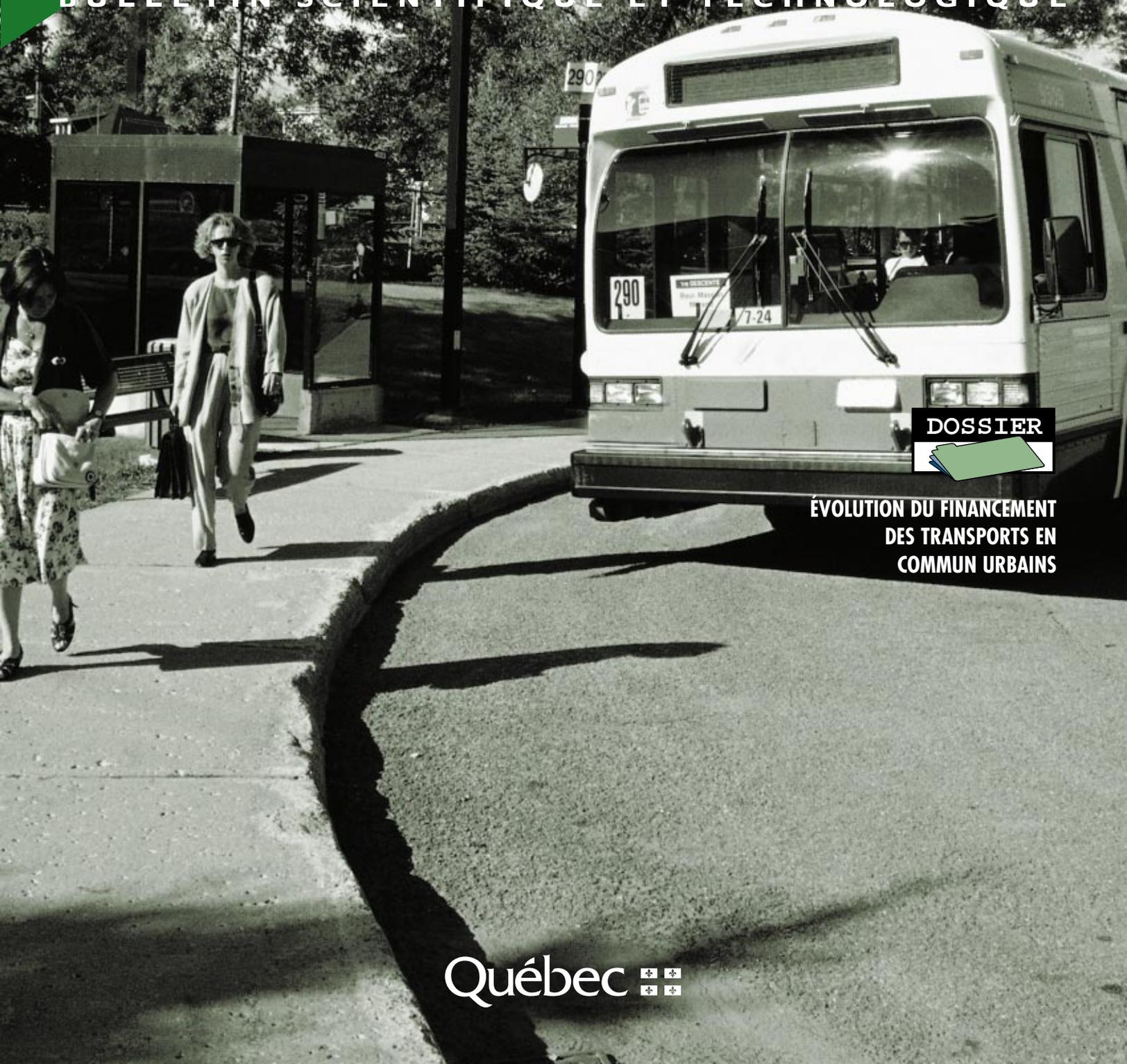
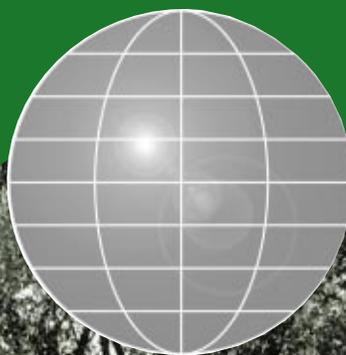


INNOVATION

NUMERO 2 JUIN 1998

TRANSPORT

BULLETIN SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE



DOSSIER

**ÉVOLUTION DU FINANCEMENT
DES TRANSPORTS EN
COMMUN URBAINS**

Québec 

PROJET DE RECHERCHE ANALYSE DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE : VERS UN SYSTÈME D'AIDE À L'ÉTUDE DE SITES	3
DOSSIER ÉVOLUTION DU FINANCEMENT DES TRANSPORTS EN COMMUN URBAINS (2^e partie)	7
ROUTES ET STRUCTURES LE PLATELAGE EN BOIS PRÉCONTRAIT	14
PARUTIONS RÉCENTES	18
CONGRÈS ET CONFÉRENCES	19

INNOVATION TRANSPORT est réalisé par le Centre québécois de transfert de technologie routière et édité par la Direction des communications du ministère des Transports du Québec.

Rédaction : *Richard Pagé, Dominique Duchesne*
 Révision linguistique : *Direction des communications*
 Supervision graphique : *Jean-Pierre Tremblay*
 Conception : *Tandem Conception et Infographie inc.*
 Impression : *Imprimerie Canada inc.*
 Pour obtenir de l'information supplémentaire, il suffit de s'adresser à :
 Ministère des Transports du Québec
 Observatoire en transport
 700, boul. René-Lévesque Est, 21^e étage
 Québec (Québec), G1R 5H1
 Téléphone : (418) 643-6039
 Télécopieur : (418) 646-2343
 Courrier électronique : rpage@mtq.gouv.qc.ca

Dépôt légal
 Bibliothèque nationale du Québec
 ISSN - 1480-610X
 Tirage : 2650 exemplaires

FORUM SUR L'INNOVATION EN TRANSPORT

Le 20 novembre 1997, le Centre québécois de transfert de technologie routière de Transports Québec s'est joint à l'Association québécoise du transport et des routes pour organiser le premier Forum sur l'innovation en transport. La tenue d'un tel forum avait pour objectifs, entre autres, de favoriser les échanges entre les divers partenaires en transport représentant les milieux des affaires, des universités, des municipalités et du gouvernement, et de cibler les besoins en matière d'innovation.

Sept conférences portant sur divers aspects de l'innovation étaient inscrites au programme. Dans son message d'ouverture, le sous-ministre, M. André Trudeau, a souligné l'importance de favoriser l'innovation en transport et de promouvoir l'expertise québécoise au Québec et à l'étranger. À l'occasion d'un déjeuner-causerie, le ministre, M. Jacques Brassard, a pour sa part présenté les orientations gouvernementales en matière d'innovation et réitéré la volonté du Ministère de développer des partenariats et d'apporter un soutien à des projets innovateurs.

Réunis en ateliers, les participants ont par la suite discuté des problèmes importants en matière d'innovation, soit l'assouplissement des règles administratives, le partenariat et les occasions d'affaires, le financement de l'innovation par les institutions financières, le rôle des universités au regard de l'innovation ainsi que « l'accréditation aux normes de qualité ».

Le Forum s'est terminé par une plénière qui a permis de faire la synthèse des discussions tenues au cours de la journée.

Depuis la tenue de ce forum, l'Association québécoise des transports et des routes a mis sur pied un comité permanent sur l'innovation dont le mandat est de contribuer à la création d'un environnement favorable à l'innovation pour les entreprises québécoises et autres acteurs du domaine des transports. Pour sa part, le Centre québécois de transfert de technologie routière vient de publier les Actes du Forum, qui résument cette journée sur l'innovation et présentent des recommandations.



DANIEL DESCHÊNES, ing.
 Directeur de l'Observatoire en transport



ANALYSE DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE : VERS UN SYSTÈME D'AIDE À L'ÉTUDE DE SITES

Par Nicole Tourigny, Université Laval

Introduction

Le transfert dans les territoires des activités d'analyse de sécurité routière (ASR) du ministère des Transports du Québec (MTQ) a eu pour conséquence le fait que ces études sont maintenant réalisées par un plus grand nombre d'analystes répartis sur l'ensemble du territoire et ayant des niveaux de connaissance variés (Tourigny et Simian. 1995, p. 11). C'est dans ce contexte que le MTQ a lancé le développement d'un système intégré d'analyse de sites (SIAS) afin d'accroître l'efficacité des interventions en analyse de sécurité routière (Bélanger. 1995, p. 127). Une des fonctions du SIAS est l'analyse de sites (aussi appelée «étude de sites») proprement dite (Bernier *et al.* 1996; Bélanger. 1995, p. 131). Cette fonction requiert l'utilisation de l'expertise du domaine de la sécurité routière.

Afin de rendre accessibles les connaissances dont disposent les ingénieurs experts en sécurité routière du MTQ et afin d'aider les analystes en territoire à effectuer plus efficacement et plus uniformément les analyses de sites, le MTQ a entrepris en 1995, en collaboration avec le Département d'informatique de l'Université Laval, la réalisation d'un projet de développement d'un système d'aide à l'étude de sites de types particuliers, soit l'étude des carrefours à trois ou quatre branches (Tourigny et Simian. 1995; Boury-Brisset et Tourigny. 1996, p. 2). Ce type de système d'aide est aussi appelé système expert (SE) ou système à base de connaissances (SBC). On peut définir un SBC comme étant un système informatique qui utilise des connaissances propres à un domaine pour résoudre des problèmes; les solutions obtenues sont essentiellement les mêmes que celles auxquelles

arrive un spécialiste du domaine lorsqu'il est confronté au même problème; ces systèmes sont, plus particulièrement, caractérisés par la nature heuristique, plutôt qu'algorithmique, du processus de résolution de problème (Gonzalez et Dankel. 1993, p. 21-22).

