

Titre	Prothèse Totale de Cheville QUANTUM : évaluation du rôle de la densité minérale osseuse et du planning pré-opératoire sur la réussite post-opératoire
Lieu de travail principal	LBMC (Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs) UMR_T9406, Université Gustave Eiffel, Université Lyon 1
Encadrants académiques	Yoann LAFON (yoann.lafon@univ-eiffel.fr), Alexandre NAAIM, Laurence CHEZE
Partenaire clinique	Dr Jean-Luc BESSE, Service Chirurgie Orthopédique, Hospices Civils de Lyon
Partenaire industriel	Conemed

Contexte :

La prothèse totale de cheville est aujourd'hui le traitement chirurgical conservatif privilégié pour l'arthrose de cheville. Contrairement à l'arthrodèse de cheville, la prothèse conserve une mobilité de l'articulation, et donc préserve les articulations voisines tout en maintenant la fonction motrice du patient ([Dalat et al., 2014](#) ; [Deleu et al., 2021](#)). Les complications post-opératoires d'une pose de prothèse totale de cheville sont liées au positionnement de l'implant, c.a.d. tant à l'expertise du chirurgien ([Uselli et al., 2017](#) ; [Maccario et al., 2021](#)) qu'au planning pré-opératoire ([van Hoogstraten et al., 2022](#)). La construction de guides de coupe patient-spécifiques est donc maintenant préconisée ([Mazzotti et al., 2022](#)). La prothèse totale de cheville QUANTUM, commercialisée par Conemed depuis 2021, propose une pose entièrement réalisée à l'aide de guides de coupes personnalisés.

Les HCL sont équipés depuis peu d'un nouveau système Cone Beam HiRise (commercialisé depuis 2018 par la société américaine CurveBeam), permettant de réaliser un CT scan de la jambe directement en position debout sous charge. Récemment, un projet rassemblant le LBMC, le Dr Besse et l'entreprise Conemed a abouti à une procédure pour la définition des paramètres cliniques pertinents au planning pré-opératoire directement à partir du Cone Beam HiRise. Cette approche permet d'éviter la correction traditionnelle (mais fastidieuse) du CT-scan de la jambe complète (genou-pied) en position couchée (la jambe est en position de repos, le pied ballant) par des radiographies en position debout.

Bien que basse dose, le Cone Beam HiRise est aussi capable de fournir une information sur la densité minérale osseuse, comme le ferait un CT scan. Or, une revue de littérature a récemment souligné le rôle majeur de la densité minérale osseuse pré-opératoire sur la tenue post-opératoire de l'implant ([So et al., 2022](#)). Toutefois, même si ce paramètre devrait influencer le planning pré-opératoire et le choix de l'implant, il reste cependant souvent ignoré par les cliniciens.

Objectif du stage :

Pour des patients instrumentés à l'aide de différentes prothèses totales de cheville, évaluer la réussite post-opératoire au regard de la densité minérale osseuse pré-opératoire et du planning pré-opératoire, en particulier en s'appuyant sur des paramètres cliniques 3D.

Démarche :

- Revue de littérature sur les paramètres liés à la cheville : cliniques (angles alpha et bêta), posturaux (e.g. angles tibio-talien et tibio-calcaneen, pente calcaneenne), anatomiques (laxité intra-articulaire), biomécaniques (carte des distances inter-osseuses).
- Revue de littérature sur la mesure de la densité minérale osseuse à partir de l'imagerie CT-scan.
- Prise en main des outils de reconstruction 3D des surfaces osseuses par segmentation des images médicales.
- Développement du calcul géométrique des paramètres 2D et 3D retenus, et de la mesure de densité minérale osseuse.
- Evaluation de la reproductibilité de ces paramètres sur un faible jeu de données.
- Traitement des données anonymisées de patients retenus pour l'étude.
- Synthèse des données et étude statistique.

Environnement : le stage aura lieu au sein du Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC) à Bron. L'étudiant(e) sera aussi en lien avec le Dr. BESSE et la société Conemed. Des présentations régulières aux partenaires du projet sont prévues.

