

## ÉLABORATION DE CRITÈRES DE CONCEPTION POUR L'ARRANGEMENT SIÈGE/COMMANDES DES PONTS-ROULANTS D'UNE USINE DE PRODUCTION DE MATIÈRES PREMIÈRES

**CHRISTIAN PINSONNAULT**

Université du Québec à Montréal, Case postale 8888, succursale Centre-Ville, Montréal,  
Québec, Canada, H3C 3P8. [cpinsonnault@internet.ugam.ca](mailto:cpinsonnault@internet.ugam.ca)

**DENIS MARCHAND**

Université du Québec à Montréal, Québec, Canada

**NATHALIE PERRON**

Alcan,

### Résumé

En ergonomie, la définition de critères de conception relatifs à l'aménagement de la cabine d'un pont-roulant nécessite une connaissance approfondie des exigences physiques et attentionnelles. Cette étude avait pour but d'évaluer ces exigences suite à l'aménagement récent d'un pont-roulant. Un questionnaire de symptômes (18 pontiers), la perception psychophysique de l'effort et de la charge attentionnelle (10 pontiers) et l'électromyographie (EMG) de douze muscles impliqués dans la réalisation des manœuvres (6 pontiers) ont été utilisés pour évaluer l'impact des modifications. Les résultats de la perception psychophysique et du temps de déplacement démontrent que les déplacements vers la droite sont physiquement plus contraignants que les autres manœuvres ( $p < 0,01$ ). Les résultats de l'EMG démontrent que certaines opérations entraînent des niveaux de charge musculaire statique pouvant provoquer une ischémie partielle. Les résultats des analyses suggèrent qu'un positionnement plus adéquat de la manette de droite, une diminution de sa résistance ainsi qu'une amélioration de la visibilité vers la droite diminueront les contraintes associées au travail de pontier.

**Mots clés :** Pont-roulant, électromyographie, conception

## ELABORATION OF CONCEPTION CRITERIA FOR A MOVING CRANE IN A FACTORY PRODUCING RAW MATERIALS

### Abstract

In ergonomics, the definition of criteria for the adjustments of the cabin of a moving crane necessitates a thorough knowledge of physical and attentional demands. This study had for purpose to evaluate these demands following the recent conception of a moving crane. A symptoms questionnaire (18 crane operators), the psychophysical perception of effort and attention needed to execute the different work tasks (10 crane operators) and the electromyography (EMG) of twelve muscles implied in the realization of the manoeuvres have been used to evaluate the impact of the recent modifications. Results of the psychophysical perception and the time of displacement demonstrate that the displacements to the right are physically more demanding than the other manoeuvres ( $p < 0,01$ ). Results of the EMG demonstrate that some operations entail levels of static muscular that can provoke ischemic occlusion. Results suggests that a more adequate positioning of the right lever, a diminution of its resistance as well as an improvement of the visibility to the right will decrease constraints associated to the work of the cranes operators.

**Keywords:** Moving crane, électromyography, conception

## INTRODUCTION

En entreprise, les changements technologiques sont souvent influencés par la disponibilité des produits existants sur le marché. Il est très rare que ces changements soient réalisés en tenant compte de l'efficacité du travail des opérateurs. Lorsque l'environnement n'est pas optimal, les opérateurs développent des stratégies d'opération qui leur permettent de réduire les stress physiques les plus perceptibles. Le but de cette étude était d'évaluer la charge physique des opérateurs des ponts-roulants dans un centre de coulée de l'Alcan. Il s'agissait de mesurer l'amplitude de la demande musculaire qui était reliée à l'exécution des principales manœuvres effectuées par les pontiers. En fait, cette étude devait permettre de vérifier l'impact physique du nouvel aménagement de la cabine des ponts-roulants de cette usine et de conduire par la suite à l'élaboration de critères de conception généralisables à un ensemble de postes de conduite de ponts-roulants.

