

# Automatisation de l'extraction du squelette d'un réseau veineux rétinien

MI206 - Rapport de projet

---

Bastien HUBERT - Maxime FANTINO

ENSTA Paris - mai 2022

# 1 Cadre et objectif du projet

On se propose ici de développer un algorithme permettant d'automatiser l'extraction du squelette d'un réseau veineux rétinien, celui-ci devant être basé sur les techniques de morphologie mathématique vues en cours. L'étude est réalisée sur quelques images de la base de données IOSTAR de l'IDIAP et la pertinence du résultat est mesurée par la ressemblance à un squelette réalisé par un expert.

Une première partie sera destinée à la présentation de la démarche suivie et en particulier des différentes opérations morphologiques utilisées. Une seconde partie à l'analyse des résultats obtenus au regard des attentes formulées.

## 2 Démarche

On présente ici les différentes idées mises en oeuvre pour approcher le résultat souhaité. Les filtres correspondants à chaque étape sont appliqués successivement sur une seule et même image pour plus de clarté.

### 2.1 Pré-traitement

Une première phase, que l'on pourrait qualifier de pré-traitement permet l'extraction grossière du réseau veineux. Ce premier traitement tire partie de la remarque suivante : dans nos images, le réseau se présente comme une partie connexe de cette dernière, d'une épaisseur relativement faible. On choisit donc d'appliquer en premier lieu un black top-hat avec un élément structurant symétrique (ici un carré de taille 10). Celui-ci permettant d'extraire les "détails" de l'image (au sens de l'élément structurant choisi), il convient bien pour notre première étape.

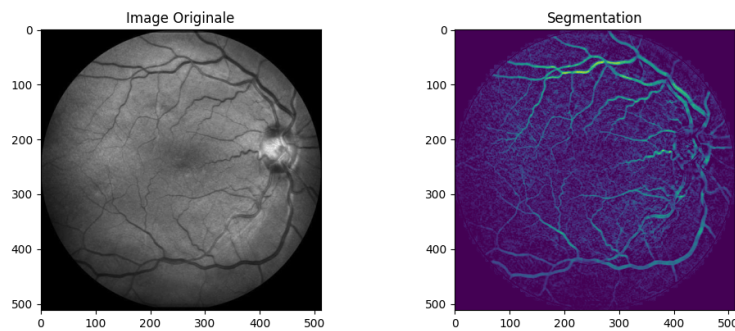


Figure 1: Rendu après l'application d'un simple top-hat

On remarque que les pixels sombres conservés par le black top-hat sont devenus clairs. Pour finir cette première phase, on ré-inverse donc à la main les niveaux de gris qui ont été inversés par le top-hat avec la fonction

$$f : \begin{cases} [min, max] & \rightarrow [min, max] \\ x & \mapsto -x + min + max \end{cases}$$

où  $x$  correspond au niveau de gris de chaque pixel et  $min$  et  $max$  aux valeurs minimales et maximales prises par les pixels de notre image.

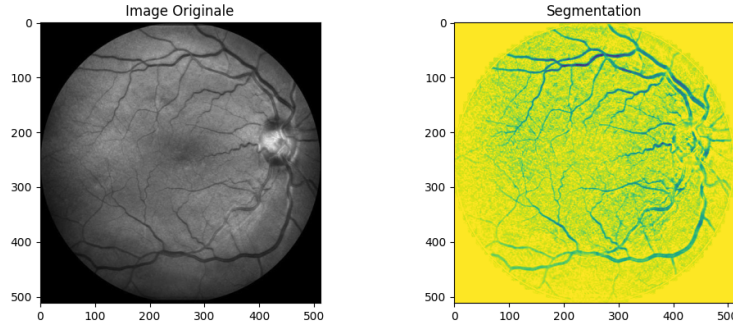


Figure 2: Ré-inversion des niveaux de gris

Enfin, on applique un simple seuillage avec une valeur bien choisie ( $ratio \times max$  avec  $ratio$  choisi égal à 0.9) pour éliminer tous les pixels supérieurs à cette valeur, considérant que les veines correspondent grossièrement aux zones les plus sombres de l'image. On retire également à ce moment là les pixels hors du masque, qui ne correspondent pas à l'image mais simplement au format rond de la zone d'étude dans une image carrée.

