

Notes techniques

INFLUENCE DES EFFORTS DE POUSSÉE - PRÉHENSION ET DES GANTS ANTI-VIBRATILES SUR LE TRANSFERT DES VIBRATIONS À LA MAIN

Un dispositif expérimental a été mis en place par l'INRS pour mesurer et analyser les effets mécaniques locaux des vibrations transmises au système main/doigts. Ce banc de cartographie d'accélération pourrait être utilisé pour tester et hiérarchiser les performances de solutions anti-vibratiles et celles de matériaux amortissants.

CHRISTOPHE NOËL
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

Dans l'Union européenne, environ un tiers des travailleurs est exposé à des vibrations corps entier ou main/bras, et près d'un sur quatre l'est au moins un quart de son temps de travail [1,2], la proportion entre ces deux types d'exposition variant d'un pays de l'Union européenne à l'autre. En France, approximativement 11% des salariés sont exposés à des vibrations transmises aux membres supérieurs [3], ceci dans de nombreux secteurs d'activité: bâtiment, travaux publics, sylviculture, fonderies, ateliers mécaniques, agriculture, industrie du bois...

D'après l'enquête Sumer¹ [3], 17% des salariés soumis à des vibrations main/bras auraient un temps d'exposition de plus de dix heures par semaine et presque 6% seraient exposés plus de vingt heures par semaine. Or, une exposition prolongée à de forts niveaux vibratoires peut conduire à des pathologies d'ordre vasculaire, neurologique, ostéo-articulaire ou musculotendineux. Ces troubles désignés par le terme générique de « syndrome des vibrations » sont susceptibles d'être reconnus comme maladies professionnelles au titre des tableaux 69 du régime général et 29 du régime agricole de la Sécurité sociale [4]. Environ 150 cas de maladies professionnelles relatives au syndrome des vibrations sont déclarés chaque année en France pour un coût moyen annuel de l'ordre de 8 M€ [5].

Afin de créer un socle minimal de protection de l'ensemble des travailleurs européens, l'Union européenne a introduit, par le biais de la directive 2002/44/CE du 25 juin 2002 [6], des obligations réglementaires ayant pour objectif de réduire les risques sur la santé et la sécurité liés aux vibrations.

Cette directive transposée en droit français (articles R. 4443-1, R. 4443-2, R. 4444-1, R. 4445-1 et suivants du Code du travail) réglemente l'exposition vibratoire professionnelle. Elle définit en particulier deux valeurs seuils d'exposition journalière normalisée à une période de référence de huit heures. Ces valeurs seuils d'accélération vibratoire sont fixées réglementairement et conditionnent les démarches de prévention à initier:

- une valeur d'action (2,5 m.s⁻² sur 8 heures) au-dessus de laquelle l'employeur doit mettre en œuvre un programme de mesures correctrices, évaluer régulièrement les niveaux vibratoires et engager une surveillance médicale;
- une valeur limite (5 m.s⁻² sur 8 heures) à ne pas dépasser.

Ces deux valeurs sont mesurées conformément à la norme ISO 5349-2 [7] qui fait elle-même référence à la norme ISO 5349-1 [8] pour les exigences générales en matière de mesurage de l'exposition aux vibrations transmises par la main. L'exposition vibratoire est évaluée à partir des valeurs efficaces des accélérations pondérées en fréquence par un filtrage défini dans la norme ISO 5349-1.

Lacune de la norme actuelle ISO 5349

L'estimation de l'exposition vibratoire à partir d'accélérations pondérées en fréquence² se justifie si l'amplitude du filtre de pondération reflète l'importance de chaque fréquence en termes d'impact pathologique. Or, le filtre de pondération de la norme actuelle est adapté à la prévention des troubles ostéo-articulaires (fréquence < 50 Hz), mais s'agissant des troubles angioneurotiques (regroupant les pathologies vasculaires et neurologiques

RÉSUMÉ

Cette étude est dédiée à la présentation et à l'exploitation d'un dispositif expérimental original permettant l'acquisition, par vibrométrie laser à balayage, de l'accélération en plusieurs points d'un maillage de mesure projeté sur la face dorsale de la main. Ainsi, il devient possible

d'estimer des réponses biodynamiques locales exprimées par exemple comme des cartographies de transmissibilité d'accélération et dès lors d'accéder à une information spatiale sur le comportement vibratoire de la main. Cette méthode a été mise en œuvre pour analyser les effets

de divers paramètres sur le transfert vibratoire entre une poignée vibrante et la face dorsale de la main. L'influence de la fréquence et des efforts de poussée/préhension a ainsi été testée. Les propriétés d'atténuation des gants anti-vibratiles ont également fait l'objet d'une analyse.

