

## PARTENAIRES

## CONGRÈS AQTR

du 6 au 10 Avril 2009 - Palais des congrès de Montréal

PRÉSENTATION DE JÉRÔME FACHON, ing., Université Laval, Chaire i3C

### Évaluation de l'impact de la pression et des types de pneus sur la résistance des chaussées souples en conditions printanière et estivale



Les routes se doivent d'assurer le déplacement sécuritaire et confortable des usagers malgré les agressions variables et complexes du climat et du trafic. Deux sources d'agressions ont fait l'objet d'études afin de cerner au mieux leur impact réel sur la structure.

La première porte sur l'étude de la variation d'impact de la pression des pneus et plus précisément sur la variation des déformations engendrées dans la structure de plusieurs types de chaussées souples, dans différentes conditions climatiques. Des campagnes d'essais ont

été menées avec un autobus, pour lequel des pressions de 100 Psi et 75 Psi ont été testées, et un camion forestier testé avec des pressions de 120 Psi, 100 Psi et 55 Psi sur le tridem.

La deuxième porte sur la comparaison des déformations engendrées dans la structure de chaussée au passage de pneus jumelés et de pneus à bande large pour évaluer les différents effets engendrés par ces deux structures de pneu différentes. Dans ce cas également, les essais ont été réalisés à des pressions de 120 Psi, 100 Psi et 85 Psi.

Un site expérimental constitué de quatre planches d'essais est instrumenté. Des carottes d'asphaltes, conditionnées puis instrumentées par des jauges à fibres optiques, sont installées sur chaque section. Cette méthode innovante permet de renvoyer avec précision les déformations s'appliquant au bas de la couche d'asphalte. D'autres campagnes d'essais sont à l'agenda pour l'été 2009 afin de compléter ces études.

## ACTUALITÉS

### Remise de la Bourse d'études Shell 2009

Le 26 mars 2009, au Château Bromont, dans le cadre du 5<sup>e</sup> Congrès annuel de Bitume Québec, madame Claudia Andrea Mellizo Suarez, étudiante à la maîtrise et chercheuse à la Chaire de recherche industrielle CRSNG sur l'interaction des charges lourdes, le climat et les chaussées, a reçu la Bourse d'études Shell 2009. Ce prix a été remis par M. Stéphane Trudeau de SHELL Canada. Madame Mellizo remercie l'entreprise SHELL et également tous les gens qui l'ont accompagné dans son cheminement et tous ceux qui contribueront à transformer cette aide financière en résultats concrets pour le bénéfice de tous les usagers de la route.



RESPONSABLE  
 Guy Doré, ing. PhD

ÉDITION  
 Pierre Perron, ing.

COLLABORATEURS  
 Claudia Andrea Mellizo Suarez,  
 Jean-Pascal Bilodeau et Jérôme Fachon,  
 Damien Grellet, Alejandro Quijano M.,  
 Camille Schwarz

POUR NOUS JOINDRE :

Département de génie civil  
 Université Laval, Québec  
 (Québec) G1K 7P4

Téléphone : 418 656-2203  
 Télécopieur : 418 656-2928

<http://i3C.gci.ulaval.ca>

**Bientôt en ligne**





Chaire de recherche industrielle  
du CRSNG sur l'interaction  
Charges lourdes/Climat/Chaussées



## DANS CE NUMÉRO

MOT DU TITULAIRE GUY DORÉ

P2

BILAN DES  
PRINCIPALES ÉTAPES RÉALISÉES  
DEPUIS SEPTEMBRE 2008

P2

À ne pas manquer

P3

ÉVOLUTION  
DES PROJETS DE RECHERCHE

PROJET 1A-1

Comportement mécanique des  
matériaux routiers sous  
solllicitation mécanique et effets  
climatiques saisonniers

P3

PROJET 1A-2

Estimation du module réversible  
des matériaux granulaires de  
chaussées.

P4

PROJET 2A-1

Développement et gestion  
d'une base de données de  
comportement de chaussées  
municipales

P4

PROJET 2A-2

Caractéristiques des pneus  
et endommagement des  
chaussées

P5

PROJET 2B-2

Conception et réhabilitation  
des chaussées municipales

P5

CONGRÈS AQTR

P6

ACTUALITÉS

Remise de la Bourse d'études  
Shell 2009

P6

## UNE NOUVELLE CHAIRE DANS LE DOMAINE DES CHAUSSÉES

Les infrastructures publiques en général et les routes en particulier ont été identifiées par plusieurs comme étant un domaine où les besoins et les opportunités de recherche étaient considérables. De fait, la remise en état des infrastructures constitue un des grands défis et un domaine prioritaire pour les administrations publiques canadiennes. Cette situation a été le catalyseur qui a permis la mise sur pied de plusieurs Chaires industrielles et centres de recherche à l'université Laval. Elle a de plus facilité l'obtention de subventions d'équipements scientifiques en support au développement de laboratoires de haut niveau dans le domaine des matériaux et des structures de génie.