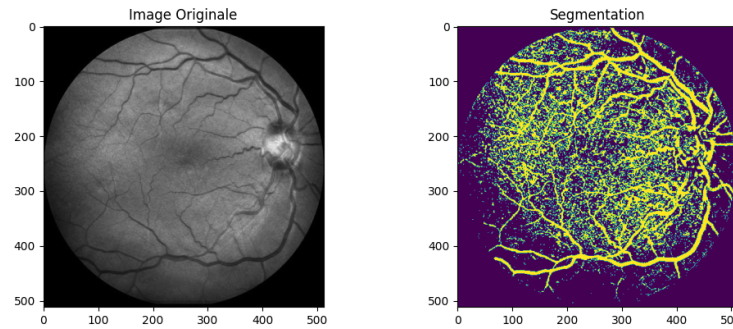


Figure 3: Résultat final du pré-traitement après seuillage

## 2.2 Détection de droites

La seconde phase de notre filtrage tire partie du fait que les veines se présentent sous forme de courbes lisses. Ainsi, à chaque point du réseau veineux doit correspondre une direction particulière selon laquelle les pixels sont localement sombres (c'est à dire qu'il existe une droite passant par ce point et qui est localement incluse dans la veine).

Pour identifier les zones concernées et donc extraire le réseau qui nous intéresse on procède donc comme suit :

- Une première fonction *points\_cercle(rayon)* permet de générer un cercle pseudo-euclidien de rayon souhaité. L'algorithme de tracé d'arc de cercle de Bresenham a été utilisé pour automatiser la génération de ceux-ci (cf. ce lien).

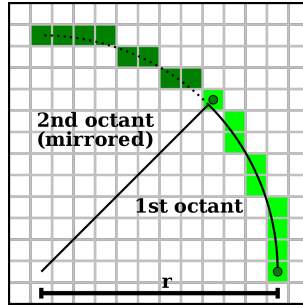


Figure 4: Illustration de la génération de cercle pseudo-euclidien par l'algorithme de Bresenham

- Une deuxième fonction *points\_droite(x1, y1, x2, y2)* permet quant à elle la génération rapide de segments correspondant aux rayons des pseudo-cercles euclidiens. Là encore c'est l'algorithme de tracé de segment de Bresenham qui a été utilisé (cf. ce lien). Ces segments sont destinés à servir d'élément structurant pour la dernière étape de notre traitement de l'image.

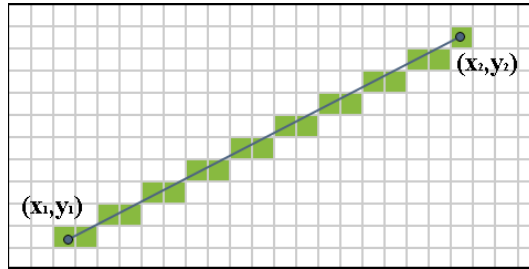


Figure 5: Droite pseudo-euclidienne

- Enfin, on initialise une image vide sur laquelle on accumule (par union) les ouvertures binaires selon les rayons de cercle dans toutes les directions. Ceux-ci sont générés à l'aide des deux fonctions précédentes. Afin d'illustrer la démarche, on montre ci-dessous le résultat du filtrage appliqué pour un segment horizontal seulement. La version finale (c'est à dire l'union pour toutes les directions) est présentée dans la section suivante.

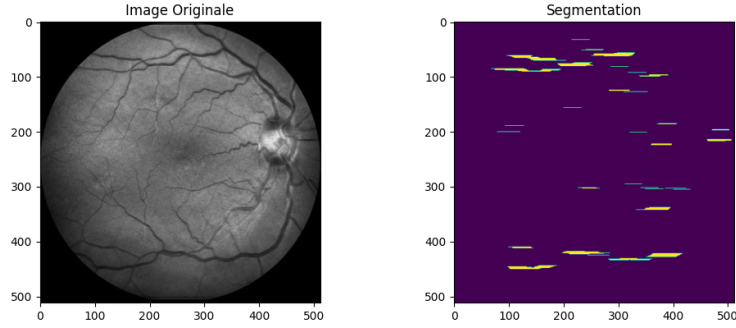


Figure 6: Mise en évidence de segments horizontaux au sein de l'image

### 2.3 Calibrage de la taille de l'élément structurant

Afin d'utiliser au mieux notre précédent filtre, il nous faut trouver la taille de segment la plus pertinente pour nos ouvertures. La figure suivante présente la qualité de l'extraction du réseau veineux, utilisant l'"accuracy" et le "recall" (c'est à dire la capacité à ne détecter que les veines et toutes les veines, respectivement) ainsi que la norme 2 de ces derniers, pour trois images différentes.