L'objectif du présent article est d'énoncer les principaux résultats obtenus jusqu'ici dans le cadre de ce projet de SBC en ASR. Ce projet a été divisé en trois volets: une étude préliminaire dont le but était de vérifier la faisabilité du projet, une étude des besoins et de l'expertise dont le but était de répondre à certaines questions que se posait le MTQ avant d'entreprendre le développement du système et, enfin, le développement du système en tant que tel, soit l'analyse, la conception et la réalisation du système. Les deux premiers volets ont fait l'objet de contrats de recherche entre le MTQ et l'Université Laval. La troisième tranche est actuellement en cours de réalisation, depuis le début de juillet 1997, dans le cadre du programme de recherche universitaire en sécurité routière MTQ-SAAQ-FCAR¹, lancé à l'automne 1996. Dans les deux prochaines sections, nous décrirons les résultats obtenus à l'issue de la réalisation des deux premiers volets qui ont été réalisés. En conclusion, nous exposerons brièvement les objectifs du troisième volet.

Étude préliminaire

À l'hiver 1995, le chef du Service de la sécurité dans les transports du MTQ confiait aux professeurs Gérard Simian et Nicole Tourigny, du Département d'informatique de l'Université Laval, sous forme d'un contrat de recherche, le mandat d'étudier l'opportunité de concevoir et de mettre au point un système d'aide à l'étude de carrefours dans le cadre d'analyses de sécurité routière, système destiné à être utilisé par les

analystes en territoire du MTQ. Trois experts en sécurité routière ont alors participé à des entrevues: messieurs Carl Bélanger, François Poulin et Jacques Thibeault.

Les principaux aspects retenus du problème posé par la décentralisation sont (Tourigny et Simian. 1995, p. 35-36):

- l'expertise limitée de certains analystes en territoire dans la réalisation d'analyses de sécurité routière; ces analystes ont des niveaux de formation variés;
- la multiplication des points de prise de décision, ce qui risque d'entraîner des incohérences, ou du moins un manque d'homogénéité, dans les analyses de sécurité routière si aucun effort de standardisation n'est fait.

Plusieurs critères ont permis de conclure à la faisabilité du SBC. Ce sont notamment les suivants (Tourigny et Simian. 1995, p. 36):

- il existe des experts reconnus et motivés;
- le problème peut être divisé en sous-problèmes, *a priori* de taille et de complexité raisonnables;
- d'après les experts, plusieurs des connaissances requises sont relativement connues; toutefois, elles ne sont pas complètement définies; c'est en particulier la raison pour laquelle la participation des experts est essentielle pour la poursuite du projet;
- le SBC pourrait être intégré dans le processus de travail des analystes en sécurité routière;
- l'environnement matériel sur lequel sera utilisé le SBC existe et n'est pas trop coûteux;
- le SBC envisagé peut être vu comme un moyen qui permettra: 1) d'améliorer la sécurité routière; 2) d'assurer le maintien de l'expertise dans le contexte de la décentrali-

¹ SAAQ: Société de l'assurance automobile du Québec
FCAR: Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche

sation des services ;

- l'utilisation du système devrait être facilitée par des interfaces particulièrement conviviales et des fonctions d'explication élaborées selon les niveaux de connaissance des utilisateurs et leur degré d'utilisation du système ; la participation des utilisateurs sera aussi requise à l'occasion du développement du SBC ;
- l'utilisation du SBC devrait permettre de déterminer de meilleures solutions ; de plus, les solutions seraient obtenues dans de meilleurs délais.

En résumé, l'étude préliminaire a permis de conclure que certaines fonctions du processus d'étude de sites, élaborées en utilisant la technologie des SBC, pourraient être avantageusement intégrées au SIAS afin de fournir aux analystes en territoire du MTQ une aide «intelligente» leur permettant de réaliser des analyses de façon efficace, cohérente et autonome (Tourigny et Simian, p. 2). Toutefois, la réalisation de ce système nécessitera une participation importante des experts puisque les connaissances du domaine ne sont pas parfaitement définies.

Le lecteur intéressé trouvera le détail de cette étude dans Tourigny et Simian (1995).

Étude des besoins et de l'expertise

En juillet 1996, le chef du Service de la sécurité dans les transports du ministère des Transports du Québec confiait au Département d'informatique de l'Université Laval, sous forme d'un contrat de recherche, le mandat de poursuivre l'étude devant mener à la réalisation d'un

système d'aide à l'ASR aux carrefours à trois ou quatre branches du réseau routier du MTQ. Le mandat associé à ce contrat comportait trois volets : étude bibliographique de solutions technologiques proposées dans la documentation scientifique, étude des besoins et de l'expertise en ASR ainsi qu'étude des solutions et des recommandations.

Étude bibliographique : systèmes d'aide à l'étude de sécurité routière

Cette étude bibliographique a été effectuée du mois de juillet au mois de novembre 1996. Le résumé du rapport produit présente les principaux résultats de cette étude dont les objectifs étaient d'établir une liste des systèmes informatiques intelligents en ASR (utilisant en particulier une approche de SBC) et de décrire les approches technologiques proposées ou utilisées pour les mettre en oeuvre. Nous reprenons ici les principales conclusions de cette étude (Tourigny, 1996, p. 2) :

- Les systèmes intelligents en ASR sont en évolution.
- Ils sont destinés à informatiser plusieurs fonctions.
- Ils peuvent être reliés à d'autres systèmes. Ils peuvent être alors considérés comme des composantes d'un système d'ASR plus global. Un système d'ASR peut être composé de sous-systèmes traditionnels et de sous-systèmes intelligents.
- Plusieurs des systèmes étudiés permettent de recueillir et d'entreposer des données liées aux accidents de la route (infrastructures, circulation, etc.). Par la suite, ces données peu-

vent être analysées afin de procéder à l'identification des sites dangereux. Cette partie du traitement est généralement effectuée en employant une approche statistique. Des programmes conventionnels ou des systèmes d'information géographique (SIG) sont alors utilisés. Le principal avantage de ces derniers est de permettre l'affichage de données spatiales. Souvent, ils disposent également de fonctions statistiques intégrées. Par ailleurs, des algorithmes d'induction peuvent être utilisés pour tenter d'analyser les données d'accidents afin de déterminer les relations entre les variables d'accidents. Par exemple, on peut essayer d'établir à partir des données d'accidents la règle suivante : les conducteurs d'âge moyen conduisent de manière plus sécuritaire que ceux qui sont jeunes ou vieux (Forsyth *et al.* 1991).

- Plusieurs chercheurs suggèrent d'informatiser la fonction d'analyse de sites au moyen d'un SBC afin de prendre en compte l'expertise du domaine en fonction des caractéristiques du site (infrastructures, comportement des usagers, etc.). Cette approche permettrait de pallier les inconvénients d'une approche exclusivement statistique. Plusieurs des systèmes proposés utilisent un raisonnement déductif² (par opposition à inductif³) afin d'aider l'ingénieur en sécurité routière à réaliser des analyses détaillées de sites en vue de déterminer les causes d'accident et les solutions possibles. Par exemple, à partir des schémas d'accidents (*accident patterns*), on déduit les causes et, par la suite, les solutions. Toutefois, on utilise aussi un raisonnement approximatif⁴ afin de prendre en compte les

2. Le raisonnement déductif est l'application des connaissances générales au cas particulier. Une déduction peut être décrite par le schéma d'inférence suivant : à partir d'une règle universellement vraie ($P(x) \rightarrow Q(x)$) et d'une proposition vraie $P(a)$, on peut conclure que la proposition $Q(a)$ est vraie. (Haton *et al.* 1991, p. 34; Gonzalez et Dankel. 1993, p. 60).

3. Le raisonnement inductif vise à généraliser des cas particuliers. À partir des propositions particulières vraies $P(a)$ et $Q(a)$, on conclut à la règle générale ($P(x) \rightarrow Q(x)$). (Haton *et al.* 1991, p. 34; Gonzalez et Dankel. 1993, p. 62).

4. On distingue plusieurs méthodes pour traiter le raisonnement approximatif, notamment l'approche bayésienne, la théorie de Dempster-Shafer, etc. (Haton *et al.* 1991, chapitre 4).

incertitudes liées aux données et aux inférences utilisées.

- D'autres chercheurs suggèrent également d'utiliser un SBC, éventuellement multi-expert (c'est-à-dire capable de traiter les connaissances de plusieurs experts), pour aider les experts participant à l'analyse détaillée d'un accident de route.
- Les connaissances utilisées dans les SBC sont le plus souvent présentées sous forme de règles.

Le détail de cette recherche bibliographique se trouve dans Tourigny (1996). Des résultats partiels sont aussi parus dans Tourigny et Simian (1997). Il est à souligner que cette étude n'a pas permis de répondre à toutes nos questions. Plus particulièrement, nous n'avons pu établir de façon certaine le statut exact des systèmes proposés : prototype, système en exploitation, etc. Nous avons lancé une enquête afin de répondre à certaines questions. Toutefois, nous avons reçu peu de réponses à ce jour.