## MÉTHODOLOGIE

### Sujets

Dix-huit pontiers furent interviewés pour recueillir leurs commentaires et suggestions afin d'améliorer l'efficacité de leurs mouvements sur le pont-roulant. Un total de dix pontiers ont donné leur appréciation subjective du niveau d'effort et d'attention requis pour réaliser les différentes manœuvres exigées par leur travail sur une période d'une heure. De ces pontiers, six furent instrumentés afin de mesurer l'amplitude de la demande musculaire reliée à l'exécution des manœuvres. La moyenne d'âge des pontiers était de 44 ans et leur expérience variait de 6 mois à 25 ans.

### L'entrevue individuelle et le questionnaire sur les sites de douleur

Au cours de leur quart de travail, tous les sujets furent questionnés individuellement. Les questions avaient pour objectifs de recueillir leurs commentaires et/ou recommandations afin de diminuer leurs douleurs s'il y a lieu et/ou augmenter l'efficacité et la sécurité du pont-roulant. Les sujets devaient aussi remplir un questionnaire sur les sites de douleurs (1). Ce questionnaire a permis d'identifier les types de symptômes, leur durée, leur apparition, leurs facteurs aggravants et leur gravité ainsi que d'uniformiser l'information et d'aider à identifier les problèmes potentiels au sein de l'environnement de travail.

### L'appréciation subjective de l'effort et de l'attention

Durant leur quart de travail, les dix pontiers questionnés devaient évaluer, selon certains critères, chacune des manœuvres qu'ils effectuaient au niveau de l'effort et de l'attention. Les pontiers devaient répondre oralement sur une échelle de 1 à 10 (échelle de Borg).

### Mesure de l'activité musculaire

Différents muscles des avant-bras, des épaules, du dos et de la jambe droite furent mesurés. Le choix des douze muscles a été réalisé à partir d'observations issues d'une visite préliminaire et d'observations vidéo du travail d'un pontier. Les muscles choisis étaient directement impliqués dans le contrôle des manettes et de la pédale ainsi que dans le maintien du tronc en posture assise. Ces muscles furent: les trapèzes, les érecteurs du rachis, les deltoïdes antérieur et postérieur droit, les premiers radiaux, les cubitiaux postérieurs, le fléchisseur superficiel des doigts, et finalement le gastrocnémien interne droit. Les signaux EMG ( $\mu V$ ) recueillis furent transformés en pourcentage d'utilisation musculaire (PUM) à partir des amplitudes EMG maximales, obtenues via des contractions isométriques volontaires maximales, produites par les pontiers pour chacun des muscles évalués. Le test

d'effort maximal consistait en un effort statique d'environ 5 secondes contre une résistance inamovible pour solliciter les muscles étudiés. La moyenne de trois valeurs fut retenue.

### Cinématique

La cinématique de l'ensemble des mouvements réalisés par le travailleur durant l'exécution des manœuvres fut recueillie à l'aide d'enregistrements vidéo. Trois caméras furent utilisées pour observer les mouvements des membres supérieurs et les tâches réalisées. Ces caméras furent reliées à un coupleur d'images permettant d'enregistrer l'image des trois caméras simultanément. Ces enregistrements ont permis d'associer les valeurs EMG avec les multiples mouvement effectués par les pontiers (Figure 1).



