

## Offre de thèse : début prévu le 1<sup>er</sup> septembre 2015 (3 ans)

### **Titre: Analyse et réduction des vibrations des robots parallèles à câbles**

Laboratoire: INSA de RENNES, LGCGM, EA-3913, Equipe Procédés et Systèmes Mécaniques

Directeur de Thèse : Eric RAGNEAU  
eric.ragneau@insa-rennes.fr

Co-Encadrants:	Eric COURTEILLE +33 (0)2 23 23 85 79 eric.courteille@insa-rennes.fr	Stéphane CARO +33 (0)2 40 37 69 68 stephane.caro@irccyn.ec-nantes.fr
----------------	---	--

**Contact :** *Eric COURTEILLE*

#### ***Etat de l'art :***

Les robots parallèles à câbles utilisent des câbles flexibles à la place des chaînes cinématiques rigides que l'on trouve sur les robots parallèles traditionnels. En plus de posséder les avantages classiques des robots parallèles traditionnels, à savoir la rigidité, la précision et de fortes capacités de chargement, les robots parallèles à câbles possèdent aussi un large espace de travail. C'est pour toutes ces raisons que depuis la dernière décennie, les activités de recherches sur cette thématique sont nombreuses.

Cependant, comme les câbles présentent la particularité de ne pas être rigide et de pouvoir travailler qu'en traction, la rigidité des robots parallèles à câbles devient une préoccupation importante, en particulier pour les robots parallèles à câbles suspendus. Cette rigidité a aussi un impact sur les caractéristiques suivantes de ces structures : les comportements statique et dynamique, la précision de pose, les vibrations, le contrôle et la distribution des forces dans le cas des structures redondantes. Une rigidité statique insuffisante peut diminuer la précision de pose, et de mauvaises caractéristiques en termes de rigidité dynamique peuvent conduire à des vibrations et à une durée de stabilisation plus importante.

Les travaux récents réalisés sur cette thématique montrent la nécessité de prendre en compte l'effet des vibrations propres des câbles dans l'analyse du comportement dynamique des robots à câbles. En effet, les effets de la masse des câbles sur la dynamique des câbles ont une influence significative sur la dynamique globale du robot. Un nouveau modèle de raideur dynamique des robots à câbles a été développé et expérimentalement validé. Ce modèle dynamique complet intègre la dynamique des câbles, les vibrations de la nacelle et le couplage entre les câbles et la nacelle. Basé sur un modèle oscillatoire, les Fonction de Réponse en Fréquence (FRF) de la nacelle sous une excitation harmonique sont calculées, ce qui permet d'identifier les fréquences naturelles des robots parallèles à câbles et d'étudier l'effet de la dynamique des câbles sur les vibrations du système.

Les vibrations peuvent être induites par les conditions initiales (vitesse et position) en trajectoire, les perturbations dues au vent et aux frottements au niveau des poulies des câbles. La précision de pose et de suivi de trajectoire d'un robot à câbles peut être améliorée par une analyse précise de son comportement vibratoire.

### ***Sujet proposé :***

Le sujet consiste en une étude approfondie du comportement vibratoire des robots parallèles à câbles dans un objectif de réduction des vibrations. L'analyse du comportement dynamique doit permettre de développer des concepts opérationnels pour réduire les vibrations dans des configurations de poses statiques avec perturbations extérieures comme en suivi de trajectoire avec des longueurs de câble variables dans le temps. Pour compenser les erreurs de positionnement de l'organe terminal, les méthodes pourront être passives (amélioration de la conception des robots, système mécanique annexe) ou d'une manière active. Nous chercherons à utiliser les actionneurs existants pour commander simultanément la pose et pour atténuer les vibrations dans la structure. Dans cette voie, nous devons agir sur la performance dynamique de la commande, en prenant en considération la raideur variable et l'amortissement dans le modèle élastodynamique établi. La validité des concepts proposés sera expérimentalement validée sur un prototype développé dans le cadre du projet CAROCA de l'IRT Jules Verne.

### ***Connaissances requises :***

- Culture en Robotique/Automatique
- Modélisation de système dynamique
- Modélisation et analyse cinématique des robots
- Analyse vibratoire (Analyse modale expérimentale et numérique)
- Compétences en programmation (MATLAB, CAO)

### ***Informations :***

- Collaboration avec l' IRCCYN, 1 rue de la Noë, 44321 Nantes CEDEX 3 et l'IRT Jules Verne
- Support financier : oui

### ***Références :***

Marc Gouttefarde et al. "Simplified static analysis of large dimension parallel cable-driven robots". In: Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on. IEEE. 2012, pp. 2299–2305.

Xavier Weber, Loic Cuvillon, and Jacques Gangloff. "Active vibration canceling of a cable-driven parallel robot using reaction wheels". In: Intelligent Robots and Systems (IROS 2014), 2014 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE. 2014, pp. 1724–1729.

Andreas Pott et al. "IPAnema: a family of cable-driven parallel robots for industrial applications". In: Cable-Driven Parallel Robots. Springer, 2013, pp. 119–134

Gagliardini, L., Caro, S., Gouttefarde, M., Wenger, P. and Girin, A., "A Reconfigurable Cable-Driven Parallel Robot for Sandblasting and Painting of Large Structures", The Second International Conference on Cable-Driven Parallel Robots (CableCon 2014), Duisburg, Germany, August 24–27 2014.

Gagliardini, L., Caro, S., Gouttefarde, M., Wenger, P. and Girin, A., "Optimal Design of Cable-Driven Parallel Robots for Large Industrial Structures", The 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2014). Hong Kong, China, May 31–June 7, 2014.

Yuan, H., Courteille, E., & Deblaise, D. (2015). Static and dynamic stiffness analyses of cable-driven parallel robots with non-negligible cable mass and elasticity. *Mechanism and Machine Theory*, 85, 64–81.