

Évaluation interlaboratoire de gants destinés à réduire l'exposition aux vibrations main-bras



ÉTUDES ET RECHERCHES

Paul-Émile Boileau
Jérôme Boutin

Août 2003

R-340

RAPPORT





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.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

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.
De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-817-221-7046

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
août 2003.

Évaluation interlaboratoire de gants destinés à réduire l'exposition aux vibrations main-bras

Paul-Émile Boileau et Jérôme Boutin
Sécurité-ingénierie, IRSST

ÉTUDES ET
RECHERCHES

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Cette étude présente les résultats d'évaluation de 4 types de gants dans 3 différents laboratoires en appliquant la méthodologie décrite dans la norme internationale ISO 10819 :1996. Les objectifs visés par cette étude consistaient à identifier les sources de variation liées à l'application de cette méthode d'essai et proposer des pistes de solution visant à simplifier la méthode, tout en accroissant la fiabilité et la reproductibilité des résultats. Les résultats des essais interlaboratoires ont établi qu'il pouvait y avoir des différences considérables sur les facteurs de transmission globale pondérée rapportés par les différents laboratoires, ces différences pouvant être plus importantes avec certains types de gants, particulièrement sous le spectre d'excitation H- couvrant la plage des fréquences entre 200 et 1000 Hz. Les laboratoires utilisant un concept différent de poignée semblent être plus susceptibles de rapporter des résultats différents, même s'ils rencontrent les exigences instrumentales et expérimentales définies dans la norme. Pour certains types de gants, les différences peuvent être suffisamment importantes pour conclure à des résultats contradictoires sur la capacité des gants à rencontrer les exigences de qualification définies dans la norme. Bien que les résultats aient indiqué des variations inter-individuelles importantes, les mesures réalisées en augmentant le nombre d'essais et de sujets n'ont pas permis d'établir une estimation plus précise des facteurs de transmission globale pondérée que celle obtenue en limitant leur nombre à celui établi dans la norme ISO 10819 :1996. Enfin, l'étude a permis de valider une méthode alternative d'évaluation des facteurs de transmission des gants à partir de l'évaluation de leurs courbes de réponse en fréquence sous excitations vibratoires à bande large. Une telle approche aurait comme avantage de simplifier considérablement la génération des spectres d'excitation prescrits dans la norme actuelle pour évaluer les gants, tout en offrant la possibilité d'estimer l'efficacité escomptée des gants sous d'autres spectres d'excitation vibratoire pouvant se rapprocher davantage à ceux liés à l'opération d'outils.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	2
3. DESCRIPTION DE LA MÉTHODE D'ESSAI	2
4. ESSAIS INTERLABORATOIRES	4
4.1 Description des gants à l'essai	4
4.2 Laboratoires participants	5
4.3 Procédure utilisée par les laboratoires participants	5
4.4 Sélection des sujets d'essai et considérations d'éthique	8
4.5 Essais additionnels	9
4.6 Banc d'essai	9
5. RÉSULTATS DES ESSAIS INTERLABORATOIRES	9
5.1 Facteurs de transmission moyens des gants	9
5.2 Réponse en fréquences des gants	11
5.3 Variations intra- et inter-individuelles	13

6.	RÉSULTATS DES ESSAIS ADDITIONNELS	14
6.1	Augmentation du nombre d'essais et de sujets	14
6.2	Utilisation de classes d'excitation additionnelles à bande large	17
6.3	Estimation des facteurs de transmission des gants à partir des courbes de réponse en fréquence	19
6.4	Comparaison avec les résultats d'autres essais interlaboratoires	21
7.	DISCUSSION ET CONCLUSION	22
8.	BIBLIOGRAPHIE	24

ANNEXE 1

FORMULAIRES DE PARTICIPATION DES SUJETS D'ESSAI – COMITÉ D'ÉTHIQUE SUR LA RECHERCHE	25
--	----

ANNEXE 2

RÉSULTATS DES TESTS STATISTIQUES ... DE STUDENT SUR LES FACTEURS DE TRANSMISSION GLOBAUX PONDÉRÉS RAPPORTÉS PAR LES DIFFÉRENTS LABORATOIRES	32
--	----

1. INTRODUCTION

Les effets pathologiques résultant de l'utilisation d'outils manuels vibrants tels que les marteaux-piqueurs, meuleuses, marteaux à décalaminer, perceuses ont été décrits par de nombreux auteurs et regroupent les problèmes d'ordre vasculaire, neurologique, et musculo-squelettique [1]. Dans tous les cas, il appert que l'importance des symptômes et l'apparition de pathologies spécifiques sont intimement liées à l'intensité des vibrations transmises aux mains des opérateurs, d'où l'importance de consacrer des efforts pour réduire les niveaux d'exposition vibratoire [2].

L'apparition de gants dits « antivibratiles » incorporant des matériaux résilients tels le caoutchouc, néoprène, polyuréthane ou autres a permis d'entrevoir la possibilité de rendre disponible des moyens de protection capable d'atténuer l'énergie vibratoire susceptible d'affecter le système main-bras. Pendant plusieurs années, il a été difficile d'obtenir des données fiables sur le degré d'atténuation que pouvaient procurer les gants, en raison des nombreux facteurs susceptibles d'influencer leur efficacité, dont notamment les dimensions et la forme de la poignée avec laquelle ils sont utilisés, la force de préhension et la force de poussée exercées à l'interface gant-poignée, la taille de la main, la posture du sujet, les caractéristiques de l'excitation vibratoire, la position des points de mesure, etc. Or, une norme internationale introduite en 1996, ISO 10819 (1996) [3], est venue apporter des précisions sur les conditions à appliquer en laboratoire pour mesurer l'efficacité des gants. Ces mesures sont basées sur la détermination de facteurs de transmission moyens devant être déterminés sous deux classes d'excitation vibratoire, l'une pour laquelle l'énergie vibratoire est concentrée aux moyennes fréquences de la plage d'intérêt pour quantifier les vibrations main-bras (spectre M), l'autre aux fréquences plus élevées (spectre H). Des critères d'acceptabilité sont également définies permettant d'évaluer si un gant peut ou non être qualifié d'antivibratile selon les facteurs de transmission mesurés sous les spectres M et H.

Depuis la mise en application de la norme internationale ISO 10819 par différents laboratoires, plusieurs difficultés ont été mises en évidence, dont notamment des problèmes liés à la conception et au respect des exigences fixées pour réaliser le montage expérimental, et des variations importantes des résultats associées en partie au besoin de réaliser les essais avec des sujets humains [4,5]. Bien que la source exacte de ces variations n'ait pas été clairement identifiée, certaines études [6] ont déjà soulevé l'hypothèse qu'elles pourraient être réduites en augmentant le nombre d'essais prescrits ainsi que le nombre de sujets d'essais.

La présente étude s'inscrit donc dans une démarche visant à établir l'étendue des variations liées à l'application de la méthode d'essai définie dans la norme ISO 10819 par différents laboratoires, d'identifier les sources de variation et au besoin, de proposer des modifications à la norme actuelle. L'étude porte sur l'évaluation de quatre types de gants dans trois différents laboratoires en respectant la méthode d'essai définie dans la norme ISO 10819. À cette méthode de base, les laboratoires sont invités à introduire certaines variations visant à évaluer l'influence de ces modifications sur les résultats des essais.

Une démarche d'évaluation interlaboratoire similaire initiée en 1998 par le *Health and Safety Laboratory (HSL)* en Angleterre avait déjà cours en Europe au moment de réaliser cette étude, et incluait la participation de 7 laboratoires auxquels nous devions nous joindre. Cependant, en raison des délais plus longs que prévus nécessités par la réalisation des essais dans certains des laboratoires participants, il n'a pas été possible de participer tel qu'initialement planifié à cette évaluation plus large, ce qui a nécessité la mise en place de notre propre série d'essais interlaboratoires avec un nombre moins important de participants. Comme les objectifs visés étaient semblables pour les deux séries d'essais interlaboratoires, les résultats obtenus dans cette étude sont comparés à ceux découlant de l'étude du HSL dans la section 6.4 de ce rapport.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs spécifiques visés par l'étude sont :

- Évaluer quatre types de gants dans trois différents laboratoires en appliquant la procédure telle que décrite dans la norme ISO 10819 :1996;
- Identifier les sources de variation liées à l'application de la méthode définie dans la norme ISO 10819 :1996;
- En introduisant des variations dans la méthode d'évaluation prescrite, identifier des moyens qui permettraient de simplifier et/ou accroître la fiabilité et la reproductibilité des résultats.

3. DESCRIPTION DE LA MÉTHODE D'ESSAI

La norme internationale ISO 10819 [3] décrit la méthode à appliquer en laboratoire pour évaluer l'efficacité d'atténuation des vibrations par les gants en mesurant leur facteur de transmission des vibrations au niveau de la paume de la main lorsqu'ils sont portés par des sujets d'essai. Le facteur de transmission des vibrations constitue le rapport entre l'accélération efficace pondérée mesurée à l'interface entre le gant et la paume de la main, a_{wsPg} , et l'accélération efficace pondérée mesurée à l'interface entre le gant et une poignée, a_{wsRg} , laquelle doit être spécialement conçue pour permettre la mesure de la force de préhension sur une poignée orientée à l'horizontale. Mathématiquement, le facteur de transmission pondéré obtenu avec la main gantée est représenté par :

$$TR_{sg} = \frac{a_{wsPg}}{a_{wsRg}} \quad (1)$$

où les indices g, P, et R font référence à la main **gantée**, à la **Paume**, et au point de **Référence** sur la poignée, respectivement.

Ce facteur de transmission doit être mesuré en utilisant 3 sujets dont la taille des mains est comprise entre 7 et 9 selon l'EN420 [7]. Pour satisfaire à cette exigence, la circonférence de la main mesurée 20 mm au dessus du point reliant l'index et le pouce doit se situer entre 178 et 229 mm, tandis que la longueur de la main entre l'extrémité du majeur et le point reliant la main et le poignet doit se situer entre 171 et 192 mm. Au cours des essais, les sujets doivent agripper la poignée en maintenant l'avant-bras en direction de l'axe des vibrations, le coude formant un angle d'environ 90° tandis que le poignet peut être fléchi entre 0° et 40° vers l'arrière. La force de préhension appliquée sur la poignée doit être maintenue constante à 30 ± 5 N pendant toute la durée des essais, tandis que la force de poussée doit être fixée à 50 ± 8 N.

