



Validation d'une méthode de mesure des vibrations mains-bras appliquée aux foreuses à béquille

<p>Responsables :</p> <p>Paul-Emile Boileau, Jérôme Boutin et Pierre Drouin, Programme sécurité-ingénierie, IRSST</p> <p>Problème de sécurité :</p> <p>Affections vasculaires du type phénomène de Raynaud</p>	<p>Groupe de travailleurs concerné :</p> <p>Les travailleurs du secteur des mines et des métaux sujets à utiliser une foreuse à béquille</p>
--	---

L'origine et le contexte

Au Québec, des milliers de travailleurs utilisent couramment des foreuses à béquille pneumatiques qui leur transmettent des vibrations aux mains. Il existe une relation de cause à effet entre l'exposition des mains à de telles vibrations et le phénomène de Raynaud, couramment décrit comme le blanchissement des doigts. Ce lien est bien documenté dans la littérature scientifique, et la norme internationale ISO 5349 utilisée pour mesurer et analyser les vibrations subies par le système mains-bras fait état d'une relation dose-effet.

L'IRSST étudie depuis quelques années déjà les moyens de réduire les vibrations engendrées par les foreuses à béquille. En 1990, une étude comparative lui a permis de démontrer l'incidence de divers facteurs sur le niveau de vibrations transmises aux mains des travailleurs, notamment le modèle de la foreuse, la façon de la manipuler et l'utilisation d'une poignée antivibrations. Elle a par ailleurs mis en évidence le potentiel d'une méthode de mesure de ces vibrations à l'aide d'un bracelet doté d'accéléromètres.

Pour que les résultats de ces recherches soient probants, il restait toutefois à valider la méthode de mesure au niveau du poignet afin d'établir si le bracelet, ou la façon de le fixer, peut modifier les caractéristiques des vibrations transmises et de déterminer la gamme de fréquences pour laquelle il est fiable. Idéalement, cette mesure devrait être effectuée à l'interface des mains et de la surface vibrante, mais il n'existe pas d'accéléromètre suffisamment petit pour ce faire. Il est par ailleurs difficile de fixer l'accéléromètre à la surface vibrante à cause de l'intensité des vibrations. Pour ce qui est de l'installer aux mains, l'ignorance de l'interférence possible de facteurs comme la force de préhension ou l'effort fourni pose problème.

L'arrivée sur le marché d'une nouvelle technologie de mesure des vibrations à l'aide d'un laser a ouvert la possibilité de valider en laboratoire la méthode de mesure des vibrations à l'aide du bracelet.

Les objectifs

Comparer les caractéristiques, c'est-à-dire l'intensité, la fréquence et la cohérence des vibrations mesurées à l'aide d'accéléromètres fixés à un bracelet attaché au poignet d'une personne avec celles des vibrations mesurées directement sur le poignet grâce à un capteur de vibrations au laser. Si le bracelet reproduit exactement ou presque les vibrations mesurées par le capteur laser, il sera considéré comme un instrument valide pour faire de telles mesures.

La démarche

La validation de la méthode de mesure a été effectuée en laboratoire, à l'aide d'un montage expérimental. Une poignée d'aluminium a été fixée à un excitateur de vibrations dont le type, l'amplitude et la gamme de fréquences pouvaient être sélectionnés grâce à un système de génération et d'amplification de signaux. Le montage comprenait également un capteur de force installé à la base de la poignée pour mesurer les vibrations d'entrée et un accéléromètre fixé sur la poignée pour mesurer celles auxquelles la main est exposée.

Les données à comparer ont été obtenues au moyen d'un capteur laser et d'un bracelet. Le capteur de vibrations au laser était monté sur un support et orienté de façon que son faisceau frappe perpendiculairement la surface de contact requise pour la mesure. De son côté, le bracelet comportait une partie métallique sur laquelle étaient attachés trois accéléromètres miniatures orientés selon un système de coordonnées biodynamiques.

La fréquence de résonance de la poignée et celle du bracelet ont été établies avant l'expérience, et le bracelet a ensuite été modifié pour augmenter cette fréquence. De même, on a procédé à l'étalonnage du capteur laser.

Deux sujets de taille différente ont participé aux essais. L'expérience consistait à appliquer à la poignée une excitation dans une direction donnée pendant que le sujet, portant le bracelet au poignet, la maintenait en exerçant la force qu'il jugeait nécessaire. Le rayon laser était alors dirigé sur l'os du poignet, dans la même direction que

l'excitation et que l'axe sensible d'un des trois accéléromètres du bracelet. L'analyse portait sur la comparaison du spectre en fréquences de vibrations des mesures fournies par le capteur laser et par le bracelet, pour juger de leur différence ou de leur similitude. Puisque le processus de validation repose directement sur l'utilisation du capteur laser, sa fréquence d'utilisation maximale a déterminé la limite de la fréquence d'utilisation du bracelet pouvant être testée.