Influence of pushing and gripping forces and of anti-vibration gloves on transfer of vibration to the hand

This study is dedicated to presenting and using an original experimental system that implements scanning laser vibrometry to acquire acceleration at various points of a measurement grid projected onto the dorsal side of the hand. Thus, it

becomes possible to estimate local biodynamic responses expressed, for example, as acceleration transmissibility maps and thereby to access spatial information on the vibratory behaviour of the hand. The method was implemented to analyse the

effects of various parameters on the vibration transfer from a vibrating handle to the dorsal face of the hand. The influence of frequency and of pushing & gripping forces was thus tested. The attenuation properties of anti-vibration gloves were also analysed.

périphériques), plusieurs études physiologiques, histologiques et épidémiologiques [9-11] mettent en évidence la sous-estimation de certaines hautes fréquences par ce filtre. Or, plus des trois quarts des salariés français exposés à des vibrations main/bras utilisent des machines portatives rotatives [3] générant des vibrations de fréquences supérieures à 50 Hz qui peuvent être à l'origine de troubles angioneurotiques, tels que le syndrome secondaire de Raynaud d'origine vibratoire appelé également maladie des doigts blancs. Pour la majorité des travailleurs français exposés à des vibrations main/bras, l'estimation de la dose vibratoire pourrait donc mal refléter, d'un point de vue pathologique, la quantité de nuisances auxquelles ils sont potentiellement soumis. Cette pondération probablement excessive du filtre ISO 5349 aux hautes fréquences peut dès lors conduire à l'estimation d'une exposition vibratoire conforme aux valeurs seuils réglementaires sans pour autant garantir la protection des travailleurs contre les troubles vasculaires. Par ailleurs, cette norme ISO peut avoir des effets négatifs sur la commercialisation de solutions pratiques de prévention du risque vibratoire appliquées aux machines portatives tournantes. Certains de ces dispositifs anti-vibratiles sont fondés sur l'utilisation de matériaux amortissants efficaces aux hautes fréquences. Or la forte pondération de l'accélération, engendrée par le filtre ISO 5349 dans cette gamme spectrale, peut réduire

considérablement le gain valorisable. En conséquence, l'intérêt pour les fabricants de s'orienter vers ce type de protection est très limité, puisque finalement ils ne peuvent pas se prévaloir d'un apport technique démontré au sens de la réglementation. En bout de chaîne, tous ces dispositifs de protection sont peu présents sur le marché bien qu'ils permettent, s'ils sont correctement dimensionnés, d'atténuer la transmission de l'énergie vibratoire depuis la poignée de la machine jusqu'au membre supérieur pour une partie de la gamme spectrale des vibrations induisant des troubles vasculaires.

De plus, les efforts de couplage (préhension et poussée) à l'interface homme/machine ont une influence considérable sur la réponse biodynamique du membre supérieur et jouent ainsi un rôle primordial dans le mécanisme de transmission des vibrations au système main/bras. En pratique, lorsqu'un travailleur utilise une machine portative, il exerce sur sa poignée un couple d'efforts de poussée/serrage variant en fonction de la tâche qu'il réalise. Ces efforts de couplage, en influençant la réponse biodynamique du système main/bras, peuvent induire des conséquences physiopathologiques différentes au regard du niveau de force appliquée. Aujourd'hui, ces efforts de couplage à l'interface homme/machine ne sont pas pris en compte dans l'estimation de la dose vibratoire journalière normalisée qui est donc évaluée de manière



identique quels que soient les efforts exercés par l'opérateur sur sa machine.

Observer, comprendre et prédire l'effet des vibrations sur le membre supérieur

Le but de l'INRS à terme est d'asseoir un socle de connaissances scientifiques qui conduirait à la définition d'un filtre de pondération spectrale tenant le mieux possible compte des effets physiopathologiques induits par les vibrations sur le réseau vasculaire digital. Pour atteindre cet objectif, la première étape consiste à développer un moyen expérimental permettant de mesurer et d'analyser les effets mécaniques des vibrations transmises au système main/doigts. Un tel dispositif permettra de comprendre comment certains facteurs, comme la fréquence ou les efforts de poussée/serrage, vont modifier la réponse biodynamique du système main/bras, premier indicateur de risques physiopathologiques potentiels. Ce banc d'essais sera également utilisé pour tester et évaluer des solutions potentielles de réduction des vibrations telles que les gants anti-vibratiles.

