

<b>Etablissement</b>	Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR_T9406). Université Claude Bernard Lyon 1 (Lyon 1). Université Gustave Eiffel (Univ Eiffel).
<b>Equipe encadrante</b>	Alexandre Naaim, Paul-André Deleu, Neila Mezghani, Laurence Chèze
<b>Titre</b>	<b>Caractérisation fonctionnelle des pathologies du pied et de la cheville par l'analyse du mouvement et la fouille de données</b> <b>Functional characterization of foot and ankle pathologies using motion analysis and data mining</b>
<b>Domaine</b>	Biomécanique, Analyse du mouvement, Fouille de donnée
<b>Contact</b>	Alexandre Naaim alexandre.naaim@univ-lyon1.fr

### Introduction générale

Les pathologies du pied et de la cheville constituent un ensemble hétérogène d'affections. Bien que leurs étiologies soient diverses (traumatiques, dégénératives, inflammatoires ou mécaniques), ces pathologies partagent des conséquences fonctionnelles majeures, caractérisées par des douleurs persistantes, des limitations de mobilité et des altérations souvent marquées de la marche et des activités de la vie quotidienne. La prise en charge thérapeutique de ces pathologies repose initialement sur des traitements conservateurs, visant principalement à soulager la douleur et à optimiser la fonction. Dans certains cas une prise en charge chirurgicale peut être envisagée. Cependant, quelle que soit la stratégie thérapeutique retenue, les résultats fonctionnels présentent une variabilité importante, soulignant la nécessité de mieux comprendre les mécanismes biomécaniques sous-jacents à chaque profil de patient.

### Limites des outils d'évaluation actuels

L'évaluation clinique de ces pathologies repose classiquement sur une combinaison d'anamnèse, d'exams cliniques, d'imagerie (radiographies, scanner, IRM) et de questionnaires de qualité de vie. Bien que ces outils soient indispensables au diagnostic et au suivi, ils restent limités pour quantifier les altérations fonctionnelles réelles et appréhender les mécanismes biomécaniques en jeu lors de la marche et des activités fonctionnelles.

Dans ce contexte, l'analyse du mouvement apparaît comme une source de biomarqueurs fonctionnels pertinente tant pour la compréhension des pathomécanismes des différentes pathologies du pied et de la cheville que pour l'évaluation objective de l'effet des traitements. L'analyse tridimensionnelle de la marche constitue aujourd'hui la référence pour l'étude objective de la fonction locomotrice, permettant une mesure conjointe des paramètres cinématiques, cinétiques et spatio-temporels. Les modèles biomécaniques multi-segmentaires du pied permettent une description plus fine et plus fidèle de la fonction, en intégrant les interactions entre les différentes structures anatomiques et en mettant en évidence des signatures fonctionnelles spécifiques ou partagées entre pathologies.

### Vers un socle biomécanique commun des pathologies du pied

Une hypothèse de cette thèse est que les pathologies du pied et de la cheville peuvent être regroupées en grandes familles fonctionnelles partageant un noyau commun de paramètres biomécaniques discriminants, indépendamment de leur diagnostic étiologique précis. Pour chacune de ces familles, un ensemble restreint mais robuste de variables clés peut être identifié à partir de l'anamnèse, la baropodométrie ainsi que la cinématique et dynamique issue de l'analyse du mouvement. L'enjeu n'est pas de recourir systématiquement à des dispositifs complexes et coûteux, mais d'identifier quels paramètres, initialement issus de systèmes high-tech (cinématique 3D, plateformes de force), peuvent être transposés de manière fiable vers des outils plus accessibles, comme des mesures cliniques simplifiées

### **Cadre des données et approche méthodologique**

Cette démarche s'appuie sur plusieurs bases de données cliniques multimodales, incluant :

- une cohorte d'environ 100 patients atteints d'arthrose de cheville, avec données pré- et post-opératoires (cinématique, cinétique, baropodométrie, imagerie, PROMs).
- une cohorte d'environ 300 patients concernant d'autres pathologies du pied et de la cheville pré-traitement (fasciite plantaire, tendinopathies, syndromes de la colonne latérale), comprenant des données cliniques, radiologiques, fonctionnelles et biomécaniques. Les données post-traitement se limitent à des mesures de la douleur et à des résultats cliniques issus d'un examen palpatoire, permettant de déterminer la réussite ou non du traitement. Les patients pourront être classés en trois groupes :
  - (i) recovered–resolved : symptômes résolus, retour complet aux activités souhaitées ;
  - (ii) recovered–non resolved : amélioration clinique avec stratégies d'adaptation dans les activités quotidiennes ;
  - (iii) non recovered–non resolved : persistance des symptômes sans amélioration fonctionnelle significative.

L'exploitation conjointe de ces bases de données a pour objectif d'identifier, à l'aide de méthodes de fouille de données et d'analyse statistique, les paramètres biomécaniques les plus pertinents et les plus robustes pour caractériser la fonction, stratifier les patients et soutenir la décision thérapeutique. Il s'agit ainsi de définir, pour chaque grande famille de pathologies, un ensemble minimal et pertinent de paramètres permettant de décrire les altérations fonctionnelles majeures, d'orienter de manière ciblée la prise en charge clinique et d'anticiper les résultats des traitements.

Ce travail s'appuie sur le développement de modèles prédictifs multimodaux dédiés à l'évaluation et au suivi des pathologies du pied et de la cheville. Ces modèles combineront conjointement des données cliniques, biomécaniques (cinématique, cinétique, baropodométrie) et d'imagerie, au moyen d'architectures hybrides reposant sur l'apprentissage profond, les modèles probabilistes bayésiens et des mécanismes d'attention multimodale.

### **Organisation du projet :**

WP1 : Structuration et harmonisation de la base de données

WP2 : Développement des modèles de fouilles de données adaptés aux spécificités des mesures et leur format (baropodométrie et cinématique)



WP3 : Identification des paramètres minimum et transfère vers la clinique

**Profil candidat :**

Le/la candidat(e) recherché(e) pour ce projet est un(e) data scientist / biomécanicien(ne) disposant d'une solide formation en analyse de données et d'un fort intérêt pour les applications en santé. Il/elle est titulaire d'un diplôme de Master ou d'Ingénieur en science des données, biomécanique, bioingénierie ou disciplines connexes.

Le/la candidat(e) possède une maîtrise des méthodes de fouille de données, d'apprentissage statistique et de machine learning, ainsi qu'une expérience avérée dans la manipulation et l'analyse de jeux de données complexes, de grande dimension et hétérogènes. Un intérêt marqué pour les données biomédicales et biomécaniques, ainsi qu'une sensibilité aux contraintes propres aux données cliniques, sont essentiels.