé disposent d'une résistance beaucoup plus difficile à quantifier. De plus, celle-ci évolue significativement dans le temps, en fonction de l'intensité des sollicitations et de l'agressivité des éléments environnementaux qui occasionnent la corrosion et la fissuration (interne et externe). Dans les normes de cal-

cul, on tient compte de ces incertitudes en proposant des coefficients de pondération plus défavorables. Ainsi, les avantages à retirer de la surveillance électronique apparaissent potentiellement plus importants dans le cas des structures en béton armé ou précontraint.

## **INSTRUMENTATION POUR LA TÉLÉSURVEILLANCE**

Le choix et l'emplacement des appareils de mesure d'un programme de télésurveillance sont conditionnés par les modes de rupture prévus. Préalablement à l'instrumentation, la détermination des modes de rupture les plus probables est cruciale. En effet, l'incapacité d'une opération de surveillance à déceler à temps un problème devenant préoccupant (à cause de la progression rapide de la dégradation ou de modifications dans les conditions d'utilisation ou dans l'environnement) risquerait d'aggraver les mesures à prendre, voire de mettre en péril la fiabilité de la structure et la sécurité des usagers. La télésurveillance est donc une opération exigeante, qui nécessite une analyse structurale exhaustive préalable à l'utilisation des appareils de mesure et de communication les plus performants. Le système d'acquisition de données utilisé doit être fiable, robuste, polyvalent, de grande précision et d'utilisation facile. Plus particulièrement, il doit :

- avoir une mémoire de taille suffisante (stocker au moins 60 000 données) ;
- être polyvalent (capable de lire les données de différents types de capteurs) ;
- pouvoir fonctionner dans des conditions difficiles (température élevée ou basse (de -25 °C à +40 °C), taux d'humidité élevé, vibrations et chocs souvent non négligeables) ;
- pouvoir interroger un grand nombre de capteurs (au moins 12) et offrir des possibilités d'expansion ;
- avoir un niveau de précision élevé, supérieur à 12 bits ;

- être autonome (ne pas nécessiter le recours à un ordinateur pour effectuer et enregistrer les mesures) ;
- permettre l'acheminement des données et des messages d'alarme par la téléphonie terrestre ou cellulaire.

Les capteurs utilisés doivent être fiables, de grande précision, capables de résister aux intempéries et faciles d'installation. Généralement, pour détecter l'ouverture et la fermeture des fissures, des capteurs de type potentiométrique ou LVDT sont utilisés. Pour mesurer les flèches, on favorisera l'utilisation d'inclinomètres de précision en nombre suffisant. Ces capteurs utilisent comme référentiel le champ d'attraction gravitationnelle, lequel est considéré stable dans la plupart des applications. Finalement, les sondes thermiques de précision doivent être suffisamment petites pour être introduites à l'intérieur des éléments structuraux. Les sondes utilisées sont généralement des détecteurs résistifs (RTD), reconnus pour leur précision et leur stabilité à long terme.

Généralement, le système d'acquisition de données effectue une lecture de tous les capteurs toutes les dix minutes. Toutes les heures, une moyenne est calculée et enregistrée. Cette façon de faire permet de détecter toute anomalie de fonctionnement d'un capteur. Elle permet également de suivre le comportement de la structure au fur et à mesure que les déformations d'origine thermique se produisent. Toute irrégularité dans le comportement de la structure peut alors être décelée et interprétée dans l'analyse subséquente.

## **ÉTUDE DE CAS – LE PONT DE SAINT-MARCEL**

Le pont de Saint-Marcel compte deux voies de circulation qui permettent au trafic routier de la Route 116 de franchir la rivière Tenturelle. La géométrie de ce pont, construit en 1944, est présentée sommairement à la figure 1. Les

photos 1 et 2 montrent une vue en élévation de la structure ainsi que le dessous du tablier. À noter le fort biais (56 °) qui caractérise le tablier de ce pont.

Une inspection visuelle de cette structure a révélé la présence de fissures de cisaillement larges (plus de 1 mm) près des extrémités des poutres, de même que des fissures de flexion de taille moyenne (jusqu'à 1 mm) apparentées à l'effet d'un moment négatif aux extrémités des deux poutres. Près du centre des poutres, des fissures de flexion sont également notées. De plus, une longue fissure longitudinale large (atteignant 2 mm à certains endroits) est également visible sous la dalle, entre les deux poutres. Finalement, des tâches d'efflorescence et de délamination affectent l'extrémité des poutres ainsi que les diaphragmes.

Ce pont a fait l'objet d'une évaluation de sa capacité suivant les prescriptions de la norme canadienne S6-88. Dans les calculs, un coefficient de majoration dynamique de 30 % a été utilisé (comme suggéré par la norme), et on a considéré que les deux voies du pont étaient chargées simultanément, une voie sollicitée par le camion normalisé et l'autre chargée à 90 % de ce chargement. Considérant que le débit journalier moyen annuel (DJMA) sur le pont de Saint-Marcel s'élève actuellement à 345 véhicules, dont 24 camions, le chargement utilisé dans les calculs d'évaluation apparaît peu représentatif des conditions d'exploitation maximales probables. De plus, les coefficients de pondération des charges vives proposés dans la norme sont élevés pour ce type de pont offrant peu de redondance structurale. L'établissement de ces coefficients ne tient pas compte de la variabilité des charges particulières au site étudié ni de la durée de vie résiduelle souhaitée pour cette structure.

Les résultats de l'évaluation théorique ont révélé que la structure ne peut reprendre qu'environ 30 % de la charge légale autorisée sur cette route, en flexion comme en cisaillement. À noter que ce résultat a été obtenu en exploitant la méthode d'analyse simplifiée proposée dans la

norme CAN-CSA/S6, laquelle n'est pas valable lorsque le biais du tablier dépasse 20 à 25 degrés. De plus, on a négligé la retenue horizontale qui se manifeste aux extrémités des poutres en contact direct sur les culées et qui crée un moment résistant négatif, comme en témoignent certaines fissures relevées lors de l'inspection. L'armature longitudinale de la dalle contribue sans doute au développement de cet effort.

Compte tenu qu'une restriction des charges pouvant solliciter ce pont ne constitue pas une

solution acceptable pour le milieu, il a été décidé de remplacer la structure. Cependant, étant donné que son état ne laisse pas prévoir de rupture imminente et qu'on retrouve ce type de structure en assez grand nombre dans les réseaux routiers québécois (76 structures similaires au total dans le réseau routier québécois), un programme de télésurveillance du pont a été mis sur pied, afin de mieux connaître le rythme de progression de l'endommagement dans ce type de structure offrant peu de redondance struc-

ture. Le but de cette opération est donc de mesurer la progression de quelques mécanismes d'endommagements et non de surveiller la structure pour en vérifier la fiabilité par rapport à tous les modes de rupture anticipés. L'instrumentation requise devra être suffisamment sensible pour détecter les comportements inadéquats, sans nécessairement devoir les expliquer. Ainsi, le suivi de la progression des fissures de cisaillement sera effectué, bien que le mode de rupture correspondant soit de nature fragile. L'affaissement progressif (ductile) du centre d'une travée, s'il a lieu, fera également l'objet d'une surveillance. Finalement, la fissure longitudinale sous la dalle devra également être investiguée, compte tenu du fort biais qui caractérise le tablier du pont et qui occasionne d'importants efforts de flexion transversale dans la dalle. Malgré la présence de ces équipements de surveillance, la décision de remplacer la structure à court terme demeure justifiée.

**Photo 1 : Profil du pont de Saint-Marcel**



**Photo 2 : Capteurs installés dans la structure**

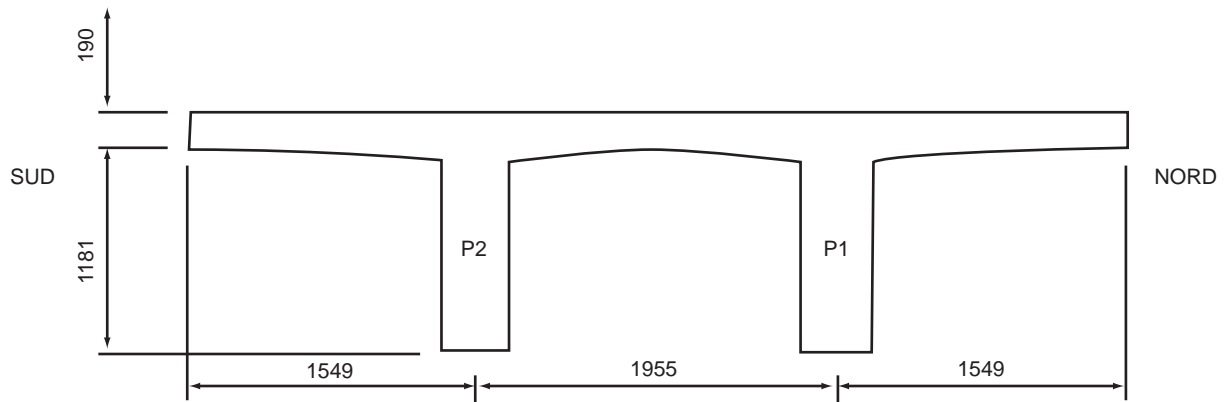


## **INSTRUMENTATION DU PONT**

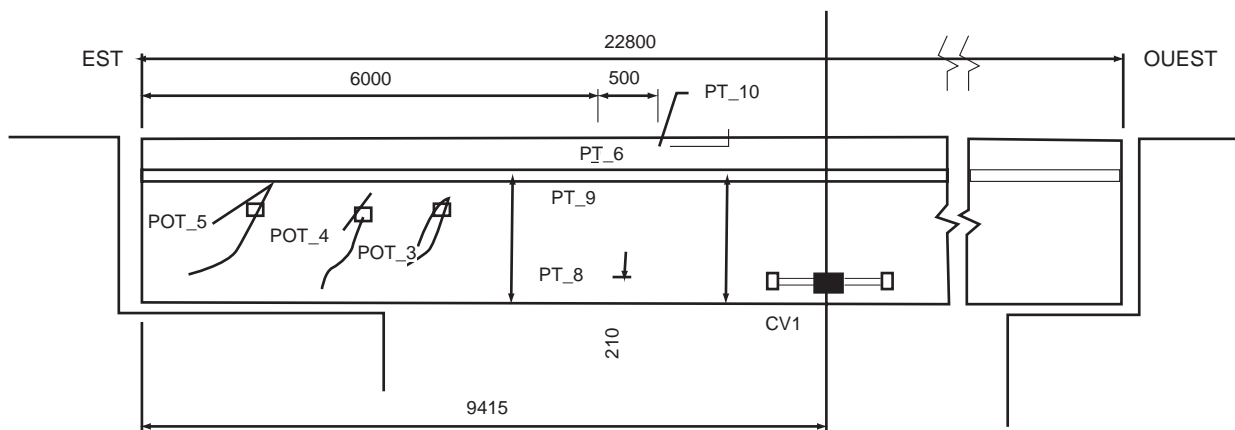
L'instrumentation requise doit être déployée de manière à pouvoir mesurer à la fois l'affaissement et le souffle des fissures (appelés « variables à expliquer ») et les phénomènes (appelés « variables explicatives ») ayant une influence réversible et récurrente sur les variables à expliquer. Dans le cas du pont à l'étude, on a estimé qu'a priori la température interne mesurée en différents points (et permettant d'extraire la composante linéaire du gradient thermique) constitue la seule variable explicative d'intérêt.

Pour mesurer la flèche au centre, on a disposé deux inclinomètres espacés de un mètre et un niveau électronique sur la face intérieure de l'âme du côté aval. La figure 2b montre les inclinomètres disposés le long de la travée. Ces inclinomètres, marqués TILT\_X sur la figure, sont fabriqués par Applied Geomechanics, modèle *Tuff Tilt 801*. Ils ont une plage de mesure de  $\pm 3$  degrés, une résolution de l'ordre de  $6 \times 10^{-4}$

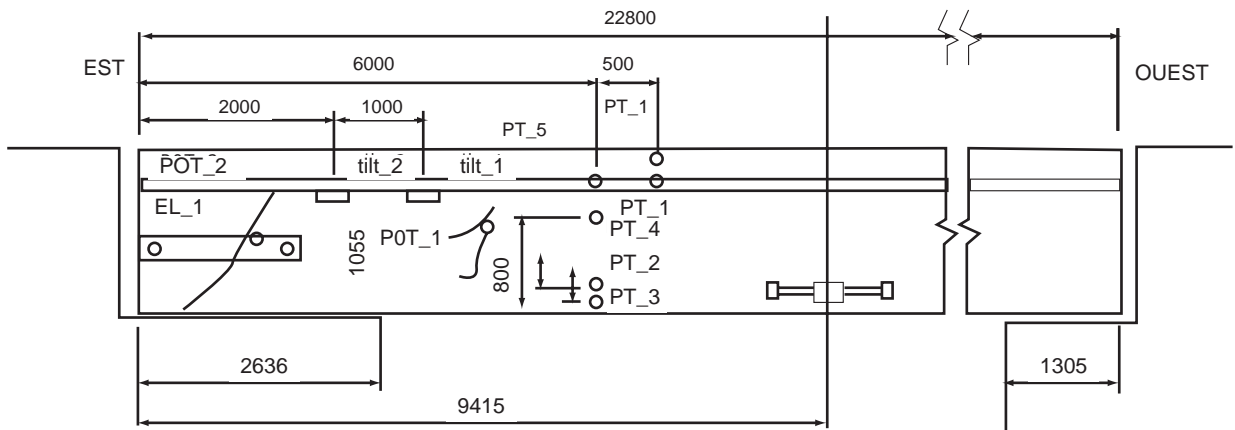
**Figure 1 – Dimensions de la section transversale**



**Figure 2 : Localisation des capteurs**  
**a : Élévation de la poutre P1 – côté intérieur**



**b : Élévation de la poutre P2 – côté intérieur**



degrés et une linéarité inférieure à 2 % de la pleine échelle. De plus, un niveau électronique a été fixé, comme le montre la figure (capteur EL\_1). Ce niveau permet de mesurer l'affaissement d'une de ses extrémités par rapport à l'autre. Finalement, deux cordes vibrantes marquées CV1 et CV2, mesurent la déformation permanente longitudinale au niveau du lit inférieur des barres d'armature.

Pour mesurer la température interne, 10 sondes thermiques de précision (de type RTD) ont été introduites au centre des deux poutres du pont, comme le montre la figure 2. Ces sondes sont marquées PT\_X sur la figure. Pour compléter l'instrumentation, le souffle de six fissures importantes situées dans la moitié est du pont a été enregistré à l'aide de potentiomètres. Ces capteurs sont marqués Pot\_X sur les figures 2a et 2b. Tous ces capteurs sont reliés à un système d'acquisition de données doté d'un modem exploitant la téléphonie terrestre.

## ANALYSE DES MESURES ENREGISTRÉES

Une fois l'instrumentation en place et vérifiée, on doit procéder à la phase d'apprentissage. Cette phase consiste à enregistrer et analyser toutes les données dans le but d'établir un modèle représentatif du comportement de l'ouvrage surveillé. Ce modèle doit être capable de prédire l'évolution de la variable à expliquer à partir des seules variables explicatives. L'analyse par régression linéaire convient particulièrement bien pour établir ces liens de causalité (Fauchoux, 1995). À noter que cette phase d'apprentissage doit être suffisamment longue pour que la plage des valeurs possibles des variables explicatives soit couverte, de manière à éviter les prévisions obtenues par extrapolation. Dans l'analyse qui suit, on se bornera à étudier l'évolution du souffle de la fissure telle que mesurée à l'aide du capteur Pot\_5 montré sur la figure 2a.