Avant d'effectuer les essais avec la main gantée, des mesures doivent être effectuées avec la main à nue en intercalant entre la main et la poignée un adaptateur pour déterminer le facteur de transmission pondéré TR_{sb} , sans le gant. Dans les faits, ce facteur de transmission représente celui de l'adaptateur spécial dans lequel doit être inséré l'accéléromètre devant servir à mesurer les vibrations à l'intérieur du gant. Les exigences techniques relatives à la fabrication de cet adaptateur apparaissent dans la norme ISO 10819, et idéalement le facteur de transmission de cet adaptateur devrait être unitaire dans la gamme de fréquences d'intérêt. Mathématiquement, le facteur de transmission pondéré avec la main à nue représente le rapport entre l'accélération efficace pondérée mesurée entre l'adaptateur et la paume de la main, a_{wsPb} , et l'accélération efficace pondérée mesurée entre l'adaptateur et la poignée, a_{wsRb} , et représenté par :

$$TR_{sb} = \frac{a_{wsPb}}{a_{wsRb}} \quad (2)$$

Le facteur de transmission corrigé du gant est ainsi obtenu en évaluant le rapport suivant :

$$TR_s = \frac{TR_{sg}}{TR_{sb}} \quad (3)$$

où l'indice s réfère au spectre représentant les caractéristiques des vibrations d'entrée à appliquer pour effectuer les essais. Deux spectres sont définis; le premier, M, constituant un bruit blanc dont la bande passante est fixée entre 31.5 et 200 Hz avec pentes de 12 dB/octave. Le deuxième spectre, H, est une adaptation du premier avec une amplitude plus grande et un contenu en fréquences dans la bande passante entre 200 et 1000 Hz. Pour les deux spectres, l'accélération efficace pondérée d'entrée est à peu près similaire, soit 3.4 ms^{-2} pour M et 3.3 ms^{-2} pour H.

Pour qualifier un gant, chaque sujet doit effectuer deux essais avec la main gantée et un essai avec la main à nue sur la poignée pour chacune des deux classes spectrales M et H. Il en résulte donc 6 essais par sujet, procurant ainsi 2 valeurs pour le facteur de transmission corrigé du gant pour chacune des classes spectrales. En répétant ces essais avec deux autres sujets, chacun portant un échantillon de gant différent, le nombre de

valeurs mesurées pour le facteur de transmission corrigé est porté à 6 pour chaque classe spectrale. Le facteur de transmission moyen du gant pour chaque classe spectrale est par la suite déterminé selon le calcul suivant :

$$\overline{\text{TR}}_s = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \text{TR}_{si} \quad (4)$$

où s est fixé à M ou à H et i réfère à chaque valeur entre 1 et 6.

Pour qu'un gant puisse être qualifié comme antivibratile au sens de la norme ISO 10819 :1996, il doit satisfaire aux critères suivants :

$$\begin{aligned} \overline{\text{TR}}_M &< 1.0 \\ \overline{\text{TR}}_H &< 0.6 \end{aligned} \quad (5)$$

Ces exigences impliquent donc que dans le domaine des moyennes fréquences entre 31.5 et 200 Hz, les gants doivent à tout le moins ne pas amplifier les vibrations, tandis qu'à plus hautes fréquences entre 200 et 1000 Hz, une atténuation d'au moins 40% est nécessaire sur le niveau d'accélération efficace pondérée.

Outre les exigences relatives au facteur de transmission moyen des gants, ceux-ci ne peuvent être considérés comme antivibratiles que si les doigts sont protégés par un matériau possédant les mêmes caractéristiques que celui couvrant la paume de la main.

4. ESSAIS INTERLABORATOIRES

4.1 Description des gants à l'essai

Quatre types de gants comportant des matériaux différents ont été sélectionnés. Tous les gants, à l'exception d'un seul (gant #3), étaient disponibles sur le marché au moment d'effectuer les essais et affichaient le marquage CE dénotant leur conformité aux exigences imposées aux équipements de protection par la Communauté européenne (CE). Trois échantillons de chaque type de gant provenant du même lot ont été retenus pour les essais et distribués aux laboratoires participants après les avoir clairement numérotés. Tous les échantillons étaient de grande taille et destinés à être utilisés par la main droite. Les caractéristiques des différents types de gants s'établissent comme suit :

- Gant #1 : enveloppe externe de cuir recouvrant la paume et les doigts et membrane élastomère « Astrosorb »;
- Gant #2 : enveloppe externe complète de nitrile et membrane de matériau viscoélastique « Gelfôm » insérée entre deux couches de mousse;

- Gant #3 : prototype dont l'enveloppe externe complète est de cuir et dont la membrane recouvrant la paume et les doigts est constituée de deux couches de matériau d'emballage à bulles d'air;
- Gant #4 : enveloppe externe complète de cuir et membrane à alvéoles d'air liée à une pompe miniature.

La figure 1 illustre chacun de ces types de gants qui dans tous les cas étaient munis de matériau recouvrant et la paume de la main et les doigts.

4.2 Laboratoires participants

Un laboratoire européen (#1, Angleterre) et deux laboratoires nord-américains (#2, États-Unis; #3, Canada) ont participé aux essais. Chacun des laboratoires participants possédait déjà le montage expérimental requis ainsi que l'expérience nécessaire à l'application de la méthode d'essai décrite dans la norme ISO 10819 : 1996.

4.3 Procédure utilisée par les laboratoires participants

Bien que la norme ISO 10819 :1996 précise les conditions et les exigences à rencontrer pour effectuer et valider les mesures de qualification des gants, il est apparu que certaines variations pouvaient être introduites dans l'application de cette norme par les différents laboratoires. Le tableau 1 relève certaines caractéristiques des systèmes de mesure utilisés et des méthodes appliquées sur lesquelles des variations ont pu être apportées par les laboratoires participants.

Tous les laboratoires ont utilisé un exciteur vibratoire électrodynamique pour générer les spectres M et H requis et tous ont fait appel à un système de boucle à rétroaction pour assurer que les caractéristiques des vibrations générées sur la poignée correspondaient aux exigences prescrites pour ces spectres. Les laboratoires #2 et #3 ont utilisé un système identique, tandis que le laboratoire #1 a utilisé un système beaucoup plus volumineux et à capacité de force supérieure à celle des deux autres laboratoires. De même les laboratoires #2 et #3 ont utilisé un concept de poignée identique et de diamètre sensiblement supérieur à celui prescrit dans la norme (i.e. 45 mm plutôt que 40 mm), tandis que le laboratoire #1 utilisait une poignée se conformant aux spécifications requises. Pour mesurer les forces de poussée exercées par les sujets sur la poignée, les laboratoires #1 et #2 ont opté pour une plateforme de force permettant de mesurer la force longitudinale exercée par les sujets se tenant debout sur cette dernière, tandis que le laboratoire #3 a utilisé un capteur de force inséré directement à l'interface entre le pot vibrant et la poignée. Les trois laboratoires ont utilisé une poignée spécialement conçue munie de jauges de contrainte pour mesurer la force de préhension. De même, tous ont utilisé un adaptateur incorporant un accéléromètre pour mesurer les vibrations transmises à l'intérieur du gant. Les laboratoires #1 et #3 ont utilisé le même type d'accéléromètre uni-axial inséré à l'intérieur de l'adaptateur, tandis que le laboratoire #2 a utilisé un accéléromètre différent opérant dans les trois axes. Des variations dans la conception de l'adaptateur ont été introduites par les laboratoires, ce qui a pu se traduire par l'utilisation de matériaux différents (e.g. titane, bois) et des caractéristiques de masse différentes, certains excédant même la valeur limite de 15 g fixée dans la norme.



Figure 1 : Représentation des différents types de gants considérés dans l'étude.

Tableau 1: Caractéristiques des systèmes de mesure et des méthodes appliquées par les différents laboratoires.

SYSTÈME/ PARAMÈTRE	LABO #1	LABO #2	LABO #3
POT VIBRANT	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de force élevée; • Boucle de rétroaction 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de force: 200 lb; • Boucle de rétroaction 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de force: 200 lb; • Boucle de rétroaction
POIGNÉE	<ul style="list-style-type: none"> • Barre d'aluminium solide avec fente; • Diamètre: 40 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Poignée d'aluminium en deux parties; • Diamètre: 45 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Poignée d'aluminium en deux parties; • Diamètre : 45 mm
MESURE DE L'ACCÉLÉRATION À L'INTÉRIEUR DU GANT	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptateur comportant accéléromètre B&K 4374 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptateur en titane (15.7 g) et accéléromètre tri-axial Endevco, 35A-Z 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptateur en bois (13 g) et accéléromètre uni-axial B&K 4374.
MESURE DE LA FORCE DE PRÉHENSION	<ul style="list-style-type: none"> • Gauges de contrainte intégrés à la poignée 	<ul style="list-style-type: none"> • Gauges de contrainte dans la poignée 	<ul style="list-style-type: none"> • Gauges de contrainte dans la poignée
MESURE DE LA FORCE DE POUSSÉE	<ul style="list-style-type: none"> • Plateforme de force 	<ul style="list-style-type: none"> • Plateforme de force 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur de force entre la poignée et le pot vibrant
APPLICATION DE LA PONDÉRATION	<ul style="list-style-type: none"> • Filtre de pondération ISO 5349-1 :2001 	<ul style="list-style-type: none"> • Facteurs de pondération ISO 5349 :1986 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtre de pondération ISO 5349-1 :2001
ORIENTATION DE L'ADAPTATEUR	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune correction 	<ul style="list-style-type: none"> • Correction pour l'angle de lacet 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune correction
PLAGE DE FRÉQUENCE POUR ANALYSE	<ul style="list-style-type: none"> • 6.3 – 1250 Hz 	<ul style="list-style-type: none"> • M : 16-400 Hz; • H : 100-1600 Hz 	<ul style="list-style-type: none"> • 6.3 – 1250 Hz
TRI DES RÉSULTATS	Non rapporté	Retient 2 des 3 meilleures mesures par sujet	Aucun

Les méthodes utilisées pour traiter les données ont aussi fait l'objet de variations de la part des laboratoires. L'évaluation des facteurs de transmission globaux pondérés sous les spectres M et H a été effectué par les laboratoires #1 et #3 en appliquant le filtre de pondération défini dans la norme ISO 5349-1 :2001 sur toute la plage de fréquence entre 6.3 et 1 250 Hz. Par ailleurs, le laboratoire #2 a appliqué les facteurs de pondération définis dans l'ancienne version de la norme (ISO 5349 :1986) à chacune des bandes de

fréquence de tiers d'octave et calculé les valeurs TR_s strictement sur les plages de fréquence définies pour chacun des spectres d'excitation, soit 16 – 400 Hz pour le spectre M et 100 – 1 600 Hz pour le spectre H. Chaque laboratoire a utilisé un logiciel pour calculer les facteurs de transmission globaux pondérés : Lotus pour labo #1, Excel pour labo #2 et LabWindows pour labo #3.

Quand au contrôle exercé pour tenir compte des variations causées par une mauvaise orientation de l'adaptateur devant être inséré à l'intérieur du gant lors des essais avec main gantée, seul le laboratoire #2 s'est préoccupé de définir un facteur de correction pour tenir compte de la déviation de l'angle de lacet entre l'axe central de l'adaptateur et celui de la poignée et corriger les facteurs de transmission mesurés en conséquence. Enfin, la méthode utilisée par les différents laboratoires pour retenir les données devant servir à l'évaluation des facteurs de transmission moyens a pu varier, certains effectuant 3 essais par sujet mais ne retenant que les deux procurant les valeurs les plus rapprochées (labo.#2), les autres n'effectuant aucun tri et suivant précisément le nombre d'essais recommandés dans la norme.

