

## **Sujet de thèse : « Prise en compte de la variabilité morphologique de l'opérateur dans des tâches de montage simulées en réalité virtuelle »**

**Doctorant :** Jacques ZHONG

### **Encadrants :**

- Francis COLAS (Directeur de thèse, INRIA LORIA Larsen)
- Pauline MAURICE (Co-directrice de thèse, INRIA LORIA Larsen)
- Vincent WEISTROFFER (Encadrant, CEA-LIST LSI)
- Claude ANDRIOT (Encadrant, CEA-LIST LSI)

**Mots clefs :** Robotique humanoïde, réalité virtuelle, ergonomie

### **Résumé des travaux :**

En industrie, les troubles musculo-squelettiques (TMS) ont un coût important. Tout d'abord pour les ouvriers qui en ressortent souvent avec des séquelles lourdes [1], mais aussi pour les entreprises qui perdent en productivité. Pour répondre à ce problème, une approche privilégiée consiste à simuler des avatars dans un poste de travail virtuel. L'ergonomie et la faisabilité d'une tâche peuvent alors être évaluées à l'avance [2], ce qui permet un gain considérable de temps et de moyens. Malgré cela, la donnée morphologique de l'opérateur est encore peu prise en compte dans les outils de simulation, où l'on considère souvent un opérateur « moyen ». Pourtant, on peut s'attendre à ce que différentes morphologies effectuent une même tâche différemment, d'une manière qui leur soit adaptée.

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse est de développer un outil qui permette de tester la faisabilité et l'impact ergonomique d'une tâche sur des opérateurs ayant une morphologie différente de celle d'un opérateur démontrant la tâche en réalité virtuelle.

Les premières réalisations se sont portées sur la mise en place d'un contrôle robuste du mannequin virtuel intégré à l'environnement physique XDE [3]. L'avatar est modélisé comme une chaîne arborescente à 47 degrés de liberté paramétrable en taille et en masse. Pour animer l'avatar, on utilise une commande en couple calculée par optimisation quadratique (ou QP control) via la librairie TSID [4]. Avec cette méthode, on peut définir différentes tâches et contraintes (posture, présence d'un contact, limites articulaires, position cartésienne à atteindre, etc.) réécrites sous la forme d'un problème quadratique résolu en ligne. Cela nous permet d'avoir un avatar stable face à des perturbations (collisions, sol instable ...) tout en étant capable de suivre des trajectoires cartésiennes ou bien d'appliquer des efforts sur des objets de son environnement.

Dans un premier prototype en réalité virtuelle en préparation, on souhaite mettre l'utilisateur en interaction avec l'avatar virtuel. Ce dernier pourra en temps réel ajuster la posture du mannequin, modifier les contacts ou bien tenter de perturber l'avatar, le tout dans un environnement physique. Ces travaux permettraient d'introduire plus de réalisme physique dans un contexte de mise en posture dans le domaine de l'animation [5] [6]. Pour la thèse, cette expérience permettra de valider les différentes composantes du contrôleur QP avant de travailler sur la couche de contrôle plus haut-niveau [7] [8].

## Bibliographie :

- [1] Bevan, S. (2015) 'Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe', *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, 29(3), pp. 356–373. doi: 10.1016/j.berh.2015.08.002.
- [2] Lynn, M. and Corlett, N. (1993) 'RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders', *Applied Ergonomics*, 24(2), pp. 91–99.
- [3] X. Merlhiot *et al.* «The XDE mechanical kernel: Efficient and robust simulation of multibody dynamics with intermittent nonsmooth contacts». *Proceedings of the 2nd Joint International Conference on Multibody System Dynamics*, 2012.
- [4] Del Prete, A. *et al.* (2015) 'Prioritized motion-force control of constrained fully-actuated robots: "task Space Inverse Dynamics"', *Robotics and Autonomous Systems*, 63(P1), pp. 150–157.
- [5] Vogel, D., Lubos, P. and Steinicke, F. (2018) 'AnimationVR - Interactive Controller-Based Animating in Virtual Reality', (March), pp. 1–1. doi: 10.1109/vr.2018.8446550.
- [6] Oreshkin, B. N. *et al.* (2021) 'ProtoRes: Proto-Residual Architecture for Deep Modeling of Human Pose'. Available at: <http://arxiv.org/abs/2106.01981>.
- [7] Mordatch, I., Todorov, E. and Popović, Z. (2012) 'Discovery of complex behaviors through contact-invariant optimization', *ACM Transactions on Graphics*, 31(4), pp. 1–8. doi: 10.1145/2185520.2185539.
- [8] Won, J. and Lee, J. (2019) 'Learning body shape variation in physics-based characters', *ACM Transactions on Graphics*, 38(6), pp. 1–12. doi: 10.1145/3355089.3356499.