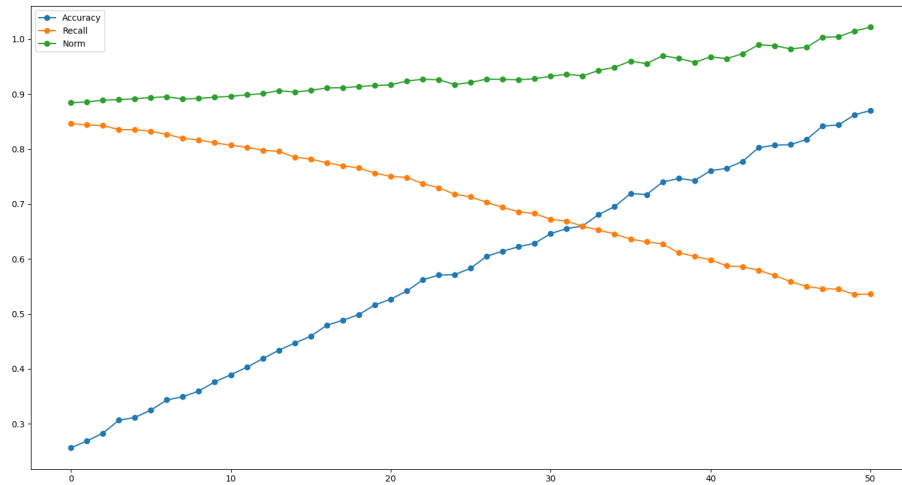


Figure 7: "Accuracy", "Recall" et leur norme 2 en fonction de la taille du segment pour une première image

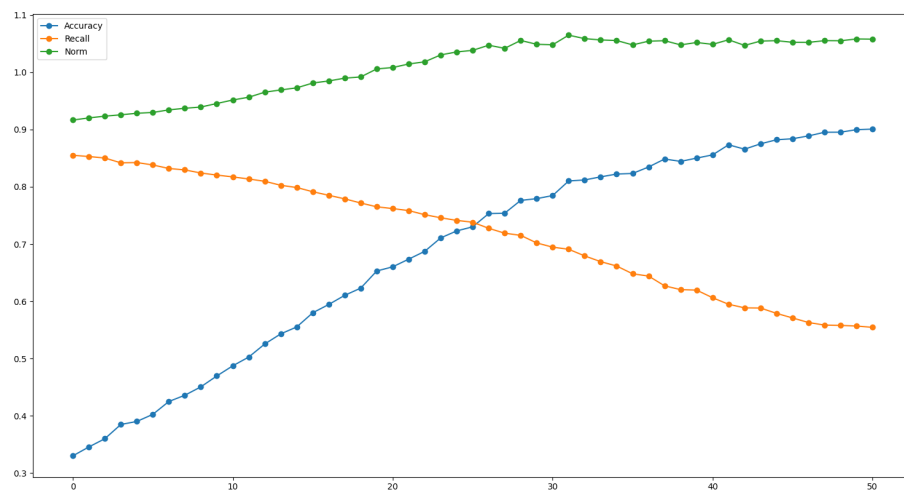


Figure 8: "Accuracy", "Recall" et leur norme 2 en fonction de la taille du segment pour une deuxième image

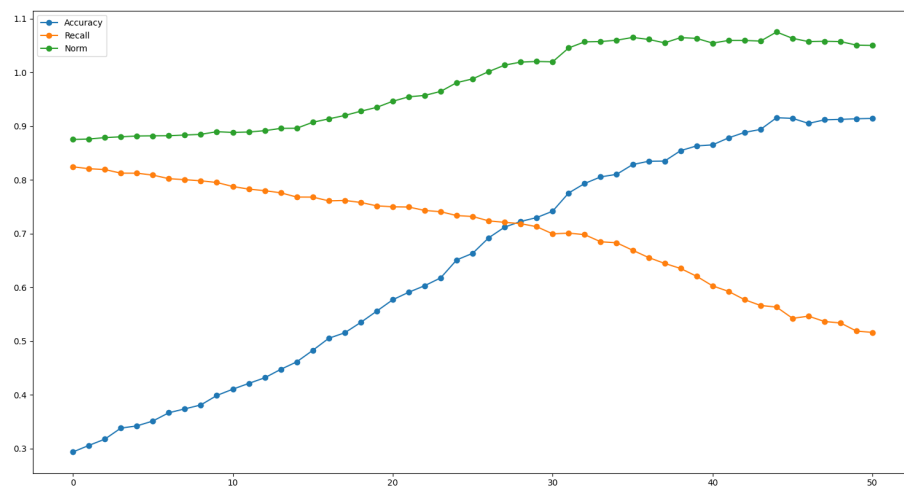


Figure 9: "Accuracy", "Recall" et leur norme 2 en fonction de la taille du segment pour une troisième image

Le choix se porte donc sur l'utilisation de segments d'une taille proche de 30 . Cette tranche de valeurs permet d'avoir une "accuracy" assez élevée tout en évitant une chute trop importante du "recall".

### 3 Résultats

On présente dans cette partie le résultat de notre algorithme appliquées à quelques images issues de la banque fournie, ainsi qu'une mesure de leur qualité (toujours selon les mêmes critères).