4.4 Sélection des sujets d'essai et considérations d'éthique

Les seules conditions énoncées dans la norme ISO 10819 :1996 relatives au choix des sujets concernent la taille des mains qui doivent être comprises entre 7 et 9 selon l'EN 420. Le tableau 2 procure les dimensions des mains qui correspondent à ces tailles, lesquelles sont exprimées en terme de circonférence de la main et de longueur. La circonférence de la main correspond au pourtour de la main tel que mesuré 20 mm au dessus de la jonction entre le pouce et l'index. La longueur correspond à la distance entre l'extrémité du majeur et la base du poignet.

Tableau 2 : Caractérisation de la taille des mains selon l'EN 420.

TAILLE	CIRCONFÉRENCE (mm)	LONGUEUR (mm)
7	178	171
8	203	182
9	229	192

Chaque laboratoire participant a établi sa propre procédure pour effectuer le choix des sujets et réaliser les mesures visant à caractériser la taille de leurs mains et se conformer aux exigences de sélection de la norme ISO 10819. Selon les laboratoires impliqués, des formulaires visant à obtenir l'autorisation d'un Comité d'éthique sur la recherche (CÉR) ont pu être requis, nécessitant aussi la préparation d'un formulaire de consentement à faire signer aux participants. Ce fut le cas pour le laboratoire #3 pour lequel une copie du type de formulaire utilisé est présentée à l'annexe 1.

4.5 Essais additionnels

Au-delà des essais prescrits dans la norme ISO 10819 :1996, le laboratoire #3 a introduit certains essais additionnels dans le but d'investiguer des moyens de simplifier le protocole expérimental et/ou de réduire les variations intra- et inter-individuelles. Pour ce faire, les conditions suivantes ont été ajoutées au protocole expérimental de base :

1. augmentation du nombre de sujets de 3 à 5;
2. augmentation du nombre d'essais répétés par sujet par classe spectrale pour la condition main gantée de 2 à 5;
3. ajout de deux classes spectrales d'excitation à celles de M et H: i) bruit blanc avec densité spectrale de puissance fixée à $0.4 \text{ (ms}^{-2}\text{)}^2/\text{Hz}$ entre 25 et 1 250 Hz et procurant une accélération efficace pondérée de 2.2 ms^{-2} , non pondérée 22.9 ms^{-2} ; ii) bruit rose procurant une accélération efficace pondérée de 3.1 ms^{-2} , non pondérée 12.3 ms^{-2} entre 25 et 1 250 Hz.

Les effets apportés par ces modifications sont discutés dans une section distincte de ce rapport.

4.6 Banc d'essai

La figure 2 illustre un exemple de banc d'essai mis au point par le laboratoire #3. Les détails relatifs à sa construction et à sa mise au point peuvent être consultés dans le rapport de l'IRSST intitulé : « *Identification et étude de produits favorisant la réduction de l'exposition aux vibrations main-bras chez les opérateurs d'outils portatifs vibrants* » [8].

5. RÉSULTATS DES ESSAIS INTERLABORATOIRES

5.1 Facteurs de transmission moyens des gants

Les facteurs de transmission moyens des gants $\overline{\text{TR}}_M$ et $\overline{\text{TR}}_H$ tels que rapportés par les différents laboratoires sous les spectres d'excitation M- et H- apparaissent dans les tableaux 3a et 3b, respectivement. L'écart type sur la moyenne des 6 valeurs mesurées est inscrite entre parenthèses, tandis que l'écart entre les valeurs minimales et maximales rapportées par les différents laboratoires est aussi rapporté.

Ces résultats relèvent des différences importantes entre les valeurs des facteurs de transmission pondérés rapportés par les différents laboratoires. L'écart semble être plus marqué entre les valeurs rapportées par le laboratoire #1 et celles des deux autres laboratoires qui rapportent des valeurs plus rapprochées et généralement inférieures à celles du laboratoire #1. Les différences semblent être d'autant plus marquées avec les gants #3 et #4, et davantage sous le spectre d'excitation H. Les résultats porteraient les laboratoires #2 et #3 à qualifier le gant #4 d'antivibratile, tandis que ceux rapportés par le

laboratoire #1 sous le spectre H pour le même type de gant inciteraient à conclure que le critère de qualification n'est pas rencontré. Les résultats de tests statistiques t de Student sont présentés dans l'annexe 2 sur la base des données apparaissant dans les tableaux 3a et 3b (10 degrés de liberté). Ces résultats viennent confirmer les observations rapportés précédemment à l'effet que les différences les plus significatives apparaissent entre le laboratoire 1 et les deux autres, et plus particulièrement pour les gants #3 et #4.

Tableau 3a: Résultats des essais interlaboratoires – Spectre M

GANT #	\overline{TR}_M			ÉCART MAX-MIN
	Labo #1	Labo#2	Labo#3	
1	0.92 (0.05)	0.86 (0.04)	0.84 (0.04)	0.08
2	0.94 (0.06)	0.90 (0.03)	0.88 (0.07)	0.06
3	0.91 (0.03)	0.86 (0.03)	0.78 (0.08)	0.13
4	0.94 (0.02)	0.85 (0.05)	0.81 (0.05)	0.13

Tableau 3b: Résultats des essais interlaboratoires – Spectre H

GANT #	\overline{TR}_H			ÉCART MAX-MIN
	Labo #1	Labo#2	Labo#3	
1	0.63 (0.03)	0.61 (0.04)	0.63 (0.06)	0.02
2	0.82 (0.03)	0.78 (0.06)	0.81 (0.09)	0.04
3	0.77 (0.04)	0.66 (0.12)	0.62 (0.03)	0.15
4	0.75 (0.05)	0.58 (0.06)	0.53 (0.09)	0.22

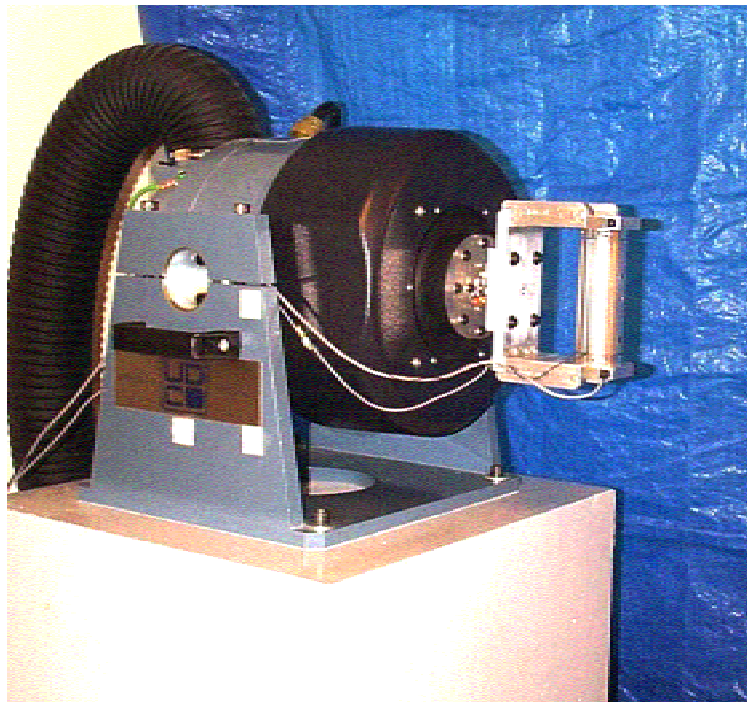


Figure 2 : Exemple de banc d'essai pour mesurer les facteurs de transmission des gants.

Les deux laboratoires rapportant les résultats les plus semblables pour l'ensemble des gants (laboratoires #2 et #3) sont ceux qui utilisent un montage expérimental similaire, bien que des différences ont été relevées dans leur façon d'appliquer la pondération en fréquences et pour calculer les facteurs de transmission pondérés. En considérant le peu de différence relevée entre les facteurs de pondération en fréquence définis à des fréquences supérieures à 20 Hz dans les versions 1986 et 2001 de la norme ISO 5349, les résultats obtenus par les laboratoires #2 et #3 pourraient indiquer que le calcul des facteurs de transmission globaux pondérés sur toute la plage de fréquences des vibrations main-bras mène à des résultats similaires à ceux réalisés en se limitant aux plages de fréquences délimitées par chacun des spectres M- et H-. De plus, le peu de différence rapporté entre les résultats des laboratoires #2 et #3 suggère que l'application d'un facteur de correction pour tenir compte des variations de l'angle d'orientation de l'adaptateur n'a que peu d'influence sur les résultats. De même, il ne semble pas que l'utilisation de méthodes différentes de mesure de la force de poussée par les laboratoires #2 et #3 ait pu introduire des variations dans les résultats. Par ailleurs, les différences importantes dans les caractéristiques des bancs d'essai utilisés par les laboratoires #1 et #3, notamment au niveau de la conception des poignées, pourraient être à l'origine de différences importantes dans les résultats tels que rapportés par ces deux laboratoires.

5.2 Réponse en fréquences des gants

La réponse en fréquence moyenne des différents gants telle que mesurée par les différents laboratoires apparaît graphiquement dans la figure 3. Les courbes de réponse en fréquences présentent les facteurs de transmission moyens corrigés des gants (i.e. par rapport aux résultats mesurés avec la main à nu) à des fréquences discrètes correspondant aux fréquences centrales de bandes de tiers d'octave entre 25 et 1250 Hz. Ces facteurs de transmission sont mesurés sous les spectres d'excitation M- et H- et la moyenne est établie en retenant les résultats de 2 essais consécutifs réalisés avec 3 sujets. Les résultats rapportés pour les laboratoires #2 et #3 représentent les facteurs de transmission moyens mesurés par bandes de tiers d'octave, et les courbes de la réponse en fréquence sont obtenues en combinant les résultats mesurés sous le spectre d'excitation M- entre 25 et 400 Hz à ceux obtenus sous le spectre H- entre 100 et 1250 Hz. Pour le laboratoire #1, les courbes de réponse en fréquence représentent les facteurs de transmission correspondant aux fréquences centrales de bandes de tiers d'octave, ces données étant extraites des fonctions de transfert moyennes des gants telles que mesurées avec une résolution en fréquence de 1.95 Hz et couvrant la plage de fréquences entre 31.25 et 199.22 Hz sous le spectre M- et 201.17 à 1000 Hz sous le spectre H-.