Cartographie vibratoire de la face dorsale de la main

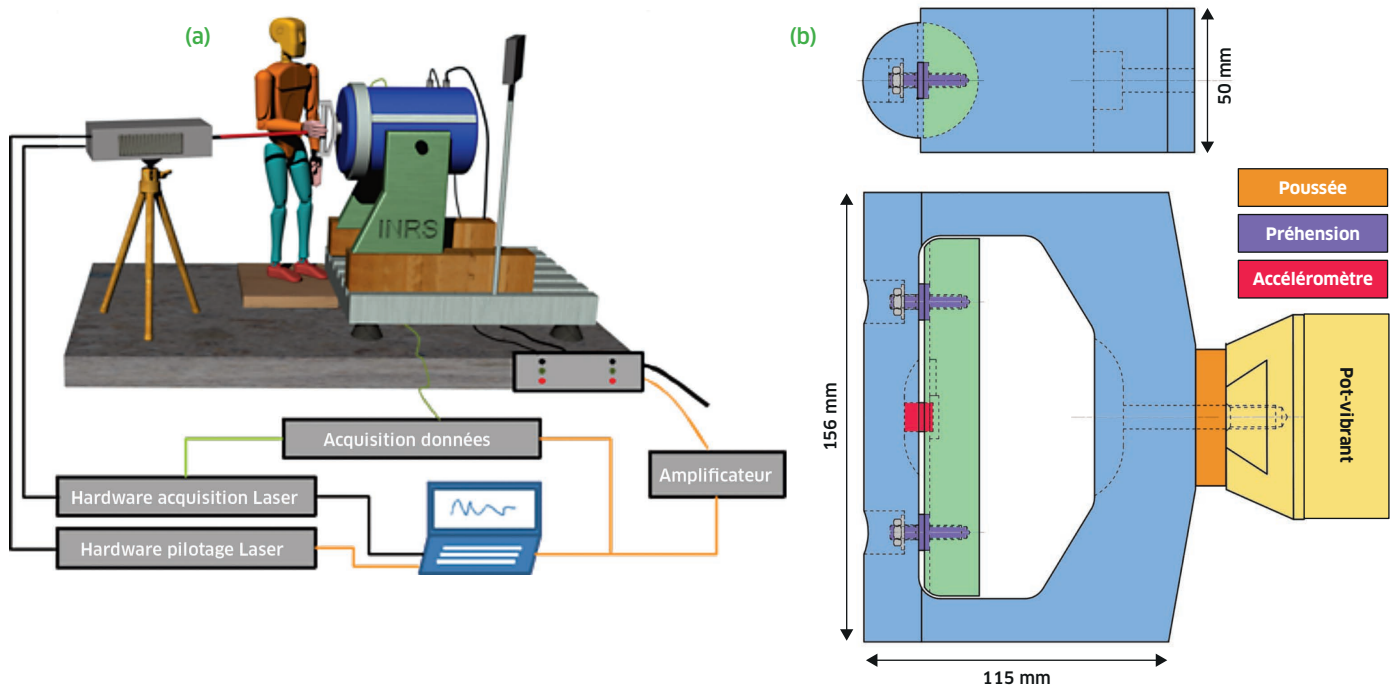
Un dispositif expérimental a été mis en place pour caractériser le transfert vibratoire entre une poignée émissive et la face dorsale d'une main servant cette poignée. Généralement, le comportement dynamique du membre supérieur est quantifié par le biais de réponses biodynamiques globales, telles que l'impédance mécanique, plus adaptées à l'étude de pathologies ostéo-articulaires ou musculotendineuse. L'originalité de notre banc d'essai

réside dans la possibilité de mesurer les caractéristiques biodynamiques locales à la surface d'un maillage de points de mesure sur la main en utilisant un vibromètre laser à balayage. Les réponses biodynamiques locales sont exploitées en termes de cartographies de transmissibilité d'accélération qui donneront accès à une information sur les caractéristiques spatiales des vibrations.

Description du dispositif expérimental

Le banc d'essai comporte un excitateur électromécanique (pot-vibrant), une poignée instrumentée de capteurs de forces et d'un accéléromètre. Le champ d'accélération à la surface du système main/doigts est déduit des vitesses acquises par vélocimétrie laser à effet Doppler en balayant un maillage de points de mesure. Un schéma synoptique du dispositif de mesure est présenté sur la figure 1 (a) et la poignée instrumentée sur la figure 1 (b). Nous avons développé une interface homme/machine permettant de tracer le maillage de mesure, de piloter le balayage du vibromètre laser, de contrôler le pot-vibrant et de réaliser l'acquisition des données (efforts de poussée, préhension, accélération de la poignée, accélération à la surface de la face dorsale de la main). La bande spectrale sélectionnée pour cette étude est [20-550 Hz]. Nous avons dimensionné par simulation la poignée pour que sa première fréquence de résonance (1300 Hz) soit très largement supérieure à la fréquence limite supérieure de la bande d'étude. Ainsi, dans cette gamme, la poignée se comporte comme un corps rigide et toutes les zones de contact poignée/main ont la même accélération d'entrée. Une analyse modale expérimentale a ensuite été menée

↓ FIGURE 1
Banc d'essai de cartographie vibratoire:
(a) schéma synoptique simplifié du matériel de mesure;
(b) poignée instrumentée.



