

INNOVATION

NUMERO 3 OCTOBRE 1998

TRANSPORT



BULLETIN SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE



DOSSIER



**LA GESTION GLOBALE AU
MINISTÈRE DES TRANSPORTS**

PROJET DE RECHERCHE CEEPA: LOGICIEL MULTIMÉDIA D'AIDE À LA CONCEPTION DE MESURES D'ATTÉNUATION DU BRUIT ROUTIER	3
DOSSIER LA GESTION GLOBALE AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS	9
ROUTES ET STRUCTURES ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA FABRICATION DES MATÉRIAUX DE CHAUSSÉES PAR ANALYSE EXERGÉTIQUE	18
PARUTIONS RÉCENTES	25
CONGRÈS ET CONFÉRENCES	26

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 : 3100 exemplaires

LA GESTION GLOBALE AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS

L'obligation de performer est au cœur des préoccupations des entreprises; c'est pourquoi, qu'elles soient publiques ou privées (grandes entreprises ou PME), elles doivent se concentrer dans les champs d'activité qu'elles connaissent le mieux.

À cause de leur petite taille, les PME doivent aller chercher à l'extérieur le soutien spécialisé dont elles ont besoin. À l'opposé, les grandes entreprises, publiques ou privées, ont des problèmes de coordination et d'intégration de leurs diverses unités de gestion. Les défis en matière de gestion sont donc différents dans les deux types d'entreprises, mais le modèle d'organisation du travail est le même; bien le connaître favorise l'ajustement des paramètres nécessaires à l'amélioration des produits et des services livrés aux clients externes à l'organisation.

L'approche «Gestion globale» permet de bien saisir l'environnement, de gérer le changement et le processus de fabrication des produits et services, facilitant ainsi une gestion efficace de l'ensemble des ressources mises à contribution, tout particulièrement en ce qui a trait aux ressources humaines.

La mise en oeuvre d'un cheminement de gestion inspiré du modèle Gestion globale offre l'occasion de faire évoluer toute la conception de l'entreprise; cette dynamique créatrice contribue à valoriser les efforts consentis pour assurer son succès.

Le *dossier* du présent numéro d'INNOVATION TRANSPORT résume bien les principales facettes du modèle Gestion globale et ses applications en cours au ministère des Transports du Québec.



LUC CRÉPEAULT, s.-m. a
 Direction générale de Québec et de l'Est



CEEPA: LOGICIEL MULTIMÉDIA D'AIDE À LA CONCEPTION DE MESURES D'ATTÉNUATION DU BRUIT ROUTIER

Par Alex Boudreau et André L'Espérance, Université de Sherbrooke, G.A.U.S., et Martin Bouchard, Université d'Ottawa, Département de génie électrique

Le logiciel CEEPA permet le calcul de l'efficacité des écrans acoustiques parallèles, absorbants ou non. Les méthodes de calcul utilisées dans ce logiciel permettent de tenir compte de facteurs tels que l'effet de sol, les réflexions entre les écrans, les caractéristiques fréquentielles du bruit routier et les caractéristiques des matériaux absorbants recouvrant les écrans, paramètres jusqu'ici laissés de côté dans les modèles usuels. Ce logiciel, conçu sous Windows 95, offre une interface usager très conviviale et permet, entre autres, d'entendre l'efficacité des traitements acoustiques simulés grâce à une sortie audio (fonctionnalité multimédia). Le logiciel offre donc non seulement des résultats des plus précis, mais permet, aux non-initiés comme aux experts, d'apprécier l'effet réel des traitements acoustiques avant qu'ils soient réalisés.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, le problème du bruit produit par le trafic routier s'aggrave. Ce problème prend de l'ampleur non seulement à cause de l'augmentation constante du nombre de véhicules et de l'aménagement de nouvelles voies de circulation, mais également à cause de la sensibilité grandissante de la population à l'égard du bruit.

Pour y faire face, diverses mesures d'atténuation sont utilisées, dont les écrans acoustiques routiers, les aménagements spéciaux (remblais/déblais) et les revêtements de chaussée particuliers, comme les enrobés drainants. Pour réduire le bruit au niveau souhaité, à un endroit donné, la solution optimale (choix ou combinaison de solutions, dimensionnement de ces solutions, caractérisation acoustique des matériaux à utili-

ser) n'est cependant pas facile à trouver. En effet, la propagation du son est un phénomène complexe et les modèles dont disposent les concepteurs de projets sont encore très approximatifs. Par exemple, le modèle STAMINA¹, largement utilisé par les organismes publics nord-américains, ne permet pas de considérer l'effet de réflexions multiples entre deux écrans parallèles (situation qui se présente souvent en pratique). Ce logiciel ne tient pas compte non plus du type de revêtement routier utilisé (facteur qui a pourtant une importance significative) ni du contenu spectral du bruit et des caractéristiques fréquentielles d'absorption acoustiques des matériaux qui peuvent être utilisés dans la fabrication des écrans.

Par ailleurs, une des principales lacunes des outils de prédiction sonore utilisés jusqu'à maintenant est qu'ils ne donnent qu'une information numérique sur les résultats, c'est-à-dire le niveau acoustique ou la réduction obtenue en termes de décibels (dB). Or, pour la plupart des gens, du résident riverain au bailleur de fonds, une valeur numérique en décibels est une information abstraite. À quoi correspond, sur le plan de la perception acoustique, une réduction de 6, 10 ou 12 dB ? Bien peu de personnes peuvent en avoir une idée à peu près juste.

Pour remédier à ces lacunes, le ministère des Transports du Québec a entrepris, en collaboration avec les chercheurs du Groupe d'acoustique de l'Université de Sherbrooke, l'élaboration d'un modèle de prédiction du bruit routier basé sur les plus récentes connaissances dans ce domaine. De plus, pour faciliter l'évaluation de l'efficacité des traitements envisagés, un algorithme de traitement des signaux a été intégré au modèle de cal-

cul. Utilisé avec un ordinateur ayant des fonctionnalités multimédia, cette méthode permet à l'utilisateur d'écouter les niveaux de bruit prévus, avec et sans traitement. Le logiciel produit porte le nom de CEEPA, Calcul de l'Efficacité des Écrans Parallèles Absorbants.

Cet article présente ce nouveau logiciel, conçu pour un environnement Windows 95. En premier lieu, on y présentera les particularités des méthodes de calcul utilisées, puis les différentes possibilités du logiciel ainsi que quelques résultats.

MÉTHODES DE CALCUL

L'algorithme de calcul utilisé comporte trois particularités principales, soit :

- 1) le modèle de diffraction;
- 2) le calcul des réflexions multiples;
- 3) la modélisation du spectre d'émission.

Nous nous limiterons ici à donner les grandes lignes de ces trois particularités. Le lecteur pourra consulter les références 2 à 4 pour le détail de ces méthodes de calcul.

Modélisation de la diffraction

La diffraction est le phénomène physique par lequel une onde acoustique contourne un écran. Dans la très grande majorité des cas, lorsqu'un écran acoustique est installé en bordure d'une autoroute, c'est par la diffraction que l'énergie acoustique atteint le récepteur (et non par transmission au travers de l'écran).

Dans le logiciel de la FHWA (STAMINA), le modèle de diffraction utilisé est celui de Meakawa[5]. Ce modèle, de type empirique, a l'avantage d'utiliser des calculs simples, mais les

¹ Modèle mis au point par la FHWA (Federal Highway Administration) au début des années 1970[1].

Tableau 1: Spectre d'émission typique

Fréquences (Hz)	Revêtement standard	Enrobé Drainant	Béton de Ciment
100	-20.0	-29.5	-27.7
125	-20.0	-28.3	-27.5
160	-18.0	-26.1	-25.5
200	-16.0	-24.0	-23.7
250	-15.0	-22.0	-22.0
315	-14.0	-19.7	-18.8
400	-13.0	-18.0	-16.0
500	-12.0	-15.5	-13.8
630	-11.	-13.6	-10.6
800	-9.0	-12.0	-7.3
1000	-8.0	-12.1	-4.4
1250	-9.0	-12.9	-3.9
1600	-10.0	-14.1	-5.2
2000	-11.0	-16.1	-6.4
2500	-13.0	-19.9	-7.6
3150	-15.0	-21.8	-10.5
4000	-16.0	-24.2	-14.5
5000	-18.0	-27.5	-18.5
Augmentation / réduction globale	0.0	- 4.3	+ 3.0

résultats obtenus sont significativement erronés dans certaines configurations (par exemple, lorsque la source ou le récepteur sont situés près de l'écran).

Pour améliorer la précision du calcul de l'effet d'écran acoustique, dans le logiciel CEEPA, le modèle de Bowman *et al.* est utilisé[3]. Ce modèle permet d'évaluer avec précision le phénomène de diffraction, tout en nécessitant un temps de calcul acceptable.

Modélisation du spectre d'émission

Pour permettre une bonne évaluation de la diffraction liée aux écrans acoustiques de même que des propriétés d'absorption acoustique des parois de l'écran, le cas échéant, le contenu spectral du bruit émis par les véhicules est un facteur déterminant.

Pour prendre en compte cet aspect, laissé de côté par les logiciels classiques, la notion de spectre d'émission du bruit routier a récemment été élaborée[6]. Le spectre d'émission évalue l'importance de chaque bande de 1/3 d'octave, par rapport au niveau de bruit global du spectre et pour un revêtement bitumineux standard.

Par ailleurs, au-dessus de 50 km/h, le bruit routier est dominé par le bruit du contact pneu-chaussée. Non seulement le contenu spectral, mais également le niveau global du bruit produit par les véhicules sont fonction du type de revêtement routier. Pour tenir compte de ce facteur, le nouveau logiciel permet l'utilisation de différents types de spectres d'émission particuliers. Le Tableau 1 donne les spectres d'émission de différents revêtements. Notons qu'au besoin d'autres spectres d'émission particuliers peuvent également être évalués et utilisés [7].

Modélisation des réflexions multiples

Dans les cas où il y a deux écrans parallèles, il se produit des réflexions entre les écrans [4]. Pour tenir compte de ce phénomène, le concept de source image (SIM) a été intégré dans le logiciel CEEPA. Selon ce concept, les ondes réfléchies par les écrans sont assimilées à des ondes provenant des images des sources réelles réfléchies au travers des parois des écrans. Le champ sonore total créé par une source est alors évalué en calculant la somme des contributions de la source réelle (S) et de ses sources images.

INTERFACE USAGER

L'interface du logiciel a été conçue selon les standards Windows 95. Les paragraphes suivants décrivent brièvement le fonctionnement général et les résultats obtenus.

Fonctionnement général

Le logiciel permet d'évaluer le niveau sonore généré par une section droite d'une route pour laquelle on peut définir le nombre de voies, la configuration (largeurs des voies, position et hauteur des écrans, etc.), les remblais/déblais ainsi que les conditions de circulation.

Chaque étude est constituée d'un cas dit cas de référence et d'un cas dit cas modifié. Le cas de référence peut correspondre à la route telle qu'elle est avant les modifications. Les résultats correspondant à ce cas serviront de référence au cours de l'analyse de l'efficacité des traitements acoustiques. Le cas modifié permet à l'utilisateur de définir une deuxième configuration, où seront incluses les diverses modifications qu'il entend apporter. Ces modifications peuvent comprendre, par exemple, l'ajout de voies de circulation, d'écrans, d'un matériau absorbant sur les écrans, le changement du revêtement, un changement de paramètre de circulation, etc.

Définition des paramètres

Les différents paramètres sont regroupés en trois catégories :

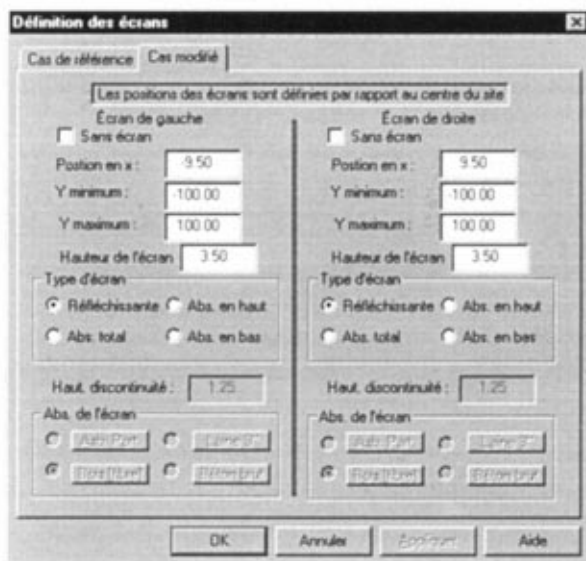
- 1) paramètres généraux
- 2) paramètres de circulation
- 3) paramètres des écrans.