La forme des courbes de transmissibilité mesurées par les laboratoires #2 et #3 est similaire pour tous les gants, et indique une diminution graduelle du facteur de transmission avec un accroissement de la fréquence jusqu'à 125 Hz, suivi d'une augmentation de la transmissibilité pour atteindre un maximum à 250 Hz. Au-delà de cette fréquence, il y a diminution graduelle des facteurs de transmission avec une augmentation de la fréquence. En comparaison, les facteurs de transmission mesurés par le laboratoire #1 sont beaucoup plus élevés que ceux rapportés par les deux autres

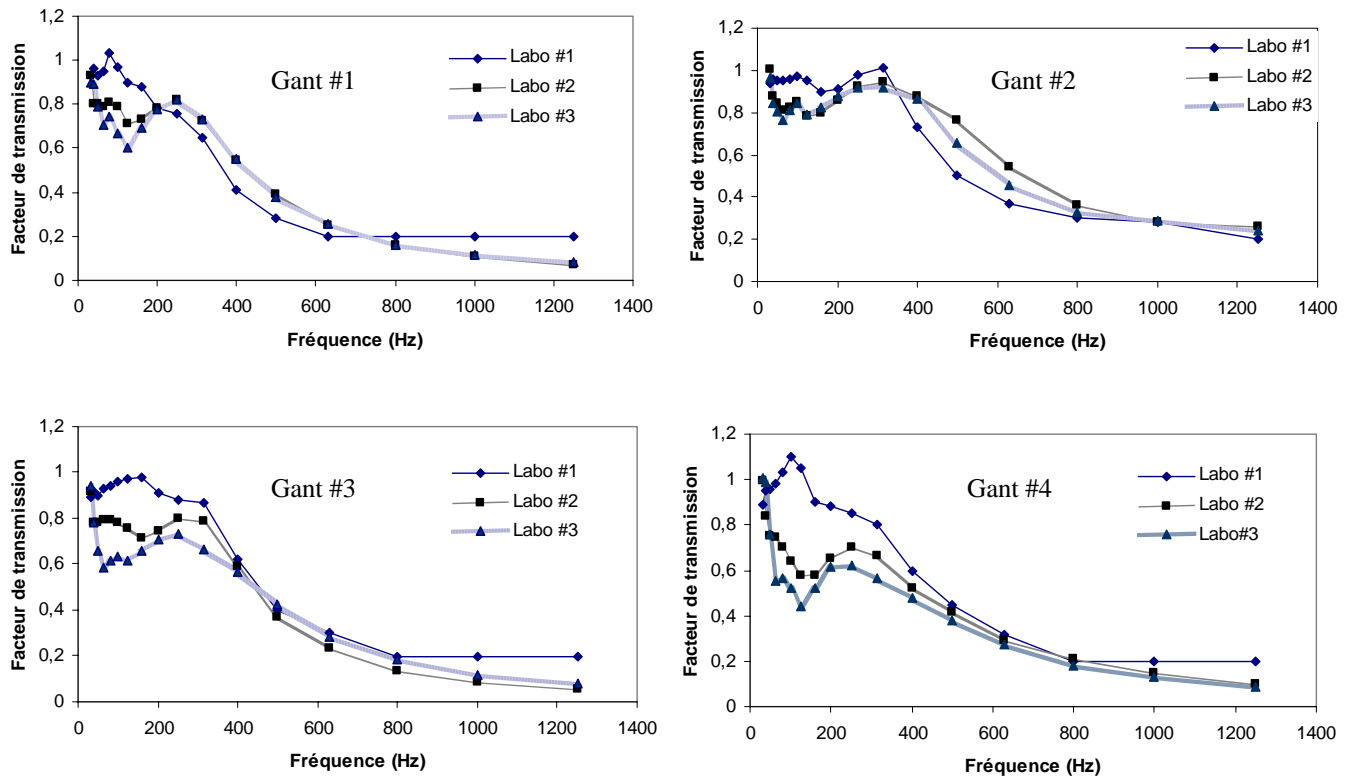


Figure 3: Courbes de réponse en fréquences moyennes des gants déterminées par les différents laboratoires à des bandes de fréquences centrales de tiers d’octave entre 31.5 et 1250 Hz (3 sujets x 2 essais sous les spectres M-et H-)

laboratoires aux fréquences inférieures à 250 Hz, tandis que l'écart devient moins considérable à plus hautes fréquences. Pour la majorité des gants, la valeur du facteur de transmission moyen rapporté par les différents laboratoires se situe rarement au-dessus de 1.0 entre 31.5 et 1250 Hz. Les valeurs plus importantes des facteurs de transmission pondérés moyens rapportés par le laboratoire #1 pour l'ensemble des gants apparaissent à des fréquences inférieures à 250 Hz. Tandis que les résultats rapportés par les laboratoires #2 et #3 révèlent un creux dans les courbes de réponse en fréquences à 125 Hz, un tel comportement n'apparaît pas dans les résultats du laboratoire #1. Cependant, les valeurs de maxima produites à 250 Hz sont rapportées par l'ensemble des laboratoires. Des essais détaillés réalisés par le laboratoire #2 pour étudier le comportement vibratoire de la poignée ont révélé que le creux observé à 125 Hz dans la courbe de réponse en fréquence des gants pourrait avoir été causé par une résonance de la poignée, dont le concept de fabrication par les laboratoires #2 et #3 introduisait une flexibilité pour permettre la mesure des forces de préhension.

5.3 Variations intra- et inter-individuelles

Les facteurs de transmission rapportés par chaque laboratoire pour chaque essai réalisé avec les différents sujets sous les spectres d'excitation M- et H- sont présentés dans les tableaux 4 et 5. L'écart total des valeurs exprimant la différence entre les valeurs minimale et maximale du facteur de transmission mesuré pour chaque gant apparaît également dans ces tableaux.

Tableau 4: Facteurs de transmission pondérés mesurés par chaque laboratoire sous le spectre d'excitation M- pour chaque essai réalisé avec les différents sujets pour l'ensemble des gants.

GANT	SUJET	TR_M						ÉCART TOTAL
		LABO #1		LABO #2		LABO #3		
1	1	0.97	0.95	0.83	0.80	0.88	0.84	0.76-0.97
	2	0.86	0.95	0.89	0.83	0.87	0.87	
	3	0.94	0.93	0.89	0.91	0.76	0.80	
2	1	0.99	1	0.84	0.88	0.95	0.96	0.79-1
	2	0.88	0.85	0.90	0.91	0.83	0.86	
	3	0.95	0.94	0.94	0.90	0.87	0.79	
3	1	0.95	0.95	0.85	0.81	0.84	0.82	0.64-0.95
	2	0.88	0.89	0.86	0.83	0.73	0.64	
	3	0.89	0.9	0.90	0.88	0.83	0.82	
4	1	0.97	0.95	0.80	0.79	0.79	0.85	0.76-0.97
	2	0.92	0.92	0.90	0.85	0.86	0.86	
	3	0.98	0.93	0.89	0.88	0.76	0.76	

Globalement, les variations intra-individuelles rapportées par les différents laboratoires sont qualifiées de faibles, l'écart le plus considérable apparaissant avec le gant #3 et se situant à $\pm 6.5\%$ sous le spectre M- et $\pm 8.5\%$ sous le spectre H-. Les variations inter-individuelles sont beaucoup plus importantes comme le démontrent les valeurs rapportées pour l'écart-type dans les tableaux 3a et 3b. Les coefficients de variation sur les valeurs

moyennes rapportés par les différents laboratoires varient entre 2.1 et 8% sous le spectre M- et 3.6 à 18.2% sous le spectre H-. Les variations inter-individuelles apparaissent comme étant les plus importantes sous le spectre H, et de façon encore plus marquée avec les gants #3 et #4 qui utilisent des membranes à alvéoles d'air. Les résultats obtenus dans certains laboratoires démontrent des variations importantes entre les sujets, certains menant constamment à des valeurs plus élevées que pour les autres sujets. De tels comportements pourraient être attribuables à des variations dans la façon de maintenir la poignée et de positionner l'adaptateur à l'intérieur des gants.

Tableau 5: Facteurs de transmission pondérés mesurés par chaque laboratoire sous le spectre d'excitation H- pour chaque essai réalisé avec les différents sujets pour l'ensemble des gants.

GANT	SUJET	TR _H						ÉCART TOTAL
		LABO #1		LABO #2		LABO #3		
1	1	0.6	0.63	0.63	0.65	0.68	0.64	0.53-0.68
	2	0.65	0.59	0.61	0.64	0.68	0.65	
	3	0.65	0.66	0.60	0.53	0.57	0.54	
2	1	0.86	0.82	0.80	0.80	0.90	0.92	0.69-0.92
	2	0.77	0.83	0.81	0.84	0.80	0.81	
	3	0.81	0.81	0.70	0.72	0.74	0.69	
3	1	0.72	0.76	0.59	0.70	0.65	0.65	0.52-0.85
	2	0.85	0.76	0.52	0.54	0.60	0.57	
	3	0.75	0.77	0.80	0.80	0.64	0.63	
4	1	0.7	0.71	0.54	0.48	0.56	0.57	0.39-0.82
	2	0.8	0.82	0.62	0.59	0.60	0.61	
	3	0.72	0.76	0.64	0.62	0.39	0.44	

En considérant l'ensemble des valeurs individuelles du facteur de transmission pondéré rapportées par les laboratoires participants pour les différents gants, des écarts considérables entre les valeurs maximale et minimale ont pu être observés, atteignant 26.5% sous le spectre M- et 110% sous le spectre H-. De telles variations apparaissent comme étant très importantes, particulièrement avec les gants #3 et #4 lorsqu'ils sont évalués sous le spectre H-. Dans un tel contexte, il convient de demander si de telles variations ne sont pas trop excessives pour considérer que la méthode d'essai puisse être reconnue sur le plan normatif.

6. RÉSULTATS DES ESSAIS ADDITIONNELS

6.1 Augmentation du nombre d'essais et de sujets

La méthode d'essai telle que décrite dans la norme ISO 10819 est modifiée en faisant passer le nombre de sujets de 3 à 5 et le nombre d'essais par sujet par classe spectrale de 2 à 5 lorsque la main est gantée. Ces essais sont réalisés dans le laboratoire #3 seulement

et visent à déterminer s'il est possible d'accroître la fiabilité des résultats en utilisant un plus grand nombre de données pour calculer les facteurs de transmission moyens sous les deux spectres d'excitation vibratoires M- et H-. En effet, en répétant 5 essais avec chacun des 5 sujets sous chacune des classes d'excitation vibratoire, la moyenne des facteurs de transmission pondéré peut être établi sur la base de 25 valeurs, plutôt que 6 comme recommandé dans la norme actuelle. Les tableaux 6a et 6b présentent les résultats des essais réalisés avec les 5 sujets où les données ont été regroupées de sorte à établir les facteurs de transmission pondéré moyens sur la base des résultats individuels regroupés en combinaisons incluant 3 sujets x 2 essais et où ils sont comparés à la moyenne globale établie pour l'ensemble des essais (i.e. 5 sujets x 5 essais). Dans ces tableaux, l'écart-type sur la moyenne des valeurs est présentée entre parenthèses. D'autres regroupements des valeurs combinant 3 sujets x 2 essais auraient pu être établis (10000 combinaisons possibles) en dehors de ceux indiqués dans les tableaux 6a et 6b; cependant, seules les combinaisons apparaissant dans ces tableaux ont été considérées dans le cadre de cette analyse. Ceci semble être justifié par les résultats d'une étude récente [10] suggérant que globalement les valeurs moyennes des facteurs de transmission ne varient pas de façon importante lorsque l'ensemble des autres combinaisons sont considérées.