La figure 3 montre l'évolution du souffle de la fissure numéro 5 et de la température interne mesurée par la sonde thermique PT\_9 en fon-

ction du temps. Ces données ont été enregistrées entre le 24 janvier 2001 et le 13 juillet de la même année. L'inspection visuelle des tendances révèle un couplage évident entre ces variables.

Pour évaluer si la fissure a subi un élargissement à caractère permanent dans les conditions d'exploitation actuelles (seuls les camions ayant une masse supérieure à la limite légale ne peuvent franchir ce pont), on doit extraire des mesures les variations saisonnières réversibles. La tendance de la fonction résiduelle qui en résulte peut témoigner ou non d'un endommagement irréversible. Ce processus d'extraction nécessite l'établissement d'un modèle représentatif des effets réversibles touchant le paramètre à expliquer. Comme il a été mentionné auparavant, une analyse par régression linéaire peut servir à établir ce modèle. Dans le cas d'une régression linéaire univariante, celui-ci est de la forme :

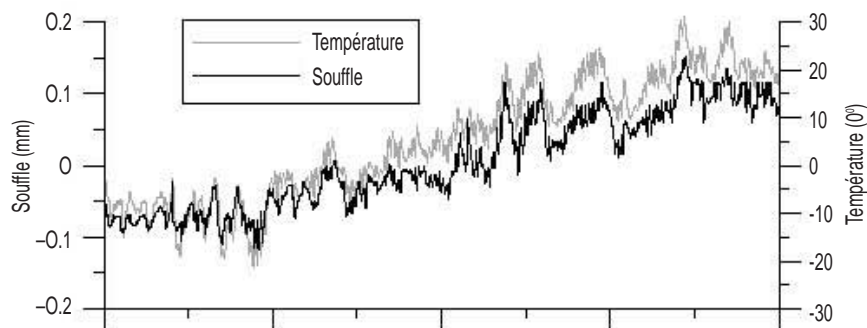
$$s(t) = a_0 + a_1 T(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

où  $s(t)$  est le souffle de la fissure (mesure de sa largeur en fonction du temps),  $T(t)$  est une mesure de la température,  $a_0$  et  $a_1$  sont les paramètres d'ajustements issus de la régression linéaire. La variable  $\varepsilon(t)$  représente les résidus, soit la partie « inexplicée » du paramètre  $s(t)$ . Pour que ce modèle linéaire soit acceptable, la fonction résidu doit être de nature aléatoire et ne doit pas présenter d'effets de structure (Fauchoux, 1995).

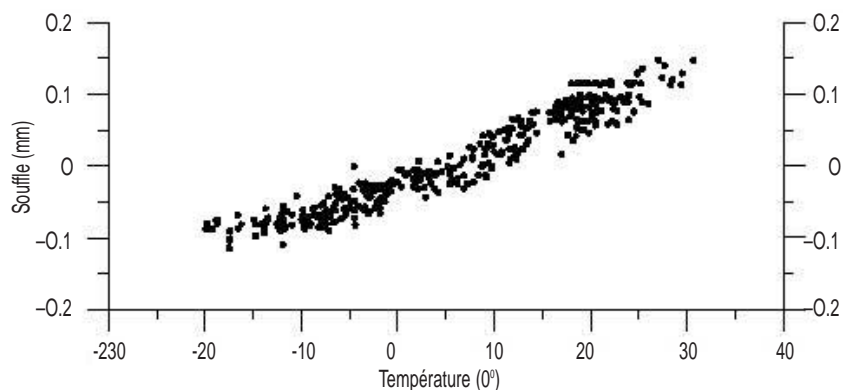
On présente sur la figure 4 le souffle de la fissure numéro 5 (capteur Pot\_5) en fonction de l'amplitude de la température interne mesurée à l'aide de la sonde thermique PT\_9. On voit qu'il y a une excellente corrélation entre ces deux variables, la température interne expliquant 92 % du souffle de la fissure (coefficient de détermination  $r^2$  égal à 0,92).

L'analyse par régression linéaire a conduit aux résultats indiqués au tableau 1 définissant les paramètres d'ajustements à introduire dans

**Figure 3 : Souffle de la fissure et température interne en fonction du temps 24 janvier 2001 au 13 juillet 2001**



**Figure 4 : Souffle de la fissure en fonction de la température interne**



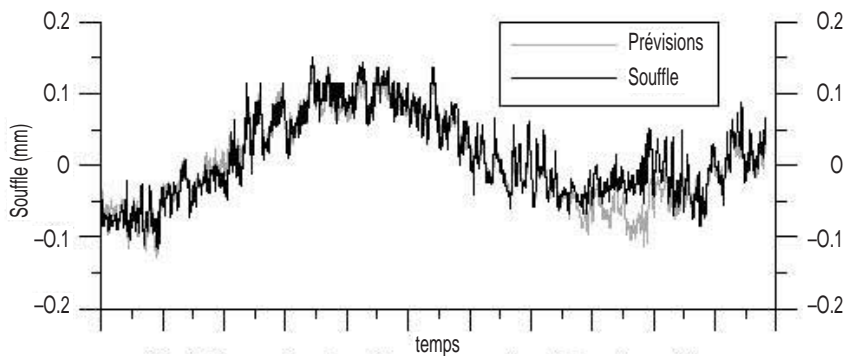


**Tableau 1 : Valeurs des coefficients de l'analyse par régression linéaire**

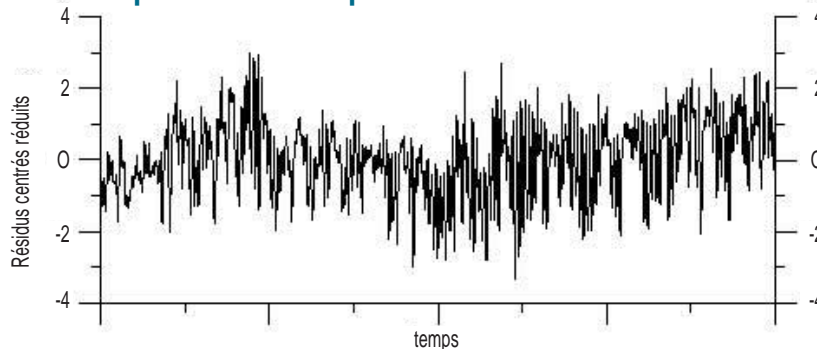
24 janvier 2001 au 13 juillet 2001

COEFFICIENT	ESTIMATION	ÉCART TYPE	LIMITE SUPÉRIEURE	LIMITE INFÉRIEURE
$a_0$	-0,0225	$3,14 e^{-04}$	-0,0219	-0,0231
$a_1$	0,00509	$2,29 e^{-05}$	0,00514	0,00504

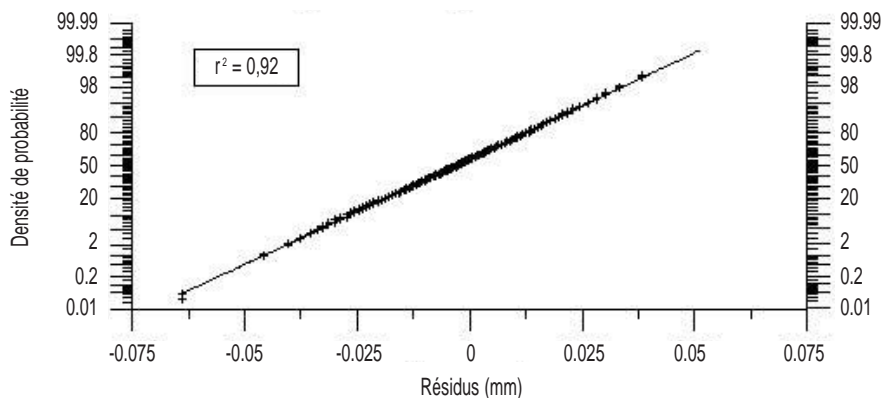
**Figure 5 : Comparaison du souffle mesuré avec les prévisions du modèle**  
24 janvier 2001 au 6 mai 2002



**Figure 6 : Résidus centrés réduits en fonction du temps**  
24 janvier 2001 au 13 juillet 2001



**Figure 7 : Droite de Henry des résidus**



l'équation 1. On peut vérifier que les coefficients de régression ne sont pas nuls sur un intervalle de confiance de plus de 97,7 %.

Sur la figure 5, on peut comparer les prévisions du modèle obtenu par l'analyse de régression et les valeurs mesurées entre le 24 janvier 2001 et le 6 mai 2002. On constate que le modèle suit de manière satisfaisante la flèche mesurée, et qu'il semble approprié à la fois pour expliquer et prédire le souffle de cette fissure.

On peut vérifier la validité du modèle établi en analysant statistiquement les résidus de l'extraction des prévisions du modèle bivariate. La moyenne  $m$  et l'écart-type  $s$  des résidus  $\varepsilon(t)$  s'élève à  $-0,00327$  mm et  $0,01817$  mm respectivement. À partir de ces valeurs, on peut calculer les résidus centrés réduits (RCR) à l'aide de l'équation suivante :

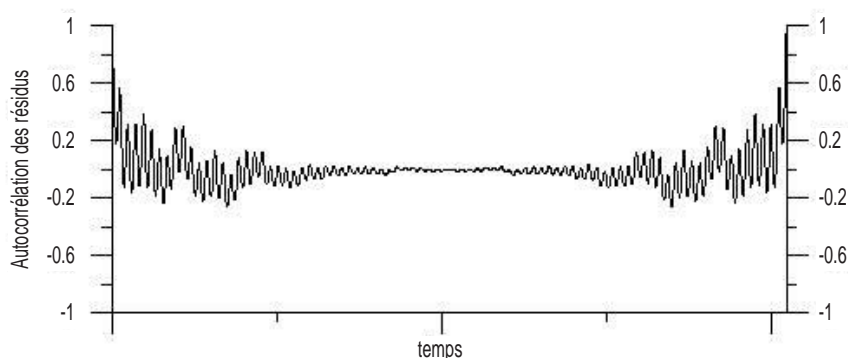
$$RCR = \frac{\varepsilon(t) - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

On a représenté sur la figure 6 la variation des RCR en fonction du temps. Si le modèle est satisfaisant, les RCR se trouvent compris dans l'intervalle  $\pm 2$  et ne comportent pas d'effets de structure (Fauchoux, 1995). On voit sur la figure 6 que les résidus ne s'écartent pas de plus de deux écarts types de la valeur moyenne, sauf pour quelques exceptions. Des phénomènes de glissement et de blocage aux appuis peuvent expliquer ces faibles écarts (de l'ordre du centième de millimètre) par rapport à la moyenne.

Pour vérifier la normalité des résidus, on a représenté sur la figure 7 la probabilité cumulée de ceux-ci en fonction des résidus eux-mêmes. On remarquera l'échelle dite « normale » ou « gaussienne » de l'ordonnée. Sur un tel graphique, la probabilité cumulée des résidus sera distribuée sur une droite (dite « de Henry ») si les résidus sont distribués suivant une loi de probabilité normale. On observe que les résidus suivent une distribution normale, ce qui confirme la validité du modèle établi.

Pour vérifier le caractère aléatoire des données, on a calculé l'autocorrélation de la fonction

**Figure 8 : Autocorrélation des résidus**



représentant les résidus. On s'assure ainsi que le résidu à un instant  $t_1$  donné n'est pas influencé par la valeur du résidu à un autre instant  $t_2$ . Les résultats sont montrés sur la figure 8. On constate que les résidus sont faiblement corrélés entre eux, ce qui est souhaitable. À noter la forte corrélation lorsque  $t_1$  égale 0 et  $t_2$  égale  $t_f$ , ce qui est conforme aux attentes.

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les analyses effectuées jusqu'à maintenant indiquent que les fissures instrumentées du pont de Saint-Marcel ne s'élargissent pas de manière permanente sous l'effet du trafic routier local. Les données relatives à la déformation des poutres seront analysées en suivant une procédure similaire à celle présentée ici pour les fissures.

Ce programme de télésurveillance s'inscrit dans le cadre général de la gestion des infrastructures routières, plus particulièrement de l'évaluation de la fiabilité des structures existantes. Des recherches sont actuellement effectuées par le Ministère en collaboration avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de France et le département de génie civil de l'Université Laval, pour étudier l'influence de la présence d'un système de surveillance électronique sur l'indice de fiabilité à utiliser dans les calculs d'évaluation.

## REMERCIEMENTS

Des remerciements sincères sont adressés à MM. Jean-François Laflamme, ingénieur et Michel Ricard, technicien principal, pour leur précieuse collaboration lors des travaux d'instrumentation et de collecte des données.

## BIBLIOGRAPHIE

- FAUCHOUX, G. « Analyse des résidus d'une régression linéaire appliquée à la surveillance métrologique des Ouvrages d'Art », *Bulletin de liaison du Laboratoire des Ponts et Chaussées* — 200, novembre-décembre 1995.
- GAILLET, O. et MASSICOTTE, B. « Détermination des longueurs de développement des barres lisses pour l'évaluation des ponts existants », Quatrième colloque sur la progression de la recherche québécoise sur les ouvrages d'art, avril 1997.
- LCPC. « Auscultation, Surveillance renforcée, Haute surveillance, Mesures de sécurité immédiate ou de Sauvegarde », *Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art* — deuxième partie, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, France, 1998.
- MINOR, J. et WHITE, K. R. « Condition Surveys of Concrete Bridge Components — User's Manual », NCHRP report 312, Transportation Research Board, décembre 1988.

## LA GÉOMATIQUE AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Par Sylvie Laroche, Pierre Lessard, Claude Lavoie, Marc Ferland et Yannick Leduc, Service de la géomatique<sup>1</sup>

*La géomatique est un domaine qui fait appel aux sciences, aux technologies de mesure de la terre ainsi qu'aux technologies de l'information pour faciliter l'acquisition, le traitement et la gestion des données sur le territoire (ou « données géographiques »).<sup>2</sup> Ce domaine, qui succède aux sciences géodésiques (géodésie, arpentage, hydrographie), à la cartographie (photogrammétrie, cartographie générale ou thématique) et à la gestion et au droit foncier, regroupe l'ensemble des connaissances et des technologies nécessaires à la production et à la gestion cohérente des données numériques décrivant le territoire et ses ressources.*

### UNE NOUVELLE FAÇON DE FAIRE

Au cours des dernières décennies, le domaine de la géomatique a connu une évolution importante grâce au développement des technologies de l'information. D'une part, ces technologies ont amené de nouvelles façons de faire en gestion de l'information à incidence territoriale. D'autre part, la convergence des technologies offre maintenant de nouvelles possibilités qui encouragent l'utilisation de la géomatique dans de nombreux secteurs (publicité, marketing, affaires, localisation de véhicules, etc.).

Grâce aux progrès de l'informatique, le papier a rapidement fait place aux produits numériques, ce qui a du coup permis de décupler

les possibilités de manipulation, d'analyse et de représentation. De plus, des logiciels plus conviviaux offrent de multiples possibilités de consigner des données d'inventaire et ils permettent la prise en charge par l'utilisateur d'une part significative des traitements.

L'implantation de la géomatique dans une organisation comme le ministère des Transports influence positivement un éventail de secteurs, que ce soit pour la collecte des données, pour les travaux d'entretien des infrastructures routières, pour la planification des travaux en général, ou encore dans un contexte de partenariat où l'échange d'information facilite la concertation.

