



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Imagerie Médicale

Présenté par : Allaoui Khadidja et Hamek Benaouda

Détection automatique du réseau vasculaire rétinien :
application à la biométrie

Soutenu le 26/06/2019 devant le Jury

Mr.	DJEBBARI ABDELGHANI	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Président
Mr.	HADJ SLIMANE ZINNE-EDDINE	<i>Prof</i>	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr.	MESSADI MAHAMMED	<i>MCA</i>	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

Nous remercions avant tout, DIEU le Tout Puissant de nous avoir accordé toutes ses faveurs, de santé, du courage et de la patience afin de réaliser ce travail.

Nous tenons tout d'abord avec toute gratitude, à remercier notre directeur de recherche Mr Hadj Slimane de nous avoir aidé, soutenu et motivé afin de parvenir à accomplir notre travail.

Nous remercions également tous les enseignants du département de génie biomédical à l'université Abou bakr belkaid de Tlemcen.

Notre remerciement va notamment aux membres de jury d'avoir lu avec patience notre travail.

Mr Djebbari qui nous avoir fait l'honneur de présider ce jury ainsi que Mr MESSADI Mohammed, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

*A mes chers parents en signe de ma profonde reconnaissance
pour leur amour, et leur soutien permanent tout au long de
mon cursus universitaire.*

*A ma chère sœur: Nacira
mon frère : Abbes.*

*A tout les membres de ma famille en particulier mes grands-
parents, mes tantes et mes oncles chacun son nom.*

Sans oublier mon binôme Allaoui Khadidja

*A toutes mes amis de l'université avec qui j'ai partagé des
moments inoubliables.*

Ainsi, à toutes les personnes qui ont cru en moi.

Hamek Benaouda

Dédicaces

*Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage
pour arriver à ce stade de fin d'étude. Paix et salut sur le
prophète Mohamed*

Je dédie ce travail a:

*Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les
plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés
et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié
toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.*

Mes chères sœurs : Amina, Somia.

Mes chers frères : Abdessamed, Abdellatif.

Mon binôme : Hamek Benaouda.

Mes belles amies : Zakia, Abir, Halima, Warda

Mon oncle et mes tantes.

Tous ce qui m'aime et que j'aime.

Allaoui Khadidja

Résumé

Le travail présenté dans le cadre de ce memoire est d'extraire les caractéristiques d'une image de la rétine en vue de l'exploiter pour authentifier un individu. La méthode comprend trois étapes: une étape de traitement ayant pour but d'améliorer la qualité de l'image, une étape de segmentation pour l'extraction de réseau vasculaire et une étape pour la localisation des points caractéristiques dans un but biométrique.

Mots clés: Rétine, Authentifier, Segmentation, Biométrie.

Abstract

The work presented in this thesis is to extract the characteristics of an image of the retina in order to exploit it to authenticate an individual .The method comprises three steps: a processing step intended to improve the quality of the image, a segmentation step for vascular network extraction and a step for locating the characteristic points for a biometric purpose.

Keywords: Retina, Authenticate, Segmentation, Biometric.

المخلص

يتمثل العمل المقدم في هذه المذكرة في استخراج خصائص صورة شبكية العين من اجل استغلالها للمصادقة على هوية الفرد. وتتألف الطريقة من ثلاث خطوات خطوة المعالجة تهدف الى تحسين جودة الصورة، خطوة التجزئة لاستخراج شبكة الاوعية الدموية، و خطوة لتحديد نقاط التشعب و التقاطع لغرض استخدامها كميزة بيومترية .

الكلمات المفتاحية : شبكية العين، المصادقة، التجزئة، بيومترية.

TABLE DES MATIERES

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Table des matières	
La liste des abréviations	
La liste des figures et tableaux	
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : Aspect Médical.

I.	Introduction.....	4
II.	Anatomie de l'œil.....	4
	1. La couche protectrice.....	5
	1.1 la corné.....	5
	1.2 la sclérotique.....	5
	2. la couche vasculaire.....	7
	2.1 L'iris.....	7
	2.2 La pupille.....	7
	2.3 La choroïde.....	7
	2.4 Le corps ciliaire.....	7
	3. La couche visuelle.....	8
	3.1 la rétine.....	8
	3.2 la rétine centrale.....	9
	3.3 la rétine périphérique.....	9
	3.4 la papille optique.....	9
	3.5 le nerf optique	9

III.	Les examens complémentaires analysant la morphologie de rétine.....	10
1.	La rétinographie.....	10
2.	L'angiographie rétinienne.....	10
3.	Tomographie par cohérence optique.....	11
IV.	Conclusion.....	12