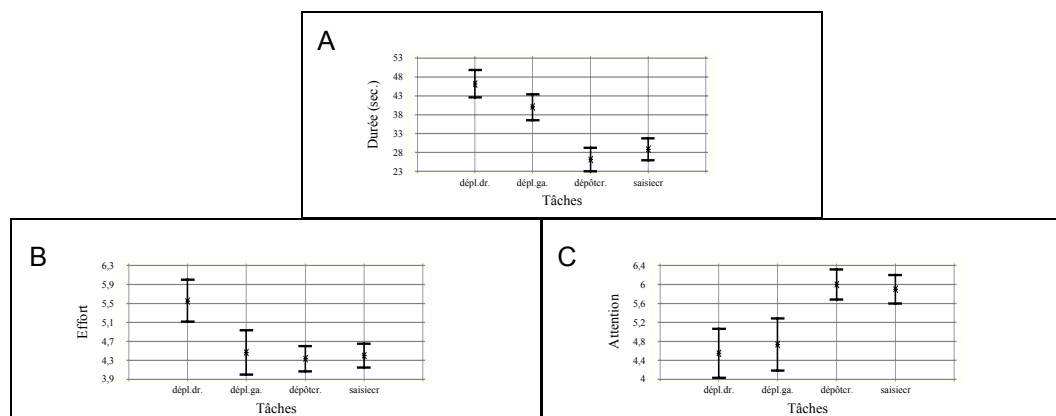
Figure 1. Exemple d'image recueillie pendant le travail des pontiers.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats du questionnaire sur les sites de douleur (Tableau 1) démontrent que des améliorations à l'aménagement de la manette de droite doivent être apportées alors que 67% des pontiers ont ressentis des douleurs au niveau de l'avant-bras et du coude au cours des derniers mois. Les résultats du temps moyen nécessaire pour réaliser les différentes tâches (Figure 2A) démontrent que les déplacements continus vers la droite et la gauche sont en moyenne beaucoup plus longs que les tâches de saisie et de dépôt d'un creuset ( $p < 0,01$ ). Par ailleurs, la perception psychophysique de l'effort nécessaire pour réaliser les différentes tâches, témoigne également de la difficulté significativement plus élevée ( $p < 0,01$ ) des déplacements continus vers la droite (Figure 2B). Ainsi, les déplacements vers la droite imposent une charge statique importante au niveau de l'avant-bras droit si l'on ne fait que considérer la durée des déplacements, la résistance de la manette et la perception des travailleurs. D'un autre côté, la figure 2C permet d'observer que les tâches de saisie et de dépôt des creusets exige plus d'attention que les tâches de déplacements. Ces tâches nécessitent d'après les observations et les commentaires des travailleurs, une grande coordination, précision et perception des distances afin d'éviter les déversements d'aluminium et les risques d'accidents.

Tableau 1. Pourcentage des pontiers affectés par des douleurs (n=18).

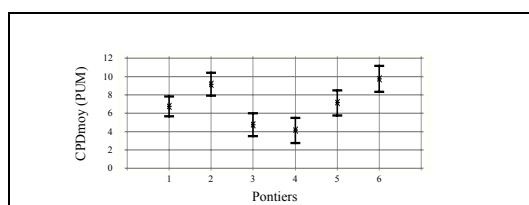
Régions du corps	% des pontiers	Régions du corps	% des pontiers
Cou	50%	Coude/avant-bras droit	67%
Épaule droite	28%	Main-poignet droit	22%
Dos	11%	Genoux	22%
Doigts	6%	Mollet	6%



**Figure 2.** Temps de déplacement moyens obtenus pour chacune des tâches (A), perception psychophysique des pontiers pour l'effort (B) et l'attention (C) pour les différentes tâches.

### Pourcentage d'utilisation musculaire

En ce qui a trait aux résultats provenant de l'analyse musculaire, les déplacements continus vers la droite entraînent des niveaux de charge musculaire statique relativement élevés. En fait, malgré les différentes stratégies de mouvements adoptées par les pontiers au cours de ces déplacements, les résultats de pourcentage d'utilisation musculaire moyen (PUM) obtenus, pendant ces déplacements, pour le cubital postérieur droit (extension et déviation ulnaire de la main), dépassent le seuil d'activation musculaire de 5% recommandé par Björkstén et Jonsson (2) et peuvent provoquer une ischémie partielle prolongée (voir la figure 3). De son côté, l'analyse cinématique a permis de très bien comprendre les exigences des différentes tâches et de proposer plusieurs recommandations malgré la très grande variabilité des stratégies et techniques utilisées par les pontiers.