### L'INFRASTRUCTURE GÉOGRAPHIQUE DU MTQ

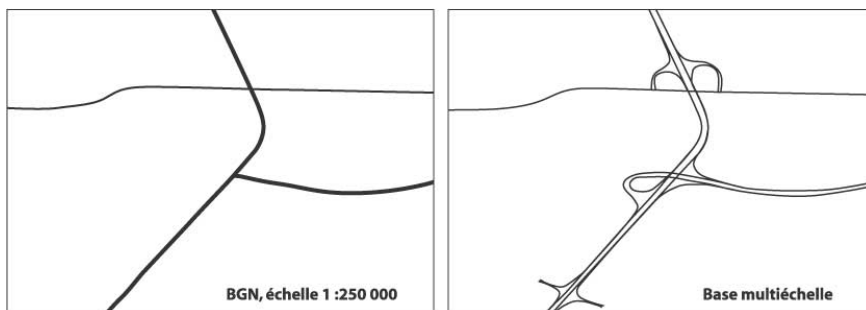
Au milieu des années 90, le Service de la géomatique entreprenait la réalisation d'une base géographique numérique couvrant tout le

territoire de l'écoumène du Québec, dans le but de moderniser ses processus de production de la cartographie officielle des infrastructures de transport.

En 1997, le ministère des Transports possédait donc une base géographique numérique (BGN) à l'échelle 1 :250 000 qui répondait aux besoins généraux de représentation cartographique. Toutefois, la précision de la représentation géographique ne pouvait rendre compte de certains éléments du réseau routier telles les routes à chaussées séparées ou les bretelles d'autoroute.

En réponse à cette problématique, le Service de la géomatique transformait graduellement la BGN en une base géographique multiéchelle en y intégrant, pour les secteurs les plus urbanisés, des données numériques de meilleure précision acquises auprès de divers fournisseurs. Par souci constant de posséder des données toujours plus

**Figure 1 : La base géographique multiéchelle résultant de l'intégration des levés GPS**



1. Les auteurs de l'article font partie de l'équipe du Service de la géomatique du ministère des Transports du Québec. En plus de ses activités de production cartographique, cette unité agit depuis plusieurs années comme intégrateur des données géographiques et elle en assure la diffusion dans l'organisation et auprès des partenaires du Ministère. Elle agit non seulement à titre de coordonnateur du développement de la géomatique au MTQ, mais elle est également le principal représentant du Ministère auprès des autres ministères et organismes.

2. Université Laval, faculté de foresterie et géomatique, <http://geomatique.scg.ulaval.ca>

précises et à jour, le MTQ a entrepris la réalisation des relevés GPS (Global Positioning System) du réseau routier dont il assume la gestion. La figure 1 montre l'amélioration qui en résulte sur le plan cartographique.

## DES APPLICATIONS INTÉRESSANTES

Les applications géomatiques sont maintenant intégrées dans de nombreuses activités du Ministère. Combinées aux technologies de captage vidéo et laser, elles permettent de réaliser, entre autres activités, l'inventaire et la reconnaissance automatique des panneaux de signalisation et l'auscultation des chaussées, la gestion et la diffusion des plans d'arpentage, la planification et le contrôle des opérations de déneigement ainsi que la diffusion des informations sur l'état des routes, la circulation routière et les travaux routiers. Le nombre d'applications et l'éventail des outils augmentent de façon exponentielle, et leurs fonctionnalités évoluent vers un niveau de raffinement sans précédent. En modélisation des systèmes de transport, les besoins d'analyse spatiale sont à l'origine d'une panoplie de fonctionnalités qui ont forgé les systèmes d'information géographique tels que nous les connaissons aujourd'hui. En gestion d'inventaire, l'utilisation de la localisation par référence linéaire a amené le développement d'outils permettant de faire la conversion entre cette méthode de localisation et la localisation par coordonnées géographiques, dans le but de représenter sur une carte la position des éléments inventoriés. Dans les applications d'aide à la décision, la géomatique a certainement joué un rôle déterminant dans le traitement d'information ayant pour but d'orienter des interventions, que ce soit pour des interventions d'urgence ou pour la planification à long terme.

## LES PROJETS DE RECHERCHE

L'application des nouvelles technologies pour l'acquisition de données est un domaine prometteur qui a le potentiel de faciliter la mise en place

d'information intégrée sur les réseaux de transport. À titre d'exemple, la vidéographie aérienne multispectrale a permis d'effectuer, à partir d'un prototype, la collecte de données environnementales sur la végétation dans le corridor de l'autoroute 40, de Montréal à Québec. L'analyse socioéconomique n'est pas en reste : on y recourt également à la géomatique dans le cadre des activités du Ministère. En effet, des projets de recherche ont permis de définir les spécifications nécessaires à l'utilisation des données de Statistique Canada dans l'analyse des problématiques en transport, comme par exemple dans la spatialisation des usagers des différents réseaux de transport ou dans les modèles de prévision de la demande en transport. Le produit SELEXTRACT a permis d'intégrer, dans un environnement géomatique accessible à tous, un outil de sélection et d'agrégation des données des différents recensements de Statistique Canada.

Un autre projet visait à mettre au point un modèle de données qui réponde aux besoins particuliers du Ministère en matière de positionnement linéaire. Les conclusions du projet ont permis de définir certains principes qui ont été repris quelques années plus tard lors de la conception du système de la base géographique routière (BGR).

De plus, la mise au point d'algorithmes de généralisation de données géographiques numériques s'ajoute aux sujets de recherche qui ont été privilégiés ces dernières années. Outre la simplification de la gestion de l'infrastructure géographique de l'organisation, l'utilisation de ces algorithmes permet de satisfaire les besoins d'une plus large clientèle.

Par ailleurs, les possibilités d'analyse des problèmes liés à la géométrie des infrastructures routières ayant une incidence sur la sécurité et la mobilité ont récemment été explorées. L'aide d'un logiciel d'analyse multidimensionnelle OLAP (OnLine Analytical Processing) et d'un système d'information géographique (SIG) a été sollicitée

pour le projet. Ce dernier consistait à mettre au point un outil d'analyse flexible et performant qui permette d'obtenir une vue d'ensemble des lacunes du réseau routier, d'évaluer les budgets nécessaires pour exécuter les travaux qui s'imposent, de faire le bilan des travaux déjà effectués et de comparer les scénarios possibles selon l'approche de la gestion par résultats<sup>3</sup>. Cette expérimentation du jumelage des technologies SIG et OLAP pourrait tracer la voie dans le choix de l'outil à utiliser pour l'exploitation des données de l'entrepôt ministériel informationnel, sous toutes ses dimensions.

Enfin, le portefeuille des projets de recherche en géomatique à l'extérieur du Ministère est également important et le Ministère y participe à plusieurs niveaux. Ainsi, par sa participation financière à différentes activités de recherche, il a acquis le statut d'organisme affilié au réseau GEOIDE. Ce réseau d'excellence regroupe des organismes publics et privés, de tout le Canada, qui œuvrent dans le domaine des sciences géomatiques. Ces activités de recherche qui portent sur la géographie, la géomatique, l'aménagement du territoire, la planification des transports, les systèmes de transport intelligents, ainsi que sur l'industrie du matériel et du logiciel spécialisé rejoignent de nombreuses préoccupations du Ministère. Preuve du dynamisme du Québec dans le domaine de la géomatique, la gestion du réseau GEOIDE a été confiée par les partenaires canadiens à l'Université Laval.

## LA CONFIGURATION D'UNE SOLUTION ADMINISTRATIVE ET INFORMATIQUE (SAI) : UNE RÉFLEXION MINISTÉRIELLE

À la suite des différents travaux, le Comité sur l'efficacité des activités d'arpentage et de localisation recommandait l'utilisation de la représentation à référence spatiale comme moyen de localisation des diverses composantes de son

3. Plante, Simon. Développement et expérimentation d'un outil d'analyse SIG-OLAP. Géo-info, novembre-décembre 2001, <http://www.pggq.gouv.qc.ca>

réseau routier. La solution administrative et informatique (SAI) pour la géomatique a été élaborée au cours de l'année 1997. L'objectif était de concevoir, dans une approche intégrée, l'organisation du travail, les technologies, les données, les traitements et la gestion par les utilisateurs. Bien que la plupart des projets géomatiques mis sur pied antérieurement concernaient principalement la gestion routière, la SAI Géomatique a comme objectif de répondre à des préoccupations plus générales en matière de transport, en incluant tous les modes<sup>4</sup>.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la SAI, un ensemble de projets a été élaboré pour normaliser la définition, la collecte, la qualité, la saisie et la mise à jour des données. L'incohérence et la difficulté d'intégration entre les bases de données ainsi que le manque d'outils conviviaux pour l'analyse, la prise de décision et la représentation cartographique ont aussi été identifiés comme des problématiques à résoudre.

La possibilité d'avoir accès à des données géographiques numériques cohérentes, précises

et exactes aura des effets déterminants sur l'ensemble des processus de travail en gestion routière, tant pour ce qui est de la planification stratégique que des opérations relatives à la programmation, à l'exploitation et à l'entretien ainsi qu'à la mise à jour de l'inventaire. La réalisation coordonnée de ces projets assurera une intégration cohérente des divers aspects de la gestion de l'information à référence spatiale.

### LES PROJETS MENÉS À TERME À CE JOUR

Des sept projets initiaux, trois sont maintenant terminés. Le projet *Intégration technologique de la géomatique* a permis de définir l'environnement technologique de la géomatique au Ministère, soit les outils servant à la conception et à la réalisation des systèmes ministériels, la base de données à référence spatiale ainsi que le volet diffusion et gestion des données. Le projet *Formation d'un groupe responsable des données ministérielles* s'est quant à lui terminé par la création d'une nouvelle unité administrative ayant aujourd'hui la responsabilité d'élaborer un

cadre de gestion de l'information ministérielle et de concevoir et réaliser un entrepôt de données informationnelles. Enfin, le projet *Système de gestion des chaussées* a permis de mettre en place des équipements spécialisés de collecte d'information sur l'état des chaussées et de normaliser la méthodologie de la collecte. L'introduction d'un progiciel permet maintenant d'élaborer une stratégie pluriannuelle de travaux sur le réseau routier et d'évaluer divers scénarios d'investissements basés sur l'évolution de l'état des chaussées.

### LA PORTÉE DES PROJETS EN COURS

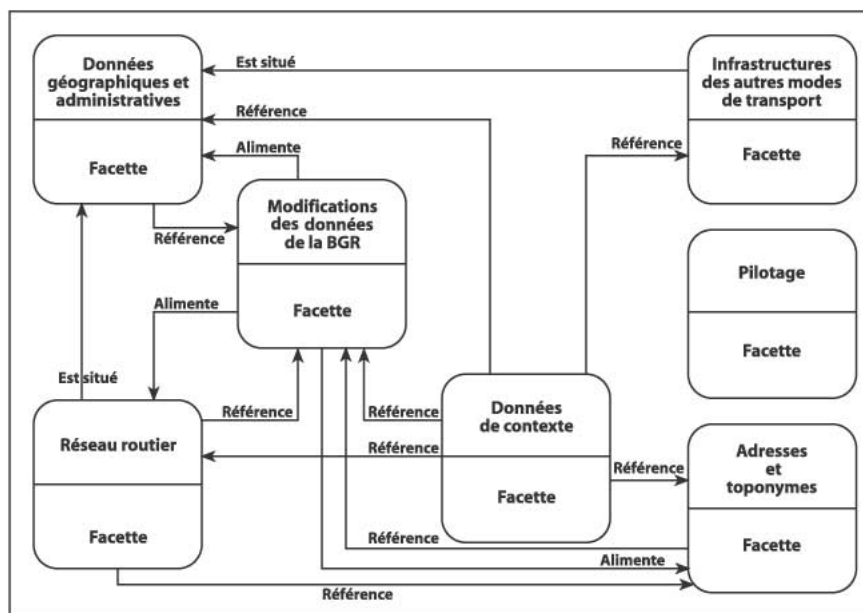
Quatre autres projets, actuellement dans différentes phases de développement, auront d'importantes répercussions sur les façons de faire de notre organisation au cours des prochaines années. Ils répondent aux attentes de l'organisation en ce qui concerne l'accessibilité des données et les outils conviviaux de consultation et de représentation cartographique, tout en facilitant les échanges tant entre le personnel qu'avec les partenaires. Ils sont décrits plus en détail dans les pages qui suivent.

### LE SYSTÈME DE LA BASE GÉOGRAPHIQUE ROUTIÈRE

L'objectif principal du système de la base géographique routière (BGR) est de regrouper et de diffuser l'information relative à la géométrie du réseau routier, la localisation des infrastructures des autres modes de transport ainsi que le découpage administratif et géopolitique. La figure 2 présente la partition fonctionnelle des différentes facettes de données gérées par la BGR.

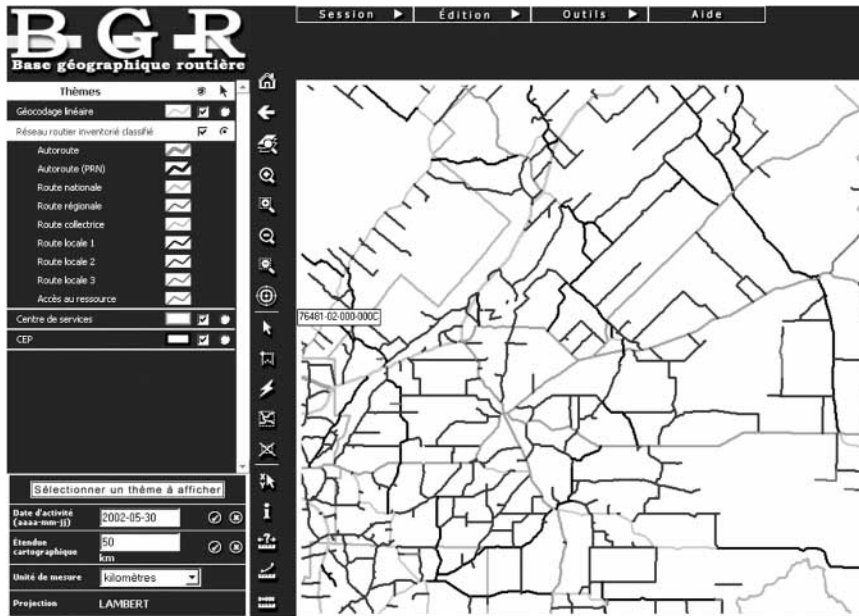
Le système facilitera le processus de gestion du réseau routier par la mise en place de nouvelles méthodes de travail utilisant la représentation spatiale de l'information. Le système permettra également de simplifier l'intégration des relevés qui sont faits régulièrement sur les différents réseaux de transport partout au Québec.

Figure 2 : Découpage fonctionnel du système BGR



4. Ministère des Transports du Québec, Rapport du Comité de configuration de la SAI Géomatique, novembre 1997.

Figure 3 : Interface usager pour l'exploitation des données du système BGR



Le personnel situé autant en région que dans les unités centrales pourra accéder au système par le Web, à partir d'une interface conviviale. L'utilisateur pourra consulter, importer et imprimer des cartes et des rapports. Il pourra faire des recherches sur la base de données et géocoder ses propres données. Le système facilitera la gestion du sectionnement du réseau routier ainsi que la mise à jour de la géométrie des routes. La figure 3 donne un aperçu de l'interface utilisée pour la consultation des données du système BGR.

Le système BGR est donc appelé à devenir l'élément central de la gestion de l'information à référence spatiale au Ministère. Comme le dit l'adage, « une image vaut mille mots »; dorénavant la carte interactive sur le Web constituera le nouveau standard en fait d'outil de travail pour les spécialistes et les gestionnaires du Ministère.