Tableau 6a: Facteurs de transmission globaux pondérés mesurés sous le spectre d'excitation M- pour différentes combinaisons sujets/essais.

TR_M							
GANT #	Sujets 1,2,3 Essais #1,2	Sujets 1,2,3 Essais #3,4	Sujets 1,2,3 Essais# 5,1	Sujets 4,5,1 Essais #1,2	Sujets 4,5,1 Essais #3,4	Sujets 4,5,1 Essais #5,1	Global 5 sujets x 5 essais
1	0.84 (0.04)	0.85 (0.03)	0.84 (0.04)	0.78 (0.07)	0.80 (0.04)	0.80 (0.09)	0.82 (0.06)
2	0.88 (0.07)	0.86 (0.08)	0.87 (0.07)	0.90 (0.06)	0.87 (0.08)	0.90 (0.07)	0.89 (0.06)
3	0.78 (0.08)	0.75 (0.10)	0.76 (0.12)	0.85 (0.04)	0.84 (0.05)	0.85 (0.04)	0.80 (0.10)
4	0.81 (0.05)	0.82 (0.05)	0.79 (0.07)	0.80 (0.04)	0.80 (0.03)	0.80 (0.04)	0.81 (0.04)

Tableau 6b: Facteurs de transmission globaux pondérés mesurés sous le spectre d'excitation H- pour différentes combinaisons sujets/essais.

TR_H							
GANT #	Sujets 1,2,3 Essais #1,2	Sujets 1,2,3 Essais #3,4	Sujets 1,2,3 Essais# 5,1	Sujets 4,5,1 Essais #1,2	Sujets 4,5,1 Essais #3,4	Sujets 4,5,1 Essais #5,1	Global 5 sujets x 5 essais
1	0.63 (0.06)	0.61 (0.04)	0.64 (0.04)	0.58 (0.08)	0.55 (0.03)	0.56 (0.07)	0.59 (0.06)
2	0.81 (0.09)	0.75 (0.17)	0.78 (0.13)	0.80 (0.07)	0.74 (0.15)	0.77 (0.12)	0.80 (0.11)
3	0.62 (0.03)	0.61 (0.06)	0.60 (0.06)	0.69 (0.05)	0.69 (0.02)	0.70 (0.04)	0.65 (0.06)
4	0.53 (0.09)	0.50 (0.10)	0.51 (0.11)	0.53 (0.09)	0.51 (0.11)	0.52 (0.12)	0.54 (0.08)

Les résultats présentés dans les tableaux 6a et 6b démontrent qu'il y a une excellente corrélation entre les facteurs de transmission moyens évalués sur la base de 6 valeurs (3 sujets x 2 essais) et ceux obtenus en combinant l'ensemble des 25 valeurs (5 sujets x 5 essais). La moyenne établie sur la base de 6 valeurs se situe généralement en deçà de 8% de celle calculée en utilisant les 25 valeurs. Ces résultats suggèrent donc le fait

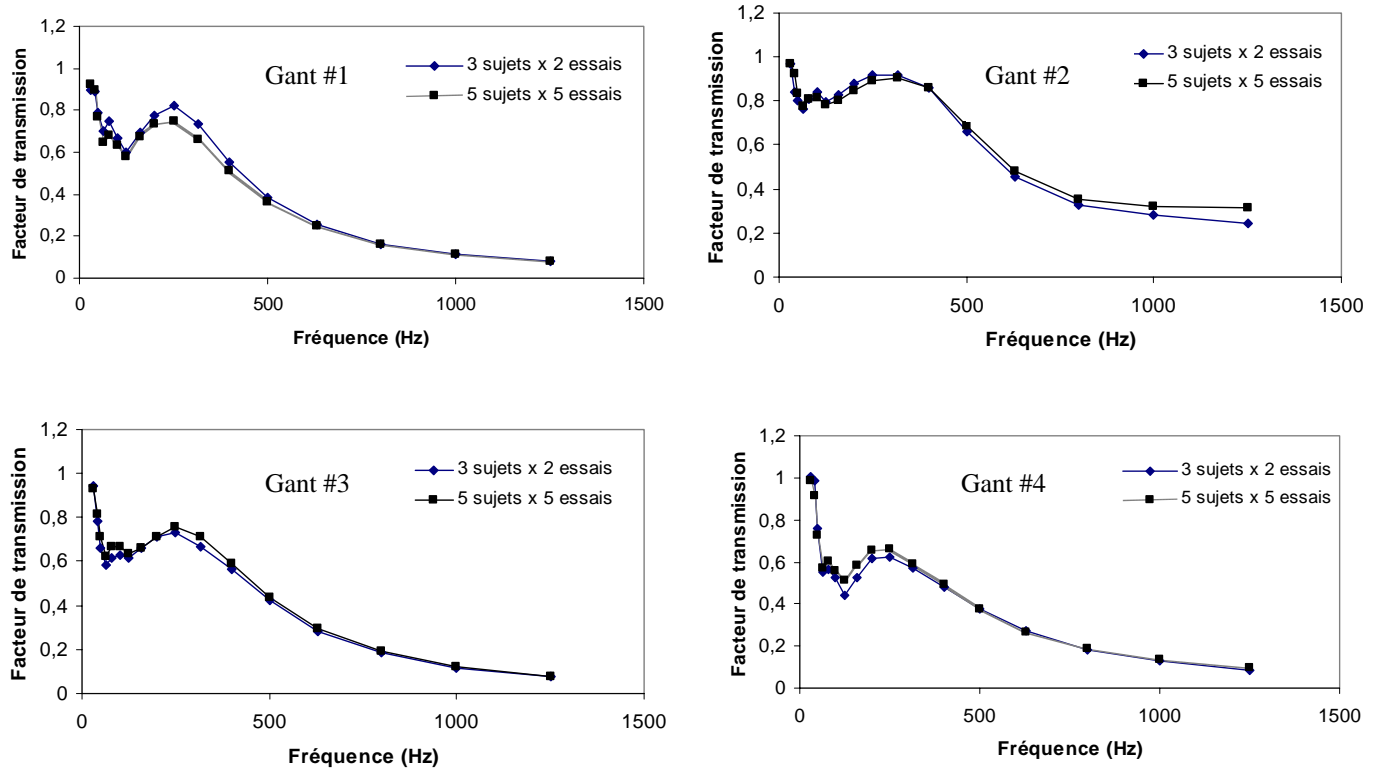


Figure 4: Influence de l'augmentation du nombre de sujets et d'essais sur les courbes de réponse en fréquence des gants.

d'utiliser un nombre plus grand de sujets effectuant plus d'essais n'a pas nécessairement de conséquence importante sur la moyenne calculée en utilisant le nombre de sujets et d'essais tel que prescrit dans la norme ISO 10819. Les courbes de réponse en fréquence moyennes des gants calculées sur la base des résultats regroupant 6, puis 25 essais sous les spectres d'excitation M- et H- sont présentées dans la figure 4. Ces courbes démontrent qu'il y a très peu de différences liées au nombre de données utilisées pour établir la moyenne et ce, sur toute la plage de fréquence d'intérêt.

6.2 Utilisation de classes d'excitation additionnelles à bande large

L'effet d'utiliser des classes d'excitation vibratoire additionnelles à celles définies par les spectres M- et H- dans la norme ISO 10819 a été étudié en définissant deux spectres d'excitation à bande large couvrant la plage de fréquences entre 25 et 1250 Hz. Le premier est défini par un bruit blanc (WN) pour lequel la densité spectrale de puissance (DSP) est fixée à $0.4 \text{ (ms}^{-2}\text{)}^2/\text{Hz}$, et pour lequel l'accélération efficace pondérée et non pondérée est établie à 2.2 et 22.9 ms^{-2} , respectivement. Le deuxième est un bruit rose pour lequel l'accélération efficace pondérée et non pondérée est fixée à 3.1 et 12.3 ms^{-2} , respectivement. Les deux types d'excitation procurent un niveau d'excitation similaire à une fréquence de 80 Hz. Les courbes de réponse en fréquence moyennes des gants évaluées sous ces deux classes d'excitation additionnelles apparaissent dans la figure 5 où elles sont comparées à celles déterminées sous les spectres M- et H-. Les courbes présentent les résultats moyens établies par bandes de fréquence de tiers d'octave en utilisant les données recueillies avec 5 sujets, chacun effectuant 5 essais.

Pour l'ensemble des gants, les courbes moyennes de réponse en fréquence mesurées sous les différents spectres d'excitation vibratoire indiquent un comportement similaire, qui apparaît comme étant linéaire sous les types et niveaux d'excitation considérés. En raison de la simplification que pourrait apporter l'utilisation d'une seule classe d'excitation vibratoire (bruit blanc ou bruit rose) couvrant toute la plage de fréquences d'intérêt, ce résultat est particulièrement pertinent dans un contexte où des discussions sont en cours pour réviser la norme ISO 10819. En effet, la nécessité de générer des excitations vibratoires ayant des caractéristiques bien précises telles que définies par les spectres M- et H- peut présenter des exigences instrumentales difficiles à rencontrer par certains laboratoires, en plus d'augmenter le nombre d'essais requis pour couvrir deux spectres distincts d'excitation. Ce nombre pourrait être réduit en utilisant une seule classe d'excitation couvrant toute la plage de fréquences d'intérêt. Une fois la courbe de réponse en fréquence des gants établie sous une excitation vibratoire à bande large, la possibilité existe d'utiliser ces données pour calculer le facteur de transmission global pondéré prévu sous différents types d'excitations vibratoires. Une telle approche a été appliquée et s'est avérée produire des résultats en excellent accord avec des résultats de mesure utilisant des spectres d'excitation vibratoires associés à l'opération de différents types d'outils [9].