Étude des besoins et de l'expertise

Ce deuxième volet du mandat s'est déroulé du mois d'août 1996 au mois de mars 1997. L'étude a été réalisée à partir de documents du domaine et au moyen de rencontres avec des experts du MTQ. Les principaux résultats de cette étude sont le modèle de tâches et le modèle d'expertise, lesquels permettent de représenter la théorie des connaissances du domaine. Le premier modèle décrit de manière générale les tâches qui seront effectuées lorsque le SBC sera installé. Le second modèle décrit en détail les connaissances nécessaires pour réaliser les tâches expertes associées à la fonction d'étude de sites. Ces modèles devront être à nouveau raffinés et validés par les experts afin d'en assurer la crédibilité. De plus, les experts devront compléter certains aspects non encore formalisés de la théorie du domaine d'ASR. Enfin, plusieurs décisions devront aussi être prises quant aux fonctionnali-

tés du système. Pour le moment, elles restent les mêmes que celles proposées dans l'étude préliminaire (Tourigny et Simian, 1995). La figure 1 illustre les différentes étapes du processus d'étude de sites aux niveaux macroscopique et intermédiaire (méso). Le détail de cette étude se trouve dans Boury-Brisset *et al.* (1997).

Étude des solutions et recommandations

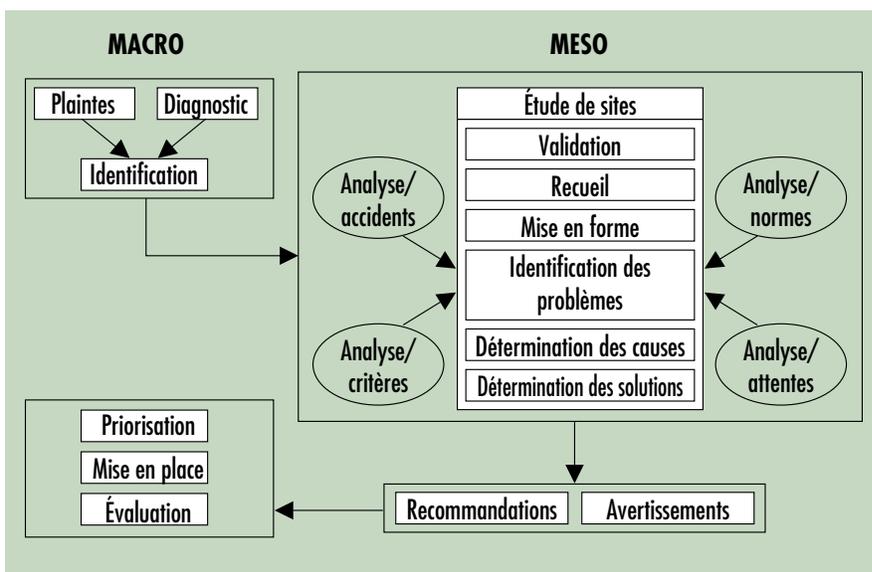
La partie du mandat associée à ce volet consistait à trouver et à étudier les solutions technologiques applicables au MTQ pour résoudre le problème d'ASR aux carrefours à trois ou quatre branches, en tenant compte des modèles produits et des systèmes existants, et à formuler une recommandation à l'issue de cette étude. Nous reprenons ici les principales conclusions énoncées dans Boury-Brisset et Tourigny (1997).

Les solutions considérées pour traiter chacune des fonctions modélisées sont : les systèmes à base de connaissances (utilisant les règles, les objets, etc.), les systèmes utilisant le raisonnement par cas, les réseaux de neurones, les systèmes d'information géographique et les systèmes d'information conventionnels.

La principale conclusion de l'étude est que, pour la plupart des fonctions expertes, l'approche de système à base de connaissances constitue une voie prometteuse pour résoudre les problèmes d'analyse de sécurité routière, domaine caractérisé notamment par la nature heuristique des connaissances, l'incertitude et l'incomplétude des données. L'étude bibliographique a d'ailleurs permis de constater que cette approche a été proposée par la plupart des chercheurs de ce domaine. Cette solution permettrait de réaliser un système convivial, capable d'expliquer les raisonnements effectués, ouvert à des extensions futures, et prenant le mieux en compte leurs schémas de raisonnement. (Boury-Brisset et Tourigny, 1996, p. 49)

Toutefois, d'autres approches peuvent, du moins partiellement, constituer des solutions pour certaines fonctions. Cependant, des études supplémentaires devraient alors être effectuées. Par exemple, l'approche basée sur le raisonnement par cas nous semble une bonne façon de rendre disponible à l'ensemble des analystes l'information sur les cas antérieurement résolus. De cette façon, un analyste pourrait consulter la solution appliquée dans des cas semblables à ceux qu'il

Figure 1 : Processus d'étude de sites Boury-Brisset *et al.* (1997).



doit résoudre. L'intégration au SBC de mécanismes de raisonnement par cas à des fins de consultation pourrait donc permettre à ses utilisateurs un apprentissage plus rapide de la démarche d'expertise adoptée au MTQ. Toutefois, cette hypothèse devra être confirmée par une étude supplémentaire. Par ailleurs, cette approche de raisonnement basée sur des cas ne nous paraît pas *a priori* justifiée pour traiter l'ensemble du problème d'analyse de sécurité routière. Par ailleurs, certaines fonctions qui ne relèvent pas de l'intelligence artificielle pourraient être traitées au moyen d'algorithmes traditionnels.

En résumé, il a été proposé dans ce rapport de construire un système à base de connaissances hybride, basé sur divers modes de représentation des connaissances (notamment règles et objets) et divers mécanismes d'inférence exploitant ces connaissances. De plus, ce système pourrait être doté d'un mécanisme de raisonnement à base de cas pour la consultation de cas existants. Cette consultation serait réalisée en complément du raisonnement à base de règles constituant le coeur du système. Le détail de cette étude se trouve dans Boury-Brisset et Tourigny (1997).

Conclusion

Le principal objectif du projet de développement d'un système d'aide à l'étude de carrefours à trois ou quatre branches sur le réseau routier du MTQ est d'aider les analystes, maintenant dispersés en territoire, à effectuer leurs tâches associées à l'amélioration des sites dangereux. Les deux premières tranches de ce projet ont d'abord permis de vérifier que l'approche proposée, soit un système à base de connaissances, constitue bien une voie prometteuse. D'ailleurs, les propositions des chercheurs de ce domaine vont également dans ce sens. Toutefois, à l'heure actuelle, nous n'avons pu trouver aucun SBC en étude de sites qui répond aux attentes des experts du MTQ. C'est pourquoi il a été recommandé de développer un système en fonction des besoins du MTQ. La seconde tranche a aussi permis de

mener une analyse plus en profondeur et d'élaborer en grande partie les modèles d'expertise et de besoins.

La troisième tranche du projet est en cours depuis juillet 1997. Cette partie du projet vise à compléter l'analyse du SBC et à en assurer la conception, la réalisation et la mise en oeuvre (Simian *et al.* 1996, p. 5). Ce système est destiné à assister «intelligemment» les analystes en territoire à effectuer leurs activités d'étude de sites grâce à l'utilisation de la technologie des SBC. Soulignons qu'une infrastructure de communication via le réseau Internet devrait permettre aux analystes d'échanger des informations. À terme, les retombées escomptées de ce projet sont une plus grande efficacité dans la recherche de solutions, des échanges plus fréquents de connaissances entre les analystes en territoire et une plus grande homogénéité des interventions (Simian *et al.* 1996, p. 5).

Références

- Bélangier C., «Système intégré d'analyse de sites - Développements en cours», *Recueil des Communications, Congrès du 30^e anniversaire, AQTR-Association québécoise du transport et des routes inc.*, Hull, 5-7 avril 1995, tome 2, 127-145.
- Bernier L., Robert M. et Vaillancourt G., «Priorité : Sécurité routière», *Recherches Transport, Bulletin scientifique et technologique*, n° 8, octobre 1996, 10-14.
- Boury-Brisset A.-C., Tourigny N. et Simian G., *Système d'aide à l'étude des carrefours dans le cadre des analyses en sécurité routière au ministère des Transports du Québec : modèle des besoins et d'expertise, Rapport n° 2*, Département d'informatique de l'Université Laval et ministère des Transports du Québec, Contrat 1220-96-96-RG01, Autorisation C.O. 052474, Février 1997.
- Boury-Brisset A.-C. et Tourigny N., *Système d'aide à l'étude de carrefours dans le cadre*

des analyses de sécurité routière au ministère des Transports du Québec : Étude des solutions et recommandations, Rapport n° 3, Département d'informatique de l'Université Laval et ministère des Transports du Québec, Contrat 1220-96-96-RG01, Autorisation C.O. 052474, Mars 1997.

Gonzalez A.J. et Dankel D.D., *The Engineering of Knowledge-Based Systems. Theory and Practice*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

Haton, J.P., *Le raisonnement en intelligence artificielle*, InterÉditions, Paris, 1991.

Simian G. (*et al.*), *Projet # 97-15, Système intelligent coopératif d'aide à l'analyse de sites (SICAS)*, Proposition de projet, Programme de recherche universitaire en sécurité routière MTQ-SAAQ-FCAR, automne 1996, acceptée.

Tourigny N., *Systèmes informatiques intelligents en étude de sécurité routière. Rapport d'étude bibliographique, Rapport n°1*, Département d'informatique de l'Université Laval et ministère des Transports du Québec, Contrat 1220-96-96-RG01, Autorisation C.O. 052474, Novembre 1996.

Tourigny, N. et Simian, G., «Outils d'aide à l'étude de sécurité routière : vers des systèmes intelligents», *Comptes-rendus de la X^e conférence canadienne multidisciplinaire sur la sécurité routière*, Ryerson Polytechnic University, Toronto, Ontario, 9-11 juin, 1997, 202-212.

