

Simulation de trajectoires complexes à l'aide d'un hexapode de mouvement : applications aux sports de glisse

K. LESTRADE^{a,b}, S. GUERARD^a, P. LANUSSE^b, P. VIOT^a

a. Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M), Arts et Metiers ParisTech, I2M-DuMAS UMR 5295, F-33400 Talence, France

b. Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS), Université de Bordeaux, IMS UMR 5218, 33405 Talence, France

Résumé :

Le département Durabilité des Matériaux, Assemblages et Structures (DuMAS) de l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M) s'est associé à l'équipe CRONE du groupe automatique du laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS) autour du projet commun de simulation de trajectoires complexes à l'aide d'un hexapode de mouvement et son application aux sports de glisse. Nouvellement équipé d'un robot hexapode de dernière génération constitué d'une plate-forme mobile reliée, par 6 vérins pilotables indépendamment, à une plate-forme fixe, l'objectif global du projet SIMUSURF est d'optimiser le pilotage de l'hexapode pour recréer en environnement contrôlé les sensations ressenties par un surfeur sur la vague.

Abstract :

DuMAS department (Durability of Materials, Assemblies and Structures) of Institut de Mécanique et d'Ingénierie – Bordeaux (I2M) has joined CRONE team of laboratory Integration from Material to System (IMS) about the project « Simulation of complex trajectories using an hexapod platform: application to surfing and other sliding sports ». The French Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers – CER de Bordeaux-Talence, has acquired an advanced technology dynamic hexapod made of a fixed platform linked to a moving one thanks to 6 parallel actuators which allow for an independent control of the 3 translations and the 3 rotations. The global aim of the SIMUSURF project is to optimize the control of the trajectory of the moving platform to reproduce surfing trajectories in controlled environment.

Mots clefs : plate-forme de Gough-Stewart, sollicitations dynamiques, restitution inertielle, pilotage complexe

1 Simulation et restitution de trajectoires à l'aide d'un hexapode

L'hexapode de mouvement permet de piloter une plate-forme mobile par rapport à une plate-forme fixe grâce à 6 vérins pilotables indépendamment. Ces derniers permettent le mouvement d'une charge pouvant atteindre 500kg selon les 6 degrés de liberté de l'espace (3 translations et 3 rotations) avec le dimensionnement suivant :

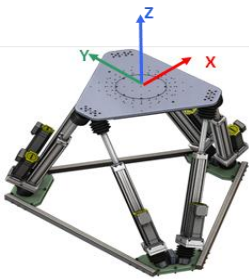
Axe	Course	Vitesse	Accélération	
Tx et Ty	± 400 mm	± 1.45 m/s	± 7m/s ²	
Tz	± 300 mm	± 1.00 m/s	± 6.5m/s ²	
Rx et Ry	± 30 °	± 50 °/s	± 500°/s ²	
Rz	± 40 °	± 70 °/s	± 700°/s ²	

FIGURE 1 – Hexapode de mouvement et ses caractéristiques

La précision du positionnement de l'hexapode est de 0.01 mm pour les translations et 0.01° pour les rotations et la position de l'hexapode en temps réel peut être mesurée avec une fréquence d'acquisition jusqu'à 10 kHz. Cet hexapode permet alors de recréer des mouvements similaires à ceux utilisés dans les simulateurs de vol ou les simulateurs de conduite. Cependant, si de telles applications sont aujourd'hui courantes à l'image du simulateur de conduite ULTIMATE développé par Renault de 2001 à 2004, l'utilisation de robots parallèles pour des applications expérimentales est encore récente (début des années 90) et des travaux restent encore à mener et plus particulièrement au niveau de la partie commande dynamique (Paccot[1] et Denoual[2]).

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de système permettant d'analyser quantitativement les mouvements d'un surfeur pour réaliser une figure donnée et de pouvoir les reproduire en environnement contrôlé. Le développement de ce simulateur à partir de l'hexapode équipé de plates-formes de forces nécessitera donc un pilotage de la trajectoire du plateau mobile à partir des efforts exercés par l'utilisateur. D'un point de vue mécanique et robotique, un des principaux verrous technologiques à lever concerne l'optimisation du pilotage pour atteindre les trajectoires désirées ou les efforts multiaxiaux à imposer dans le cas particulier d'un pilotage complexe en effort. En effet, la description d'une trajectoire 3D complexe avec précision et répétabilité nécessite la prise en compte des phénomènes de couplage dynamiques existants entre les actionneurs et la mise en œuvre d'une approche de commande multi-variable efficace. L'approche de commande robuste CRONE développée au laboratoire IMS sera utilisée.

2 Algorithmes de Restitution Inertielle (ARI)

Les ARI sont aujourd'hui les principaux algorithmes utilisés dans le cadre de la simulation de conduite ou la simulation de vol afin de s'affranchir des limites imposées par l'architecture mécanique de l'hexapode (limites de position, limites de vitesses et limites d'accélération notamment). Elloumi [3] a recensé chacune des techniques utilisées pour construire ces algorithmes. Dans ce cadre, Schmidt et Conrad [4] ont été les premiers à avoir proposé, en l'occurrence pour la plate-forme de simulation de Gough-Stewart de la NASA, une approche de restitution inertielle à partir de la méthode de séparation fréquentielle. Etant donné les déplacements très limités de l'hexapode mis en place au laboratoire, nous définissons pour le projet SIMUSURF la restitution inertielle comme la transformation des trajectoires complexes réelles d'une planche de surf réalisant une figure dans l'eau en trajectoires réduites jouables par l'hexapode.

3 Expérimentation et déroulement du projet

La première étape sera d'effectuer le choix d'instrumentations pertinentes pour équiper un longboard de capteurs de force, de caméras embarquées pour suivre en temps réel la position du surfeur sur sa planche et d'une centrale inertielle (ensemble d'accéléromètres et de gyroscopes) placées sur le surfeur pour recueillir des informations sur les mouvements réalisés et sur les trajectoires réelles. L'asservissement des efforts réalisés par l'hexapode visera à reproduire la réaction mécanique de la vague sur le surfeur. Le contrôle de la trajectoire sera alors effectué par l'utilisateur. Ces informations constitueront une base de données de mouvements à filtrer, traiter et intégrer dans l'hexapode d'une manière optimale. Enfin, lors de la réalisation finale du simulateur, les mouvements reproduits par l'hexapode et représentatifs des figures classiques exécutées sur une vague seront testés sur un panel de surfeurs. Le simulateur ainsi créé pourra alors être utilisé comme outil de découverte du surf ou d'apprentissage chez le surfeur occasionnel ou comme outil d'entraînement et d'aide à la performance chez le surfeur professionnel.

References

- [1] Paccot, F. (2009). Contribution à la commande dynamique référencée capteurs de robots parallèles. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal-Clermont II.
- [2] Denoual, T. (2012). Contribution à l'objectivation des prestations dynamiques sur simulateur de conduite. Thèse de doctorat, Ecole centrale de Nantes.
- [3] Elloumi, H. (2006). Commande des plates-formes avancées de simulation de conduite. Thèse de doctorat, Ecole des mines de Paris.
- [4] Schmidt, S. F. et Conrad, B. (1970). Motion Drive signals for piloted flight simulators. Rapport technique, NASA.