Par la suite, des essais de validation ont été effectués dans une mine, lors du forage de trous horizontaux, à l'aide d'une foreuse à béquille. Dans ce cas, on eu recours à un capteur laser et à un bracelet du même type que ceux qui avaient servi en laboratoire, ainsi qu'à un accéléromètre fixé à la poignée de la foreuse.

Les résultats

De façon globale, les résultats indiquent que la limite maximale des fréquences de vibrations pour lesquelles le bracelet constitue un instrument de mesure fiable varie entre 100 Hz et 200 Hz, selon la force de préhension exercée.

Lorsque cette force est faible, le bracelet peut être utilisé pour caractériser des vibrations dont la fréquence n'excède pas 100 Hz, ce qui tient compte de la limitation du capteur laser, ainsi que des variations individuelles en regard de la taille de la main et de la grosseur du poignet. Lorsque la force de préhension est moyenne ou normale, la fréquence d'utilisation maximale du bracelet se situe à 120 Hz, puis, à 200 Hz, dans le cas où il s'agit d'une très grande force.

En résumé, plus on serre la poignée, plus la gamme de fréquences d'utilisation du bracelet est élevée. Par contre, plus la main est massive, plus la gamme de fréquences baisse. On constate donc que l'intensité des vibrations transmises au poignet a une influence déterminante sur la gamme de fréquences pour laquelle le bracelet est utilisable comme méthode de mesure.

Pour ce qui est de la validation sur le terrain, elle a permis d'établir que le bracelet et le laser procurent des résultats cohérents jusqu'à une fréquence légèrement supérieure à la fréquence de frappe. La méthode de mesure des vibrations à l'aide du bracelet serait donc applicable dans de tels cas, puisque la plus grande partie de l'énergie vibratoire transmise au poignet apparaît à cette fréquence.

Les principales conclusions

Le bracelet qui a servi de point de départ à la recherche avait été conçu pour comparer différents types de foreuses à béquille pneumatiques, dont certaines étaient dotées d'un manche antivibrations, et pour évaluer l'influence des opérateurs et des configurations de travail sur l'énergie vibratoire mesurée au poignet des utilisateurs.

L'étude a démontré que la fréquence de résonance du bracelet original, qui variait entre 164 et 233 Hz selon la force de préhension, rendait celui-ci peu utile comme instrument de mesure puisque l'énergie vibratoire enregistrée au poignet des opérateurs aurait pu se situer à proximité de ces fréquences. Une fois modifié pour remédier à cette situation, le bracelet constitue un outil de mesure approprié, la recherche ayant démontré sa validité pour estimer l'énergie vibratoire transmise au poignet d'un opérateur de foreuse à béquille pneumatique.

La discussion

Le rapport de recherche souligne toutefois certaines limites aux résultats obtenus, liées notamment aux caractéristiques du montage expérimental, à la posture des sujets pendant les essais, au caractère subjectif de la force exercée, au nombre limité d'axes de mesure testés, au nombre restreint des sujets d'expérience, etc.

Compte tenu de ces limites, les chercheurs estiment qu'il serait probablement prématuré de généraliser les résultats obtenus à l'ensemble des outils ou des situations de travail, ou de considérer les mesures recueillies comme les niveaux absolus des vibrations transmises au poignet des opérateurs.

Les résultats prouvent toutefois que la méthode du bracelet est efficace pour effectuer des études comparatives dans des conditions définies. D'autres travaux seraient donc requis pour déterminer si les vibrations mesurées au niveau du poignet à l'aide du bracelet sont vraiment représentatives, en valeur absolue, de l'énergie vibratoire réellement transmise par l'intermédiaire de la main.

L'applicabilité des résultats et le prolongement de la recherche

Les chercheurs ont utilisé le bracelet mis au point dans cette étude pour une autre recherche, cette fois sur les vibrations engendrées par les marteaux-riveteurs dans l'assemblage aérospatial. Cet instrument a également servi au cours de projets divers, notamment des études d'impédance du système mains-bras menées par le groupe CONCAVE de génie mécanique de l'Université Concordia, ainsi que des mesures de l'efficacité de gants antivibrations.

À l'utilisation, le bracelet s'est révélé intéressant pour comparer différents modèles d'un même type d'outil dans le but d'identifier ceux qui produisent le moins de vibrations dommageables pour le système mains-bras. Les chercheurs entendent continuer à l'utiliser pour d'autres projets afin d'élargir leur banque de données et d'en tester l'applicabilité à d'autres types d'instruments. À plus longue échéance, il pourrait sans doute servir pour les normes sur l'évaluation de l'exposition aux vibrations mains-bras.