

# Recherche à l'IRSST

## DANS CE NUMÉRO

- 17 **Démarche participative, espace et nouveau siège**  
Conception intégrée d'un poste de conduite d'opérateur de métro
- 21 **Les câbles de secours horizontaux**  
Une « ligne de vie » à l'horizontale!
- 24 **Collaboration ou conflits de générations au travail?**  
Entrevue avec Esther Cloutier, chercheuse à l'IRSST
- 27 **La veille scientifique de l'IRSST maintenant accessible**
- 28 **Se préoccuper de santé psychologique dans une optique de développement durable**
- 31 **Boursier : Maxime Clément Université de Sherbrooke**  
Évaluer les risques liés à l'inhalation de nanoparticules métalliques



## Démarche participative, espace et nouveau siège

### Conception intégrée d'un poste de conduite d'opérateur de métro

**DANS SA LOGE DE CONDUITE,** conçue à l'origine pour que l'opérateur travaille debout, l'espace de l'avant à l'arrière ne fait pas plus de 72 centimètres; l'opérateur ne peut déplier complètement les jambes vers l'avant lorsqu'il est assis sur son strapontin. Celui-ci est constitué d'un coussinet en mousse posé sur du contreplaqué fixé au sol par une structure métallique. De plus, contrairement aux passagers qui ne parcourent que quelques stations, l'opérateur cumule des kilomètres dans sa journée. Dans ces conditions, la posture assise n'est pas des plus confortables.

Heureusement pour les opérateurs et les opératrices, la situation sera améliorée sous peu. « Dès le début de 2010, de nouveaux sièges seront graduellement installés dans bon nombre de motrices », indique Pierre Raby, représentant du Syndicat canadien de la fonction publique (SCFP), local 1983 (chauffeurs d'autobus, opérateurs de métro et services connexes).

S'appuyant sur de précédentes analyses d'ergonomie et de vibrations réalisées par l'IRSST et l'Université Laval, en partenariat avec la Société de transport de Montréal (STM) et son syndicat,

Illustration : Philippe Béha

Cliquez recherche  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)





## Point de départ

Dans leurs loges étroites, les opérateurs de métro sont exposés à des vibrations et à des postures contraignantes qui peuvent engendrer des malaises, notamment sur le plan musculo-squelettique. Pour réduire ces mouvements, ils ne disposent que d'un siège rudimentaire à abattant (un strapontin), sans suspension. S'appuyant sur de précédentes analyses d'ergonomie et de vibrations, les chercheurs de l'IRSSST, en partenariat avec la Société de transport de Montréal (STM) et son syndicat, ont eu le mandat de concevoir et de tester un prototype de siège pour corriger cette situation.



1

## Responsables

Sylvie Beaugrand<sup>1</sup>, Pierre Marcotte<sup>2</sup>, Christian Larue<sup>3</sup> et Jérôme Boutin<sup>4</sup>, de l'IRSSST, et Marie Bellemare, de l'Université Laval.



2

## Partenaires

La Société de transport de Montréal (STM), le Syndicat canadien de la fonction publique, local 1983 (chauffeurs d'autobus, opérateurs de métro et services connexes), et le Centre de réalisation d'outils innovateurs (CROI).



3

## Résultats

Le prototype de siège créé est muni d'une suspension pneumatique. Il est plus confortable et mobile en tous sens, ce qui facilite les tâches des opérateurs. La démarche participative élaborée au cours de ces recherches sera appliquée à la conception des loges de conduite du nouveau parc de wagons du métro de Montréal.



4

## Utilisateurs

La STM et les opérateurs du métro pour le siège; les concepteurs des nouvelles motrices de rame de métro pour la démarche participative.

une équipe de l'Institut a eu le mandat de concevoir et de tester un prototype de siège pour corriger cette situation.

