

Sujet de Thèse Académique

Analyse vibro-biomécanique et dynamique poly-articulée en sport/santé.

Financement

Allocation régionale

Localisation

- Université de Reims Champagne-Ardenne, Moulin de la Housse, 51687 Reims Cedex 2.

Encadrement

Directeur de Thèse : William BERTUCCI, LACMDTI, MC HDR
Co-Encadrant : Xavier CHIEMENTIN, GRESPI, MC

Mots Clés

Dynamique, système poly articulé, biomécanique, performance, santé, TMS

Contact et envoi des candidatures (CV et lettre de motivation).

Chiementin Xavier, xavier.chiementin@univ-reims.fr

Contexte

Le sujet de cette thèse a pour objectif l'étude des vibrations transmises à l'homme. Ce sujet est le résultat d'une convergence de compétences de deux laboratoires de l'URCA : le LACMDTI et le GRESPI.

Introduction

L'homme est régulièrement assujéti à des vibrations extérieures, irrégularités de la route, outils de travail portatifs, vibrations résultant d'un choc. Ces vibrations, transmises à l'homme, suscitent beaucoup d'intérêt aussi bien dans le domaine sportif que dans le domaine de la santé. Leurs caractéristiques, amplitude, fréquence et durée, peuvent engendrées des effets bénéfiques et/ou néfastes.

L'étude des vibrations transmises au corps humain est appuyée par la directive européenne 2002/44/EC. Cette directive rend responsable les employeurs de s'assurer que les risques des vibrations globales du corps sont éliminés ou réduits au minimum. Cette directive s'appuie sur la norme EN ISO 5349-1:2001. La Directive définit des seuils d'action d'exposition ($2,5\text{m/s}^2$ pour le système main bras) et des seuils limites d'expositions à laquelle les exposés ne doivent pas être

soumis (5m/s^2 pour le système main bras). La mesure de l'accélération est traduite par une amplitude efficace pondérée en fréquence. L'exposition aux vibrations est quantifiée par l'indicateur $A(8)$. Ce dernier est calculé en fonction de l'amplitude et de la durée de l'exposition.

$$A(8) = a \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

T est la durée journalière d'exposition aux vibrations d'amplitude a et T_0 est la durée de référence de huit heures, a est l'accélération mesurée.

Malgré cette norme, de nombreuses études perdurent. Effectivement, la mesure doit être réalisée par des accéléromètres sur l'interface machine-main ou sur l'interface coccyx-siège. Une accélération pondérée en fréquence est déduite de cette mesure pour donner la probabilité de dommages. Des études se sont ainsi tournées vers une mesure directe de l'accélération sur l'articulation souhaitée afin d'obtenir des accélérations non pondérées. [Starck 1989] [Pekkarinen 1989]. En parallèle des études modélisent de façon analytique et numérique le système main-bras ou le corps en vibrations globales. Le nombre de paramètres de modélisation est très important et la modélisation semble être propre à chaque utilisation. [Garg 1976] puis [Dassem 1996] ont utilisé des modèles linéaires de masse-ressort pour prédire la réponse du corps humain à la fois à des vibrations verticales unidirectionnelles et à des vibrations multidirectionnelles. [Kitazaki 1997], [Nigam, 1987], ont déterminé des modèles simple masse-ressort pour décrire les vibrations globales du corps. [Cho 2001] affirme que la réponse mécanique du corps humain dans un véhicule peut être prédite raisonnablement en utilisant son modèle biomécanique 9 DOF. Des études plus récentes modélisent et donnent des valeurs des systèmes masse ressort pour une personne assise [Nawayseh, 2009]. [Subashi, 2008] étudie l'effet des postures sur la modélisation. [Besa 2007] met en lien l'impédance du système main-bras avec la vibration mesuré sur l'outil et y présente des courbes de pondération.

Cependant ces études ne s'appuient pas sur les effets simultanés des macro et micro déplacements c'est-à-dire des mouvements et des vibrations. Nous souhaitons le couplage de ses deux notions car elles sont souvent indissociables. De plus, nous souhaitons donner aux vibrations un rôle de diagnostic de l'homme la subissant.

Objectifs

Les vibrations ressenties par l'homme ne peuvent pas, le plus souvent, être découplées de l'analyse de mouvement et de l'analyse de la fatigue musculaire. Cette thèse s'inscrit donc entre ces trois notions, mouvements, vibrations et fatigue musculaire. L'objectif est donc de définir les caractéristiques de la performance dans le sport et de définir les caractéristiques de diagnostic de la santé à travers la modélisation du corps humain par un **système dynamique poly-articulé**.

