

# Vibrations, exigüité, faible marge de manoeuvre

Comment améliorer le poste de conduite  
du métro de Montréal ?

Une démarche concertée et ancrée  
sur la réalité des situations de travail

R-721



## SOMMAIRE

Ce document est destiné aux intervenants en santé et en sécurité du travail, aux ergonomes, aux ingénieurs et à toute personne concernée par l'amélioration d'un poste de travail dans un contexte de faible marge de manœuvre.

Il décrit sommairement tant la démarche technique que la collaboration qui ont permis d'améliorer le poste de conduite du métro de Montréal dont le siège, l'espace restreint et les vibrations généraient de l'inconfort chez les opérateurs. À l'issue de l'étude, des modifications ont pu être apportées à la loge et un prototype de siège constituant le meilleur compromis possible pour améliorer la situation a été proposé.

L'élaboration de ces solutions se fonde sur le travail de collaboration entre les chercheurs de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), des gestionnaires et employés de la Société de transport de Montréal (STM) et du syndicat représentant les opérateurs de métro ainsi qu'un spécialiste en adaptation de siège.

La démarche d'amélioration du poste de conduite et de conception d'un prototype de siège repose sur des étapes de documentation du problème ainsi que sur des simulations et des tests ancrés sur la réalité des situations de travail.

L'approche décrite permet de concilier les intérêts et les besoins de toutes les parties concernées et contribue à procurer des retombées appréciables à long terme. Cette expérience a incité la direction de la STM et le syndicat à exiger, dès l'appel d'offres, que les postes de conduite de toute nouvelle génération de trains soient conçus en reprenant plusieurs éléments de cette démarche participative et paritaire.

### UNE DÉMARCHÉ CONCERTÉE ET ANCRÉE SUR LA RÉALITÉ DES SITUATIONS DE TRAVAIL

- Interdisciplinarité; participation active et paritaire des acteurs du milieu
- Conception progressive au moyen de simulations et de tests ancrés sur la réalité des situations de travail



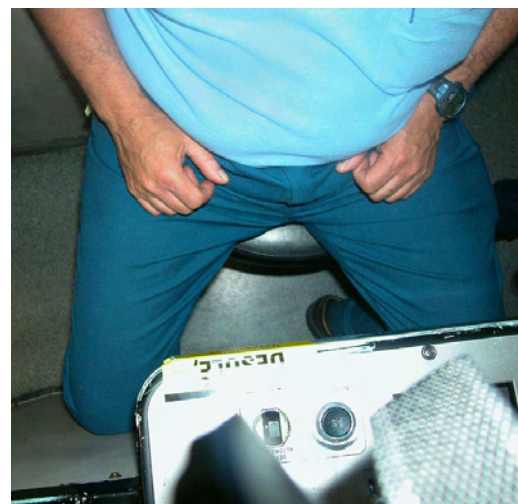
La loge de conduite à l'origine de la demande.

Mis en service en 1966, le métro de Montréal comptait, en 2010, 759 voitures circulant sur quatre lignes. Près de 300 opérateurs assurent la conduite des trains dans les loges des voitures motrices. Conçu au départ pour le travail en position debout, leur poste de conduite a connu des transformations au fil des années, comme le déplacement de certaines commandes qui a favorisé le travail en position assise. Compte tenu de l'exiguïté des loges, un petit strapontin, peu ajustable, est utilisé dans les motrices de type MR-73, construites dans les années 1970. Les opérateurs rapportent ressentir souvent de l'inconfort, qu'ils attribuent notamment à la transmission de vibrations par le siège.

En 2002, la STM et le syndicat représentant les opérateurs de métro s'unissent pour demander à l'IRSST de quantifier les niveaux vibratoires auxquels les travailleurs sont exposés et de leur recommander un nouveau siège pour la loge des motrices MR-73. Ce siège devait être ergonomique, atténuer les vibrations et s'adapter à l'espace restreint.

### UN POSTE DE CONDUITE PROBLÉMATIQUE

- Vibrations globales du corps
- Espace restreint
- Siège inadéquat
- Conception des années 1970



L'espace restreint et la localisation du siège occasionnent des postures contraignantes pour les jambes.

## LE PLAN DE MATCH

### et les acteurs impliqués



L'équipe de recherche de l'IRSST, composée d'ergonomes et de spécialistes en vibrations, a proposé une étude en trois volets.

L'étude ergonomique avait pour but de situer la problématique de santé et de sécurité du travail des opérateurs de métro et d'évaluer les possibilités de réaménagement des loges de conduite. Deuxièmement, l'étude des vibrations visait à quantifier l'exposition des opérateurs. Les critères de conception optimaux du siège ont aussi été définis grâce à ces deux études. Le troisième volet, réalisé en interdisciplinarité, avait comme objet de concevoir et de tester un prototype de siège.