## LE SYSTÈME D'INVENTAIRE DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE TRANSPORT

L'objectif principal du système d'inventaire des infrastructures routières (IIT) est de fournir au personnel du Ministère un outil géomatique interactif et convivial pour faciliter la planification et la

réalisation des travaux sur le réseau routier. En plus de fournir une vision globale de l'inventaire des éléments d'infrastructures, le système IIT offrira des fonctionnalités d'actualisation de l'inventaire et alimentera les systèmes d'entretien, de conservation, d'évaluation, de contrôle et de développement du réseau routier. Il localisera les éléments d'infrastructures, en fonction des coordonnées géographiques ou d'une localisation relative (Route-Tronçon-Section-Chaînage).

Actuellement à l'étape de la révision d'architecture, le système devrait en être à l'étape de la réalisation à l'automne 2002, et livré 12 mois plus tard. Un des enjeux majeurs pour tirer avantage du nouveau système est la mise à niveau des données d'inventaire — ces travaux sont donc à l'étape de la planification et des guides pour la collecte des données sont en préparation.

## LA RÉVISION DES RÈGLES DE SECTIONNEMENT ET LA MÉTHODOLOGIE POUR LA NUMÉRISATION DE L'INVENTAIRE

La révision des règles de sectionnement a permis de confirmer la nécessité d'utiliser le système de référence linéaire actuellement en usage

au Ministère et d'adapter les règles actuelles au nouveau contexte technique et opérationnel. L'objectif de ce volet est d'assurer la stabilité de la segmentation du réseau et de faciliter le repérage efficace pour l'utilisateur sur le terrain.

Le second volet a permis de définir une méthodologie pour la numérisation du réseau routier et de produire des guides de référence documentant la procédure de mise à jour de la morphologie du réseau routier supérieur selon les normes établies. L'intégration de l'information dans le système BGR est ainsi simplifiée et assure la cohérence sur l'ensemble du territoire québécois, ce qui facilite les échanges avec les différents partenaires.

Il reste à ce jour à compléter la normalisation des méthodes de collecte des éléments d'inventaire qui alimenteront le futur système d'inventaire des infrastructures routières.

## L'ARRIMAGE AVEC LES SYSTÈMES MINISTÉRIELS (MISE À NIVEAU)

L'architecture globale de la géomatique au Ministère a été examinée attentivement dans le but de définir une approche cohérente pour la conception des systèmes à portée ministérielle ayant une composante géomatique. Une première analyse a permis de décrire les fonctions partagées de traitement des données spatiales et de définir un concept de système d'interface géographique commune pour favoriser l'accès à l'ensemble des systèmes ministériels (figure 4).

Cette interface géographique commune permettra d'accéder directement à différents systèmes opérationnels (inventaire routier, éclairage, signalisation, structures), ou encore d'avoir accès de façon uniforme, à l'aide des mêmes outils, à de l'information générée par d'autres systèmes (ex. : entretien, gestion des chaussées).

Figure 4 : Concept du système d'interface géographique commune

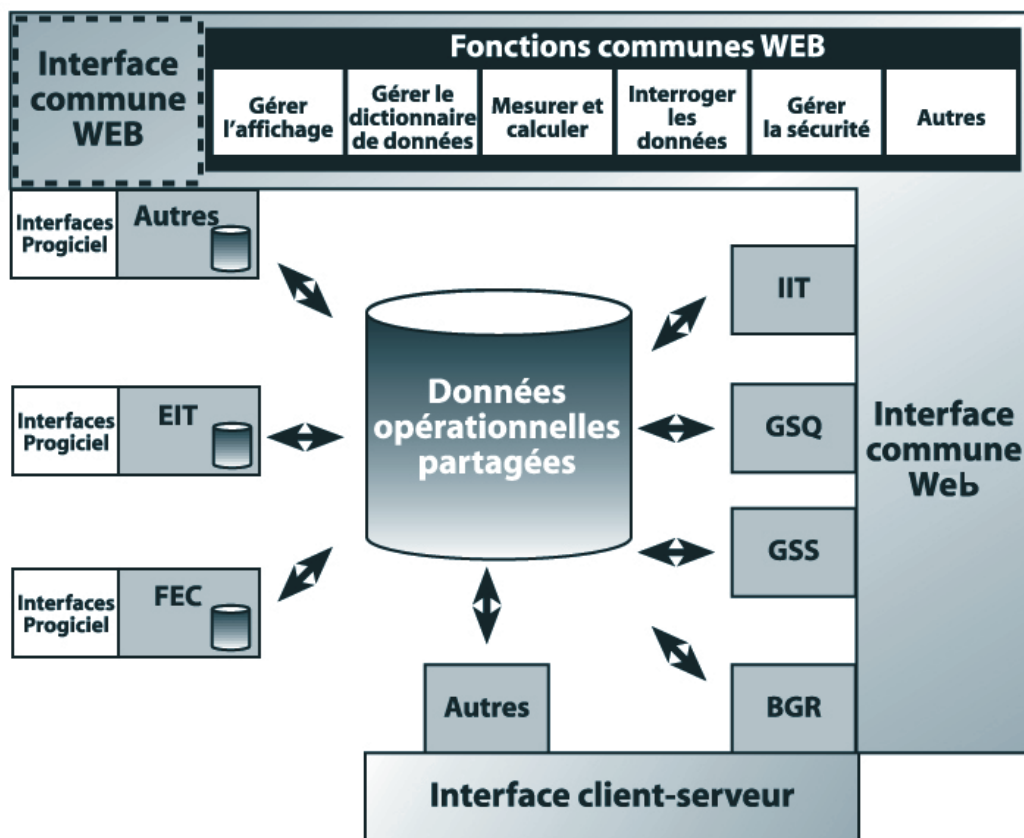
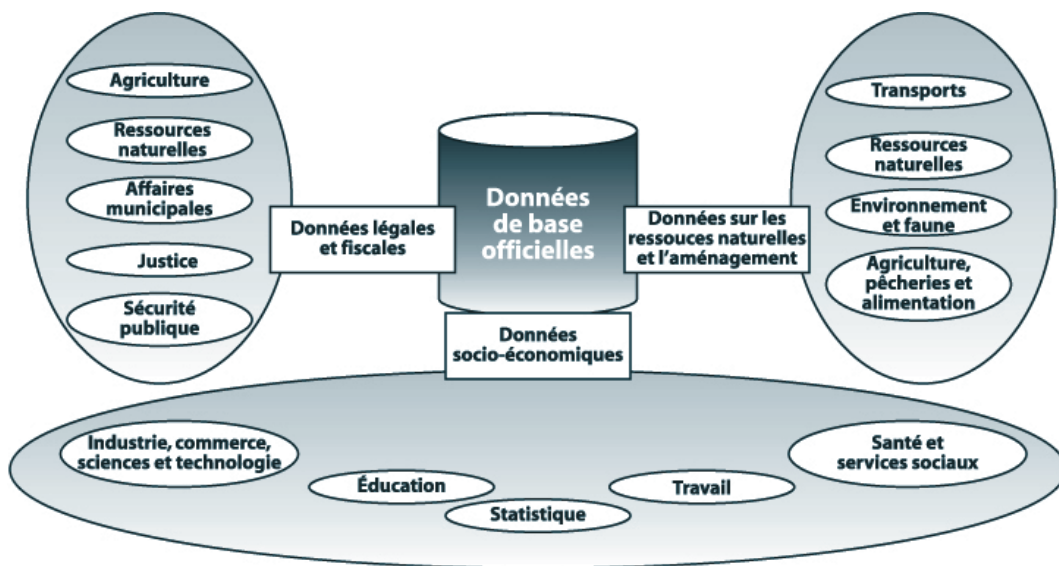


Figure 5 : Diversité et richesse de l'information de l'Administration<sup>5</sup>



5. Plan Géomatique du Gouvernement du Québec, <http://www.pggq.gouv.qc.ca>

## LE CONTEXTE GOUVERNEMENTAL ET LES ACTIONS À VENIR

Pour pouvoir accomplir sa mission, l'administration publique québécoise recueille, traite, produit et stocke une quantité phénoménale de données géographiques, et ce, pour chacune de ses missions sectorielles. Cette information géographique est générée par plusieurs ministères et organismes. La figure 5 montre la diversité et la richesse de cette information gérée à l'échelle de toute l'Administration.

Le développement rapide de la géomatique et ses multiples applications dans différents ministères et organismes ont conduit à une action concertée de coordination visant à canaliser et à orienter les initiatives et les investissements publics en la matière. Le Plan géomatique du gouvernement du Québec (PGGQ) est le fruit de cette action concertée. Il a comme principaux objectifs de promouvoir de nouvelles formes de gestion à l'aide de la géomatique, d'orienter les investissements des ministères et organismes publics en matière de géomatique et de susciter la participation des producteurs pour satisfaire la demande des utilisateurs de la géomatique.

Le but d'une telle concertation est notamment d'atteindre une plus grande cohérence informationnelle dans l'administration publique, chaque ministère et organisme devant rattacher l'information géographique qu'il recueille à l'ensemble des données qui constituent l'infrastructure géographique gouvernementale. La diffusion de cette information produite par les ministères et organismes est également un objectif important car l'accès à l'information de l'Administration permet de modéliser et d'analyser les relations spatiales entre les multiples faits humains, sociaux, économiques et naturels. D'intérêt public, l'information géographique doit être partagée entre les organismes et ministères afin de mieux servir la société québécoise.

Sur la scène gouvernementale, le ministère des Transports est considéré comme un acteur de premier plan en géomatique. Il est donc concerné de très près par les différentes stratégies de production et de diffusion de l'information géographique mises en place par le PGGQ. Outre les projets de développement géomatique majeurs qui sont présentement en cours au Ministère (ex. : BGR, IIT), des projets de partenariat de production des données sur les réseaux de transport se dessinent avec d'autres ministères. Une fois à terme, ils permettront d'améliorer la cohérence informationnelle dans l'Administration.

En parallèle, le Ministère est à concevoir un atlas interactif en transport qui sera publié sur le Web au cours de la prochaine année afin de rendre accessible à la population l'information géographique qu'il détient. Notons, à titre d'exemple, l'intérêt de la population pour l'état des routes en période hivernale, la localisation des travaux routiers en période estivale, la classification du réseau routier, etc. Ces exemples ne représentent qu'une partie de la richesse du patrimoine informationnel du Ministère et des possibilités de diffusion qui sont offertes par les applications géomatiques accessible sur le Web.

## À L'HEURE DE LA CONVERGENCE

La géomatique est un domaine où les innovations se succèdent à un rythme accéléré. Tant du point de vue logiciel que matériel, on dispose aujourd'hui d'outils extrêmement perfectionnés : des ordinateurs portables plus petits, la communication sans fil, des récepteurs GPS plus précis à coût abordable, la reconnaissance vocale pour la saisie de l'information, etc. Ces progrès ont permis à la géomatique de jouer le rôle de discipline intégratrice de l'information au sein de nombreuses organisations, et le Ministère n'échappe pas à cette tendance.

Au même titre que l'informatique au début des années 1980, la géomatique remet aujour-

d'hui en question de manière radicale nos façons de travailler. L'influence de l'Internet sur le développement de la géomatique offre une meilleure disponibilité, en temps réel, de jeux de données de taille croissante grâce à l'augmentation de la bande passante et à la compression des données. Ainsi, dans toutes les organisations, la diffusion sur le Web s'avère une voie prometteuse. Au Ministère, après la diffusion de la carte routière du Québec<sup>6</sup>, on songe aussi à la mise en ligne d'un géorépertoire accessible sur l'intranet ministériel, à la diffusion d'itinéraires routiers sur Internet, etc.

Tant en ce qui concerne la technologie que les données, la géomatique est devenue un lieu de convergence. La composante spatiale qui caractérise souvent une donnée sert de dénominateur commun permettant de mettre en relation les informations entre elles, de quelque nature que ce soit, à partir de la carte. L'analyse spatiale et l'interaction qui existe entre ces données permettent souvent de dégager des corrélations spatiales qu'on ne pourrait soupçonner autrement. Cette convergence permet aussi d'entrevoir à moyen terme le déploiement d'applications plus complexes, entre autres, dans le suivi des véhicules et des marchandises relativement à la sécurité ou encore dans l'automatisation des communications avec l'utilisateur de la route (systèmes de transport intelligents).

Dans tout ce processus d'évolution technologique et scientifique, le ministère des Transports est un chef de file dans l'Administration non seulement en ce qui concerne la production de données, mais également par l'expertise qu'il a acquise dans la conception d'applications et dans l'adaptation de ses façons de faire à la géomatique. Au cours des années à venir, le défi consistera à mener à terme les projets en cours, mais aussi à former le personnel à l'utilisation des nouveaux outils. La modification harmonieuse de nos façons de faire est la clé du succès pour réussir le passage au 21<sup>e</sup> siècle en matière de gestion des données géographiques.

6. Ministère des Transports du Québec, [http://www.mtq.gouv.qc.ca/carte\\_routiere/](http://www.mtq.gouv.qc.ca/carte_routiere/)



## SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET PLANIFICATION DU TERRITOIRE

Par Catherine Berthod, ing., urb., Direction de la sécurité en transport

### CONTEXTE

La *Politique de sécurité dans les transports, 2001-2005, volet routier*, fixe un objectif d'amélioration du bilan routier de 15 % d'ici la fin de 2005, par rapport à la moyenne des années 1995 – 2000. Il s'agit d'un objectif collectif, et les actions à mettre en œuvre impliquent aussi bien le gouvernement que ses partenaires en sécurité routière, dont les services policiers, les municipalités et le réseau de la santé publique.

Au Québec, le réseau routier (excluant les chemins en milieu forestier) relève principalement de deux niveaux de gestion: le ministère des Transports du Québec, qui assure l'entretien des autoroutes et des principales routes de transit, et les municipalités. Celles-ci gèrent 81 % de la longueur du réseau; les deux tiers de tous les accidents surviennent sur le réseau routier municipal, et 40 % de ces accidents sont mortels.

En 2001, sur le réseau des municipalités, on comptait ainsi environ 230 accidents mortels et 2240 accidents avec blessés graves. Le nombre d'accidents est en baisse depuis plusieurs dizaines d'années, malgré l'augmentation de la circulation, mais ce sont encore des chiffres élevés, et un ensemble de mesures s'impose pour atteindre l'objectif fixé dans la Politique.

Plusieurs domaines peuvent être mis à profit pour améliorer la sécurité routière : l'aménagement et l'exploitation des infrastructures routières, la surveillance policière ou les communications. De plus, une piste prometteuse réside dans l'intégration de la sécurité routière à certaines politiques, plus globales, des municipalités, comme l'aménagement du territoire. En effet, les choix en matière d'organisation de

l'espace, d'urbanisme et de gestion des déplacements ont des répercussions sur la sécurité routière. Une telle démarche permet d'agir de façon préventive et durable.

Les principaux documents d'urbanisme sont le schéma d'aménagement, élaboré par la municipalité régionale de comté (MRC), le plan d'urbanisme et les règlements d'urbanisme, sous la responsabilité des municipalités. Leur contenu est défini par la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme. Ainsi, en matière de transport terrestre, les schémas d'aménagement doivent indiquer les infrastructures et équipements importants qui existent, ainsi que les principales améliorations à apporter, compte tenu du caractère adéquat ou non des infrastructures en place et de la demande prévisible. La loi n'impose aucun objectif ou contenu relatif à la sécurité des déplacements. Les documents d'urbanisme sont actuellement en révision, ce qui donne lieu à une réflexion de fond sur l'ensemble de leur contenu.

### OBJECTIFS

La recherche en cours vise à explorer les liens entre urbanisme, déplacements et sécurité routière, et à montrer de quelle façon la sécurité routière pourrait être intégrée dans les documents d'urbanisme. Une analyse d'une trentaine de schémas d'aménagement a été effectuée, à différents stades de la révision, pour dégager les principaux éléments actuellement proposés par les MRC dans cette perspective. Les recherches effectuées à l'étranger ont également été mises à profit pour déterminer quelles dispositions pourraient adopter les MRC ou les municipalités. Ce texte présente les premiers résultats obtenus.