Chapitre 2 : la biométrie

I.	Introduction :	14
II.	La biométrie :	15
1.	Définition :	15
2.	Intérêt :	15
3.	Les systèmes biométriques	16
4.	Caractéristiques de la biométrie.....	17
5.	Types de reconnaissance par biométrie.....	18
5.1	Les systèmes morphologiques:	19
5.2	Les systèmes comportementaux	23
6.	Performances d'un système biométrique.....	25
7.	Comparaison des systèmes biométriques.....	25
8.	La biométrie et ses applications	27
III.	Conclusion.....	29

Chapitre 3 : Méthode et Résultats

I.	Introduction.....	31
II.	La rétine est une caractéristique biométrique.....	31
III.	Etat de l'art :.....	32
IV.	Description des bases de données.....	34
V.	Méthodes proposées.....	35
1.	Détection de réseau vasculaire.....	36

1.1 prétraitement.....	36
1.2 extraction.....	37
1.3 segmentation.....	38
2. détection des signatures biométrique.....	40
2.1 squelettisation.....	40
2.2 localisation des pt de bifurcation.....	41
2.3 signature biométrique.....	42
3. Les points de référence.....	43
3.1 segmentation du disque optique.....	43
3.2 détection de la macula.....	46
VI. Interface graphique	47
VII. Conclusion.....	48

Conclusion générale

Références bibliographiques

Les annexes

La liste des figures et des tableaux

Figures

Chapitre 1 : Aspect medical

Figure 1.1: les composants d'œil humain	4
Figure 1.2: les muscles oculomoteurs	6
Figure 1.3 : le système lacrymal	6
Figure 1.4: Schéma de la rétine.....	8
Figure1.5 : le rétinographe	10
Figure 1.6:Angiographie rétinienne.....	11
Figure1.7 :l'OCT.....	12

Chapitre 2 : la biométrie

Figure 2.1 : Différentes modalités biométriques.....	18
Figure2 .2 : Distribution de l'utilisation des systèmes biométriques	26

Chapitre 3 : résultats et discussion

Figure 3.1: Exemples d'images de la base de données DRIVE.....	35
Figure 3.2: (a):image couleur; (b): le canal vert.....	36
Figure 3.3: Résultat de l'ouverture morphologique suivi d'un filtre de Gauss.....	37
Figure 3.4: image égalisé.....	37
Figure 3.5 : Le chapeau haut de forme de l'image améliorée.....	38
Figure 3.6 : Résultats de segmentation du réseau vasculaire.....	39
Figure 3.7 : La squelettisation.....	41
Figure 3.9 : Exemples d'extraction des points de bifurcation.....	42
Figure 3.10 : Exemple d'une signature biométrique.....	43
Figure 3.11: extraction de la region d'intérêt.....	44
Figure 3.12: détection des contours de la papille.....	44
Figure 3.13: Homogénéisation de la région papillaire.....	45
Figure 3.14: resultat de seuillage de l'image.....	45
Figure 3.16: Prétraitement.....	46
Figure 3.17: L'extraction du macula.....	47

Figure 3.18: L'interface graphique.....47

Tableaux

Tableau 3.1: les caractéristiques de la texture pour les 4 images segmentées par les deux méthodes.....40

La liste des abreviations

Matlab: MATrix LABoratory.

DRIVE :Digital Retinal Images for Vessel Extraction.

RGB: Red, Green, Blue.

HSV: Hue, Saturation and Value.

DO: Disque Optique.

OCT: La tomographie par cohérence optique.

AND: acide désoxyribonucléique.

FOV: Field Of View.

UV :Ultra Violet.

Introduction générale

Introduction:

De nos jours, on assiste à un regain d'intérêt à la biométrie pour l'identification ou l'authentification de personnes. En effet les méthodes classiques d'authentification basées sur la carte d'identité ou bien le mot de passe sont vulnérables. IL est très facile de falsifier une carte d'identité ou d'imiter une signature.

Par ailleurs, la sécurité est à l'ordre du jour. Aujourd'hui, on assiste à une volonté des états d'installer des équipements biométriques dans les aéroports et les zones de haute sécurité. La biométrie est donc appelée à connaître un fort développement dans les années à venir.

On peut définir les systèmes biométriques comme étant des applications permettant l'identification automatique ou l'éligibilité d'une personne à se voir reconnaître certains droits ou services basés sur la reconnaissance des caractéristiques physiologiques (empreinte digitale, iris, rétine, contour de la main, etc.), des caractéristiques biologiques (ADN, sang, odeurs) ou des caractéristiques comportementales (signature, marche, frappe au clavier).