Le défi à relever nécessitait, dès le départ, de mobiliser les instances décisionnelles et les compétences du personnel de la STM dans une dynamique participative et paritaire.

### UNE DÉMARCHE PARTENARIALE

- Chercheurs
- Décideurs
- Utilisateurs
- Syndicat
- Concepteur
- Autres intervenants

D'une part, un comité de suivi a été mis sur pied pour encadrer et faciliter le projet et pour arrimer la recherche aux besoins du milieu. D'autre part, un groupe de travail a été constitué pour comprendre les besoins et les contraintes de chaque service concerné et pour travailler à l'identification de solutions concrètes, appropriées à la situation.

### UNE DÉMARCHE EN 3 VOLETS

#### VOLET 1

ÉTUDE ERGONOMIQUE

#### VOLET 2

ÉTUDE DES VIBRATIONS

#### VOLET 3

CONCEPTION, ESSAIS  
ET AMÉLIORATION  
DU PROTOTYPE DE SIÈGE

Le comité de suivi, qui s'est réuni aux étapes charnières (démarrage, présentation de résultats, décisions stratégiques), avait pour mandat de veiller à ce que le projet réponde aux besoins et aux préoccupations du milieu de travail et à ce que ses résultats aient des retombées concrètes, utiles et adaptées à la situation. Il s'est engagé à fournir les efforts nécessaires pour favoriser la réalisation de la recherche, par exemple :

- en autorisant la libération du personnel et la disponibilité des équipements pour réaliser les essais;
- en donnant son aval à des changements importants tels que le déplacement de la poignée d'actionnement du frein à main;
- en mandatant une compagnie externe pour concrétiser le prototype selon les critères définis.

Les membres du comité ont aussi approuvé la fabrication de deux exemplaires du prototype du siège pour faciliter la réalisation d'essais en situation réelle de travail. Ils ont également appuyé le déploiement logistique requis, la mobilisation d'employés de nombreux services et les recommandations du groupe de travail.

Par ailleurs, un représentant de l'Association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur des affaires municipales (APSAM)<sup>1</sup> a été invité à se joindre au comité à titre de représentant de ce secteur.

### LE COMITÉ DE SUIVI

- **L'équipe de chercheurs**
- **Les directeurs des services**
  - Opérations
  - Ingénierie
  - Entretien
  - Santé et sécurité du travail
- **Le syndicat des opérateurs de métro**
- **L'APSAM**

<sup>1</sup> L'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur des affaires municipales (APSAM) a pour mission de faciliter la prise en charge de la prévention par le milieu, ainsi que de créer et de promouvoir les moyens nécessaires pour protéger la santé, la sécurité et l'intégrité physique des personnes qui travaillent dans les municipalités et les organismes qui leur sont reliés, dans l'ensemble du Québec.

Le mandat du groupe de travail était d'identifier des solutions concrètes et appropriées. Les membres du groupe de travail se sont réunis une quinzaine de fois. Il s'agissait d'occasions privilégiées pour constater ensemble les problèmes et pour mettre leurs compétences respectives en commun afin de trouver des pistes de solutions.

Cette dynamique permettait d'obtenir une compréhension collective du cas à l'étude et le respect des exigences et des contraintes de chacun. Les choix et les décisions ont ainsi pu reposer sur des bases communes et être adoptés au fur et à mesure de l'avancement du projet, évitant les retours en arrière, coûteux en temps et en énergie.

La validation du compte rendu de chaque réunion par le groupe venait confirmer cette compréhension commune.

### LE GROUPE DE TRAVAIL

- Chercheurs spécialisés en ergonomie
- Chercheurs spécialisés dans les vibrations globales du corps
- Chef d'opération
- Opérateurs de métro, dont un représentant syndical
- Ingénieur du matériel roulant
- Surintendant d'entretien
- Conseiller en SST
- Concepteur externe

### LA COORDINATION – CAP SUR LES OBJECTIFS, EN TOUTE TRANSPARENCE

Pour assurer la mise en œuvre du plan de match, l'ergonome de l'équipe de recherche s'est vu confier la coordination et le suivi du projet. Dans une telle démarche, le rôle du coordonnateur est de guider les acteurs impliqués à travers les différentes étapes et d'assurer la réalisation des actions planifiées, notamment en favorisant la communication, en convoquant et en animant les rencontres, en préparant les comptes rendus et en relayant l'information.

Dans le cadre de cette étude, le coordonnateur était en constante interaction avec un représentant patronal et un représentant syndical dont le rôle était de prendre les décisions et d'initier les actions sous leur responsabilité. Entre les réunions, toute information sur le déroulement de la recherche et sur les résultats obtenus leur était communiquée, assurant ainsi une démarche transparente et paritaire.