À titre d'exemple, la Figure 1 présente la fenêtre de dialogue des paramètres généraux : le nombre de voies, la largeur des voies, le type de revêtement, le type de sol en dehors de la route. Notons que pour le type de spectre d'émission, le logiciel permet d'évaluer un enrobé standard, drainant ou en béton. L'utilisateur peut également définir un spectre d'émission particulier, qu'il aura déterminé par mesure.

Figure 1 : Boîte de dialogue à onglets pour la définition de la géométrie



Figure 2 : Boîte de dialogue à onglets pour la définition des écrans



Les paramètres de circulation sont introduits dans le logiciel et présentés à l'aide d'une boîte de dialogue similaire à celle des paramètres généraux. On peut y ajouter, pour chacune des voies, la vitesse et le débit des véhicules (en véhicules/heure) pour les trois types de véhicule standard (auto, camions, camions légers et camions lourds).

Les paramètres des écrans sont eux aussi regroupés dans une boîte de dialogue particulière (Figure 2).

Pour le cas de référence et le cas modifié, il est possible de définir les caractéristiques sur un ou deux côtés de la voie. Les écrans peuvent être absorbants sur une partie ou sur la totalité de leur surface. Pour des écrans de type absorbant, les propriétés d'absorption par fréquence peuvent être évaluées.

Une fois que les paramètres du cas de référence et du cas modifié sont introduits dans le logiciel, les calculs peuvent démarrer. Ces calculs sont automatiquement réalisés pour une grille de récepteurs (25x25, 50x50 ou 100x100) répartis de façon uniforme sur l'ensemble du site étudié.

Présentation des résultats

Les résultats des calculs sont présentés sous la forme d'une carte de bruit. On peut faire afficher les résultats du cas de référence ou du cas modifié, ou encore la gamme des atténuations obtenues entre ces deux cas. Par défaut, les niveaux totaux seront affichés, mais il est possible de voir les résultats pour chaque fréquence centrale des bandes de 1/3 d'octave.

Notons également que les résultats de la carte de bruit peuvent être enregistrés dans un fichier format texte (.txt) pour utilisation avec d'autres outils graphiques.

EXEMPLES ET VALIDATION

Pour illustrer les types de cas que peut analyser le logiciel, on donnera deux exemples, soit celui de l'effet des réflexions multiples entre deux écrans parallèles et celui de l'effet du revêtement routier. Pour illustrer ces effets, on donne comme cas de référence celui d'une voie en revêtement bitumineux standard, avec un écran simple sur la moitié de la section gauche de la voie de circulation (Figure 3).

Effet de réflexions multiples

Les Figures 4 et 5 présentent un cas modifié où un deuxième écran de 3,5 m de hauteur a été ajouté le long de la voie de droite. La Figure 4 correspond au cas où une seule réflexion a été prise en compte (hypothèse utilisée par le programme STAMINA), alors que la Figure 5 correspond au calcul avec réflexions multiples entre les écrans (écran ici non absorbant). Ce résultat montre que, dans le cas d'écrans parallèles, l'hypothèse d'une seule réflexion survalue l'efficacité des écrans. Dans l'exemple ci-dessous, les niveaux enregistrés derrière l'écran de gauche d'origine (ex. récepteur 1) augmentent de 3 à 4 dB par rapport au cas où une seule réflexion est prise en compte.

Effet de revêtement routier

Pour illustrer l'importance du revêtement routier, la Figure 6 présente le même cas que le cas de référence (Figure 3) (i.e. même tracé et mêmes conditions de circulation), mais avec un enrobé drainant. Dans ce cas, les niveaux ont été réduits de 4 dB sur l'ensemble des récepteurs.

Ce résultat montre que le type de surface de roulement a un effet considérable sur les niveaux de bruit en bordure de la route, effet qu'il n'était pas possible d'évaluer dans les logiciels classiques.

Validation

Une étude comparative a été réalisée à partir de résultats expérimentaux pris en bordure de l'autoroute 15 à Montréal, où la chaussée est en béton de ciment avec écran acoustique en béton et fibre de bois[8].

Nous présentons ici les résultats pour deux sites, le premier (rue Charles-Gill) ayant un écran du côté récepteur et le deuxième (rue Daigle) ayant deux écrans parallèles.

Dans chaque cas, quatre distances par rapport à la route ont été choisies comme points où effectuer les relevés, soit 1,5 m au-dessus de

Figure 3 : Cas de référence : 2 x 2 voies; 1000 véhicules heure/voie ; un écran de 3,5 de hauteur jusqu'à mi-distance (site 250 x 250 m)

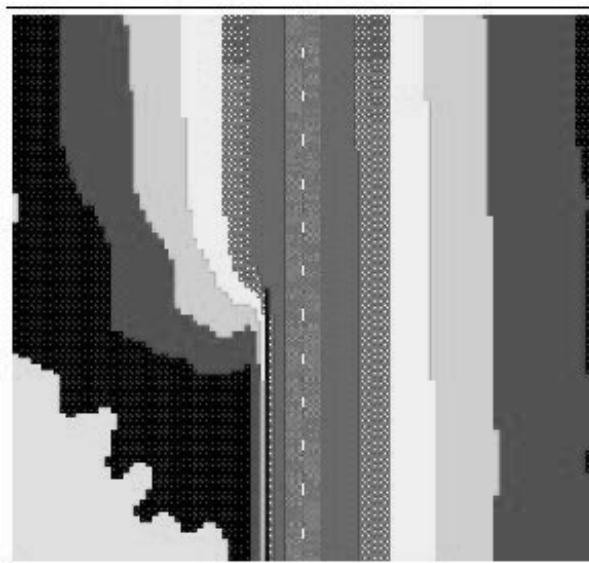
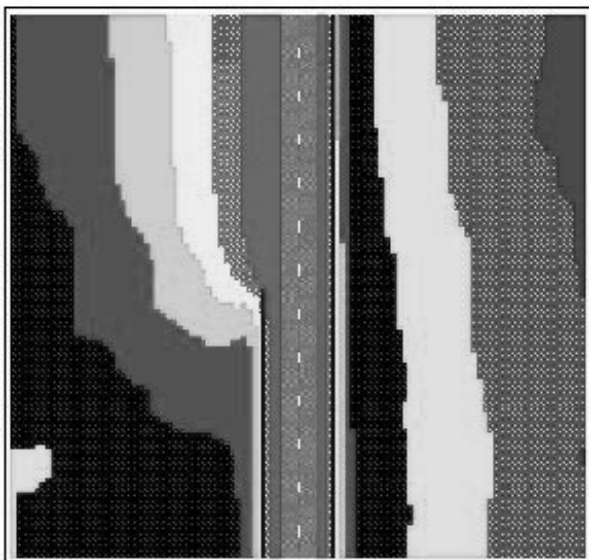


Figure 4 : Cas de référence avec un 2e écran en face, en tenant compte d'une seule réflexion



l'écran lui-même, puis 5, 20 et 50 m de distance de l'écran et 1,5 m du sol. De plus, dans chaque cas, deux séries de relevés de 15 minutes ont été effectuées, parallèlement à un comptage des véhicules. La référence 8 donne les détails de ces mesures. Le Tableau 2 présente les résultats obtenus à ces points.

Tableau 2 : Comparaison des résultats théoriques et expérimentaux.

Site	Résultats		Écart
Site	Mesures	Prédiction CEEPA	Écart
Charles-Gill Écran simple			
à l'écran	82,35	81,15	1,2
5	62,9	64,1	-1,2
20	62,75	64,25	-1,5
50	61	60	1,0
Rue Daigle Écrans parallèles			
	82,5	81,5	1,0
5	61,1	61,6	-0,5
17	60,2	61,2	-1,0
33	60,2	61,6	-1,4

Ces résultats permettent de conclure que les calculs effectués par le logiciel CEEPA sont précis à 1,5 dB près, ce qui est remarquable, compte tenu de la complexité des phénomènes acoustiques à analyser, mais aussi de la représentativité limitée des résultats expérimentaux (contamination par d'autres bruits environnants, précision des instruments de mesure et variabilité des niveaux de bruit mesurés selon les conditions de circulation).

RÉSULTATS ET ANALYSE AUDIONUMÉRIQUE

Si l'utilisateur possède un ordinateur avec carte audio, CEEPA permet d'effectuer une évaluation sonore de l'efficacité des traitements

acoustiques. Pour ce faire, l'utilisateur n'a qu'à déterminer les points récepteurs où il désire faire l'analyse et CEEPA générera des fichiers audio (.wav) pour le cas de référence et le cas modifié.

Ce fichier audio est réalisé par le filtrage d'un signal de bruit routier préenregistré. Les paramètres de filtrage sont déterminés à partir du contenu spectral du fichier préenregistré et des résultats

de simulation pour le cas de référence et le cas modifié, respectivement. Cette méthode permet de générer une image audio très représentative de l'effet d'un traitement.

Une fois le filtrage réalisé, une boîte de dialogue (Figure 7) permet de faire l'écoute du bruit correspondant pour les différents points récepteurs choisis.

Figure 5 : Cas de référence avec un 2^e écran en face, en tenant compte des réflexions multiples entre les écrans

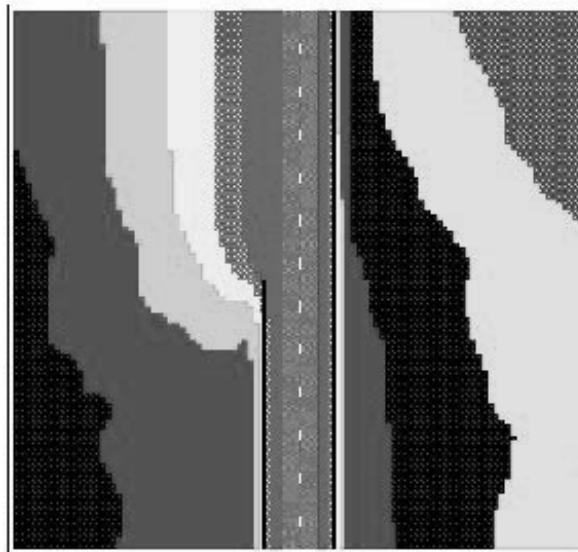


Figure 6 : Cas de référence, mais avec un revêtement drainant au lieu d'un revêtement standard

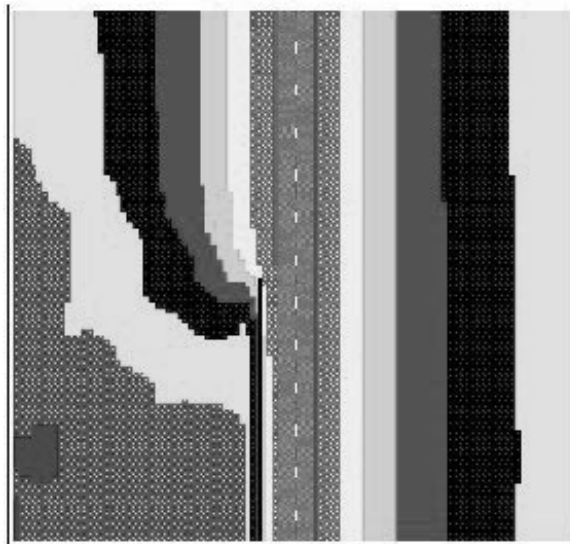
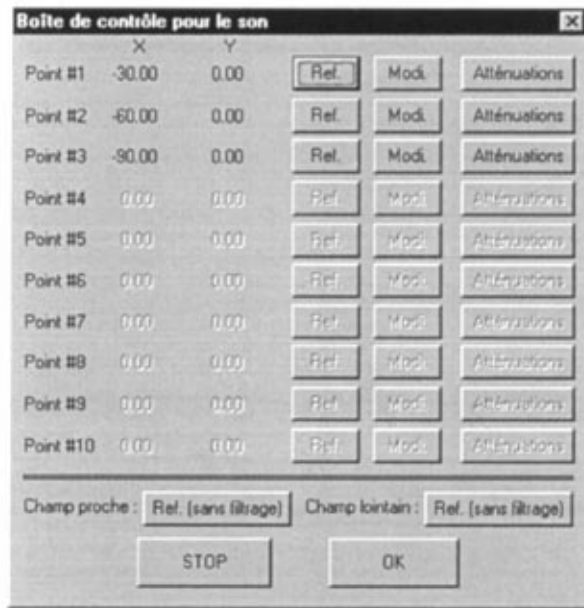


Figure 7 : Panneau de contrôle pour l'écoute de la banque de sons



Pour faire l'expérience de cette sortie audio-numérique et en voir l'intérêt véritable, nous invitons le lecteur à télécharger le code démonstrateur à partir de l'adresse électronique suivante :

<http://www-gaus.gme.usherb.ca>

LIMITATIONS ACTUELLES

La version actuelle du logiciel CEEPA est cependant limitée au calcul d'une seule section de route rectiligne. Pour pallier cette limitation, on envisage d'étendre la méthode de calcul à des configurations de routes et échangeurs de divers types.

