



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Segmentation automatique des structures de la main et impression 3D de la trapézo-métacarpienne

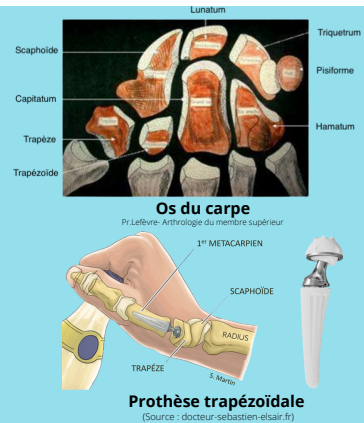


Description du projet

Contexte : En France, environ 3000-4000 prothèses de l'articulation trapézo-métacarpienne sont posées chaque année et ce nombre a tendance à augmenter en raison du vieillissement de la population et des avancées technologiques. L'objectif de ce projet est d'optimiser la phase pré-opératoire d'une chirurgie de l'articulation trapézo-métacarpienne et ainsi d'anticiper la variation anatomique inter-individuelle en proposant une prothèse personnalisée aux patients atteints d'arthrose.

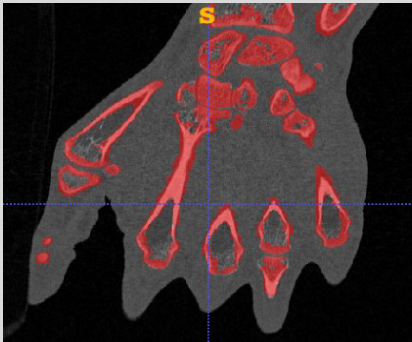
Mise en oeuvre : Segmentation automatique des os du métacarpe à partir d'images scanner (CT) et impression 3D des structures d'intérêt.

- ① **Segmentation manuelle des images scanner**
- ② **Segmentation par deep learning après entraînement sur données annotées**
- ③ **Maillage et impression 3D**



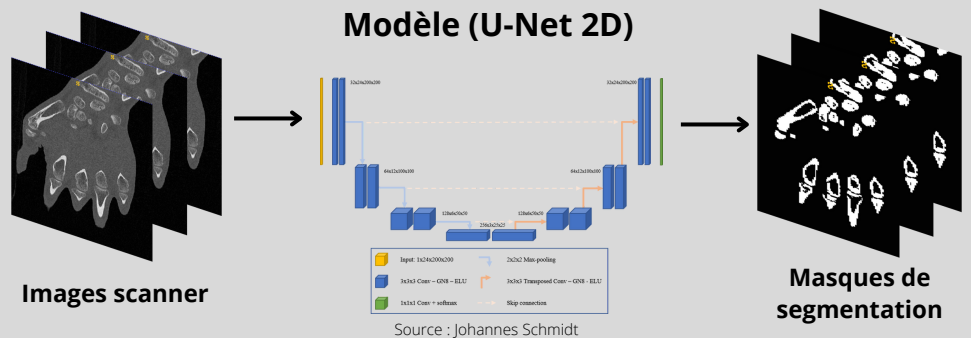
① Segmentation manuelle

- Patients du **CHRU de Brest**
- **15 scanners** (CT) - (6150 images)
- Scanners de **main** et de **poignets**
- Segmentation par **ITK SNAP**
- **Segmentation manuelle** des **os du carpe** (os court)
- **Segmentation semi-automatique** des **métacarpiens** (os long) pour isoler la **corticale** (partie extérieure de l'os)



② Segmentation automatique

- Segmentation automatique des os sur les images scanner par un **modèle d'apprentissage profond basé sur l'architecture U-Net 2D***
- **Base d'entraînement** (5400 images) **et de test** (750 images)
- **Segmentation très précise** de tous les os de la main (**Score DICE : 0,96**)
- Dernière étape de **sélection des os de la trapézo-métacarpienne** utiles au dimensionnement d'une prothèse trapézoïdale

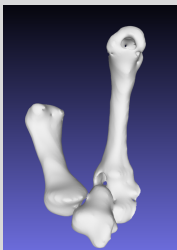


- Piste d'amélioration : utiliser **l'architecture NN-U-Net****
- Sa structure globale est très proche de celle d'U-Net à laquelle est ajouté un pré-traitement, de l'augmentation de données et du post-traitement
- Elle s'adapte facilement à tout type de segmentation, grâce à un **pipeline automatisé** permettant l'**optimisation des hyperparamètres**

* O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2015: 18th International Conference, Munich, Germany, October 5-9, 2015, Proceedings, Part III 18, pages 234-241. Springer, 2015.

** F. Isensee, P. F. Jaeger, S. A. Kohl, J. Petersen, and K. H. Maier-Hein. nnu-net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature methods, 18(2):203-211, 2021.

③ Maillage et impression 3D



Maillage lissé - Meshlab



PLA - Fablab IMT Atlantique

- Emploi de **Meshlab** et de la fonction **Lissage Laplacien** pour éliminer les artefacts liés à la segmentation automatique
- Utilisation de techniques de **morphologie mathématique** (érosion, dilatation, fermeture) pour isoler les os du carpe, en partie fusionnés lors de la segmentation automatique
- Deux technologies d'impression 3D testées: **PLA** et **Polyjet**

Conclusion : Choix de la technologie **Polyjet**

- **Haute résolution d'impression** (0,01 mm)
- Possibilité de simuler la **cavité médullaire des métacarpiens** avec le remplissage des os par un support soluble
- Possibilité de **planning réel** en perçant les os imprimés et en insérant la **cupule** (trapèze) et la **tige** (premier métacarpien) de la **prothèse**



Polyjet - CHRU Cavale Blanche

Composition de l'équipe :

- Nicolas Aidoune
- Matthias Franco
- Margaux Nussbaumer
- Fayssal Zeggar

Encadrants :

- Valérie Burdin (IMT Atlantique - LaTIM)
- Guillaume Dardenne (CHRU Brest - LaTIM)
- Hoël Letissier (CHRU Brest - LaTIM)
- Samuel Guigo (CHRU Brest)