Tourigny N. et Simian G., *Système d'aide à l'étude des carrefours dans le cadre des analyses en sécurité routière au ministère des Transports du Québec : le modèle d'organisation, Rapport d'analyse préliminaire*, Département d'informatique de l'Université Laval et ministère des Transports du Québec, mars 1995.



ÉVOLUTION DU FINANCEMENT DES TRANSPORTS EN COMMUN URBAINS

(deuxième partie de 2) par Michel Beaulé, conseiller au ministère de la Métropole

État des finances publiques

Si l'on excepte les trois dernières années, les dépenses du gouvernement du Québec ont été en croissance constante depuis le début de la décennie 70. Jusqu'à la récession de 1982-1983, la croissance s'expliquait principalement :

- par la diversification des services offerts par le gouvernement, avec la mise sur pied de programmes comme les garderies, l'aide juridique et la protection de l'environnement ;
- par l'augmentation du coût des programmes existants, les services de santé notamment ;
- par les clauses d'enrichissement incluses dans les conventions collectives des employés de la fonction publique et des secteurs parapublics.

La poursuite de la croissance des dépenses de 1984 à 1992 reflétait l'impact d'une dette devenue considérable et de taux d'intérêt élevés ainsi que les problèmes liés à la restructuration économique, à quoi s'ajoutait le coût croissant de l'aide

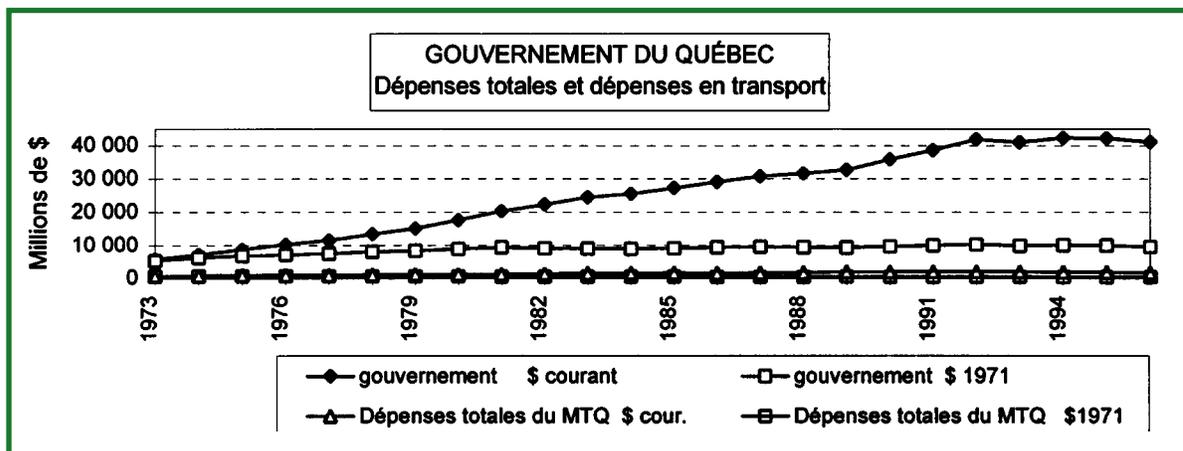
sociale. Depuis quatre ou cinq ans, le gouvernement est pris dans une véritable camisole de force : les revenus stagnent ou diminuent en raison de la faible croissance économique, de la diminution des transferts fédéraux et de la quasi-impossibilité d'augmenter les impôts et les taxes, alors que le service de la dette accapare à lui seul un septième des dépenses. Les diminutions de services deviennent incontournables, même si elles sont douloureuses.

La fonction transport s'est ressentie de la diversification et du réarrangement des priorités gouvernementales. Les transports, notamment les travaux de voirie, ont cessé d'occuper la place centrale parmi les investissements qui servent de moteur à l'économie. Ce changement s'est reflété dans l'enveloppe accordée au ministère des Transports, dont l'importance n'a cessé de diminuer, en dollars constants, en dépit du fait que les responsabilités du Ministère s'alourdissaient considérablement avec la prise en charge de deux importants programmes dans le domaine du transport des personnes.

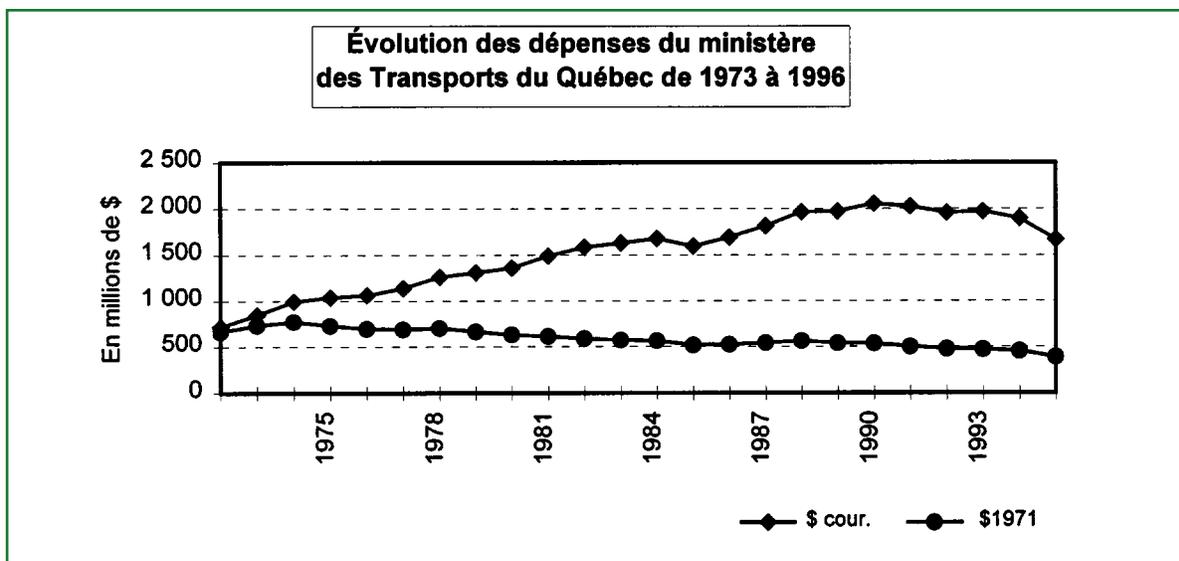
CONSTRUCTION ROUTIÈRE

La construction de routes a été la raison d'être du ministère des Transports pendant le demi-siècle qui a suivi sa création en 1920. Le développement du Québec et de ses régions dépendait de la mise en place d'un réseau moderne d'infrastructures. Au début des années 70, ce programme était de loin le plus important du Ministère, car l'expansion du réseau routier, notamment des autoroutes, nécessitait d'importants travaux. Cet effort fut ralenti à la fin des années 70.

La construction de nouveaux tronçons de route ne représente plus aujourd'hui que quelques dizaines de millions de dollars par an. De fait, le programme de construction routière recouvre maintenant des travaux de réfection et d'amélioration des routes, des ponts et des viaducs. Les experts du Ministère estiment à environ 650 M\$ par an la somme qui devrait être consacrée à la réalisation des travaux nécessaires à l'amélioration et au maintien en bon état de son réseau au cours des cinq prochaines années.²



² Cette somme équivaudrait à une augmentation de 30 % par rapport à la somme annuelle moyenne de 495 M\$ accordée pour ce programme depuis le début de la décennie 1990.



ENTRETIEN DU RÉSEAU ROUTIER

Le programme d'entretien du réseau routier a vu ses crédits croître au cours des années, en raison surtout du vieillissement des infrastructures. En principe, le vieillissement aurait même nécessité des dépenses plus élevées à partir du début des années 80.

Les chaussées de plusieurs routes de même que plusieurs ponts et viaducs atteignaient en effet à ce moment-là l'âge où ils nécessitaient plus d'entretien pour retarder et, si possible, éviter des réparations majeures et coûteuses.

TRANSPORT SCOLAIRE

L'augmentation rapide du coût du transport scolaire au début des années 70 résultait en

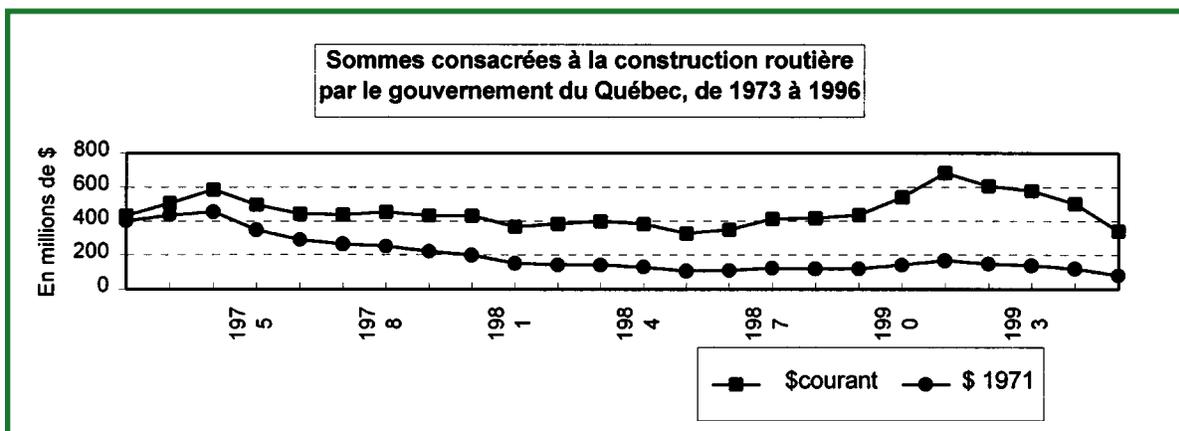
bonne partie de l'étalement urbain, la faible densité de l'urbanisation faisant augmenter le nombre des élèves transportés. De plus, les transporteurs pouvaient facilement obtenir la réouverture des contrats pour absorber toute augmentation de leurs coûts d'exploitation. L'effort de réduction des dépenses réalisé au début des années 80 a impliqué :