Les chercheurs ont analysé des données de lésions professionnelles fournies par la STM et mené une enquête auprès des opérateurs afin de documenter leurs problèmes de santé. Cette étape rend compte de l'importance d'améliorer les postures de conduite pour que les travailleurs éprouvant des problèmes de santé ne voient pas ceux-ci s'aggraver. Les chercheurs ont également accompagné les opérateurs pour faire des observations en situation réelle de conduite et mené des entrevues avec eux pour bien comprendre leur travail et son organisation. Des entretiens avec des chefs d'opération ont complété le portrait.

Cette analyse ergonomique a permis de déterminer les exigences du travail à prendre en compte dans le réaménagement des loges et dans l'élaboration du nouveau siège. À titre d'exemples :

- En mode de conduite manuelle, l'opérateur commande la vitesse du train à l'aide d'une manette appelée « manipulateur ». Il doit pouvoir l'atteindre facilement.
- La position de conduite de l'opérateur doit lui permettre de bien voir la voie, les cadrans situés sur le pupitre ainsi que les miroirs de quai.
- Outre la conduite, l'opérateur doit parfois intervenir rapidement pour régler des incidents techniques ou humains. Il doit pouvoir facilement consulter les cadrans, accéder aux commandes, appliquer le frein à main et utiliser sa radio. Il doit pouvoir circuler dans la loge et en sortir aisément pour effectuer certaines tâches de dépannage à l'extérieur.
- Arrivé au terminus, l'opérateur doit changer de train, ce qui se produit toutes les 20 minutes sur une des lignes. En conséquence, il doit pouvoir ajuster le siège facilement.

### LES OPÉRATEURS ET LEUR TRAVAIL COMME POINT DE MIRE

#### ■ Documenter les problèmes de santé

- Analyse des données de lésions professionnelles
- Administration d'un questionnaire

#### ■ Comprendre le travail, les besoins, les contraintes

- Observation en situation réelle de travail
- Entrevues

#### ■ Évaluer les possibilités de réaménagement de la loge et déterminer les caractéristiques du siège

- Mise à découvert des composants de la loge
- Simulation par ordinateur et dans une maquette de taille réelle

L'emplacement du siège dans la loge et le peu d'espace pour glisser les jambes sous le pupitre occasionnent des postures assises souvent contraignantes pour les membres inférieurs. En conséquence, la majorité des opérateurs alternent, au cours de la conduite, entre la position debout et la position assise pour « changer le mal de place ».

Une simulation informatique en 3D a montré qu'il est impossible pour un homme de taille médiane d'adopter une position de conduite manuelle confortable dans les limites actuelles de la loge et de la configuration du pupitre. En mode de pilotage automatique, même si la situation s'améliore un peu puisque l'opérateur n'a pas à tenir le manipulateur, le dégagement sous le pupitre reste limité et n'est pas aligné avec le siège, ce qui contraint la position des membres inférieurs.

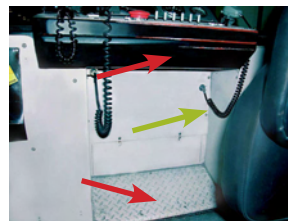
Afin d'évaluer la possibilité de gagner de l'espace pour améliorer la situation, le groupe de travail s'est réuni autour d'une loge de conduite où les représentants de l'ingénierie et de l'entretien ont procédé au démantèlement des tôles couvrant le pupitre et les autres équipements. Tous ont pu constater que les équipements en place étaient volumineux et laissaient peu de possibilités.

Néanmoins, quelques améliorations ont été implantées dans toutes les loges par la suite : l'aménagement d'un espace pour le pied droit sous le pupitre; le déplacement de quelques centimètres du coin du pupitre dans le but d'améliorer la posture de la jambe droite; et l'installation d'un appuie-pieds rabattable permettant aux opérateurs de petite taille de hausser leur siège pour mieux voir la voie. De plus, une décision charnière a été prise, impliquant également le comité de suivi, soit celle de déplacer la poignée d'actionnement du frein à main située derrière le siège pour libérer un peu d'espace et permettre l'installation d'un siège légèrement plus volumineux.

Toutes ces propositions de modifications ont d'abord été testées par des opérateurs pour vérifier leurs gains véritables à l'aide d'une maquette de loge de taille réelle. Ces simulations ont aussi permis de déterminer les caractéristiques de base du prototype de siège à créer. En plus de pouvoir s'ajuster en hauteur, le siège devait pouvoir se déplacer de gauche à droite et d'avant en arrière ainsi que tourner vers la droite, le tout par des ajustements simples et rapides.