### PREMIERS RÉSULTATS

Le thème de la sécurité routière n'est pas traité de façon approfondie dans les schémas d'aménagement étudiés. Ceux-ci contiennent cependant de nombreux éléments qui peuvent contribuer à améliorer la sécurité routière et à prévenir les risques d'accidents.

### DIAGNOSTIC DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Les schémas d'aménagement étudiés font le plus souvent état de certains constats en matière de sécurité routière. Ceux-ci portent généralement sur des tronçons présentant des problèmes de sécurité actuels ou potentiels : tronçons de routes de transit en milieu rural le long desquels l'urbanisation linéaire a entraîné une multiplication des accès, traversées d'agglomération, secteurs de congestion.

Certaines MRC reprennent également des conclusions du plan de transport dans leur région, en matière de sécurité. Un diagnostic de l'ensemble du territoire, reposant sur des données statistiques, permettrait par ailleurs de faire des choix plus judicieux en matière d'aménagement.

### OBJECTIFS

Tous les schémas d'aménagement étudiés fixent des objectifs en matière de sécurité routière ou de circulation; ceux-ci sont le plus souvent de nature très générale (améliorer la circulation et la sécurité routière), et gagneraient à être plus concrets. Des objectifs d'amélioration de

la sécurité routière quantifiables permettraient également de rallier les acteurs autour des mesures adoptées.

## HIÉRARCHIE DU RÉSEAU ROUTIER

La hiérarchie du réseau routier est un élément de base de la planification du territoire et des interventions en matière de sécurité. Une bonne hiérarchie permet d'assurer une cohérence entre l'usage des voies, les usages existants ou prévus aux abords et les caractéristiques physiques. Certains choix d'aménagement peuvent être modulés en fonction de la hiérarchie : usages, lotissement, marge de recul, accès, réseau de camionnage, réseau cyclable, réseau piéton, stationnement sur rue, etc.

En général, les MRC reprennent la classification fonctionnelle établie par le Ministère (autoroutes, routes nationales, régionales et collectrices) et ne hiérarchisent ainsi qu'une petite partie du réseau routier (qui correspond cependant au réseau le plus fréquenté). Quelques-uns seulement établissent aussi une classification du réseau sous la responsabilité des municipalités.

## CONCEPT D'ORGANISATION SPATIALE

Le concept d'organisation spatiale, avec la délimitation des grandes affectations et des périmètres d'urbanisation, permet d'appuyer les choix en matière de gestion des déplacements. En effet, la localisation des nouvelles zones d'urbanisation a des répercussions sur le choix des modes de transport et le volume des déplacements, et par conséquent sur leurs conditions de sécurité. La diminution de l'utilisation de l'automobile améliore les conditions de sécurité de l'ensemble des déplacements.

En général, les concepts d'organisation spatiale adoptés par les MRC sont basés sur une structure polaire (pôles principaux, secondaires,

axes structurants) ; les exemples d'articulation avec les déplacements sont peu fréquents. On peut citer les suivants :

- localiser les pôles en fonction de leur desserte par les équipements de transport routier et autres modes ;
- dans une MRC à caractère rural, privilégier les activités d'envergure régionale génératrices de déplacements dans le pôle, bien desservi par le réseau routier et d'autres modes de transport, plutôt que dans les petits noyaux villageois ou le long d'une route de transit ;
- délimiter les zones industrielles importantes selon des critères liés à l'efficacité du réseau routier (par exemple, la facilité d'accès au réseau autoroutier ou supérieur) ;
- exiger une étude de circulation avant d'autoriser de grands projets le long des routes ;
- privilégier l'extension urbaine dans des secteurs où les effets sur le réseau routier seront moindres et pour favoriser les solutions de rechange en transport dans de bonnes conditions de sécurité (transport en commun, réseaux cyclables et piétonniers) ;
- favoriser les secteurs résidentiels ou commerciaux denses le long des lignes de transport en commun ou à proximité des stations importantes afin de faciliter les déplacements piétons ;
- limiter l'étalement urbain par une définition adéquate des périmètres d'urbanisation.

## TRAMES URBAINES

Dans la conception des nouveaux quartiers résidentiels, il est possible de favoriser des moyens de transport autres que l'automobile ainsi que des vitesses modérées. La hiérarchie des voies et de leurs raccordements, le tracé et la largeur des rues sont autant d'éléments qui ont une influence sur les choix en matière de déplacements et sur le comportement des conducteurs.

Certains schémas d'aménagement compor-

tent par ailleurs des dispositions concernant les nouvelles intersections : réduire le nombre de nouvelles intersections avec le réseau routier supérieur, prévoir un espacement minimal entre les intersections (300 à 400 mètres), assurer la desserte de tout nouveau secteur résidentiel par une rue collectrice.

## USAGES LE LONG DES ROUTES

Les usages autorisés sur les terrains le long des routes déterminent l'ampleur de la vie locale et le type d'usagers qui vont les utiliser. Ces usages doivent être compatibles avec la hiérarchie et la vocation que l'on donne à la route : réseau de camionnage, réseau cyclable, axe de transport en commun, etc. Par exemple, la présence de résidences le long d'une route nationale en milieu rural signifie l'arrêt éventuel d'autobus scolaires ou la présence de piétons et cyclistes, qui peuvent être en conflit avec les véhicules et camions en transit.

## GESTION DES ACCÈS LE LONG DES ROUTES

La multiplication des accès le long d'une route de transit sur laquelle la limite de vitesse est élevée (70 ou 90 km/h) augmente le nombre de manœuvres de virage et les risques de conflits ; cette situation peut être observée le long d'une partie significative du réseau routier du Québec. Toutefois, grâce à la sensibilisation faite auprès des municipalités et MRC depuis une dizaine d'années, la majorité des schémas d'aménagement traitent maintenant de la gestion des accès : les problèmes de sécurité sont relevés, des objectifs sont adoptés, des mesures sont incluses dans le schéma ou dans le document complémentaire.

Les mesures les plus fréquentes sont une largeur minimale de lot et une superficie minimale à respecter lors du morcellement d'un terrain le long d'une route de transit. Conjuguées à une norme limitant le nombre d'accès par lot, ces

dispositions (principalement la largeur minimale) assurent que les nouveaux accès resteront suffisamment espacés. Il est cependant nécessaire que cette norme minimale soit suffisamment élevée pour obtenir une certaine efficacité sur le plan de la gestion des accès, et qu'elle soit incluse dans le document complémentaire pour qu'elle puisse s'appliquer dans toutes les municipalités; quelques MRC seulement adoptent des largeurs minimales de 100 ou 150 mètres le long des tronçons les plus sensibles.

En s'inspirant des Normes du Ministère, plusieurs MRC fixent également des normes ou des critères d'aménagement des accès (largeur, rayons de courbure, espacement minimal avec une intersection, aménagement paysager, critère pour que les manœuvres d'entrée et sortie se fassent en marche avant, etc.).

Enfin, d'autres MRC prévoient que, le long du réseau routier supérieur, les permis de construction et de lotissement ne seront accordés que si le requérant a obtenu le permis d'accès délivré par le Ministère ou un avis écrit. Cette disposition facilite les discussions entre le Ministère, les municipalités et la population, et assure une certaine cohérence dans les décisions.

## PAYSAGE

Toutes les MRC tiennent compte du paysage dans leurs schémas, notamment par la définition de sites d'intérêt, de corridors routiers panoramiques ou de points de vue à préserver. Un cadre normatif ou des critères d'aménagement sont généralement intégrés au document complémentaire. Les préoccupations sont souvent de nature esthétique, mais les mesures adoptées présentent également des avantages pour la sécurité routière.

En effet, la densité des constructions, la marge de recul, l'affichage, les aménagements paysagers sont autant d'éléments perçus par les conducteurs et qui pourront avoir une influence sur leur comportement. Ainsi, une différence mar-

quée entre les milieux urbain et rural permet d'aménager des portes d'entrée et d'amener les conducteurs à réduire leur vitesse et à tenir compte des usagers vulnérables une fois dans le milieu urbain. Un affichage commercial bien contrôlé réduit la distraction des conducteurs. La bande boisée que plusieurs MRC exigent de conserver le long des chemins publics peut servir de brise vent et réduire les effets néfastes de la poudrerie en hiver.

## CONCLUSION

L'analyse de différents schémas d'aménagement révisés révèle des éléments novateurs et des pistes de solution pour favoriser la sécurité routière. La sécurité routière, et les transports en général, ne sont cependant pas encore complètement intégrés dans la planification du territoire. Il s'agit souvent d'un volet à part, orienté vers les infrastructures routières plutôt que vers les déplacements (la sécurité routière est souvent utilisée comme argument pour justifier des travaux d'amélioration des infrastructures), sans réflexion d'ensemble sur les liens avec l'aménagement du territoire.

Les résultats obtenus à ce jour dépendent beaucoup du degré de sensibilisation de chacun localement, élu, aménagiste, ingénieur, policier, etc. Il est donc nécessaire de mieux diffuser les résultats des recherches dans le domaine et de sensibiliser les acteurs; un guide à cet effet est en préparation. De bons exemples existent : plusieurs municipalités et MRC ont reçu un prix Sécurité routière de l'Association québécoise du transport et des routes pour un document d'urbanisme.

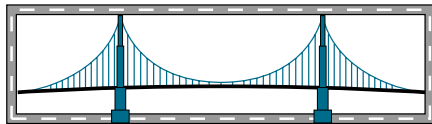
La recherche doit encore être poursuivie, à différents niveaux. Ainsi, les effets des choix d'aménagement sur la sécurité routière sont souvent indirects, à long terme, et difficiles à mesurer ; une méthodologie devra être définie. Il faudra également préciser à quel niveau il faut agir : schéma d'aménagement, plan d'urbanisme, règlements municipaux. L'exercice de révision

des schémas d'aménagement est bien engagé ; en janvier 2002, 23 schémas révisés étaient en vigueur. La prochaine étape de révision touche les plans d'urbanisme des municipalités, et c'est une échelle à laquelle la sécurité routière se traite très bien. Il faudra par ailleurs distinguer la situation des MRC de type rural, très différente de celle des MRC de type urbain.

L'inventaire réalisé a permis de dégager plusieurs mesures novatrices. Afin de faciliter leur adoption par d'autres MRC ou municipalités, le cadre légal devra sans doute être ajusté. Le chantier sur l'instrumentation, lancé par la ministre des Affaires municipales et de la Métropole en 1999, permettra d'actualiser et d'améliorer les instruments mis à la disposition des municipalités et des MRC en matière d'aménagement et d'urbanisme.

De meilleures connaissances sur les relations entre urbanisme et sécurité routière permettront aux MRC et aux municipalités de prendre des décisions plus appropriées dans leurs documents d'urbanisme, et ainsi de contribuer à l'atteinte des objectifs énoncés dans la Politique de sécurité dans les transports et à l'amélioration de la sécurité routière.

La démarche implique un partenariat accru entre, d'une part, les responsables de la planification de l'aménagement du territoire au sein des municipalités et des MRC et, d'autre part, les gestionnaires des réseaux routiers, soit les municipalités et le ministère des Transports. Le fait que les élus et les spécialistes concernés soient sensibilisés à la sécurité routière facilitera sa mise en œuvre.



## PROJET AVEC GARANTIE DE PERFORMANCE DE 10 ANS SUR L'A-40 À VAUDREUIL : BILAN APRÈS 6 ANS

Bertrand Cormier, ing. Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie

Denis Thébeau, ing. Direction du laboratoire des chaussées

### INTRODUCTION

L'idée d'appliquer une longue période de garantie à des travaux de construction n'est pas nouvelle. Dès l'époque Romaine, les entrepreneurs de travaux publics devaient assumer durant quinze ans la réparation des dommages aux ouvrages qu'ils avaient construits. Dans l'ancien droit français, cette responsabilité était de dix ans et ce n'est qu'en 1927 que le Code civil du Québec l'a ramenée à cinq ans pour la « perte » de l'ouvrage, c'est-à-dire toute détérioration majeure d'un ouvrage qui en affecte la solidité ou l'intégrité et qui résulte d'un vice de conception ou de réalisation des travaux ou d'un vice du sol [1] [2].

Or, si la garantie de 10 ans du présent projet n'est pas un concept totalement nouveau quant à sa durée, son application à un devis de performance de chaussée peut être considérée comme relativement hardie en raison de la multitude de facteurs pouvant causer une détérioration prématurée de l'état de la chaussée pendant cette période. Il nous a donc semblé opportun, six ans après sa mise en service, de faire le point sur le déroulement de l'application de cette garantie ainsi que sur l'évolution de l'état de la chaussée, afin d'obtenir une indication de son comportement futur.

### PRÉSENTATION DU PROJET

L'Autoroute 40 dans le secteur de la municipalité de Vaudreuil-Dorion est une route en béton à chaussées séparées comportant trois voies de circulation par direction. Le débit de circulation journalier moyen annuel (DJMA) était de 59 000 véhicules en 1994 et la proportion de véhicules lourds atteignait 16 %. Comme ce secteur fait

partie de l'axe principal de déplacement des marchandises du Québec vers l'Ontario, notre principal marché d'exportation, les camions y sont particulièrement chargés.

Construite en 1966, cette chaussée en béton était devenue très fissurée (figure 1), et l'uni très pauvre. Elle avait atteint la fin de sa durée de vie utile, à cause notamment des importantes sollicitations par les véhicules lourds, du drainage inadéquat de la fondation ainsi que des problèmes caractéristiques des joints des dalles longues armées d'un treillis métallique.

Au moment où un projet de réfection majeure devenait nécessaire sur cette route, un programme fut mis sur pied au ministère des Transports du Québec pour favoriser l'introduction d'innovations techniques par les entreprises de construction routière. Ce programme consistait à lancer un certain nombre d'appels de propositions permettant aux entreprises de soumettre des solutions innovatrices pour résoudre divers problèmes touchant les chaussées et structures. Les buts visés étaient :

- la mise au point de nouvelles techniques de réhabilitation routière ;
- l'adaptation aux conditions québécoises des techniques et méthodes conçues à l'étranger ;
- l'accroissement du potentiel technologique des firmes québécoises d'ingénierie ;
- la définition d'une méthode administrative favorisant le recours à l'expertise des entreprises ;
- la diversification de la connaissance et de l'expérience des spécialistes du Ministère.

Figure 1 – Dégradations présentes sur l'ancienne chaussée



### DEVIS D'APPEL D'OFFRES

En 1994, un appel d'offres de type conception-réalisation incluant une clause de garantie de performance a été lancé pour la réfection d'un tronçon de 5,5 kilomètres de la chaussée en direction ouest de l'Autoroute 40.

Outre les exigences relatives au maintien de la circulation pendant les travaux, les documents d'appel d'offres incluaient les plans de la chaussée existante, la description des sondages et des carottes prélevées, les résultats d'essais de résistance en compression et des analyses de sols, la cartographie des défauts, les résultats bruts d'essais de déflexion FWD (Falling Weight Deflectometer), la profilométrie, les relevés d'adhérence SCRIM (Sideways Force Coefficient Routine Investigation Machine), les données statistiques de variation horaire de la circulation, l'ECAS (équivalent de charge axiale simple) rigide et souple estimé par année, ainsi que le taux d'accroissement prévu de la circulation.