	AGE [année]	TAILLE [m]	POIDS [kg]	IMC [-]	VOLUME DE L'AVANT-BRAS [l]
μ	22.9	1.7	66.3	22.4	1.2
σ	5,5	0.1	8.4	2.6	0.3

← TABLEAU 1
Caractéristiques anthropométriques des sujets; μ est la moyenne, σ l'écart type et IMC l'indice de masse corporelle.

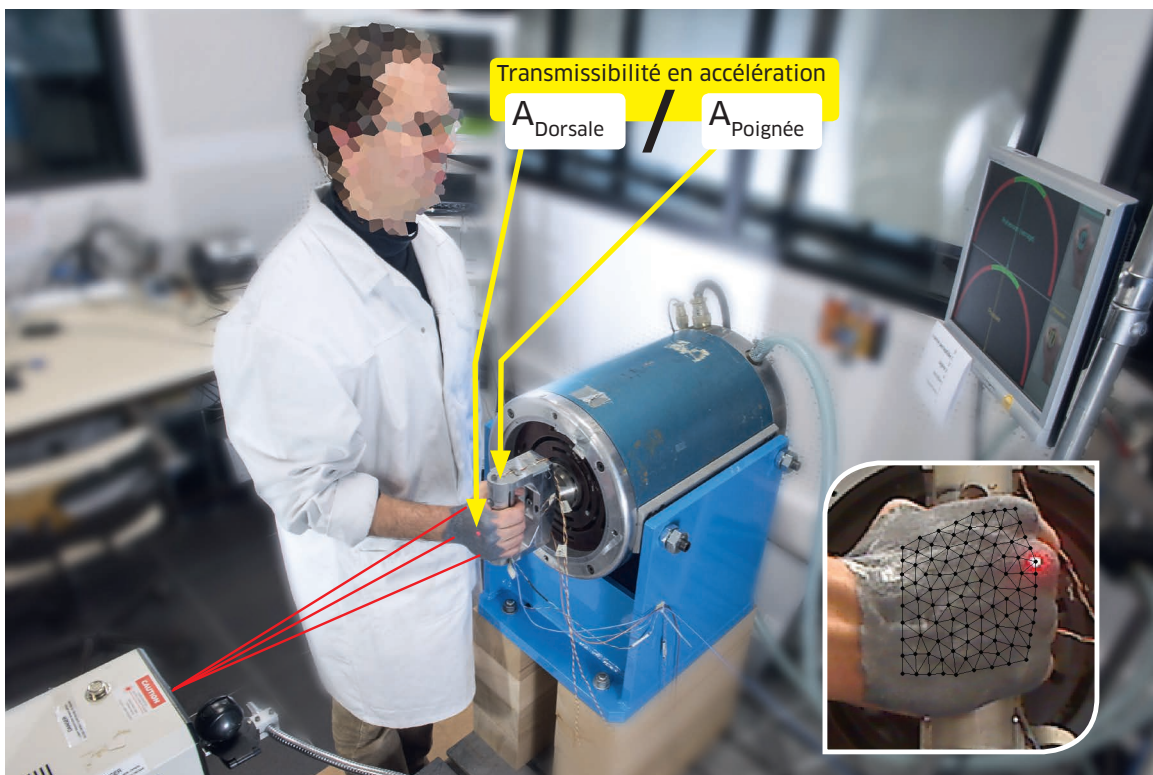
sur la poignée pour s'assurer de l'exactitude de ce dimensionnement. La transmissibilité en accélération est définie comme le rapport, pris au sens des fonctions de transfert définies à partir des interspectres, entre l'accélération de la poignée et celles mesurées sur les points du maillage de mesure sur la main. Cette transmissibilité est ensuite analysée par tiers d'octave. Par ailleurs, afin d'assurer que l'énergie rétrodiffusée par le laser soit suffisamment importante pour effectuer la mesure, nous avons recouvert la face dorsale de la main par un mélange de peinture corporelle et de microbilles de verres (100 μ m de diamètre) assurant ainsi un fort rapport signal à bruit.

Groupe de sujets et protocole de mesure

Les mesures ont été réalisées sur un groupe de 20 sujets (8 femmes et 12 hommes), en bonne santé, non-fumeurs, âgés de 18 à 39 ans et ayant un seuil de sensibilité cutanée normal pour leur âge (taille 3.61 du mono-filament du test de Semmes-Weinstein). Les caractéristiques anthropométriques des sujets sont rassemblées dans le tableau 1.

Un exemple de mise en situation de mesure est présenté sur la figure 2.

Concernant les paramètres de l'étude, 16 paires d'efforts de poussée/préhension, exprimés comme un pourcentage des efforts de couplage maximum de chaque individu (Cf. Tableau 2), ont été



← FIGURE 2
Exemple de mise en situation de mesure et maillage de la face dorsale de la main.