Connaissances acquises : expérience forte en reconstruction géométrique à partir d'images médicales, en calcul de paramètres morphologiques et biomécaniques, en planification chirurgicale pré-opératoire, dans le cadre d'une application clinique et industrielle.

Durée : 6 mois.

Mots-clés : cheville, prothèse, biomécanique, CT scan sous charge, planning pré-opératoire, densité minérale osseuse.

Title	QUANTUM total ankle prosthesis: evaluation of the effect of the bone mineral density and the pre-operative planning on the post-operative follow-up.
Location	LBMC (Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs) UMR_T9406, Université Gustave Eiffel, Université Lyon 1
Supervisors	Yoann LAFON (yoann.lafon@univ-eiffel.fr), Alexandre NAAIM, Laurence CHEZE
Clinical partner	Dr Jean-Luc BESSE, Service Chirurgie Orthopédique, Hospices Civils de Lyon
Industrial partner	Conemed

Context:

The total ankle arthroplasty is nowadays the favoured conservative surgical treatment for ankle osteoarthritis. Unlike ankle arthrodesis, the prosthesis preserves the mobility of the ankle joint, and therefore preserves the neighbouring anatomical joints while maintaining the patient's motor function. ([Dalat et al., 2014](#) ; [Deleu et al., 2021](#)). The post-operative complications of a total ankle prosthesis are related to the positioning of the implant, i.e. both to the surgeon's expertise ([Usuelli et al., 2017](#) ; [Maccario et al., 2021](#)) and the pre-operative planning ([van Hoogstraten et al., 2022](#)). The construction of patient-specific cutting guides is therefore now recommended ([Mazzotti et al., 2022](#)). Thus, since 2021, Conemed has been marketing the QUANTUM implant for total ankle arthroplasty based entirely on patient-specific cutting guides.

The HCL recently acquired a ConeBeam HiRise imaging system (marketed since 2018 by the American company CurveBeam), a weight bearing CT imaging system for the total leg: the leg is imaging in standing position. A research project involving the LBMC, Dr Besse and the company Conemed has resulted in a workflow for computing the clinical parameters used in the pre-operative planning directly from the ConeBeam HiRise images. This approach avoids the time-consuming correction of the full leg (knee-foot) CT scan reconstruction performed in supine position (leg is in resting position, foot dangling) by information from standing radiographs. Although low dose, the ConeBeam HiRise is also able to provide information on bone mineral density, as done by a CT scan. A recent literature review has highlighted the major role of pre-operative bone mineral density on the post-operative performance of the implant ([So et al., 2022](#)). However, although this parameter should influence pre-operative planning and implant selection, it is often ignored by clinicians.

Objective:

For patients treated with total ankle arthroplasty, assess the post-operative surgical success with respect to the pre-operative bone mineral density and the pre-operative planning, in particular using 3D clinical parameters in addition to classic 2D ones.

Workflow:

- Review of the literature on ankle-related parameters: clinical (alpha and beta angles), postural (e.g. tibio-talar and tibio-calcaneal angles, calcaneal slope), anatomical (intra-articular laxity), biomechanical (inter-bone distance map).
- Review of the literature on the measurement of bone mineral density from CT-scan imaging.
- Handling of 3D reconstruction tools to reconstruct bone surfaces from medical images.
- Development of the geometrical computation of the 2D and 3D parameters, and the measurement of bone mineral density.
- Evaluation of the reproducibility of these parameters on a small data set.
- Processing of anonymised data from patients selected for the study.
- Data synthesis and statistical study.

Location: The internship will take place at the Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC) in Bron. The student will also be in contact with Dr. BESSE and the company Conemed. Regular presentations to the project partners are planned.

Acquired knowledge: strong expertise in geometric reconstruction from medical images, computation of morphological and biomechanical parameters, pre-operative surgical planning, in clinical and industrial applications.

Duration: 6 months.

Keywords: ankle, medical device, biomechanics, weight bearing CT scan, pre-operative planning, bone mineral density.