La garantie d'entretien exigée devait être sous la forme d'un cautionnement d'entretien d'une valeur égale à 50 % de la somme du

**Tableau 1 : Seuils et délais d'intervention pour les critères couverts par la garantie, par tronçon de contrôle (une voie de circulation sur 100 m de longueur)**

Critère	Intervention	
	Délai (jours)	Seuil
Nid de poule	3	4 ou plus dont le diamètre est supérieur à 100 mm
Fissure	60	Ouverture supérieure ou égale à 3 mm ou ouverture inférieure à 3 mm mais longueur supérieure à 20 m linéaires
Colmatage de joint	60	10 % ou plus de joints défectueux
Épaufrure	60	Largeur supérieure à 75 mm ou largeur entre 50 et 75 mm mais longueur supérieure à 20 m linéaires
Ornière	60	Profondeur supérieure à 15 mm
Adhérence	60	Indice CFT inférieur ou égal à 40
Profilométrie	60	Indice IRI supérieur à 3,5

contrat et dont la durée devait correspondre à la période de garantie proposée par le soumissionnaire. Les défauts couverts par la garantie sont les nids-de-poule, les pelades, les épaufrures, les fissures, le colmatage des joints, l'orniérage, l'adhérence et l'uni. Les seuils et délais d'intervention pour chacun des défauts sont indiqués au tableau 1, par tronçon de 100 mètres de longueur sur une voie de circulation. Étant donné que la durée de la période de garantie n'était pas spécifiée dans l'appel d'offres mais laissée au choix de l'entreprise, les seuils d'intervention correspondent pour la plupart à des valeurs que l'on ne devrait normalement observer que vers la fin de la durée de vie utile de la chaussée. Le devis exigeait toutefois que la solution proposée soit dimensionnée structurellement pour au moins 20 ans, afin d'assurer un bon comportement à long terme de la chaussée quelle que soit la période de garantie.

### CHOIX DE LA PROPOSITION

Les propositions étaient jugées sur les critères suivants (pondérés sur 100 %) :

- compétence, fiabilité et expérience de l'entreprise (10 %) ;
- qualité de la proposition (20 %) ;
- caractère innovant de la proposition (15 %) ;
- facilité d'exécution et contraintes d'utilisation (10 %) ;
- augmentation prévue de la qualité globale de la chaussée à court et long terme (10 %) ;
- période de garantie offerte (10 %) ;
- coût global (25 %).

Dix propositions ont été soumises par sept consortiums, les périodes de garantie proposées

allant d'un minimum de 2 ans à un maximum de 15 ans. Les six propositions en enrobé bitumineux comprenaient diverses techniques de fragmentation ou de recyclage de la dalle existante, en place ou en centrale, ou encore l'utilisation d'une membrane anti-fissures, avant la pose d'enrobés bitumineux spéciaux (à l'amiante, à haut module, rugueux, drainant, dense, posé en une fois ou construit par étapes). Les quatre propositions en béton de ciment étaient essentiellement constituées de recouvrements en béton non collé et de reconstruction dans les secteurs où le dégagement vertical ne permettait pas le rehaussement du profil. Différents types de dalles ont été proposés : avec joints goujonnés ou non selon les voies, de section trapézoïdale ou d'épaisseur constante, dimensionnement de 20 ans ou 30 ans, ou encore en béton armé continu avec armature galvanisée.

La proposition gagnante fut un recouvrement en béton non collé de section transversale trapézoïdale (figure 2), dimensionné pour 20 ans et assorti d'une garantie de 10 ans, à un prix de 4,2 millions de dollars.

### CONCEPTION DU PROJET

Ce projet consistait essentiellement à construire une nouvelle dalle par-dessus la dalle existante, qui avait été préalablement recouverte d'une couche d'enrobé bitumineux de 25 mm d'épaisseur. Là où les vieilles dalles étaient brisées en plusieurs morceaux, elles ont simplement été remplacées par du béton normal.

La dalle existante a dû être excavée et reconstruite directement sur la fondation existante dans quatre secteurs, sur une longueur de quelques centaines de mètres : aux deux extrémités du projet pour le raccordement aux structures de ponts et sous deux viaducs pour maintenir le dégagement vertical. La fondation existante est constituée d'un matériau granulaire d'une épaisseur de 770 mm, posé directement sur le sol naturel. Les essais de déflexion FWD

ont permis d'évaluer la portance de la fondation existante à 45 MPa/m (150 psi/pouce) et celle à la surface de la dalle à 200 MPa/m (700 psi/pouce). Le drainage latéral de la fondation a été amélioré par l'ajout d'un drain en rive droite, afin d'accélérer l'évacuation de l'eau retenue par le remblai du talus latéral.

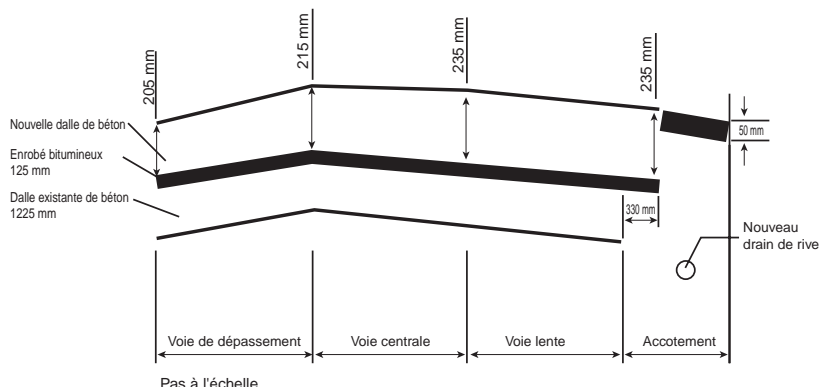
L'accroissement du trafic de camions sur cet axe majeur a été estimé à 4 % l'an et le facteur d'agressivité moyen par camion est évalué à 3,1. Cela donne un ECAS rigide de 14000 pour un DJMAC (débit journalier moyen annuel de camions) de 3000 dans la voie la plus sollicitée en 1994. La distribution et la croissance de ce trafic, exprimées en ECAS sur une durée de vie de 20 ans, sont montrées à la figure 3.

La conception des dalles a été faite au moyen de la méthode PCA [3], en utilisant les chargements les plus lourds pour déterminer les épaisseurs minimales. Par la suite, une analyse de risque spécifique a été effectuée pour réduire la probabilité de fissuration, particulièrement au cours de la période de garantie. À cet effet, la firme ERES Consultants a fourni un modèle de comportement de la chaussée en service selon NCHRP 1-30 [4]. Un niveau de fiabilité minimal de 97 % a été choisi, ce qui a conduit à majorer les épaisseurs obtenues par la méthode PCA de 20 mm. La figure 2 montre les épaisseurs finales de conception. De plus, une surlargeur de 300 mm a été ajoutée à droite afin de réduire les risques de fissuration.

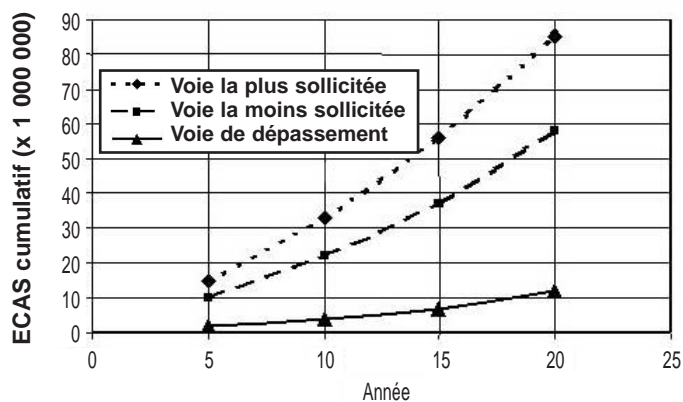
Dans le but de respecter les épaisseurs minimales en tout point, les calculs de nivellement ont été faits par informatique suivant un maillage de 3 m x 5 m dans chacune des voies. Les contrôles effectués par carottage montrent que les épaisseurs minimales ont été respectées et que les épaisseurs moyennes des dalles sont de 20 mm supérieures au minimum exigé.

Les caractéristiques des matériaux utilisés pour les dalles en béton sont montrées au tableau 2. Un plan d'assurance qualité a été établi par l'entrepreneur afin de respecter les

**Figure 2 : Coupe transversale de la section trapézoïdale du recouvrement en béton non collé**



**Figure 3 : Estimation de l'augmentation de l'ECAS et de la distribution par voie**



**Tableau 2 : Caractéristiques des matériaux de la dalle**

<b>Béton</b>	35 MPa de résistance en compression à 28 jours et 4,5 MPa en résistance en flexion à 10 jours
<b>Granulat</b>	Pierre concassée Trap-rock (syénite néphaline) de 40 mm Ø
<b>Tirants</b>	20 M – 750 mm x 750 mm c/c dans les joints longitudinaux
<b>Goujons enduits d'époxy, posés sur paniers à 300 mm c/c</b>	Dalle sur sol, joints transversaux à 4,5 m : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 38 mm Ø x 450 mm – voies centrales et centre</li> <li>• 32 mm Ø x 450 mm – voie de dépassement</li> </ul> Dalle sur dalle, joints transversaux à 6,0 m : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 mm Ø x 450 mm – voies centrale et lente</li> <li>• aucun dans la voie de dépassement</li> </ul>
<b>Produit de colmatage prémoulé</b>	De type Phoenix pour les joints longitudinaux et transversaux

résistances minimales exigées pour le béton. Les résultats démontrent que ces exigences ont été dépassées en tous temps. Un granulats de type Trap-rock (syénite à néphiline) a été utilisé pour réduire les risques d'apparition d'ornières d'usure. Un produit de colmatage prémoulé a été choisi pour sa durée de vie supérieure à celle d'un produit coulé à chaud.

## RÉALISATION DES TRAVAUX

Le climat sur le chantier était très différent de ce qu'il est dans le cas d'un contrat traditionnel. L'entrepreneur étant responsable de presque tous les aspects du projet, il y avait nécessairement moins de sujets potentiellement conflictuels avec le Ministère. De plus, la garantie de 10 ans représentait en soi un incitatif financier suffisamment important pour que l'entrepreneur porte une attention constante à la qualité des travaux. La figure 4 montre la pose d'un recouvrement en béton de ciment.

Le rôle du personnel du Ministère se limitait essentiellement à tenir un journal quotidien des opérations et à vérifier la conformité des travaux avec les plans mutuellement approuvés d'assurance qualité et de gestion de la circulation. Un laboratoire fut chargé d'exécuter des essais de validation et des audits.

La gestion de la circulation est l'aspect du contrat qui a posé le plus de problèmes. Il s'agit d'une préoccupation prioritaire pour le Ministère en raison de sa responsabilité globale quant à la fluidité et la sécurité des déplacements, à laquelle s'ajoute son rôle de propriétaire d'ouvrages. Pour l'entrepreneur, la gestion de la circulation est une préoccupation plus secondaire, car il s'agit d'une contrainte d'exécution assortie d'un coût important, à laquelle aucun avantage direct n'est associé. Comme les exigences du devis sur cette question étaient plutôt sommaires étant donné l'approche de type clé en main, plusieurs conflits en ont résulté, surtout au début du contrat. La situation s'est améliorée lorsque

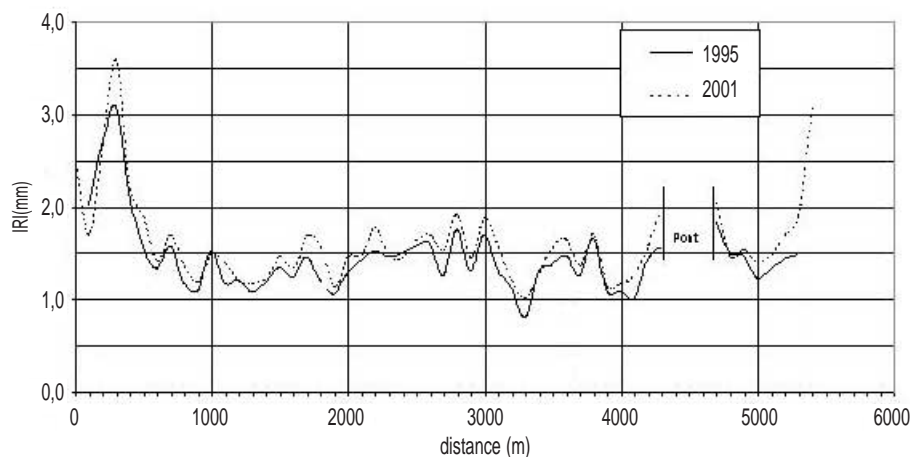
**Figure 4 : Exemple de la réalisation d'un recouvrement en béton non collé**



**Figure 5 : Aspect final de la chaussée à la fin des travaux**



**Figure 6 : Profilométrie de la voie centrale**



l'entrepreneur a finalement constaté le bien-fondé des recommandations du Ministère et a accepté de les suivre. Il ressort de cette expérience que le devis doit spécifier explicitement les normes à suivre pour le contrôle de la circulation sur le chantier, les paramètres géométriques à respecter et les équipements de sécurité jugés nécessaires.

## SUIVI DE LA PERFORMANCE

Selon les exigences du devis, les relevés et essais de vérification des critères de garantie sont effectués une fois par année, au mois de mai, directement par le Ministère ou par un mandataire. L'entrepreneur participe aux inspections et à la validation des procédures et des résultats.

## PROFILOMÉTRIE

La profilométrie a été mesurée annuellement dans les trois voies de 1995 à 2001, sauf en 1999, au moyen d'un profilomètre inertiel « Road Surveyor T6500 ».

La figure 6 montre les résultats d'IRI (indice de rugosité internationale) pour la voie centrale. Les autres voies, non montrées ici, suivent des courbes similaires : elles sont relativement peu variables sur la majorité du projet, mais le secteur compris entre les chaînages 0+100 et 0+400 affiche un IRI beaucoup plus élevé que la moyenne. Ce secteur en pente a posé certains problèmes de réalisation, avec la conséquence que l'IRI mesuré y atteint maintenant le seuil d'intervention de 3,5 m/km sur un tronçon de 100 mètres de la voie du centre.

La figure 7 montre l'évolution de la moyenne de l'IRI par voie. Les deux voies construites dans une même passe de la machine à coffrages glissants (centre et dépassement) ont des valeurs moyennes et des comportements presque identiques. La voie lente, construite dans une passe subséquente, affiche aussi un comportement semblable dans le temps, mais l'uni moyen y est sensiblement meilleur depuis le début.

## ORNIÈRES

Les mesures d'ornières avec un appareil à haut rendement, comme spécifié dans le devis, n'ont pas été effectuées annuellement dans toutes les voies. La profondeur des ornières est toutefois mesurée aux deux ans dans la voie du centre, pour alimenter le système de gestion des chaussées. Les données 2001 sont présentées à la figure 8.

La moyenne est de 3,0 mm, mais comme pour l'IRI, le tronçon compris entre les chaînages 0+300 et 0+400 affiche une profondeur d'ornières beaucoup plus élevée (11,7 mm); cette valeur élevée semble donc également liée aux difficultés éprouvées lors de la construction. Ailleurs, par contre, la profondeur des ornières se maintient entre 1 et 5 mm, six ans après la construction.

## ADHÉRENCE

L'adhérence a été mesurée annuellement dans les trois voies de 1996 à 2001, sauf en 1997, avec un appareil SCRIM.

La figure 9 montre les valeurs de CFT (coefficient de frottement transversal) de la voie du centre, qui est celle dont les valeurs sont les plus basses.