La Chaire i3C s'inscrit donc dans la continuité de cette orientation et vise à consolider les domaines porteurs que sont les infrastructures de transport et les infrastructures municipales, avec emphase sur la gestion technique de ces infrastructures. Elle cadre également dans un secteur prioritaire de l'Université Laval. De fait, celle-ci possède une longue tradition d'excellence en sciences des matériaux et des structures et elle entend maintenir, tel que stipulé dans le plan de développement de la recherche, son soutien aux équipes et aux chercheurs qui y sont activement engagés.

Les répercussions principales pour l'Université se situent au niveau de la qualité de formation offerte pour le personnel hautement qualifié, de la capacité de recherche dans ce domaine important et du rayonnement international qui résultera de l'initiative. Le projet offrira un milieu de formation de premier plan pour les étudiants chercheurs qui y seront associés. Les étudiants chercheurs bénéficieront d'un encadrement de premier plan par les chercheurs pluridisciplinaires associés au projet, d'un support technique, de l'accès à des laboratoires de haut niveau, etc.

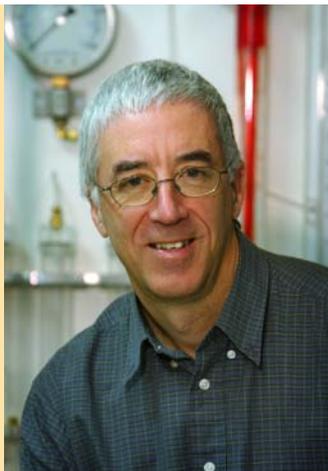
Les travaux de la Chaire auront également des répercussions pour l'industrie du transport en général et pour la société. La Chaire contribuera à former des spécialistes en matériaux et mécanique de chaussées, en mécanique de véhicules lourds et en économie du transport orientés vers les problèmes de gestion des routes.

Les besoins dans ce domaine sont énormes considérant l'état des infrastructures routières au pays. Les produits de recherche permettront de quantifier les coûts reliés à des changements de politiques permettant ainsi d'en établir le bien fondé. Le projet améliorera considérablement les connaissances et donnera un fondement technique solide pour appuyer le développement de critères de gestion, d'évaluation et de prise de décision sur les routes du réseau routier. Ainsi, à moyen terme, le projet permettra une meilleure gestion des interventions.

Les partenaires bénéficieront de plusieurs façons des travaux de la Chaire. Entre autres, ils bénéficieront de la dynamique des échanges qu'impliqueront les travaux. Les partenaires associés à l'industrie du transport bénéficieront de connaissances et d'outils leur permettant d'améliorer la productivité de cette industrie vitale pour l'économie canadienne. Les partenaires œuvrant dans le domaine du savoir-faire routier bénéficieront pour leur part de connaissances et d'outils techniques qui leur donneront un avantage compétitif à l'échelle internationale et faciliteront l'exportation de leur savoir-faire dans un contexte d'internationalisation de la compétition.

# MOT DU TITULAIRE GUY DORÉ

Une nouvelle Chaire industrielle de recherche CRSNG dans le domaine des chaussées  
Une première au Canada



Le 24 juin 2008, le Conseil de recherche en sciences naturelles et de génie au Canada (CRSNG) nous informait officiellement qu'il avait approuvé l'établissement de la Chaire industrielle de recherche CRSNG sur L'INTERACTION CHARGES LOURDES / CLIMAT / CHAUSSÉES à l'Université Laval. C'est une première au Canada dans le domaine des chaussées.

À la suite de cette confirmation, l'Université s'est donc mise en marche pour finaliser les ententes de partenariat avec les partenaires sollicités pour participer aux travaux de la Chaire.

Les chaires de recherche industrielles du CRSNG sont des programmes de prestige octroyés dans des secteurs d'intérêt stratégiques pour l'industrie. La nouvelle Chaire portera sur le développement des connaissances sur l'interaction entre les charges lourdes des véhicules commerciaux, la performance structurale et fonctionnelle des chaussées et le climat. Elle permettra le développement de solutions aux problèmes de l'industrie du transport routier et des infrastructures qui s'y rattachent dans le contexte climatique canadien. Sur les 11 projets du programme technique, 5 sont déjà amorcés pour l'année 2008-2009.