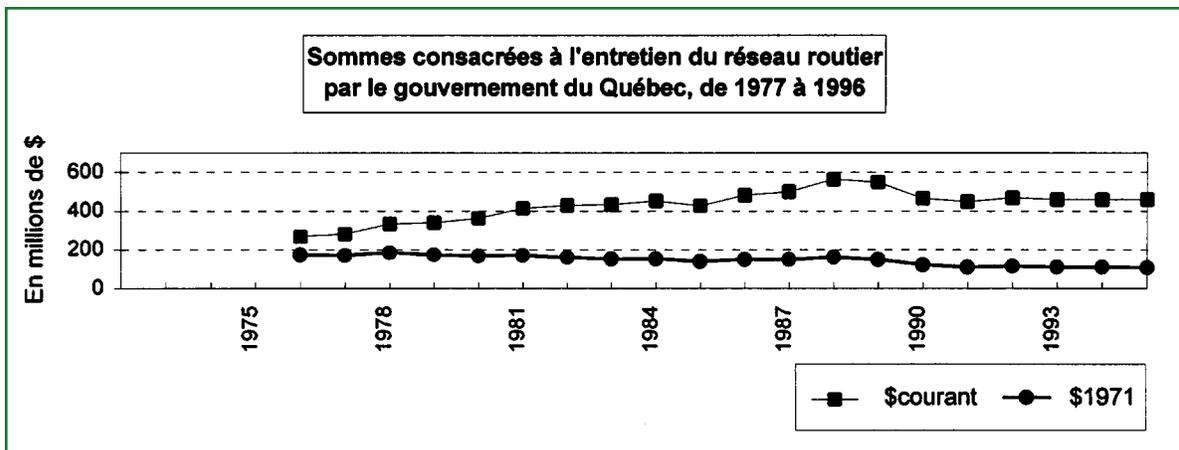
- une réorganisation des circuits selon une approche plus rigoureuse, de manière à augmenter le nombre d'élèves transportés par autobus ;
- le transfert d'une partie de la clientèle vers les services réguliers de transport en commun lorsque le coût du transport y était inférieur ou équivalent, assorti de mesures destinées à améliorer la desserte offerte par ces services.

En 1982, la responsabilité financière du transport scolaire fut confiée aux commissions scolaires, celles-ci devant désormais financer, au moyen d'enveloppes fermées et indexées versées par le ministère des Transports, le coût des services qu'elles organisaient. Le mécanisme d'indexation explique que la somme allouée à cette fonction soit demeurée stable depuis 1982.

TRANSPORT EN COMMUN

Au cours de ses dix premières années d'existence, l'aide gouvernementale au transport en commun a toujours connue une croissance des dépenses supérieure à 20 % par an. Cette croissance rapide a eu pour conséquence que les crédits affectés à ce programme ont dépassé ceux alloués à la construction routière pendant la plus





grande partie des années 80. L'aide du gouvernement du Québec fut pendant une douzaine d'années une des plus généreuses de tous les pays occidentaux.

Malgré la fin de l'aide à l'exploitation dans les sociétés de transport, la participation gouvernementale dépassait les 260 M\$ au cours de l'exercice 1996-1997. En tant qu'exploitant du réseau routier, le Ministère reconnaît en effet son intérêt direct dans le maintien de réseaux de transport en commun performants, surtout dans la région de Montréal. Cette aide est toutefois largement hypothéquée, puisque plus de 60 % des crédits vont au remboursement d'emprunts, ce qui ne laisse à peu près aucune marge pour de nouvelles initiatives.

En somme, le budget accordé au Ministère au cours des 25 dernières années a augmenté moins rapidement que l'inflation. Le coût des programmes de transport des personnes croissait pourtant plus rapidement que l'IPC jusqu'au milieu des années 80, et au même rythme jusqu'au début des années 90. Le redressement des finances publiques entraîne une baisse d'environ 25 % des crédits alloués au ministère des Transports entre 1996 et 1998, ce qui l'oblige à procéder à des choix cruciaux pour l'avenir des transports au Québec sur diverses questions :

- l'exploitation et le maintien en bon état des réseaux routiers national et régional, dont il assume la responsabilité directe ;

- l'avenir des infrastructures ferroviaires, portuaires et aéroportuaires essentielles au développement des régions du Québec, devant le désengagement du gouvernement canadien ;
- le maintien d'une participation financière dans les services de transport des personnes, qui relèvent des gouvernements locaux, suffisante pour en maintenir la qualité.

Principaux résultats de l'intervention des pouvoirs publics

Il n'y a pas eu d'évaluation systématique et approfondie de l'impact du programme d'aide gouvernementale au transport en commun, bien que certains volets aient été évalués. Néanmoins, les principales conclusions pourraient être les suivantes :

- le programme a soutenu les municipalités dans la prise en charge du transport en commun urbain, une industrie qui était en déclin faute de rentabilité pour les transporteurs privés ;
- l'offre de services a été augmentée et améliorée : prolongements du métro, renouvellement des parcs d'autobus, construction de terminus et de garages, installation d'abris-bus, modernisation des trains de banlieue ;
- l'amélioration des services a contribué à accroître la clientèle jusqu'au milieu des

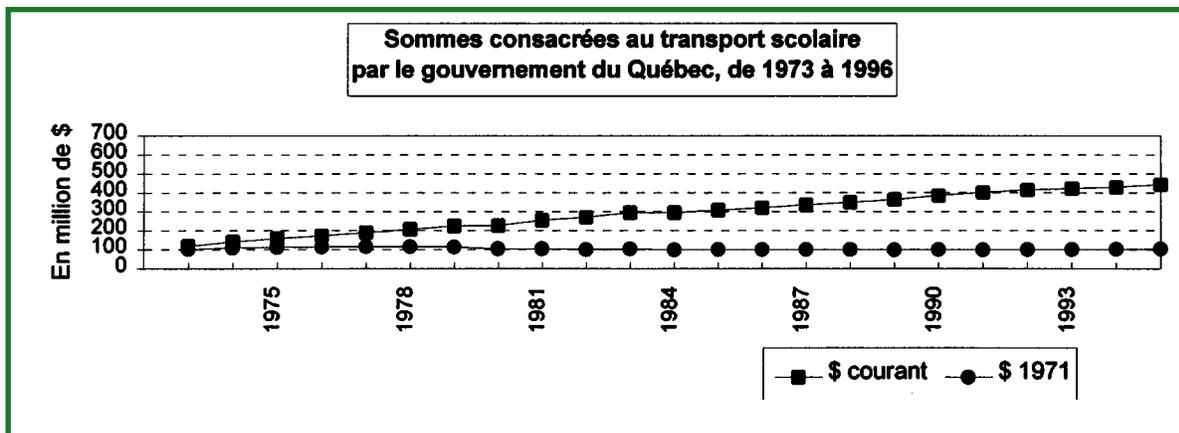
années 80 ;

- la région métropolitaine de Montréal demeure l'agglomération nord-américaine où le taux d'utilisation du transport en commun est le plus élevé, tant pour le nombre de déplacements par habitant que pour la part du marché des déplacements ;
- l'effort consenti par les pouvoirs publics dans ce domaine n'a pas suffi à contrebalancer un mode de vie axé sur l'automobile ainsi que les investissements effectués par les individus, les entreprises et les pouvoirs publics dans l'automobile, le réseau routier et le stationnement, si bien que la part du transport en commun dans le marché des déplacements a décliné dans la région métropolitaine :

1970	-	31,0 %
1974	-	31,1 %
1978	-	30,8 %
1982	-	27,8 %
1987	-	22,9 %
1993	-	21,6 %

Le gouvernement a manqué de continuité dans la perspective et a souvent changé de cap :

- le programme a été modifié pour amener les responsables à adopter des pratiques jugées désirables (ex. : aide à l'exploitation basée sur le déficit en 1976, basée sur les recettes en 1980, liée à la contribution municipale en 1984, indexée à l'IPC en 1988) ;



- les dirigeants des réseaux ont dû s'ajuster à ces changements d'orientations, ce qui a nuit à la planification à moyen et long terme.

Bien qu'il soit acceptable de recourir à des emprunts à long terme pour financer des dépenses d'immobilisations, certaines des règles adoptées ont eu pour effet de multiplier inutilement le coût des investissements. Les effets les plus néfastes ont été causés par la durée de remboursement des emprunts pour la construction du métro, 40 ans au lieu de 20, et par le financement par endettement des achats d'autobus, alors qu'on en achète 200 par an en moyenne. Cet endettement à long terme accapare des ressources financières qui pourraient aujourd'hui servir à maintenir les infrastructures et les équipements en bon état ou à les adapter aux nouveaux besoins.

