

# Stratégie d'augmentation de données pour la segmentation automatique des os du membre inférieur sur imagerie tomodensitométrique (CT-Scan) par apprentissage profond.

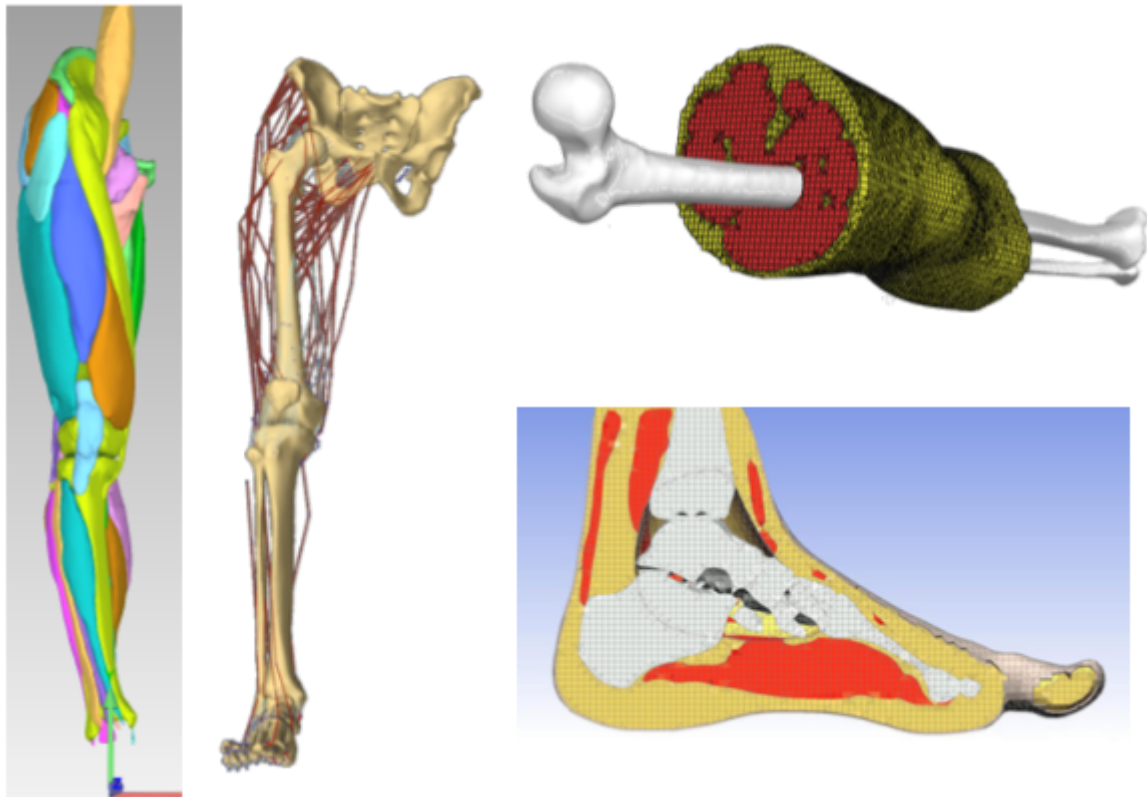
## Contacts

TwInsight : [mathieu.bailet@twinsight-medical.com](mailto:mathieu.bailet@twinsight-medical.com)

TIMC-IMAG : [yohan.payan@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:yohan.payan@univ-grenoble-alpes.fr)

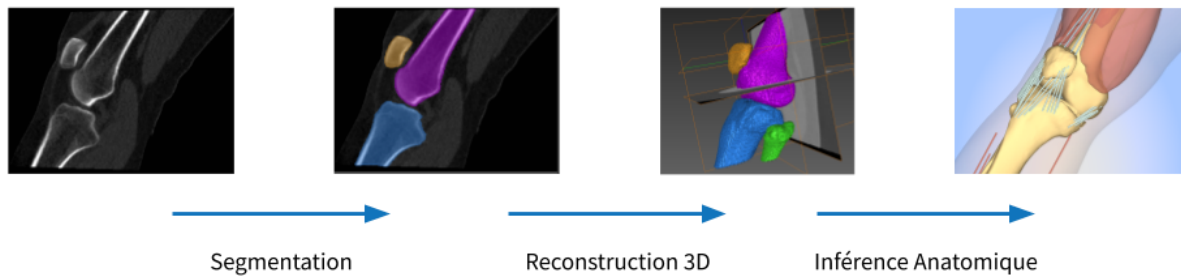
## Contexte

TwInsight et le laboratoire TIMC-IMAG travaillent depuis plusieurs années sur le développement d'un atlas biomécanique d'anatomie fonctionnelle validé du corps humain. A l'heure actuelle, cet atlas modélise l'ensemble de la chaîne musculo-squelettique du membre inférieur (du pied au rachis). Il modélise les structures anatomiques sous forme de surfaces 3D ainsi que leurs propriétés mécaniques, permettant ainsi de réaliser des simulations biomécaniques dynamiques par éléments finis. L'atlas comprend également un ensemble de marqueurs anatomiques permettant de calculer des paramètres cliniques utilisés en routine clinique. La partie fonctionnelle est rendue possible par le pilotage du modèle par activations musculaires.