## LE MÉTRO, DE L'EXPO 67 À AUJOURD'HUI

Le métro de Montréal, inauguré en 1966 pour l'Exposition universelle de 1967, s'est développé avec le temps. À la première génération de trains, les MR-63, s'est ajouté un deuxième parc en prévision des Jeux olympiques de 1976, les MR-73. « Il y a eu évolution de la tâche de l'opérateur qui a suivi celle du métro lui-même, explique Pierre Raby. Au début, deux opérateurs étaient à bord de chacune des loges situées aux extrémités d'un train et conduisaient en alternance. L'un des opérateurs s'assoit lorsque son collègue prenait la relève. Mais les conditions ont changé : il n'y a plus qu'un opérateur par train, certaines commandes ont été relocalisées et les lignes du métro ont été prolongées, autant de facteurs qui ont amené les opérateurs à s'asseoir plus fréquemment et qui ont fait émerger le besoin manifeste d'améliorer leur siège. »

## LE NOUVEAU SIÈGE

« Il n'était pas facile de créer un prototype de siège qui réussisse à la fois à résoudre le problème des vibrations que les opérateurs ressentent par leur assise actuelle et à améliorer leur confort selon des critères ergonomiques éprouvés. L'espace de la loge n'offrait que très peu de marge de manœuvre », mentionne Nicole Laurin, chef de la section Prévention santé et sécurité au travail à la STM. Au cours d'une recherche ergonomique précédente, différentes possibilités avaient été étudiées pour créer de l'espace supplémentaire dans le poste de conduite, ce qui aurait permis d'y intégrer plus facilement un nouveau siège. Reculer la cloison de la loge, par exemple, aurait pu être une solution. Mais, la STM n'ayant pas de trains supplémentaires, pour être en mesure de maintenir le même nombre de places assises pour la clientèle, cette solution n'a pas été retenue. « À l'issue de la première étude, des modifications ont été apportées à toutes les loges de conduite de la génération MR-73 sans pourtant qu'elles aient été agrandies.



## Avant

**Au cours de la première étude, sans que les loges aient été agrandies, un appuie-pieds a été ajouté et un dégagement créé à la base du tableau de bord, ce qui permet maintenant à l'opérateur d'étendre un peu plus sa jambe droite. L'espace demeure cependant trop restreint pour qu'on puisse y installer un siège standard.**

Un appuie-pieds a été ajouté et un dégagement a été créé à la base du tableau de bord, ce qui permet maintenant à l'opérateur d'étendre un peu plus sa jambe droite, pour plus de confort », ajoute Nicole Laurin. L'espace demeure cependant trop restreint pour qu'il soit possible d'y installer un siège standard.

Les chercheurs ont élaboré un cahier de charges regroupant les critères généraux et spécifiques nécessaires à la conception d'un prototype de siège en se fondant sur leurs travaux antérieurs et sur les besoins exprimés par différents intervenants de la STM. Ces critères ont trait à l'ergonomie, aux vibrations, à l'ingénierie, à l'entretien, aux opérations, à l'approvisionnement et à la santé et à la sécurité.

Sur le plan ergonomique, Sylvie Beaugrand souligne que le prototype de siège devait notamment répondre aux exigences suivantes : être mobile, c'est-à-dire que l'opérateur devait pouvoir



## Après

le positionner de gauche à droite, de l'avant vers l'arrière, et pivoter à l'horizontale, afin de faciliter les changements de postures pour mieux convenir aux

deux modes de conduite (manuelle et automatique); être rapidement et facilement ajustable, car les opérateurs peuvent changer de train aux 20 minutes sur certaines lignes et donc, devoir réajuster leur poste selon leurs propres besoins.

Quant aux critères relatifs aux vibrations, le chercheur Pierre Marcotte mentionne ce qui suit : « On faisait face à des vibrations de très basses fréquences, qui sont particulièrement difficiles à atténuer. Nous ne cherchions pas à apporter de changement aux motrices elles-mêmes, ce qui aurait été complexe et coûteux, mais plutôt à intégrer une suspension très souple au siège (fréquence naturelle de 1,7 Hz ou moins), ce qui permettrait d'atténuer les vibrations transmises à l'opérateur. »

Par un processus d'appel d'intérêt public, la STM a fait connaître ces critères aux entreprises intéressées à créer un tel siège. C'est le Centre de réalisation d'outils innovateurs (CROI), de Saguenay, qui a été retenu. « Au cours des années, nous avons été appelés à développer de nombreux outils adaptés visant à faciliter le retour en emploi de

travailleurs accidentés, dans différents secteurs », explique Régent Pelletier, directeur de l'entreprise.

