Etablissement	Université Claude Bernard Lyon 1, France - Université Laval, Canada (En collaboration avec l'Université d'Evry Paris-Saclay)
Type de contrat	Stage de M2 à partir de mars 2027 pour 5 ou 6 mois
Titre	Modélisation du comportement mécanique du cartilage de la hanche : vers l'estimation des contraintes intra-articulaires dans la dysplasie développementale de la hanche
Equipe encadrante	Zeinab Awada, Boumediene Nedjar, Renaud Amoakon et Philippe Corbeil
Domaine	Mécanique
Candidat	Master 2- Ingénieur en mécanique
Contact	zeinab.awada@univ-lyon1.fr boumediene.nedjar@univ-evry.fr
Lieu de stage	Laboratoire de biomécanique et mécanique de chocs UMR_T9406, Lyon

Description du projet :

La dysplasie développementale de la hanche (DDH) est une pathologie caractérisée par un développement anormal de l'articulation de la hanche, susceptible de modifier la répartition des charges mécaniques, favorisant la dégradation du cartilage ainsi que le développement précoce d'une arthrose. La compréhension des mécanismes mécaniques impliqués dans cette pathologie constitue donc un enjeu important pour améliorer l'évaluation des contraintes articulaires et, à terme, contribuer à une meilleure prise en charge des patients.

Le cartilage articulaire est un tissu mou dont le comportement mécanique repose sur l'interaction entre sa matrice solide et le fluide qu'il contient. Sa capacité à répartir les charges et à limiter les frottements est essentielle au bon fonctionnement de l'articulation. Toutefois, sa faible capacité de régénération rend sa dégradation particulièrement préoccupante.

Afin de mieux caractériser son comportement, un modèle poromécanique intégrant les grandes déformations est en cours de développement par l'équipe encadrante, dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire de Biomécanique et de Mécanique des Chocs (LBMC), l'Université d'Évry et l'Université Laval. Ce modèle sera appliqué à des géométries spécifiques aux patients, reconstruites à partir d'images de tomodensitométrie (TDM), et validé à partir d'essais mécaniques réalisés sur quinze têtes fémorales, en collaboration avec l'entreprise Biomomentum Inc. (Laval, Québec). Ce travail constitue une étape vers une estimation localisée et physiologiquement cohérente des contraintes intra-articulaires, notamment dans le contexte de la DDH.

Objectifs du stage :

Dans ce contexte, les objectifs de ce stage sont :

1. Valider le modèle poromécanique développé ;
2. Evaluer sa capacité à reproduire les réponses mécaniques expérimentales sur les têtes fémorales.
3. Préparer son application à des géométries spécifiques, en vue d'estimer les contraintes intra-articulaires chez les patients atteints de la DDH.

Déroulement du stage :

Pour atteindre ces objectifs, le stage s'organisera autour des étapes suivantes :

- Réaliser une étude bibliographique sur la poromécanique des tissus biologiques, la théorie de Biot et les modèles constitutifs en grandes déformations.
- Prendre en main le logiciel Abaqus et les sous-routines UMAT développées par l'équipe encadrante.
- Mettre en place des tests numériques permettant de vérifier le comportement du modèle et la cohérence de son implémentation.
- Réaliser des études paramétriques afin d'évaluer la sensibilité du modèle aux différents paramètres.
- Contribuer à la validation du modèle à partir des données expérimentales disponibles et préparer son application à des géométries anatomiques spécifiques reconstruites à partir d'images TDM.

LBMC
Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs

Ce projet sera mené en collaboration entre le laboratoire LBMC (Université Claude Bernard Lyon 1, France), le laboratoire GRAME (Université Laval, Canada) et le Laboratoire LMEE (Université d'Evry Paris Saclay, France). Il regroupe des biomécaniciens, des kinésiologues, et un chirurgien orthopédiste.

Résultats attendus :

Ce stage permettra de contribuer au développement et à la validation d'un outil numérique avancé pour décrire le comportement poromécanique du cartilage. À terme, cette approche permettra d'estimer les contraintes intra-articulaires dans des configurations anatomiques spécifiques aux patients. Elle ouvrira ainsi des perspectives pour une meilleure compréhension des mécanismes mécaniques impliqués dans la dégradation du cartilage et pour le développement futur d'outils d'aide à l'évaluation biomécanique des pathologies de la hanche.

Candidat :

Le stage s'adresse à des étudiants en master 2 recherche et/ou en fin de cursus d'école d'ingénieur.
Plus précisément, un profil incluant les aspects suivants est recherché :

- Formation en mécanique /biomécanique,
- Bonnes bases en mécanique des milieux continus,
- Connaissances en modélisation par éléments finis,
- Expérience pratique d'un solveur de calcul EF,
- Connaissance en programmation (python ou fortran),
- Revue bibliographique et littérature scientifique,
- Rédaction des rapports sous LaTeX.