Les tôles couvrant le pupitre ont été enlevées pour examiner où des gains d'espace pourraient être réalisés.

Flèches vertes, gain possible  
Flèches rouges, aucun gain possible





Des simulations dans une maquette de loge de taille réelle ont permis de tester les modifications proposées et de fixer les critères de base du prototype de siège.



**Construction d'une maquette** du pupitre, incluant les modifications souhaitées de même que les cloisons arrière délimitant l'espace de la loge.

**Participation d'une douzaine d'opérateurs et d'opératrices** de taille et de corpulence variées (2,5 à 97,5 centiles) ainsi que d'expérience différente.

**Utilisation de sièges** : 1) un siège à roulettes peu volumineux; 2) le siège utilisé dans les trains autres que les MR-73 (Les tests sont refaits par la suite avec le prototype de siège créé.)

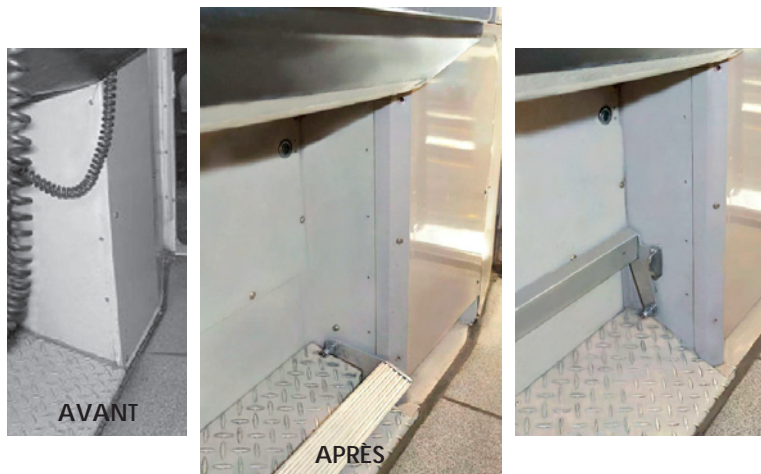
**Consignes données aux opérateurs** : choisir la ou les positions du siège qui leur convient le mieux, et ce, pour chaque siège et pour chaque mode de conduite (automatique et manuel). Les opérateurs sont libres d'utiliser ou non l'appuie-pieds mis à leur disposition.

**Informations recueillies** : chaque position du siège est notée (position de l'assise et des hanches de l'opérateur par rapport au plancher de la loge). La superposition, par ordinateur, de toutes les positions permet de déterminer les plages d'ajustement requises. Pour chacune des positions, la possibilité d'ouvrir la porte de la loge, de se relever facilement du siège et de circuler dans la loge est vérifiée. La distance de vision sur la voie est estimée et les postures adoptées sont décrites. L'analyse a été facilitée par l'enregistrement vidéo des essais. L'appréciation des opérateurs est consignée, notamment en ce qui a trait aux postures adoptées, à la présence d'inconforts, à la possibilité d'effectuer les tâches requises, aux améliorations souhaitées et aux gains réalisés grâce aux modifications apportées au pupitre et au siège.



Simulations dans une maquette de loge de taille réelle.

Les pupitres des loges ont été modifiés selon les recommandations du groupe de travail.



Le dessous du pupitre, avant et après les modifications.



Amélioration de la posture de la jambe droite grâce aux modifications apportées au pupitre de loge.

### DES GAINS D'ESPACE PETITS, MAIS SIGNIFICATIFS

- Pour une meilleure posture de la jambe droite et une diminution du contact du genou avec la toile :
  - Déplacement de structures
  - Création d'une ouverture sous le pupitre
- Pour permettre d'installer un siège plus volumineux :
  - Déplacement de la poignée d'actionnement du frein à main
- Pour permettre aux opérateurs de petite taille d'ajuster leur siège en hauteur :
  - Ajout d'un appuie-pieds rabattable

### CRITÈRES ERGONOMIQUES

#### UN SIÈGE QUI S'ADAPTE AUX MODES DE CONDUITE ET AUX BESOINS DES OPÉRATEURS

- La position du siège doit s'ajuster : en hauteur, en rotation, de gauche à droite, de l'avant vers l'arrière
- Les ajustements doivent être simples et rapides
- L'angle du dossier doit être réglable
- L'assise doit être rabattable
- Le siège doit respecter les dimensions maximales définies pour : le siège entier, l'assise et le dossier
- Le siège doit être fixé au sol dans un emplacement défini
- Le moulage des coussins doit être peu accentué
- Le recouvrement doit être de tissu
- Il doit convenir à des opérateurs de 50 kg à 130 kg, mesurant de 1,52 m à 1,88 m

Les mesures de vibration ont été effectuées en situation réelle de travail, dans deux motrices MR-73 différentes. Les chercheurs ont installé des capteurs dans la loge, sur le strapontin, pour mesurer l'exposition de l'opérateur aux vibrations globales du corps, et au plancher pour caractériser l'environnement vibratoire. Ils ont également recueilli des mesures sur les essieux et sur d'autres composants des motrices pour permettre d'évaluer le comportement de la suspension. Enfin, ils ont réalisé une étude du profil des pistes de roulement du métro.