L'œil qui est une merveille de la nature, offre les deux caractéristiques biométriques les plus fiables qui sont l'iris et la rétine. La rétine n'a pas connu un intérêt aussi important à cause de la difficulté d'acquisition de l'image du fond de l'œil. Donc nous présentons une méthode permettant d'extraire un ensemble d'attributs pour caractériser la rétine et servir comme signature biométrique pour un système d'authentification par la rétine.

La biométrie par la rétine procure un haut niveau en matière de reconnaissance. IL est bien adapté pour des applications de haute sécurité. La disposition des veines de la rétine assure une bonne fiabilité, et une haute barrière contre la fraude.

Dans ce travail, nous allons nous focaliser sur une réalisation d'un programme Matlab d'authentification par la rétine, utilisant le réseau vasculaire comme trait biométrique. Le but est de développer une méthode d' extraction de la signature biométrique.

Le pattern biométrique, dans ce mémoire, est présenté comme un ensemble de points anatomiques extraits du réseau vasculaire (les points de bifurcation) en utilisant des opérateurs de la morphologie mathématique.

Ce document est organisé comme suit: un rappel anatomique sur l'oeil est présentée dans le chapitre 1. Le deuxième chapitre présentera une introduction générale a la biométrie. Dans le troisième chapitre, nous allons présenter les étapes de la détection de la signature biometrique tel que l'amélioration des images retiniennes suivi par la segmentation de l'arbre

Introduction générale

vasculaire puis l'extraction des points de bifurcation. Ensuite nous allons effectuer la première étape de recalage qui est la détection de la papille et la macula comme des points de référence pour ce recalage.

Enfin, nous allons terminer par une conclusion générale qui résumera les résultats de notre travail et nous présenterons aussi quelques perspectives s'inscrivant dans la continuité de ce travail.

Chapitre 1:

L'aspect Médical

I. Introduction :

L'œil est une merveille de la nature, un des organes les plus perfectionnés de notre corps. Miroir de nos émotions et de nos pensées secrètes, l'œil est une caméra réflexe très perfectionnée. [4] Il capte les images et les transforme en signal électrique vers le nerf optique. Ce signal est ensuite traduit par le cerveau, au niveau du cortex visuel, qui nous renvoie l'image traitée et permet ainsi l'interprétation de notre environnement. [1] Donc on va présenter dans ce chapitre l'anatomie d'œil en se basant sur sa composante la plus importante : la rétine et ses éléments principaux.

II. Anatomie de l'œil :

L'œil humain est un globe de 2.2 à 2.5centimètres de diamètre qui pèse entre 7 et 8 gramme. Il est mobile grâce à 6 muscles extraoculaires et est constitué d'une vingtaine d'organes vivants tous essentiel pour voir correctement. Ce globe oculaire permet de percevoir les couleurs, les formes et les positions. Il capte la lumière pour former une image sur la rétine et de convertir cette image en un influx nerveux, transmis par le nerf optique au cerveau, ou elle est interprétée. [2]

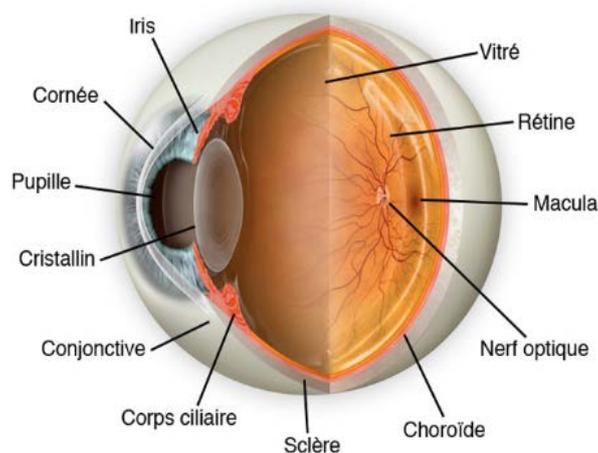


Figure 1.1: les composants d'œil humain. [2]

L'œil est une sphère remplie de liquide et constituée de 3 couches successives à l'image de "poupées russes".

La couche protectrice.

La couche vasculaire (uvéa).

La couche visuelle.