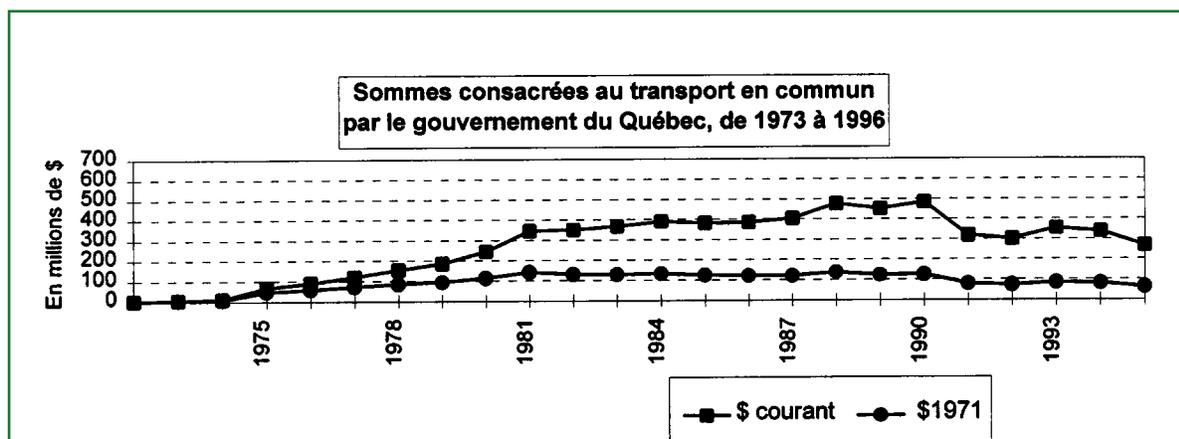
CONCLUSION

Le financement du transport en commun au Québec a beaucoup évolué depuis 25 ans :

- la part de l'utilisateur a diminué de plus de moitié pendant les années 70 et s'est stabilisée autour du tiers du coût par la suite ;
- d'abord absent, le gouvernement est devenu le principal bailleur de fonds pendant une douzaine d'années, avant de se replier dans un rôle de soutien à partir de 1992 ;
- les municipalités sont devenues les principales responsables du financement du transport en commun au moment même où leur champ fiscal plafonnait ;
- dans la région de Montréal, des équipements et des services à caractère métropolitain ont été désignés et sont maintenant en partie financés par des sources perçues à l'échelle métropolitaine.

La contribution financière gouvernementale a joué un rôle déterminant dans les progrès réalisés par les transports en commun dans les principales agglomérations du Québec et surtout dans la région métropolitaine de Montréal. L'assainissement de sa situation financière impose toutefois des choix difficiles au gouvernement, et auxquels le transport en commun urbain ne peut échapper. Les réductions des dépenses imposées par le gouvernement ou par les municipalités dans une perspective à court terme devront toutefois être appliquées de façon à éviter de replonger le transport en commun dans un cercle vicieux, comme ce fut le cas pour les transporteurs privés au cours des années 60 à cause du manque de ressources financières.

Le rôle d'un gouvernement ne consiste pas nécessairement à financer lui-même toutes les initiatives en matière de transport en commun. En effet, le gouvernement peut tout aussi bien s'acquitter de sa responsabilité en établissant un



cadre de financement où son rôle est limité, mais qui procure néanmoins aux réseaux de transport en commun des ressources financières suffisantes. C'est ce qu'a fait le gouvernement français avec le versement-transport, un prélèvement sur la masse salariale qui fournit le quart des revenus consacrés au transport en commun urbain, dans les villes autres que la capitale, alors que la part du gouvernement s'établit à environ 5 %. Un tel cadre devrait respecter les principes suivants :

1. l'adéquation au besoin, en procurant aux réseaux de transport en commun les ressource

ces financières nécessaires à la mise en place et au remplacement des infrastructures ainsi qu'à l'exploitation des services ;

2. l'efficacité des réseaux de transport, les sources de financement servant aussi à orienter les choix des consommateurs de manière à limiter la congestion ;
3. la transparence, afin que les citoyens sachent combien ils paient et à quoi est employé leur argent.

Le transport en commun urbain joue un rôle essentiel pour le bon fonctionnement de la région métropolitaine. La mobilité d'un grand nombre de personnes et la vitalité de plusieurs entreprises dépendent de la qualité des services offerts. L'augmentation projetée du nombre des déplacements au cours des prochaines décennies risque d'entraîner une congestion routière endémique, que des services de transport en commun de qualité pourraient contribuer à alléger.

ÉVOLUTION DE L'AIDE GOUVERNEMENTALE AU TRANSPORT EN COMMUN

ANNÉE	INTERVENTION	OBJECTIF / PRINCIPE
1970 - 1972	Subvention ad hoc à la CUM pour la dette du métro	Contribution des bénéficiaires indirects Suppléer au manque de ressources financières du niveau municipal
1973	Introduction des subventions aux immobilisations - 60 % de la dette du métro - 33 % du coût des autobus	Améliorer l'offre pour attirer la clientèle Rebâtir les parcs d'autobus
1976	Introduction des subventions à l'exploitation 45 à 55 % du déficit selon l'évolution de l'utilisation	Accroître l'offre de service et augmenter la clientèle
1980	Aide aux immobilisations augmentée - 75 % pour bus, garages, terminus, abribus - 100 % pour métro, trains, équipements de transport régional Aide à l'exploitation basée sur - recettes générées - laissez-passer mensuel	Priorité au transport en commun Investissements dans le transport en commun pour la création de la richesse collective (effet de levier) Augmenter les recettes Augmenter la clientèle, en privilégiant le client régulier
1984	Admissibilité des CIT et municipalités de la RMR de Montréal Mesure de proportionnalité des subventions à l'exploitation	Favoriser la prise en charge des services hors-territoire des sociétés par les municipalités desservies Ralentir la croissance du coût pour le gouvernement Obliger les municipalités à contribuer davantage
1985	Subvention à la compensation tarifaire - 50 % du manque à gagner, sans excéder 25 % du tarif de la STCUM	Favoriser les déplacements interréseaux
1988	Indexation de la subvention à l'exploitation Subvention à l'achat d'autobus réduite à 60 % du coût	Prévisibilité de la somme de la subvention Ralentir la croissance du coût pour le gouvernement
1990	Subvention au CMTC - 100 % du manque à gagner sur le laissez-passer régional - compensation à la STCUM pour usage par les non-résidents	Favoriser les déplacements interréseaux
1991	Admissibilité des dépenses de remplacement et de réfection au terme de la vie utile des équipements	Responsabilité de l'exploitant pendant la vie utile Assurer le maintien en bon état
1992	Fin de la subvention à l'exploitation pour les organismes publics et remplacement partiel par un droit sur l'immatriculation des voitures	Diminuer le déficit gouvernemental Affirmation de responsabilité municipale Contribution des bénéficiaires indirects de la région métropolitaine
1996	Fin des subventions au CMTC et aux trains de banlieue et remplacement par une taxe sur l'essence	Diminuer le déficit gouvernemental Contribution des bénéficiaires indirects selon l'usage (gestion de la demande)
1997	Stabilisation de l'aide à l'exploitation, pour les CIT et les municipalités, au niveau de la somme accordée en 1996 Subvention à l'achat d'autobus réduite à 50 % du coût	Diminuer le déficit gouvernemental

CONTRIBUTIONS FINANCIÈRES DES PARTENAIRES

BÉNÉFICES GÉNÉRÉS PAR LE TRANSPORT EN COMMUN

TYPE DE BÉNÉFICES

CONTRIBUTION CORRESPONDANTE

Bénéfices directs

Usage du service

Tarif à l'utilisateur

Bénéfices indirects

1. Desserte du territoire

Fréquentation des commerces

Plus-value des terrains

Impôt foncier

2. Soutien à l'activité économique et sociale

Impôt sur le revenu et les profits

Taxes à la consommation

Taxes sur la masse salariale

3. Atténuation de la congestion

Solution de rechange à l'auto

Taxes liées à l'usage de la route

(ex. : carburants, immatriculation)

La pondération des contributions des divers partenaires relève des pouvoirs publics. Cette pondération équivaut à une reconnaissance implicite des bénéfices que procurent les services de transport en commun.

La pondération des contributions des partenaires évolue dans le temps. Elle est le reflet de la conscience des bienfaits que le transport en commun apporte à la société à divers moments de son histoire.



LE PLATELAGE EN BOIS PRÉCONTRAIT L'utilisation du bois dans un concept innovateur

Par Louis-Marie Bélanger, Direction des structures

HISTORIQUE

Le bois a été largement utilisé au cours des deux derniers siècles pour la construction de différents types de structures partout en Amérique du Nord. Facile à construire, avec des outils simples, les ponts en bois se sont révélés d'une remarquable durabilité.

Les quelque 80 ponts couverts qui existent encore au Québec en sont un témoignage marquant. Les limitations de charges auxquelles les ponts ont été soumis et l'entretien régulier dont ils ont fait l'objet sont deux facteurs principaux ayant contribué à leur conservation.

Un autre type de pont en bois a également été construit à plus petite échelle sur le réseau routier. Le pont à poutres en bois lamellé-collé, supportant dans certains cas un platelage en bois lamellé-cloué, est un concept ayant été utilisé dans les années 50. Quelques spécimens existent encore actuellement et c'est l'un d'eux qui a été retenu pour les besoins du projet d'expéri-

mentation faisant l'objet du présent article.

La durée de vie limitée du bois, en raison, entre autres choses, d'une dégradation (comme la pourriture) et d'une résistance structurale moindre que l'acier ou le béton, rend ce matériau moins attrayant pour la conception d'ouvrages que l'on veut durables à long terme. L'avènement des traitements de préservation du bois et le fait d'utiliser ce dernier en combinaison avec l'acier ont tout de même contribué à une grande utilisation du bois, notamment sur le réseau tertiaire, avec les ponts acier-bois.