Ce système devra

- modéliser la transmission des vibrations dont l'information est porté par le mouvement,
- prévenir des troubles pouvant survenir suivant certaines sollicitations extérieures,

- évaluer l'efficacité des mouvements perturbés par des vibrations extérieures,
- intégrer la fatigue musculaire due aux vibrations.

Ce système pourra faire l'objet d'un logiciel dédié. La partie mouvement sera validée par des logiciels du commerce type LifeModeler et la partie vibrations sera validée par des logiciels éléments finis type Abaqus et /ou Cosmos.

Ce système sera en permanence recalé par des mesures réelles en laboratoire et sur le terrain.

Le travail du candidat s'articule autour de 3 axes :

- Phase 1
 - Etape 1
 - Etude bibliographique : systèmes poly articulés, modèles du corps existants, normes, troubles, pathologies, transfert des vibrations, résonance du corps.
 - Etape 2
 - Couplage analytique des vibrations et du mouvement.
 - Modélisation du mouvement et du transfert des vibrations globales transmises au corps.
- Phase 2
 - Etape 3
 - Etude expérimentale pour le recalage du modèle numérique. Cette étape devra être faite en parallèle avec l'étape 2.
 - Etape 4
 - Recherche des paramètres de diagnostic de l'homme (performance et santé)
- Phase 3
 - Etape 5
 - Validation en condition réelles de motricité (pavés de Reims et de Roubaix)
 - Etape 6 :
 - Rédaction de la thèse et valorisation scientifique et industrielle.

Cette thèse pourra aboutir au développement d'un logiciel de prévention de TMS, et de conception de systèmes mécaniques pouvant diminuer les vibrations néfastes.

Références

1. Directive 2002/44/EC du Parlement européen et du Conseil du 25/10/2002 relative aux exigences minimales d'hygiène et de sécurité relatives à l'exposition des employés à des risques résultants d'agents physiques.
2. EN ISO 5349-2:2001 Vibrations mécaniques — Mesure et évaluation de l'exposition des personnes aux vibrations transmises par les mains.
3. Hand-arm vibration - The Control of Vibration at Work Regulations 2005 (L140) (ISBN 0-7176-6125-3)
4. J. Friden, Vibration damage to the hand: clinical presentation, prognosis and length and severity of vibration required, *Journal of Hand Surgery* 26B (2001), pp. 471–474.
5. Akuthota, V., Plastaras, C., Lindberg, K., Tobey, J., Press, J., Garvan, C. The effect of long-distance bicycling on ulnar and median nerves: An electrophysiologic evaluation of cyclist palsy 2005 *American Journal of Sports Medicine* 33 (8), pp. 1224-1230
6. G.H.M.J. Subashia, Y. Matsumotoa, M.J. Griffinb, Modelling resonances of the standing body exposed to vertical whole-body vibration: Effects of posture *Journal of Sound and Vibration* 317 (2008) 400–418

7. D. P. Garg and M. A. Ross, "Vertical Mode Human Body Vibration Transmissibility," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 6: 102-112, 1976.
8. W. Qassem, M. O. Othman, and S. Abdul-Majeed, "The effects of vertical and horizontal vibrations on the human body," Med. Eng. Phys., 16: 151-161, 1994.
9. Kitazaki, S., Griffin, M.J. A modal analysis of whole-body vertical vibration, using a finite element model of the human body (1997) Journal of Sound and Vibration, 200 (1), pp. 83-102
10. Nigam, S.P., Malik, M.A study on a vibratory model of a human body (1987) Journal of Biomechanical Engineering, 109 (2), pp. 148-153.
11. Cho, Y., Yoon, Y.-S. Biomechanical model of human on seat with backrest for evaluating ride quality, International Journal of Industrial Ergonomics Volume 27, Issue 5, May 2001, Pages 331-345
12. Naser Nawayseh, , and Michael J. Griffin, A model of the vertical apparent mass and the fore-and-aft cross-axis apparent mass of the human body during vertical whole-body vibration, Journal of Sound and Vibration Volume 319, Issues 1-2, 9 January 2009, Pages 719-730
13. G.H.M.J. Subashi, Y. Matsumoto, M.J. Griffin, Modelling resonances of the standing body exposed to vertical whole-body vibration: Effects of posture Journal of Sound and Vibration 317 (2008) 400–418