### L'ERGONOMIE PARTICIPATIVE

Ce qui vaut également d'être mis en relief, c'est la façon dont les divers spécialistes se sont « arrimés » au projet. En effet, celui-ci est un bel exemple de recherche scientifique interdisciplinaire, la complexité du problème exigeant que des experts en ergonomie, en vibrations et en ingénierie travaillent vraiment de concert. Qui plus est, la recherche a été réalisée en collaboration étroite et continue avec un groupe de travail paritaire, composé d'un surintendant de l'entretien, d'un ingénieur du matériel roulant, d'un chef d'opération, d'un responsable de la santé et de la sécurité ainsi que de trois opérateurs de métro. C'est à ce groupe que s'est joint le concepteur de siège du CROI. Une trentaine d'opérateurs et d'opératrices du métro ont aussi participé au processus expérimental.

Une telle démarche a permis à chacun de découvrir un peu plus l'univers professionnel de l'autre. Pierre Raby confirme : « Pour nous, collaborer avec l'IRSST, c'était une première, et la science des vibrations, un monde pas tout à fait simple ! Cependant, vous pouvez l'écrire, ça a été pour nous extrêmement intéressant de cheminer avec ces gens-là. » Sylvie Beaugrand ajoute :

« Tous les membres du groupe de travail étaient véritablement présents et engagés dans le processus. En plus d'eux, un comité de suivi, réunissant des décideurs de la STM, du syndicat des opérateurs de métro et des membres de l'équipe de recherche de l'Institut, avait été créé afin d'entériner des décisions, de faciliter le déroulement du projet et de rendre compte de son avancement. L'engagement de tous a été déterminant. »

**UN COMITÉ DE SUIVI RÉUNISSANT  
DES DÉCIDEURS DE LA STM,  
DU SYNDICAT ET DES MEMBRES  
DE L'ÉQUIPE DE RECHERCHE,  
AVAIT ÉTÉ CRÉÉ POUR ENTÉRINER  
DES DÉCISIONS, FACILITER  
LE DÉROULEMENT DU PROJET  
ET RENDRE COMPTE  
DE SON AVANCEMENT.  
L'ENGAGEMENT DE TOUS  
A ÉTÉ DÉTERMINANT.**

### UN PROTOTYPE, TROIS VERSIONS

Régent Pelletier relate : « Pour l'ensemble du processus de conception, CROI a produit trois versions



**Créer un prototype de siège a nécessité plusieurs étapes auxquelles des opérateurs de métro ont participé. Parmi celles-ci, des simulations dans une maquette de loge de grandeur réelle et des tests sur un simulateur de vibrations.**

du prototype à la suite de tests réalisés par les chercheurs, avec la contribution des opérateurs. » « Mais avant d'en arriver là, il a fallu franchir plusieurs étapes, raconte l'ingénieur Christian Larue. Nous avons notamment fait des simulations dans une maquette de loge de grandeur réelle et sur un simulateur de vibrations ainsi que des vérifications dans une vraie loge et des tests approfondis en situation réelle de travail. Puisque, dans le contexte d'espace restreint de la loge, chaque centimètre a son importance, il était primordial de vérifier chaque modification apportée, même mineure. » Ce processus d'amélioration progressive du prototype s'est déroulé en étroite collaboration avec le groupe de travail qui a participé aux décisions. Au final, le prototype est très apprécié des opérateurs puisque 18 sur 19 d'entre eux trouvent qu'il est bien supérieur à leur strapontin actuel : il génère moins d'inconfort, supporte mieux le corps et permet d'adapter les postures en fonction du mode de conduite du train (manuel ou automatique). De plus, il est facile d'utilisation et atténue les vibrations.

