



**HAL**  
open science

## Schéma de segmentation par apprentissage profond sur des images de microscopie de Mueller pour la quantification du collagène et de l'élastine du col de l'utérus

Nelson Gary, Vinh Nguyen Du Le, Julien Wojak, Mouloud Adel, Julien Fade,  
Jessica Ramella-Roman, Anabela da Silva

### ► To cite this version:

Nelson Gary, Vinh Nguyen Du Le, Julien Wojak, Mouloud Adel, Julien Fade, et al.. Schéma de segmentation par apprentissage profond sur des images de microscopie de Mueller pour la quantification du collagène et de l'élastine du col de l'utérus. Congrès de la Société Française d'Optique, Optique Nice 2022, Jul 2022, Nice, France. hal-03871756

**HAL Id: hal-03871756**

**<https://hal.science/hal-03871756v1>**

Submitted on 25 Nov 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# SCHÉMA DE SEGMENTATION PAR APPRENTISSAGE PROFOND SUR DES IMAGES DE MICROSCOPIE DE MUELLER POUR LA QUANTIFICATION DU COLLAGÈNE ET DE L'ÉLASTINE DU COL DE L'UTÉRUS.

Nelson Gary<sup>1</sup>, Vinh Nguyen Du Le<sup>2,3</sup>, Julien Wojak<sup>1</sup>, Mouloud Adel<sup>1</sup>, Julien Fade<sup>1</sup>, Jessica Ramella-Roman<sup>2,3</sup> and Anabela Da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, Institut Fresnel, Marseille, France

<sup>2</sup> Department of Biomedical Engineering, College of Engineering and Computing, Florida International University, 10555 West Flagler Street, Miami, FL 33174, USA

<sup>3</sup> Department of Ophthalmology, Herbert Wertheim College of Medicine, Florida International University, 11200 SW 8<sup>th</sup> Street, Miami, FL 33199, USA

anabela.dasilva@fresnel.fr

## RÉSUMÉ

Nous présentons une approche de segmentation efficace basée sur l'apprentissage profond permettant de discriminer le collagène des fibres d'élastine à partir d'images de microscopie de Mueller du col de l'utérus de souris. L'utilisation d'un système de micro/mésoscopie de Mueller auto-validant (Self-Validating Mueller matrix Micro-Mesoscope), permet d'acquérir sur le même échantillon des images en microscopie de Mueller et en microscopie non-linéaire (génération de second harmonique et bi-photon). Ces dernières sont utilisées comme vérité terrain pour la segmentation quantitative, combinant un perceptron multicouche et deux réseaux de convolution U-net. Les métriques de précision et de qualité d'image montrent des résultats de segmentation d'excellente qualité.

**MOTS-CLEFS :** *Imagerie de Mueller ; Apprentissage profond par réseaux de neurones ; col de l'utérus*

## 1. CONTEXTE

Le contexte de l'étude est le développement de méthodes non invasives, par voie optique, du col de l'utérus, en vue de prévenir des naissances prématurées, avant 37 semaines de gestation, problème de santé publique mondial, dont les causes ne sont pas entièrement comprises. L'outil proposé permet d'analyser les données de microscopie multi-modale acquises sur des échantillons excisés du col de l'utérus de souris. Le système est un système d'imagerie microscopique multimodal combinant imagerie microscopique de Mueller, génération de seconde harmonique (SHG) et fluorescence par excitation à deux photons (2PF) sur le même échantillon, des prélèvements cervicaux de souris. Une description complète du dispositif et de la préparation des échantillons est disponible dans l'article [1].

La base de données initiale est un ensemble de 11 coupes cervicales, chacune composée de 24 images avec une résolution de 500×500 pixels : 16 images en composantes de Mueller, à partir desquelles on peut obtenir des images de retard linéaire, circulaire et total, ainsi que de diatténuation, de dépolarisation et d'angle d'orientation, auxquelles sont ajoutées des images SHG et 2PF considérées comme la vérité terrain pour la composition du collagène et de l'élastine respectivement. Cette étude vise, *in fine*, à quantifier la teneur en collagène et élastine uniquement à partir les images Mueller par apprentissage automatique (réseaux neuronaux).