		PRÉHENSION - SERRAGE % DU MAXIMUM				
		5 %	10 %	15 %	20 %	
Poussée % du maximum	10 %	P10G5	P10G10	P10G15	P10G20	Dénomination
	20 %	P20G5	P20G10	P20G15	P20G20	
	30 %	P30G5	P30G10	P30G15	P30G20	
	50 %	P50G5	P50G10	P50G15	P50G20	

← TABLEAU 2
Gamme d'efforts de poussée et de préhension du jeu de paramètres de test.



sélectionnées. Ces pourcentages ont été établis sur la base de mesures d'efforts exercés par des travailleurs sur la poignée de machines en situation réelle de travail (tronçonnage avec une meuleuse) afin de disposer d'une gamme de forces la plus représentative possible de configurations concrètes. Le sujet maintient une consigne d'efforts de poussée/serrage en s'aidant d'un afficheur à aiguille. L'accélération de la poignée est un bruit large bande de valeur efficace 15 m.s^{-2} .

Résultats

Effet de la fréquence

L'effet de la fréquence sur les cartographies de transmissibilité vibratoire est illustré sur la figure 3 pour un individu particulier représentatif du groupe de sujets.

Les cartographies de transmissibilité de la figure 3 sont homogènes et de niveau élevé jusqu'à 80 Hz. La main se comporte ici comme un corps solide jusqu'à cette fréquence et peut donc être caractérisée par l'impédance au point d'entrée par exemple. Lorsque la fréquence augmente ($> 100 \text{ Hz}$), les cartographies de transmissibilité deviennent hétérogènes. Les zones de faible transmissibilité correspondent à celles des tissus mous qui absorbent d'autant plus d'énergie vibratoire que

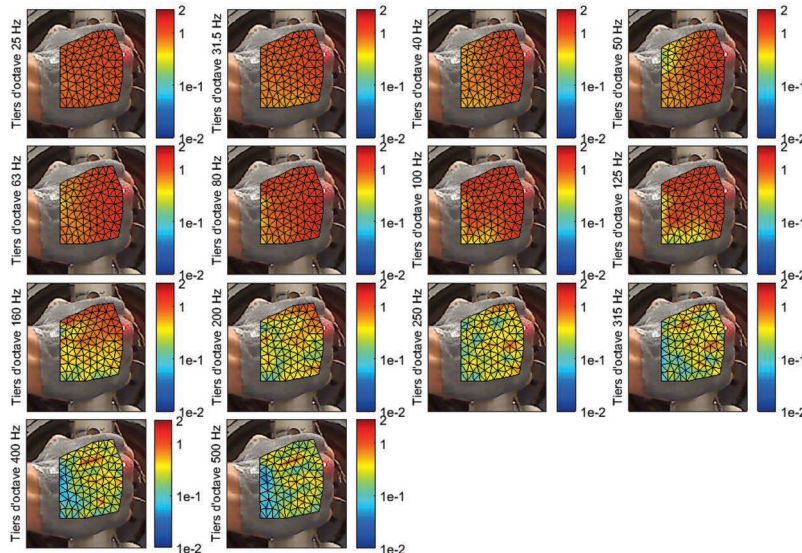
la fréquence croît. Les zones de forte transmissibilité sont associées au voisinage des métacarpiens où le transfert vibratoire est important sur toute la bande spectrale (Cf. Figure 4). En effet, les os, comparés aux tissus mous, ont des propriétés de dissipation de l'énergie vibratoire très faibles.

Effet des efforts de poussée et de préhension

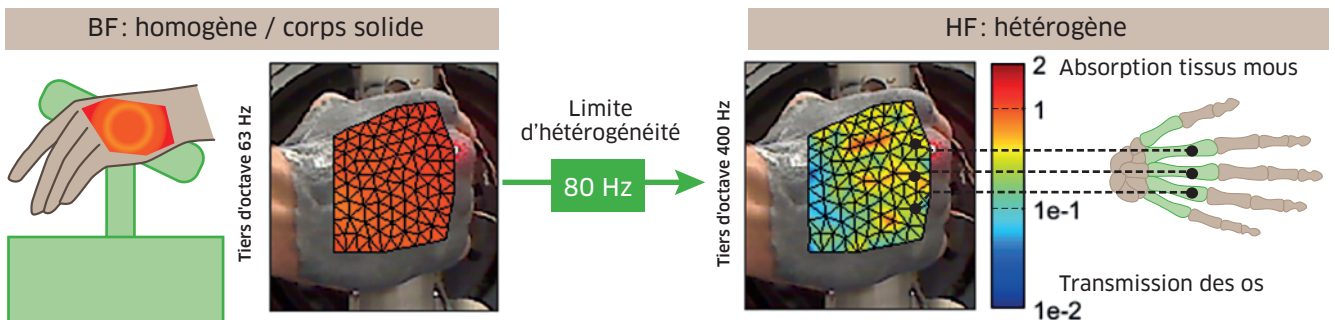
La figure 5 montre les cartographies de transmissibilité vibratoire pour les 16 couples d'efforts de poussée et de préhension à 315 Hz et une amplitude de 15 m.s^{-2} dans la posture 45° .

