

INNOVATION

NUMÉRO 22

FÉVRIER 2005

# TRANSP RT

BULLETIN SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

<http://www.mtcq.gouv.qc.ca/cqttt>



**DOSSIER**

**LA GÉOMATIQUE :  
UN OUTIL D'AIDE À LA LOCALISATION  
DES ZONES DE DÉPASSEMENT  
SUR LES ROUTES À DEUX VOIES**

Québec 

## DOSSIER :

- **LA GÉOMATIQUE : UN OUTIL D'AIDE À LA LOCALISATION DES ZONES DE DÉPASSEMENT SUR LES ROUTES À DEUX VOIES** **3**

## ARCHITECTURE

## PAYSAGÈRE ET

## SÉCURITÉ ROUTIÈRE

- **LE CARREFOUR GIRATOIRE : UN CONCEPT QUI S'ADAPTE À VOS BESOINS** **7**

## ENVIRONNEMENT

- **L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LE TRANSPORT DES MARCHANDISES** **12**

## ROUTES ET STRUCTURES

- **UTILISATION DES MODÈLES DE PERFORMANCE : POUR LA CONCEPTION DES CHAUSSÉES** **16**

## PARUTIONS RÉCENTES

## CONGRÈS ET

## CONFÉRENCES

INNOVATION TRANSPORT est réalisé par le Centre québécois de transfert des technologies des transports 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/cqttt>

Coordination : *Caroline Chabot*

Révision linguistique : *Direction des communications*

Supervision graphique : *Jean-Pierre Tremblay*

Infographie : *MiG concept*

Impression : *Transcontinental Québec*

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) 643-5710

Télécopieur : (418) 643-0345

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

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

ISSN - 1480-610X

Tirage : 1000 exemplaires

# MOT DE PRÉSENTATION DU DIRECTEUR

## LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET LES ZONES DE DÉPASSEMENT EN MONTÉRÉGIE

La sécurité routière est reconnue comme un domaine complexe où de nombreux facteurs interviennent dans le temps et l'espace. Lors de la réalisation de leur Plan de transport conjoint, les directions de la Montérégie ont retenu la sécurité routière comme élément majeur d'intervention en raison du nombre et de la gravité des accidents. Si le relief de la Montérégie est relativement plat, il n'en demeure pas moins que ses faibles pentes et ses courbes occasionnelles combinées au débit, à la densité des accès et des abords de la route créent une problématique tout à fait spéciale. La localisation du marquage routier des zones de dépassement et du potentiel de telles zones constitue donc un élément important en matière de sécurité routière.

De l'ensemble des manœuvres qu'un automobiliste peut avoir à exécuter, le dépassement d'un véhicule est sans doute l'une des opérations complexes, mettant en jeu une relation espace-temps hautement dynamique où trois véhicules et plus peuvent être impliqués. Le conducteur qui effectue le dépassement doit non seulement évaluer les distances et la vitesse des autres véhicules, mais aussi accélérer, emprunter la voie de gauche, contourner le véhicule plus lent, puis retourner à droite dans un laps de temps et sur une distance sécuritaire pour éviter une collision. Il n'est donc pas étonnant que la signalisation par le marquage routier ait été développée pour fournir aux conducteurs une aide précieuse à la prise de décision quand vient le moment de dépasser.

Plusieurs méthodes de mesure et de délimitation des zones de marquage ont été mises au point au fil des années. Ces méthodes varient en complexité, en précision et en temps d'application. Les développements technologiques récents offrent d'autres possibilités pour améliorer la localisation des zones de marquage sur les routes à circulation contiguë. À l'automne 2000, avec le soutien du Service de la coordination de la recherche et de l'innovation, la Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie a obtenu un premier projet de recherche pour évaluer les nouvelles technologies disponibles. L'Université du Québec à Trois-Rivières a été retenue pour réaliser cette étude.

Un deuxième projet de recherche est actuellement en cours, fruit d'une collaboration continue entre le ministère des Transports du Québec et l'Université du Québec à Trois-Rivières. Il a pour objectif d'appliquer la technologie des systèmes de positionnement globaux (GPS) et des systèmes d'information géographique (SIG) au problème de la localisation des zones de dépassement sur les routes à deux voies. Les premiers tests, réalisés en Montérégie, ont démontré que cette approche permet la localisation efficace de zones potentielles de dépassement, sans exiger l'application des méthodes traditionnelles de mesure sur le terrain.

La nécessité de mieux performer dans nos tâches traditionnelles nous incite à rechercher des solutions plus efficaces à travers l'évolution rapide des technologies.

Bernard Caron, directeur

Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie

## LA GÉOMATIQUE : UN OUTIL D'AIDE À LA LOCALISATION DES ZONES DE DÉPASSEMENT SUR LES ROUTES À DEUX VOIES

Denis Leroux, Université du Québec à Trois-Rivières  
 Marcel Beaudoin, Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie

### INTRODUCTION

De toutes les manœuvres qu'un conducteur automobile peut avoir à exécuter, le dépassement d'un véhicule sur une route à double sens est sans aucun doute l'une des opérations les plus complexes, mettant en jeu une relation espace-temps hautement dynamique où deux véhicules et plus peuvent être impliqués. Le conducteur doit non seulement évaluer les distances et la vitesse des autres véhicules, mais aussi accélérer, emprunter la voie de gauche, contourner le véhicule lent puis retourner à droite dans un laps de temps et une distance sécuritaire pour éviter un accident. Il n'est donc pas surprenant que la signalisation par marquage ait été développée pour fournir aux conducteurs une aide précieuse à la prise de décision quand vient le moment de dépasser.

Les tout premiers travaux ayant pour but d'établir une distance minimum de visibilité au dépassement datent de la fin des années 30. Ces travaux ont été effectués aux États-Unis, de 1938 à 1941, à partir d'observations sur le terrain (Polus et al. 1997). Cependant, malgré l'aboutissement d'un grand nombre d'études portant sur l'établissement d'une distance minimum de visibilité au dépassement, peu d'efforts ont été consacrés aux méthodes de localisation de ces zones sur les routes à deux voies.

Cet article présente les résultats de la première phase d'un projet de recherche visant l'élaboration d'une méthodologie et le développement d'outils de localisation des zones de dépassement basés sur les systèmes d'information géographique et les données GPS (Global Positioning System). Ce projet, supporté financièrement par le ministère des Transports du Québec, est en cours depuis l'automne 2000. La fin de la première phase du projet a donné lieu à la production

d'un rapport auquel peut se référer le lecteur pour de plus amples informations (Leroux et Beaudoin, 2003). Dans un premier temps, nous décrirons brièvement les deux principales méthodes traditionnelles de localisation des zones de dépassement. Puis, dans un deuxième temps, nous exposerons cette nouvelle approche, le processus de collecte et de traitement des données ainsi que l'outil informatique d'analyse de visibilité. Enfin, une discussion des résultats obtenus et des développements à venir viendra conclure l'article.

### LA DISTANCE DE VISIBILITÉ AU DÉPASSEMENT

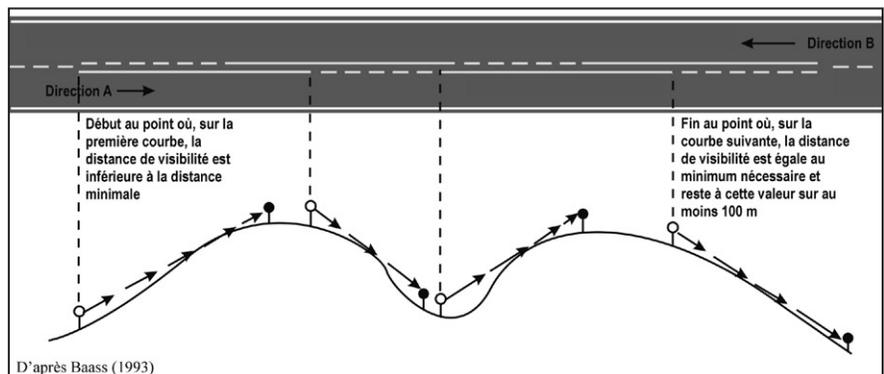
L'aptitude d'un conducteur à effectuer un dépassement est influencée par plusieurs facteurs physiques et humains. Par exemple, le débit de circulation en sens opposé, l'écart de vitesse avec le véhicule à dépasser, la géométrie de la route, la distance de visibilité, le temps de réaction du conducteur ainsi que sa tolérance au risque sont autant de facteurs influençant directement le choix de dépasser. Selon la littérature, la distance de visibilité sur la voie opposée est un critère majeur dans la décision d'un conducteur de dépasser ou non. Cette distance doit être suffisante pour permettre au conducteur d'effectuer sa manœuvre en sécurité.

Pour qu'un dépassement puisse avoir lieu, il faut que le conducteur soit en mesure de voir, de façon ininterrompue, le véhicule venant en sens opposé. Cette distance minimum peut être décomposée en quatre parties : 1) distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction dans la voie de droite 2) distance parcourue pendant que le véhicule qui dépasse occupe la voie de gauche 3) distance de sécurité entre le véhicule qui dépasse et celui qui vient en sens opposé à la fin du dépassement 4) distance parcourue par le véhicule circulant en sens opposé pendant que le véhicule qui dépasse occupe la voie de gauche.

Cette distance minimum varie, entre autres, en fonction de la vitesse en kilomètres/heure des véhicules en cause ainsi que selon l'organisme qui fixe les normes et le pays concerné. Par exemple, les normes québécoises sont différentes des normes canadiennes et les normes américaines diffèrent des normes australiennes ou britanniques.

Outre la vitesse, la géométrie de la route constitue également un élément majeur pouvant limiter la distance de visibilité. L'alignement routier se décompose en deux plans : horizontal et vertical. Le plan vertical correspond à la succession de zones creuses et de sommets de la route et aux obstructions visuelles qui en résultent (figure 1).

Figure 1: Distance de visibilité - plan vertical



Quant au plan horizontal, il fait référence aux courbes horizontales plus ou moins prononcées qui limitent la visibilité du conducteur à leur approche. Il arrive fréquemment que le rayon visuel d'une courbe soit insuffisant pour permettre un dépassement sécuritaire (figure 2).

Dans le cas d'un virage à droite, la distance de visibilité est mesurée selon une droite tangente au bord de la chaussée. Pour un virage à gauche, la ligne de

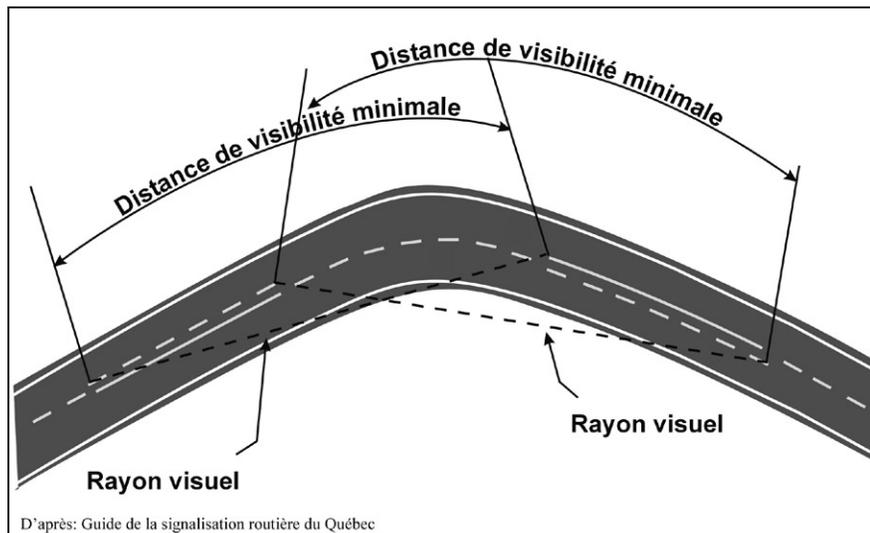
méthode de marche (walking method) et la méthode à deux véhicules.

La méthode de marche nécessite deux techniciens se déplaçant le long de la route à mesurer, séparés par la distance minimale de visibilité nécessaire au dépassement. Chaque technicien tient un jalon faisant office de cible maintenue à la hauteur prescrite. Une zone d'interdiction de dépasser sera notée dès que la cible avant devient invisible pour le technicien situé à

entre eux grâce au système de communication. Dès que le véhicule arrière perd de vue la cible sur le véhicule avant, une marque au sol est faite indiquant le début d'une zone d'interdiction de dépasser. Dès que la cible avant réapparaît, une nouvelle marque est faite pour signaler la fin de l'interdiction de dépasser. Tout comme pour la méthode de marche, le processus est répété en sens inverse pour marquer dans les deux directions. Cette approche est plus rapide que la méthode manuelle tout en offrant des résultats fiables. Elle nécessite toutefois beaucoup plus d'équipements et de techniciens expérimentés qui pratiquent régulièrement ce travail pour ne pas « perdre la main ».

Quelle que soit la méthode utilisée, on constate aisément que toutes les équipes travaillant à la localisation des zones de dépassement font face aux mêmes problèmes. Il s'agit d'une tâche longue et fastidieuse nécessitant plusieurs employés et pouvant parfois mettre en danger les techniciens sur le terrain. Il apparaît donc évident qu'un tel exercice pourrait bénéficier de l'apport des systèmes d'information géographique et des GPS.

Figure 2 : Distance de visibilité - plan horizontal



visibilité est tangente au bord de l'accotement de la route (figure 2). Sur le plan horizontal, les obstacles latéraux peuvent jouer un rôle important dans la délimitation des zones de dépassement. L'accumulation de neige en hiver ou encore la végétation contribueront parfois à limiter la visibilité des conducteurs. Pour garder une marge de sécurité à cet égard, il est préférable de ne pas considérer les zones de visibilité passant à l'extérieur de l'accotement.

## LOCALISATION DES ZONES DE DÉPASSEMENT

Une enquête réalisée aux États-Unis auprès des départements de transport a démontré que huit différentes méthodes de localisation des zones de dépassement sont en usage dans le pays (Brown et Hummer, 1995). Cependant, deux méthodes s'avèrent plus populaires pour accomplir cette tâche, soit la

l'arrière. La fin de la zone d'interdiction correspondra à la position où redeviendra visible la cible avant, sur une distance d'au moins 100 mètres. Après avoir marché toute la longueur de la route et noté le début et la fin des zones au sol, l'équipe reprend le même processus en sens inverse pour marquer la route dans l'autre direction. Cette méthode est l'une des plus précises sur le terrain (Brown et Hummer, 1995). Elle est cependant longue et laborieuse à appliquer, difficile à effectuer sur de longues distances et peut être dangereuse pour les techniciens qui doivent se déplacer sur la route.

La méthode à deux véhicules requiert deux camions équipés d'un système de communication, un instrument de mesure des distances, une cible placée à hauteur voulue sur le véhicule avant ainsi qu'un marqueur mécanique à peinture sur le véhicule arrière. Une fois les deux camions séparés par la distance de visibilité désirée, ceux-ci se mettent en mouvement simultanément en gardant toujours la même distance

## MÉTHODOLOGIE

Pour vérifier le potentiel d'application de l'approche par GPS, deux sites furent sélectionnés pour la collecte de données. Les deux portions de routes retenues sont situées dans la Direction territoriale de l'Ouest-de-la-Montérégie, au sud de Montréal. Le site 1, sur la route 104, se trouve dans la municipalité de La Prairie. Il s'étend sur 6,343 kilomètres avec plusieurs courbes sur le plan horizontal. Le site 2 va de Saint-Urbain-Premier à Sainte-Clotilde-de-Châteauguay. D'une longueur de 5,855 kilomètres, on y trouve un tracé rectiligne avec plusieurs courbes verticales.