Dans les motrices à l'étude, les phénomènes vibratoires les plus importants se produisent dans l'axe vertical, à une fréquence de vibration de 2,4 Hz, correspondant au mode de vibration du caisson. Un autre pic, de plus faible amplitude, apparaît vers 6 Hz, fréquence associée au mode de vibration du bogie<sup>1</sup> et à laquelle le corps humain est particulièrement sensible. L'intensité des vibrations est accentuée à cette fréquence lorsque la vitesse du train dépasse 60 km/h. Les chercheurs ont évalué que le niveau quotidien d'exposition des opérateurs de motrices MR-73 aux vibrations globales du corps se situait à proximité de la « zone de précaution santé », définie dans la norme ISO 2631-1.1997.

Il s'avère que les défauts de planéité des pistes de roulement sont très faibles et qu'ils contribuent peu aux vibrations que les opérateurs ressentent. Par contre, les strapontins actuels amplifient les vibrations plutôt que de les atténuer. Pour des raisons de coûts, l'atténuation des vibrations par l'ajout d'amortisseurs au niveau de la suspension, entre le bogie et le caisson, n'a pas été retenue. L'utilisation d'un siège à suspension dont la fréquence de vibration naturelle serait de 1,7 Hz ou moins a été considérée comme le moyen le plus simple à mettre en place pour atténuer les vibrations.

### L'ÉVALUATION DES VIBRATIONS GLOBALES DU CORPS : DE MULTIPLES VARIABLES À CONSIDÉRER

- La vitesse du train
- L'état de la piste de roulement
- L'état des pneus – l'ovalisation
- Le comportement vibratoire de la motrice
- L'amplification du siège

### CRITÈRES DE VIBRATIONS

#### UN SIÈGE QUI ATTÉNUÉ LES VIBRATIONS GLOBALES DU CORPS

- Fréquences à atténuer prioritairement : 2,4 Hz et 6 Hz
- Axe principal des vibrations à atténuer : vertical
- Fréquence naturelle recherchée pour le siège : 1,7 Hz ou moins

<sup>1</sup>Bogie (réf. Office de la langue française) : Chariot reposant sur les essieux et sur lequel est articulé par pivot le châssis d'un matériel roulant pour lui permettre notamment de prendre les courbes.

Les critères ergonomiques et de vibrations déterminés dans les deux premiers volets de l'étude ont été détaillés dans un cahier des charges. Grâce à la contribution du groupe de travail, les exigences des divers services de la STM – ingénierie, entretien, opérations, SST et approvisionnement – et du syndicat y ont été ajoutées.

Un des critères importants était que le prototype de siège soit construit au moyen de composants existants afin de minimiser la durée de son élaboration et les incertitudes quant à la résistance et à la disponibilité des pièces. Sur cette base, le concepteur que la STM a recruté pour concrétiser le prototype devait pouvoir fournir les composants adéquats et les adapter de façon à ce qu'ils répondent de façon optimale aux critères. De la première proposition jusqu'au prototype final, plusieurs cycles de tests avec des opérateurs, de sessions d'étude et de discussions avec le groupe de travail et d'amélioration du prototype ont été nécessaires.

#### AUTRES CRITÈRES

##### UN SIÈGE QUI RÉPOND AUX EXIGENCES DES DIVERS SERVICES

###### ■ INGÉNIERIE

- Source d'alimentation de la suspension
- Résistance mécanique et robustesse
- Résistance au feu

###### ■ ENTRETIEN

- Facilité d'installation, de montage et de démontage
- Périodicité des entretiens
- Durabilité des composants

###### ■ APPROVISIONNEMENT

- Disponibilité des pièces à long terme
- Coût de remplacement

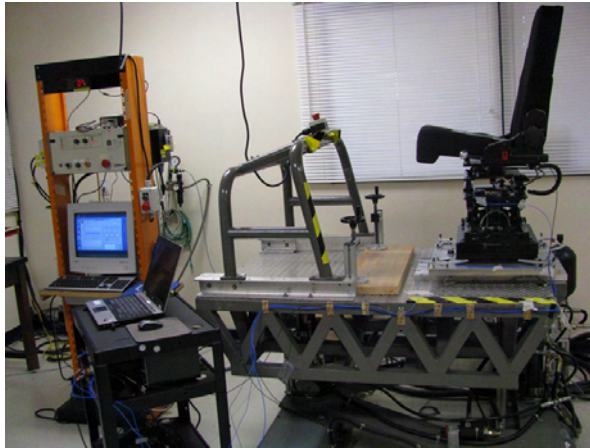
###### ■ SÉCURITÉ

- Pas d'arêtes vives, de parties saillantes, de risques de coincement et de heurt