Le programme est réalisé en collaboration avec des partenaires, tant du secteur privé que public, provenant du milieu des transports, des municipalités et des gouvernements.

Les sujets de recherche ci-après constituent des exemples de domaines auxquels s'intéressera la Chaire :

- Effet du climat sur les propriétés des matériaux de la chaussée;

- Effet du climat sur les caractéristiques structurales et fonctionnelles de la chaussée;
- Effet des charges lourdes sur la chaussée dans le contexte climatique canadien,
- Effet de la condition de la chaussée sur l'efficacité du transport;
- Formulation de matériaux de chaussées durables;
- Méthodes de conception et de réhabilitation des chaussées;
- Identification de solutions pour réduire l'agressivité des véhicules lourds sur la chaussée;
- Développement de seuils d'intervention pour faciliter le confort et la sécurité des usagers de la route ainsi que la productivité du transport commercial.

Ce premier bulletin fait un premier survol des travaux de la Chaire en rappelant le contexte dans lequel sera réalisé le programme. Il présente également l'état d'avancement des projets en cours, un bilan des activités de l'année et un survol des événements à venir.

**Bonne lecture.**

## BILAN DES PRINCIPALES ÉTAPES RÉALISÉES DEPUIS SEPTEMBRE 2008

- **APPROBATION** par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) en juin 2008 de la mise sur pied de la **première Chaire industrielle de recherche** dans le domaine des chaussées au Canada. Le programme, d'une durée de 5 ans, se met en marche avec **l'appui de 17 partenaires** privés et publics;

- **ORIENTATIONS** du programme de recherche en **3 thèmes** :

- 1) le comportement des matériaux et des structures de chaussées
- 2) la maîtrise de la performance des chaussées

- 3) les caractéristiques de surface des chaussées affectant le comportement et la performance des véhicules sur les chaussées;

- **IDENTIFICATION** par le titulaire, Guy Doré, **des chargés de projets** du programme technique de la Chaire pour 2008-2009;

- **RÉALISATION des premiers essais** à l'été 2008 au Site expérimental routier de l'Université Laval (SERUL) à la Forêt Montmorency pour l'étude de l'impact des véhicules sur l'effet des pneus larges sur la structure de la chaussée;

- **ORGANISATION** à l'été 2008 d'une **visite technique des installations** du site d'essais (SERUL) pour les partenaires de la Chaire;

- Réalisation en septembre 2008 de la **PREMIÈRE RENCONTRE** avec tous les partenaires pour le démarrage de la Chaire dans le but de discuter et de convenir de la **programmation des projets du programme technique 2008-2009** :

- 1) Caractérisation des sols et matériaux de chaussées pour supporter l'utilisation de modèles mécanistes-empiriques de conception et d'analyse de chaussées;  
Chargée de projet :  
Claudia Andréa Mellizo Suarez

2) Développement et gestion d'une base de données de comportement de chaussées municipales;

Chargés de projet :  
Jean-Pascal Bilodeau et Jérôme Fachon

3) Caractéristiques des pneus et endommagement des chaussées;

Chargé de projet : Damien Grellet

4) Application de méthodes et d'outils mécaniste-empiriques pour la conception et de réhabilitation des chaussées;

Chargé de projet : Alejandro Quijano M.

5) Comportement mécanique des matériaux routiers sous sollicitation mécanique et effets climatiques saisonniers

Chargé de projet : Camille Schwarz

• **SIGNATURE** au cours de l'automne 2008 des **ententes de partenariat** avec la majorité des partenaires;



• **MISE SUR PIED** et tenue des **comités de suivi des projets** à l'automne 2008 ainsi que la tenue de rencontres à l'hiver 2009 visant à obtenir de la part des partenaires-membres des commentaires sur le plan de travail afin d'orienter les travaux de chacun des projets en cours;



• **DÉVELOPPEMENT** en cours d'un **site WEB** pour la Chaire;

**ÉVÈNEMENTS À VENIR :**

ANNONCE ET ÉVÈNEMENT D'OFFICIALISATION DE LA CHAIRE après les dernières signatures d'ententes de partenariat • **À préciser**;

LANCEMENT DU SITE WEB de la Chaire **Printemps 2009**;

PROCHAINES RENCONTRES des comités de suivi des 4 projets • **À préciser**;

RENCONTRE ANNUELLE avec les partenaires pour définir les orientations des travaux de la Chaire • **Juin 2009**;

COLLOQUE de présentation des travaux des chargés de projets • **Juin 2009**.