1. La couche protectrice :

1.1. La cornée :

Est un tissu transparent situé sur la partie antérieure de l'œil, qui transmet la lumière au cristallin et à la rétine. Elle est composée de 5 couches (Epithélium, Membrane de Bowman, Stroma, Membrane de Descemet, Endothélium), n'est pas vascularisée (ce qui explique qu'elle ne saigne pas), mais est très innervée. Cela explique sa très grande sensibilité, et le "réflexe cornéen" qui se manifeste par un clignement brusque des paupières pour protéger les yeux en cas de besoin. Elle est nourrie en permanence par les larmes et l'humeur aqueuse. [3]

1.2. La sclérotique (sclère) :

La couche externe de l'œil c'est une enveloppe résistante de la couleur blanche sur cette tunique que viennent de fixer :

1.2.1. Les muscles oculomoteurs :

1.2.1.1. Les muscles droits :

- Le muscle droit inférieur permet d'orienter l'œil vers le bas : abaisser le regard.
- Le muscle droit supérieur permet d'orienter l'œil vers le haut : élever le regard.
- Le muscle droit interne permet d'orienter l'œil vers le nez : l'adduction.
- Le muscle droit externe permet d'orienter l'œil vers la tempe : l'abduction.

1.2.1.2. Les muscles obliques :

- Le muscle oblique inférieur : C'est le plus court des muscles oculomoteurs. Il permet une orientation de l'œil vers la tempe et une élévation du regard
- Le muscle oblique supérieur : C'est le plus long des muscles oculomoteurs. Il permet une orientation de l'œil vers le nez et un abaissement du regard. [3].

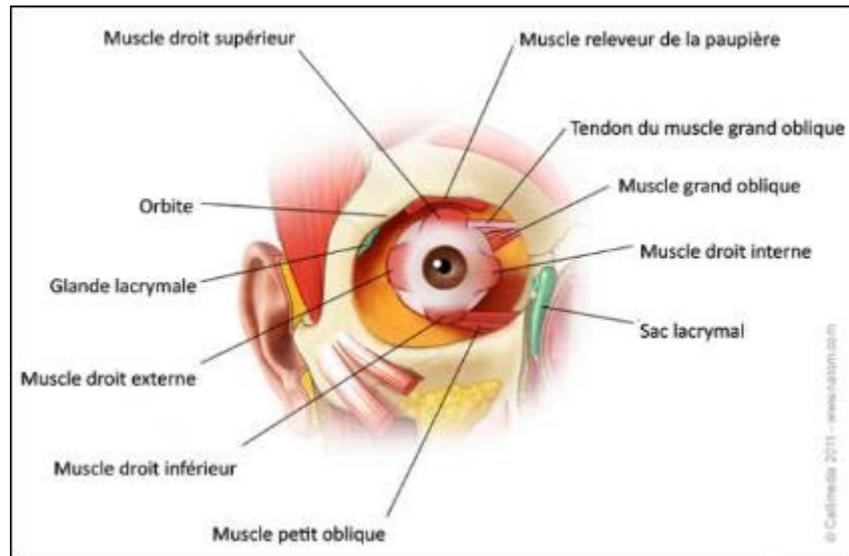


Figure 1.2: les muscles oculomoteurs.[2]

1.2.2. Le système lacrymal :

Est l'ensemble des organes qui permettent de produire et d'évacuer les larmes cette eau salée protège l'œil en l'hydratant et éliminant les impuretés. Par ailleurs, de par leur composition, les larmes ont un rôle nourricier pour la cornée. Les larmes sont produites dans les glandes lacrymales qui se situées sous les paupières supérieures. Cette solution saline rejoint l'œil par les canalicules excréteurs. Elle est répartie sur toute la surface de l'œil grâce au clignement des paupières. [2]

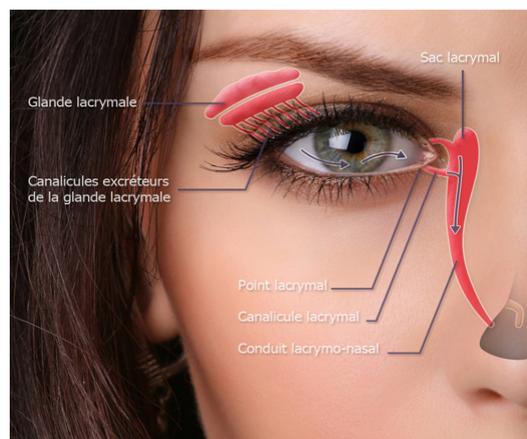


Figure 1.3 : le système lacrymal. [2]

1.2.3. La conjonctive :

Muqueuse transparente tapissant la partie externe de l'œil et la face interne des paupières.