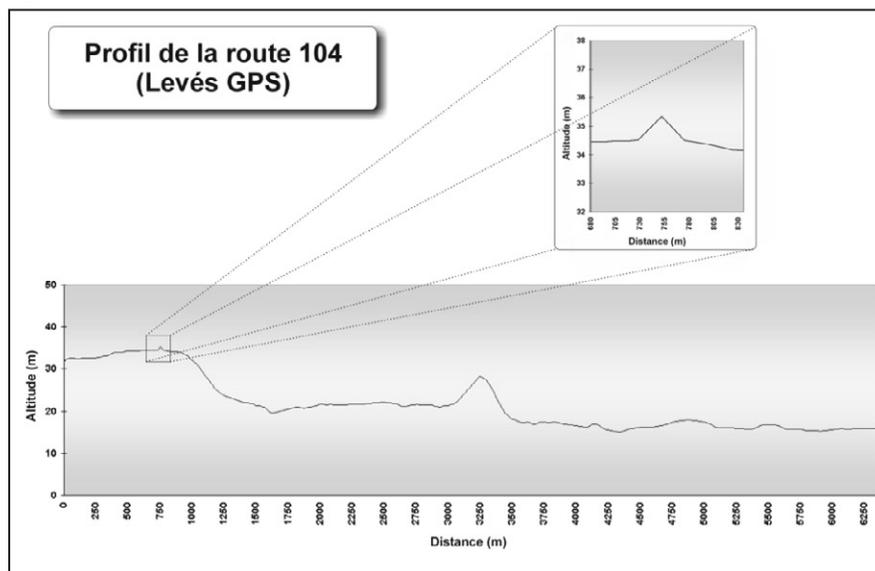
Préalablement à chaque levé GPS, une station de base pour le traitement en temps réel des données a été établie à proximité des deux sites sur des repères géodésiques connus. Deux GPS fixés sur le toit d'une fourgonnette ont permis la collecte des données en X, Y, Z au rythme de 1 point à la seconde. Le premier appareil, un CMT-Z33 de Corvalis Microtechnology, est un GPS bifréquence offrant une précision décimétrique en mode cinématique. Le deuxième appareil, utilisé aux

fins de comparaison avec un équipement à bas prix, est un Garmin G17N avec la technologie WAAS (Wide Area Augmentation System).

À la suite de la collecte de données et de leur post-traitement, les données GPS ont été intégrées dans le système d'information géographique MapInfo pour une première vérification visuelle. Cet affichage nous a permis de constater la présence de plusieurs trouées dans les traces provenant du système Corvalis. Sur le site de la route 104, ces trouées ont atteint jusqu'à 200 mètres, mais n'excédaient pas 70 mètres sur la route 205. Cette absence de données résulte d'une mauvaise réception du signal satellite en raison d'un effet de corridor produit par la végétation de chaque côté de la route. En bloquant l'horizon, la végétation limite la réception du signal aux seuls satellites situés directement au-dessus de l'antenne, ce qui a un impact direct sur la qualité des dossiers. Par contre, nous avons également constaté que le G17N de Garmin est beaucoup moins sensible aux pertes de signal en produisant des traces régulières, presque sans trouées.

Outre l'intégration à MapInfo, nous avons également réalisé un profil vertical de chaque site pour vérifier les données d'altitude générées par les GPS. Encore une fois, la mauvaise réception du signal a produit des valeurs erronées en altitude dans le cas du système Corvalis (**figure 3**).

**Figure 3 : Profil vertical - route 104**



Ces variations soudaines d'altitude d'un point à l'autre viennent fausser localement le profil de la route et rendent inutilisables ces traces pour le calcul de la visibilité. Après quelques tentatives infructueuses de corriger la situation avec le système Corvalis, nous avons finalement opté pour les traces produites à l'aide du G17N de Garmin. Bien que n'étant pas un appareil de type professionnel et n'offrant pas une précision aussi élevée que le Corvalis, les traces générées sur les deux sites se sont avérées stables et sans trouées. À la suite de la validation des données, l'étape suivante a été de créer deux traces (une pour chaque direction) pour chacun des sites dans le SIG MapInfo. Ces traces sont composées d'un élément linéaire, qui forme le profil horizontal de la route, et de tous les points GPS avec leur valeur d'altitude, pour établir le profil vertical de la route.

## LE LOGICIEL ARGOS-VISION

Le logiciel Argos-Vision, qui permet d'effectuer le calcul de visibilité à partir des traces GPS, a été développé dans l'environnement MapInfo, à l'aide du langage MapBasic. En plus d'offrir des fonctions de conversion des points GPS en trace, sa fonctionnalité principale se trouve dans le menu de localisation des zones de dépassement (**figure 4**).

Les paramètres pris en compte par le logiciel pour localiser les zones de dépassement se divisent en quatre blocs distincts. Le premier est le bloc d'entrée-sortie où sont spécifiés le fichier trace d'entrée, le fichier de marquage de sortie ainsi que le champ altitude de la base de données. Le bloc deux réfère au type de ligne avec lequel seront tracées les zones de dépassement autorisé ou interdit. Le bloc trois permet à l'utilisateur d'indiquer les paramètres de visibilité, soit la vitesse autorisée, la distance minimum de visibilité, la longueur minimum des zones de dépassement ainsi que la hauteur des yeux du conducteur et de la cible. Enfin, le bloc quatre renferme les paramètres de calcul, c'est-à-dire la largeur de la voie, la largeur de l'accotement, le décalage du conducteur par rapport à la trace, la marge d'erreur en altitude ainsi que l'intervalle de calcul de la visibilité. Il est à noter que les blocs 3 et 4 sont munis de boutons d'aide offrant des suggestions à l'utilisateur.

Une fois les paramètres spécifiés, l'analyse débute par le chargement en mémoire des coordonnées X, Y, Z de la trace GPS, suivi du calcul de la visibilité sur les plans horizontal et vertical.

Nous avons testé l'outil sur les deux sites, en utilisant les traces produites grâce au GPS Garmin. La distance minimum de visibilité était de 350 mètres, la hauteur de la cible et des yeux du conducteur fixée à 1,05 mètre du sol, la largeur de la route établie à 10 mètres pour la route 104 et à 7 mètres pour la route 205. Cette largeur correspond à la zone dégagée pour la visibilité horizontale et est égale à la largeur du pavage plus celle de l'accotement. La **figure 5** montre un exemple de localisation de zone de dépassement pour une portion de la route 205.

Il s'avère que, pour la route 205, les zones actuelles de dépassement autorisées pourraient être allongées et que de nouvelles zones pourraient s'ajouter au marquage actuel tout en maintenant une distance minimum de visibilité de 350 mètres. Des résultats similaires ont été obtenus pour la route 104 où le marquage actuel interdit tout dépassement sur l'ensemble du site à l'étude.

**Figure 4 : Fenêtre de saisie des paramètres**

**CONCLUSION**

Nos résultats démontrent que l'utilisation de la technologie des GPS, couplée aux systèmes d'information géographique, permet la localisation des zones potentielles de dépassement sur les routes à deux voies. Il s'agit d'une approche peu dispendieuse et rapide comparée à la méthode de marche.

Toutefois, une amélioration des techniques de collecte de données avec les GPS haute précision est nécessaire dans le but de produire des traces régulières et sans trouées. De plus, le logiciel développé dans le cadre de ce projet constitue une première version

d'un outil qui nécessite encore des améliorations. Une deuxième phase du projet, actuellement en cours et financée par le ministère des Transports du Québec, devrait permettre de pallier ces difficultés et d'apporter une solution applicable au problème de la localisation des zones de dépassement sur les routes à deux voies. En terminant, les auteurs tiennent à remercier le ministère des Transports du Québec pour son soutien financier depuis l'automne 2000 pour la réalisation des phases 1 et 2 de ce projet.

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

BAASS, Karsten. *Précis sur la signalisation routière au Québec*. Québec, Association québécoise du transport et des routes, 1993, 699 p.

BROWN, R.L. et J.E. HUMMER « Determining the Best Method for Measuring No-Passing Zones », *Transportation Research Record*, No 1701, 1995, p. 61-67.

GLENNON, J.C. « New and Improved Model of Passing Sight Distance on Two-Lane Highways », *Transportation Research Record*, No 1195, 1998, p. 132-137.

KARIMI, H.A., A.J. KHATTAK et J.E. HUMMER « Evaluation of Mobile Mapping Systems for Roadway Data Collection », *Journal of Computing in Civil Engineering*, No 14, 2000, p. 168-173.

LEROUX, Denis, et Marcel BEAUDOIN. *Développement d'un outil de marquage des zones de dépassement. Rapport final*, Québec, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, 2003, 56 p.

MAPINFO CORPORATION. *Mapinfo Professional User's Guide*, New York, 2003, 759 p.

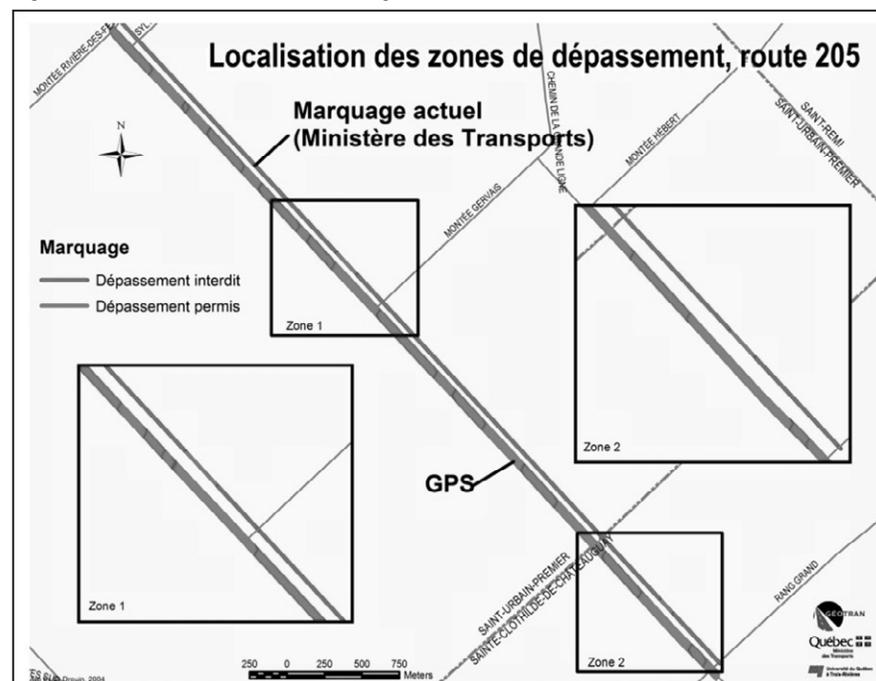
MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Guide des normes des ouvrages routiers. Conception routière. Tome 1*, Québec, Gouvernement du Québec, 1994, chapitre 7, p. 1-7.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Guide de la signalisation routière. Tome 5*, Québec, Gouvernement du Québec, 2003, chapitre 6.9, p. 6-12.

POLUS, A., M. LIVNEH et B. FRISCHER « Evaluation of the Passing Process on Two-Lane Rural Highways », *Transportation Research Record*, No 1701, 1997, p. 53-60.

PROUDLOVE, J.A. « Comparison of International Practices in the Use of No-Passing Controls », *Transportation Research Record*, No 1280, 1990, p. 173-180.

**Figure 5 : Localisation des zones de dépassement - route 205**





## LE CARREFOUR GIRATOIRE UN CONCEPT QUI S'ADAPTE AUX BESOINS

Par **Pascale Guimond, ing.**

Service de la qualité et des normes, Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures

Le carrefour giratoire est un mode de gestion de la circulation encore tout nouveau au Québec. Un peu plus d'une dizaine de carrefours giratoires sont en service sur le territoire québécois. Le présent article permet de préciser les éléments physiques et les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire, de définir ces caractéristiques, de distinguer les quatre catégories de carrefours giratoires et finalement d'établir les conditions d'implantation de ce mode de gestion de la circulation. La connaissance de ces informations est essentielle afin de déterminer si un milieu est propice à l'installation d'un carrefour giratoire et d'adapter les composantes géométriques de ce concept en fonction des besoins.

### 1. LA GÉOMÉTRIE

Comme toutes les infrastructures routières, le carrefour giratoire possède des éléments physiques communs à tous les carrefours, comme les trottoirs, les bordures, les passages pour personnes et les lignes de marquage, etc. De plus, le carrefour giratoire possède des éléments qui lui sont propres.

#### Les éléments propres au carrefour giratoire (figure 1)

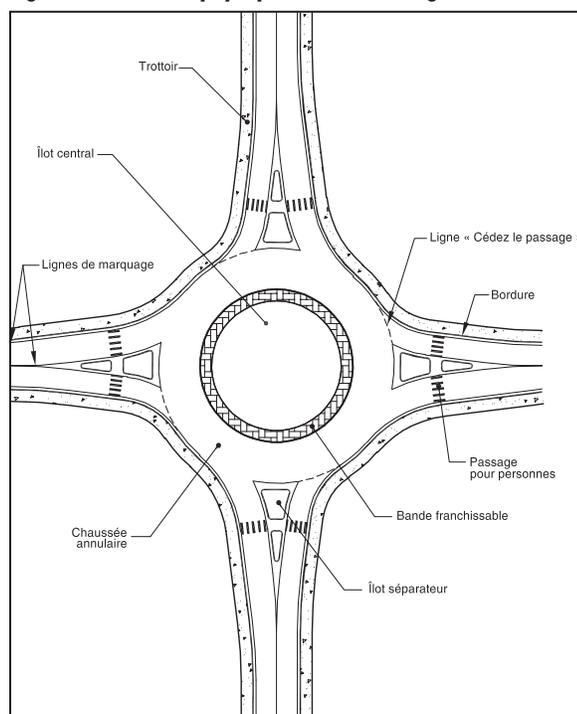
- la chaussée annulaire : partie circulaire où circulent les véhicules, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour de l'îlot central ;
- l'îlot central : aménagement circulaire, construit ou marqué selon la catégorie du carrefour, situé à l'intersection des voies et autour duquel circulent les véhicules ;
- la bande franchissable : espace aménagé sur le pourtour de l'îlot central, pouvant être utilisé par les véhicules lourds au moment de manoeuvres de virage ;
- les îlots séparateurs : espaces surélevés ou marqués séparant les voies d'entrée et de sortie d'une branche et pouvant servir de refuge aux piétons et aux usagers vulnérables durant leur traversée ;
- les lignes de « Cédez le passage » : lignes de marquage qui indiquent l'endroit où les véhicules entrants doivent céder le passage à tous les véhicules circulant sur la chaussée annulaire.

Le dimensionnement optimal du carrefour giratoire est obtenu en ajustant l'ensemble des caractéristiques géométriques qui le composent. La détermination de la taille du carrefour est un processus itératif, et la modification d'une variable influence l'ensemble du concept. Les dimensions du carrefour giratoire doivent être adaptées aux éléments de son environnement tels que le milieu, le débit de circulation, la classification de la route, l'emprise disponible, le nombre de branches et la topographie des lieux. L'expérience démontre que plus la taille d'un carrefour giratoire est modeste, plus le gain en sécurité augmente. Surdimensionner un carrefour giratoire accroît les risques pour tous les usagers, mais surtout pour les piétons et les cyclistes.

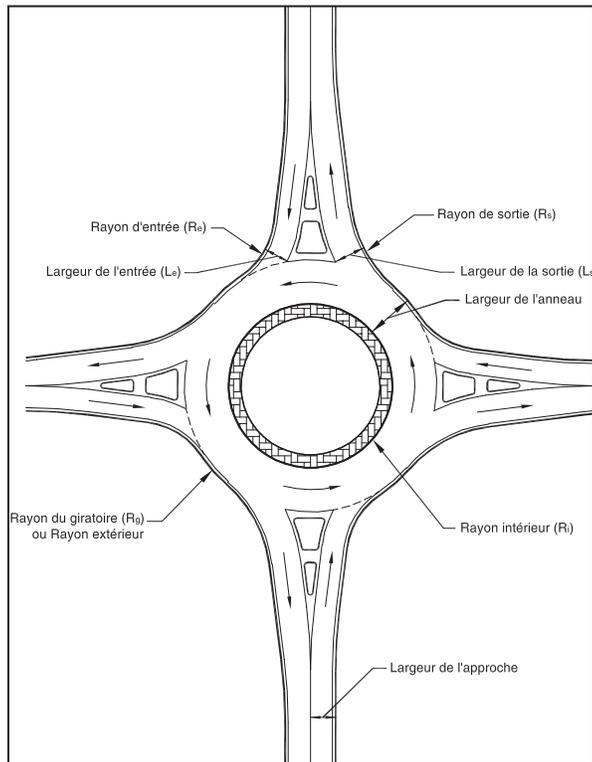
#### Les caractéristiques géométriques du carrefour giratoire (figure 2)

- le rayon extérieur ( $R_g$ ) : distance entre le centre du carrefour et la limite extérieure de la chaussée annulaire ;
- le rayon intérieur ( $R_i$ ) : rayon de l'îlot central incluant la bande franchissable ;
- la largeur de l'anneau : largeur de la chaussée annulaire délimitée par les limites extérieures des rayons extérieur et intérieur ;
- les rayons d'entrée ( $R_e$ ) et de sortie ( $R_s$ ) : rayons intérieurs des voies d'entrée et de sortie ;
- la largeur des entrées ( $L_e$ ) et des sorties ( $L_s$ ) : largeur des voies d'entrée et de sortie mesurée entre la bordure du côté droit et la ligne de marquage du côté gauche, perpendiculairement à leur jonction avec l'anneau ;
- la largeur des approches : largeur de la ou des voies de circulation en amont du carrefour avant tout changement à la géométrie.