CONCLUSION

CEEPA est un outil d'évaluation très convivial et accessible aux non-spécialistes. Ce logiciel de calcul se démarque des autres par la précision des calculs qu'il peut faire :

- 1) la diffraction des écrans,
- 2) les réflexions multiples entre les écrans et
- 3) le type de revêtement routier.

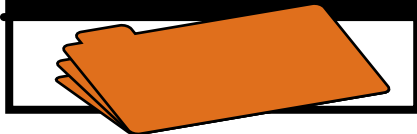
En plus de sa facilité d'utilisation et des fonctionnalités de son interface utilisateur, ce logiciel permet de produire une sortie audio, facilitant ainsi l'analyse et l'optimisation des traitements acoustiques envisagés.

Références

- [1] BOWLBY, W., 1981, *Sound Procedures for Measuring Highway Noise*, Final report, US Federal Highway Administration, Report FHWA-DP-45-1R.
- [2] NICOLAS J., BERRY J.L., DAIGLE G., 1985, *Propagation of Sound Above a Finite Layer of Snow*, J.A.S.A. 77, p. 67-73.
- [3] BOWMAN J.J., SENIOR T.B.A., USLENGHI P.L.E., 1972, *Electro Magnetic and Acoustic Scattering by Simple Shapes*, North Holland, Amsterdam, p. 272.
- [4] PANNETON R., L'ESPÉRANCE A., NICOLAS J., DAIGLE G.A., 1993, "Development and Validation of a Model Predicting the Performance of Hard or Absorbent Parallel Noise Barriers", J. Acoust. Soc. Japan. (E) 14, 4.

- [5] MEAKAWA, Z. 1962, "Experimental Study on Acoustical Designing of Screen for Noise Reduction", J. Acoust. Soc. Japan, 18 p.187-196.
- [6] WATTS, G., "Normalised Traffic Noise Spectra", Proceeding Inter-Noise 92, Toronto, p. 823-827.
- [7] L'ESPÉRANCE, A., *Méthode d'évaluation de l'efficacité acoustique des revêtements routiers*, Rapport d'étude réalisé pour le ministère des Transports du Québec, juin 1993, p. 30.
- [8] DESNOMOMÉ, Y., *Étude du bruit routier*, Rapport d'étude présenté au ministère des Transports du Québec et au Département de génie civil de l'Université de Sherbrooke, janvier 1997, 64 p.





LA GESTION GLOBALE AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Par Marc Flamand, Direction générale de l'Ouest

LE MODÈLE GESTION GLOBALE

Le modèle Gestion globale est un modèle intégrateur, qui analyse l'organisation dans son ensemble. Comme tout modèle ou système qualité, il vise à augmenter l'efficacité de l'organisation, de façon progressive et continue, en misant sur les acquis et en plaçant la compétence des ressources humaines au premier plan.

Le modèle Gestion globale n'est pas simplement un nouvel outil qui s'ajoute à la liste déjà longue des solutions à la mode, censées venir à bout des maux qui affligent les organisations. Il s'agit plutôt d'une méthodologie flexible, intégratrice et systémique, qui tient compte des diverses écoles de pensée et des outils d'amélioration offerts au gestionnaire. Ce modèle est donc un cadre, un guide, pour orienter la prise de décision et assurer qu'elle contribue à la réalisation de la mission de l'organisation, qui est de satisfaire les besoins de ses clients.

Le modèle de Gestion globale propose une **approche flexible**, parce que l'environnement de chaque organisation est complexe et en constante évolution. Il propose une **approche intégratrice**, parce que le gestionnaire se voit offrir un arsenal tellement impressionnant d'outils, de méthodes et de styles de gestion pour améliorer la performance de son organisation que les risques de confusion et d'interventions inadéquates, sous-optimales et même contre-productives sont importants. Le modèle permet de saisir la globalité de l'entreprise afin de pouvoir sélectionner ensuite l'endroit, le moment et l'outil d'intervention qui favoriseront l'amélioration de tout le système ou d'une partie de ses composantes.

Enfin, le modèle propose une **approche systémique**, parce que l'organisation humaine est un système d'interactions complexes, que les gestionnaires et les employés doivent bien comprendre afin d'être en mesure d'intervenir au bon moment, au bon endroit, avec le bon outil et de

la bonne façon, et afin d'être capables de prévoir les effets de leurs interventions et de s'assurer de leur efficacité.

LA SATISFACTION DES BESOINS DU CLIENT

La satisfaction des besoins du client est au coeur du modèle Gestion globale, qui est fondé sur l'idée que le contrôle de la fabrication de produits/services (P/S) conformes aux besoins des clients et à leur capacité de payer est essentiel à la survie de l'organisation.

La réalisation de cet objectif passe d'abord par la valorisation des ressources humaines. L'organisation doit donc déterminer quels sont ses besoins en fait de compétences et former son personnel en conséquence.

Le modèle centre ensuite l'attention de l'organisation et de ses membres sur les P/S et les processus requis pour bien servir le client. Cette philosophie «produit/service», étroitement inspirée de la philosophie «qualité», veut rapprocher les employés des P/S à fabriquer et à livrer.

La base de l'organisation du travail dans le modèle Gestion globale est le travail en équipe. Cette dynamique favorise le sens de l'organisation, en clarifiant les résultats à atteindre et en rendant les travailleurs responsables des moyens à utiliser pour atteindre ces résultats.

LES AVANTAGES DU MODÈLE

Le modèle Gestion globale distingue quatre ensembles d'éléments qui structurent les systèmes de production et de gestion, soit :

- une mission et une vision : la mission définit le secteur d'activité de l'organisation et orien-



te la fabrication des P/S dans les unités de production; la vision, qui introduit la variable temps dans la gestion du changement, oriente l'organisation vers une perspective réaliste de son avenir en déterminant les cibles du projet de changement, l'évolution des P/S et la façon de les livrer;

- trois axes ou dimensions : l'humain, la fabrication et la gestion, qui permettent d'analyser les problèmes sous différents angles;
- six paramètres : le client, le P/S, les processus, les rôles, le système de mesure et le système qualité, qui donnent un cadre qualité compréhensible à l'ensemble du personnel;
- une trentaine de jalons ou d'éléments structurants : liés à la performance de l'organisation, ils complètent chacun des paramètres.

Une démarche qui utilise le modèle Gestion globale génère une plus-value, tant pour le personnel que pour l'organisation entière.

Les dimensions, les paramètres et les jalons peuvent en fait être utilisés comme trois approches parallèles dans l'analyse de l'organisation, allant du survol conceptuel aux détails opérationnels. Chaque outil a des utilisations différentes selon qu'on fabrique, qu'on gère, qu'on cherche ou qu'on amorce de nouvelles façons de faire.

LES ACCÈS AU MODÈLE GESTION GLOBALE

Les dimensions (humain, fabrication, gestion)

Cet outil, qui permet d'analyser les problèmes sous différents angles, sert à la formation et à la recherche.

Les paramètres

Il s'agit d'un outil linéaire, formé d'une chaîne de six paramètres qui servent à guider et à orienter le travail du personnel vers un objectif commun ainsi qu'à déceler les problèmes dans l'organisation du travail. Tous les membres du personnel peuvent utiliser la chaîne de paramètres pour positionner leurs actions.

Les jalons

Les jalons, dont on doit tenir compte dans l'organisation du travail des unités de production ou dans la gestion de l'entreprise, complètent chacun des paramètres. Cet outil sert particulièrement aux gestionnaires, aux professionnels et aux conseillers qui s'occupent de l'organisation du travail.

Le modèle propose également des outils de mobilisation du personnel et d'orientation et d'encadrement de la démarche de changement.

LES PARAMÈTRES

Une première façon d'aborder la Gestion globale est de décrire l'organisation comme une chaîne de six paramètres interreliés. Ces six paramètres sont : le client, le P/S, les processus, les rôles, le système de mesure et le système qualité.

Cette chaîne est représentée sous la forme d'un ensemble centré sur le client. Elle illustre la force des liens entre les paramètres. Celle-ci permet de positionner les systèmes de fabrication et de gestion par rapport aux six paramètres. Le système de fabrication inclut les paramètres P/S et processus, tandis que le système de gestion inclut les paramètres système de mesure et système qualité. Il convient de noter que le paramètre des rôles est commun aux deux systèmes. Les paramètres servent à orienter le travail vers un objectif commun et à mettre en lumière les problèmes qui existent dans l'organisation du travail.

POUR LE PERSONNEL

Donne un sens au travail

Consolide l'équipe

Améliore la compréhension du travail, lui permettant ainsi d'être pro-actif

Le fait participer à la démarche de changement

Lui permet de recevoir de la formation adaptée à ses besoins

Accroît sa polyvalence

Sécurise son emploi

POUR L'ORGANISATION

Permet une remise en question orchestrée et élargie des activités de l'organisation

Recentre les efforts sur la raison d'être de l'organisation

Permet de déterminer rapidement les économies potentielles

Améliore la communication

Aide à mieux cibler le savoir-faire exigé

Favorise et structure le transfert de compétences (formation continue)

Affecte les ressources de façon optimale

Formalise les mécanismes d'amélioration continue

Réduit les coûts de gestion et de fabrication

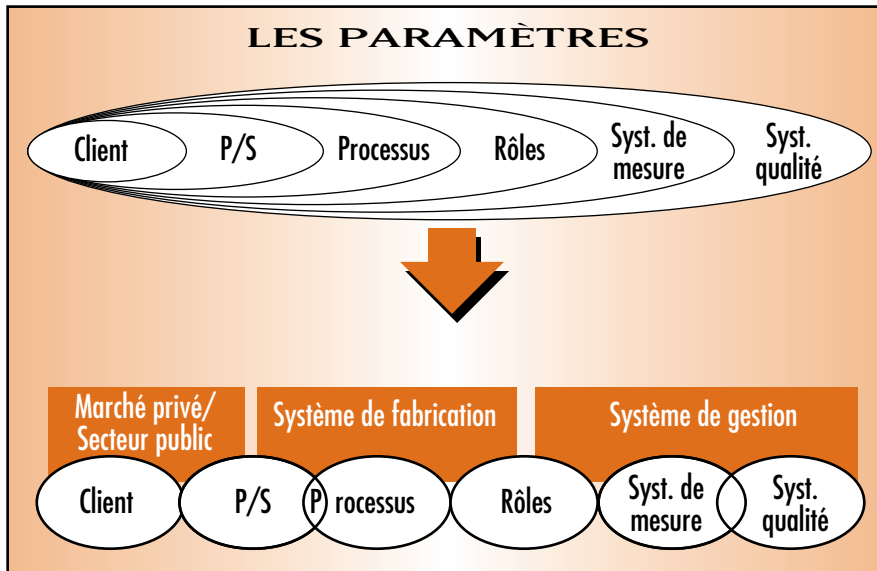
Augmente l'efficacité de l'organisation

Crée une «culture qualité»

Implante une «philosophie client»

Accroît les chances de succès de l'organisation

Figure 1 : Les paramètres du modèle de gestion globale sous forme d'ensemble et de chaîne



Le client

Le client, raison d'être de l'organisation, se trouve à la fin d'un processus de fabrication dont il reçoit l'extrait, le produit/service. Il a généralement peu de prise ou d'influence sur le mécanisme de production du P/S qu'il reçoit.

Il nous paraît clair que, pour que l'organisation prospère, toutes ses actions doivent être analysées en fonction du client, afin de lui offrir un P/S présentant un bon rapport qualité/prix. Pour concevoir ses P/S, l'organisation étudie donc les besoins du client et tente d'y répondre en définissant un P/S qui tienne compte entre autres de sa capacité de payer. Elle contrôle ensuite toutes les étapes de fabrication et de livraison de ses P/S.

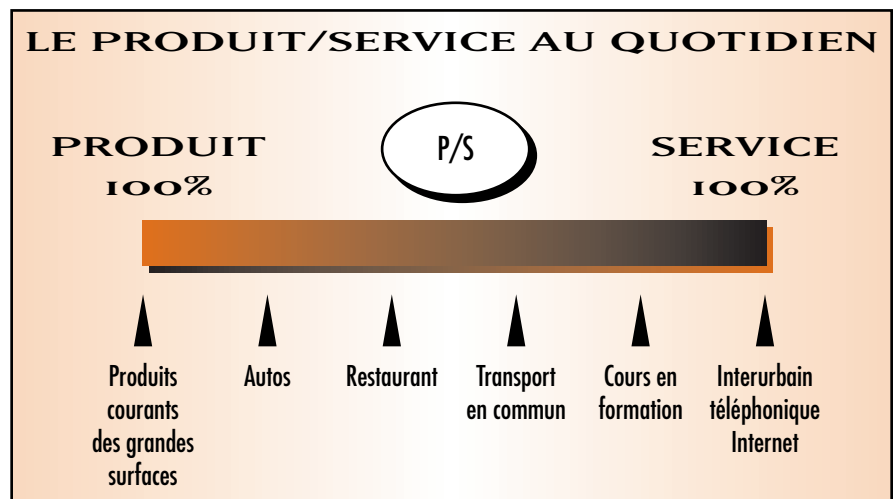
L'organisation doit prévoir une révision périodique des caractéristiques de ses P/S, car, dans un marché en constante évolution, elle doit non seulement connaître mais aussi prévoir les besoins de ses clients, afin d'adapter ses P/S.