De manière qualitative, la transmissibilité augmente avec l'intensité des efforts de préhension. Un effet similaire est observé pour les forces de poussée, mais de façon plus modérée. Lorsque la force de serrage croît, les cartographies de transmissibilité deviennent plus homogènes, la transmissibilité des tissus mous augmentant plus fortement que celle des métacarpiens. Lorsque la poussée augmente, l'hétérogénéité des cartographies de transmissibilité est peu modifiée. Il y a une élévation globale du niveau vibratoire identique dans les zones de tissus mous ou durs. Pour quantifier l'influence des efforts de couplage sur le transfert vibratoire, la moyenne spatiale des cartographies de transmissibilité (moyenne de chaque point de mesure) a

FIGURE 3 → Cartographie de transmissibilité vibratoire (rouge $A_{\text{Dorsale}}/A_{\text{Poignée}} \geq 2$, bleu $A_{\text{Dorsale}}/A_{\text{Poignée}} \leq 0,01$) par tiers d'octave pour un sujet particulier dans la configuration expérimentale: poussée 30%, préhension 15% (P30G15), amplitude de l'excitation 15 m.s^{-2} .



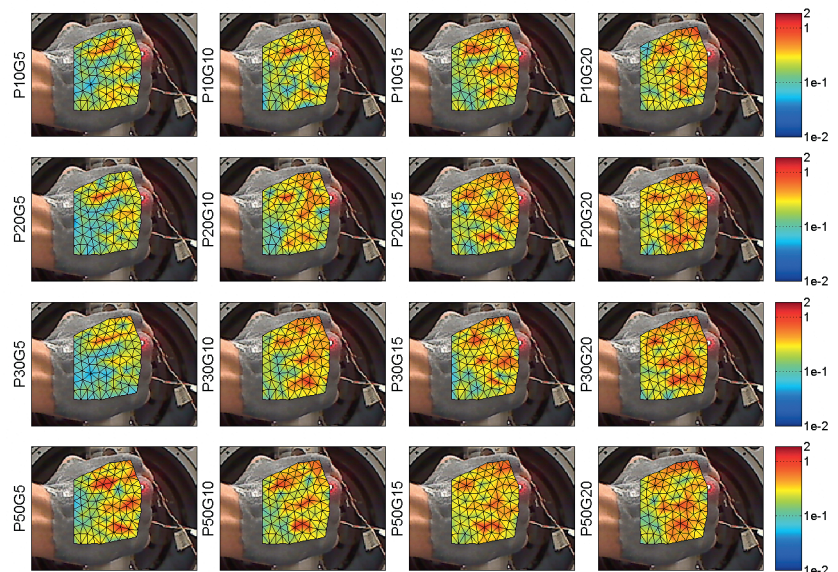
↓ FIGURE 4 Limite spectrale entre champ d'accélération homogène et hétérogène.



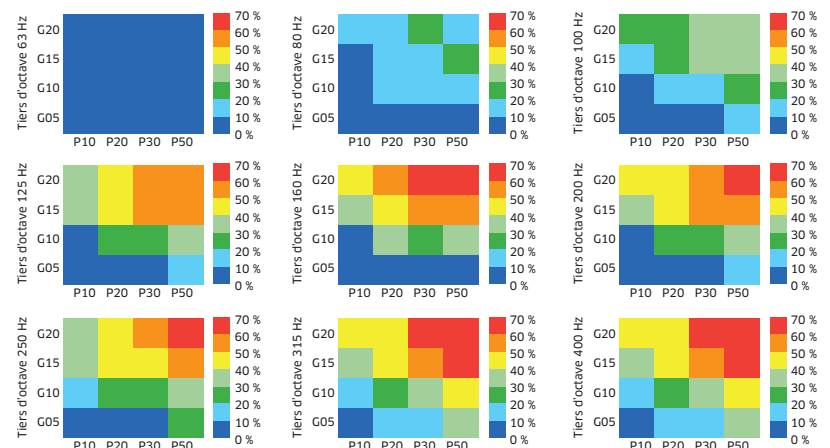
été calculée pour chaque sujet puis moyennée sur l'ensemble des sujets. Pour chaque couple d'efforts de poussée/préhension, le scalaire obtenu synthétise l'ensemble de l'information sur les transmissibilités mesurées. Il est tracé sur la figure 6 et est exprimé en % par rapport à la référence poussée 10%, serrage 5% (P10G05 - condition de contact). Les cartographies de la figure 6 montrent qu'il y a un couplage poussée/préhension: plus la préhension est grande, plus l'effet du serrage sera importante (et inversement). Cependant, une analyse statistique de la variance (anova) a montré qu'il n'y avait pas d'interaction entre poussée et préhension, c'est-à-dire que la poussée ne modifie pas la manière intrinsèque dont la préhension va affecter la transmissibilité (et inversement). Par ailleurs, ces cartographies peuvent également être exploitées pour identifier des couples poussée/préhension différents conduisant au même niveau de transmissibilité. Par exemple, à 315 Hz, les couples P20G15 et P50G10 entraînent une transmissibilité identique de l'ordre de 40% par rapport à la référence P10G05 (contact). En d'autres termes, pousser à 20% et serrer à 15% des capacités d'effort maximal des sujets conduit à la même transmissibilité que pousser à 50% et serrer à 10%. La poussée et la préhension interagissent donc de manière complexe et doivent être considérées simultanément comme des facteurs influençant la réponse biomécanique du système main/bras, sans que l'un de ces efforts ne soit prépondérant sur l'autre en termes d'impact sur la transmissibilité mesurée à la surface de la face dorsale de la main.