Figure 1 : Éléments physiques du carrefour giratoire



**Figure 2 : Caractéristiques géométriques du carrefour giratoire**



## 2. LES CATÉGORIES

Pour faciliter l'implantation du carrefour giratoire dans un milieu, quatre catégories ont été définies en fonction du rayon extérieur et des vitesses d'entrée recommandées. Chacune d'elles possède ses limites d'utilisation afin d'assurer la sécurité de tous les usagers.

La première catégorie est le mini giratoire (**figure 3**). Il se caractérise par un rayon extérieur de 6 à 12 m et une vitesse d'entrée maximale de 25 km/h. Les éléments physiques du mini giratoire ne sont pas aussi perceptibles que ceux des autres catégories. Son îlot central est texturé ou légèrement bombé et ses îlots séparateurs sont marqués ou texturés afin de rendre l'ensemble entièrement franchissable.

L'aménagement de ce type de carrefour peut se faire à certaines conditions. Il convient aux rues locales en milieu urbain uniquement, aux intersections où la limite de vitesse des axes est inférieure ou égale à 50 km/h, aux emprises restreintes, aux rues à très faible débit de véhicules lourds et aux rues situées en dehors des circuits de transport en commun. Il ne

peut toutefois pas constituer le premier aménagement en entrée d'agglomération à cause de la contrainte de vitesse qu'il impose. Pour des raisons d'entretien hivernal, l'implantation de ce type de carrefour giratoire peut s'avérer plus difficile au Québec. En effet, en saison hivernale, pour que ce carrefour conserve ses particularités de giratoire, son îlot central doit être convenablement dégagé afin d'être visible. De plus, le bombement de ce dernier peut aussi occasionner certains inconvénients à l'occasion de l'entretien hivernal.

La deuxième catégorie est le petit giratoire (**figure 4**). Ce carrefour présente un rayon extérieur compris entre 12 et 15 m et permet une vitesse d'entrée maximale de 25 km/h. Il possède un îlot central avec

bande franchissable, lorsqu'elle est justifiée par la conception, et des îlots séparateurs surélevés incluant des « passages pour personnes » abaissés.

Ce concept s'adapte bien aux sites où il y a une forte concentration de piétons et de cyclistes, car ses approches ne comportent qu'une seule voie de circulation et les vitesses aux entrées et aux sorties sont très faibles. Il convient principalement à des véhicules automobiles, mais peut supporter un faible pourcentage de camions de type SU et d'autobus. L'installation d'un petit giratoire est appropriée sur des rues locales ou des collectrices municipales en milieu urbain, sur des rues où il y a un très faible débit de véhicules lourds et en dehors des circuits de transport en commun.

La catégorie suivante est le moyen giratoire (**figure 5**). Il s'agit d'un carrefour giratoire dont le rayon extérieur se situe entre 15 et 25 m et dans lequel la vitesse d'entrée maximale peut atteindre 40 km/h. Sa conception est généralement caractérisée par une chaussée annulaire et des branches d'approche à voie simple. Il possède un îlot central avec une bande franchissable, si elle est justifiée au moment de la conception, et des îlots séparateurs surélevés. Il se différencie du petit giratoire par son rayon extérieur

**Figure 3 : Le mini giratoire**

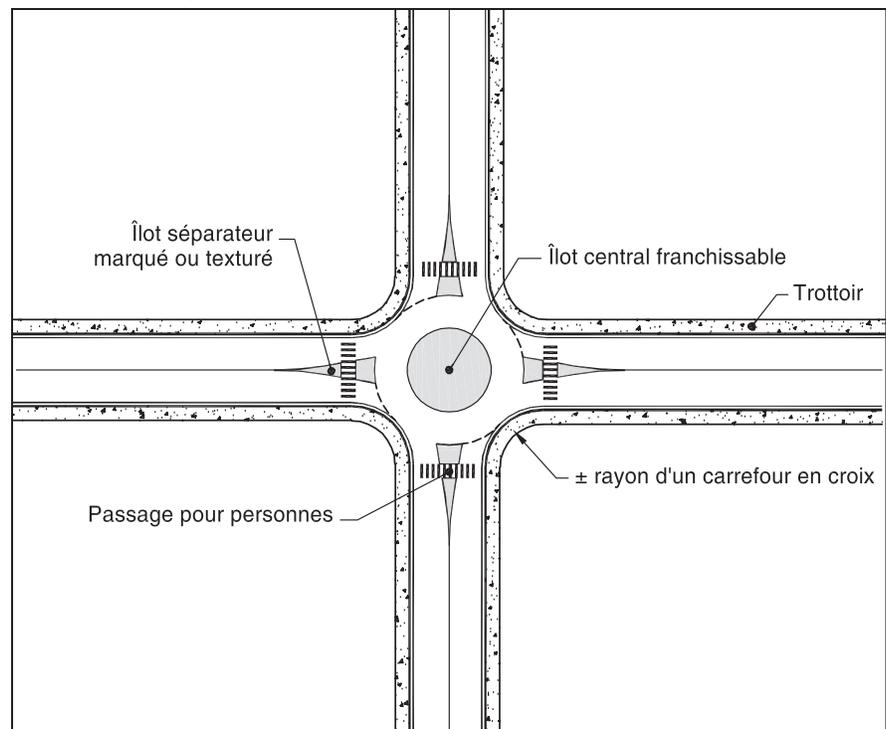
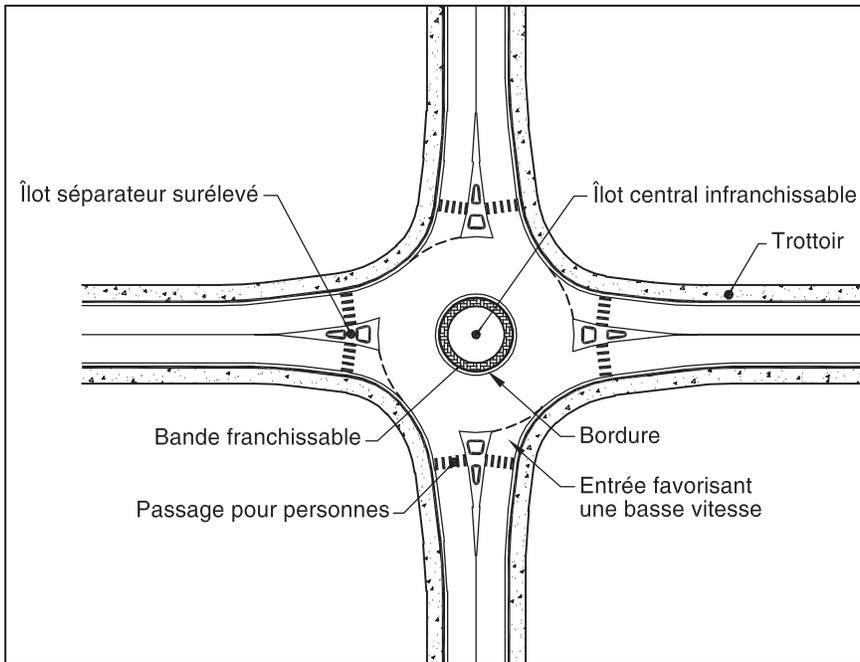


Figure 4 : Le petit giratoire



plus grand, mais aussi par ses entrées et sorties plus tangentielles qui permettent une meilleure fluidité de la circulation.

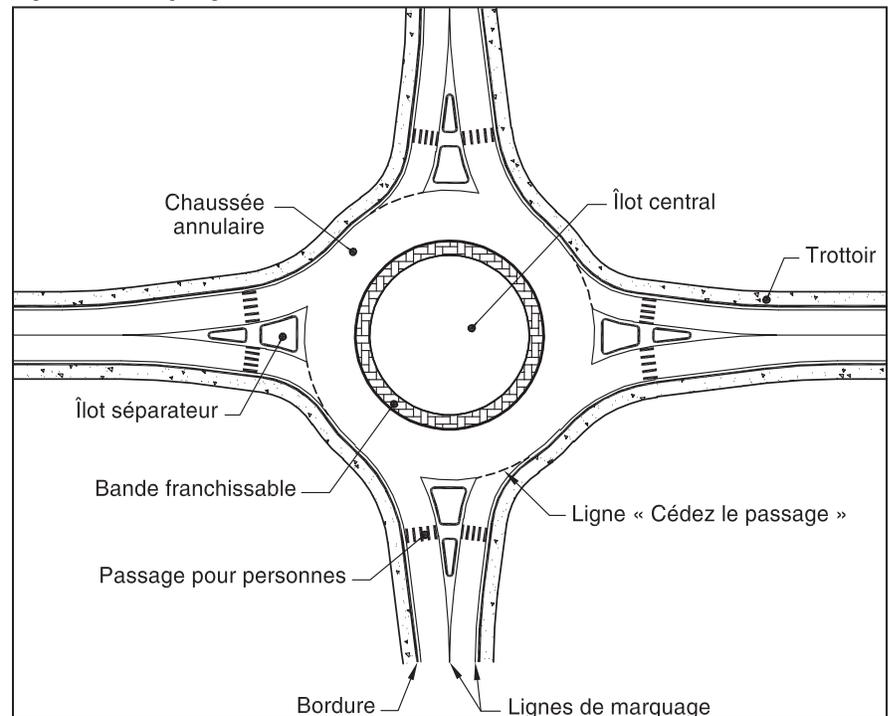
Lorsqu'il est implanté en zone urbaine, ce type de carrefour giratoire peut comporter des trottoirs, des pistes cyclables, des passages pour personnes, du mobilier urbain et un aménagement paysager distinctif. S'il est installé dans une zone rurale, son rayon extérieur peut être légèrement plus grand et ses approches peuvent être aménagées de manière à réduire la vitesse des véhicules.

La quatrième catégorie est le grand giratoire (figure 6). Le rayon extérieur de ce dernier est compris entre 20 et 30 m et sa vitesse d'entrée maximale est de 50 km/h. Ce carrefour se caractérise par sa chaussée annulaire plus large pouvant permettre le passage de deux petits véhicules côte à côte et par ses entrées et sorties à une ou deux voies ou par ses entrées présentant un évasement. Il comprend un îlot central sans bande franchissable, des îlots séparateurs infranchissables et une déflexion appropriée des voies d'entrée (figure 7). Cette déflexion impose aux véhicules un changement de trajectoire qui les oblige à réduire leur vitesse pour contourner l'îlot central. La conception de ce carrefour permet des vitesses de circulation plus élevées en raison

de son rayon extérieur et de ses rayons d'entrée plus grands. Pour qu'il conserve une bonne performance en sécurité, les concepteurs doivent porter une attention particulière au traitement de ses approches.

Ce type de carrefour giratoire doit être réservé aux secteurs où il y a très peu de piétons et de cyclistes,

Figure 5 : Le moyen giratoire



car il n'offre pas un bon niveau de sécurité. Des aménagements spécifiques sont toutefois possibles pour sécuriser les déplacements de ce type d'usagers. Le grand giratoire s'adapte très bien aux routes nationales faisant partie du réseau de camionnage où le débit de véhicules lourds est significatif.

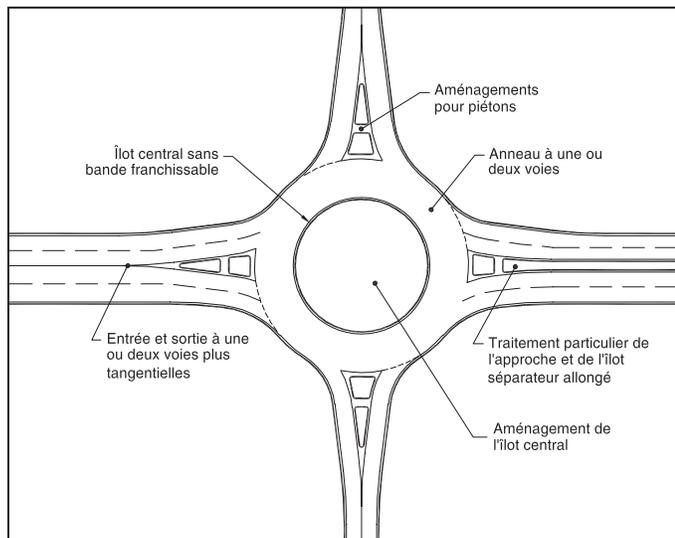
### 3. LES CONDITIONS D'IMPLANTATION

Le carrefour giratoire peut être implanté dans tous les milieux (urbain, périurbain ou rural), sur toutes les catégories de routes (de nationales à locales) (tableau 1) et sur des axes à deux, trois ou quatre voies, et ce, indifféremment des vitesses affichées. En effet, cette intersection, si elle est bien perçue, contraint le conducteur du véhicule en approche à ralentir, sinon à arrêter, pour la franchir. Bien sûr, des conditions particulières sont à considérer au moment du choix de ce mode de gestion, et certains sites sont plus appropriés que d'autres pour son aménagement.

#### Les situations propices à l'implantation d'un carrefour giratoire

- La condition la plus favorable à l'implantation d'un carrefour giratoire est la fréquence des accidents à un carrefour conventionnel.

**Figure 6 : Le grand giratoire**



**Figure 7 : Exemple de déflexion d'une entrée**



Source : MTQ, photo prise à Ormans, France

Dans ce cas, le carrefour giratoire vient éliminer les conflits de cisaillement et de virage (**figure 8**), et permet de réduire le nombre de conflits de divergence et de convergence ainsi que leur gravité. Les gains en matière de sécurité pour les automobilistes sont plus marqués dans les intersections complexes à plusieurs branches, mais plus faibles pour les piétons et les cyclistes. Ces avantages sont notamment attribuables aux vitesses modérées aux approches et dans le carrefour.

La présence d'une forte proportion de virages à gauche à une intersection est également favorable à l'aménagement d'un carrefour giratoire, car ces mouvements y sont assurés dans les meilleures conditions de sécurité.

Les autres conditions favorables à l'implantation d'un carrefour giratoire se présentent dans les cas suivants :

- des retards importants sont enregistrés sur l'axe secondaire ;
- la capacité d'une intersection est insuffisante et elle ne peut pas être augmentée pour des raisons de sécurité et d'espace ;
- l'instauration d'une priorité entre les axes n'est pas souhaitable à cause de la hiérarchie routière et de la structuration de l'espace, autant en zone résidentielle qu'ailleurs ;

- les demi-tours sont fréquents et doivent être facilités ;
- la géométrie du carrefour est complexe en raison des branches actuelles ou prévues ;
- le changement de caractère du lieu nécessite un changement dans l'environnement et une réduction de la vitesse, par exemple en entrée d'agglomération ;
- les débits prévus dans un secteur sont appelés à connaître une forte croissance dans les prochaines années.

**Conditions moins favorables**

Certaines conditions peuvent cependant être moins appropriées pour l'aménagement de carrefours

giratoires. Cela ne veut toutefois pas dire que l'option du carrefour giratoire doit être éliminée pour autant. Même dans ces conditions, le carrefour giratoire peut s'avérer une solution plus sécuritaire que le carrefour conventionnel. Une analyse détaillée doit donc être effectuée avant de rejeter son utilisation.

- Une première condition moins favorable à l'implantation d'un carrefour giratoire peut se présenter lorsque le débit sur la route secondaire est trop faible comparativement à celui de la route principale. Des difficultés de fonctionnement du carrefour giratoire peuvent apparaître dans ce cas, car les usagers de la route secondaire et les piétons n'auront pas de créneaux suffisants pour s'insérer dans le carrefour ou le traverser. Des problèmes plus

**Tableau 1 : Possibilité d'aménagement des carrefours giratoires selon la catégorie des routes concernées**

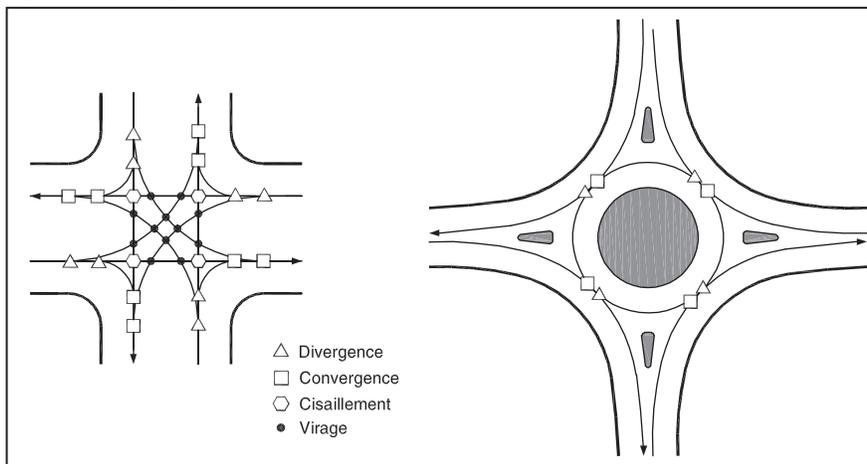
	Routes nationales et régionales, artères	Routes collectrices	Collectrices municipales	Rues locales
Routes nationales et régionales, artères	+	+	-	-**
Routes collectrices	+	+	+	+
Collectrices municipales	-	+	++	+
Rues locales	-**	+	+	++

++ : très approprié    + : approprié    - : moins approprié

\* L'implantation d'un carrefour dénivelé se justifie lorsque la capacité de la route est atteinte, ou pour des raisons de sécurité<sup>32</sup>.