## ÉVOLUTION DES PROJETS DE RECHERCHE

### PROJET 1A-1

#### Comportement mécanique des matériaux routiers sous sollicitation mécanique et effets climatiques saisonniers

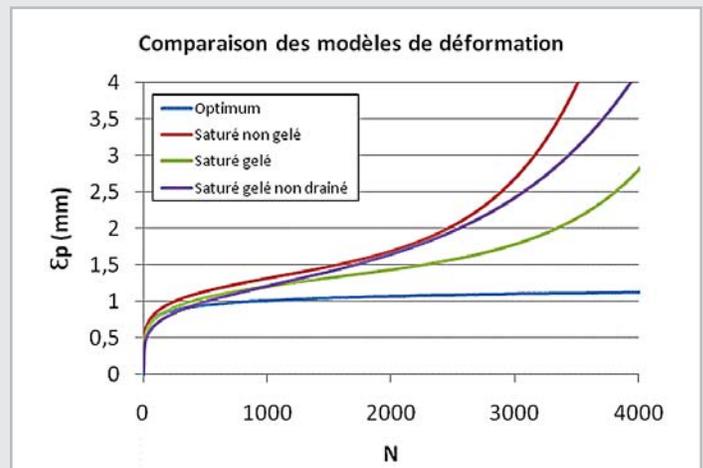
CHARGÉE DE PROJET : *Camille Schwarz*

Au Québec, les chaussées sont soumises à des conditions climatiques rigoureuses entraînant alors des dommages conséquents. L'un de ces dommages est l'orniérage subi par les chaussées souples. Cet orniérage survient en partie à cause des déformations permanentes présentes au niveau des fondations en matériaux granulaires non liés. Alors que le comportement réversible de ces matériaux lors de cycles de gel/dégel commence à être bien connu, il n'en est pas de même pour l'étude de leur comportement plastique (essais destructifs et longs). Ce projet a donc pour but d'étudier le comportement plastique en effectuant un certain nombre d'essais triaxiaux sur des matériaux granulaires non liés. Quatre conditions ont été identifiées afin d'évaluer la susceptibilité à la déformation permanente sous chargement déviatorique répété en combinaison avec l'effet du climat :

- un échantillon avec une teneur en eau à l'optimum;
- un échantillon saturé;
- un échantillon saturé soumis à un cycle de gel-dégel en condition drainée;
- un échantillon soumis à un cycle de gel-dégel en condition non drainée.

À l'heure actuelle, la majorité des essais a été effectuée et les résultats préliminaires permettent de comparer les différents états entre eux. Sous un état de contraintes modéré, l'échantillon à teneur en eau optimale a tenu pendant les 100 000 cycles avec un taux de déformation faible. En ce qui concernent les échantillons ayant une teneur en eau élevée ou soumis à des cycles de gel/dégel, ceux-ci cèdent à environ 3000 cycles avec un

taux de déformation beaucoup plus important et ce, pour le même état de contraintes. Les données collectées font présentement l'objet d'une analyse détaillée. Un rapport final sur cette étude sera présenté au mois de juin 2009.



## PROJET 1A-2

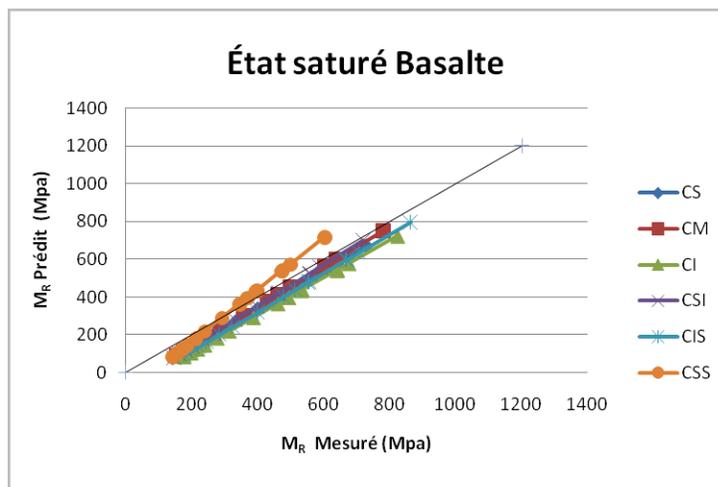
### Estimation du module réversible des matériaux granulaires de chaussées.