« La suspension sous le siège a dû être modifiée pour atteindre la souplesse recherchée », explique Pierre

Marcotte. « Pour la rendre plus souple et plus efficace, il a suffi de réduire au minimum l'amortissement en retirant l'amortisseur de la suspension du siège, relate Jérôme Boutin, ingénieur junior à l'IRSSST. Cela a permis, au bout du compte, non pas d'éliminer entièrement les vibrations, mais d'en enlever le côté "rugueux", qui provoque de l'inconfort. » Sylvie Beaugrand ajoute : « Étant donné l'espace restreint de la loge et l'emplacement du manipulateur servant à réguler la vitesse du train, le siège à lui seul ne peut éliminer toutes les contraintes posturales, mais il permet de réduire les inconforts. » Le siège réalisé par le CROI répond largement aux attentes et c'était là le défi de l'entreprise, soit de répondre à tous les critères établis au cours des travaux de recherche.

« Ce ne sont pas toutes les motrices qui recevront le nouveau siège à partir des premiers mois de 2010. Seules les MR-73 le recevront, tel que cela était prévu au départ », explique Pierre Raby. Cela équivaut à 54% des loges de conduite. « Les motrices restantes, toutes construites en 1963, seront vraisemblablement les premières à être remplacées par les nouveaux trains, les MR-08 », dit M. Raby.

Celui-ci a déjà vu quelques croquis des nouvelles motrices, encore très préliminaires. Il estime que leurs loges pourraient offrir au moins 50% plus d'espace que les anciennes, avec un vrai siège, cette fois, et un tableau de bord muni d'écrans qui forme une demi-lune autour de l'opérateur.

Ainsi, ce projet lègue d'importantes données aux concepteurs des motrices du prochain parc de wagons. Un devis de charges, intégrant les recommandations issues des travaux de la recherche, a été présenté lors du dépôt de l'appel d'offres pour le nouveau prototype de motrices.

De même, à l'image de l'expérience vécue au cours du projet, « un comité paritaire d'ergonomie a été formé, dit Nicole Laurin, pour suivre de près la conception des nouvelles motrices. On a même exigé qu'une maquette grandeur nature d'une loge d'opérateur soit réalisée afin qu'elle puisse être testée en cours de route ».

Dans ce nouveau projet, tout est en place pour favoriser la prise en compte des besoins de l'opérateur dès la conception de son poste de travail. **PT**

LUC DUPONT

## Pour en savoir plus



BEAUGRAND, Sylvie, Pierre MARCOTTE, Christian LARUE, Jérôme BOUTIN, Marie BELLEMARE. *Développement d'un prototype de siège pour opérateur de métro dans un*

*contexte où l'espace est très restreint*, Rapport R-631, 171 pages.

Téléchargeable gratuitement : [www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-631.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-631.pdf)

BELLEMARE, Marie, Sylvie BEAUGRAND, Danièle CHAMPOUX, Christian LARUE, Paul MASSICOTTE, Maud GONELLA. *Étude de la problématique SST des opérateurs du métro et des possibilités de réaménagement des loges de conduite*, Rapport R-431, 176 pages.

Téléchargeable gratuitement : [www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-431.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-431.pdf)

BOILEAU, Paul-Émile, Jérôme BOUTIN, Subhash RAKHEJA, Harry POLITIS. *Évaluation de l'exposition aux vibrations globales du corps des opérateurs du métro de Montréal et étude du comportement dynamique des motrices et de leur système de suspension*, Rapport R-420, 70 pages.

Téléchargeable gratuitement : [www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-420.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-420.pdf)

RICHARD, Marc J. *Évaluation du profil de la surface des pistes de roulement du métro de Montréal*, Rapport R-344, 55 pages.

Téléchargeable gratuitement : [www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-344.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-344.pdf)

« Vibrations et manque d'espace – Les loges des opérateurs du métro sous observation », *Prévention au travail*, vol. 19, n° 3, été 2006, p. 17-22.

Téléchargeable gratuitement : [www.irsst.qc.ca/files/documents/fr/prev/v19\\_03/17-20.pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/fr/prev/v19_03/17-20.pdf)

Pour commentaires et suggestions : [magazine-prevention@irsst.qc.ca](mailto:magazine-prevention@irsst.qc.ca)

**Le prototype de siège génère moins d'inconfort, supporte mieux le corps et permet d'adapter les postures en fonction du mode de conduite du train (manuel ou automatique). Il est aussi facile d'utilisation et atténue les vibrations.**

