



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom

## **Sujet de thèse : optimisation de processus de fabrication en présence de facteurs humains**

Etablissement : [IMT Mines Alès](#) – Laboratoire : [EuroMov Digital Health in Motion](#)

**Etablissement** : IMT Mines Alès

**Localisation** : Alès

**Date de prise de poste** : Septembre/Octobre 2023

### **1. DESCRIPTION DE LA THESE**

#### **1.1 MOTS CLES**

Intelligence artificielle, Motion capture, Optimisation combinatoire, Industrie 5.0, Troubles musculo-squelettiques.

#### **1.2 ENCADRANTS**

**Directeur de thèse** : Prof. Pierre Slangen

**Co-directeur** : Prof. Jacky Montmain

**Co-encadrant** : Dr. Oussama Ben-Ammar

#### **1.3 OBJECTIF DE LA THESE**

Le « [Plan Régional Santé Travail 2022-2025](#) » de la région Occitanie mentionne quelques chiffres pour illustrer la nécessité de mettre la santé et la prévention au cœur du travail dans la région : les troubles musculo-squelettiques (TMS) représentent 80% des maladies professionnelles reconnues ; 71% des salariés sont exposés à des contraintes posturales et articulaires ; 32% des salariés sont exposés à un ou plusieurs produits chimiques et ce quel que soit leur secteur d'activité. Quant au service statistique chargé du travail, de l'emploi, de la formation professionnelle au sein du système statistique public (DARES), il énumère dans son [analyse n°031 d'août 2022](#) les seuils au-dessus desquels l'exposition peut être qualifiée de « pénible » (selon l'enquête Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels (SUMER) de 2017). Cependant, elle précise que la majorité des méthodes de quantification se basent sur l'expertise des médecins-enquêteurs et le ressenti des salariés.

Dans ce contexte, nous nous intéresserons à l'identification et au calcul automatique des charges que peut subir un opérateur. Ce calcul permettra ensuite d'intégrer les facteurs de pénibilité du travail dans l'optimisation d'un processus de fabrication. Ce travail de recherche est indispensable et présente de nombreux défis : (i) la définition et la capture de l'ensemble des mouvements d'intérêt, *i.e.* motion capture, (e.g. maintien des bras en l'air, position à genoux, position fixe de la tête et du cou, posture accroupie, pousser, lever, vibrations, gestes répétitifs, etc.), (ii) la mise en place d'un protocole d'acquisition de données compatible avec les mouvements précités lors de la manipulation de charges (e.g., charges légères répétées ou charges élevées ponctuelles), (iii) le développement d'une approche basée sur de l'apprentissage automatique (e.g., deep-learning,

renforcement learning, etc.) pour caractériser les gestes et quantifier la pénibilité d'une activité donnée, (iv) et la proposition d'un ordonnancement temporel des tâches qui minimise la pénibilité tout en maximisant la productivité (optimisation combinatoire). Cette problématique s'inscrit pleinement dans l'industrie 5.0 où les facteurs humains jouent un rôle central.

Le point départ de cette thèse est la simulation d'un processus de fabrication défini par un ensemble de données : tâches, règles de précédences, capacité d'assemblage, demande en produit fini, contraintes techniques et environnementales, opérateurs, etc. Cette simulation fournit un ensemble d'indicateurs comme le temps de fabrication d'un produit fini, le ratio charge/capacité, les besoins en opérateurs qualifiés et/ou non qualifiés, etc.

Le premier travail consistera à coupler cette simulation avec des méthodes d'optimisation combinatoire pour proposer un ordonnancement des tâches et une répartition des charges entre les opérateurs. Cette première solution ne prendra pas en considération la pénibilité au travail.

Dans un second temps, le doctorant analysera l'environnement industriel et les mouvements des opérateurs pour proposer une caractérisation fine et un calcul automatique des facteurs de pénibilité. Il s'appuiera sur les technologies disponibles à la plateforme Alès Imaging and Industrial Metrology ([AIHM](#)) de l'IMT Mines Alès. En particulier, les systèmes de capture de mouvement (optique ou par centrale inertielle) qui sont parfaitement complémentaires et compatibles avec le milieu industriel. Le candidat pourra s'appuyer sur des travaux existant à EuroMov Digital Health in Motion autour de la capture du mouvement et la quantification de la pénibilité.

Enfin, le doctorant intégrera le calcul automatique de ces facteurs dans l'optimisation des processus de fabrication.

## 1.4 RESULTATS ATTENDUS

Plusieurs livrables sont attendus :

- L'étude de la quantification de la pénibilité en fonction de la réglementation sur la pénibilité au travail en France, l'environnement industriel, les postes de travail et les tâches associées ;
- L'étude des technologies de capture de mouvement.

Les approches proposées seront évaluées expérimentalement chez une entreprise partenaire. Les travaux seront valorisés par la publication d'articles scientifiques dans des journaux et conférences.

## 1.5 PROFIL DU CANDIDAT

Ingénieur et/ou Master 2 avec une coloration Science des Données, Intelligence Artificielle et Recherche Opérationnelle.

La personne recrutée devra disposer des compétences suivantes :

- Machine Learning ;
- Analyse de données ;
- Modélisation de problèmes ;
- Algorithmique et programmation.

Des connaissances complémentaires dans l'un des domaines suivants seraient appréciées :

- Modélisation et analyse du mouvement humain ;
- Méthodes d'optimisation combinatoire.

Le candidat devra être motivé par l'aspect applicatif en santé et le développement informatique.

## 1.6 CANDIDATURE

Le dossier de candidature devra comporter :

- Un CV **détaillé** ;
- Une lettre de motivation ;
- Relevés de notes des dernières années de formation ;
- Lettres de recommandation.

Le dossier est à envoyer par courrier électronique à : [pierre.slangen@mines-ales.fr](mailto:pierre.slangen@mines-ales.fr) ; [oussama.ben-ammar@mines-ales.fr](mailto:oussama.ben-ammar@mines-ales.fr) ; [jacky.montmain@mines-ales.fr](mailto:jacky.montmain@mines-ales.fr)