Selon notre définition des clients, ce sont aussi les membres d'une équipe de travail dans laquelle les gestionnaires ne peuvent se considérer, entre eux, comme clients, car ils peuvent interagir pour modifier le procédé de réalisation

du P/S. Le modèle Gestion globale reconnaît cependant l'utilité de la notion de client interne; il y fait d'ailleurs référence dans le concept de chaîne client-fournisseur, le véritable client demeurant toutefois le client externe.

Le modèle définit le client interne comme la personne ou l'unité administrative qui reçoit un P/S interne d'une autre personne ou unité administrative. Cette approche permet de fractionner le fonctionnement de l'organisation en sous-ensembles distincts, qui s'échangent des P/S internes permettant la réalisation des P/S externes.

Figure 2: Le P/S dans le quotidien



Le produit/service

Le produit/service est l'élément clé sur lequel l'organisation doit faire porter ses efforts et mobiliser toute l'attention de son personnel.

Les P/S sont souvent composés d'une proportion variable de produits et de services. La distinction entre réalité matérielle et réalité immatérielle importe peu dans le modèle Gestion globale, qui considère les produits et services comme étant de même nature. **Ceux-ci sont en effet tous deux destinés à répondre aux besoins et aux attentes d'un client, et ils sont fabriqués par une équipe de travail au moyen de processus.** Voici un exemple des P/S qu'on trouve dans le quotidien; les P/S sont classés en fonction de la proportion de matériel et d'immatériel qu'ils comportent.

Pour définir le P/S que l'organisation veut fabriquer, il faut d'abord :

- déterminer les besoins et les attentes du client ou de la clientèle cible;
- décrire le P/S en établissant ses caractéristiques mesurables et en les mettant en relation avec les attentes du client et sa capacité de payer;
- spécifier la qualité visée en fonction des attentes explicites et implicites du client, et

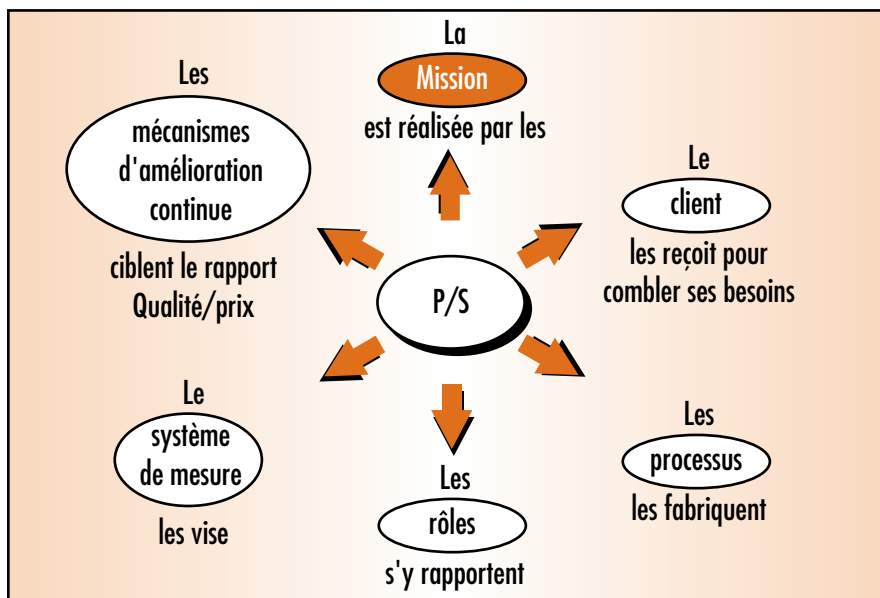
préciser le niveau à atteindre et la marge de tolérance acceptable pour chaque caractéristique.

Idéalement, tout ce qui se réalise à l'intérieur de l'organisation, que cela soit destiné à une clientèle externe ou interne, doit être décrit en tant que P/S et traité comme tel. Une grande organisation produit un nombre impressionnant de P/S. Pour en faciliter la compréhension et le traitement, le modèle Gestion globale les regroupe en quatre types : externes, de soutien, de fonction et en cours (ces trois derniers sont des P/S internes).

- Les P/S externes sont au coeur de la mission de l'organisation, ce sont ceux qui sont destinés aux clients externes.
- Les P/S de soutien sont constitués des échanges entre les unités administratives qui composent la chaîne client-fournisseur interne.
- Les P/S de fonction correspondent aux actions principalement destinées à la clientèle interne (recrutement, rémunération, formation, informatique, comptabilité).
- Les P/S en cours sont tout simplement des P/S en cours de fabrication à l'intérieur d'une équipe de travail, et qui ne nécessitent pas de transfert de responsabilités en ce qui a trait à la gestion.

Ces quatre types de P/S permettent de modéliser le fonctionnement de toutes les organisations en sous-ensembles qui répondent aux règles et aux paramètres du modèle Gestion globale. Ils fournissent par ailleurs de nouveaux éclairages qui permettent de remplacer les notions de personnel *line* et de *staff*. Le modèle associe le personnel *line* au flux de production principal pour la fabrication des P/S externes, et le *staff* au flux de production secondaire pour la fabrication des P/S internes.

Figure 3: L'importance des P/S



Les processus

Le modèle Gestion globale définit les processus comme des séries d'activités au moyen desquelles sont fabriqués un ou plusieurs P/S. L'analyse des processus permet de mettre en évidence les activités à valeur ajoutée et de réduire au maximum les activités qui n'en génèrent pas.

Pour faciliter l'agencement des processus et tenir compte des particularités de l'environnement dans lequel ils s'appliquent, le modèle Gestion globale définit ces derniers selon des niveaux hiérarchiques : deux niveaux relèvent des équipes locales, et deux autres de la direction, pour l'ensemble de l'organisation.

Les processus de niveau local

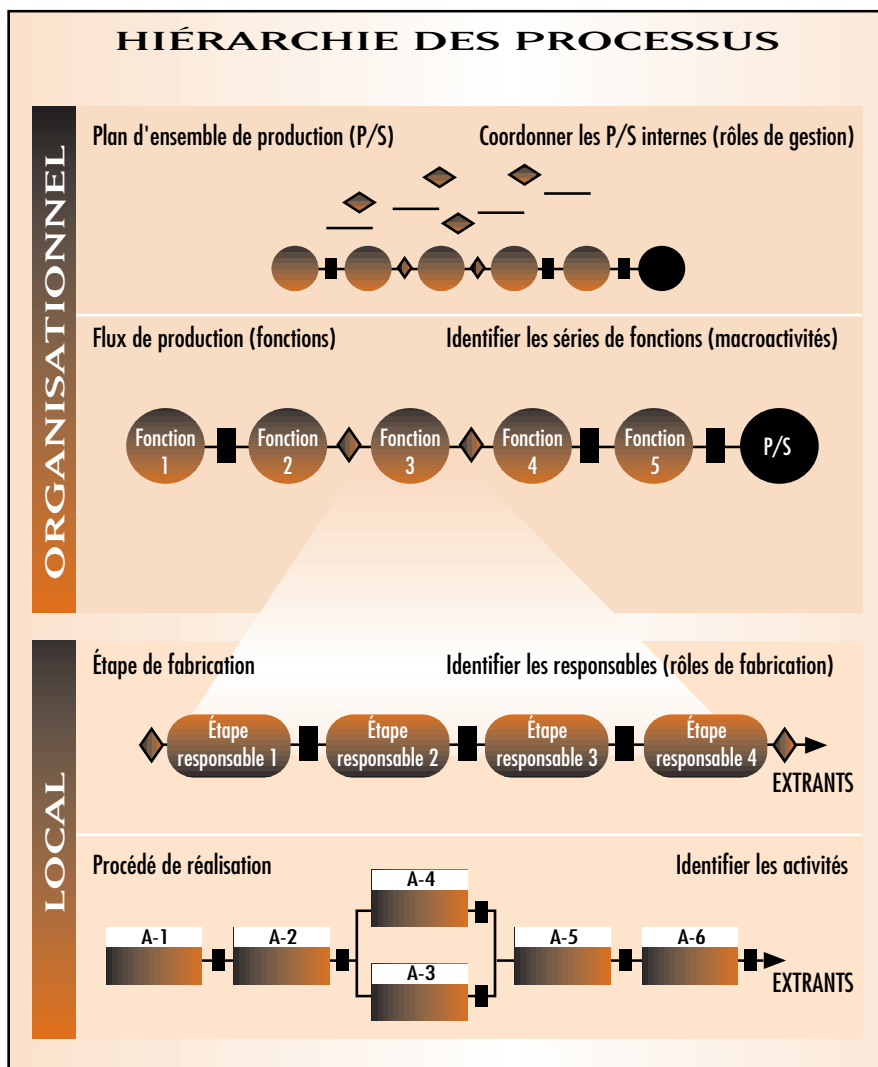
- Le procédé de réalisation correspond à la séquence des activités exécutées durant la réalisation d'un P/S; activité = action réalisable par une personne.
- Les étapes de fabrication sont les étapes nécessaires à la livraison des P/S; étape = ensemble d'activités.

Les processus de niveau organisationnel

- Le flux de production regroupe les séries de fonctions nécessaires à la production d'un P/S ou d'un groupe de P/S. Le mot fonction décrit une macroactivité, comme recueillir des données, concevoir et rédiger des devis, faire une analyse, faire une consultation; fonction = regroupement d'étapes.
- Le plan d'ensemble de la production (P/S) est un document de gestion qui met en relation, au moyen des P/S de soutien, la chaîne client-fournisseur, et positionne l'ensemble des flux de production qui participent directement à la livraison d'un P/S externe; plan d'ensemble = ensemble des flux de production nécessaires à la fabrication d'un P/S externe.

Il est important de préciser que les niveaux de processus clarifient la structure de la chaîne client-fournisseur. Cette chaîne permet d'établir les ressources, le temps de synchronisation, les délais d'exécution et la qualité requise pour la production des P/S externes. Elle permet aussi de mieux faire connaître la relation entre l'ensemble des activités des employés et le P/S externe,

Figure 4: Les quatre niveaux de la hiérarchie des processus



précisant ainsi la responsabilité et le rôle de chacun, ce qui constitue la clé de voûte d'une démarche d'amélioration continue viable.

Les rôles

Dans le modèle Gestion globale, le travail en équipe est la base du fonctionnement de l'organisation. Tous les membres sont importants, chacun ayant un rôle propre et complémentaire.

Les rôles introduisent la dimension humaine dans la chaîne de paramètres. En associant la personne au résultat à atteindre, soit livrer un P/S, les rôles responsabilisent et donnent un sens au travail.

Les rôles permettent de structurer le transfert des responsabilités en relation avec les P/S à livrer. Afin de s'acquitter de sa mission et de livrer les P/S appropriés, l'organisation doit maîtriser la connaissance des rôles de fabrication et de gestion nécessaires à son bon fonctionnement.

Comme les rôles, les responsabilités se divisent en deux catégories : les responsabilités de gestion et les responsabilités de fabrication. Elles sont généralement attribuées à des individus, bien qu'elles puissent parfois être attribuées à une équipe (équipe autogérée).

Les rôles de gestion permettent à l'organisation de :

- mettre en évidence son besoin d'adaptation devant l'évolution de son environnement;
- mettre en place une organisation du travail qui assure la planification, l'organisation, la direction et le contrôle de la fabrication des P/S;
- répartir les ressources nécessaires pour assurer la livraison de P/S de qualité;
- favoriser la motivation et la responsabilisation du personnel;
- assurer la coordination de la fabrication des P/S internes et la livraison des P/S externes au niveau de qualité visé.

Le modèle distingue deux groupes de gestionnaires : les gestionnaires de direction, associés à l'orientation et à la coordination de la production, et les gestionnaires de première ligne, associés à la fabrication et à la livraison des P/S.

Les rôles de fabrication s'appliquent aux processus locaux. Ils en assurent le bon fonctionnement et responsabilisent l'ensemble du personnel. Gestionnaires de première ligne et employés se partagent les rôles de fabrication, qui ne sont modifiés que lorsqu'il y a consensus.

Le système de mesure

Le système de mesure est l'ensemble des mécanismes qui permet à l'organisation et aux équipes qui la composent d'évaluer leur performance et leur capacité de livrer des P/S répondant aux besoins des clients.