\*\* On ne devrait pas installer ce type de carrefour, en principe.

**Figure 8 : La comparaison des conflits**



importants surviennent toutefois lorsque les débits des deux routes sont très déséquilibrés (supérieur à 10 fois). Des problèmes peuvent aussi se présenter lorsque les débits sont très élevés et que le carrefour giratoire fonctionne à un débit proche de sa capacité maximale ;

- La présence d'une hiérarchie très différente entre les axes d'une intersection occasionne aussi des problèmes, car les usagers de la route principale se voient imposer des retards inutiles. De même, la présence importante de piétons, de cyclistes et d'usagers vulnérables rend nécessaires des aménagements particuliers dans le carrefour giratoire afin d'améliorer leurs conditions de sécurité ;
- Une topographie accidentée peut constituer une deuxième condition moins favorable à l'implantation d'un carrefour giratoire. L'aménagement d'un plateau pour le carrefour s'avère difficile dans des pentes variant de 3 à 6 %. De plus, la localisation du carrefour giratoire à un point bas ou à un point haut du profil en long de la route entraîne des complications en ce qui concerne la sécurité. À un point haut, le carrefour giratoire risque de ne pas être assez visible. Une signalisation avancée, un aménagement paysager et un éclairage adéquat doivent alors être mis en place pour compenser cette lacune. En bas de pente, son installation est déconseillée en raison des vitesses d'approche plus élevées et des risques de perte de contrôle, surtout pour les véhicules lourds. Des problèmes de perception et de lisibilité du carrefour

sont aussi présents lorsque ce dernier se situe dans une courbe ou à la sortie d'une courbe.

- La difficulté d'aménager cette infrastructure de forme circulaire dans un bâti existant orthogonal constitue une autre condition moins favorable à l'implantation d'un carrefour giratoire. La proximité des bâtiments en milieu urbain contraint les dimensions du carrefour, qui ne peut pas être aménagée de façon convenable. L'installation d'un carrefour giratoire à proximité de feux de circulation ou en présence de mesures de gestion de la circulation sur l'axe est déconseillée, car ces modes de contrôle peuvent entraîner un refoulement de la circulation et réduire l'efficacité du carrefour giratoire. De plus, cet aménagement ne s'intègre pas bien sur des circuits de transport en commun. Dans cette situation, la présence de carrefours giratoires entraîne de l'inconfort pour les passagers, surtout s'il y en a plus d'un sur le même axe ;
- Finalement une quatrième condition moins favorable peut se présenter lorsque l'aménagement de l'axe comprend un alignement d'arbres ou d'éléments verticaux pouvant fausser la perception des conducteurs. La présence d'un carrefour giratoire sur un tel parcours pourrait surprendre effectivement les conducteurs.

En résumé, le carrefour giratoire est un concept qui s'adapte facilement aux besoins en raison de sa grande polyvalence. En suivant les principes établis et en analysant adéquatement le milieu, il est possible

de l'implanter dans presque toutes les conditions. La méthode de conception du carrefour giratoire permet de le dimensionner en fonction des contraintes présentes et futures, et divers aménagements sont possibles pour corriger les lacunes sur le plan de la sécurité que peuvent présenter certains emplacements. Ces aménagements, de même que la méthode de conception du carrefour giratoire, sont exposés dans le guide *Le carrefour giratoire, un mode de gestion différent* du ministère des Transports du Québec. Pour vous en procurer un exemplaire, communiquez avec les Publications du Québec au 1 800 643-2100 ou visitez leur site Internet à l'adresse [www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca](http://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca)



## L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LE TRANSPORT DES MARCHANDISES : LE RETOUR DE LA VERTU DE L'ÉCONOMIE

Martin Hotte, coordonnateur équipe des changements climatiques,  
Service de l'environnement et des études d'intégration au milieu, Direction de la recherche et de l'environnement

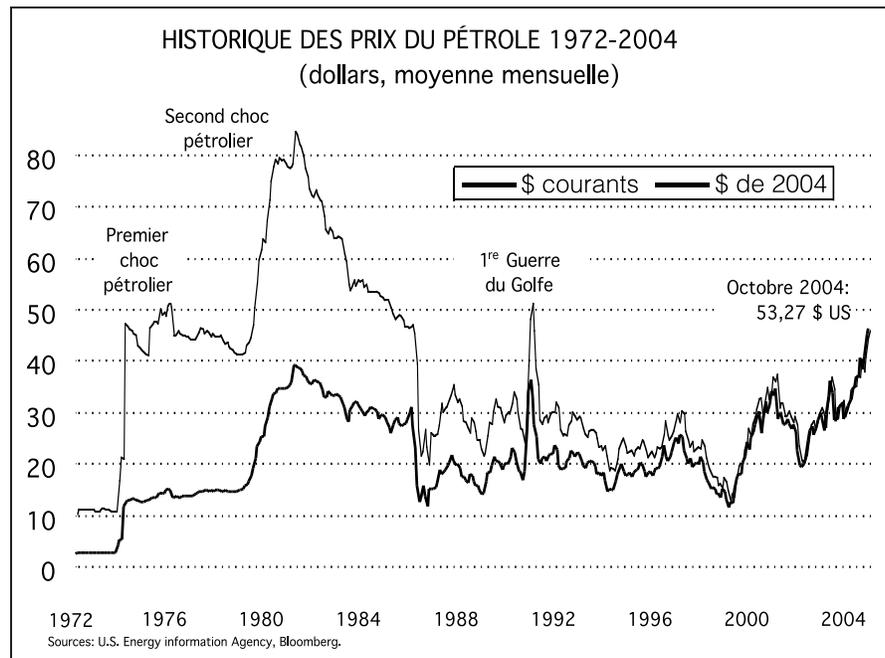
### SOMMAIRE

Les prix internationaux du pétrole ont atteint un sommet avec une hausse de 70 % depuis le début de l'année 2004<sup>1</sup>. Cette hausse importante devrait inciter les entreprises à redécouvrir les vertus de l'efficacité énergétique et à revoir leurs façons de faire. Afin de mieux se prémunir contre les contrecoups liés à un monde d'instabilité croissante des prix de l'énergie et à l'aube de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto, nous vous proposons un tour d'horizon des différentes avenues de solution disponibles en matière d'efficacité énergétique dans le transport routier des marchandises.

L'économie nord-américaine a profité durant les quinze dernières années d'un prix du carburant parmi les plus bas au monde. Ce prix était relativement stable et même en baisse en dollars constants. Durant cette période, la part du coût du carburant dans le bilan des entreprises était prévisible et ne constituait pas une contrainte majeure. La mise en œuvre des accords de libre-échange nord-américains a intensifié l'intégration économique du Québec avec ses voisins canadiens et américains. Cet essor économique s'est traduit par une croissance continue des exportations et des activités de transport des marchandises.

La crise actuelle des prix du pétrole devrait inciter plusieurs intervenants à reconsidérer l'importance accordée aux économies d'énergie dans le bilan des entreprises. Dans cet article, nous vous proposons d'examiner plus particulièrement les activités de transport routier des marchandises sous l'angle de l'efficacité énergétique et de la réduction des gaz à effet de serre (GES).

Figure 1



### Le pétrole à bas prix : une époque révolue?

Malgré la récente hausse importante du prix du baril, nous sommes encore loin des niveaux records atteints durant les années 1980-1981. Durant cette période, le prix du pétrole avait franchi le seuil de 80 \$ le baril<sup>2</sup> (figure 1). Ces prix élevés avaient malheureusement coïncidé avec une crise économique mondiale majeure, la révolution iranienne et la guerre Iran-Iraq. Au moment d'écrire ces lignes, plusieurs prévisionnistes économiques estiment que le baril de pétrole ne devrait pas excéder 60 \$ en 2004 pour ensuite revenir aux environs de 45 \$ en 2006 et de 40 \$ en 2007<sup>3</sup>. En conséquence, en tenant compte de la hausse récente des prix du pétrole et de ses impacts sur les autres indicateurs économiques, plusieurs économistes ont revu à la

baisse leurs prédictions de croissance économique pour le Québec durant les deux années à venir. Celles-ci demeurent malgré tout positives aux environs de 2,5 à 3 % pour les deux prochaines années.

Les chocs pétroliers des années 1970-1980 ont forcé les entreprises manufacturières à innover en matière d'efficacité énergétique, de nouvelles technologies et de façons de faire. Ils ont aussi permis de rentabiliser et d'amortir les investissements consentis à cet égard. Malgré ces inconvénients, la période actuelle est peut-être tout aussi propice à examiner de nouvelles façons de faire en matière d'efficacité énergétique ainsi qu'à stimuler l'innovation technologique.

Le secteur des transports des marchandises est vital pour l'économie québécoise, mais il dépend à 100 %

du pétrole importé comme source d'énergie. Le Québec est un consommateur net de pétrole ; à ce titre, son économie est donc très sensible aux fluctuations des prix internationaux<sup>4</sup>.

Le dynamisme des différents secteurs de l'économie du Québec repose pour une part de plus en plus grande sur nos échanges avec nos partenaires nord-américains et étrangers. Il s'effectue dans un contexte de production à flux tendu ou juste à temps.

Les différents modes de transport des marchandises connaissent une croissance continue en relation avec l'expansion des échanges économiques et de la croissance de la demande de transport la supportant. Entre 1990 et 2000, outre le transport aérien, c'est le transport routier, avec une augmentation supérieure à 150 %<sup>5</sup>, qui a connu la plus forte croissance au chapitre de la valeur des biens transportés entre le Québec et les États-Unis. En 2000, les deux tiers de la valeur des biens échangés entre le Québec et les États-Unis ont été acheminés par transport routier.

Le secteur des transports est responsable de 38 % des émissions de GES au Québec. Le transport routier des marchandises et le transport ferroviaire sont ceux qui ont connu les hausses les plus importantes des émissions de GES entre 1990 et 2001 (respectivement 32 % et 33 %). Les émissions de GES sont en relation directe avec la consommation de carburant, ainsi un camion lourd émet en moyenne 2,730 Kg de CO<sub>2</sub> par litre de diesel consommé. Les prévisions de croissance pour le secteur sont de l'ordre de 60 % d'ici 2021, si rien n'est fait d'ici là<sup>6</sup>.

Dans ce contexte, l'efficacité énergétique devrait être une composante essentielle de tous les systèmes de transport des marchandises performants, efficaces et durables.

### **L'efficacité énergétique dans le transport routier des marchandises**

Malgré les progrès importants observés dans le développement de l'efficacité des moteurs durant les deux dernières décennies, il reste beaucoup d'opportunités pour améliorer l'efficacité énergétique dans le transport des marchandises.

Tout d'abord, il est possible de revoir l'ensemble des opérations de transport tant pour les expéditeurs que

pour les transporteurs afin d'identifier les opportunités de meilleure efficacité énergétique. Peu importe le mode de transport ou la combinaison d'intermodalité utilisée, il est possible de faire des gains substantiels à plusieurs niveaux. Voici quelques-unes des options disponibles :

- Meilleure gestion de la logistique du transport des marchandises avec l'aide des systèmes de transport intelligents (STI) - optimisation des parcours, des charges transportées et meilleure gestion des inventaires ;
- Évaluation systématique de la motorisation et de l'efficacité des flottes en fonction des exigences des charges à transporter ;
- Formation à la conduite écoénergétique et à la gestion des ralentis ;
- Limitation et gestion des vitesses de croisières ;
- Quelques innovations québécoises dans le transport des marchandises.

### **Meilleure gestion de la logistique du transport des marchandises avec l'aide des systèmes de transport intelligents (STI) - optimisation des parcours, des charges transportées et meilleure gestion des inventaires**

La gestion de la logistique dans les transports a fait de grands progrès avec l'avènement des STI. Il est maintenant possible de mieux planifier l'interface entre la production, l'entreposage et l'expédition des marchandises. L'informatisation de la production et des inventaires s'accompagne maintenant du suivi par GPS des déplacements des marchandises jusqu'à leur destination. Le répartiteur peut ainsi suivre la progression des livraisons en ligne avec chacun de ses transporteurs et de ses clients. L'innovation technologique progresse constamment dans ce domaine et les coûts tendent à diminuer avec la généralisation des systèmes de transport intelligents.

Cependant, on sait qu'il existe des marges d'amélioration disponibles puisqu'un nombre important de déplacements implique des retours à vide ou des chargements incomplets qui peuvent atteindre jusqu'à 40 % du volume total. Si une part significative de ces déplacements étaient optimisés vers leur plein potentiel,

de nouveaux gains d'efficacité et de réduction de GES en résulteraient<sup>7</sup>. Plusieurs expériences étrangères couronnées de succès nous amènent à conclure que certaines de ces innovations seraient applicables au Québec.

### **Évaluation systématique de la motorisation et de l'efficacité des flottes en fonction des exigences des charges à transporter**

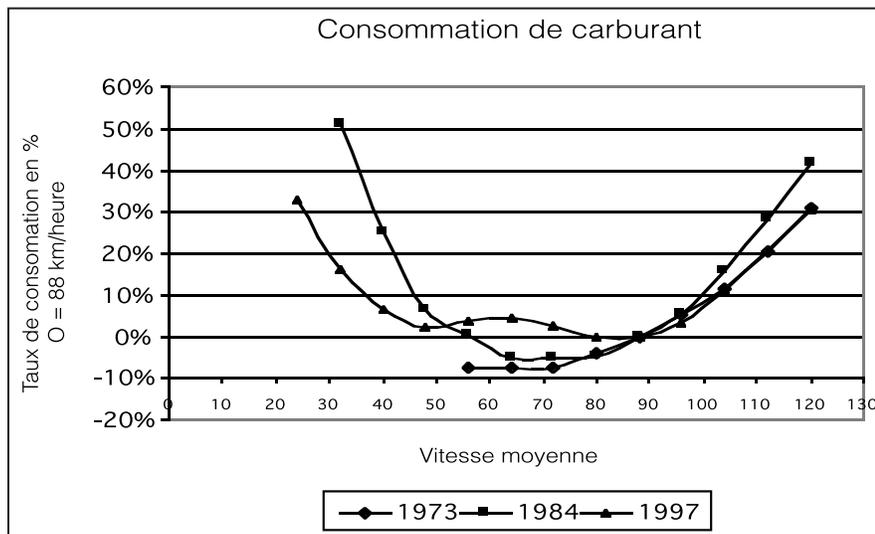
Les entreprises qui procèdent régulièrement à la réévaluation de leur flotte de transport sont les plus à même d'identifier les marges d'efficacité énergétique disponibles. Il s'agit de réévaluer régulièrement les motorisations des véhicules utilisés pour les optimiser. Dans une conjoncture où le prix du carburant redevient une variable importante, tout gain d'efficacité peut entraîner des économies et des réductions de GES significatives. Les coûts de carburant peuvent représenter jusqu'à 30 % des coûts d'opérations dans le transport routier des marchandises<sup>8</sup>. La consommation de carburant des camions lourds peut atteindre 42 l/100 km pour les véhicules plus récents et jusqu'à 76 l/100 km pour les plus anciens. Différents systèmes de gestion informatisée de l'efficacité énergétique des flottes sont maintenant disponibles sur le marché.

### **Formation à la conduite écoénergétique et à la gestion des ralentis**

Plusieurs programmes de formation à la conduite écoénergétique sont disponibles au Québec<sup>9</sup>. Le programme « Conducteurs avertis » de l'Office d'efficacité énergétique met à la disponibilité des expéditeurs et des transporteurs des outils de formation permettant de réduire les coûts d'exploitation de leur parc de véhicules, d'améliorer l'efficacité énergétique de ceux-ci et de réduire leurs émissions de GES. Les programmes de formation sont offerts par les gestionnaires de flotte eux-mêmes ou par l'intermédiaire d'un centre de formation accrédité.

