

Sujet de thèse

Développement d'un modèle musculo-squelettique générique du soldat en vue du support de son activité physique.

Equipe d'encadrement :

- Encadrant (40%) : Charles Pontonnier, Maitre de Conférences (Saint-Cyr Coëtquidan) en mécanique, laboratoire LMM (Laboratoire mécanique et matériaux), laboratoire IRISA (Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires)
- Directeur de thèse IRISA (30%) : Georges Dumont, Professeur des Universités (ENS Rennes) en mécanique, Laboratoire IRISA
- Encadrant (30%) : Nicolas Bideau, Maitre de Conférences (Université Rennes 2) en biomécanique, Laboratoire M2S
- Ecole Doctorale de rattachement : Ecole doctorale Matisse

Partenariats envisagés :

- Centre de recherche des écoles de saint-cyr coëtquidan ([CREC](#))
- Laboratoire [IRISA](#) UMR 6074, laboratoire [M2S](#) (Mouvement Sport Santé) et [INRIA](#) (Institut National De Recherche en Informatique et Automatique) par le biais de l'équipe de recherche [MimeTIC](#), commune aux trois établissements.

Contexte général de l'étude : La simulation musculo-squelettique de l'humain (simulation visant à simuler la dynamique du mouvement humain et à prédire les efforts que génèrent les muscles et les ligaments au cours du mouvement) est un outil classiquement utilisé pour l'ergonomie, la rééducation fonctionnelle ou le sport. Son potentiel en termes de prototypage de nouveaux outils comme les dispositifs d'assistance à l'activité physique (cobots, exosquelettes,...) est une piste d'évolution de leur usage extrêmement séduisante. En effet, la maturation de tels outils permettrait d'accélérer sensiblement le développement et le prototypage des exosquelettes tant au niveau de leur architecture que de leur commande. Dans ce cas, l'humain est considéré comme un système de solides rigides poly-articulé mû par des actionneurs actifs et passifs que sont les muscles et les ligaments.

Si la personnalisation des modèles d'humain utilisés dans de telles simulations connaît un développement constant de la part de la communauté scientifique, les bases de données anthropométriques permettant de tenir compte et d'exploiter des modèles représentatifs d'une population particulière restent confidentielles dans leur développement et leur usage. En effet, dans le cadre du prototypage d'un dispositif d'assistance, il est nécessaire de s'assurer que le système remplit sa fonction quel que soit la morphologie, les capacités physiques et les spécificités motrices du sujet et ainsi qu'il est suffisamment configurable et flexible pour le plus grand nombre. Pour cela, il est nécessaire de développer des modèles représentatifs, évolutifs et adaptables de la population visée. L'objectif de ce projet est l'établissement d'un tel modèle à des fins de prototypage des exosquelettes.

Objectifs de l'étude et travaux envisagés : Pour établir un tel modèle, le doctorant devra mener à bien les 3 challenges suivants :

- Une campagne expérimentale de mesure de la population visée en termes géométriques (taille, longueurs de segments), inertiels (masses, inerties des segments) et musculaire (capacités de génération d'efforts). L'échantillon doit être représentatif de la population visée (nous envisagerons dans un premier temps un échantillon d'au moins 30 soldats aptes au combat, avec des conditions d'inclusion en termes d'âge, taille et poids). Les mesures seront réalisées à l'aide des dispositifs expérimentaux du M2S, c'est-à-dire de la capture de mouvement pour les paramètres géométriques, des plateformes de forces pour les paramètres inertiels et un ergomètre isocinétique pour les capacités de génération d'efforts articulaires. L'équipe de recherche MimeTIC dispose d'un savoir-faire conséquent sur ces aspects expérimentaux. Si le timing le permet, nous envisageons de développer également un modèle « civil » selon le même protocole pour les exosquelettes d'assistance au travail. Les soldats seront recrutés par le biais des Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan.
- Le développement d'un modèle musculo-squelettique corps complet. Il s'agira d'adopter un modèle descriptif compatible avec les algorithmes de simulation utilisés au sein de l'équipe de recherche et également de puiser dans les ressources bibliographiques des modèles adaptés aux besoins des simulations visées (notamment adapter le niveau de détail aux objectifs de la simulation). Les encadrants ont développé et maintiennent une librairie de simulation musculo-squelettique contenant des modèles déjà exploitables pour réaliser cette tâche.
- La mise au point d'algorithmes de mise à l'échelle des modèles performants. En effet, afin d'adapter les données expérimentales au modèle développé, il sera nécessaire de développer des algorithmes de « mapping » basés sur des méthodes d'optimisation et de classification et permettant d'obtenir, à partir de données d'entrée facilement mesurables (taille, poids, âge, activité physique hebdomadaire) et de données expérimentales obtenues à partir d'un protocole simplifié, un modèle réaliste du soldat. Il faudra notamment valider ces algorithmes en confrontant les données expérimentales aux modèles mis à l'échelle.

Ce sujet de thèse est financé dans le cadre de la chaire Safran-Ecoles de Saint-Cyr Coëtquidan «le soldat augmenté dans l'espace numérique de bataille »

La question que l'on cherche à traiter ici est tout simplement : que doit-on augmenter ? Pour y répondre, il est nécessaire de caractériser le soldat d'un point de vue biomécanique afin de mieux comprendre ses besoins physiologiques et physiques et pouvoir y apporter un support en conséquence lors de son activité de terrain. Ainsi, le lien avec la thématique de la chaire est direct : la caractérisation du soldat est une étape nécessaire à son « augmentation » tant physique que cognitive.

Mots-clés : Simulation musculo-squelettique, Base de données, Mise à l'échelle, Optimisation.

Références bibliographiques :

- Cruz Ruiz, A. L., Pontonnier, C., Pronost, N., & Dumont, G. (2016, May). Muscle-Based Control for Character Animation. In *Computer Graphics Forum*.
- Pontonnier, C., De Zee, M., Samani, A., Dumont, G., & Madeleine, P. (2014). Strengths and limitations of a musculoskeletal model for an analysis of simulated meat cutting tasks. *Applied ergonomics*, 45(3), 592-600.
- Muller, A., Pontonnier, C., & Dumont, G. (2017). Uncertainty propagation in multibody human model dynamics. *Multibody System Dynamics*, 1-16.

- Pontonnier, C., & Dumont, G. (2009, November). Motion analysis of the arm based on functional anatomy. In *3D Physiological Human Workshop* (pp. 137-149). Springer Berlin Heidelberg.
- Pontonnier, C., & Dumont, G. (2009). Inverse dynamics method using optimization techniques for the estimation of muscles forces involved in the elbow motion. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 3(4), 227-236.

Profil du doctorant : (bio)mécanicien de formation avec une mineure informatique si possible. De nationalité française, avec des capacités de rédaction et d'élocution en langue anglaise.

Informations pratiques :

-1900€ nets/mois

- Le doctorant partagera son temps de travail entre : le centre de recherche des écoles de saint-cyr coëtquidan (Guer, Morbihan, France), le laboratoire M2S (Bruz, Ille et vilaine) et le laboratoire IRISA (Rennes, Ille et vilaine) en fonction des campagnes expérimentales mises en œuvre au cours de la thèse.

- Le doctorant aura la possibilité de réaliser des vacances dans les parcours d'enseignement des écoles de saint-cyr Coëtquidan.

- Le doctorant sera intégré à l'équipe de recherche MimeTIC, donc on peut trouver le descriptif et le site web [ici](#)

- contacts : charles.pontonnier@irisa.fr georges.dumont@irisa.fr nicolas.bideau@univ-rennes2.fr