Le système de mesure comporte deux aspects à la fois complémentaires et potentiellement conflictuels, qui doivent continuellement être conciliés, soit :

- le contrôle, qui s'exerce sur le plan de la gestion de la production, afin d'assurer la conformité du P/S et de certains autres éléments tels que le budget, l'assiduité, les délais, etc.;
- l'amélioration, qui fait appel à la collaboration et à la confiance. Lorsqu'une équipe se

donne des mécanismes de mesure structurés dans le but de s'améliorer, elle relègue au second plan le premier aspect du système de mesure.

Le système de mesure de la plupart des entreprises s'articule autour de trois éléments de base : les mesures relatives à la satisfaction du client, les mesures relatives à la qualité des P/S et les mesures relatives au fonctionnement des processus (y compris ses aspects financiers).

Le modèle Gestion globale recourt à trois niveaux d'indicateurs : les indicateurs clés ou de performance, les indicateurs de gestion et les indicateurs opérationnels. Il comporte aussi un système d'information permettant de communiquer les résultats et un système d'audit pour les valider.

Il faut cependant noter que, aussi essentiel soit-il, le système de mesure entraîne des coûts qui n'ajoutent rien au P/S. C'est pourquoi il doit respecter un équilibre entre ces coûts et la valeur de l'information qu'il génère, et minimiser les inconvénients et les coûts de saisie et de traitement des données.

Le système qualité

Le système qualité met l'accent sur les mécanismes d'amélioration continue qui aident l'organisation à augmenter son efficacité au fil du temps. Il comprend trois ensembles d'éléments :

- **les mécanismes d'amélioration continue**, qui se rattachent à chacune des trois dimensions du modèle (l'humain, la fabrication et la gestion);
- **le manuel qualité**, qui constitue la mémoire corporative des techniques, des façons de faire et des normes établies et appliquées par l'organisation. Le manuel qualité des unités locales complète le manuel qualité de l'organisation, auquel il est par ailleurs intégré;
- **l'assurance qualité**, qui constitue un

ensemble d'activités préétablies et systématiques, mises en oeuvre dans le cadre du système qualité pour s'assurer que l'organisation satisfait aux exigences de qualité (ISO 9000).

L'organisation consigne dans le manuel qualité l'ensemble des éléments nécessaires à la satisfaction du client. Parmi ces éléments, on trouve notamment : la politique qualité, le P/S normalisé, les processus, les rôles et les responsabilités de chacun, les éléments du système de mesure, le système qualité et la gestion de l'expertise.

Le modèle Gestion globale propose un manuel qualité en deux tomes. Le premier traite du niveau organisationnel et donne une vue d'ensemble de la complémentarité des diverses composantes de l'organisation. Le second traite du niveau local et utilise les notions de qualité décrites dans la littérature, qui, de manière générale, correspondent aux exigences ISO. La Gestion globale propose, pour chaque tome, une structure de base qui met en évidence les paramètres du modèle.

Un système d'assurance de la qualité est à la fois le complément et l'aboutissement de la démarche entreprise par l'organisation. Cet aspect est bien couvert dans le résumé de normes ISO 9000.

Les types d'entreprises

Les entreprises qui livrent directement à des clients les P/S qu'elles fabriquent comptent pour environ 95 % des organisations des secteurs industriel et commercial. Ce sont les entreprises de type 1.

Il existe un autre type d'organisations, que nous appellerons entreprise de type 2, dont les clients ne consomment pas un P/S, mais plutôt un ensemble de P/S qui forment un «réseau». C'est le cas des entreprises spécialisées dans les transports, les télécommunications, la distribution d'électricité, de gaz, d'eau, etc. Le client de ce type d'entreprises fait une évaluation globale des P/S, qui est très influencée par les éléments les plus faibles de la chaîne.

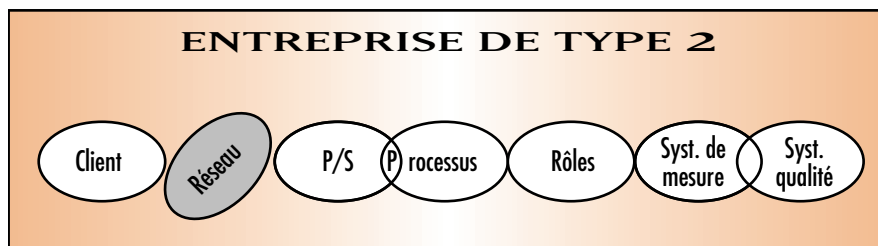
Le ministère des Transports du Québec est une organisation de type 2, puisque ses clients perçoivent ses divers P/S comme un tout, à travers le réseau routier. Ses P/S associés au réseau routier sont : les panneaux de signalisation, les couches de roulement (asphaltage), la signalisation, les éléments de drainage, la réfection des routes, les viaducs, les ponts et, en hiver, le déneigement et le déglçage.

Positionnement des outils qualité sur la chaîne de paramètres

Il existe déjà bon nombre d'outils, de techniques et de méthodologies visant l'amélioration des activités d'une organisation. Comme le montre la Figure 6, loin de se substituer à ces moyens que s'est donnés la gestion moderne, le modèle Gestion globale les intègre dans une approche systémique. Le positionnement présenté relie graphiquement quelques outils aux paramètres qu'ils ciblent.

Les outils d'aide à la gestion, comme la réingénierie, l'analyse de la valeur et le *benchmarking*,

Figure 5: Entreprise de type 2



king remettent en question certains éléments du système de fabrication et permettent de détecter les points qui sont porteurs de gains importants et de proposer des correctifs. Alors que la comptabilité par activités permet de comprendre et de décrire l'état du système de fabrication, d'autres outils, comme les groupes de résolution de problèmes, facilitent l'amélioration continue du système.

La mise en œuvre de la démarche qualité

De même qu'on dit que tous les chemins mènent à Rome, on peut dire qu'une démarche qualité peut être réussie, même si on suit un cheminement différent de celui que nous présentons. Nous croyons cependant que la démarche proposée augmente les chances de réussite.

Pour réaliser cette démarche, l'organisation doit certes se doter d'une structure de changement, de mécanismes de fonctionnement et de méthodologies. Toutefois, l'aspect le plus important, et le plus précaire, dans un projet de changement durable, est la dimension humaine, car c'est le personnel qui donnera son rythme et son élan à cette démarche. Mais, pour réussir, la direction doit aussi, et surtout, manifester une volonté ferme de changer. De plus, il est important qu'elle démontre la nécessité du changement et qu'elle présente aux parties qui seront engagées dans la démarche les bénéfices qu'elles en retireront.

Les outils de mise en œuvre de la démarche qualité se divisent en trois groupes :

- les outils d'orientation ou de planification stratégique que sont la vision, le plan stratégique, les plans d'action et le plan de suivi de l'organisation;
- les outils d'encadrement de la démarche, soit le modèle Gestion globale, la structure des projets de changement et la gestion de projet;
- les outils de mobilisation du personnel, c'est-

à-dire le plan de communication, la formation, les ententes de gestion et un système d'émulation d'équipe.

Lorsque la démarche est bien amorcée, la mise à jour périodique de ces outils peut donner lieu à des forums de discussion sur l'avenir et sur les occasions à saisir.

La mise en œuvre du modèle Gestion globale se déroule en six phases

Phase 1 : Personnaliser la démarche

Cette phase permet, à partir de la perception des dirigeants et des personnes associées au pilotage de la démarche, d'adapter cette dernière à la culture de leur organisation, ainsi qu'à ses forces et à ses faiblesses. On y trouve notamment les quatre volets suivants : mobilisation, orientation, encadrement et soutien.

Phase 2 : Lancer le mouvement

La gestion du changement ne suppose pas seulement qu'on recentre la mission de l'organisation en modifiant ses structures, mais aussi qu'on adopte des valeurs organisationnelles favo-

risant la mobilisation des individus et le changement des mentalités.

On informe le personnel du contenu du projet de changement et du rôle que chacun doit assumer pour le mener à bien. Après quoi, plusieurs petits projets sont mis en œuvre afin d'améliorer le rapport qualité/prix des P/S. D'autres groupes travaillent à la définition de nouveaux P/S ou de nouvelles façons de faire. La «mise en mouvement» des gestionnaires et du personnel, la mise en place de services-conseils et d'une charte des rôles de gestion constituent les principaux éléments de cette phase.

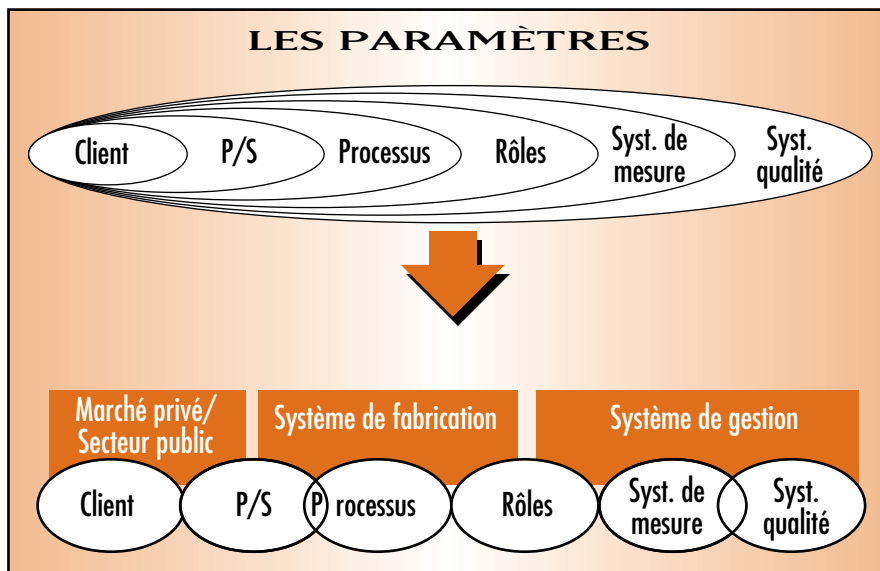
Phase 3 : Expérimentation en milieu de travail

Le personnel expérimente des éléments du modèle : connaissance des P/S et des besoins des clients et utilisation d'outils comme les processus. Des jalons établis au niveau de la direction sont expliqués et discutés au niveau local, afin que le personnel puisse les maîtriser et les intégrer à son projet de changement.

Phase 4 : Introduire le système d'information

On introduit les outils technologiques d'information dans l'organisation du travail, ou on les y

Figure 6: Positionnement des outils d'aide à la gestion



adapte. Cette phase permet d'augmenter la productivité, de réduire les coûts et, la plupart du temps, d'améliorer la qualité des P/S.

Phase 5 : Mécanismes d'amélioration continue et documentation qualité

Au cours de cette phase, on structure et on formalise les mécanismes d'amélioration continue dans les trois dimensions du modèle. C'est à ce moment qu'on confectionne et complète les manuels qualité.

Phase 6 : Gestion de l'expertise clé

Cette phase permet de déterminer quelle est l'expertise clé, celle qui génère la plus-value de l'organisation. Elle aide cette dernière à mieux cibler son créneau, à se tenir à la fine pointe des développements technologiques et à les appliquer à la production de ses P/S. Elle permet également de maintenir l'équipe de gestion alerte par des moyens de sélection et d'encadrement.

La structure de gestion des projets de changement est positionnée en fonction de la structure

organisationnelle. C'est la direction qui assume la responsabilité de ces deux structures. Comme le montre cette Figure 7, la structure organisationnelle produit des P/S externes, tandis que la structure de gestion des projets de changement produit des extrants de projets qui restent dans l'organisation. Les extrants de projets modifient les façons de faire pour améliorer les P/S.

TRAVAUX RÉALISÉS À TRANSPORTS QUÉBEC

Une démarche basée sur le modèle Gestion globale a débuté dans les activités d'entretien du réseau routier, il y a plus de dix ans. Elle couvre actuellement l'ensemble des activités du Ministère. Par ailleurs, d'autres travaux ont permis d'établir une liste des P/S externes, un plan d'ensemble des processus et une gestion stratégique du changement.

LES P/S EXTERNES

Transports Québec fabrique, dans des domaines très diversifiés, un nombre impressionnant de

P/S externes. Certains touchent un mode de transport particulier, d'autres l'ensemble des modes. Plusieurs domaines sont liés à ces P/S : urbanisation, géotechnique, génie routier, structure, réglementation, législation et économie, pour n'en citer que quelques-uns. D'où l'importance de créer une structure pour classer les P/S externes. Une fois établie, la structure permet à toutes les unités administratives d'être en mesure de classer leurs P/S externes en fonction de la mission de Transports Québec.

