

IMSAK - Intelligence Artificielle et Morphologie mathématique pour la Segmentation Automatique de Kystes rénaux

Contexte clinique

La polykystose rénale autosomique dominante (PKRAD) est la plus fréquente des maladies héréditaires monogéniques du rein. Cela représente 12 millions de malades dans le monde, dont 30 000 en France. Principalement caractérisée par le développement progressif de kystes au niveau des reins, la PKRAD est l'une des principales causes d'insuffisance rénale terminale [1], nécessitant le recours à des dialyses ou à une transplantation. Associée à un degré de variabilité phénotypique important, la PKRAD a une évolution naturelle variable d'un patient à l'autre. Dans ce contexte, il est nécessaire de caractériser cette évolution pour que les médecins puissent adapter la prise en charge et le suivi thérapeutique des patients. Ainsi, des acquisitions d'images par résonance magnétique (IRM) sont exploitées pour guider la stratégie thérapeutique. Les indicateurs de la fonction rénale pouvant rester stables pendant une période prolongée, le volume rénal total (VRT) est devenu le principal biomarqueur pour caractériser le stade et l'évolution de la pathologie.

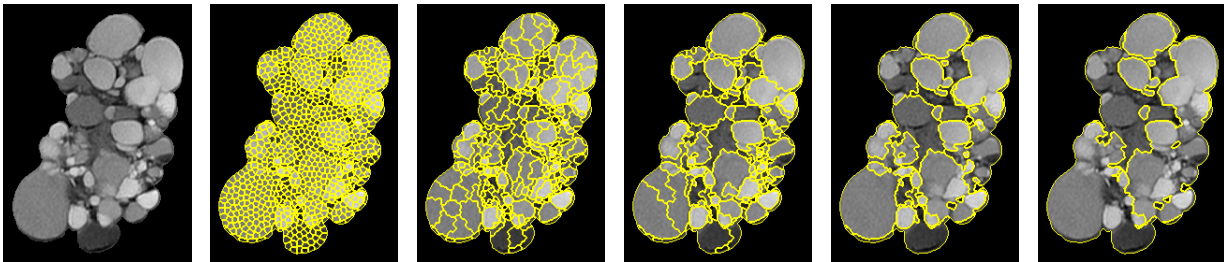


FIGURE 1 – Décomposition du rein en superpixels hiérarchique multi-échelle.

Travaux déjà réalisés

Ces dernières années, les réseaux de neurones convolutifs ont été utilisés avec succès pour la segmentation d'images médicales et en particulier pour la délimitation d'organes de l'abdomen. C'est grâce à cette méthodologie que IMT Atlantique a remporté la 1^{ère} place du challenge international CHAOS portant sur la segmentation multi-organes. La délimitation de reins polykystiques à partir d'images IRM a également bénéficié de cette avancée. La collaboration entre IMT Atlantique et le CHRU de Brest a mené au développement d'un premier outil automatique de délimitation rénale et d'obtention du VRT. Du point de vue méthodologique, cette collaboration a également donné lieu à l'étude de modèles basés Transformers [2], nouveau paradigme de l'intelligence artificielle (IA) permettant une meilleure prise en compte de l'information contextuelle des images.

Objectif du stage

Nous souhaitons désormais extraire des images IRM de nouveaux bio-marqueurs liés au nombre, à l'apparence et à la volumétrie des kystes rénaux [3]. A ce jour, les annotations expertes réalisées s'attèlent seulement à délimiter les organes sans distinguer les tissus sains des tissus kystiques. Dans ce contexte, le stage visera à proposer des contributions méthodologiques et des outils à destination des professionnels de santé permettant une segmentation fiable, automatisée et

faiblement supervisée de kystes rénaux, en exploitant des techniques issues de l'IA et de la morphologie mathématique. La segmentation manuelle de ces structures étant coûteuse en temps et sujet à une forte variabilité entre experts, une méthode faiblement supervisée et robuste vis-à-vis de la variabilité en termes de nombre, forme et aspect est requise.

Méthodologie

Des entités structurelles décomposant les images par regroupement de voxels seront considérées. Ces primitives visuelles, nommées supervoxels [4], s'adaptent à la géométrie des structures anatomiques, offrent une bonne d'adhérence aux contours et peuvent être aisément entendues à une représentation hiérarchique multi-échelle [5]. Nous mettrons en œuvre des techniques d'apprentissage permettant la classification de supervoxels hiérarchiques (Fig.1) et menant à la segmentation indépendante de chaque kyste rénal. Cette approche sera étendue par la suite en exploitant un réseau profond de type Segment Anything Model (SAM) [6], modèle de segmentation polyvalent pouvant délimiter n'importe quelle structure dans une image à partir d'un prompt (points, boîtes englobantes...). En exploitant des prompts issus des supervoxels, SAM pourra accroître la précision des délimitations de kystes. Enfin, un appariement longitudinal des kystes entre différentes acquisitions IRM pourra être réalisé afin d'étudier leur vitesse de croissance, offrant ainsi des informations cruciales pour évaluer la progression de la PKRAD.

Profil recherché

Nous recherchons un(e) étudiant(e) M2 motivé(e) par l'analyse d'images médicales par apprentissage profond. Une formation en imagerie biomédicale et/ou IA et une expérience du langage de programmation Python sont un plus. De bonnes capacités de communication et de travail en équipe sont également requises car le stage sera mené en collaboration avec Mines Paris, EPITA et le CHRU de Brest. Il est également nécessaire de posséder de bonnes compétences en anglais pour la lecture et la rédaction d'articles scientifiques.

Informations pratiques

- Début entre février et avril 2025. Durée : 6 mois.
- Localisation : IMT Atlantique, Technopôle Brest-Iroise, Brest, France
- Encadrement : P.-H. Conze (IMT Atlantique, LaTIM), E. Puybureau (EPITA, LRE), P. Dokladal (Mines Paris, PSL, CMM)
- Candidatures par mail à pierre-henri.conze@imt-atlantique.fr incluant : curriculum vitæ, lettre de motivation, relevés de notes et lettre(s) de recommandation

Bibliographie

- [1] E. Cornec-Le Gall et al., *Autosomal dominant polycystic kidney disease*. The Lancet, 2019.
- [2] P.-H. Conze et al., *Dual-task kidney MR segmentation with Transformers in autosomal-dominant polycystic kidney disease*. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2024.
- [3] A. Caroli et al., *Abdominal [...] : Beyond total kidney volume*. Journal of Clinical Medicine, 2023.
- [4] R. Achanta et al., *SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012.
- [5] P.-H. Conze et al., *Scale-adaptive supervoxel-based random forests for liver tumor segmentation in dynamic contrast-enhanced CT scans*. Int. Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2017.
- [6] A. Kirillov et al., *Segment anything*. International Conference on Computer Vision, 2023.