Sur un total de 54 tronçons de 100 mètres, seuls quelques-uns affichent des valeurs de CFT légèrement inférieures au seuil contractuel de 40 dans la voie centrale : huit tronçons en 1998, six en 1999, huit en 2000 et dix en 2001. Dans la voie lente, deux tronçons étaient déficients en

Figure 7 : Évolution de l'IRI par voies

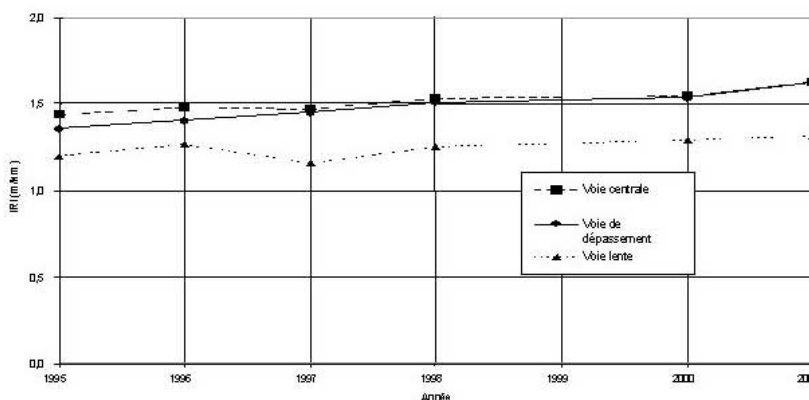


Figure 8 : Profondeur des ornières

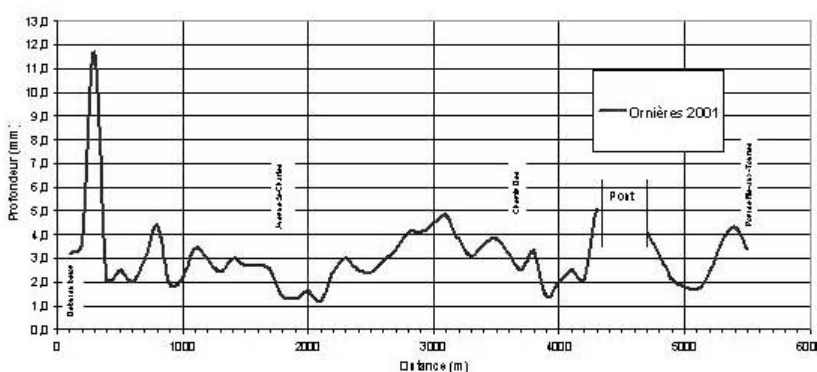
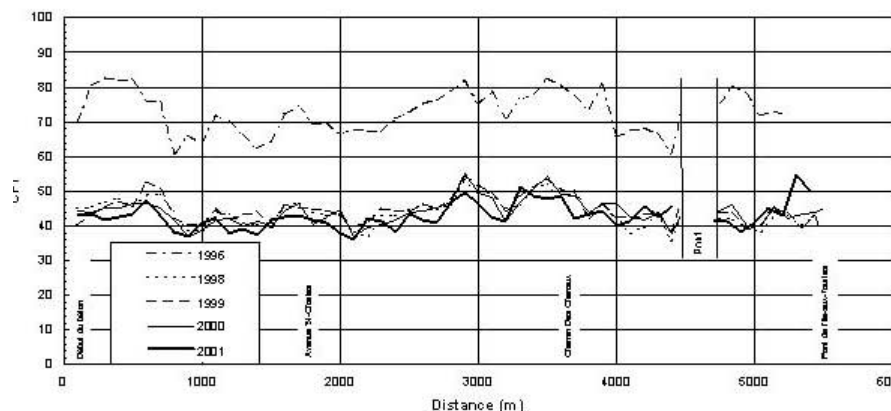


Figure 9 : Adhérence de la voie centrale



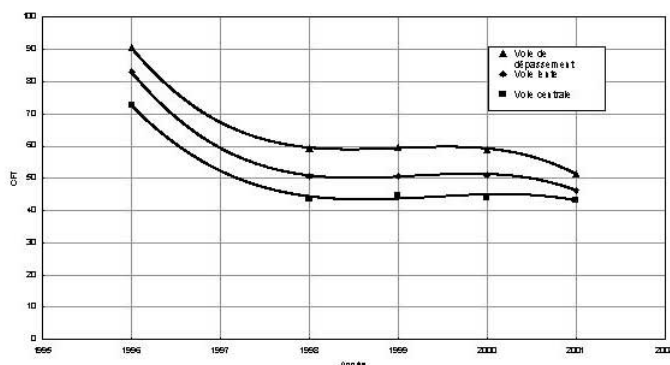
1998, mais aucun ne l'était en 1999 ni en 2001 et un seul l'était en 2000. Dans la voie de dépassement, un seul tronçon était déficient en 2001. On voit bien sur la figure 9 que les résultats de 1996, de niveau très acceptable, se détachent nettement de ceux des années subséquentes.

La figure 10 montre que les moyennes annuelles de CFT de chaque voie ont subi une chute très rapide dans les premières années, puis

ont connu une stabilisation à partir de 1998. Les valeurs moyennes de CFT se situent, entre 1998 et 2000, autour de 51 pour la voie lente, 44 pour la voie centrale et 59 pour la voie de dépassement. En 2001, le CFT de la voie centrale demeure constant, alors que celui de la voie lente et celui de la voie de dépassement recommencent à chuter de façon plus marquée. D'après les clauses contractuelles, le Ministère aurait déjà pu exiger une correction sur les tronçons dont



Figure 10 : Évolution du CFT moyen par voie



l'adhérence est sous le seuil contractuel, mais plusieurs raisons expliquent qu'aucune action n'a encore été entreprise.

Tout d'abord, la technique utilisée dans ce projet pour façonner la surface du béton afin d'obtenir une texture antidérapante est la même que celle spécifiée dans le Cahier des charges et devis généraux du Ministère [5], soit le passage d'un tapis Astroturf. Cette technique donne une surface très peu bruyante, et les relevés SCRIM, effectués immédiatement après les travaux et même jusqu'à un an après, indiquent une bonne adhérence. Les suivis de sections expérimentales et de quelques contrats avec garantie de performance depuis 1994 ont cependant commencé à faire apparaître un problème à partir de 1997 environ ; les valeurs de CFT chutent rapidement dès les premières années.

À la même époque, nous avons pris connaissance des résultats d'une étude exhaustive réalisée aux États-Unis sur le sujet [6]. Cette étude rapporte entre autres que la texture obtenue par le seul passage d'un tapis Astroturf n'est pas satisfaisante pour ce qui est de l'adhérence sur les routes à haute vitesse de circulation.

De plus, les relevés SCRIM sur certaines chaussées anciennes construites avec de très bons granulats montraient des valeurs très élevées d'adhérence; en ce qui concerne le présent projet, les indices CFT moyens sur l'ancienne dalle étaient de 61 dans la voie centrale, 76 dans la voie lente et 79 dans la voie de dépassement, malgré que la texture dans la pâte

de ciment ait disparu depuis longtemps. Les granulats utilisés étant très durs, on suppose que la pâte de ciment durcie s'use plus rapidement que le granulat, ce qui améliorerait la macrotexture. Il reste à vérifier au cours des prochaines années si ce phénomène se produit sur la nouvelle dalle.

Tant que le CFT des sections déficientes ne s'éloigne pas trop du seuil, il nous semble préférable d'attendre avant d'agir. Cela nous permettra de voir, d'une part, si les valeurs de CFT ne vont pas effectivement se maintenir ou même augmenter et, d'autre part, de comprendre les phénomènes en cause dans l'évolution de l'adhérence. Toutes les sections dont le CFT sera inférieur au seuil fixé dans le contrat devront être corrigées au plus tard à la fin de la période de garantie.

Une étude interne a en outre été entreprise au Ministère, depuis qu'on a pris connaissance de ces résultats et de ceux relatifs à d'autres projets similaires, afin de comprendre les phénomènes en cause et de trouver des moyens de remédier aux problèmes le cas échéant.

## DÉFAUTS GARANTIS

Tous les défauts observés depuis 1995 ont été réparés, soit :

- quelques épaufrures ;
- trois petits nids-de-poule (non déficients) ;
- quelques fissures ;
- quelques dizaines de joints dont le colmatage était défectueux.

Ces défauts sont très peu nombreux et, comme le montre le tableau 3, le coût des travaux d'entretien effectués par l'entrepreneur est faible et n'a pas eu tendance à augmenter jusqu'à maintenant.

## DÉFAUTS NON COUVERTS PAR LA GARANTIE

Aucun critère de performance relatif aux accotements n'est prévu dans ce contrat. Ceux-ci ont été refaits en enrobé bitumineux, comme ceux de la chaussée originale et comme le spécifient les devis types du Ministère [7]. Or, l'enrobé est fissuré transversalement et en forme de croissant au voisinage des joints transversaux, et il y a un affaissement en rive d'environ 15 mm.

Le comportement des accotements en enrobé bitumineux des autres chaussées en béton au Québec est rarement satisfaisant. La plupart des organismes en transports recommandent d'ailleurs que les accotements soient construits avec le même matériau que les voies de circulation pour, d'une part, simplifier la mise en œuvre et, d'autre part, assurer un meilleur comportement entre la chaussée et l'accotement.

L'ajout de critères de performance particuliers pour les accotements serait donc à envisager pour les prochains contrats de ce type.

## CONCLUSIONS

Après six ans, le comportement général de cette chaussée est excellent et se compare avantageusement avec celui de n'importe quelle autre chaussée du même type et du même âge. Les rares défauts réparés jusqu'à maintenant et les quelques travaux correctifs à prévoir d'ici la fin de la période de garantie font partie des aléas normaux en construction routière et ne représentent pas des montants importants. Le suivi de l'entretien étant plus systématique et rigoureux que celui qui est habituellement effectué après l'exécution d'un contrat traditionnel, tout porte à croire que l'état de la chaussée sera excellent à la fin de la période de garantie et que son

**Tableau 3 : Réparation des défauts couverts par la garantie**

Intervention	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Produit utilisé
Réparation d'épaufrures < 50 mm (nombre de tubes)	-	10	71	9	6	0	Sikaflex 11FC et 221 Vulkem 116
Réparation d'épaufrures > 50 mm ou réparations en surface 150 mm x 200 mm (nombre)	23	12	25	42	19	1	Meadows Futura
Réparations en profondeur 4m x 3,5m (nombre)	-	1	-	-	-	-	Béton à gain de résistance rapide
Réparation de fissure (mètre linéaire)	-	-	4,0	6,0	2	0	Sikaflex 11FC Sikadur 52 Meadows Sealtight
Colmatage de joint (mètre linéaire)	180	60	145	20	7	0	Phoenix (prémoulé) pour joints transversaux Vulkem 116 (liquide) pour joints longitudinaux
Coût de signalisation (\$)	2 500	3 050	2 800	2 000	2 100	950	
Coût des réparations (\$)	2 500	6 850	5 700	2 800	2 800	1000	
<b>Coût total (\$)</b>	<b>5 000</b>	<b>9 900</b>	<b>8 500</b>	<b>4 800</b>	<b>4 900</b>	<b>1950</b>	

comportement ultérieur sera également très bon.

Ce projet a été une expérience positive, intéressante et profitable, tant pour le Ministère que pour l'entrepreneur. Plusieurs constats faits pendant l'appel d'offres, les travaux et la période de garantie nous amènent toutefois à formuler un certain nombre de recommandations visant à améliorer et faciliter la réalisation des futurs projets de ce type :

- La période de garantie pourrait être fixée, auquel cas les seuils d'intervention pour les critères de performance devraient être ajustés en conséquence. Une des possibilités serait de spécifier différents seuils d'intervention, en fonction de la période de garantie proposée par l'entrepreneur.
- Les critères de sélection dans le devis d'appel d'offres pourraient être changés ou pondérés différemment, pour que l'accent soit moins

mis sur l'innovation et davantage sur la performance à long terme de la chaussée.

- Les spécifications pour la gestion de la circulation devraient être plus précises et détaillées.
- Des critères de performance pour les accotements devraient être spécifiés.

Même sans les améliorations proposées, ce projet a démontré qu'un contrat de chaussée en béton de ciment assorti d'une longue garantie de performance est faisable, réaliste et rentable.

## RÉFÉRENCES

- [1] Racicot, M. et M.A. Tremblay. *Nouveaux outils, mêmes obligations*, Revue PLAN, Ordre des ingénieurs du Québec, août-septembre 2000, p. 28.
- [2] Code civil du Québec (L.Q. 1991, c. 64).

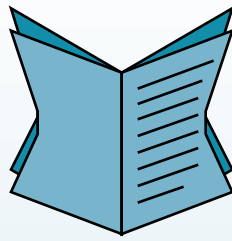
[3] Packard, R.G. et Allen, G.E. *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*, Portland Cement Association, 1984.

[4] NCHRP Report 372, *Support Under Cement Concrete Pavement*, National Cooperative Highway Research Program, 1995.

[5] Ministère des Transports du Québec, Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures, *Cahier des charges et devis généraux*, Les Publications du Québec, Sainte-Foy, 1997.

[6] Larson, R. et B.O. Hibbs. *Tire Pavement Noise and Safety Performance – PCC Surface Texture Technical Working Group*, Report FHWA-SA-96-068, FHWA, mai 1996, 111 p.

[7] Ministère des Transports du Québec, *Normes – Ouvrages routiers, tome II Construction routière, chapitre II*, Les Publications du Québec, Sainte-Foy, 1999.



**Étude de la réduction de l'éclaboussure des véhicules lourds par contrôle aérodynamique — rapport final. Volet 2 : essais en soufflerie**

**Guy Dumas, Ph.D., ing., et Jean Lemay, Ph.D., ing., Université Laval, Laboratoire de mécanique des fluides, Département de génie mécanique, Faculté des sciences et de génie**

Le présent document constitue le *Rapport final — Volet 2* de l'« Étude de la réduction de l'éclaboussure des véhicules lourds par contrôle aérodynamique ». Le *Rapport d'étape — Volet 1* concernait exclusivement la série d'essais routiers menée au Centre de formation de Charlesbourg à l'été 1999.

Le principal objectif de cette étude en deux volets était dans un premier temps, de démontrer concrètement, par des essais routiers, l'importance relative de l'aspect aérodynamique dans le problème de l'éclaboussure puis, dans un second temps, de proposer des dispositifs aérodynamiques prometteurs et d'évaluer leur potentiel d'efficacité par des essais sur modèles réduits en soufflerie.

Les importants travaux de développement menés au Laboratoire de mécanique des fluides depuis l'automne 1999 sont présentés dans le présent rapport, ainsi que les résultats de la série d'essais en soufflerie réalisée au cours de l'hiver et du printemps 2001. Pour les besoins de l'étude, une soufflerie à circuit ouvert a été substantiellement modifiée et un modèle réduit de camion-remorque a été fabriqué et instrumenté.

Une base de données spécialisée et unique concernant l'aérodynamique et l'éclaboussure a été produite. On y démontre en particulier l'importance cruciale de réduire l'écoulement d'air entre le tracteur et la remorque afin de maintenir le nuage de brouillard le plus confiné possible le long de celui-ci.

Parmi les concepts aérodynamiques testés, les plus intéressants se sont révélés être ceux qui agissent au niveau :

- de l'espacement d'air entre le tracteur et la remorque — déflecteur antitraînée, couchette, carénage ;

- de l'engouffrement d'air sous le tracteur — déflecteurs sur le devant du tracteur ;
- de l'évacuation transversale d'air provenant du dessous du véhicule — jupes latérales ;
- de la zone d'éjection de brouillard — soufflage par le biais d'ailerons sur les côtés.

Ces essais ont démontré qu'il n'existe pas de corrélation directe générale entre le système antitraînée et le système antiéclaboussure.

Dans la poursuite des efforts en vue de réduire le problème de l'éclaboussure générée par les véhicules lourds, les auteurs proposent les trois avenues de travail suivantes :

- confinement spatial du nuage de brouillard et condensation de ses fines gouttelettes ;
- succion locale (passive ou active) des régions d'atomisation ;
- évacuation de l'eau devant les roues sur la chaussée.