La structure proposée comporte trois niveaux de P/S externes :

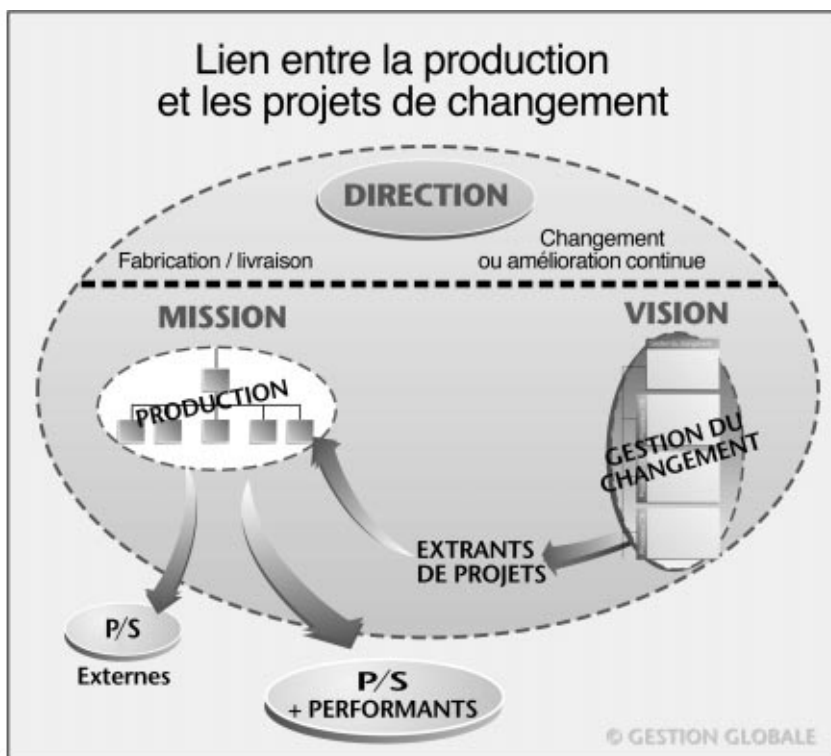
- le premier niveau de P/S est rattaché à l'ensemble des modes de transport; on y trouve les P/S de législation, de programmes d'aide, de réglementation et le multimodal (deux modes de transport ou plus);
- au deuxième niveau, on trouve les P/S liés à chacun des modes de transport (aérien, ferroviaire, maritime, routier et transport collectif). Ce niveau de gestion des P/S permet de saisir le fonctionnement global d'un mode de transport; on y trouve les P/S de développement et d'amélioration des réseaux de transport;
- le troisième niveau comprend les P/S liés à l'exploitation d'un réseau de transport. L'exploitation classe les P/S en quatre familles: *monitoring*, entretien, conservation et gestion de corridor.

LE PLAN D'ENSEMBLE DES PROCESSUS

Le plan d'ensemble des processus est un élément important dans une démarche d'amélioration. Il définit et positionne les principaux processus, ou processus clés, qui permettent à l'organisation de livrer ses P/S externes.

Le plan d'ensemble des processus conçu à Transports Québec comporte un volet régional et un volet ministériel. Signalons que les processus liés aux P/S de fonction, comme les activités de

Figure 7: Lien entre la production et les projets de changement



recrutement, la rémunération, la formation, l'informatique ou la comptabilité, ne font pas partie du plan d'ensemble, parce que ces P/S ne sont pas liés directement à la mission du Ministère et qu'on les retrouve dans toutes les organisations.

LA GESTION STRATÉGIQUE DU CHANGEMENT

La gestion stratégique est le pivot du changement, qui s'échelonne sur une période plus ou moins longue. Elle comprend la vision, qui couvre les cinq à dix années à venir, ainsi que le plan stratégique, qui oriente l'ensemble des plans d'action de l'organisation.

Cette année, Transports Québec a mis au point son processus clé de gestion stratégique et a défini l'ensemble des P/S qui en font partie. Le défi des prochaines années est d'implanter ce processus dans l'organisation et d'y introduire des mécanismes d'amélioration continue, afin d'en accroître l'efficacité avec le temps.

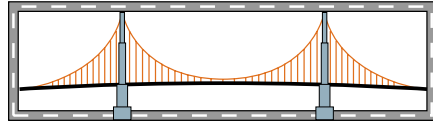
LA MISE EN OEUVRE

Le tableau suivant présente les secteurs d'activité où l'on a entrepris une démarche d'amélioration fondée sur le modèle Gestion globale, ainsi que le nombre de services qui ont été touchés.

CONCLUSION

Les principaux éléments du modèle Gestion globale ont été présentés. Il faut revenir constamment aux notions fondamentales de l'organisation et ajuster graduellement la mécanique de cette dernière en analysant son évolution, tout en gardant les clients au cœur de ses préoccupations.

Secteurs d'activité	Jalons établis (sur une possibilité de 34)	Mise en oeuvre (services touchés sur le nombre total)
Entretien périodique	28	33/50
Entretien d'hiver	17	33/50
Communication État des routes	15	50/50
Conservation (Chaussée, structure, sécurité)	10	-
Plan de transport régional	5	-
Géomatique et arpentage	8	Partiellement
Planification quinquennale des infrastructures de transport	5	-
Programmation	5	-



ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA FABRICATION DES MATÉRIAUX DE CHAUSSEES PAR ANALYSE EXERGÉTIQUE

Par Richard Berthiaume, Transports Québec, Laboratoire des chaussées, et
Christian Bouchard, Université Laval, Département de génie civil

INTRODUCTION

Le ministère des Transports du Québec veut intégrer la protection de l'environnement dans ses politiques, programmes et activités, et en faire un critère déterminant dans toute prise de décision. Il est difficile d'évaluer précisément l'impact environnemental des matériaux de chaussées, car il s'agit de matériaux composites issus de nombreux processus de fabrication (bitume, granulats, ciment). De plus, la capacité structurale recherchée influence l'épaisseur des différentes couches de matériaux utilisés.

La méthode habituelle pour comparer deux matériaux est l'analyse des cycles de vie, avec les bilans de consommation d'énergie et un inventaire des émissions polluantes. Ce type d'approche fournit généralement beaucoup de données qui ne peuvent être comparées sur une même base. Par conséquent, il est souvent difficile d'en tirer des conclusions. L'analyse exergétique peut servir d'indicateur pour comptabiliser les impacts selon une même valeur de référence. La présente étude porte sur l'impact thermodynamique lié à la fabrication des matériaux de chaussées.

ANALYSE ÉNERGÉTIQUE ET ANALYSE EXERGÉTIQUE

L'analyse dite énergétique est couramment employée pour toutes sortes d'études (économiques, environnementales, rendement, etc.). Cette méthode repose sur le premier principe de la thermodynamique, que l'on qualifie de principe de conservation de l'énergie et que l'on peut aussi qualifier de principe de conservation de la capacité à fournir de la chaleur lors d'une dégra-

datation complète en énergie calorifique. Sur cette base de la capacité de fournir de la chaleur, les formes d'énergie, quelle que soit leur origine ou leur forme, sont considérées équivalentes. Dans un système clos (pas de transfert de masse) et isolé (pas de transfert de chaleur), une forme d'énergie peut se transformer en d'autres formes d'énergie et en chaleur, de telle sorte que l'équivalent chaleur du système demeure constant avant et après la transformation. Ceci est valable pour des transformations réversibles et irréversibles. Dans un système ouvert à l'état stationnaire, l'énergie qui entre peut ressortir sous une autre forme, et notamment sous forme de chaleur, mais l'équivalent chaleur est globalement

conservé, de telle sorte que l'énergie de sortie est toujours égale à l'énergie d'entrée. Rigoureusement, il est donc impossible de faire un bilan d'énergie ou de calculer un rendement énergétique, puisque l'énergie se conserve, à moins de négliger arbitrairement et subjectivement certaines formes d'énergie. Cela reviendrait en fait à déterminer quelles sont les formes d'énergie qui sont «utiles» et celles qui sont «inutiles» et sont par conséquent des pertes. Brunhes [2] avait démontré les lacunes de cette méthode d'évaluation de l'énergie. Pour l'étude technologique de systèmes simples, le consensus scientifique est aisément obtenu sur ce qui est «utile» et «inutile», ou perdu. Cette méthode peut donc





être appropriée pour l'étude de machines thermiques simples, de procédés simples. Par contre, pour l'étude de systèmes complexes, la subjectivité des bilans d'énergie devient évidente. Ces bilans sont partiels, car certaines matières premières ou matériaux produits (énergie chimique) ne sont pas considérés. Les «consommations d'énergie» font généralement référence aux achats énergétiques (électricité, gaz, charbon, huile, etc.).

Pour des études économiques, les énergies dites «utiles» sont celles qui sont associées à des formes d'énergie qui ont une valeur pécuniaire, et les formes «inutiles», ou pertes, sont associées aux formes d'énergie non commercialisables. Ces méthodes de comptabilisation de l'énergie peuvent s'avérer tout à fait impropres pour les études environnementales.

Tableau 1 : Sphères de référence théoriques pour l'analyse exergetique (d'après la référence [5])

Sphère	Élément ou composé	Concentration hydrosphère, lithosphère (w/w) atmosphère (v/v)
Atmosphère	CO ₂	0,0335
	O ₂	0,2039
	N ₂	0,7578
Hydrosphère	Na	0,474
	Cl	0,566
	PbCl ₂	4,2 x 10 ⁻¹¹
Lithosphère	CaCO ₃	0,0014
	Fe ₂ O ₃	0,0068
	SiO ₂	0,407

L'analyse exergetique évalue le travail maximal ou le travail potentiel qui peut être tiré d'un système lorsqu'on l'amène en équilibre de manière réversible avec son environnement [1,3]. Au cours d'une transformation irréversible à l'intérieur d'un système clos et isolé, le travail potentiel de ce système ne peut que diminuer. Pour une transformation réversible (théorie), ce potentiel demeure constant. La perte d'exergie en raison des irréversibilités des procédés est directement liée à la variation d'entropie. C'est la loi de Gouy-Stodola [1]

$$(1) \partial B = T_0 \Sigma \Delta S$$

où ∂B est la perte d'exergie et ΔS la variation d'entropie.

L'analyse exergetique peut englober, d'une façon plus objective, tous les flux de matière qui entrent dans un procédé, qu'ils soient perçus comme de la matière ou comme de l'énergie. Cette méthode permet de quantifier précisément la dégradation de la matière et de l'énergie sous un seul concept (le travail potentiel). Ainsi, le lien entre l'analyse exergetique et l'environnement est plus étroit que celui des bilans d'énergie avec l'environnement. En effet, les organismes vivants et les machines résultent d'un haut niveau d'organisation et donc d'un haut niveau d'exergie. La dispersion de l'énergie et de la matière, et donc la baisse de l'exergie, ne favorisent ni la vie ni le fonctionnement des machines.

Pour calculer le travail potentiel, un système de référence doit être choisi. Du point de vue chimique, un système de référence est constitué de composants que l'on considère, à une certaine concentration, comme représentatifs de l'environnement à l'équilibre. On considère qu'un composant a une exergie nulle à la concentration de référence et donc qu'aucun travail ne peut en être tiré à cette concentration. Karlsoon [4] mentionne trois sphères de référence, qui correspondent à l'atmosphère, à l'hydrosphère et à la lithosphère. Des exemples des composants des sphères de référence et de leur concentration de référence sont présentés au Tableau 1. Morris et

al. [5] hiérarchisent l'utilisation des sphères de référence pour les calculs d'exergie chimique. L'ordre qu'ils proposent est le suivant : l'atmosphère, l'eau de mer et la croûte terrestre.

La consommation nette d'exergie: indicateur environnemental

Szargut *et al.* [1,5] ont mis au point des méthodes de comptabilité exergétique. Ils ont défini le concept d'exergie totale consommée (*cummulative exergy consumption*, CExC). Ce calcul fournit une mesure de l'exergie utilisée (incluant les matières premières) pour produire un matériau fini. Szargut *et al.* [1] ont proposé d'associer le CExC à un coût écologique. Toutefois, le CExC n'indique pas l'exergie nette consommée. Par exemple, le CExC pour la production de gazoline est de 42,4 MJ/kg [1] et l'exergie de la gazoline est de 35,6 MJ/kg [1]. La gazoline, si elle n'est pas brûlée, conserve son exergie et n'a pas d'impact environnemental, sauf celui lié à sa production (42,4 MJ/kg - 35,6 MJ/kg). Afin de tenir compte de l'exergie

des produits finis, nous proposons la notion de consommation nette d'exergie (CNEEx), définie comme suit :

$$(2) \text{ CNEEx} = \text{CExC} - E_p$$

où E_p est l'exergie du matériau ou du produit fini en MJ/kg. L'exergie, une fois détruite, ne peut être utilisée ni par les êtres vivants, ni par les machines pour produire du travail. Le sens physique de l'exergie totale détruite peut être visualisé à travers l'exemple des transformations successives du pétrole : l'extraction du pétrole, le transport et le raffinage consomment de l'exergie sous forme de combustible. Par la suite, si l'essence n'est pas dégradée (brûlée, etc.), elle n'a pas d'impact thermodynamique autre que celui lié à sa production. Si le produit pétrolier est converti en un autre produit (ex. : plastique), son impact est lié à l'exergie qui a été détruite au cours de cette transformation (l'exergie du produit pétrolier moins celle du plastique), plus l'exergie consommée pour produire le produit pétrolier. Le plastique, à son tour, aura un impact environnemental supplémentaire s'il est dégradé. Cette exergie nette consommée correspond gros-

sièrement au travail minimal qui serait requis pour reformer les produits initiaux et ramener le système à son état premier par une série de transformations idéales (réversibles). Ce travail minimal peut être adopté comme indicateur de la qualité de l'état thermodynamique de l'environnement : il intègre le processus entier de fabrication, de la ressource puisée dans l'environnement jusqu'au produit fini.