Ces programmes existent depuis plusieurs années en Amérique du Nord et ont fait leur preuve. Selon plusieurs sources<sup>10</sup>, le potentiel moyen de réduction de la consommation de carburant et des GES associés à la formation des chauffeurs serait de 10 % ; 80 % de ce potentiel serait de nature comportementale contre 20 % de nature technologique. Le facteur humain étant très

Figure 2



Sources : Transports Canada, Caterpillar, NRCan, Detroit Diesel, Cummins, Arnold Brothers.

important dans l'efficacité des opérations de transport, la formation est probablement un des meilleurs moyens d'améliorer les façons de faire à ce niveau.

Cependant, pour maintenir ces gains à moyen terme, les entreprises doivent mettre en place un système de gestion de flotte approprié afin de maintenir les acquis de la formation<sup>11</sup>. Sinon, ces gains tendent à s'estomper dans le temps pour atteindre une moyenne de 5 % par an. De plus, les entreprises ayant expérimenté ces programmes de formation constatent une amélioration du bilan de sécurité de leurs opérations, une réduction des pertes de temps et une diminution de leurs coûts d'assurances.

Le ralenti des véhicules est malheureusement inévitable pour un certain nombre d'opérations de transport : congestion, circulation urbaine, climatisation, chauffage, équipement de travail, etc. Ces périodes de ralenti peuvent atteindre jusqu'à 8 heures par jour pour 300 jours d'opération par année. Durant ces périodes, la consommation de carburant peut atteindre d'un à quatre litres par heure<sup>12</sup>. Cela peut représenter jusqu'à 65 % du temps total de fonctionnement. Le ralenti inutile augmente aussi les coûts d'entretien, réduit l'efficacité de la lubrification des moteurs ainsi que leur durée de vie, jusqu'à 75 % pour les ralentis prolongés.

Il est possible de réduire de façon significative le ralenti inutile des véhicules. Il existe des systèmes

embarqués électrique ou diesel permettant de fournir l'énergie nécessaire pour alimenter le chauffage, la climatisation ou les équipements complémentaires de travail des véhicules. Un nombre important de relais de camions aux États-Unis offrent des systèmes d'alimentation électriques, de prises téléphoniques, d'Internet ou de chauffage et de climatisation d'appoint adaptés aux véhicules commerciaux. Ainsi lorsque le véhicule est inutilisé durant les arrêts pour les repas ou les siestes, il n'est pas nécessaire de laisser tourner inutilement le moteur principal.

#### Limitation et gestion des vitesses de croisière

En termes d'efficacité énergétique et d'émissions de GES, la vitesse optimale de circulation d'un véhicule est d'environ 90 km/h (**figure 2**). Au-delà et en deçà de cette vitesse, la consommation de carburant d'un véhicule routier augmente de façon très importante. Par exemple, elle augmente de 10 % à 100 km/heure, de 20 % à 110 km/h et de 40 % à 120 km/h. La gestion des vitesses de croisière des véhicules est une mesure facile à mettre en œuvre et elle permet de générer des économies très importantes.

#### Quelques innovations québécoises dans le transport des marchandises

En matière d'efficacité énergétique dans le transport des marchandises, le Québec se distingue au niveau

de l'électrification des systèmes de réfrigération et de climatisation.

La **Cie Frygy Cube International Inc.**<sup>13</sup> a développé un système de réfrigération ou de stockage du froid pour camion de transport de moyenne et de courte distance de produits alimentaires congelés.

Il s'agit d'un système mû par un moteur électrique jumelé à un mécanisme de dégivrage qui élimine à 90 % les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les pertes de produits congelés générées par les systèmes conventionnels. Il remplace les systèmes conventionnels de réfrigération embarqués fonctionnant à partir d'un moteur diesel couplé à un compresseur fonctionnant en continu.

Il permet une autonomie maximum de fonctionnement de 10 heures par jour dans un contexte opérationnel de 25 à 30 ouvertures de portes par jour à une température moyenne de 27° C. Le système assure le maintien d'une température au-dessous du seuil commercial requis pour les produits congelés de - 20° C. Le refroidissement ou recharge du froid s'effectue à l'arrêt durant la nuit à partir d'une installation électrique conventionnelle.

La **Cie Enerstat** a mis au point un système de climatisation et de chauffage électrique pour les camions longues distances **Novocab**<sup>14</sup>. Il s'agit d'un système intelligent de contrôle climatique (chauffage - climatisation - ventilation) pour cabines-couchettes de camions long courrier, qui a la particularité de fonctionner même lorsque le moteur diesel est à l'arrêt. Ce système a une autonomie de 10 heures consécutives sans l'opération du moteur. Il permet une réduction de consommation de carburant de 6 000 à 8 000 litres par an sans émission de GES, et ce, sans le bruit du moteur du camion au ralenti. De plus, le système **Novocab** est admissible à une subvention à l'achat de la part de l'Office de l'efficacité énergétique<sup>15</sup>.

## CONCLUSION

La mise en oeuvre de mesures d'efficacité énergétique dans le transport routier des marchandises est rentable et peu contribue à réduire l'impact de la hausse du prix du carburant. C'est aussi une façon efficace de réduire les GES et de contribuer à l'effort de mise en oeuvre du Protocole de Kyoto au Québec dans le domaine des transports.

## NOTES

1. Le 26 octobre 2004, sur le New York Mercantile Exchange, le cours du baril de référence *light sweet* crude pour livraison en novembre a atteint en cours de séance un nouveau record de 55,67 \$ US.
2. En dollars de 1980.
3. Analyse et conjoncture économiques, « Les marchés pétroliers en 2004. Forte demande, faible capacité excédentaire et tensions géopolitiques », ministère des Finances du Québec, 30 août 2004. Perspectives énergétiques mondiales 2004, Agence internationale de l'énergie (AIE).
4. Il y a deux courants de pensée face à cette question. L'approche classique est d'avis que les réserves connues peuvent couvrir une période de plus ou moins 50 ans et que le prix élevé permettra de mettre en valeur de nouveaux gisements de pétrole non rentables jusqu'à maintenant, comme ceux des sables bitumineux en Alberta, afin de satisfaire la demande accrue sans égard aux impacts environnementaux qui en découleraient. Le deuxième courant de pensée affirme que la croissance de l'offre de pétrole devrait culminer d'ici 2010 ou 2020, alors que la demande continuerait de croître, ce qui ferait exploser les prix à des niveaux inconnus jusqu'à maintenant. « Énergie : À bout de ressources - Le sombre avenir de l'or noir », Charles Côté, *La Presse*, 25 septembre 2004, et « Too little oil for global warming », Anders Sivertsson, Kjell Aleklett et Colin Campbell, 5 octobre 2005, *New Scientist*.
5. Institut de la statistique du Québec, Direction des comptes et des études économiques, mai 2004.
6. Ministère des Ressources naturelles, de la faune et des parcs du Québec, ; *Évolution de la demande d'énergie et des émissions de GES au Québec : Scénario de référence 1996-2021*, mai 2001. On estime que le secteur du camionnage a consommé 3,5 milliards de litres de carburant en 2004.
7. France-Serge Julien et Luc Deneault, « Modélisation des déplacements interurbains de véhicules lourds au Québec et examen du potentiel de réduction des gaz à effet de serre émis », ministère des Transports du Québec, 22 juillet 2004, 23 p.
8. Statistique Canada, catalogue 50-002.
9. Les programmes sont parrainés par l'Office d'efficacité énergétique : [http://www.oeenrncan.gc.ca/ecoflotte/page\\_daccueil.cfm?PrintView=N&Text=N](http://www.oeenrncan.gc.ca/ecoflotte/page_daccueil.cfm?PrintView=N&Text=N) et l'Agence d'efficacité énergétique : <http://www.aee.gouv.qc.ca/transports/portrait/portrait.jsp>
10. *Idem*.
11. Après cinq ans, il faut remettre à jour la formation des chauffeurs afin de compenser le taux élevé de roulement des chauffeurs dans l'industrie.
12. Office de l'efficacité énergétique : <http://www.oeenrncan.gc.ca/ecoflotte> et U.S. Environmental Protection Agency - SmartWay Transport Partnership : <http://www.epa.gov/smartway/idling.htm>
13. Pour plus de détails, consulter les sites suivants : <http://www.frygycube.com/> et [http://www.aee.gouv.qc.ca/pdf/transport/Systeme\\_stockage\\_froid.pdf](http://www.aee.gouv.qc.ca/pdf/transport/Systeme_stockage_froid.pdf)
14. Pour plus de détails, consulter le site suivant : [http://www.novacab.com/pdf/novacab\\_fr.pdf](http://www.novacab.com/pdf/novacab_fr.pdf)
15. Rabais d'encouragement à l'efficacité énergétique dans le transport commercial - voir le site OEE pour plus de détails : <http://www.oeenrncan.gc.ca/ecoflotte/ApplicationPourRabais.cfm?text=N&printview=N>



## UTILISATION DES MODÈLES DE PERFORMANCE POUR LA CONCEPTION DES CHAUSSÉES

**YVES SAVARD, Ingénieur, Direction du laboratoire des chaussées**  
**DIANE LEROUX, Statisticienne, Direction du laboratoire des chaussées**  
**KATE DE BLOIS, Ingénieure, Direction du laboratoire des chaussées**  
**PHILIPPE LEPERT, Ingénieur, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Division Entretien, Sécurité et Acoustique des Routes, Nantes, France**

### 1- INTRODUCTION

Les administrations routières sont intéressées à améliorer la performance des chaussées relevant de leur compétence, à diminuer le coût d'entretien et, par le fait même, à gérer avec efficacité les interventions sur le réseau routier. Des efforts importants sont consacrés par ces organismes afin de mieux connaître la performance des chaussées et d'établir des modèles plus aptes à représenter l'évolution réelle de celles-ci.

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) et le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) se sont engagés dans une collaboration en 2000 afin de concevoir des modèles de performance pour les chaussées souples<sup>1</sup>. La contribution du LCPC repose sur son expertise concernant les méthodes de modélisation des chaussées, alors que celle du MTQ s'appuie sur sa base de données de sections tests « suivi de performance des chaussées » et sur son expertise en matière de statistiques dans le domaine des chaussées.

Les modèles mis au point peuvent servir autant pour la gestion des chaussées au niveau réseau que pour la conception des chaussées à l'étape des projets. Au niveau réseau, les modèles sont utilisés pour :

- optimiser la collecte des données en fonction des variables explicatives du comportement des chaussées ;
- diminuer la fréquence des campagnes de relevés sur le réseau ;
- effectuer des simulations pluriannuelles sur l'ensemble du réseau.

À l'étape des projets, les modèles de performance des chaussées peuvent servir à :

- optimiser le rapport coût-avantage des différentes techniques routières ;
- déterminer les meilleures stratégies d'intervention sur une longue période (ex. : 30 à 50 ans) ;
- déterminer les caractéristiques requises des structures de chaussées pour respecter les critères de performance fixés par l'administration routière ;
- orienter les contrôles en chantier et les besoins en recherche et développement en fonction des variables explicatives déterminées ayant un poids prépondérant sur le comportement des chaussées.

Dans le présent article, l'accent porte sur l'utilisation des modèles de performance pour la conception des chaussées. Il est discuté des objectifs de performance des méthodes de dimensionnement des chaussées et du comportement des chaussées. La base de données des sections tests utilisée et les modèles de fissuration

de fatigue mis au point sont décrits. Finalement, il est présenté une méthode de conception des chaussées intégrant les modèles de performance pour optimiser le rapport coût-avantage, la méthode et les cycles d'intervention.

### 2- DIMENSIONNEMENT ET MODÈLES DE PERFORMANCE

La méthode de dimensionnement des chaussées souples de l'American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1986-93) a été adoptée au Service des chaussées du MTQ depuis 1992, moyennant certaines adaptations en fonction des conditions locales et climatiques<sup>2, 3 et 4</sup>. Cette méthode est basée sur la diminution d'un indice de viabilité (PSI) entre son état initial et la fin de la période de conception ( $\Delta PSI$ )<sup>5</sup>. C'est un indice global intégrant la variation de la pente longitudinale, la fissuration, l'orniérage et la surface couverte par du rapiéçage. La valeur PSI pour une chaussée souple est déterminée à

#### Équation 1

$$PSI = 5.03 - 1.9 \log(1 + \overline{SV}) - 0.01 \sqrt{C + P} - 1.38 RD^2$$

où  $\overline{SV} = \frac{\sum Y^2 - \frac{1}{n}(\sum Y)^2}{n-1}$  : moyenne de la variance de la pente des 2 pistes de roues

avec : Y : différence d'élévation de deux points distants de 1 pi

n : nombre de lectures

C : pieds linéaires de fissuration majeure par surface de 1000 pi<sup>2</sup>

P : rapiéçage bitumineux en pi<sup>2</sup> par surface de 1000 pi<sup>2</sup>

RD : profondeur d'ornières en pouces (moyenne des deux pistes de roues)

l'aide de l'équation 1. Le concepteur fixe la valeur du  $\Delta PSI$  en fonction du type de route, du trafic et de la période de conception.

Les méthodes de dimensionnement utilisées conditionnent le comportement des chaussées par l'entremise des objectifs de performance intégrés à chacune d'elles. Il est avantageux de définir des objectifs de performance pour chacune des dégradations - fissures de fatigue, fissures thermiques, fissures de soulèvement au gel, ornières, qualité de roulement, etc. - puisqu'elles sont les caractéristiques d'état habituellement mesurées sur les chaussées. De cette manière, il est plus facile d'améliorer la performance des chaussées par l'optimisation de la conception en tenant compte de chaque dégradation plutôt que d'un indice global.

Les travaux du MTQ et du LCPC se sont orientés pour concevoir des modèles de performance par type de dégradation en accord avec le *Pavement Design Guide* de la Federal Highway Administration (FHWA) <sup>6</sup>. Trois méthodes statistiques ont été élaborées ou adaptées au domaine des chaussées <sup>7</sup> et <sup>8</sup>. Ces modèles utilisent les variables explicatives - épaisseur, climat, trafic, etc. - de l'évolution de l'état de la chaussée : fissures, ornières, etc. Les modèles mis au point ont été appliqués dans un premier temps pour optimiser la collecte des données sur le réseau routier <sup>9</sup>. Dans un second temps, ils ont été utilisés pour déterminer les meilleures stratégies d'entretien des chaussées sur une longue période d'analyse <sup>10</sup>. Finalement, les modèles ont été employés pour montrer une application d'analyse de sensibilité avec le type de

bitume afin de déterminer celui présentant l'optimum du rapport coût-avantage pour une situation donnée <sup>11</sup>. Cette étude a démontré que les travaux de recherche et développement (R-D) effectués au MTQ ou par d'autres organismes ont permis de doubler la durée de vie des chaussées souples au cours de la dernière décennie. L'utilisation des modèles de performance en conception de chaussées offre la possibilité d'améliorer encore leur durée de vie, et cela de manière optimale en fonction du rapport coût-avantage.

### 3- BASE DE DONNÉES

Le programme de suivi de sections tests du MTQ <sup>12</sup> et <sup>13</sup> a commencé en 1992 et il est dérivé des programmes américain (SHRP) et canadien (CSHRP). Ce programme vise à valider les techniques utilisées au MTQ et à expérimenter de nouvelles techniques routières. Il couvre les chaussées souples et les chaussées rigides. Un guide de réalisation du suivi de performance de section d'essais a été publié en 1995 <sup>14</sup>.

Plus de 280 sections tests de 150 m de longueur chacune distribuées sur 92 sites sont actuellement suivies par le MTQ. La base de données contient une quinzaine de techniques d'intervention sur les chaussées - protection contre le gel, construction conventionnelle, resurfacement, retraitement du revêtement, etc. Les données recueillies comprennent, entre autres, les variables d'état - uni, ornière, fissuration et adhérence - et les variables explicatives du comportement des chaussées - épaisseur, climat, trafic, déflexion, propriétés des matériaux, etc.

### 3.1 Chaussées sans intervention

Le MTQ a extrait un échantillon de 25 sections de cette base de données, correspondant aux chaussées souples qui n'ont pas bénéficié de travaux d'entretien. Ces sections ont été construites avec des matériaux neufs (bitume et granulats) et à l'aide de techniques conventionnelles de construction. Toutes les sections ont été suivies par le MTQ sur une période de 2 à 8 ans, et leur âge varie entre 0 et 22 ans.