##### UN PROCESSUS DE CRÉATION COOPÉRATIF ET ITÉRATIF

- Tests impliquant de nombreux opérateurs :
  - Laboratoire (sur simulateur de vibrations et statiques)
  - Maquette de loge
  - Vraie loge
- Recueil simultané de données par le biais de mesures, d'observations et de questionnaires
- Bilan du groupe de travail
- Modifications du prototype par le concepteur
- Évaluation en situation de travail réelle

Un des plus grands défis fut de trouver une suspension de siège efficace et suffisamment compacte pour ne pas occuper trop d'espace, tant au sol que derrière le dossier. Afin de déterminer l'efficacité des suspensions, une série de tests ont d'abord été réalisés en laboratoire, sur une plateforme montée sur des vérins hydrauliques servant à reproduire les vibrations verticales selon la norme ISO 10326 1 (1992).



Évaluation en laboratoire des vibrations transmises à l'assise.

D'autres caractéristiques des suspensions ont aussi été détaillées : leur volume, leur plage d'ajustement, la facilité de leur utilisation et la possibilité de relever l'assise du siège pour faciliter les déplacements dans la loge. Le groupe de travail a aussi débattu des avantages d'une suspension pneumatique par rapport à une suspension mécanique. Il a également dû vérifier la faisabilité en termes d'entretien supplémentaire et d'alimentation pneumatique ou électrique en provenance du train.

Pour satisfaire le plus possible à l'ensemble des exigences, les chercheurs et le concepteur ont proposé d'envisager des solutions créatives pour résoudre la question de la suspension, lesquelles ont été rigoureusement testées. Par exemple, afin de libérer l'espace nécessaire pour circuler dans la loge, la suspension pneumatique a été installée sous le siège à un angle de 90 degrés par rapport à son axe habituel.

Des tests sur le simulateur de vibrations et dans une vraie loge ont permis de déterminer, compte tenu de l'espace disponible, l'endroit où elle devait être fixée sous l'assise afin de minimiser le tangage. Le concepteur a aussi renforcé la suspension pour convenir aux sollicitations mécaniques. Puisque le comportement dynamique des trains n'implique pas de chocs, l'amortisseur de la suspension a pu être enlevé pour atténuer davantage les basses fréquences. Des tests ont montré qu'il était possible d'utiliser la suspension pour ajuster la hauteur du siège tout en atténuant les vibrations, ce qui simplifie les ajustements. Les butées limitant la course de la suspension ont aussi été adaptées pour convenir à la plage d'ajustement requise.

### L'EXPLORATION DE VOIES INHABITUELLES

- Suspension installée sous le siège avec une rotation de 90 degrés
- Enlèvement de l'amortisseur pour réduire la fréquence de la suspension
- Déplacement des butées de la suspension pour permettre une plus grande course
- Utilisation de la suspension comme ajustement en hauteur du siège
- Utilisation de l'assise relevée pouvant servir d'appuie-fesses
- Combinaison des ajustements de la position du siège avec une seule poignée

En raison de l'espace restreint, chaque centimètre a son importance et peut compromettre la possibilité, par exemple, de faire pivoter le siège, d'incliner le dossier ou de circuler dans la loge. Chaque modification proposée nécessite des vérifications dans un environnement le plus ressemblant possible à la réalité. Une succession de tests mettant à contribution les opérateurs, réalisés en laboratoire sur le simulateur de vibrations, dans la maquette de la loge et dans une vraie loge, ont permis de faire évoluer le prototype du siège. Les dimensions de l'assise, l'emplacement et le type de poignée pour ajuster la position du siège, la position de la fixation de celui-ci au sol, la longueur des rails pour l'ajustement de sa position ont notamment fait l'objet de vérifications avec le concours du groupe de travail et de nombreux opérateurs.

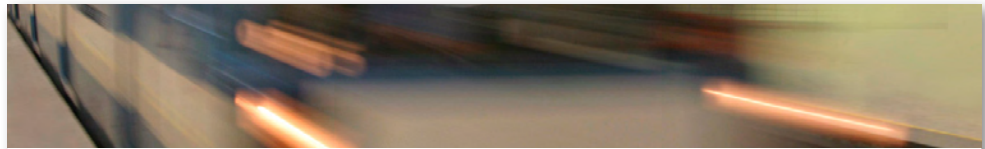
Après ces étapes successives d'amélioration, le prototype jugé satisfaisant et sécuritaire a été testé en situation réelle de travail avec la participation de près de 20 opérateurs.