LA CONSTRUCTION DES REVÊTEMENTS ROUTIERS

Les revêtements routiers servent à faciliter la circulation des automobiles et des camions. Pour fabriquer un revêtement de béton, de la pierre concassée (granulats), du sable, du ciment et de l'eau sont mélangés pour former un béton qui durcit par des réactions chimiques. L'enrobé bitumineux est formé à partir de granulats et de bitume. Le bitume est chauffé et mélangé aux granulats en usine. Ce mélange est étendu sur la route et compacté. Le ciment est un réactif : beaucoup d'exergie est consommée pour sa fabrication. Le bitume est un produit pétrolier : beaucoup d'exergie est consommée pour le mélanger à chaud avec les agrégats.

Type de route choisie

Deux matériaux courants, soit le béton de ciment et l'enrobé bitumineux, sont étudiés. D'Amours et Lavoie [6] ont effectué une comparaison économique, basée sur une durée de vie de 40 ans, d'une route avec revêtement de béton et d'une route avec revêtement d'enrobé bitumineux. Certaines données de conception de cette étude sont reprises afin d'illustrer l'application de l'analyse exergétique. Le cas du support avec argile en remblai est choisi. Trois niveaux de circulation sont retenus : (1) une route de type résidentiel (20 000 ECAS), (2) une autre de type boulevard urbain (150 000 ECAS) et (3) une dernière de type autoroute à forte circulation (2 000 000 ECAS). L'ECAS (équivalent charge axiale simple) est représentatif du nombre

Tableau 2 : Épaisseur des matériaux requis pour la construction de différents types de revêtements

Épaisseurs (mm)						
Niveau de circulation	ENROBÉ BITUMINEUX			BÉTON DE CIMENT		
	Enrobé	Granulats	Sable	Béton ciment	Granulats	Sable
1	75	300	300	205	150	350
2	110	400	300	220	150	450
3	260	325	300	230	150	600



annuel de passages de véhicules. Les données de conception qui ont été utilisées pour les calculs sont résumées au Tableau 2.

Nous avons également tenu compte de certains travaux d'entretien des revêtements de chaussées jugés nécessaires sur une période de 40 ans [6,7] (excluant le calfeutrage et le pliage). Pour le béton de ciment, un resurfaçage (pose d'un nouveau revêtement) doit être fait une fois au cours de la période, et ce, pour les trois niveaux de trafic [6]. Ce resurfaçage correspond à 50 % de l'épaisseur initiale. Pour l'enrobé, l'expérience au MTQ [7] démontre, au cours des 40 années, que l'épaisseur d'enrobé ajoutée correspondant aux niveaux de trafic 1, 2 et 3 est respectivement de 160, 160 et 200 mm. Ces données sont des estimations théoriques pour le béton de ciment [6] et des estimations liées à l'expérience québécoise [7] en matière de route.

À partir de ces données sur les chaussées et

les travaux requis ainsi que des bilans massiques des processus de fabrication de ces revêtements de chaussées et des analyses exergétiques, faites principalement par Szargut *et al.* [1], l'exergie nette consommée pour chaque type de revêtement est calculée.

CALCULS DE LA CONSOMMATION NETTE D'EXERGIE

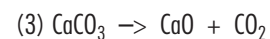
La production des granulats

Selon un fabricant de granulats [8], l'énergie consommée par les broyeurs est de 1,5 kW/h par tonne produite (5,4 MJ/t). Si l'énergie électrique est de source thermique, 4,17 MJ [1] sont nécessaires pour produire 1 MJ d'électricité, et donc la consommation nette d'exergie est de 22,2 MJ par tonne de granulats produits. Cette valeur est très faible si on la compare à l'exergie consommée dans les procédés de fabrication du

ciment ou de l'enrobé (environ 2 %). Elle sera négligée dans les calculs finaux.

La production du ciment

Le ciment provient de la roche calcaire, qui est broyée et chauffée à très haute température. La roche broyée subit la réaction suivante :



Cette réaction dégage donc du CO_2 , qui est un gaz à effet de serre. Deux principaux procédés de fabrication du ciment sont utilisés couramment, soit le procédé par voie humide et le procédé par voie sèche. Comme son nom l'indique, le procédé par voie humide utilise de l'eau pour former une pâte avec la roche calcaire. Cette eau doit être évaporée pendant le processus; l'exergie consommée est donc plus grande pour ce procédé que pour le procédé par voie sèche. Le CExC du ciment [1] est de 5,35 MJ/kg (par kg de ciment) pour le procédé par voie sèche, et de 10,2 MJ/kg pour le procédé par voie humide.

L'exergie du ciment est de 0,635 MJ/kg. Dans les calculs, il est supposé que le béton ne possède de plus d'exergie (état inerte), et donc que $CNE_x = CExC$ dans le cas du béton. Finalement, le CNE_x (en MJ par mètre cube de béton fini) du béton de chaussée est de 1819 MJ/m³ pour le procédé par voie sèche et de 3 461 MJ/m³ pour le procédé par voie humide.

Un aspect environnemental très important lié à la fabrication du ciment n'est pas pris en compte dans les calculs d'exergie totale consommée. Le calcaire étant un élément commun dans la nature, il est utilisé comme composé de référence dans la lithosphère pour les calculs exergétiques (Tableau 1), et donc son exergie est considérée pratiquement nulle. Ainsi, la conversion du CaCO₃ en CO₂ n'est pas évaluée par le CNE_x . Le CO₂ et le CaCO₃ ont une exergie nulle dans leurs propres sphères de référence (atmosphère et lithosphère). Ainsi, certains transferts de matière d'une sphère à une autre passent inaperçus et ne sont actuellement aucunement évalués par les méthodes de comptabilité exergétiques ($CExC$ et CNE_x).

Le ciment contient environ 63 % de CaO, et, pour 1 kg de CaO produit, 0,786 kg de CO₂ est dégagé. Puisque 1 m³ de béton est produit à partir de 340 kg de ciment (214,2 kg de CaO), 168,3 kg de CO₂ sont dégagés par la transformation de la roche calcaire. Cette valeur équivaut à la quantité de CO₂ émise par la combustion d'environ 46 kg de charbon! Cette question ne faisant pas l'objet de la présente étude, il serait important au cours d'études ultérieures de trouver un moyen de calculer le dégagement de CO₂ en termes de variation d'exergie.

L'acier

Dans le cas des routes de béton construites actuellement, très peu d'acier est utilisé. Des goujons sont posés sur des dalles de 5 mètres de longueur. On peut estimer que 1 m³ de béton contient 6,7 kg d'acier. En considérant que l'acier sera entièrement oxydé au cours de sa vie

utile, le CNE_x de l'acier est de 41 MJ/kg [1], et donc l'exergie consommée pour l'acier est de 275 MJ/m³ de béton. L'acier ayant une très grande valeur d'exergie consommée, son utilisation pour faire du béton armé pourrait avoir un très grand impact sur la valeur finale de l'exergie totale consommée.

Le béton routier

Finalement, en considérant les $CExC$ du ciment et le CNE_x de l'acier, et en négligeant la consommation d'exergie associée à la préparation des granulats et celle liée au rejet de CO₂, le CNE_x du béton routier est de 2094 MJ/m³ pour le ciment d'origine voie sèche et de 3736 MJ/m³ pour le ciment d'origine voie humide.

La production de bitume

Le bitume est un sous-produit de la distillation du pétrole brut. Cela complique l'évaluation de l'exergie totale qui a été consommée pour le produire. En effet, de quelle façon l'exergie consommée dans une tour à distiller doit-elle être répartie entre les différents produits (bitume, essence, fractions légères, etc.)? Cet aspect de la recherche devrait être étudié plus à fond dans des travaux ultérieurs. La valeur de l'exergie consommée pour produire le bitume devrait se situer entre les classes de produits suivants : charbon, essence, diesel. En effet, le charbon nécessite uniquement des étapes d'extraction et de transport, tandis que l'essence et le diesel nécessitent extraction, transport et distillation. Le bitume nécessite aussi extraction, transport et distillation, mais la distillation du bitume est plus proche d'une évaporation que d'une distillation, le bitume étant un mélange de toutes les fractions très lourdes, dont on a extrait les fractions les plus légères. L'exergie nette consommée pour produire du charbon est de 1,44 MJ/kg, de 8,8 MJ/kg pour le diesel et de 6,8 MJ/kg pour l'essence. Pour les raisons énumérées précédemment, nous considérons arbitrairement la consumma-

tion nette d'exergie du bitume comme égale à 5 MJ/kg, sachant que la valeur réelle du CNE_x pour le bitume devrait se situer entre 2 MJ/kg et 6,8 MJ/kg. Le bitume, au moment, de l'enrobage est peu dégradé, la perte en masse est inférieure à 1 %. Les bitumes routiers s'oxydent en surface avec le temps, mais malgré ce fait, ils peuvent être recyclés. Comme nous l'avons vu précédemment, l'exergie d'un produit non dégradé n'est pas incluse dans les consommations exergétiques. Ainsi, pour un enrobé conventionnel composé à 5 % massique de bitume, le CNE_x du bitume retenu pour cette étude est de 600 MJ/m³.

L'usine d'enrobage

Les granulats doivent être séchés avant enrobage, les données des fabricants qui ont été retenues sont de 7 L de diesel par tonne pour l'été et 10 L/t pour l'automne. Nous considérons que la consommation de carburant est, à elle seule, représentative de la consommation exergétique du procédé d'enrobage. En été, l'exergie nette consommée est de 751 MJ/m³ d'enrobé produit et en automne de 1072 MJ/m³ d'enrobé produit.

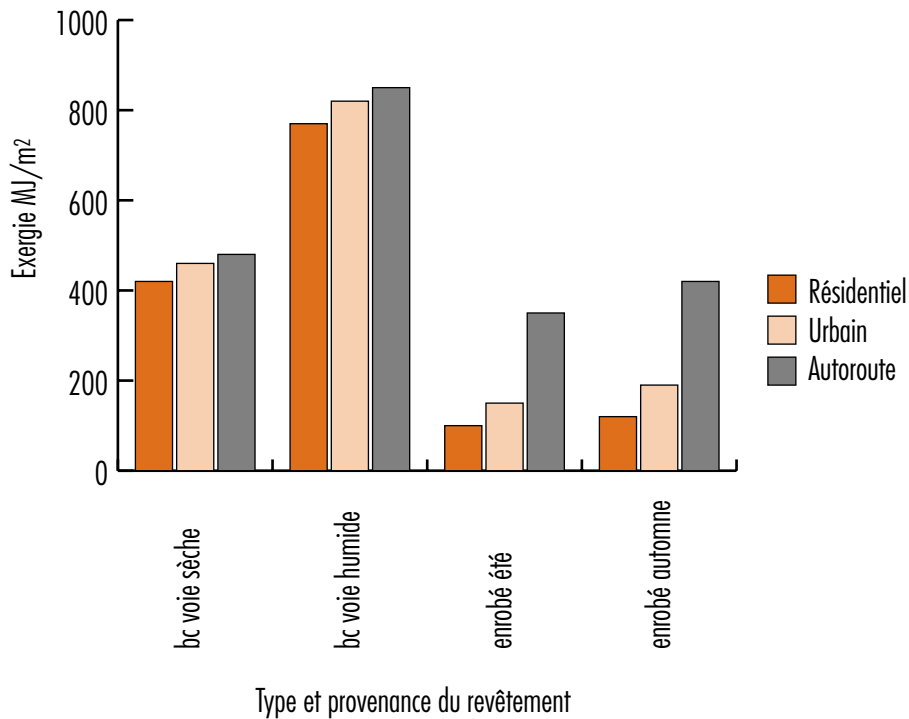
L'enrobé bitumineux

Le CNE_x retenu est de 1350,7 MJ/m³ pour l'enrobé posé en été et de 1672 MJ/m³ pour l'enrobé posé en automne. L'exergie consommée à l'usine de mélange de béton ainsi qu'à la mise en oeuvre de l'enrobé et du béton n'a pas été évaluée; elle est considérée comme négligeable. La masse volumique de l'enrobé est de 2,4 t/m³ et celle du béton de 2,4 t/m³.