Effet des gants de travail anti-vibratiles ou non

Une application corolaire du banc d'essai peut être la caractérisation des propriétés d'atténuation vibratoire de solutions anti-vibratiles telles que les gants anti-vibration. Les transmissibilités mesurées avec un gant de travail ordinaire (cuir et tissu) et un gant anti-vibratile (gant en mousse d'élastomère certifié anti-vibratile selon la norme NF EN ISO 10819 [12]) sont tracées sur la figure 7 où la configuration sans gant est également présentée comme élément de référence. Pour ces mesures, la poussée est de 30%, le serrage de 15%, l'amplitude de l'accélération poignée de 15 m.s⁻² et la posture est celle à 45°. Pour réaliser les essais avec les gants, une partie de la face supérieure des gants a été coupée afin de pouvoir effectuer les mesures à la surface de la face dorsale de la main. L'atténuation vibratoire pour le gant anti-vibratile testé est clairement mise en évidence sur les cartographies pour les quatre fréquences considérées 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz et 500 Hz. Cette atténuation étant d'autant plus importante que la fréquence augmente. *A contrario*, l'efficacité du gant anti-vibratile en matière de dissipation de l'énergie



↑ FIGURE 5
Cartographie de transmissibilité vibratoire à 315 Hz et une amplitude de 15 m.s⁻² en fonction de l'effort de poussée et de préhension; PxGy désigne un effort de poussée (P) de x% et un effort de préhension (G) de y%.



↑ FIGURE 6
Moyenne spatiale de la transmissibilité exprimée en % par rapport à la référence: poussée 10% - préhension 5%; PxGy% désigne respectivement une poussée de x% et une préhension de y%.

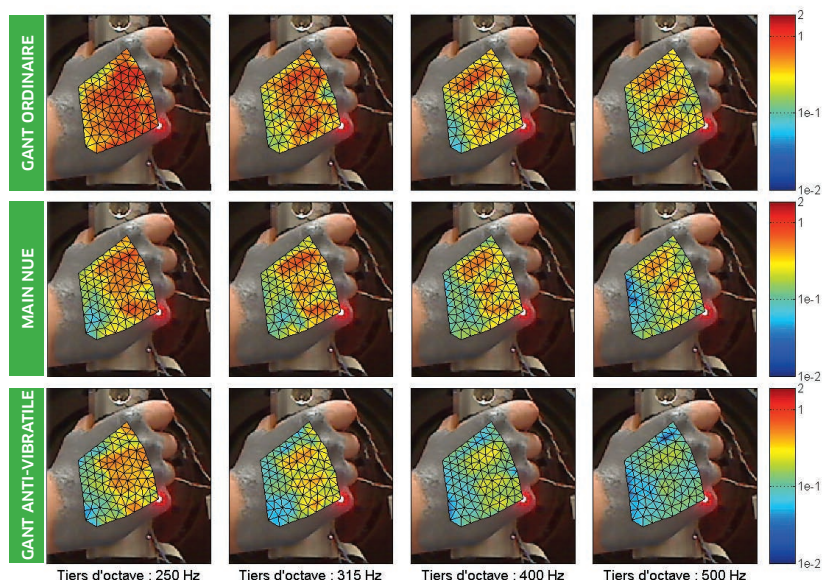
vibratoire diminue fortement en deçà de 200 Hz et devient très faible pour les fréquences inférieures à 100 Hz. L'intérêt de porter un gant anti-vibratile sur le plan de la prévention des pathologies vibratoires est dès lors très limité lorsque les machines émettent des vibrations de fréquences inférieures à 100 Hz. Les gants anti-vibratiles sont très efficaces aux hautes fréquences comme l'illustrent les résultats à 500 Hz où la transmissibilité mesurée avec le gant anti-vibratile est environ 100 fois plus faible que celle obtenue dans les mêmes conditions main nue. Cependant, ces très hautes fréquences ne concernent qu'une minorité des machines portatives rotatives. Notons également que le gant de travail ordinaire ne réduit pas la transmissibilité et a même tendance ici à l'augmenter.