### 3.2 Chaussées avec intervention

Le MTQ a extrait un échantillon de 69 sections de cette base de données, correspondant aux chaussées souples ayant reçu une intervention de resurfacement. Les travaux de resurfacement de la chaussée souple existante ont consisté à mettre une couche d'enrobé bitumineux d'épaisseur variable (31 à 218 mm), précédée ou non d'une opération de planage (fraisage) d'épaisseur variable (0 à 115 mm). Les couches d'enrobés sont composées de bitume modifié ou non au polymère et peuvent présenter des enrobés spéciaux contenant des couches anti-fissures, des fibres d'amiante, du caoutchouc recyclé ou du bardeau de toiture. Toutes les sections ont été suivies par le MTQ sur une période de 1 à 12 ans, et l'âge entre la construction initiale et le dernier resurfacement varie entre 6 et 57 ans.

## 4- MODÈLES DE FISSURATION

La fissuration de fatigue (variable d'état de la chaussée) est utilisée comme indicateur de performance pour illustrer la démarche de conception des chaussées

### Équation 2

$$FF(t) = 550 \times \exp \left( \frac{-1139,2 \times S^{0,0814} \times (ECAS_r/ECAS_d)^{-0,1551} \times \text{moyenne}(PG_H, PG_L)^{-1,0074}}{t^{2,0724}} \right)$$

où les variables explicatives du comportement identifiées sont :

- S : Soulèvement au gel (mm)
- ÉCAS<sub>r</sub> : ÉCAS réel
- ÉCAS<sub>d</sub> : ÉCAS dimensionnement
- PG<sub>H</sub> : Température limite haute du bitume (°C)
- PG<sub>L</sub> : Température limite basse du bitume (°C)
- t : Âge de la chaussée (ans)

à l'aide des modèles de performance. La fissuration de fatigue est définie comme étant les fissures localisées dans les pistes de roues, incluant la longueur affectée par le carrelage. L'unité de mesure mm/m<sup>2</sup> représente la sommation de la longueur de toutes les fissures et du carrelage divisée par l'aire totale de la section.

#### 4.1 Chaussées sans intervention

Dans le cas des chaussées n'ayant bénéficié d'aucune intervention, l'évolution de la fissuration de fatigue (FF) est donnée par le modèle suivant 8] : **(équation 2)**

#### 4.2 Chaussées avec resurfaçage

Dans le cas des chaussées ayant subi une intervention de resurfaçage, l'évolution de la fissuration de fatigue (FF) est donnée par le modèle suivant 10] : **(équation 3)**

### 5- CONCEPTION DES CHAUSSÉES

Les modèles de performance peuvent s'avérer des outils fort utiles en conception des chaussées. Ces modèles trouvent des applications en conception pour optimiser le rapport coût-avantage des différentes techniques routières, pour déterminer les meilleures stratégies d'intervention sur une longue période d'analyse, pour établir les caractéristiques requises afin de respecter les critères de performance fixés par l'administration routière et pour définir les cycles d'intervention. Les sections suivantes présentent une série d'applications visant à améliorer la conception des

chaussées en utilisant la fissuration de fatigue comme indicateur de performance. Bien entendu, il s'agit ici d'un exemple pour illustrer la démarche. Une conception globale doit appliquer cette méthodologie à l'ensemble des dégradations affectant les chaussées.

#### 5.1 Détermination de la stratégie d'intervention et des taux de fissuration

La première étape consiste à déterminer la meilleure stratégie d'intervention avec le taux de dégradation associé. Des travaux précédents 10] ont évalué différentes stratégies d'intervention - construction, resurfaçage à l'enrobé bitumineux et retraitement du revêtement - pour une chaussée sur une longue période (40 ans) en combinant les différentes techniques d'intervention - le resurfaçage peut inclure des opérations de planage ou de correction à l'enrobé bitumineux. Les coûts d'intervention ont été actualisés pour cette analyse. Ces travaux, avec la fissuration de fatigue comme indicateur de performance, ont montré que la technique d'entretien à long terme la plus rentable consiste à intervenir lorsque la chaussée est peu fissurée (100 mm/m<sup>2</sup>), à l'aide de travaux de resurfaçage **(figure 1)**. Par contre, si la chaussée est très dégradée, la meilleure stratégie consiste à effectuer un retraitement du revêtement lorsque le taux de fissuration de fatigue est de 300 mm/m<sup>2</sup> et à l'entretenir par la suite à l'aide de couches de resurfaçage.

#### 5.2 Détermination des caractéristiques requises

La seconde étape consiste à déterminer les caractéristiques requises pour réaliser les objectifs de performance visés par l'administration routière, avec le meilleur rapport coût-avantage.

##### 5.2.1. Caractéristiques requises vs objectifs de performance

Il est possible de faire des analyses de sensibilité à l'aide des modèles de performance sur une des variables explicatives en conservant les autres fixes. Les valeurs requises pour cette variable explicative peuvent ainsi être déterminées afin que la chaussée corresponde aux objectifs de performance désirés.

À titre d'exemple, **la figure 2** présente l'évolution de la fissuration de fatigue pour différentes classes de bitume (PG) en conservant les autres paramètres de l'équation 2 constant. Les objectifs de performance visés sont un maximum de 250 mm/m<sup>2</sup> de fissures de fatigue à 15 ans. Selon les résultats de simulations, trois classes de bitume PG permettent de répondre à ces objectifs, soit les PG 52-28, PG 58-34 et PG 52-34.

##### 5.2.2. Optimum coût-avantage

L'aire sous la courbe de chaque classe de bitume PG de **la figure 2** correspond à la sommation de l'évolution de la dégradation de la chaussée (1/avantage). Dans ce cas, l'optimum du rapport coût-avantage correspond à la valeur minimale du produit [coût x avantage] **(figure 3)**. Le bitume de classe PG 58-34 est celui

#### Équation 3

$$FF(t) = 550 \times \exp \left( \frac{-18,7758 (TF_{Av})^{-0,2495} \times \left( \frac{H_{bb \text{ resurf}}}{H_{bb \text{ avant}} - H_{bb \text{ planage}}} \right)^{0,2064}}{t^{0,6214}} \right)$$

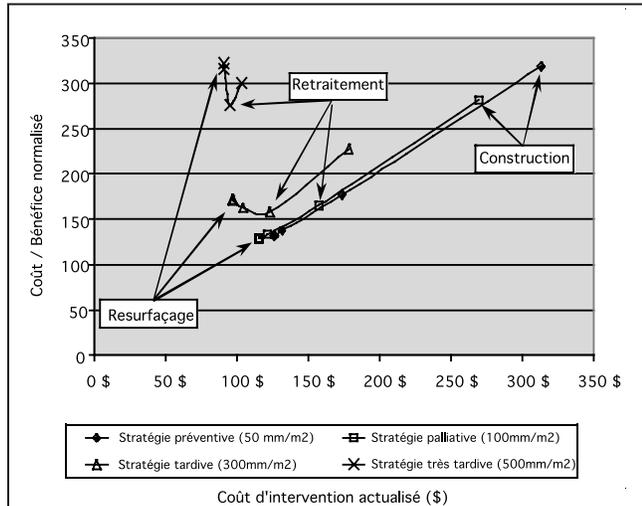
où les variables explicatives du comportement identifiées sont :

TF<sub>Av</sub> :                                   taux de fissuration observé avant l'intervention

H<sub>bb resurf</sub> :                               épaisseur de resurfaçage

(H<sub>bb avant</sub> - H<sub>bb planage</sub>) :           épaisseur d'enrobé existant fissuré (épaisseur avant intervention moins épaisseur de planage)

**Figure 1 : Rapport coût-avantage en relation avec le coût des travaux d'intervention** (taux d'indexation 5 %)



présentant l'optimum coût-avantage des trois bitumes identifiés à la **figure 2**.

### 5.3 Détermination des cycles d'intervention

La dernière étape consiste à évaluer les cycles d'intervention à appliquer sur la chaussée. Les caractéristiques du bitume de classe PG 58-34 sont utilisées dans les équations 2 et 3 afin de déterminer ces cycles d'intervention. Dans le cas d'une chaussée nouvellement construite, la meilleure stratégie correspondrait alors à appliquer une couche de resurfaçage après huit années (100 mm/m<sup>2</sup>) et à la renouveler ensuite aux quatre ans (**figure 4a**). Pour

une chaussée existante dégradée, la meilleure stratégie serait d'effectuer un retraitement du revêtement après 12 ans (300 mm/m<sup>2</sup>), d'appliquer une couche de resurfaçage après huit années (100 mm/m<sup>2</sup>) et de la renouveler ensuite aux quatre ans (**figure 4b**).

### 6- CONCLUSION

Les modèles de performance des chaussées sont utilisés régulièrement pour la gestion des réseaux routiers. L'application de modèles de performance par type de dégradation pour la conception de chaussées est beaucoup moins répandue.

La collaboration MTQ-LCPC amorcée en 2000 a permis de concevoir des modèles de performance par type de dégradation à partir d'une base de données de sections tests. Ces modèles utilisent des variables explicatives du comportement des chaussées - épaisseur des couches, type de bitume, température, trafic, etc. - pour modéliser les variables décrivant l'état des chaussées : fissures, ornières, qualité de roulement,

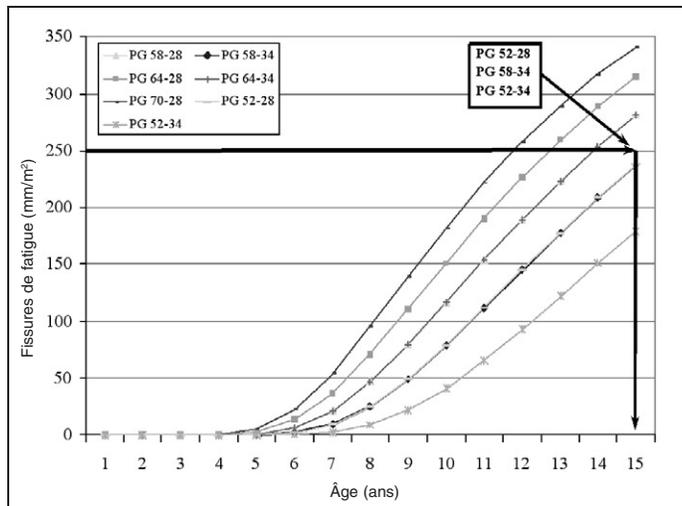
etc. Ces travaux ont consisté ensuite à comparer trois méthodes de modélisation, deux méthodes de type régression et une méthode basée sur les lois de survie, et à montrer l'utilité des modèles de performance dans différentes applications dans le domaine des chaussées. Dans cet article, nous présentons une démarche pour utiliser les modèles de performance en conception de chaussées. Les modèles de performance sont utilisés pour déterminer la meilleure stratégie d'intervention à long terme et le taux de dégradation où il est préférable d'intervenir, pour évaluer les caractéristiques requises afin de respecter les objectifs de performance fixés par l'administration routière ainsi que l'optimum coût-avantage et enfin pour définir les cycles d'intervention à appliquer.

Cet article montre que l'utilisation des modèles de performance est fort prometteuse pour aider à concevoir des chaussées capables de correspondre au meilleur rapport coût-avantage et aux objectifs de performance visés par les administrations routières. Une démarche innovatrice est proposée dans ce sens.

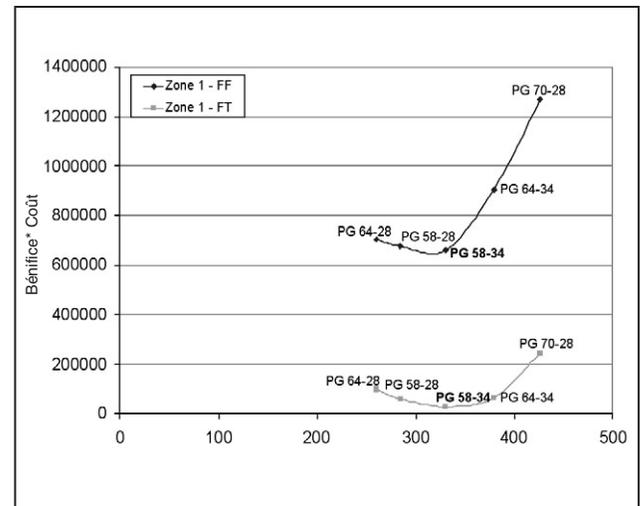
### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. LEPERT, P., SAVARD, Y., RÊCHE, M., POULIOT, N., RIOUALL, A. ET LEROUX, D. *Collaboration entre le Laboratoire des Ponts et Chaussées et le ministère des Transports du Québec sur le sujet des modèles de comportement des chaussées*, Bulletin

**Figure 2 : Évolution de la fissuration de fatigue pour différentes classes de bitume PG et objectif de performance désiré**

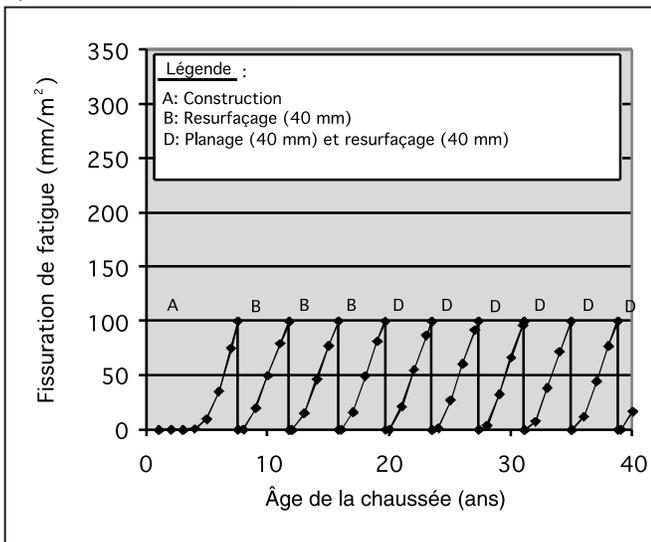


**Figure 3 : Rapport coût-avantage des bitumes en fonction du coût des bitumes**

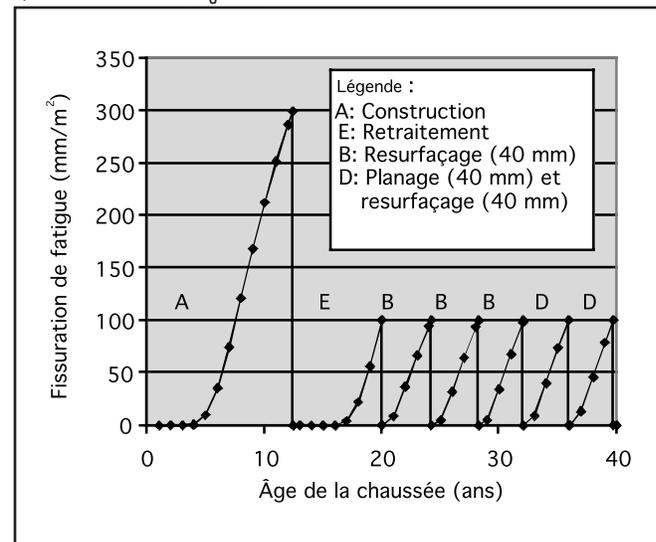


**Figure 4 : Cycles d'intervention pour l'entretien des chaussées**

a) Chaussée nouvellement construite



b) Chaussée existante dégradée



- des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 234, septembre - octobre 2001, p. 107-109. <http://www.lpc.fr/fr/sources/blpc/index234.dml>, accédé le 4 mai 2004.
2. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*, Washington D.C., 1993.
  3. MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. Tome II - *Construction routière* de la collection *Normes - Ouvrages routiers*, chapitre 2 « Structures de chaussées », Québec, Les Publications du Québec, <http://publicationsduquebec.gouv.qc.ca/home.php>, accédé le 4 mai 2004.
  4. ST-LAURENT, D. ET DIONNE, P. *Logiciel de dimensionnement des chaussées souples*, version 1.2, ministère des Transports du Québec, <http://www1.mtq.gouv.qc.ca/fr/reseau/chaussees/logiciel.asp>, accédé le 4 mai 2004.
  5. HIGHWAY RESEARCH BOARD. *The AASHTO Road Test, Report 5, Pavement Research. Special Report 61E*, Publication No. 954, National Academy of Sciences-National Research Council, Washington D.C., 1962.
  6. ERES Consultants Inc. and Fugro-BRE Inc. *Introduction to Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavements*, National Highway Institute, NHI course 131064, Federal Highway of Transportation, U.S. Department of Transportation, March 2002.
  7. LEPERT, P., SAVARD, Y., LEROUX, D. ET RÊCHE, M. *Méthodes de modélisation du comportement évolutif d'une chaussée : exemple d'application à la fissuration thermique*, article soumis au *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées* (will also be available in English), 2004.
  8. LEROUX, D., LEPERT, P., RÊCHE, M. ET SAVARD, Y. *Comparison of Three Statistical Methods for Fatigue Cracking Prediction*, 83<sup>rd</sup> TRB Annual Meeting [Cédérom], Washington D.C., USA, 11-15 January 2004.
  9. LEPERT, P., LEROUX, D. AND SAVARD, Y. *Use of Pavement Performance Models to Improve Efficiency of Data Collection Procedure, proceeding of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control*, Minho University, Guimaraes, Portugal, July 7-10 2003.
  10. SAVARD, Y., LEPERT, P., LEROUX, D., DE BLOIS, K. ET RÊCHE, M. *Development of Pavement Performance Model from Test Sections Database - Application to Maintenance Strategies*, 2<sup>nd</sup> European Pavement and Asset Management Conference, Berlin, Germany, March 22-24 2004.
  11. SAVARD, Y., DE BLOIS, K., LEROUX, D., LEPERT, P. ET RÊCHE, M. *Amélioration de la performance des chaussées souples - 1992-2002 (construction ou reconstruction)*, 39<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association québécoise du transport et des routes (AQTR) [Cédérom], Québec, Canada, 4-6 avril 2004. <http://www.aqtr.qc.ca/groupe/actes.html>, accédé le 4 mai 2004.
  12. SAVARD, Y., LEROUX, J-P. ET POULIN, L. *Programme d'évaluation de la performance des chaussées*, recueil des communications du 29<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association québécoise du transport et des routes (AQTR), tome 1, Salaberry-de-Valleyfield, Canada 10 au 12 avril 1994, p. 15-26.
  13. SAVARD, Y. *Suivi de performance des chaussées*, ministère des Transports du Québec, InfoDLC, vol. 3, no 5, mai 1998, <http://www1.mtq.gouv.qc.ca/fr/publications/reseau/infodlc/index.asp>, accédé le 4 mai 2004.
  14. SAVARD, Y., POULIN, L., LEROUX, J-P. ET DORÉ, G. *Guide pour évaluer la performance des chaussées*, Québec, Les Publications du Québec, ministère des Transports du Québec, Direction du laboratoire des chaussées, mai 1995.