En parallèle, TwInsight a développé une technologie “d'inférence anatomique” permettant de transférer la connaissance de l'atlas vers un patient cible dont on dispose de la surface des os et de la peau obtenues par segmentation d'images médicales en coupes (CT Scan ou IRM). Cette

technique permet de créer rapidement un nouveau modèle biomécanique patient-spécifique héritant des tissus mous, des propriétés biomécaniques et des marqueurs de l'atlas.



Ces modèles biomécaniques patient-spécifiques (appelés également “patients virtuels” ou “jumeaux numériques”) permettront à terme de proposer au clinicien :

- Un outil d'aide au diagnostic des pathologies du membre inférieur par le calcul automatique et reproductible de paramètres morphométriques à partir d'imagerie tomodensitométrique (CT-Scan).
- Un outil de planification chirurgicale permettant de simuler de manière pré-opératoire la pose de prothèse et d'étudier l'impact de cette intervention sur l'appareil locomoteur du patient, et notamment sur la balance ligamentaire, ce que ne permettent pas les outils de planification actuels.

Le moyen d'explorer des hypothèses thérapeutiques sur le jumeau numérique du patient et ainsi d'être conforme au précepte “jamais la première fois sur le patient”.

Afin que ces applications soient exploitables par les praticiens, le clone virtuel du patient doit pouvoir être construit rapidement et de la manière la plus fidèle possible au patient.

Le verrou technologique actuel réside dans le passage de l'imagerie en coupes, exploitée en routine par les cliniciens, vers un modèle numérique 3D des structures du patient. Pour ce faire, une procédure appelée “segmentation”, fort complexe et chronophage, est une étape incontournable.

La segmentation automatique d'images biomédicales a bénéficié des récentes avancées dans le domaine de l'apprentissage profond (Deep Learning) notamment avec les développements du réseau de neurone à convolution “U-Net”<sup>1</sup>.

Toutefois, ces techniques se heurtent souvent à la rareté des données labellisées disponibles dans le domaine biomédical. Une des méthodes les plus utilisées pour répondre à ce problème est l'augmentation de données<sup>2</sup> (Data Augmentation) qui consiste en une augmentation artificielle du jeu de données par transformation des images.

<sup>1</sup> Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015, October). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention (pp. 234-241). Springer, Cham.

<sup>2</sup> Bhalodia R, Elhabian SY, Kavan L, Whitaker RT. DeepSSM: A Deep Learning Framework for Statistical Shape Modeling from Raw Images. Shape Med Imaging (2018). 2018;11167:244-257.

doi:10.1007/978-3-030-04747-4\_23

## Objectif

Pour répondre à cette problématique, l'objectif de ce stage est

1. d'explorer des approches basées sur l'apprentissage profond à l'aide de réseau de neurones à convolution (type "U-Net") afin de segmenter automatiquement les os dans les images tomodensitométriques
2. de proposer une stratégie d'augmentation de données pour la segmentation automatiques des os du membre inférieur à partir d'images TDM (Ct-Scan) basée sur
  - un atlas statistique de forme des os du membre inférieur construit à partir des images labellisées
  - des simulations biomécaniques.

Le stagiaire aura à sa disposition un jeu de données composé de 30 à 50 images CT-Scan labellisées.

Ce stage s'inscrit dans un projet de collaboration entre la société TwInsight, la laboratoire TIMC-IMAG (UGA) et le CIC-IT (CHUGA). Le stagiaire sera amené à travailler avec un interne en chirurgie orthopédique dont le travail consistera

- à corrélérer les indices cliniques calculés automatiquement avec certaines pathologies du membres inférieurs
- à définir de nouveaux indices cliniques à partir des modes de déformations de l'atlas statistique de forme.

## Résultats attendus

Les résultats attendus sont les suivants :

- Un état de l'art bibliographique des techniques de segmentation osseuses automatique sur images tomodensitométriques (CT-Scan)
- Développement d'un atlas statistique de forme à partir des images segmentées
- Développement d'une méthode d'apprentissage profond basée sur un réseau de neurone convolutionnel (U-Net) avec une stratégie d'augmentation de données basée sur un atlas statistique de forme et des simulation biomécaniques.