2. La couche vasculaire (uvéa) :

2.1. L'iris :

Est une membrane en forme de disque perforée en son centre par la pupille. Il constitue la partie colorée de l'œil dont la couleur dépend de l'épaisseur des lamelles de l'épithélium de l'œil. Les iris sont clairs lorsque les lamelles sont fines et foncés lorsque les lamelles sont épaisses. [3]

2.2. La pupille :

Trou circulaire au milieu de l'iris de Taille variable en fonction de la lumière. Son diamètre en lumière normale est de 3 à 6 mm. L'augmentation du diamètre de la pupille s'appelle : mydriase, et la diminution de ce diamètre s'appelle : myosis. [4]

2.3. La choroïde :

Est une couche richement vascularisée qui assure la nutrition de l'iris et de la rétine. Elle est située entre la sclérotique et la rétine. Elle contient de nombreux pigments colorés et forme donc un écran. Elle maintient l'intérieur de l'œil en chambre noire. [4]

2.4. Le corps ciliaire :

Est la partie antérieure de la choroïde, sur lequel est attaché le cristallin grâce à une série de fibres Il joue un rôle fondamental dans la sécrétion d'humeur aqueuse et l'accommodation de la vision. [3]

2.5. La cavité interne:

2.5.1. L'humeur aqueuse

Est un liquide transparent qui apporte les nutriments destinés à la cornée et au cristallin. Elle a pour rôle de maintenir la pression intra-oculaire et la forme du globe oculaire. [3]

L'humeur aqueuse est composée essentiellement d'eau, mais aussi de vitamine C, de glucose, d'acide lactique, de protéines. Elle se renouvelle en 2-3 heures. [4]

2.5.2. Le cristallin (lentille) :

C'est une lentille transparente biconvexe. [4] Il assure un tiers de la puissance totale de l'œil, il permet l'accommodation pour voir net, et absorbe une partie des UV [2]

Le cristallin se bombe pour focaliser les objets de près et devient plus plat (position de repos) pour rendre nets ceux situés au loin. [1]

2.5.3. Le corps vitré :

C'est un tissu conjonctif transparent. Il représente les 4/5 du volume de l'œil, et est le premier constituant de l'œil. Son rôle est de maintenir la rigidité du globe oculaire, et de maintenir la rétine en place bien collée contre le fond du globe oculaire. Sa structure le fait intervenir dans le maintien de la pression intra-oculaire et lui permet d'absorber les pressions auxquels il est soumis sans altérer la fonction de l'œil. Il est formé de 95% d'eau. [4]

3. La couche visuelle :

3.1. La rétine :

Membrane nerveuse hypersensible Tapisse le fond de l'œil C'est la pellicule Est formée de 10 couches de cellules. [4] elle est composée de photorécepteurs (cônes et bâtonnets) et de neurones qui transmettent les signaux électriques au cerveau [3].

3.1.1. Les cônes (environ 6-7 millions) : ces cellules interprètent les couleurs d'une image en la décomposant en 3 couleurs primaires : le rouge, le bleu et le vert

3.1.2. Les bâtonnets : des cellules photoréceptrices de la rétine spécialisée dans la réception lumineuse de basse intensité, ils sont responsables de la vision dans l'obscurité et de nuit. Chaque œil compte 130 à 150 millions de bâtonnets contre 6 ou 7 millions de cônes. [2]

Elle se caractérise par une partie centrale et une partie périphérique [2]

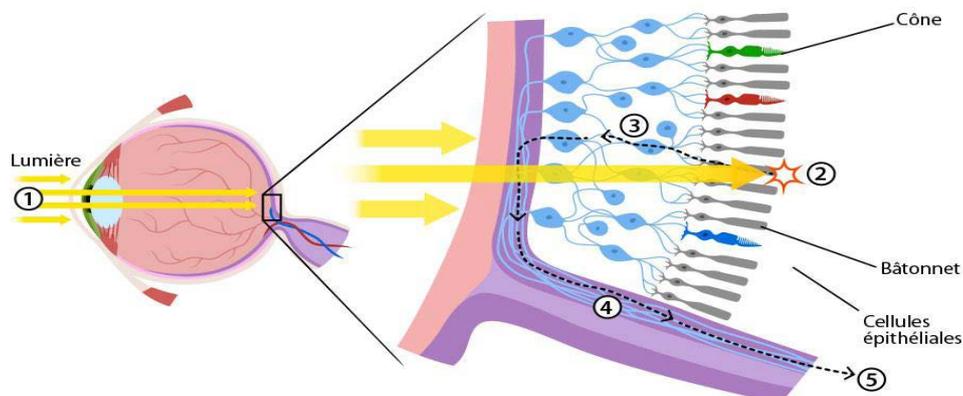


Figure 1.4: Schéma de la rétine.[2]