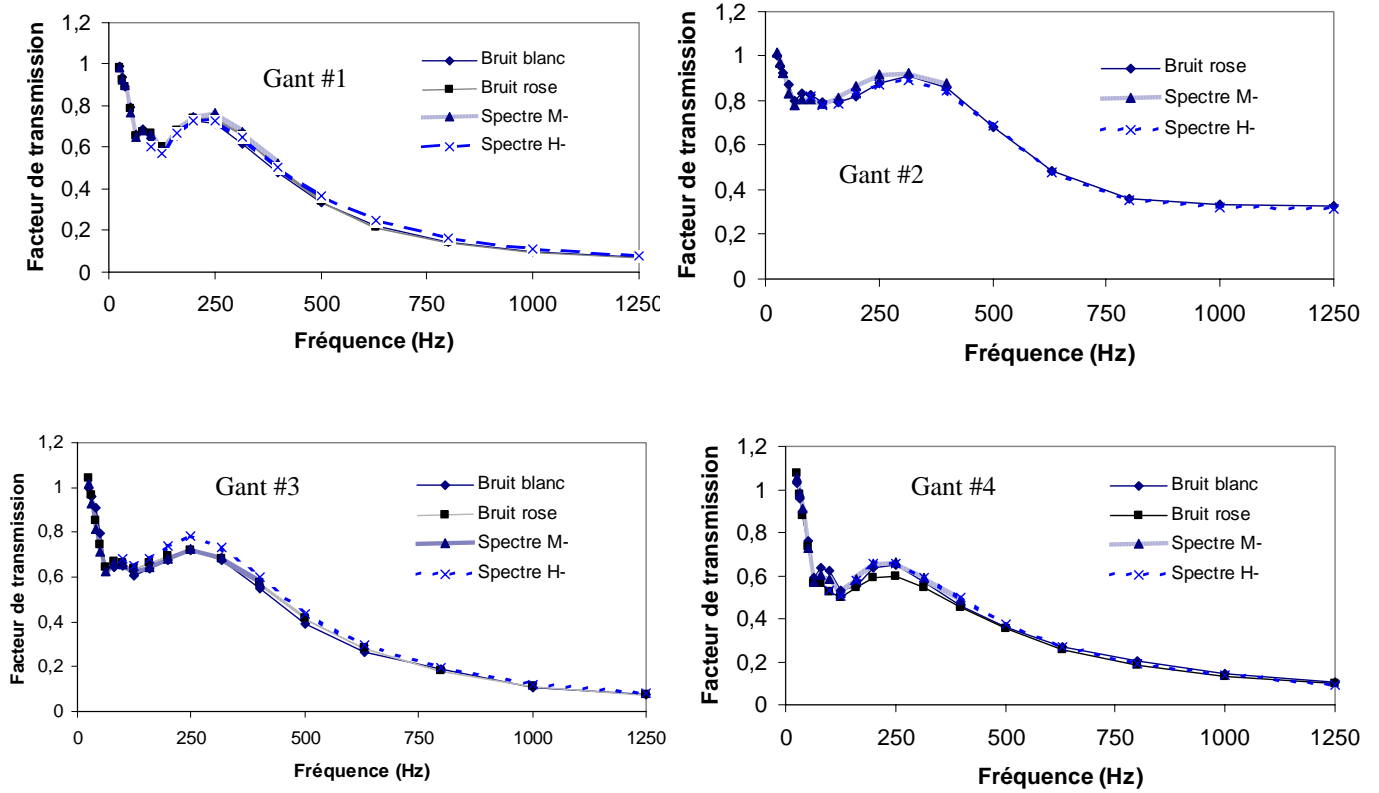


Figure 5: Courbes de réponses en fréquence moyennes des gants sous différents spectres d'excitation vibratoire (5 sujets x 5 essais).

6.3 Estimation des facteurs de transmission des gants à partir de leurs courbes de réponse en fréquence

Afin de démontrer comment les courbes de réponse en fréquences des gants évaluées sous les spectres d'excitation vibratoire à bande large (WN ou bruit rose), $TR_{BB}(f_i)$, peuvent être utilisées pour estimer les facteurs de transmission globale pondérée, TR_s , sous différents spectres d'excitation vibratoire, s , des calculs ont été effectués en retenant comme excitations les spectres M, H, WN et bruit rose pour les 4 types de gants. Les calculs ont été effectués selon l'équation suivante:

$$TR_s = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (TR_{BB}(f_i) \cdot W(f_i) \cdot a_s(f_i))^2}{\sum_{i=1}^N (W(f_i) \cdot a_s(f_i))^2} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Dans cette équation, $W(f_i)$ représente les facteurs de pondération en fréquence applicables au système main-bras à la fréquence f_i , $a_s(f_i)$ représente l'accélération efficace de l'excitation vibratoire s définie à la même fréquence, et N représente le nombre de bandes de fréquences de tiers d'octave dans la plage de fréquences d'intérêt (25 à 1250 Hz). La corrélation entre les valeurs mesurées des facteurs de transmission globale pondérée et les valeurs calculées selon l'équation (2) est représentée graphiquement dans la figure 6.

L'excellente corrélation ($R^2 = 0.986$) obtenue entre les valeurs mesurées et celles calculées vient confirmer l'applicabilité d'une telle méthode pour estimer les facteurs de transmission des gants sous différents spectres d'excitation vibratoire. Cette méthode est valable en autant que la courbe de réponse en fréquence des gants soit connue, telle que déterminée sous une excitation vibratoire de type WN ou bruit rose. Aussi, ces résultats viennent confirmer ceux rapportés antérieurement par Griffin [4], bien que le degré de corrélation rapporté dans leur étude ait été sensiblement inférieur à celui de cette étude.

Une comparaison des valeurs mesurées et calculées des facteurs de transmission globale pondérée des gants sous les spectres d'excitation M-et H- apparaît dans le tableau 7, où les calculs ont été basés sur les courbes de réponse en fréquence des gants telles que déterminées sous le spectre d'excitation WN.

Tableau 7: Comparaison des valeurs mesurées et calculées des facteurs de transmission globale pondérée des gants sous les spectres d'excitation M- et H-.

GANT #	\overline{TR}_M			\overline{TR}_H		
	Mesuré	Calculé	% diff.	Mesuré	Calculé	% diff.
1	0.82 ± 0.06	0.80	2.4	0.59 ± 0.06	0.58	1.7
2	0.89 ± 0.06	0.88	1.1	0.80 ± 0.11	0.79	1.2
3	0.80 ± 0.10	0.80	0	0.65 ± 0.06	0.59	9.2
4	0.81 ± 0.04	0.78	3.7	0.54 ± 0.08	0.53	1.8

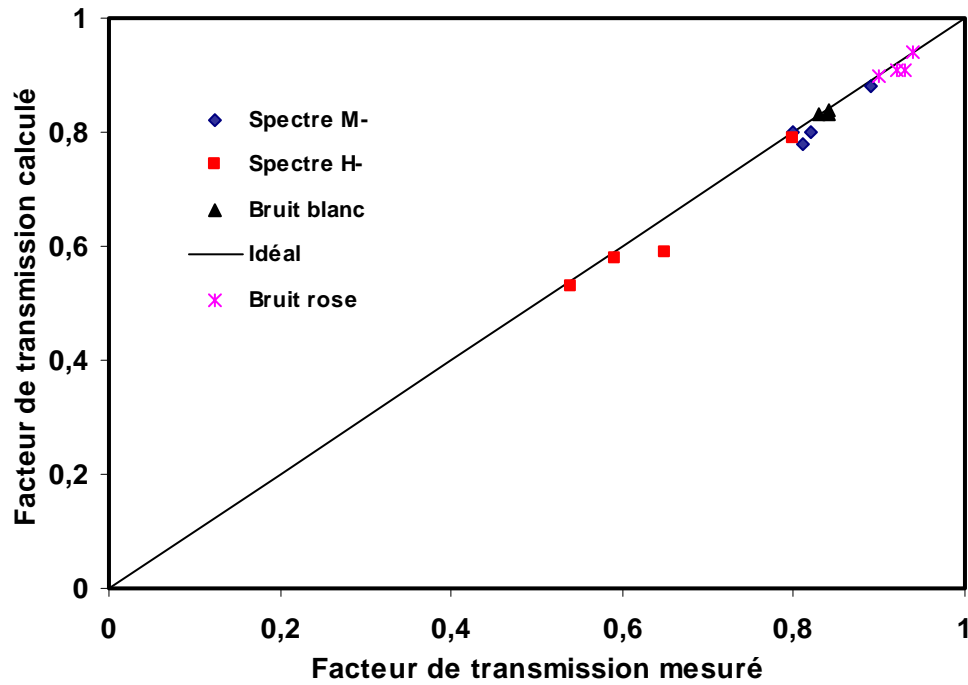


Figure 6: Estimation des facteurs de transmission globale pondérée à partir des courbes de réponse en fréquence des gants évaluées sous un spectre d'excitation bruit blanc à bande large.

L'écart entre les valeurs calculées et mesurées s'établi à moins de 3.7%, sauf pour le gant #3 sous le spectre H- pour lequel les différences sont plus marquées. De façon générale, les valeurs calculées ont tendance à surestimer la performance des gants sous les spectres d'excitation M-et H-.

6.4 Comparaison avec les résultats d'autres essais interlaboratoires

De juin 1998 à avril 2001, une série d'essais interlaboratoires impliquant 7 laboratoires s'est déroulée en Europe avec sensiblement les mêmes objectifs que ceux définis dans la présente étude. Parallèlement, ces essais devaient permettre de statuer sur la nécessité de réviser la norme ISO 10819 :1996 et d'identifier les aspects sur lesquels cette révision devait porter. Bien que réalisés avec des spécimens différents de gants que ceux utilisés ici, les essais réalisés au cours de cette étude plus large ont engendré des résultats [11] comparables à ceux présentés dans cette étude, notamment :

- variations inter-individuelles ou coefficient de variation entre 6 et 16% sur les facteurs de transmission moyens rapportés par les différents laboratoires (2.1 à 18.2% dans cette étude);
- variations intra-individuelles généralement entre 2 et 6%, avec quelques exceptions atteignant 39% dans un cas ($\pm 6.5\%$ sous le spectre M- et $\pm 8.5\%$ sous le spectre H- obtenus dans cette étude) ;
- écart maximum entre les laboratoires des facteurs de transmission moyens égal à 0.22 (même valeur que dans cette étude, obtenue avec le même type de gant sous la même classe d'excitation H-);
- influence minimale liée à l'augmentation du nombre de sujets et d'essais;
- tous les gants ont pu rencontrer le critère d'acceptabilité ($\overline{TR}_M < 1.0$) sous le spectre M-, la différence entre les gants étant ressortie davantage sous le spectre H- comme dans la présente étude;
- pour un des quatre types de gant, des résultats contradictoires ont été rapportés par les laboratoires sur la capacité du gant à rencontrer les critères de qualification, certains le qualifiant de gant antivibratile, d'autres ne permettant pas de rencontrer l'ensemble des critères, comme dans la présente étude.

Par ailleurs, l'étude pilotée par le HSL a révélé des résultats contradictoires sur l'importance de contrôler la force de préhension lors des essais, certains laboratoires ne rapportant aucune différence liée à des variations de la force de préhension, un autre relevant certaines différences dans certains cas. Des essais ont relevé des différences sur les facteurs de transmission moyens selon que la plage des fréquences sur laquelle les calculs étaient effectués correspondait à celle des vibrations main-bras (6.3 à 1250 Hz) ou à la plage des fréquences délimitant les spectres d'excitation M- et H-. De plus, certaines variations sont apparues parmi les laboratoires ayant évalué les courbes de transmissibilité des gants tout comme dans la présente étude.