Conclusion et perspectives

L'étude présentée dans cet article sur la caractérisation expérimentale du transfert vibratoire entre une poignée vibrante et la face dorsale de la main a permis d'analyser plusieurs cofacteurs influençant les transmissibilités d'accélération: fréquence, efforts de couplage et port de gants de travail conventionnels ou

anti-vibratiles. Nous avons montré que le champ de transmissibilité sur la face dorsale de la main devient hétérogène à partir de 80 Hz où les zones de niveau élevé correspondent aux métacarpiens et celles de faible intensité aux tissus mous absorbant fortement les vibrations. Les efforts de couplage poussée/préhension ont une influence prépondérante sur la transmissibilité d'accélération et donc sur la réponse biodynamique du système main/bras. Un effet synergique, sans interaction, a été observé entre ces deux types d'efforts. De plus, cette méthodologie de mesure a été employée pour quantifier les propriétés de dissipation de l'énergie vibratoire de gants anti-vibratiles. Une simplification de cette technique de mesure pourrait être envisagée dans l'optique d'améliorer et de compléter la norme de caractérisation de ces gants [12]. Plus généralement, ce banc de cartographie pourrait être utilisé pour tester et pour hiérarchiser les performances de solutions anti-vibratiles, telles que les poignées anti-vibratiles de machines (après quelques modifications du banc) et les matériaux amortissants recouvrant les poignées actuelles. Un protocole spécifique devra être défini en ce sens. Celui-ci pourrait, par exemple, prendre en compte comme accélérations en entrée de la poignée celles mesurées sur des machines portatives rotatives en situation réelle de travail. ●



↑ FIGURE 7
Effet des gants de travail classiques (en tissu et cuir utilisés en maçonnerie par exemple) et anti-vibratiles sur les cartographies de transmissibilité vibratoire pour une poussée de 30% et un serrage de 15% et quatre tiers d'octave: 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz et 500 Hz; la première ligne concerne un gant ordinaire, la seconde ligne correspond à une mesure main nue et la troisième à une mesure avec un gant anti-vibratile.

1. Surveillance médicale des risques professionnels.
2. Conformément à la norme ISO 5349.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DONATI P., SCHUST M., SZOPA J., STARCK J., IGLESIAS EG., SENOVILLA LP., ET AL. - *Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review*. European Agency for Safety and Health at Work, 2008, 124 p.
- [2] PARENT-THIRION A., VERMEYLEN G., VAN HOUTEN G., LYL-YRJÄNÄINEN M., BILETTA I., CABRITA J. - *Fifth european working conditions survey: overview report*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2012, 148 p.
- [3] VINCK L. - *Les expositions aux risques professionnels, les ambiances et contraintes physiques, enquête Sumer 2010* - Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques. *Synthese.Stat'*, 2014, 8, p.159-164.
- [4] ABADIA G., BRISBART C., COSSET Y., DELÉPINE A., CHAPOUTHIER-GUILLON A., GORVEL A. - *Les maladies professionnelles: guide d'accès aux tableaux du régime général et du régime agricole*. Paris, Édition INRS, ED 835, 2012, 349 p.
- [5] *Vibrations transmises aux membres supérieurs* (Internet). Paris, Institut national de recherche et de sécurité (consulté le 15/04/2016). <http://www.inrs.fr/risques/vibration-membres-superieurs/effets-sante.html>.
- [6] Directive 2002/44/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (vibrations). *Journal officiel des Communautés européennes*, n° L 177 du 06 juillet 2002, p. 13-20.
- [7] NF EN ISO 5349-2 - *Vibrations mécaniques – mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main – partie 2: guide pratique pour le mesurage sur le lieu de travail*. Paris, AFNOR, 2001, 50 p.
- [8] NF EN ISO 5349-1 - *Vibrations mécaniques – mesurage et évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises par la main – partie 1: exigences générales*. Paris, AFNOR, 2002, 39 p.
- [9] BOVENZI M., GRIFFIN MJ. - *Haemodynamic changes in ipsilateral and contralateral fingers caused by acute exposures to hand transmitted vibration*. *Occupational and environmental medicine*, 1997, 54, p.566-576.
- [10] BOVENZI M. - *A prospective cohort study of exposure-response relationship for vibration-induced white finger*. *Occupational and environmental medicine*, 2010, 67, p.38-46.
- [11] CURRY BD., GOVINDARAJU SR., BAIN JLW., ZHANG LL., YAN JG., MATLOUB HS., ET AL. - *Evidence for frequency-dependent arterial damage in vibrated rat tails*. *Anatomical Record – Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 2005, 284, p.511-521.
- [12] NF EN ISO 10819 - *Vibrations et chocs mécaniques – vibrations main/bras – mesurage et évaluation du facteur de transmission des vibrations par les gants à la paume de la main*. Paris, AFNOR, 2013, 28 p.