3.2. La rétine centrale :

Contient la macula et la fovéa. Elle est vascularisée par l'artère et la veine centrales de la rétine. [3]

3.2.1. La macula :

Est la zone elliptique centrale où se trouve le maximum de cônes. Cette zone permet donc une vision très précise. mesure 3 mm dans le grand axe et 2 mm dans le petit axe. Elle s'appelle aussi La tâche jaune [4]

3.2.2. La fovéa :

Est une région de la rétine qui se situe au centre de la macula, mesure 1300 à 1500 microns et contient 400 000 cônes . C'est la fovéa qui donne la vision la plus précise en éclairage diurne c'est-à-dire pendant la journée . Quand nous fixons un objet nous tournons les yeux de façon à aligner l'image sur cette partie de la rétine alors la macula est de la plus haute importance pour la vision. [4]

3.3. La rétine périphérique :

Elle est chargée de détecter les informations dans la totalité du champ de vision, les mouvements, la vision moins précise. Cette rétine est essentiellement pour la vision nocturne grâce aux photorécepteurs appelés bâtonnets. [2]

3.4. La papille optique (tache aveugle) :

Elle se situe sur la rétine à l'endroit où se réunissent les fibres optiques issues des cellules visuelles de la rétine. Ce point ne contient pas des cellules visuelles mais seulement des fibres nerveuses et mesure environ 1.5 mm de diamètre. En ce point débouche aussi le réseau veineux et artériel de la rétine. Les fibres optiques se rejoignent tous là pour former un câble appelé le nerf optique [4].

3.5. Le nerf optique :

Au fond de l'œil, légèrement décentré par rapport à l'axe central de l'œil. Le nerf optique second nerf crânien, ce cordon cylindrique de 5 mm de diamètre de longueur totale, il

contient près d'un million de fibres optiques myélinisées. Le nerf optique rattaché à la rétine. Il permet de transférer les informations visuelles de la rétine au cerveau. [2]

III. Les examens complémentaires analysant la morphologie de la rétine :

1. La rétinographie :

Contraction de « photographie de la rétine », cet examen complémentaire consiste à prendre un cliché numérique du fond de l'œil. Il permet le dépistage, le diagnostic et le suivi des pathologies de la rétine et de la tête du nerf optique (ou papille).

Cet examen complémentaire consiste à prendre un cliché numérique du fond de l'œil. Il permet le dépistage, le diagnostic et le suivi des pathologies de la rétine et de la tête du nerf optique (ou papille). Enfin il s'agit d'un examen indolore, non invasif et qui peut être répété autant de fois que nécessaire. [6]



Figure1.5 : le rétinographe.[6]

2. L'angiographie rétinienne :

L'angiographie rétinienne est indiquée pour dépister des maladies telles qu'une rétinopathie diabétique, une dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) ou une occlusion veineuse rétinienne. Quelques heures avant l'examen, le patient doit s'injecter quelques gouttes dans les yeux afin de dilater ses pupilles. Puis, juste avant que ne débute l'angiographie, le médecin ou l'infirmière injecte en intraveineuse -- au niveau du bras -- des colorants fluorescents qui permettent de visualiser les artères et les veines. Y compris donc au niveau de la rétine.

Les colorants en question sont la fluorescéine ou l'indocyanine. Ensuite, l'opérateur réalise des photographies avec un flash à un rythme relativement rapide. Ces flashes sont

inconfortables mais pas douloureux. Les résultats sont alors affichés sur les clichés radiologiques interprétables par les ophtalmologues. [5]



Figure 1.6: Angiographie rétinienne [5]

3. La tomographie par cohérence optique (OCT) :

Est un examen d'ophtalmologie qui utilise une technique d'imagerie très performante. Cet examen permet d'observer les différents composants de l'œil et notamment la rétine au fond de l'œil, sans que cette observation ne soit déformée en traversant les différentes structures de l'œil. Cette technique permet de visualiser la forme et l'épaisseur des cellules de la rétine, ainsi que la tête du nerf optique qui permet d'acheminer l'information visuelle vers le cerveau. L'OCT permet l'étude de votre rétine : l'ophtalmologiste peut observer son épaisseur et sa structure. Il n'y a aucune préparation particulière pour cet examen, ni dans les jours qui précèdent ni le jour même. L'examen se fait à l'aide d'un appareil appelé tomographe. Il permet d'observer, à l'aide de faisceaux lumineux, les structures de la rétine et d'en mesurer l'épaisseur. Il n'a pas besoin d'entrer en contact avec votre œil et ne nécessite aucune anesthésie.