#### CHARGÉE DE PROJET :

Claudia Andrea Mellizo Suarez

Un des aspects les plus importants pour la conception et le dimensionnement des chaussées est le module élastique ou réversible qui permet de caractériser le comportement mécanique du matériau nécessaire pour le dimensionnement d'une chaussée (AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials 1986). Par contre, en considérant la complexité de l'essai de module réversible et le coût des équipements requis pour sa mesure, le développement de méthodes d'estimation simples, mais précises et spécifiques au matériau considéré faciliteraient la mise en application d'outils de conception mécaniste-empirique au Québec. Le projet 1A-2 a donc comme objectif le développement de modèles d'estimation du module réversible des matériaux granulaires de chaussées adaptés aux matériaux du Québec.

Les travaux en cours ont permis de trouver des paramètres d'estimation des constantes du modèle de comportement non-linéaire proposé par Doucet et Doré (2004). Cette approche permet d'estimer les propriétés mécaniques des matériaux granulaires en fonction de propriétés physiques telles que la teneur en eau, la granulométrie et la masse volumique sèche. La figure illustre les résultats obtenus pour six courbes granulométriques du fuseau granulaire d'un MG-20 étudiées par Bilodeau (2009)



Les résultats de cette recherche serviront à déterminer les modules réversibles qui seront utilisés pour la conception des chaussées municipales selon une méthode mécaniste-empirique développée dans le cadre d'un autre projet de la Chaire de recherche industrielle i3C.

## PROJET 2A-1

### Développement et gestion d'une base de données de comportement de chaussées municipales

#### CHARGÉS DE PROJET :

Jean-Pascal Bilodeau, ing. jr., Ph.D  
et Jérôme Fachon, ing.

Depuis la réforme Ryan dans les années 1990, la longueur du réseau routier municipal au Québec, où s'effectue la majorité de chaque kilomètre parcouru par véhicule, est beaucoup plus importante que celle du réseau provincial. Pourtant, les données sur la performance à long terme de ce type de chaussées sont quasi inexistantes. Qui plus est, les méthodes de conception sont peu adaptées aux conditions particulières du réseau municipal (vitesse de circulation, arrêts fréquents, éléments contraignants, effet accru de l'environnement, etc.).

Dans cette optique, un projet de recherche s'intéressant à la performance des chaussées municipales a été entrepris dans le cadre de la Chaire de recherche industrielle i3C. L'objectif principal de cette recherche est le développement et la gestion d'une base de données de comportement de chaussées municipales afin de développer des outils de conception et des modèles de dégradation adaptés à ce contexte particulier. Il est prévu d'étudier 65 sections de 100 m principalement à Québec et Montréal, en plus d'autres sections dans d'autres municipalités et sous la juridiction du ministère des Transports du Québec.

La base de données sera constituée d'une variété de classes (collectrice, artérielle, résidentielle, rang municipal), pour lesquelles une représentativité en termes de sols d'infrastructure (grossier ou fin), de trafic (élevé ou faible) et d'âge sera mise de l'avant. Les travaux effectués au cours des derniers mois ont permis de consulter la littérature sur les principales pratiques et problématiques liées aux réseaux routiers municipaux. Entre autres, il a été possible de déterminer plus précisément la nature des travaux qui devront être effectués pour obtenir les renseignements pertinents et nécessaires à la rencontre des objectifs de recherche.

L'originalité de ce projet peut aussi être observée par l'utilisation d'outils modernes ou peu utilisés dans ces études par le passé. Il est possible de citer l'utilisation du deflectomètre à masse tombante, du pénétromètre dynamique, de pesées dynamiques, ainsi que la réalisation d'essais de module réversible/ complexe sur les matériaux de chaussées et la détermination du potentiel de ségrégation des sols.

Tôt ce printemps 2009, le projet entrera dans une phase importante puisque la sélection des sites étudiés sera effectuée avec l'aide des principaux partenaires. Une matrice décrivant les types de sections à fournir par municipalité a récemment été produite et sera prochainement discutée dans le cadre d'un comité de suivi du projet.

