

Contraintes topologiques pour la segmentation du système vasculaire hépatique par deep learning

Sujet de stage

La segmentation d'**images tomo-densitométriques** (TDM) est une étape cruciale pour l'étude de l'anatomie de l'**abdomen**. Encore largement réalisée manuellement par les cliniciens, cette tâche est coûteuse en temps et sujette à une forte variabilité intra et inter-experts. Dans ce contexte, l'intérêt porté aux méthodes de **segmentation automatique** d'images abdominales par **deep learning** est croissant. Les réseaux de neurones convolutifs, modèles d'apprentissage guidés par les données, sont désormais couramment utilisés [1]. Le recours aux encodeur-décodeurs convolutifs dérivés de U-Net [2] est devenu la piste méthodologique de référence.

Ce sujet de stage vise à proposer des contributions méthodologiques exploitant des techniques de deep learning afin de délimiter automatiquement le **système vasculaire hépatique** (Fig.1) à partir d'images TDM. Si la segmentation atteint désormais un relativement bon niveau de robustesse pour les structures de grande taille de l'abdomen [3], une meilleure segmentation des arbres vasculaires du foie est requise. Une délimitation automatique, précise et spécifique à chaque patient peut notamment contribuer à une meilleure **planification de chirurgies hépatiques**.

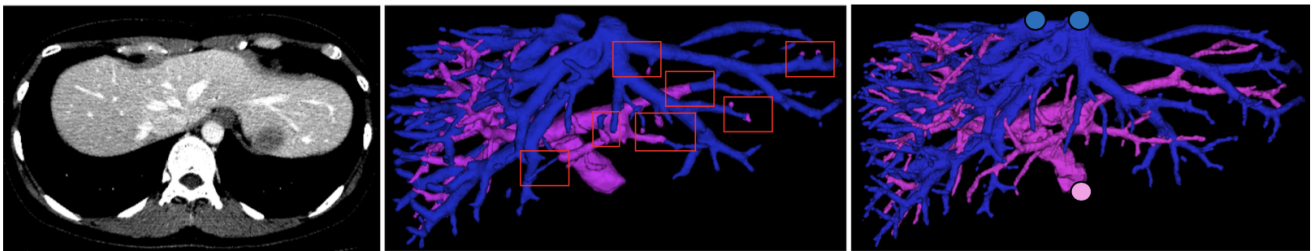


FIGURE 1 – Segmentation du système vasculaire hépatique par deep learning à partir d'images TDM, sans et avec *a-priori* topologiques [7].

Malgré l'exploitation récente du deep learning pour la segmentation du système vasculaire hépatique [4], des développements méthodologiques sont requis pour améliorer les performances et permettre une **intégration** des algorithmes en **routine clinique**. Plusieurs approches se sont récemment concentrées sur l'exploration d'architectures profondes plus sophistiquées, par le biais de connexions résiduelles [5] ou de représentations sur-complètes [6]. Néanmoins, une des limitations majeures de ces travaux réside dans l'approche toujours très locale de la segmentation, exploitant des fonctions de coût classiques définies au niveau pixel. Celles-ci ne sont pas adaptées à la délimitation d'arbres vasculaires car elles ne peuvent refléter l'impact topologique des erreurs dont font l'objet les prédictions. Or, contraindre l'extraction de structures vasculaires à l'aide de **contraintes topologiques** permettrait de régulariser les contours obtenus de manière à ce que les ramifications fines ne soient pas déconnectées des veines et artères principales.

Dans le cadre du stage, nous nous intéresserons à l'intégration de contraintes topologiques au sein des réseaux de neurones, en exploitant des métriques basées sur la connectivité entre paires de voxels vasculaires. En particulier, **une distance topologique** vis-à-vis des voxels centraux identifiés simultanément [7] (Fig.1) ainsi que des comparaisons entre caractéristiques de haut niveau issues de couches convolutives d'un (ou plusieurs) réseau(x) pré-entraîné(s) [8] seront envisagées. Ces contraintes viseront à pénaliser les structures dont les caractéristiques topologiques diffèrent

de celles extraites des masques vérité-terrains. L'objectif à terme sera d'identifier les 8 segments fonctionnellement indépendants divisant le foie selon la **classification de Couinaud** [9]. Les méthodes développées seront évaluées dans le contexte de la prise en charge de patients atteints de **cancer colo-rectal** primitif avec **métastases hépatiques** [10].

Environnement

L'ensemble des développements algorithmiques seront réalisés en Python. Les données exploitées seront issues du service de chirurgie viscérale et digestive du CHRU de Brest.

- durée du stage : **6 mois** à partir d'**avril 2021**
- laboratoire d'accueil : LaTIM¹ UMR 1101, Inserm, **Brest**
- encadrement : Pierre-Henri Conze (IMT Atlantique², LaTIM), Bodgan Badic (CHRU de Brest, LaTIM), Dimitris Visvikis (LaTIM)
- gratification : ≈ 600 euros net/mois
- niveau : **M2 recherche** et/ou **dernière année d'école d'ingénieur**
- compétence requises : bonnes connaissances en traitement d'images, notions avancées en deep learning, bon niveau de programmation, autonomie, bonnes aptitudes à communiquer

Candidature

CV, lettre de motivation, notes et lettre(s) de recommandation sont à envoyer par mail à l'adresse suivante : `pierre-henri.conze@imt-atlantique.fr`.

Bibliographie

- [1] G. Litjens et al., *A survey on deep learning in medical image analysis*. Medical Image Analysis, 2017.
- [2] O. Ronneberger et al., *U-Net : Convolutional networks for biomedical image segmentation*. International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, 2015.
- [3] P.-H. Conze et al., *Abdominal multi-organ segmentation with cascaded convolutional and adversarial deep networks*. <https://arxiv.org/pdf/2001.09521.pdf>, 2020.
- [4] T. Kitrungrotsakul et al., *VesselNet : A deep convolutional neural network with multi pathways for robust hepatic vessel segmentation*. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2019.
- [5] W. Yu et al., *Liver vessels segmentation based on 3D residual U-Net*. IEEE International Conference on Image Processing, 2019.
- [6] J. Valanarasu et al., *KiU-Net : Towards accurate segmentation of biomedical images using over-complete representations*. Int. Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Interventions, 2020.
- [7] D. Keshwani et al., *TopNet : Topology preserving metric learning for vessel tree reconstruction and labelling*. Int. Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Interventions, 2020.
- [8] A. Mosinska et al., *Beyond the pixel-wise loss for topology-aware delineation*. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018.
- [9] O. Alirr et al., *Automatic atlas-based liver segmental anatomy identification for hepatic surgical planning*. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2019.
- [10] Y. van Gestel et al., *Patterns of metachronous metastases after curative treatment of colorectal cancer*. Cancer Epidemiology, 2014.

1. Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale, <http://latim.univ-brest.fr>
2. <https://www.imt-atlantique.fr/>