**Conception de glissières de béton de types PL2 et PL3 renforcées avec de l'armature en matériaux composites : essais d'impact - rapport final (phase III)**

**F. Brière et autres, ISIS Sherbrooke, Département de génie civil, Faculté de génie, Université de Sherbrooke, ministère des Transports du Québec**

La corrosion de l'armature d'acier est une des principales causes des problèmes de détérioration des structures en béton armé exposées aux intempéries. Le développement des réseaux autoroutiers accroît donc le besoin d'utiliser des matériaux non corrosifs pour l'armature du béton structural. Dans cette perspective, l'Université de Sherbrooke a mis sur pied un vaste programme de recherche sur le comportement des glissières en béton armé à l'aide d'armature en matériaux composites il y a quatre ans. Ce programme est mené en collaboration avec le ministère des Transports du Québec.

Le programme comporte trois phases. Les deux premières portent sur le comportement des glissières rigides en béton armé sous chargements statiques, et la troisième porte sur le comportement du même type de glissières soumises à un essai d'impact par pendule. Les glissières de type PL2 et PL3 proposées dans le nouveau Code Canadien de Conception des Ponts Routiers (CHBDC, 2000) ont été choisies pour réaliser les essais. Ce rapport présente les résultats des essais d'impact — phase III du projet — réalisés sur un site extérieur.

Des glissières d'une longueur de dix mètres, au nombre de huit, ont été construites en condition de chantier pour les besoins de l'essai. Quatre glissières de chacun des deux types (PL2 et PL3) ont été construites. Pour chaque type, deux unités à armature d'acier et deux autres à armature composite GFRP ISOROD ont été bâties. L'armature de liaison entre le mur des glissières et la dalle a été définie d'après les résultats des essais statiques réalisés en laboratoire — phases I et II du projet. Ce détail fait que l'armature de connexion passe de la dalle au mur de façon continue.

L'essai par pendule avec une boule de démolition en acier de trois tonnes a été réalisé sur chaque glissière, dans les mêmes conditions. Les résultats, basés sur la comparaison des comportements des glissières à l'impact, permettent de conclure que les glissières rigides à armature d'acier et à armature composite (Barre d'armature ISOROD) sont très similaires quant à la fissuration, à l'absorption d'énergie et à la résistance ultime.

**Banc d'essai des nouvelles technologies de détection de véhicules : rapport final. Volume 1 - rapport principal**

**Isabelle Tremblay, ing. stag., Michael De Santis, ing., et Paul R. Ouimet, ing., Groupe Cartier, ministère des Transports du Québec**

La technologie des boucles à induction magnétique est une technologie éprouvée de détection des véhicules, mais elle présente toutefois certains inconvénients : temps d'installation relativement long, incapacité de déplacer les boucles une fois installées, risque de provoquer la formation de fissures et la dégradation prématurée de la chaussée, difficulté d'installation sur les tabliers de pont ou de viaduc, risque que la lecture soit faussée par la présence de structures métalliques, impossibilité de faire une installation temporaire.

On assiste donc depuis plusieurs années à l'arrivée sur le marché d'autres technologies de détection des véhicules, qui n'ont d'effets ni sur la chaussée ni sur la circulation. Ces nouvelles technologies de détection n'ont toutefois pas nécessairement été éprouvées, et peuvent ne pas être adaptées au climat québécois.

Le ministère des Transports du Québec a donc confié au groupe Cartier la réalisation d'un projet de banc d'essai des nouvelles technologies de détection des véhicules. Ce projet consistait en la mise sur pied d'un banc d'essai visant à comparer la performance des technologies et des systèmes les plus prometteurs à celle des boucles de détection, d'évaluer la possibilité d'intégrer ces technologies au système de gestion de la circulation et de faire des recommandations quant à la possibilité de remplacer les boucles de détection par ces nouvelles technologies.

À la suite d'une recherche préliminaire, on a estimé que 12 détecteurs pouvaient présenter un intérêt pour le projet. Les manufacturiers ou fournisseurs de sept d'entre eux ont accepté de participer au projet. Par la suite, à cause de difficultés de fonctionnement rencontrées durant l'essai, trois appareils ont été retirés du projet. L'étape de la collecte des données a donc été complétée sur quatre appareils.

Le présent document constitue le rapport principal (volume1) du rapport final du projet. Il fait la synthèse du déroulement et des résultats du banc d'essai et fait état des conclusions en ce qui a trait aux orientations à privilégier pour la mise en place de nouvelles technologies.

*récentes*  
*Parutions*

# CONGRÈS CONFÉRENCES

Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignement
Intelligent Transport Systems	Du 3 au 6 septembre 2002 Singapour	IEEE	Tél. : (212) 228-0246 Télec. : (212) 228-0376 Courriel : dlh@nus.edu.sg Internet : <a href="http://www.Sanewsletters.com">http://www.Sanewsletters.com</a> ; <a href="http://www.ieee.org/itsc/2002">www.ieee.org/itsc/2002</a>
XIX <sup>e</sup> Congrès mondial de l'Association des technopoles (IASP) 2002	Du 3 au 6 septembre 2002 Québec, Canada	IASP (Association internationale des technopoles)	Tél. : (418) 658-6755 Courriel : <a href="mailto:info@iaspquebec2002.com">info@iaspquebec2002.com</a> Internet : <a href="http://www.iaspquebec2002.com">http://www.iaspquebec2002.com</a>
European Transport Conference	Du 9 au 11 septembre 2002 Cambridge, Royaume-Uni	AET, PTRC	Tél. : (212) 228-0246 ; +44 20 7348 1978 Télec. : (212) 228-0376 ; +44 20 7348 1989 Courriel : <a href="mailto:info@aetransport.co.uk">info@aetransport.co.uk</a> Internet : <a href="http://www.sanewsletter.com">http://www.sanewsletter.com</a>
Advance Vehicle Control AVEC 01	Du 9 au 13 septembre 2002 Hiroshima, Japon	JSAE	Tél. : (212) 228-0246 ; +81 3 3293 8254 Télec. : (212) 228-0376 Courriel : <a href="mailto:avec02@mech.cst.nihon-u.ac.jp">avec02@mech.cst.nihon-u.ac.jp</a> Internet : <a href="http://www.sanewsletter.com">http://www.sanewsletter.com</a>
Congrès annuel 2002 de l'Association des transports du Canada (Les transports : d'une vision à la réalité)	Du 15 au 18 septembre 2002 Winnipeg, Canada	ATC (Association des transports du Canada)	Gilles Morier Tél. : (613) 736-1350 Télec. : (613) 736-1395 Courriel : <a href="mailto:gmorier@tac-atc.ca">gmorier@tac-atc.ca</a> Internet : <a href="http://www.tac-atc.ca">http://www.tac-atc.ca</a>
8th National Conference on Transportation Planning For Small And Medium-Sized Communities « Tools Of The Trade »	Du 18 au 20 septembre 2002 Cincinnati, Ohio	TRB	TRB Kimberly Fisher Tél. : (202) 334-2934 Télec. : (202) 334-2003 Courriel : <a href="mailto:lkarson@nas.edu">lkarson@nas.edu</a> Internet : <a href="http://www4.nationalacademies.org/trb/calendar.nsf">http://www4.nationalacademies.org/trb/calendar.nsf</a>
7 <sup>e</sup> Conférence internationale sur les géosynthétiques	Du 22 au 27 septembre 2002 Nice, France	SIQ (Société internationale des géosynthétiques)	Tél. : 33(0)1 45 18 55 98 Télec. : 33(0)1 45 18 56 55 Courriel : <a href="mailto:ips-conseil@wanadoo.fr">ips-conseil@wanadoo.fr</a> Internet : <a href="http://www.7icg-nice2002.com">http://www.7icg-nice2002.com</a>
Congrès 2002 de la Fédération québécoise des municipalités	Du 26 au 28 septembre 2002 Québec	FQM (Fédération québécoise des municipalités)	Jacques Dupuis ou Josée Bergeron Tél. : (418) 651-3343 Télec. : (418) 651-1127 Courriel : <a href="mailto:fqm@fqm.ca">fqm@fqm.ca</a> Internet : <a href="http://www.fqm.ca/congres2002">http://www.fqm.ca/congres2002</a>

Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignement
Forum québécois sur l'énergie	Du 30 septembre au 1 <sup>er</sup> octobre 2002 Montréal	AQME et AQCIÉ	Tél. : 1-866-777-1707 Télec. : 1-866-777-1292 Courriel : <a href="mailto:order@insightinfo.com">order@insightinfo.com</a> Internet : <a href="http://www.insightinfo.com">http://www.insightinfo.com</a>
Tunnel Management Systems	Du 2 au 4 octobre 2002 Sydney, Australie	TMI	TMI Tél. : (212) 228-0246 ; +44 1234 854756 Télec. : (212) 228-0376 ; +44 1234 841375 Courriel : <a href="mailto:info@Sanewsletters.com">info@Sanewsletters.com</a> Internet : <a href="http://www.itc-conferences.com">http://www.itc-conferences.com</a>
Colloque sur les carrefours giratoires	Le 7 octobre 2002 Montréal	AQTR	Marc-André Lavigne Tél. : (514) 523-6444, poste 320 Télec. : (514) 523-2666 Courriel : <a href="mailto:malavigne@aqtr.qc.ca">malavigne@aqtr.qc.ca</a> Internet : <a href="http://www.aqtr.qc.ca/evenements/evenements.html">http://www.aqtr.qc.ca/evenements/evenements.html</a>
Forum international sur la mobilité urbaine et le transport avancé	Du 9 au 12 octobre 2002 Saint-Jérôme, Québec	CEVEQ (Centre d'expérimentation des véhicules électriques) et CEREVEH (Centre d'études et de recherche sur les véhicules électriques et hybrides)	Jana Illova Creveq Tél. : 1-450-431-5744 Télec. : 1-450-431-6403 Courriel : <a href="mailto:info@transport-urbain-2002.com">info@transport-urbain-2002.com</a> Internet : <a href="http://www.transport-urbain-2002.com">http://www.transport-urbain-2002.com</a>
9th ITS World Congress	Du 14 au 18 octobre 2002 Chicago, Illinois, USA	ITS America	Tél. : +1 202 484 4544 Télec. : +1 202 484 3483 Courriel : <a href="mailto:rwillis@itsa.org">rwillis@itsa.org</a> Internet : <a href="http://www.itsworldcongress.org">http://www.itsworldcongress.org</a>
Colloque sur le déneigement et le déglacage des routes au Québec	Le 17 octobre 2002 Québec	AQTR - Institut de la viabilité hivernale et de l'entretien routier (IVHER)	Marc-André Lavigne Tél. : (514) 523-6444, poste 320 Télec. : (514) 523-2666 Courriel : <a href="mailto:malavigne@aqtr.qc.ca">malavigne@aqtr.qc.ca</a> Internet : <a href="http://www.aqtr.qc.ca/evenements/evenements.html">http://www.aqtr.qc.ca/evenements/evenements.html</a>
Annual Conference on Contaminated Soils, Sediments and Water	Du 21 au 24 octobre 2002 Amherst (Massachusetts)	Université du Massachusetts	Denise Leonard Tél. : (413) 5445-1239 Courriel : <a href="mailto:info@UmassSoils.com">info@UmassSoils.com</a> Internet : <a href="http://www.UmassSoils.com">http://www.UmassSoils.com</a>
8th Conference International of Port Cities	Du 22 au 25 octobre 2002 Dailan, Chine	AIVP Association internationale des villes et des ports	Tél. : +33(0)2 35 42 78 84 Télec. : +33(0)2 35 42 21 94 Courriel : <a href="mailto:bureau@aivp.com">bureau@aivp.com</a> Internet : <a href="http://www.aivp.com">http://www.aivp.com</a>
14 <sup>e</sup> Colloque annuel sur l'environnement : « La gestion, les infrastructures et la réglementation de l'eau »	Le 24 octobre 2002 Québec	Ordre des ingénieurs du Québec	Tél. : (418) 650-6610 Télec. : (418) 650-4498 Courriel : <a href="mailto:environnement@info-genie.com">environnement@info-genie.com</a> Internet : <a href="http://www.info-genie.com">http://www.info-genie.com</a>

<b>Activité</b>	<b>Lieu et date</b>	<b>Organisation</b>	<b>Renseignement</b>
11th International HOV Conference	Du 27 au 30 octobre 2002 Seattle, Washington	TRB	Richard Cunard Tél. : (202) 334-2934 Télec. : (202) 334-2003 Courriel : lkarson@nas.edu Internet : <a href="http://www4.nationalacademies.org/trb/calendar.nsf">http://www4.nationalacademies.org/trb/calendar.nsf</a>
15th National Conference on Rural Public and Intercity Bus Transportation	Du 27 au 30 octobre 2002 Huron, Ohio	TRB	Peter Shaw Tél. : (202) 334-2934 Télec. : (202) 334-2003 Courriel : lkarson@nas.edu Internet : <a href="http://www4.nationalacademies.org/trb/calendar.nsf">http://www4.nationalacademies.org/trb/calendar.nsf</a>
Colloque Géomatique 2002 : « Partout pour tous ! »	Du 30 au 31 octobre 2002 Montréal	ACSG (Association canadienne des sciences géomatiques)	Tél. : (514) 495-0327 Courriel : <a href="mailto:info@geomatique2002.com">info@geomatique2002.com</a> Internet : <a href="http://www.geomatique2002.com">http://www.geomatique2002.com</a>
25 <sup>e</sup> Symposium sur les eaux usées et 14 <sup>e</sup> Atelier sur l'eau potable	Du 20 au 21 novembre 2002 Laval	RÉSEAU environnement	Tél. : (514) 270-7110 Télécopie : (514) 270-7154 Courriel : <a href="mailto:info@reseau-environnement.com">info@reseau-environnement.com</a> Internet : <a href="http://www.reseau-environnement.com">http://www.reseau-environnement.com</a>
Congrès annuel de l'APAQ	Du 22 au 23 novembre 2002 Hilton Lac Leamy, Hull	Association des propriétaires d'autobus du Québec (APAQ)	Tél. : (418) 522-7131 Télécopie : (418) 522-6455 Courriel : <a href="mailto:apaq@apaq.qc.ca">apaq@apaq.qc.ca</a> Internet : <a href="http://www.apaq.qc.ca">www.apaq.qc.ca</a>
INFRA 2002 – 8 <sup>e</sup> édition de la Semaine des infrastructures urbaines : « Vers de meilleures pratiques en infrastructures municipales »	Du 25 au 27 novembre 2002 Montréal	CERIU (Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines)	Tél. : (514) 848-9885 Courriel : <a href="mailto:info@ceriu.qc.ca">info@ceriu.qc.ca</a> Internet : <a href="http://www.ceriu.qc.ca/infra2002.htm">http://www.ceriu.qc.ca/infra2002.htm</a>

## INNOVATION TRANSPORT

**L**e bulletin scientifique et technologique INNOVATION TRANSPORT s'adresse au personnel du ministère des Transports et à tout partenaire des secteurs public et privé qui s'intéresse à ce domaine.

Il est le reflet des grands secteurs du transport au Québec : le transport des personnes, le transport des marchandises, les infrastructures et l'innovation. Il traite des enjeux importants, présente des projets de recherche en cours de réalisation ou terminés, de même que de l'information corporative.

INNOVATION TRANSPORT entend diffuser les résultats de travaux de spécialistes et d'expérimentations, les comptes rendus des activités de veille et de transfert technologique, ainsi que des activités réalisées pour garantir le maintien d'une expertise de pointe.

Les textes publiés dans le bulletin INNOVATION TRANSPORT reflètent uniquement le point de vue de leurs auteurs et n'engagent en rien le ministère des Transports.