Les récents constats de dégradation des structures en béton armé, matériau considéré il n'y a pas si longtemps comme indestructible, ont amené des responsables d'agences de transport américaines et canadiennes à chercher d'autres avenues pour la construction de ponts durables. L'une d'entre elles a été la mise au point du platelage en bois précontraint. En plus du fait que le bois n'est pas attaqué par les sels de déglacage, on trouve parmi les avantages majeurs de ce

concept de platelage une combinaison intéressante de légèreté et de résistance ainsi qu'une facilité de réalisation dont certains paramètres restent néanmoins à être affinés.

CONCEPT

Le principe du platelage en bois précontraint consiste à utiliser le bois comme matériau de compression combiné avec des tiges d'acier mises en tension. Il en résulte une section composite légère, ayant un poids volumique de l'ordre de 6 à 7 kN/m³ comparativement à 24 kN/m³ pour le béton. De plus, ce type de platelage peut posséder une résistance structurale pouvant se comparer à une dalle mince en béton armé.

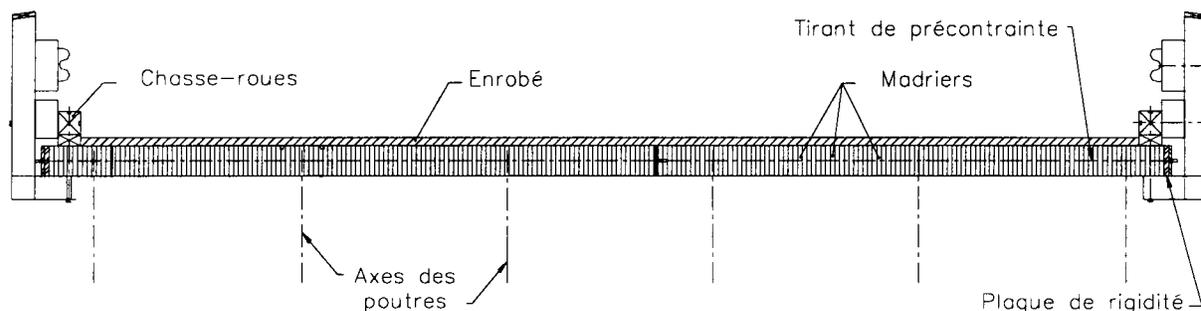
PONT AYANT FAIT L'OBJET DE L'EXPÉRIMENTATION

Construit en 1972 dans un environnement très salin, le pont enjambant le chenal d'En-Dedans, sur la route 199 aux Îles-de-la-Madeleine (P-14165), est la structure qui a été choisie pour expérimenter le platelage en bois précontraint. Ce n'est pas surtout la dégradation du bois traité à la créosote, mais plutôt des défauts majeurs dans la surface de roulement (enrobé) qui ont incité les responsables à intervenir sur cette structure (poutres en bois lamellé-collé supportant un platelage lamellé-cloué). Après analyse, il a été constaté que la fissuration et le décollement de l'enrobé étaient causés par la faiblesse du système structural conjuguée avec un mauvais comportement de l'assemblage cloué du platelage existant.

Pour remédier à ces déficiences, il a été décidé de renforcer le système structural en bois et de remplacer le platelage cloué existant par un pla-



Figure 1 : Platelage en bois précontraint de type longitudinal



telage en bois précontraint de type longitudinal (voir figure 1).

Les principaux paramètres techniques du projet se résument aux éléments suivants :

- renforcement des poutres au moyen d'étriers en acier ;
- renforcement des diaphragmes au moyen de cornières boulonnées ;
- platelage précontraint ;
- pièces de bois longitudinales de 38 mm X 235 mm (2 po. X 10 po.) mises dos à dos et traitées à la créosote ;
- tirants de précontrainte : tiges en acier à haute résistance de 25 mm de diamètre.

RÉALISATION

La Direction des structures, en accord avec les responsables de la Direction du Bas-Saint-Laurent—Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine, a réalisé les plans et les devis pour la réhabilitation du pont au cours de l'hiver 1994. En raison de contraintes au regard de la programmation, les travaux n'ont pu être réalisés qu'au cours de l'année 1996, à partir du début juillet jusqu'à la fin octobre.

La démolition du platelage existant a été effectuée à la scie, en prenant soin de ne pas endommager les poutres. Au moment de cette opération, il a pu être constaté que le bois en place, mise à part une légère dégradation en surface, était en excellente condition.

Comme il avait été prévu aux plans et devis, le projet a été réalisé sur une moitié du pont à la fois afin de maintenir la circulation pendant les travaux.

Serrage initial

Une fois les pièces du plancher en bois mises en place et les tirants de précontrainte insérés dans les trous prévus à cet effet, le serrage de la moitié « est » du platelage a été effectué progressivement, non sans procéder à quelques ajustements, surtout au début de l'opération. En plus d'amorcer la précontrainte dans les barres en acier, la première mise en tension devait, entre autres choses, éliminer les vides entre les madriers et appliquer à ces derniers une compression perpendiculaire à leurs fibres.

Un premier ajustement a été nécessaire au début de l'insertion des tirants de précontrainte dans les madriers mis en place. En plus des trous d'insertion qu'il a fallu légèrement agrandir, on a constaté la difficulté à maintenir le platelage en position pendant le serrage des tirants. Le problème a été résolu en se servant des étriers de renforcement de la poutre centrale comme appui.

Une séquence progressive de mise en tension sur cinq tirants était prévue dans le devis, mais elle a été réduite à trois tirants à la suite des bris survenus sur deux vérins hydrauliques.

La mise en tension initiale s'est déroulée selon les trois étapes suivantes :

- La première séquence de tensionnement,

avec une pression instable au manomètre de l'ordre de 1000 à 2000 psi, a correspondu au serrage grossier des madriers l'un contre l'autre.

- La deuxième séquence, avec une pression de l'ordre de 2000 à 3000 psi, semble avoir inclus le serrage presque final et une certaine compression des madriers ainsi que, possiblement, le début du tensionnement des tirants d'acier.
- La troisième séquence, avec une pression entre 4000 et 5000 psi, visait à réaliser le serrage et la compression maximale des madriers ainsi que le tensionnement des tirants d'acier jusqu'à 65 % de la contrainte ultime F_u .

Des mesures de largeur du platelage ont été prises à la suite de la mise en tension des premiers tirants. On a pu remarquer à cette étape une déformation de la plaque centrale (38 mm d'épaisseur) en raison d'une trop grande concentration d'efforts dans les manchons de raccordement des tirants. Face à cette situation, les responsables ont convenu d'ajouter vis-à-vis chaque tirant une autre plaque (22 mm d'épaisseur) pour mieux répartir les efforts sur la plaque centrale. Le serrage de la partie « est » du tablier s'est poursuivi séquentiellement par la suite en fixant une pression finale se situant entre 4500 et 5000 psi.

Environ deux semaines après la mise en tension de la moitié « est » du pont, les travaux se

sont poursuivis avec la mise en place des madriers, de même qu'avec l'insertion et le raccordement des tirants d'acier sur la partie « ouest » du tablier. Par la suite, la deuxième partie du serrage initial, incorporant cette fois toute la largeur du tablier, a été effectuée séquentiellement jusqu'à une pression maximale d'environ 4500 psi.

Serrages subséquents

Le premier reserrage du platelage a été réalisé à la mi-septembre, soit environ deux semaines après le serrage initial. Pendant les opérations de ce premier reserrage, le manomètre indiquant la pression exercée se stabilisait au début à environ 3000 psi (66 % de la pression initiale) pour progresser lentement par la suite jusqu'à 4500 psi. L'élongation moyenne des vérins a été de l'ordre

de 25 mm. Il est difficile d'établir dans quelles proportions le raccourcissement enregistré pendant ce reserrage était distribué, soit par les tirants d'acier, soit par les madriers en bois.

Le deuxième reserrage du platelage s'est déroulé à la mi-octobre, soit environ un mois après le premier reserrage (le devis exigeait un délai minimal de deux semaines avant d'effectuer les reserrages). Au cours de ce deuxième reserrage, on a pu remarquer une montée rapide de la pression exercée par le vérin jusqu'à environ 2400 psi (53 % de la pression initiale). La pression atteinte au stade de ce court plateau correspond à la pression résiduelle dans le tirant de précontrainte. Une course minimale du vérin (de 3 à 4 mm) a été observée à cette étape. Par la suite, une pression progressive allant jusqu'à 4500 psi a été exercée sur le platelage.



MESURES ET OBSERVATIONS

Mesures du 96-10-18

En prenant des mesures avant et après le dernier serrage prévu au contrat de construction, on a pu noter des raccourcissements du platelage variant de 10 à 25 mm.

À première vue, on a pu remarquer un raccourcissement plus faible du platelage vis-à-vis les piles du pont. Une restriction du mouvement latéral, en raison de certaines composantes liées au système structural (étriers de renforcement, appareils d'appui et cornières de retenue), semble être une hypothèse plausible pouvant expliquer ce comportement particulier.

Par ailleurs, d'après les mesures effectuées, on a pu observer que les milieux de travée ont tendance à être légèrement plus courts, indiquant peut-être une plus grande liberté de mouvement latéral dans ces zones.

Il est difficile encore à cette étape de déterminer la portion de raccourcissement propre à chacun des matériaux (acier vs bois) en raison de la faible instrumentation des éléments du platelage (tirants, madriers).

Mesures du 97-07-04

La largeur du platelage en bois a été mesurée à l'été 1997 entre les plaques de précontrainte situées de chaque côté du tablier.