Sur la base des résultats des essais interlaboratoires, il a été convenu par le comité européen de normalisation CEN TC 231 WG 3 chargé de l'élaboration d'une norme sur

l'évaluation des gants de procéder à une révision de la norme ISO 10819 :1996. Bien qu'une étude récente [11] ait proposé de mesurer les vibrations dans trois directions perpendiculaires afin de corriger les erreurs pouvant découler d'une mauvaise orientation de l'adaptateur, il a été convenu de maintenir les mesures dans une seule direction dans le cadre de la révision de la norme. De plus, il a été recommandé que la nouvelle version de la norme procure des détails de conception plus serrés de la poignée, de l'adaptateur et du montage expérimental requis, maintienne les mesures de la force de préhension, procure une description plus détaillée de la posture requise des sujets, recommande l'évaluation des facteurs de transmission par bandes de tiers d'octave et propose de modifier l'excitation vibratoire pour un spectre vibratoire en bande large. Enfin, il a été décidé que la définition de tout nouveau critère d'acceptabilité devait tenir compte de la précision des mesures. Le processus de révision de la norme est actuellement en cours et s'appuie donc essentiellement sur les résultats des essais interlaboratoires incluant ceux rapportés dans cette étude.

7. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats des essais interlaboratoires ont établi qu'il pouvait y avoir des différences considérables sur les facteurs de transmission globale pondérée rapportés par les différents laboratoires, ces différences pouvant être plus importantes avec certains types de gants, particulièrement sous le spectre d'excitation H-. Deux des quatre types de gants ayant mené aux différences les plus importantes comportaient une membrane pneumatique comme matériau résilient. Les différences sur la réponse en fréquence des différents types de gants se sont avérées être les plus importantes sur la plage de fréquences entre 31.5 et 250 Hz, et plus particulièrement entre les laboratoires utilisant une conception différente pour le montage expérimental et la poignée. Le constat à l'effet que les différences aient été plus considérables avec certains types de gants pourrait indiquer que les matériaux constituant ces gants seraient plus sensibles à des variations de la conception de la poignée et de l'impédance mécanique de la main des sujets en raison des interactions qui interviennent entre la poignée et le système combinant l'adaptateur, le matériau et la main.

L'écart entre les valeurs individuelles du facteur de transmission globale pondérée rapportées par les différents laboratoires s'est généralement avéré être le plus important entre les laboratoires utilisant un concept différent de poignée. Les variations introduites par l'utilisation de poignées différentes ne sauraient être dûes entièrement aux différences liées au concept de poignée puisque des variations inter-individuelles importantes sur le facteur de transmission globale pondérée ont été rapportées au sein du même laboratoire, bien que moindre qu'entre les laboratoires. Des variations dans la façon d'aligner l'adaptateur et de le positionner dans la paume de la main (partie centrale de la main ou base du pouce) ont pu mener à des variations inter-individuelles importantes, lesquelles semblent avoir été mises en évidence davantage avec les gants comportant une membrane à alvéoles d'air, possiblement à cause de certaines variations dans les propriétés et l'épaisseur des matériaux. La position de l'adaptateur à proximité de la base du pouce

semble avoir été la seule qui ait pu permettre de maintenir la posture de l'avant-bras et la flexion du poignet comme recommandées dans la norme ISO 10819.

Bien que la norme ISO 10819 définisse la méthode de base à utiliser pour évaluer les gants en laboratoire, les spécifications émises dans cette norme ne semblent pas être suffisamment précises pour éviter que des variations soient introduites par les différents laboratoires sur la façon de concevoir le banc d'essai et d'appliquer les méthodes d'analyse. Outre les différences liées à la conception de la poignée, l'étude a permis de démontrer que des variations pouvaient être introduites par certains laboratoires sur les méthodes utilisées pour appliquer la pondération en fréquence, calculer les facteurs de transmission globale pondérée sous les spectres d'excitation M- et H-, contrôler l'alignement de l'adaptateur ou encore, retenir les valeurs devant servir à l'établissement des valeurs moyennes du facteur de transmission des gants.

Bien que les résultats aient indiqué des variations inter-individuelles importantes, il ne semble pas qu'une estimation plus précise des facteurs de transmission globale pondérée puisse être obtenue en augmentant le nombre de sujets et d'essais. Cependant, la situation pourrait être différente dans les cas où une majorité de sujets mèneraient de façon constante à des valeurs se démarquant du reste de la population. Enfin, les résultats ont permis de démontrer que les facteurs de transmission des gants sous les spectres M- et H- peuvent très bien être estimés à partir de leurs courbes de réponse en fréquence lorsqu'elles sont évaluées sous un spectre d'excitation à bande large. En plus d'éliminer la nécessité de générer des spectres d'excitation complexes représentés par M- et H-, cette approche offre l'avantage d'indiquer le degré d'atténuation des vibrations réalisable à chaque fréquence, permettant ainsi d'estimer l'efficacité escomptée des gants sous différents types d'excitation, incluant ceux liés à l'opération d'outils particuliers.

8. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Griffin, M.J., Bovenzi, M. The diagnosis of disorders caused by hand-transmitted vibration: Southampton Workshop 2000. *Int Arch Occup Environ Health* (2002), 75; 1-5.
- [2] Norme internationale ISO 5349-1. Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main. Partie 1 : Principes directeurs généraux. Première édition, 2001. 24 p.
- [3] Norme internationale ISO 10819. Vibrations et chocs mécaniques – Vibrations main-bras – Méthode pour mesurer et évaluer le facteur de transmission des vibrations par les gants à la paume de la main. Première édition, 1996. 17p.
- [4] Griffin, M.J. Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration. *Occup Environ Med.*, (1998), 55, pp.340-348.
- [5] Hewitt, S., An interlaboratory evaluation of the reproducibility of the ISO 10819 test for anti-vibration gloves. *Proc. UK Group Meeting on Human Response to Vibration*, U. of Southampton, Sept 1997, pp. 447-457.
- [6] O'Boyle, M., and Griffin, M.J. Inter-subject variability in the measurement of the vibration transmissibility of gloves according to current standards. 9th Int. Conf. On Hand-Arm Vibration, Nancy, France, June 2001.
- [7] British Standard BS EN420. General requirements for gloves. 1994.
- [8] Boileau, P.-É., Rakheja, S., Boutin, J. Identification et étude de produits favorisant la réduction de l'exposition aux vibrations main-bras chez les opérateurs d'outils portatifs vibrants. Rapport Études et Recherche IRSST R-321, (2002).
- [9] Rakheja, S., Dong, R., Welcome, D. and Schopper, A.W., Estimation of tool-specific isolation performance of antivibration tools, *International J. Industrial Ergonomics*, (2002), 30 (2), pp. 71-88.
- [10] Paddan, G.S. A possible incorrect use of a standard for testing of antivibration gloves, *Proc. 37th UK Conference on Human Responses to Vibration*, Loughborough University, Sept 2002, pp. 142-156.
- [11] Dong, R.G., Rakheja, S., Smutz, W.P., et coll. Effectiveness of a new method (TEAT) to assess vibration transmissibility of gloves. *Int. J. Industrial Ergonomics*, (2002), 30, pp.33-48.

ANNEXE 1

FORMULAIRES DE PARTICIPATION DES SUJETS D'ESSAI – COMITÉ D'ÉTHIQUE SUR LA RECHERCHE

C

FORMULAIRE DE RENSEIGNEMENTS ADDITIONNELS SUR LA DESCRIPTION DU PROJET

*****RENSEIGNEMENTS DESTINÉS AU CÉR*****

Ce formulaire doit être annexé au protocole (si ces aspects sont développés dans le texte du protocole, il faut indiquer à quel endroit). Ne pas oublier que pour émettre un certificat d'éthique, le comité doit être suffisamment informé.

1. Titre et numéro du projet ou de l'activité de recherche

Évaluation interlaboratoire de gants destinés à réduire l'exposition aux vibrations main-bras (Activité 099-100).

2. Justification du recours à des humains pour conduire la recherche

La transmission des vibrations par les gants est largement influencée par l'impédance mécanique exercée par la main sur le matériau résilient devant servir à isoler la main contre les vibrations. Aussi, le protocole expérimental décrit dans la norme ISO 10819 recommande que l'évaluation de la transmissibilité vibratoire des gants soit effectuée en laboratoire dans des conditions précises d'exposition aux vibrations alors que les gants sont portés par des sujets dont la taille des mains doit correspondre à des exigences dimensionnelles fixes.

3. Recrutement des participants

a) Caractéristiques (âge, sexe, milieu...) et nombre de participants

Le nombre de sujets requis est fixé à 5. Ces sujets doivent être des adultes avec des tailles de mains comprises entre 7 et 9 selon l'EN 420 (i.e. circonférence de la main entre 178 et 229 mm; longueur de la main entre 171 et 192 mm). Les sujets seront recrutés au sein des employés de l'IRSST. Les sujets ne devront avoir aucun antécédent médical ayant trait à des atteintes d'ordre vasculaire, neurologique, musculaire ou ostéo-articulaire au niveau des membres supérieurs (e.g. picotements, engourdissements des doigts et des mains, dysfonctionnement de la circulation sanguine dans les doigts, arthrite, tunnel carpien, affections au niveau du poignet et du coude, etc.)

<p>b) Modalités de recrutement (moyens pris pour recruter, par qui sera fait le recrutement...)</p> <p>Les sujets seront recrutés sur une base volontaire par l'expérimentateur auprès des employés des programmes Sécurité-ingénierie et Soutien analytique. Les directeurs de programmes seront consultés pour autoriser la libération de chaque employé visé pour un minimum de trois heures par jour, pendant quatre jours.</p>
<p>c) Mécanismes de transmission des informations aux participants (méthodes utilisées pour informer les participants, par qui l'information sera-t-elle transmise, et à quel moment ces personnes seront-elles informées?)</p> <p>Avant d'être invités à donner leur consentement, les participants seront d'abord informés verbalement et par écrit sur les objectifs visés et la méthodologie proposée. Quelques jours avant la réalisation des essais, ils seront alors invités à se familiariser avec le montage expérimental en laboratoire et à ressentir les vibrations auxquelles ils seront soumis. Le niveau d'exposition vibratoire (accélération efficace pondérée a_{hw}) ne devrait pas excéder $3,4 \text{ ms}^{-2}$ au cours d'un essai. La durée de chaque essai ne devrait pas excéder une minute et la durée d'exposition quotidienne pour chaque sujet devrait totaliser moins d'une heure. En conséquence, l'accélération efficace pondérée équivalente pour 8 heures $A(8)$ devrait être maintenue en deçà de $1,2 \text{ ms}^{-2}$ au cours d'une journée. À un tel niveau d'exposition quotidienne, la norme ISO 5349-1 (1999) prévoit que des symptômes de blanchissement des doigts seraient peu susceptibles d'apparaître avant au moins 25 années s'il s'agissait, bien entendu, d'une exposition quotidienne régulière. Comme il s'agit ici d'une exposition occasionnelle et que les gants sont susceptibles d'atténuer quelque peu les vibrations, les risques d'atteinte à la santé liés aux essais sont donc considérés comme étant négligeables.</p>
<p>d) Compensation financière ou autre (dans le cas où une rémunération ou une compensation est consentie aux participants, il est important d'en aviser le CÉR et de bien énoncer les termes de l'entente.)</p> <p>Aucune compensation financière n'est prévue pour la réalisation des essais.</p>

4. Forme de consentement demandé aux participants

<p>Γ Consentement écrit</p> <p>Chaque participant sera invité à prendre connaissance et à signer le formulaire de consentement dont une copie est annexée au présent document. Ce formulaire sera soumis aux participants quelques jours avant la réalisation des essais, après que les explications aient été données sur les objectifs, la méthodologie, la dose vibratoire impliquée et les contraintes liés aux essais. Une attention particulière sera donnée sur les antécédents médicaux qui constitueraient des motifs d'exclusion à la participation aux essais prévus.</p>

5. Anonymat du participant et confidentialité des données

<p>a) Quelles mesures le chercheur a-t-il prises pour assurer :</p> <p>‣ L'anonymat du participant ?</p> <p>On identifiera les sujets à l'aide de numéros variant entre 1 et 5. Seules les caractéristiques ayant trait à la taille des mains seront retenues pour chaque sujet.</p> <p>‣ La confidentialité des données (en cours de recherche, lors de la saisie de données, lors de la présentation des résultats, lors de l'archivage des données) ?</p> <p>La confidentialité des données mesurées ne constitue pas un enjeu dans la présente étude, bien que des</p>

efforts seront consentis pour assurer que les marques de commerce des gants évalués soient maintenues confidentielles dans le cadre de publications officielles.