## NOTES

- 1 Article présenté au 5th Symposium on Pavement Surface Characteristics Roads and Airports, June 6-10th, 2004, Toronto, Canada. Y, SAVARD, D. LEROUX, K. DE BLOIS et P. LEPERT



**Expérimentation de la méthode d'entropie croisée pour l'estimation d'échanges économiques à partir de flux de transport, 2004**

Collection Études et recherches en transport

Jean Dubé et Marc Dupéré,

JDMD Groupe Conseils inc.

La connaissance des facteurs multiples et complexes qui conditionnent la demande de transport est un atout pour éclairer les décideurs dans les choix et interventions qui touchent au domaine des transports. Elle permet de mieux comprendre les liens entre la disponibilité et la qualité des réseaux et systèmes de transport, l'économie et l'environnement. Or, comme il existe peu de données dans le domaine du transport des marchandises, le ministère des Transports est à analyser différentes méthodes qui lui permettraient d'obtenir un portrait de la demande de transport des marchandises.

Une de ces méthodes consiste à élaborer un modèle de demande de transport des marchandises en utilisant notamment les tableaux entrées-sorties pour estimer les flux de marchandises qui circulent entre les régions du Québec ou entre l'une d'elles et un marché extérieur. Toutefois, comme les tableaux entrées-sorties ne sont disponibles qu'à l'échelle du Québec et qu'il n'existe pas actuellement d'indicateurs permettant de les régionaliser, cette méthode a des limites importantes. Il faut aussi souligner que, même à l'échelle du Québec, plusieurs données dans les tableaux entrées-sorties sont manquantes en raison des normes de confidentialité. Il s'agit donc, pour le moment, d'une avenue complexe où les bénéfices attendus, en termes d'une meilleure connaissance de la demande de transport, sont mitigés.

Des travaux se font aussi, en sens inverse, dans le but de connaître les échanges économiques

interrégionaux à partir de données de transport, afin de pouvoir notamment régionaliser les tableaux entrées-sorties et aussi de dégager un portrait économique plus complet des régions. Comme il existe depuis peu une série de données en transport routier qui permettent de dresser un profil des déplacements interurbains de véhicules lourds, il s'avère alors maintenant possible de tester une approche basée sur un modèle économique afin de dériver des flux économiques à partir de flux de transport. Bien qu'il s'agisse d'un exercice visant à évaluer un profil de flux économique interrégional plutôt qu'à définir la demande interrégionale de transport, il est intéressant de connaître la portée et les limites d'une telle approche, puisque les enseignements qui en ressortiront fourniront un éclairage aux travaux menés pour obtenir le portrait de la demande de transport des marchandises.

En 2003, Jean Dubé a construit une matrice de flux d'échanges économiques entre certaines régions métropolitaines du Québec, le reste du Québec et le reste du Canada, à partir de flux de transport, en utilisant une méthode de minimisation de l'entropie croisée basée sur la théorie de l'information. La méthode décrite subséquentement est d'inspiration bayésienne. Elle combine un ensemble d'informations initiales (*a priori*) avec un ensemble d'informations externes afin de dégager un ensemble d'informations ajustées (*a posteriori*).

Ce type de modèle a plusieurs utilités et avantages<sup>1</sup>. Il peut notamment servir à estimer des flux à partir d'informations connues et de contraintes fixées à l'avance. Il peut également servir à comparer différentes informations entre elles dans le but de discriminer ces sources aux fins d'utilisation subséquentement.

Quelques tentatives ont déjà été faites pour évaluer des flux de marchandises entre les régions du Québec

et les partenaires économiques du Québec. Toutefois, en raison principalement de la rareté des données à l'échelle régionale, ces essais se sont avérés infructueux. La récente disponibilité de données régionalisées sur le camionnage interurbain a permis à Dubé (2003) de construire la matrice mentionnée ci-dessus. Cependant, l'absence d'informations régionales valables rend impossible la validation des résultats obtenus.

L'objectif du projet est donc de comparer la matrice des flux économiques, qui découle de l'application de la méthode de minimisation de l'entropie croisée, à des données économiques liées à des entités géographiques pour lesquelles l'information est disponible. En effet, l'Institut de la statistique du Québec (ISQ) compile des données sur le commerce entre le Québec et les États américains. Il s'agit alors de confronter les résultats obtenus selon le modèle macroéconomique aux données de l'ISQ afin d'en déterminer la précision. Cette démarche permettra de mieux cerner le potentiel de la méthodologie développée par Dubé (2003).

Le rapport de recherche est divisé en quatre grandes sections. Premièrement, on y décrit brièvement le modèle qui sera utilisé pour effectuer l'analyse et l'estimation. Cette section comporte deux parties : une présentation théorique du modèle et une démonstration de l'utilisation du cadre d'analyse afin de mener à bien l'estimation. Par la suite, on y fait une brève description du principe de la comptabilité nationale et on y explique en quoi son utilisation peut permettre d'estimer les flux économiques entre les régions. Dans la section suivante, on présente les données qui seront utilisées pour faire l'analyse empirique. Finalement, on discute des résultats obtenus lors de l'estimation et on les confronte aux différentes données provenant des comptes économiques.

*Prise en considération des préoccupations paysagères dans la fusion des lois sur l'affichage*

Collection Études et recherches en transport  
Gérard Beaudet, Marie-Odile Trépanier, Sabine Courcier et Vanessa Andréas, Chaire en paysage et en environnement

Le rapport examine la problématique de l'affichage extérieur sur la base de différents éclairages et pose un diagnostic sur la réglementation québécoise et son application.

Dans la première partie, on trace un portrait général de l'affichage publicitaire en faisant un rappel historique et en soulignant l'attrait actuel pour ce média. Le document traite aussi de la rencontre entre affichage et paysage, ainsi que de l'opposition qui s'affirme de différentes manières sur le plan international. Dans la deuxième partie, la Chaire s'interroge sur la problématique de la réglementation, en soulignant les enjeux de ce secteur économique à part entière et l'arbitrage nécessaire entre liberté d'expression et réduction de l'affichage autorisé. Dans la troisième partie, on traite de la réglementation et des enjeux propres au Québec, en soulignant le rôle des municipalités dans ce dossier.

Enfin, dans la quatrième partie, on expose les grandes lignes de certaines réglementations européennes et nord-américaines. Sur la base de cette ouverture internationale, la cinquième et dernière partie propose une discussion sur les principes de la réglementation étudiée et les enjeux propres au Québec relativement à la fusion des lois.

*S'adapter aux changements climatiques, 2004*

**Consortium Ouranos**

Ce document d'intérêt général constitue, en quelque sorte, le portrait de la situation actuelle en matière de changements climatiques pour le territoire du Québec. Il est articulé autour des axes suivants :

- l'évolution du climat,
- le territoire du Québec et ses régions pour fins d'étude,
- les impacts sectoriels appréhendés.

Le chapitre 1 porte sur l'analyse des changements climatiques observés dans l'hémisphère nord au cours

des cent dernières années et leurs causes. Ce chapitre dresse aussi un portrait global de ce à quoi on peut s'attendre sur le plan climatique au cours des cent prochaines années. De plus, il présente les scénarios d'évolution de climat pour le Québec pour cette même période, tirés des prévisions élaborées à l'aide des principaux modèles climatiques généraux.

Le chapitre 2 présente le territoire du Québec dans certains de ses aspects utiles à la compréhension des phénomènes climatiques en cours et instaure un cadre d'analyse fondé sur le découpage de ce territoire en quatre régions d'étude : l'Arctique québécois, la région Ressources, la région Maritime et la région Sud du Québec. Le ministère des Transports a rédigé le thème sur les transports pour cette dernière région.

*Politique de signalisation touristique : critères d'admissibilité, 2004*

**Tourisme Québec**

**Ministère des Transports du Québec (MTQ)**

La signalisation touristique concerne les attraits et activités à vocation touristique ainsi que les établissements touristiques d'hébergement et de camping. La liste des équipements admissibles au programme de signalisation touristique est déterminée par Tourisme Québec en collaboration avec les associations touristiques régionales (ATR). Les critères d'admissibilité visent à s'assurer que les entreprises signalisées possèdent une structure d'accueil pour recevoir la clientèle touristique et qu'elles offrent à cette dernière une prestation minimale de services pour réaliser une expérience touristique qui réponde à ses besoins et à ses attentes.

Ce document constitue un complément à la Politique de signalisation touristique -équipements touristiques privés, publiée conjointement par le ministère des Transports du Québec (MTQ) et Tourisme Québec. Il présente la liste des types d'équipements admissibles à la signalisation et les critères d'admissibilité auxquels les entreprises touristiques doivent répondre pour bénéficier d'un contrat de signalisation sur le réseau routier. Seuls les pictogrammes normalisés par le ministère des Transports peuvent être utilisés. Ce document énonce les critères en vigueur au 1<sup>er</sup> avril 2004.

**NOTES**

- 1 Un avantage important du modèle développé est qu'il permet un jumelage d'informations provenant de différentes sources dans le but d'en dégager un extrant unique.

# CONGRÈS CONFÉRENCES



Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignements
Colloque sur la planification des transports «Quelle villes voulons-nous?»	Montréal 17 février 2005	Association québécoise du transport et des routes (AQTR)	Responsable : Annie Bérard Tél. : (514) 523-6444 Télec. : (514) 523-2666 Courriel (s) : aberard@aqtr.qc.ca Internet : <a href="http://www.aqtr.qc.ca">http://www.aqtr.qc.ca</a>
IABSE Conference : « Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty Conference »	New Delhi, Inde 19 au 22 février 2005	International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)	Courriel (s) : <a href="mailto:ngiabse@nde.vsnl.net.in">ngiabse@nde.vsnl.net.in</a> Internet : <a href="http://www.iabse.org">http://www.iabse.org</a> 4th International Conference on Weigh-In-Motion Taipei, Taiwan Courriel (s) : <a href="mailto:icwim4@yahoo.com.tw">icwim4@yahoo.com.tw</a> Internet : <a href="http://wimusers.free.fr/icwim.htm">http://wimusers.free.fr/icwim.htm</a>
4th International Conference on Weigh-In-Motion	Taipei, Taiwan 20 au 22 février 2005		Courriel (s) : <a href="mailto:icwim4@yahoo.com.tw">icwim4@yahoo.com.tw</a> Internet : <a href="http://wimusers.free.fr/icwim.htm">http://wimusers.free.fr/icwim.htm</a>
4th International Conference on latests developments in sustainable aggregates and asphalt technology	Liverpool, Angleterre 23 février 2005		Tél. : +44(0) 1512313630 3265 Courriel (s) : <a href="mailto:s.m.jawad@livjm.ac.uk">s.m.jawad@livjm.ac.uk</a> Internet : <a href="http://www.beneluxbitume.be/agenda.asp?page=1">http://www.beneluxbitume.be/agenda.asp?page=1</a>
APTA TranslTech Conference	Long Beach, California 23 au 25 février 2005	American Public Transport Association (APTA)	Responsable : Anitha Tharapatla Tél. : (202) 496-4839 Courriel (s) : <a href="mailto:atharapatla@apta.com">atharapatla@apta.com</a> Internet : <a href="http://www.apta.com/conferences_calendar/trantech/index.cfm">http://www.apta.com/conferences_calendar/trantech/index.cfm</a>
ITE 2005 Technical Conference	Las Vegas, États-Unis 27 février au 2 mars	Institute of Transportation Engineers (ITE)	Tél. : (202) 289-0222 ext. 140 Télec. : (202) 898-4131 Internet : <a href="http://www.ite.org/conference/">http://www.ite.org/conference/</a>
Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists	Long Beach, États-Unis 7 au 9 mars 2005	Association of Asphalt Paving Technologists (AAPT)	Courriel (s) : <a href="mailto:aapt@qwest.net">aapt@qwest.net</a> Internet : <a href="http://www.asphalttechnology.org">http://www.asphalttechnology.org</a>
Transpo 2005 Conference and Exhibition	Toronto 8 au 9 mars 2005	Association canadienne de transport industriel (ACTI)	Tél. : (613) 726-1577 Télec. : (613) 726-7139 Courriel (s) : <a href="mailto:info@cita-acti.ca">info@cita-acti.ca</a> Internet : <a href="http://65.110.75.152/english/View.asp?x=317">http://65.110.75.152/english/View.asp?x=317</a>
SIFER 2005 : « 4 <sup>e</sup> Salon international de l'industrie ferroviaire »	Lille, France 15 au 17 mars 2005	Mack Brooks France	Courriel (s) : <a href="mailto:sifer@mackbrooks.co.uk">sifer@mackbrooks.co.uk</a> Internet : <a href="http://www.sifer2005.com">http://www.sifer2005.com</a>
Conexpo-Con/Agg et IFPE 2005	Las Vegas, États-Unis 15 au 19 mars 2005		Courriel (s) : <a href="mailto:jeldredge@conexpoconagg.com">jeldredge@conexpoconagg.com</a> Internet : <a href="http://www.conexpoconagg.com">http://www.conexpoconagg.com</a>