D'après les mesures enregistrées, on a pu remarquer que le premier quart du pont n'a pratiquement subi aucun mouvement. Par contre, on a pu observer sur le reste du pont un raccourcissement assez homogène d'environ 10 mm, sauf dans la zone de la pile centrale, où la variation a été de 2 à 7 mm.

Les différences de largeurs recueillies (11 mm max.) laissent croire qu'à cette date le platelage n'a atteint au pire qu'un peu plus de la moitié de son raccourcissement maximal permis-

sible (18 mm). Cette dernière valeur correspond à la perte de tension dans les barres lorsqu'elles atteignent un seuil limite de 40 % de la pression exercée pendant le serrage initial.

Mesures du 97-11-13

Le Ministère a profité de la réalisation d'un projet de renforcement sur une autre structure de la région pour effectuer quelques mesures complémentaires sur le platelage précontraint en novembre 1997.

Les mesures ont consisté à prendre les largeurs du platelage en six endroits différents. Les mêmes tendances de raccourcissement que celles remarquées au cours de l'été, bien que moins prononcées, ont pu être observées au milieu des travées ainsi qu'aux éléments de fondation.

Les mesures ont également inclus le tensionnement minimal des tirants de précontrainte en ces endroits afin de vérifier la tension résiduelle dans les barres d'acier.

Bien que des raccourcissements s'approchant du seuil maximal aient été observés, les lectures de pression dite résiduelle prises à ces endroits indiquaient que ces pressions étaient tout de même supérieures à la pression minimale suggérée.

Il est à noter par ailleurs que la tension résiduelle mesurée au niveau d'un tirant correspondait à la limite minimale, bien qu'à cet endroit le raccourcissement observé ne semblait pas critique.

CONCLUSIONS

D'après les observations, il apparaît que, un an après les travaux de construction, le comportement du tablier soit très satisfaisant. Le renforcement des poutres et des entretoises aidant, il semble que le platelage en bois précontraint offre suffisamment de rigidité pour qu'aucune défaillance localisée ne se produise. Mis à part quelques dénivellations en raison du profil des poutres et d'un mauvais compactage de l'enrobé,

aucune fissuration de la surface de roulement n'a été observée jusqu'à présent.

Les mesures de largeur du platelage et de tension résiduelle dans certains tirants de précontrainte permettent de croire que les résistances des diverses composantes structurales sont actuellement suffisantes pour maintenir un bon niveau de sécurité.

La poursuite de prises de mesures annuelles de la largeur du platelage est prévue dans le but d'évaluer l'évolution de la perte de tension dans les tirants de précontrainte. Ces mesures de largeur devraient être complétées idéalement par des mesures de tension résiduelle dans les barres.

Un relevé annuel des anomalies de la surface de roulement (fissuration, désagrégation ou autres défauts de l'enrobé) sera également effectué. Une attention spéciale devra être apportée aussi à tous les éléments pouvant avoir un lien avec le platelage précontraint à l'occasion des futures inspections du pont.

Les premiers indices recueillis à la suite des mesures de 1997 semblent indiquer qu'un nouveau serrage des tirants de précontrainte devra être prévu dans un avenir assez rapproché.

En faisant le bilan sommaire de ce premier projet de platelage précontraint sur le réseau du Ministère, il est permis de croire que le bois pourrait éventuellement jouer un rôle distinctif dans la construction d'ouvrages d'art au Québec.

Des remerciements doivent être faits aux personnes ayant contribué à la conception, à la réalisation et au suivi de ce projet :

- Direction des structures - MTQ ;
- Direction du Bas-Saint-Laurent—Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine - MTQ ;
- Centre de services de Cap-aux-Meules - MTQ ;
- Stella-Jones ;
- Dywidag ;
- Construction Soter.



CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE DE MATÉRIEAUX DE FONDATIONS DE CHAUSSÉES PARTIELLEMENT SATURÉS

par : Jean Côté et Marius Roy

Ce rapport présente les travaux réalisés en collaboration avec le Groupe de recherche en géotechnique routière de l'Université Laval et la Direction du laboratoire des chaussées du ministère des Transports du Québec et porte sur l'étude de la conductivité hydraulique des matériaux de fondations de chaussées en condition non saturée. Des essais de laboratoire ont été réalisés sur des matériaux de nature différente (granite, calcaire, gravier schisteux), et ce, à différents pourcentages de particules fines (2, 7 et 12 %). Les échantillons ont été compactés dans des conditions optimales Proctor dans un moule de 305 mm de diamètre et, pendant la préparation, des sondes de mesure d'humidité (TDR) et de succion (tensiomètre) ont été installées à trois niveaux différents. Par la suite, les échantillons ont été soumis à un cycle de drainage et d'imbibition pour définir la courbe caractéristique de rétention d'eau (succion vs teneur en eau).

Un modèle mathématique, basé sur la théorie de la distribution du volume des pores, a été retenu pour le calcul de la conductivité hydraulique des matériaux à différents degrés de saturation, à partir des données expérimentales de la courbe caractéristique de rétention d'eau. L'évolution des courbes de conductivité hydraulique et des courbes de rétention d'eau montre l'influence de la quantité et de la nature des particules fines. Pour un même matériau, l'augmentation du pourcentage de particules fines entraîne une diminution de la capacité de drainage et une augmentation de la remontée capillaire. Pour un pourcentage de fines élevé, les matériaux granitiques sont les plus drainants, viennent ensuite les matériaux schisteux, alors que les matériaux calcaires sont les moins drainants. Ces résultats s'accordent bien avec les résultats de l'essai de la valeur au bleu des matériaux. Le matériau calcaire à 7 % de fines s'est montré moins drainant que les matériaux granitique et schisteux à 12 % de fines.

Afin de vérifier l'influence de différents paramètres contrôlant les propriétés hydrauliques des matériaux étudiés, une série de simulations numériques a été réalisée à l'aide du logiciel SEEP/W. Les paramètres étudiés sont la conductivité hydraulique à l'état saturé, la pression d'entrée d'air, qui influence la remontée capillaire, et la teneur en eau résiduelle, qui détermine la quantité d'eau disponible pour le drainage du matériau. Les résultats de l'étude paramétrique coïncident avec les résultats de laboratoire.

ACTES DU FORUM SUR LA GESTION DE L'INNOVATION EN TRANSPORT

par : le Centre québécois de transfert de technologie routière (CQTR)

Le 20 novembre 1997, le Centre québécois de transfert de technologie routière et l'Association québécoise du transport et des routes tenaient le premier Forum sur la gestion de l'innovation en transport. Le Forum, qui s'est tenu au Centre des congrès de Laval, a réuni des représentants du secteur public, privé et universitaire dans le but d'informer et d'échanger sur les problèmes liés à l'innovation.

À la suite de ce forum, le Centre québécois de transfert de technologie routière (CQTR), en collaboration avec la Direction des communications du ministère des Transports, a rédigé les Actes du Forum. Ce document, en plus de présenter un résumé des conférences de la journée, fait état des principales discussions tenues en atelier et souligne les difficultés rencontrées dans la réalisation de projets innovateurs en transport.

Parutions récentes

CONGRÈS CONFÉRENCES

Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignements
Symposium-Maritime-Law <i>Hidden Treasure : Law, Technology and Ethics</i>	Du 13 au 15 août 1998, Newport, Rhode Island	Maritime Affairs Institute of Roger Williams University School of Law and the Journal of Maritime Law and Commerce	Téléphone : (401) 254-4652 C. élec. : dms@rwulaw.rwu.edu.
Symposium international sur les bétons hautes performances et de poudres actives	Du 16 au 20 août 1998, Sherbrooke	Béton Canada, American Concrete Institute (ACI) et autres	Téléphone : (819) 821-7973 Télécopieur : (819) 821-6949 C. élec. : concrete@andrew.sca.usherb.ca
Symposium international : routes en béton	Du 12 au 17 septembre 1998, Lisbonne	Association européenne du ciment	Téléphone : (351-1) 54 75 38 Télécopieur : (351-1) 352 50 99
Congrès annuel 1998 de l'ATC : financement des systèmes de transport de l'avenir	Du 20 au 23 septembre 1998, Régina	Association des transports du Canada	Téléphone : (613) 736-1350 Télécopieur : (613) 736-1395 (Marc Comeau)
International Conference Road Safety in Europe	Du 21 au 23 septembre 1998, Allemagne	Swedish National Road and Transportation Research Institute	Téléphone : + 46 13 20 40 00 Télécopieur : + 46 13 12 61 62 C. élec. : info@vutv.vti.se
World Congress on ITS Guard the New Horizon Together Better Living with ITS	Du 12 au 16 octobre 1998, Séoul, Corée	ITS America et autres	Téléphone : 82-2-551-1601-3 Télécopieur : 82-2-551-1604 C. élec. : shyoon@star.koex.co.kr
Journées internationales de la sécurité routière	Du 26 au 28 octobre 1998, Bruxelles	Institut belge pour la sécurité routière (IBSR) et Groupement des organismes agréés de contrôle automobile (GOCA)	Téléphone : 32 2/244.15.11 Télécopieur : 32 2/216.43.42 C. élec. : ibsr@popost.eunet.be
10th Transportation Research Board (TRB) Meeting '98	Du 29 au 31 octobre 1998, Philadelphie, É.-U.	ITS America et autres	Téléphone : (215) 884-7500 Télécopieur : (215) 884-1385 C. élec. : gramail@gra-inc.com
Tenth International Conference Low-Volume Roads	Du 23 au 27 mai 1999, Baton Rouge, Louisiane	Transportation Research Board	G. P. Jayaprakash C. élec. : gjayapra@nas.edu

INNOVATION TRANSPORT

Le 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 technologiques, 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.