## PROJET 2A-2

### Caractéristiques des pneus et endommagement des chaussées

#### CHARGÉ DE PROJET :

Damien Grellet

Les routes se doivent d'assurer le déplacement sécuritaire et confortable des usagers malgré les agressions variables et complexes du climat et du trafic. La configuration de la charge, de par la surface de contact du pneu, la répartition de la pression dans le pneu, le type de pneu et la vitesse du véhicule entre autre, vont modifier la réponse de la chaussée face à la contrainte appliquée. Constitué de quatre planches d'essais instrumentées, le Site Expérimental Routier de l'Université Laval, a permis au cours de l'été 2008 d'effectuer un nombre important de mesure sur des véhicules expérimentaux. Il résulte de ces expériences qu'un passage de 100 Psi à 75 Psi pour la pression pneumatique d'un autobus réduit l'amplitude des déformations au bas de la couche d'asphalte de 3% à 10% dépendamment de la saison et de l'état de sollicitation. De même la diminution de 100 Psi à 55 Psi de la pression des pneus jumelés au niveau du tridem d'un camion forestier réduit de 8% à 15 % les déformations. La mesure de ces déformations (Figure 1) est issue d'une méthode innovante d'instrumentation de la chaussée basée sur l'installation de jauges à fibre optique sur des carottes d'asphalte. Les jauges placées au bas de la couche d'asphalte ont aussi permis de montrer que les pneus jumelés sont moins endommageant que les pneus à bandes larges pour le critère de fatigue. Cependant les premiers résultats des jauges proches de la surface de la chaussée tendent à montrer que la tendance y est inversée. C'est-à-dire que les pneus à bandes larges sont moins agressifs que les pneus jumelés en ce qui concerne les déformations à des profondeurs de 40 mm. Les activités en cours incluent la mise à jour détaillée des connaissances sur les phénomènes ainsi que la conception d'une instrumentation complexe pour la mesure détaillée des déformations sous un pneu de véhicule. Tout cela permettra d'obtenir avec précision des données sur les déformations engendrées à plusieurs niveaux de la chaussée et suivant plusieurs directions. Elles viendront en particulier compléter les informations d'ors et déjà obtenues sur les bassins de déformation mais aussi sur les déflexions de la chaussée au passage de la charge.

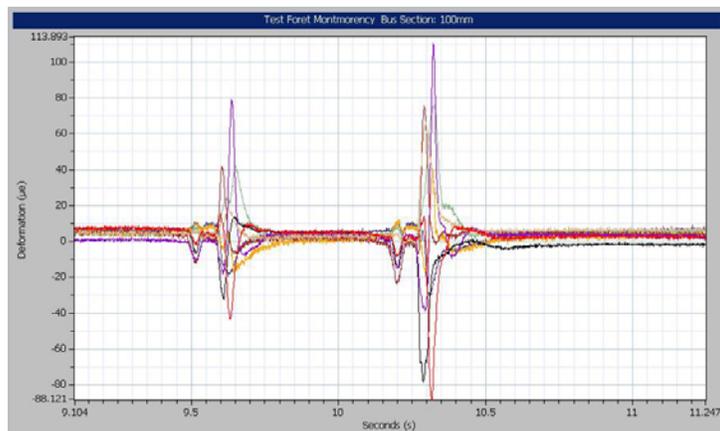


Figure 1)

Courbe typique illustrant les déformations causées par le passage d'un autobus urbain

## PROJET 2B-2

### Conception et réhabilitation des chaussées municipales

#### CHARGÉ DE PROJET :

Alejandro Quijano Murillas

L'objectif principal du projet est de mettre au point une méthodologie rationnelle de conception des chaussées adaptée au contexte d'exploitation municipal. La méthode de conception projetée permettra la sélection de matériaux et le calcul des épaisseurs des couches de la chaussée en fonction de divers facteurs. Les facteurs principaux seront le volume de trafic, le climat et la nature des sols en place. Ces paramètres serviront à quantifier les déformations de la chaussée sous sollicitations mécanique et thermodynamique.

Les travaux en cours portent sur l'utilisation de modèles viscoélastique pour la détermination de la réponse mécanique des matériaux de chaussées en fonction du temps d'application de la charge. L'intérêt de cette approche est la possibilité de prendre en considération l'effet de la vitesse de circulation qui est un facteur important à considérer dans un contexte urbain. Les résultats obtenus à l'aide des modèles de comportement viscoélastiques seront ajustés aux observations réalisées dans le cadre du projet de maîtrise de Coulombe (2002), qui a compilé les résultats de plusieurs études en plus d'analyser les données recueillies sur le site expérimental de St-Célestin. Cette étude portait sur les effets de la vitesse sur les déformations dans la chaussée et l'utilisation de cette connaissance dans la conception des routes municipales où la vitesse joue un rôle prépondérant.



Configuration du camion expérimental