6. Autres informations

▸ Si le projet comporte un questionnaire qui doit servir à la cueillette de renseignements, celui-ci doit être inclus comme faisant partie du projet. Si le questionnaire n'est pas disponible, il faudra fournir des exemples de questions et indiquer la méthode selon laquelle les questions seront posées.

▸ Autres informations que vous considérez pertinentes à fournir au comité.

Signature du(de la) chercheur(e) : _____ **Date :** _____

FORMULE DE CONSENTEMENT

FICHE DE RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1) Titre et numéro de l'étude : Évaluation interlaboratoire de gants destinés à réduire l'exposition aux vibrations main-bras (Activité 099-100).

2) Nom du chercheur responsable : Paul-Émile Boileau, Ph.D.
Chercheur
Programme Sécurité-ingénierie

3) Objectifs de l'étude :

Il s'agit d'évaluer en laboratoire la transmissibilité vibratoire de quatre types de gants qualifiés comme étant à caractère « antivibratile ». Cette évaluation s'inscrit dans le cadre d'un programme d'essais interlaboratoires auxquels participent sept autres laboratoires dans le but d'identifier les sources de variabilité associées à l'application de la norme ISO 10819 :1996 qui définit la procédure à appliquer pour réaliser les essais. De plus, ces essais devraient permettre de déterminer la représentativité des résultats obtenus et, au besoin, de proposer des modifications au protocole expérimental actuel.

4) Modalités de participation à l'étude :

Chaque participant sera réquisitionné durant quatre sessions dont la durée sera de trois heures chacune. Lors de chacune des sessions, le candidat devra se présenter dans le laboratoire de vibrations de l'IRSST pour réaliser une série de 24 essais pendant lesquels le sujet sera exposé à des vibrations. La durée d'exposition aux vibrations lors de chaque essai sera inférieure à 1 minute. Lors de chaque essai, le sujet sera invité à agripper une poignée instrumentée montée sur un exciteur électrodynamique qui transmettra des vibrations à la main par l'entremise d'un adaptateur maintenu au niveau de la paume de la main. Lors de l'essai, le sujet devra maintenir une force de préhension ainsi qu'une force de poussée constantes dont le contrôle sera guidé par un indicateur visuel placé à proximité de la poignée. Au cours des essais, le sujet devra se tenir debout sur une plate-forme, en orientant l'avant-bras en direction de l'axe des vibrations, le coude formant un angle d'environ 90°. Pour chaque série de 6 essais, 5 seront effectués avec la main gantée, l'autre avec la main à nue sur la poignée. Chaque série de 6 essais seront effectués sous des classes spectrales de vibrations qui varieront selon leur intensité et contenu en fréquences. Les 4 classes spectrales de vibrations sont identifiées comme suit :

1. Classe spectrale M définie dans la norme ISO 10819 :1996 : composantes en fréquences entre 31.5 et 200 Hz, accélération efficace pondérée 3,4 ms⁻²;
2. Classe spectrale H définie dans la norme ISO 10819 :1996 : composantes en fréquences entre 200 et 1 000 Hz, accélération efficace pondérée 3,3 ms⁻²;
3. Bruit rose : composantes en fréquence entre 2 et 2 000 Hz, accélération efficace pondérée 3 ms⁻²;
4. Vibrations produits par un marteau burineur antivibratile: composantes en fréquence 6,3 à 1 250 Hz, accélération efficace pondérée 2,4 ms⁻².

Au cours de chaque session, la durée d'exposition totale pendant laquelle le sujet sera exposé aux vibrations pourrait atteindre une heure pour tenir compte des répétitions d'essais, ajustements et modifications d'orientation de l'adaptateur que l'on voudra introduire lors des essais. La période de 3 heures spécifiée pour chaque session tient compte des arrêts entre chaque essai et du temps requis pour le rodage et les ajustements expérimentaux. Au cours de chacune des 4 sessions, un modèle de gant différent sera soumis aux essais.

5) Les conditions de participation :

Tel que stipulé dans la norme ISO 10819 :1996, seuls les sujets adultes avec des tailles de mains comprises entre 7 et 9 selon l'EN 420 (i.e. circonférence de la main entre 178 et 229 mm; longueur de la main entre 171 et 192 mm) pourront être considérés pour les essais. Les sujets seront recrutés au sein des employés de

l'IRSST. Les sujets ne devront avoir aucun antécédent médical ayant trait à des atteintes d'ordre vasculaire, neurologique, musculaire ou ostéo-articulaire au niveau des membres supérieurs (e.g. picotements, engourdissements des doigts et des mains, dysfonctionnement de la circulation sanguine dans les doigts, arthrite, tunnel carpien, affections au niveau du poignet et du coude, etc.).

6) Les avantages et les bénéfices à participer :

Les résultats des essais devraient contribuer à valider le protocole expérimental défini dans la norme internationale ISO 10819 :1996 et/ou identifier des pistes de solutions visant à améliorer le contenu de cette norme. La mise au point d'un protocole éprouvé et possiblement simplifié pourra éventuellement permettre d'identifier avec plus de certitude et de facilité les gants qui présentent un potentiel intéressant pour réduire l'exposition aux vibrations main-bras et contribuer ainsi à minimiser les risques d'atteinte à la santé associés à une telle exposition (e.g. syndrome des vibrations main-bras).

7) Les risques et inconforts :

Les risques d'atteinte à la santé liés aux essais sont considérés comme étant négligeables puisque le niveau d'exposition vibratoire (accélération efficace pondérée a_{hw}) ne devrait pas excéder $3,4 \text{ ms}^{-2}$ au cours d'un essai et que la durée d'exposition quotidienne pour chaque sujet devrait totaliser moins d'une heure au cours de chaque session. En conséquence, l'accélération efficace pondérée équivalente pour 8 heures A(8) devrait être maintenue en deçà de $1,2 \text{ ms}^{-2}$ au cours d'une journée. À un tel niveau d'exposition quotidienne, la norme ISO 5349-1 (1999) prévoit que des symptômes de blanchissement des doigts seraient peu susceptibles d'apparaître avant au moins 25 années s'il s'agissait, bien entendu, d'une exposition quotidienne régulière. Comme il s'agit ici d'une exposition occasionnelle et que les gants sont susceptibles d'atténuer quelque peu les vibrations, les risques d'atteinte à la santé liés aux essais sont donc considérés comme étant négligeables. De plus, l'expérimentateur peut à tout moment déclencher l'arrêt immédiat du simulateur de vibrations pour mettre fin à l'exposition et le sujet peut à tout moment retirer sa main de la poignée s'il le juge nécessaire.

8) Modalités prévues en matière de confidentialité :

Seules les caractéristiques ayant trait à la taille des mains seront mesurées et retenues pour chaque sujet. L'anonymat des sujets sera maintenue en les identifiant à l'aide de numéros variant entre 1 et 5.

9) Liberté de participation à l'étude :

Le participant peut décider de retirer son consentement à réaliser ces essais à tout moment sans qu'il soit nécessaire de fournir une justification et sans crainte de préjudice. De plus, il peut retirer sa main de la poignée à tout moment lors d'un essai s'il le juge nécessaire.

10) Personne-ressource :

Toute question ou commentaire en rapport avec la réalisation de cette étude devrait être adressée au chercheur responsable : Paul-Émile Boileau

Chercheur

IRSST

Tél. : (514) 288-1551, poste 249

11) Signature du (de la) chercheur(e) :

Signature du(de la) chercheur(e) : _____ **Date :** _____

EXEMPLE

FORMULE DE CONSENTEMENT

Titre et numéro de l'étude : Évaluation interlaboratoire de gants destinés à réduire l'exposition aux vibrations main-bras (Activité 099-100).

Chercheur responsable : (nom en lettres moulées) Paul-Émile Boileau

1. Je, (nom en lettres moulées du participant) _____
déclare avoir pris connaissance des documents ci-joints dont j'ai reçu copie, en avoir discuté avec (nom de
l'investigateur en lettres moulées) Paul-Émile Boileau _____
et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude en question.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette étude. Je sais que je
peux me retirer en tout temps sans préjudice.

Signature du participant _____ Date _____

2. Je, (nom en lettres moulées du chercheur) Paul-Émile Boileau _____
déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude à (nom en
lettres moulées du participant) _____

Signature du chercheur _____ Date _____

Témoin autre qu'un individu associé au projet (s'il y a lieu)

_____ Nom en lettres moulées _____

Signature du témoin _____ Date _____

ANNEXE 2

Résultats des tests statistiques t de Student sur les facteurs de transmissions globaux pondérés rapportés par les différents laboratoires.

Vérification de l'hypothèse suggérant une différence nulle entre les facteurs de transmission globaux pondérés rapportés par les laboratoires 1 et 2, 1 et 3, et 2 et 3. (le seuil de signification α est fixé à 0.05)

Spectre M

GANT #	Valeur t (10 degrés de liberté)		
	Labo #1/2	Labo#1/3	Labo#2/3
1	3.1491 (p=.01)	3.8753 (p= .003)	0.8186 (ns*)
2	1.4353 (ns*)	1.5959 (ns*)	0.6014 (ns*)
3	2.9611 (p=.01)	3.7321 (p=.004)	2.1419 (ns*)
4	4.2551 (p=.002)	5.8335 (p=.0005)	1.3839 (ns*)

Spectre H

GANT #	Valeur t (10 degrés de liberté)		
	Labo #1/2	Labo#1/3	Labo#2/3
1	0.9393 (ns*)	0.125 (ns*)	-0.5604 (ns*)
2	1.4991 (ns*)	0.1742 (ns*)	-0.7404 (ns*)
3	2.0177 (ns*)	6.5691 (p=.00006)	0.6582 (ns*)
4	5.2913 (p=.00035)	5.2656 (p=.0004)	1.1929 (ns*)

* non significatif