Ces essais, qui ont nécessité le déploiement d'une logistique importante pour la STM, se sont déroulés sur 11 jours. L'activité des opérateurs, enregistrée par des caméras, a fait l'objet d'une analyse ergonomique. De plus, un questionnaire détaillé a permis de recueillir la perception des opérateurs à l'égard des caractéristiques du siège, notamment en ce qui concerne le confort et la réalisation du travail. Les chercheurs ont également effectué des mesures de vibrations sur le siège et au plancher à l'aide d'accéléromètres.



Le nouveau siège.

Le prototype jugé satisfaisant et sécuritaire a été testé en situation réelle de travail.



**19 opérateurs et opératrices** de taille et de corpulence variées (2,5 à 97,5 centiles) ainsi que d'expérience différente.

**Prototype du siège installé dans une loge modifiée** : familiarisation avec le prototype du siège, utilisation du prototype dans un train en service (l'opérateur est environ trois heures en posture assise) et évaluation.

**Consignes données aux opérateurs durant l'évaluation** : choisir les positions du siège qui leur conviennent pour conduire le train durant au moins 10 interstations en pilotage automatique, 10 en mode manuel et 10 autres selon leur convenance.

**Informations recueillies** : mesure des vibrations au plancher et sur l'assise pendant que le train roule. À chaque station : évaluation de la perception des opérateurs des inconforts relatifs aux vibrations et de la facilité à accéder à l'information visuelle nécessaire dans les miroirs de quais. Questionnaire après les essais : inconfort global, inconforts localisés, caractéristiques du siège associées aux inconforts, appréciation des caractéristiques du siège (ex. : plages d'ajustement, facilité d'ajustement, dossier, assise, suspension), influence du siège sur le travail et la sécurité (ex. : voir et atteindre les commandes, pouvoir circuler dans la loge, se relever rapidement). Analyse des postures (filmées en continu durant les essais). Caractérisation de l'utilisation du siège (plages d'ajustement utilisées). Estimation de la distance de vision sur la voie. Comparaison des résultats avec la situation initiale (ancien strapontin sans changement à la loge).

## CONCLUSION

### UN POSTE DE CONDUITE AMÉLIORÉ

Les nombreux efforts de validation faits au cours du projet pour tenir compte de la réalité du travail ont minimisé les surprises lors de la dernière évaluation du prototype. La démarche a ainsi permis de trouver une solution qui améliore le confort des opérateurs. Les modifications apportées à la loge y ont créé un peu plus d'espace pour les jambes. Le prototype du siège atténue les vibrations, soutient mieux le corps et s'ajuste facilement en permettant d'opter pour des postures variées. Cette amélioration est cependant le résultat d'un compromis puisque l'espace dans la loge reste encore trop restreint pour les membres inférieurs et que le manipulateur est toujours difficile d'accès. Il y a ainsi peu de possibilités d'adopter une posture à la fois confortable pour le cou, le dos, les jambes et le bras qui actionne le manipulateur.

Dans une optique d'implantation future, les chercheurs ont fait des recommandations à la STM, notamment de procéder à des essais à plus long terme, de laisser aux opérateurs le temps de se familiariser avec les nouvelles possibilités d'ajustements du siège et de les encourager à changer de posture régulièrement.

La STM, qui désirait procéder à l'installation d'un nouveau siège assez rapidement, a poursuivi le travail. Deux sièges ont été testés pendant un an, récoltant des commentaires positifs de la part des opérateurs. Les problèmes d'ordre mécanique notés au cours de cette période d'essai ont été corrigés. Dix sièges de tête de série ont d'abord été installés pour subir, durant une semaine, les tests imposés par le service d'ingénierie. L'implantation à grande échelle a débuté à l'été 2011, au rythme d'environ cinq sièges par semaine.

### UNE APPROCHE À RETENIR

Au-delà de l'amélioration du poste de conduite, une des réussites de la recherche dans son ensemble tient à l'instauration de ce mécanisme de collaboration en partenariat, interdisciplinarité et parité. Cette approche, pour être efficace, requiert du temps et de la disponibilité, l'engagement des décideurs ainsi que l'implication et l'ouverture d'esprit des parties concernées. Grâce à ces conditions gagnantes, elle permet non seulement de concilier les intérêts et les besoins de tous les intéressés, mais contribue également à procurer des retombées appréciables à long terme.