<b>Activité</b>	<b>Lieu et date</b>	<b>Organisation</b>	<b>Renseignements</b>
Forum de la construction de l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec	Montréal 22 au 23 mars 2005	(ACRGTQ)	Tél. : 1-888-777-1707 Internet : <a href="http://www.insightinfo.com/conferences/brochures/brochure.cfm?product_code=CNC05784">http://www.insightinfo.com/conferences/brochures/brochure.cfm?product_code=CNC05784</a>
Congrès annuel Bitume Québec «Une industrie au service de la collectivité»	Mont Sainte-Anne 22,23 et 24 mars 2005	Bitume Québec	Tél. : (450) 922-2618 Courriel (s) : <a href="mailto:bitume@sympatico.ca">bitume@sympatico.ca</a> Internet : <a href="http://www.bitumequebec.ca/index_new.html">http://www.bitumequebec.ca/index_new.html</a>
17 <sup>th</sup> Biennial Symposium on Visibility and Traffic Control Devices	Washington, États-Unis 4 au 6 avril 2005	Transportation Research Board (TRB)	Responsable : Richard Cunard Courriel (s) : <a href="mailto:rcunard@nas.edu">rcunard@nas.edu</a> Internet : <a href="http://gulliver.trb.org/calendar/">http://gulliver.trb.org/calendar/</a>
MapWorld 2005	Miami, Floride 6 au 8 avril 2005	MapInfo	Tél. : (518) 285.7500 Courriel (s) : <a href="mailto:events@mapinfo.com">events@mapinfo.com</a> Internet : <a href="http://extranet.mapinfo.com/events/mapworld2005/index.cfm">http://extranet.mapinfo.com/events/mapworld2005/index.cfm</a>
40 <sup>e</sup> Congrès annuel de l'AQTR	Laval, Québec 10 au 12 avril 2005	Association québécoise du transport et des routes (AQTR)	Tél. : (514) 523-6444 Télééc. : (514) 523-2666 Courriel (s) : <a href="mailto:info@aqtr.qc.ca">info@aqtr.qc.ca</a> Internet : <a href="http://www.aqtr.qc.ca">http://www.aqtr.qc.ca</a>
SAE 2005 World Congress : « A Century of Leading our World in Motion....SAE 1905-2005 »	Detroit, États-Unis 11 au 14 avril 2005	SAE International	Responsable : Customer Service Courriel (s) : <a href="mailto:CustomerService@sae.org">CustomerService@sae.org</a> Internet : <a href="http://www.sae.org/congress/">http://www.sae.org/congress/</a>
International Conference on Best Practices for Ultra-thin and Thin Whitetoppings	Denver, États-Unis 12 au 15 avril 2005		Responsable : Frederick Hejl Courriel (s) : <a href="mailto:fhejl@nas.edu">fhejl@nas.edu</a> Internet : <a href="http://gulliver.trb.org/calendar/">http://gulliver.trb.org/calendar/</a>
The North American Snow Conference 2005	Kansas city, États-Unis 17 au 20 avril 2005	American Public Works Association (APWA)	Courriel (s) : <a href="mailto:education@apwa.net">education@apwa.net</a> Internet : <a href="http://www.apwa.net/Meetings/">http://www.apwa.net/Meetings/</a>
Northeast Chapter AAAE International Aviation Snow Symposium	New York, États-Unis 23 au 27 avril 2005	International Association of Airport Executives (IAAE)	Responsable : Bob Nowak Courriel (s) : <a href="mailto:rjnsme@adelphia.net">rjnsme@adelphia.net</a> Internet : <a href="http://www.iaae.org/meetings/calendar.htm">http://www.iaae.org/meetings/calendar.htm</a>
2005 Transportation Planning Applications Conference	Portland, États-Unis 24 au 28 avril 2005	Transportation Research Board (TRB)	Tél. : (202) 334-2934 Télééc. : Fax: (202) 334-2003 Courriel (s) : <a href="mailto:TRBSales@nas.edu">TRBSales@nas.edu</a> Internet : <a href="http://www.trb-portland-05.com/">http://www.trb-portland-05.com/</a>
Le quartier municipal des affaires	Québec 28 et 29 avril 2005	Union des municipalités du Québec	Internet : <a href="http://www.umq.qc.ca/salon/index_f.asp">http://www.umq.qc.ca/salon/index_f.asp</a>
54 <sup>e</sup> Congrès annuel de l'Association du camionnage du Québec (ACQ)	Montréal 29 au 30 avril 2005	Association du camionnage du Québec (ACQ)	Tél. : (514) 932-0377 1-800-361-5813 Télééc. : (514) 932-1358 Courriel (s) : <a href="mailto:info@carrefour-acq.org">info@carrefour-acq.org</a> Internet : <a href="http://www.carrefour-acq.org/3_0/frame_3_0.htm">http://www.carrefour-acq.org/3_0/frame_3_0.htm</a>

<b>Activité</b>	<b>Lieu et date</b>	<b>Organisation</b>	<b>Renseignements</b>
Tenth International ASCE Conference on Automated People Movers : « Moving to Mainstream »	Orlando, États-Unis 1er au 4 mai 2005	ASCE	Tél. : 1-800-548-2723 Courriel (s) : conferences@asce.org Internet : <a href="http://www.asce.org/conferences/">http://www.asce.org/conferences/</a>
Conférence annuelle ITS : « les systèmes de transport intelligent »	Phoenix, États-Unis 2 au 4 mai 2005	Intelligent Transportation Systems (ITS)	Responsable : ITS America Tél. : (202)484-4847 Télec. : (202)484-3483 Courriel (s) : editor@itsa.org Internet : <a href="http://www.itsa.org">http://www.itsa.org</a>
Colloque de l'Association de géomatique municipale du Québec (AGMQ)	à déterminer 3 mai 2005	Association de géomatique du Québec (AGMQ)	Internet : <a href="http://www.agmq.qc.ca/colloque/index.asp">http://www.agmq.qc.ca/colloque/index.asp</a> 26 janvier 2005Page 4 sur 14
Colloque ferroviaire 2005 : « La sécurité ferroviaire et les nouvelles technologies »	Québec, Canada 3 au 4 mai 2005	Le Groupe TRAQ	Courriel (s) : amtom@groupetraq.com Internet : <a href="http://www.groupetraq.com/2005.html">http://www.groupetraq.com/2005.html</a>
Transport & VIP Interiors Expo	Dallas, États-Unis 3 au 5 mai 2005	RailwayAge	Responsable : Joanna Longe Courriel (s) : jlonge@transport-interiors.com Internet : <a href="http://www.railwayage.com/conference">http://www.railwayage.com/conference</a>
40 <sup>th</sup> Annual Conference : « Old Foundations, Modern Challenges »	Hamilton, Canada 8 au 11 mai 2005	Le groupe de recherche sur les transports au Canada	Tél. : (306) 242-6199 Télec. : (306) 242-6199 Courriel (s) : feedback@ctrf.ca Internet : <a href="http://www.ctrf.ca/2005_annual.htm">http://www.ctrf.ca/2005_annual.htm</a>
14 <sup>th</sup> ACI EUROPE Trading Conference and Exhibition	Zurich, Suisse 9 au 11 mai 2005		Courriel (s) : info@aci-europe.org Internet : <a href="http://www.aci-europe.org/">http://www.aci-europe.org/</a>
4 <sup>th</sup> ACI EUROPE Security Summit and Exhibition	Amsterdam, Pays-Bas 9 au 11 mai 2005	Responsable : Kate Watts	Courriel (s) : kate@pps-publications.com Internet : <a href="http://www.aci-europe.org/">http://www.aci-europe.org/</a>
Causerie-conférence « Une chartre estrienne des paysages : vers un outil de mobilisation environnementale et de développement économique ? »	Rock Forest 10 mai 2005	Comité du patrimoine paysager estrien	Tél. : (819) 566-6146 Courriel (s) : paysagesestriens@videotron.ca
1 <sup>st</sup> European Airport Pavement Workshop	Amsterdam, Pays-Bas 11 au 12 mai 2005	CROW, Dutch CAA, Ministry of Defence Responsable : Adrian J. van Leest	Courriel (s) : vanleest@crow.nl Internet : <a href="http://www.crow.nl/engels/Other_products/Content/Events/Airport_Pavement.html">http://www.crow.nl/engels/Other_products/Content/Events/Airport_Pavement.html</a>
Census Data for Transportation Planning : « Preparing for the Future »	Irvine, États-Unis 11 au 13 mai 2005	Transportation Research Board (TRB) Responsable : Thomas Palmerlee	Tél. : (202) 334-2907 Courriel (s) : tpalmerlee@nas.edu Internet : <a href="http://www.trb.org/Conferences/Census_Data_for_Transportation_Planning.pdf">http://www.trb.org/Conferences/Census_Data_for_Transportation_Planning.pdf</a>
Congrès de l'ADMQ	Mont-Tremblant 11 au 13 mai 2005	Association des directeurs municipaux du Québec (ADMQ)	Internet : <a href="http://www.admq.qc.ca/congres_2005.asp">http://www.admq.qc.ca/congres_2005.asp</a>

<b>Activité</b>	<b>Lieu et date</b>	<b>Organisation</b>	<b>Renseignements</b>
Conférence STI Canada : « Le temps est à l'intégration »	Québec, Canada 15 au 17 mai 2005	STI Canada Responsable : Heather Navarra	Tél. : (905) 471-2970 Télé. : (905) 294-1050 Courriel (s) : itscanada@itscanada.ca Internet : <a href="http://www.itscanada.ca/quebec2005/francais/index.htm">http://www.itscanada.ca/quebec2005/francais/index.htm</a>
Intertraffic Eurasia 2005	Istanbul, Turquie 18 au 20 mai 2005	NTSR Turkiye	Tél. : +90 216 359 10 68 Télé. : +90 216 386 33 07 Courriel (s) : info@ntsr.com.tr Internet : <a href="http://www.eurasia.intertraffic.com/">http://www.eurasia.intertraffic.com/</a>
Congrès ADGMQ 2005	Sherbrooke 18 au 21 mai 2005	Association des directeurs généraux des municipalités du Québec (ADGMQ)	Tél. : (418) 527-8428 Télé. : (418) 527-1041 Courriel (s) : adgmq@adgmq.qc.ca Internet : <a href="http://www.adgmq.qc.ca/">http://www.adgmq.qc.ca/</a>
National Roundabout Conference	Vail, États-Unis 22 au 25 mai 2005	Transportation Research Board (TRB) Responsable : Richard Pain	Tél. : (202) 334-2964 Courriel (s) : RPain@NAS.edu Internet : <a href="http://www.trb.org/Conferences/Roundabout/">http://www.trb.org/Conferences/Roundabout/</a>
URBISTICS 2005 «Les nouvelles tendances de gestion des systèmes urbains»	Montréal 23 au 26 mai 2005		Internet : <a href="http://www.congresbcu.com/urbistics/">http://www.congresbcu.com/urbistics/</a>
Congrès annuel de l'ACTU 2005	Gatineau, Canada 28 mai au 1 <sup>er</sup> juin 2005	Association canadienne du transport urbain (ACTU)	Tél. : (416) 365-9800 poste 116 Télé. : (416) 365-1295 Courriel (s) : conferences@cutaactu.ca Internet : <a href="http://www.cutaactu.ca">http://www.cutaactu.ca</a>
Congrès annuel 2005 de l'Association canadienne des géographes (ACG)	London, Ontario du 31 mai au 4 juin 2005	Association canadienne des géographes (ACG) Responsable : Université of Western Ontario	Internet : <a href="http://geography.ssc.uwo.ca/cag/french_index.htm">http://geography.ssc.uwo.ca/cag/french_index.htm</a>
Colloque annuel de l'Association de la recherche industrielle du Québec (ADRIQ)	Québec 1 au 2 juin 2005	Association de la recherche industrielle du Québec (ADRIQ)	Tél. : (514) 337-3001 Télé. : (514) 337-2229 Courriel (s) : adriq@adriq.com Internet : <a href="http://adriq.com/activites/index.html">http://adriq.com/activites/index.html</a>
4 <sup>th</sup> International ACI/CANMET Conference : « Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials	Goiânia, Brésil 1 <sup>er</sup> au 3 juin 2005	American Concrete Institute (ACI), Canada Center for Mineral Energy Technology (CANMET) Responsable : Enio Pazini Figueiredo	Tél. : +55 (62) 239-6300 Télé. : +55 (62) 239-6500 Courriel (s) : hpc2005@furnas.com.br
5 <sup>th</sup> European Congress and Exhibition on ITS	Hannover, Allemagne 1 <sup>er</sup> au 3 juin 2005	ERTICO-ITS Europe Responsable : Hélène Feuillat	Tél. : 32-2 400 07 00 Courriel (s) : hannover2005@mail.ertico.com Internet : <a href="http://www.ertico.com">http://www.ertico.com</a>

<b>Activité</b>	<b>Lieu et date</b>	<b>Organisation</b>	<b>Renseignements</b>
Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference	Fredericton, Nouveau-Brunswick 5 au 8 juin 2005		Courriel (s) : <a href="mailto:edh@magma.ca">edh@magma.ca</a> Internet : <a href="http://www.carsp.ca/cmrcs.htm">http://www.carsp.ca/cmrcs.htm</a>
UITP's 56 <sup>th</sup> World Congress and Mobility & City Transport Exhibition	Rome, Italie 5 au 9 juin 2005	Union internationale des transports publics (UITP) Responsable : UITP	Tél. : +32 2 673 61 00 Télééc. : +32 2 670 10 72 Internet : <a href="http://www.uitp.com/Events/2005/roma/exhibition/">http://www.uitp.com/Events/2005/roma/exhibition/</a> <a href="http://www.uitp.com/mediaroom/may-2004/making-the-connection-en.cfm">http://www.uitp.com/mediaroom/may-2004/making-the-connection-en.cfm</a>
4 <sup>th</sup> European Conference on Steel and Composite Structures : « Eurosteel 2005 Maastricht »	Maastricht, Pays-Bas 8 au 10 juin 2005	Université de Liège, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Technische Universiteit Eindhoven	Courriel (s) : <a href="mailto:contact@eurosteel2005.info">contact@eurosteel2005.info</a> Internet : <a href="http://www.eurosteel2005.info/">http://www.eurosteel2005.info/</a>
17 <sup>th</sup> Canadian Materials Science Conference	Vancouver, Canada 12 au 14 juin 2005		Courriel (s) : <a href="mailto:cmssc@cmpe.ubc.ca">cmssc@cmpe.ubc.ca</a> Internet : <a href="http://www.cmpe.ubc.ca/cmssc/">http://www.cmpe.ubc.ca/cmssc/</a>
98 <sup>e</sup> Conférence Annuelle de l'Association canadienne des sciences géomatiques (ACSG)	Ottawa du 13 au 15 juin 2005	Association canadienne des sciences géomatiques (ACSG)	Tél. : (613) 224-9851 Télééc. : (613) 224-9577 Courriel (s) : <a href="mailto:admncig@magma.ca">admncig@magma.ca</a> Internet : <a href="https://www.cig-acsg.ca/cig2004/french/home.htm">https://www.cig-acsg.ca/cig2004/french/home.htm</a>
IRF 2005 : 15 <sup>th</sup> World Meeting of the International Road Federation	Bangkok, Thaïlande 16 au 20 juin 2005	IRF	Tél. : +662 960 0141 3 Télééc. : +662 960 0140 Courriel (s) : <a href="mailto:irf2005@bkkrai.com">irf2005@bkkrai.com</a>
CSA Annual Conference 2005	Kelowna, Colombie-Britannique 19 au 24 juin 2005	Association canadienne de normalisation (ACNOR-CSA) Responsable : Michelle Weise	Tél. : (416) 747-2491 Courriel (s) : <a href="mailto:michelle.weise@csagroup.org">michelle.weise@csagroup.org</a> Internet : <a href="http://www.csa.ca/annualconference/Default.asp?language=english">http://www.csa.ca/annualconference/Default.asp?language=english</a>
7 <sup>th</sup> International Symposium on Utilization of High-Strength/High-Performance Concrete	Washington, États-Unis 20 au 24 juin 2005	American Concrete Institute (ACI)	Tél. : (248) 848-3700 Courriel (s) : <a href="mailto:BKStore@concrete.org">BKStore@concrete.org</a> Internet : <a href="http://www.concrete.org/events/conferences/7th_International_Symposium.htm">http://www.concrete.org/events/conferences/7th_International_Symposium.htm</a>
3 <sup>rd</sup> International Symposium on Highway Geometric Design	Chicago, États-Unis 26 juin au 2 juillet 2005	Transportation Research Board (TRB) Responsable : Raymond A. Krammes	Tél. : (202)493-3312 Courriel (s) : <a href="mailto:ray.krammes@fhwa.dot.gov">ray.krammes@fhwa.dot.gov</a> Internet : <a href="http://www.trb.org/Conferences/GeoDesignSym/default.asp">http://www.trb.org/Conferences/GeoDesignSym/default.asp</a>
7 <sup>e</sup> Conférence internationale sur la capacité portante des routes, voies ferrées et pistes aéroportuaires	Trondheim, Norvège 27 au 29 juin 2005		Courriel (s) : <a href="mailto:bcra@2005@adm.ntu.no">bcra@2005@adm.ntu.no</a> Internet : <a href="http://www.bcra05.no">http://www.bcra05.no</a>
Congrès annuel de l'Association du transport écolier du Québec	Mont-Tremblant, Québec 29 au 30 juin 2005	Association du transport écolier du Québec (ATEQ)	Tél. : (418) 622-6544 Télééc. : (418) 622-6595 Courriel (s) : <a href="mailto:courrier@ateq.qc.ca">courrier@ateq.qc.ca</a> Internet : <a href="http://www.ateq.qc.ca/evenements/index.html">http://www.ateq.qc.ca/evenements/index.html</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.