**Figure 3.** Pourcentage d'utilisation musculaire moyen du cubital postérieur droit obtenus au cours des déplacements continus vers la droite.

### RECOMMANDATIONS

À partir des résultats de l'appréciation subjective de l'effort et de l'attention, des entrevues, du questionnaire sur les sites de douleur, de l'analyse musculaire et de la cinématique des mouvements, une série de critères de conception (recommandations générales et spécifiques) généralisables à l'ensemble des ponts-roulants de cette entreprise furent élaborés. Ces recommandations étaient liées à la cabine, aux manettes, aux supports pour les avant-bras, au siège, au frein et à l'environnement extérieur. Les objectifs à atteindre étaient : d'optimiser la visibilité des pontiers; améliorer la position de certaines commandes; assurer le confort optimal des doigts, du poignet, du coude, de l'épaule et de la ceinture scapulaire. Par exemple, la première recommandation spécifique aux manettes fut d'ajouter des rails munis de roulement à billes sous les appuis-coudes actuels pour permettre les mouvements vers l'avant et l'arrière de l'avant-bras et de la main sans quitter le support. Ces

appuis devraient aussi avoir la possibilité de s'incliner vers l'avant, épouser la forme du coude, être recouvert de gel et permettre une rotation interne et externe de l'épaule du côté droit pour ne pas nuire aux déplacements latéraux. La hauteur de ces supports devraient également être ajustable en fonction de la position du siège choisie pour améliorer la visibilité. De plus, afin de réduire également la charge statique imposée extenseurs de la main, la poignée de la manette pourrait être inclinable de chaque côté avec l'utilisation d'un pivot mobile à sa base et d'un mécanisme de déverrouillage placé sur le dessus. L'inclinaison à l'horizontale de la poignée permettrait de créer un levier efficace pour utiliser le poids de la main et l'avant (création d'un moment de force) afin de vaincre passivement la résistance du ressort de la manette. Une autre solution serait d'avoir un système qui permettrait la conservation d'une vitesse de croisière avec un retour à la position neutre ce qui pourrait aussi donner une solution intéressante au problème de charge musculaire statique. Pour rencontrer des normes de sécurité, il serait préférable d'avoir un bouton servant de régulateur de vitesse sur le dessus de la poignée. Celui-ci devrait être maintenu pour conserver la commande de déplacement. Idéalement, plutôt que d'avoir des changements de vitesse en fonction de l'amplitude de mouvement pour la manette de droite, le ratio entre l'amplitude de course de la manette et la vitesse du pont-roulant devrait être à deux niveaux seulement qui serait contrôlé par un bouton sur le dessus de la manette. Donc, un ratio pour les grands déplacements et un autre pour les petits déplacements précis (saisie et dépôt).

## CONCLUSION

Cette étude a permis de vérifier que certaines opérations sur le nouveau pont-roulant entraînent encore des niveaux de charge musculaire statique (PUM) relativement élevés. Ces niveaux de contraction musculaire dépassent parfois les valeurs recommandées par la littérature scientifique et peuvent provoquer une ischémie partielle prolongée. Ces résultats sont en lien avec l'appréciation subjective de l'effort et les stratégies de mouvement adoptées par les pontiers. L'interaction entre les résultats des différentes analyses : appréciation subjective de l'effort et de l'attention par les pontiers, entrevues, questionnaire sur les sites de douleur et analyse musculaire, ont permis de suggérer une série de critères de conception spécifiques au pont-roulant étudié et d'autres généralisables à l'ensemble des ponts-roulants.

## RÉFÉRENCES

- (1) Kuorinka, I. et Forcier, L. (1995). LATR, Les lésions attribuables au travail répétitif, Édition multimondes, IRSST, Édition Maloine.
- (2) Björkstén, M. et Jonsson, B. (1977). Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scand. J. Work Environ. Health* 3, 23-27