## 2. CLASSIFICATION PAR MATRICE DE MUELLER : U-NET, PRÉTRAITEMENT ET AUGMENTATION DES DONNÉES

La classification supervisée des pixels des matrices de Mueller est réalisée à l'aide d'un réseau de neurones U-Net. Ce réseau comporte un ensemble de couches convolutionnelles d'encodage, suivi d'un ensemble de couches convolutionnelles de décodage. Les couches successives d'encodage assurent un

traitement multi-échelles et l'apprentissage de caractéristiques des images ; les couches successives de décodage sont liées par des sauts de connexions aux différents niveaux d'encodages et permettent de localiser la classification. Les réseaux U-Net sont des architectures de référence pour les problèmes de segmentation d'images biomédicales, principalement en raison de leur capacité à créer un masque de segmentation précis en utilisant une quantité de données (images) limitée [2]. Pour la phase d'apprentissage le réseau U-Net reçoit en entrée des images de Mueller à faire correspondre avec une classification en sortie formée par des images cartographiant le collagène et l'élastine quantifiées sur 10 classes (Fig. 1, Gauche). Lors de la phase de test ou d'utilisation, le réseau U-Net prédit la quantification de l'élastine et du collagène à l'aide d'images de Mueller d'entrée.

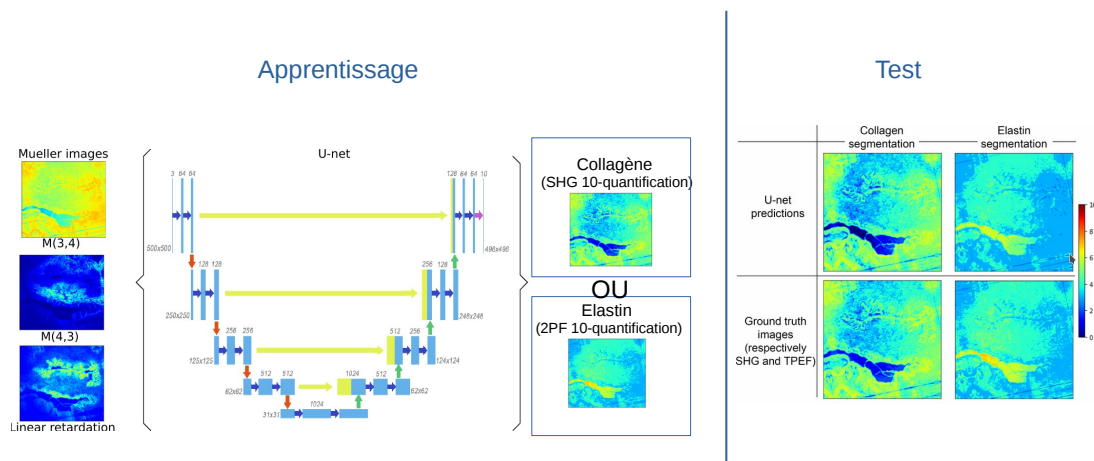


FIGURE 1 : Gauche : Trois images polarimétriques alimentent un classifieur U-net à 10 classes pour cartographier l'élastine ou le collagène, s'appuyant sur des images SHG et 2PF comme vérité de base. Droite : Exemple de résultat comparé à un exemple de donnée cible.

### 3. RESULTATS

Les modèles ont été entraînés sur 50 époques sur des bases de données de 1320 échantillons et testés sur des bases de données de 330 échantillons. La Fig. 1 (Droite) présente un exemple de segmentation après entraînement. Les métriques (tableau ci-dessous) montrent une amélioration de 6% à 25% (PSNR) par rapport au traitement initial proposé dans [1].

Métrique	Collagen	Elastin
MSE	95.27	95.51
PSNR	54.75	54.86
SSIM	99.91	99.92

### CONCLUSION

Un schéma de segmentation efficace par apprentissage profond a été proposé pour la segmentation du collagène et de l'élastine à partir des images de microscopie de la matrice de Mueller d'un col de l'utérus de souris. Les détails de l'architecture seront présentés lors de la conférence.

### RÉFÉRENCES

- [1] Camilo Roa, V. N. DU LE, Mala Mahendroo, Ilyas Saytashev, Jessica C. Ramella-Roman, "Auto-detection of cervical collagen and elastin in Mueller matrix polarimetry microscopic images using K-NN and Semantic Segmentation classification," *Biomedical Optics Express*, vol. 12, pp. 2236–2249, 2021.
- [2] N. Siddique, S. Paheding, C. P. Elkin, and V. Devabhaktuni, "U-net and its variants for medical image segmentation : A review of theory and applications," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 82 031–82 057, 2021.