Le tomographe peut être comparé à un échographe de très haute précision, où les ultrasons sont remplacés par de la lumière, l'OCT est une sorte d'échographie de l'œil mais plus précise. Votre pupille est simplement dilatée avec des gouttes de collyre pour permettre cette observation.

Cet examen n'est absolument pas douloureux. Votre œil pupille est dilatée, l'examen de la rétine en lui-même dure environ une demi-heure.

Est un examen radiologique vise à étudier la vascularisation, la membrane qui tapisse le fond de l'œil. Il consiste à en dresser une sorte de cartographie. [7]



Figure1.7 : l'OCT. [7]

IV. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'aspect théorique concernant l'anatomie de l'œil ainsi les examens ophtalmologiques complémentaires destiné à étudier les structures de l'œil à l'arrière du cristallin, et plus particulièrement la rétine. Il sert à dépister certaines atteintes oculaires (rétinopathie diabétique, dégénérescence maculaire liée à l'âge etc.) ou à suivre leur évolution.

Chapitre 2:

La biometrie

I. Introduction :

Dans son environnement quotidien, un individu a besoin de s'identifier dans une multitude de contextes : pour entrer dans son immeuble ou accéder à son lieu de travail, pour retirer de l'argent à un distributeur ou payer en magasin, pour demander un service social... Autant de codes et de mots de passe à mémoriser et à protéger. Afin de développer les moyens de reconnaissance, la recherche connaît depuis quelques années un renouveau spectaculaire et manifeste un intérêt majeur aux données "biométriques", c'est-à-dire aux caractéristiques propres à chaque personne : sa voix, ses empreintes digitales, les traits de son visage, la forme de sa main, sa signature et même son ADN.

Cependant, plus récemment, l'augmentation de la fraude à l'identité a créé un besoin croissant de la technologie biométrique dans un certain nombre d'applications nécessitant un haut degré de sécurité.

Il existe traditionnellement deux manières d'identifier une personne :

1. Méthodes basées sur une connaissance : Cette connaissance correspond par exemple à un mot de passe pour ouvrir une session ou un code SIM pour un téléphone portable.
2. Méthodes basées sur une possession. : Il peut s'agir d'une pièce d'identité, d'un badge, d'une clé ...

Ces deux modes d'identification peuvent être utilisés d'une manière complémentaire afin d'obtenir une sécurité. Cependant elles ont leurs faiblesses respectives. Le mot de passe peut être oublié ou deviné par une autre personne. D'autre part, la pièce d'identité peut être perdue ou volée.

La biométrie exploite à l'encontre de ces deux méthodes les caractéristiques d'une personne qu'elles soient innées comme les empreintes digitales ou acquises comme la signature. Ces caractéristiques sont attachées à chaque individu et ne souffrent donc pas des faiblesses des méthodes basées sur une connaissance ou une possession. En effet les caractéristiques biométriques ne peuvent être oubliées ou perdues. De plus, elles sont très difficiles à deviner, à voler, ou à dupliquer.

C'est une science basée sur la reconnaissance des caractéristiques physiologiques (empreinte digitale, iris, rétine, contour de la main, etc.), des caractéristiques biologiques (ADN, sang, odeurs) ou des caractéristiques comportementales (signature, marche, frappe au clavier).

Les techniques biométriques basées sur les attributs biologiques sont des techniques très coûteuses et difficiles à mettre en œuvre pour un usage courant. Pour cela, nous limiterons

dans ce chapitre a la présentations des deux autre classes (comportementales et physiologiques)

Dans ce chapitre, nous présentons des généralités sur la biométrie ainsi quelques exemples des techniques de reconnaissance par cette science.

Dans la partie finale de ce chapitre, nous intéresserons essentiellement à la technique qui est le sujet de notre mémoire portant sur la reconnaissance des individus par la rétine.

II. La biométrie :

1. Définition :

Le terme de **biométrie** est originaire d'une contraction des deux anciens termes grecs : « *bios* » qui signifie : la vie et « *metron* » qui se traduit par : mesure.[8]

La biométrie regroupe l'ensemble des techniques informatiques permettant de reconnaître automatiquement un individu à partir de ses caractéristiques physiques, biologiques, voire comportementales. Les données biométriques sont des données à caractère personnel car elles permettent d'identifier une personne. Elles ont, pour la plupart, la particularité d'être uniques et permanentes (ADN, empreintes digitales, etc.).[9]

Un système biométrique peut fonctionner en deux modes distincts :

- L'identification : il détermine l'identité d'un individu.
- L'authentification : vérification, le système confirme ou nie une identité réclamée[10]

2. Intérêt :

La biométrie est un domaine émergent où la technologie améliore notre capacité à identifier une personne. Protection des consommateurs contre la fraude ou le vol est un des buts de la biométrie. L'avantage de l'identification biométrique est que chaque individu a ses propres caractéristiques physiques qui ne peuvent être changées, perdues ou volées. La méthode d'identification biométrique peut aussi être utilisée en complément ou remplacement de mots de passe.[11]

En résumé, plusieurs raisons peuvent motiver l'usage de la biométrie:

- Une haute sécurité : en l'associant à d'autres technologies comme le cryptage, le single sign-on...