Le mécanisme de collaboration instauré dans le cadre du projet de recherche est apparu très prometteur pour le milieu. En effet, les vis-à-vis patronaux et syndicaux ont reconnu l'apport important de la démarche participative et paritaire, et souhaité que la conception de la prochaine génération de trains se fasse selon la même approche, et ce, dès l'appel d'offres. Ils ont exigé qu'un groupe de travail prenne part aux différentes étapes de conception du poste de conduite et qu'une maquette de taille réelle soit construite et testée par plusieurs opérateurs.



La démarche utilisée a permis de concilier les intérêts et les besoins de toutes les parties concernées et de procurer des retombées appréciables à long terme.



En conduite manuelle, le prototype de siège peut être déplacé vers le manipulateur et ainsi mieux supporter le corps de l'opérateur.

#### UNE AMÉLIORATION DU POSTE DE CONDUITE

- Possibilité de choisir et de varier les postures
- Corps mieux supporté
- Atténuation des vibrations
- Ajustement simple et rapide
- Amélioration de la posture des membres inférieurs
- Siège apprécié des opérateurs



En pilotage automatique, les opérateurs peuvent faire pivoter le prototype de siège pour dégager leurs jambes tout en ayant le dos bien supporté.

#### UNE APPROCHE À RETENIR

- Participation
- Collaboration
- Interdisciplinarité
- Paritarisme

Les rapports de recherche de l'IRSST peuvent être téléchargés gratuitement sur le site Web de l'Institut.  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

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, Montréal, IRSST, 2005, 176 pages.

BOILEAU, Paul-Émile, Jérôme BOUTIN, Subhash RAKHEKA, 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, Montréal, IRSST, 2005, 70 pages.

RICHARD, Marc J. *Évaluation du profil de la surface des pistes de roulement du métro de Montréal*, Rapport R-344, Montréal, IRSST, 2003, 55 pages.

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, Montréal, IRSST, 2009, 171 pages.

MARCOTTE, Pierre, Sylvie BEAUGRAND, Jérôme BOUTIN, Christian LARUE. *Design and evaluation of a suspension seat to reduce vibration exposure of subway operators: a case study*, 'Industrial Health', Vol. 48, no 5, 2010, p. 715-724, ([http://www.jniosh.go.jp/en/indu\\_hel/pdf/IH\\_48\\_5\\_715.pdf](http://www.jniosh.go.jp/en/indu_hel/pdf/IH_48_5_715.pdf)).

BELLEMARE, Marie, Sylvie BEAUGRAND, Christian LARUE, Danièle CHAMPOUX. *Improving a workstation in an existing cab by means of a participatory approach: the case of subway operators' workstations*, 'Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation', Vol. 33, no 3, 2009, p. 355-361.

### MERCI À TOUS LES COLLABORATEURS DES PARTENAIRES SUIVANTS :

Société de transport de Montréal (STM)

Syndicat des chauffeurs d'autobus, opérateurs de métro et employés des services connexes au transport de la STM (SCFP 1983)

Centre de réalisation d'outils innovateurs (CROI)

Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur « affaires municipales » (APSAM)

**Un merci spécial aux opérateurs du métro de Montréal qui ont participé à l'étude.**

### AUTEURS

IRSST  
Sylvie Beaugrand et Louise Sutton

### COLLABORATEURS

STM  
Denis Blanchette et Nicole Laurin

SCFP 1983  
Michel Lauzier et Pierre Raby

IRSST  
Pierre Marcotte, Linda Savoie et Marjolaine Thibault

Université Laval  
Marie Bellemare

Pro-Verbe  
Lorraine Pichette

## À PROPOS DE L'IRSST

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

La démarche de collaboration décrite illustre bien le cadre de pratique de la recherche à l'IRSST, lequel valorise l'interaction entre chercheurs et utilisateurs des résultats d'une étude donnée tout au long du processus. La participation active de ces partenaires dès l'élaboration d'un projet assure que la recherche répondra adéquatement à leurs besoins, qu'elle sera ancrée dans les contextes de travail réels et qu'elle aura des retombées concrètes dans les milieux de travail. Cette dynamique reflète les principes du paritarisme qui est à la base de l'action en santé et en sécurité du travail au Québec.

### MISSION

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail. Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.



### POUR EN SAVOIR PLUS

Visitez notre site Web !  
Vous y trouverez une information complète et à jour.  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

### DÉPÔT LÉGAL

Bibliothèque et Archives nationales 2012  
ISBN : 978-2-89631-588-8 (PDF)  
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications  
et de la valorisation de la recherche  
505, boul. De Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec) H3A 3C2  
Téléphone : 514 288-1551  
Télécopieur : 514 288-7636

[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

© Institut de recherche Robert-Sauvé  
en santé et en sécurité du travail  
Juin 2012