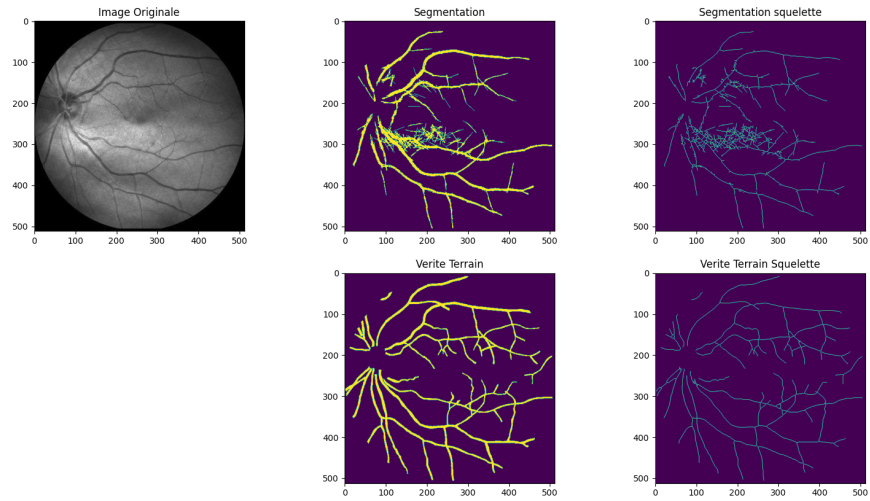


Figure 10: Résultat final pour l'image n°1 de la banque d'images

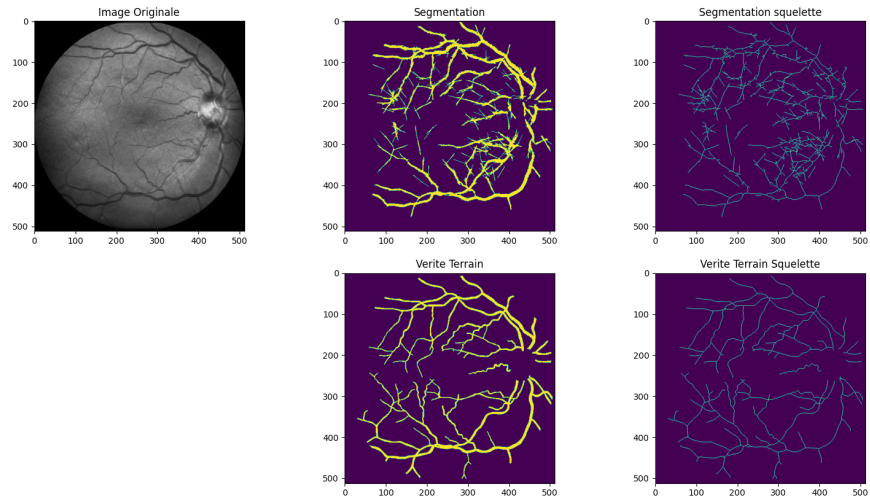


Figure 11: Résultat final pour l'image n°2 de la banque d'images

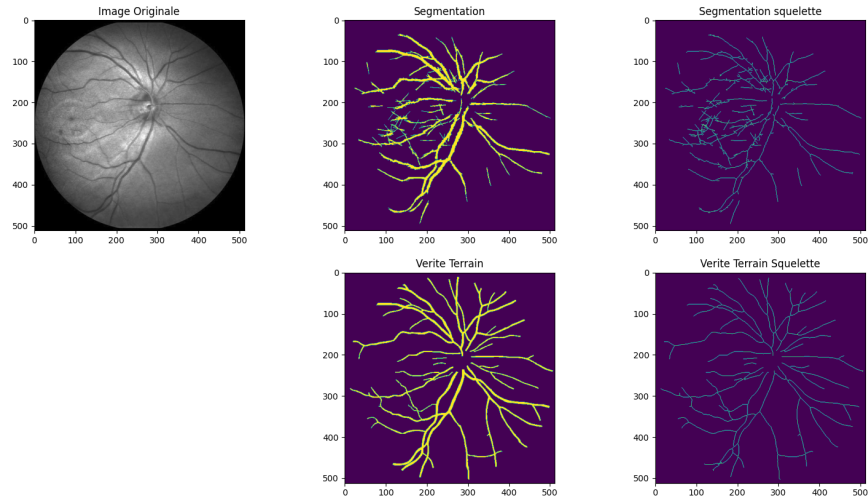


Figure 12: Résultat final pour l'image n°37 de la banque d'images

Les résultats obtenus sur chacune des images de la base de donnée fournie montrent des valeurs d' "accuracy" et de "recall" entre 65% et 80%, et valant en moyenne 72% pour les deux indicateurs.