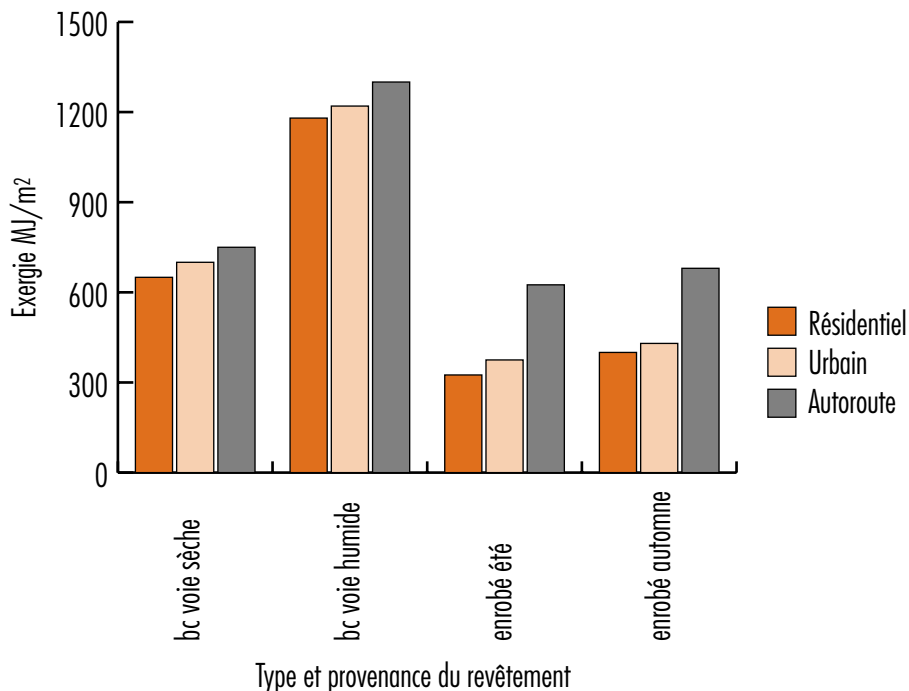
Résultats et discussion

Les histogrammes qui suivent représentent l'exergie nette consommée initialement et après 40 ans, en tenant compte des resurfaçages, pour les trois *designs* de chaussées.

Consommation nette d'exergie, initial



Consommation nette d'exergie, 40 ans



Pour ces deux cas étudiés, la variation de l'état thermodynamique de l'environnement est fonction du type de revêtement, de son épaisseur et des processus de fabrication des matériaux qui le composent. Une technologie plus ancienne, comme la fabrication du béton par voie humide, est clairement désavantagée, de même que l'est, dans une moindre mesure, la fabrication d'enrobés bitumineux en automne à cause de la forte humidité des granulats. On peut conclure qu'une gestion adéquate des granulats pourrait certainement réduire l'impact environnemental. En tenant compte des hypothèses considérées dans les calculs, l'enrobé bitumineux posé en été a un impact environnemental moins important que le béton de ciment. Pour l'enrobé bitumineux, le fait que l'enrobage soit fait à chaud augmente grandement l'impact environnemental; il pourrait par conséquent être diminué de façon significative par la mise au point de techniques d'enrobage à froid.

L'indicateur établi permet de comparer les matériaux en fonction de leur impact global et à long terme sur l'environnement, et rend donc possible une mesure directe de l'aspect «développement durable». Il permet d'approfondir l'analyse et de déterminer quelles sont les étapes inefficaces, donc polluantes, d'un processus de transformation de la matière. L'intérêt de cette méthode réside dans le fait qu'elle peut s'appliquer à toutes sortes de matériaux et procédés. Le nombre restreint d'études exergétiques limite la possibilité d'appliquer cette méthode; par contre, elle est plus précise et plus objective que les bilans classiques d'énergie. La comparaison des revêtements routiers devrait se faire sur le cycle de vie complet de la chaussée. La méthode mise au point pourrait être utilisée pour évaluer l'ensemble du processus de fabrication et de réfection des chaussées et pour tous les impacts qui y sont liés, tels les effets du détournement du trafic.



CONCLUSION

Un indicateur exergétique macroscopique, le CNE_x, est proposé pour évaluer l'impact environnemental de la transformation de matières premières en produits finis. Cet indicateur est une variante du CExC établi antérieurement par Szargut *et al.*[1]. L'application du CNE_x aux matériaux routiers révèle que, selon les hypothèses émises et lorsqu'il est posé en été, l'enrobé bitumineux a le plus faible impact environnemental des quatre possibilités considérées. La fabrication du ciment par voie humide explique que le béton de ciment a le plus important impact environnemental. Pour réduire les répercussions sur l'environnement, il ressort que l'utilisation de ciment fabriqué par voie sèche est à privilégier. La fabrication d'enrobés à froid, si elle était techniquement réalisable, permettrait probablement d'améliorer grandement la performance sur le plan de l'environnement.

Afin d'améliorer cette comparaison exergétique des matériaux routiers, l'exergie consommée

pendant la fabrication du bitume devrait être déterminée précisément. D'autre part, si l'analyse exergétique macroscopique paraît très intéressante pour rendre compte de divers impacts environnementaux, son application présente encore des lacunes importantes, comme le fait de négliger le transfert de matière d'une sphère à une autre. Le transfert de carbone de la lithosphère (sous forme de CaCO₃) à l'atmosphère (CO₂) en est un excellent exemple. Ce problème pourrait être réglé par un choix plus adéquat du système de référence dans les calculs macroscopiques d'exergie.

RÉFÉRENCES

[1] J. Szargut, D.R. Morris, F.R. Steward, 1988, *Exergy Analysis of Thermal, Chemical and Metallurgical Processes*, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

- [2] B. Brunhes, 1909, *La dégradation de l'énergie*, Flammarion.
- [3] V.M. Brodyansky, M.V. Sorin, P. Le Goff, 1994, *The Efficiency of Industrial Processes : Exergy Analysis and Optimization*, Elsevier Science B.V.
- [4] S. Karlsoon, 1990, *Energy, Entropy and Exergy in the Atmosphere*, Institute of Physical Resource Theory, Chalmers Tekniska Högskola Bibliotekets Reproservice, Göteborg.
- [5] D.R. Morris, F.R. Steward, J. Szargut, 1994, "Technological Assessment of Chemical Metallurgical Processes", *Canadian Metallurgical Quarterly*, vol. 33, no 4, p. 289-295.
- [6] L. D'Amours, S. Lavoie, 1997, «*Étude comparative des chaussées flexibles et rigides*», Bitume Québec, Soprin ADS.
- [7] Ministère des Transports du Québec, Communication personnelle.
- [8] Communication personnelle



L'ÉTAT DU VÉLO AU QUÉBEC EN 1995 ET 1996 - TOME I

(VERSION ANGLAISE : BICYCLING IN QUÉBEC IN 1995 AND 1996) (RTQ-98-02)

Par : Jean-François Pronovost, Marc Jolicoeur, Diane Couture

La présente étude a été réalisée dans la foulée de la publication, en 1995, de la Politique sur le vélo par le ministère des Transports. Elle a comme finalité de bien caractériser l'utilisation de la bicyclette selon la fréquence et la durée des déplacements ainsi que selon les distances parcourues. Toutes les données de l'étude proviennent d'une enquête (sondage téléphonique), de comptages ou d'observations sur des pistes cyclables à la grandeur de la province.

Avec ses cinq millions de vélos, le Québec présente un des plus grands nombres de bicyclettes par personne dans le monde. En outre, l'industrie de fabrication de bicyclettes y est très florissante puisque le Québec compte 75 % de la production canadienne.

En hausse constante, le nombre d'utilisateurs du vélo au Québec se situe à 2,85 millions d'adultes et grimpe à 3,6 millions si l'on inclut les enfants.

On estime à 120 millions le nombre de kilomètres parcourus par semaine par la population québécoise. Une proportion de 8 % de cyclistes utilisent la bicyclette comme principal moyen de transport durant la saison estivale alors que 13 % l'utilisent occasionnellement à cette fin. Enfin, 79 % de cyclistes, soit la plus grande proportion, font du vélo uniquement pour leurs loisirs.

L'étude dévoile aussi que le Québec compte 2315 km d'aménagements cyclables de toutes sortes. Comparativement à d'autres agglomérations dans le monde, la place de la Communauté urbaine de Montréal est supérieure quant au nombre de kilomètres de voies cyclables, mais est inférieure quant à la part modale de vélos.

Selon la perception des répondants à propos de l'évolution de l'utilisation de la bicyclette, la pratique du vélo serait en hausse de 8 %. Les tendances réelles devront cependant être validées de nouveau d'ici les prochaines années en répétant la collecte de données statistiques.

Parutions récentes

CONGRÈS CONFÉRENCES

Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignements
98 Annual Meeting <i>nsit-Making all the Right Connections</i>	Du 4 au 8 octobre 1998, New York (États-Unis)	American Public Transit Association	Téléphone : (202) 898-4040 Télécopieur : (202) 898-4029 Cour. élect. : itomasek@apta .com
Conference and Exhibition for Internet Researchers and Managers <i>th Online World</i>	Du 12 au 14 octobre 1998, Washington D.C. (États-Unis)	Swedish National Road and Transportation Research Institute	Téléphone : (800) 248-8466 Télécopieur : (800) 761-1444
World Congress on ITS <i>ward the New Horizon Together</i> <i>Better Living with ITS</i>	Du 12 au 16 octobre 1998, Séoul (Corée)	ITS America et autres	Téléphone : 82-2-551-1601-3 Télécopieur : 82-2-551-1604 Cour. élect. : shyoon@star.koex.co.kr
réunions internationales de la sécurité routière	Du 26 au 28 octobre 1998, Bruxelles (Belgique)	Institut belge pour la sécurité routière (IBSR) et Groupement des organismes agrés de contrôle automobile (GOCA)	Téléphone : 32 2/244.15.11 Télécopieur : 32 2/216.43.42 Cour. élect. : ibsr@pophost.eunet.be
th Transportation Research Forum (TRF) <i>lly in '98</i>	Du 29 au 31 octobre 1998, Philadelphie (États-Unis)	ITS America et autres	Téléphone : (215) 884-7500 Télécopieur : (215) 884-1385 Cour. élect. : gramail@gra-inc.com
International Truck and Bus Meeting Exposition <i>ustomer Value Through Innovation</i>	Du 16 au 18 novembre, Indianapolis, Indiana (États-Unis)	Society of Automotive Engineers	Téléphone : (724) 772-7131 Télécopieur : (724) 776-0002 Cour. élect. : meeting@sae.org
semaine des infrastructures urbaines <i>ageons notre savoir-faire</i>	Du 24 au 26 novembre 1998, Montréal, Québec (Canada)	Le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines	Téléphone : (514) 848-9885 Télécopieur : (514) 848-7031 Cour. élect. : elmzema@ceriu.qc.ca
International Conference on Corrosion Rehabilitation <i>Reinforced Concrete Structures</i>	Du 7 au 11 décembre 1998, Orlando, Floride (États-Unis)	United States Departement of Transportation et autres	Téléphone : (404) 880-0002 (poste 257) Télécopieur : (404) 880-0404 Cour. élect. : visions@internetmci.com
th Annual Meeting	Du 10 au 14 janvier 1999, Washington D.C. (États-Unis)	Transportation Research Board (TRB)	Téléphone : (202) 334-3216 Télécopieur : (202) 334-2519 Cour. élect. : mramage@nas.edu

Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignements
Congrès international francophone <i>sur la sécurité et sûreté dans les déplacements</i>	Du 27 au 29 janvier 1999	ATEC (Association pour le développement des techniques de transport, d'environnement et de circulation)	Téléphone : (33) 01 45 24 09 09 Télécopieur : (33) 01 45 24 09 94
Conférence sur l'utilisation de l'arbre en sécurité des voies de circulation <i>de la rue à l'autoroute</i>	Du 25 au 26 février 1999, Loews Le Concorde, Québec (Canada)	Société de l'arbre du Québec, en collaboration avec le ministère des Transports du Québec	Téléphone : (418) 648-5699
Conférence canadienne interdisciplinaire sur la sécurité routière	Du 9 au 12 mai 1999, Halifax, Nouvelle-Écosse (Canada)	Équipe de recherche en sécurité automobile	Téléphone : (902) 494-3290 Télécopieur : (902) 425-1096 Cour. élect. : vsrt@dal.ca
10th International Conference on Low-Volume Roads	Du 23 au 27 mai 1999, Baton Rouge, Louisiane (États-Unis)	Transportation Research Board	G. P. Jayaprakash Cour. élect. : 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.