Confort : en remplaçant juste le mot de passe, exemple pour l'ouverture d'un système d'exploitation, la biométrie permet de respecter les règles de base de la sécurité (ne pas inscrire son mot de passe à côté du PC, ne pas désactiver l'écran de veille pour éviter des saisies de mots de passe fréquentes). Et quand ces règles sont respectées, la biométrie évite aux administrateurs de réseaux d'avoir à répondre aux nombreux appels pour perte de mot de passe (que l'on donne parfois au téléphone, donc sans sécurité).

Sécurité/Psychologie: dans certains cas, particulièrement pour le commerce électronique, l'utilisateur a pas confiance. Il est important pour les acteurs de ce marché de convaincre le consommateur de faire des transactions. Un moyen d'authentification connu comme les empreintes digitales pourrait faire changer le comportement des consommateurs.

Les systèmes d'authentification biométriques mettent fin aux problèmes liés à l'utilisation des systèmes d'authentification classiques tels que :

- La duplication.
- Le vol.
- L'oubli.
- La perte. [11]

3. Les systèmes biométriques : [8]

Un système biométrique est essentiellement un système qui acquiert des données biométriques d'un individu, extrait un ensemble de caractéristiques à partir de ces données, puis le compare à un ensemble de données stocké au préalable dans une base de données pour pouvoir enfin exécuter une action ou prendre une décision à partir du résultat de cette comparaison.

Un système biométrique est composé de quatre modules principaux :

Le module d'acquisition : un lecteur, un scanner ou autre module de balayage approprié est requis pour l'acquisition des données biométriques brutes d'un individu. Pour obtenir les images des empreintes digitales, par exemple, un capteur optique peut être utilisé pour acquérir l'image de la structure des arêtes sur le bout des doigts. Il joue le rôle de l'interface homme-machine et représente un pivot élémentaire du système biométrique. Une

interface mal conçue peut influencer sur la fiabilité de tout le système.

□ Le module d'évaluation de qualité et d'extraction de caractéristiques : La qualité des données biométriques obtenues lors de la capture doit être évaluée par ce module afin de déterminer sa convenance pour le processus de reconnaissance. Généralement, les données acquises doivent être soumises à des algorithmes de perfectionnement afin d'améliorer la qualité du signal. Ce module exige, parfois, la recapture des données avant de les traiter s'il s'avère que la qualité des données déjà capturées est inacceptable. Les données biométriques sont alors traitées d'une manière à extraire les traits fondamentaux et les caractéristiques qui permettront d'obtenir la signature biométrique de l'individu. Par exemple, la position et l'orientation des points de minuties pour les empreintes digitales, la position et l'orientation des points de bifurcations pour la reconnaissance rétinienne...etc.

□ Le module de comparaison (matching) et de prise de décision : ce module comprend le processus de comparaison entre l'ensemble des caractéristiques extrait et les autres ensembles ou modèles existants dans la base de données. Le résultat de cette comparaison va être utilisé pour prendre une décision sur le taux de correspondance de la signature biométrique pour la validation ou le rejet de l'identité de l'individu à reconnaître.

□ Le module de base de données : il sert de dépôt des signatures biométriques obtenues lors de la phase d'enrôlement. Cette phase permet d'inscrire dans la base de données les informations biométrique et biographique (nom et prénom, n° d'identification, adresse...) des utilisateurs. Dans un sens figuré, ce module joue le rôle d'un annuaire des signatures biométriques.

4. Caractéristiques de labiométrie:[12]

Les caractéristiques biométriques ne peuvent pas être facilement volées, falsifiées, ou partagées. Ainsi, elles sont plus fiables et sécurisées pour la reconnaissance de personne que les méthodes traditionnelles basées sur la connaissance ou la possession.

4.1. l'universalité, ce qui signifie que chaque personne devrait avoir cette caractéristique biométrique ;

4.2. l'unicité, qui indique que la caractéristique biométrique est représentative d'un et un seul individu

- 4.3. la facilité de mesure, qui se réfère à la facilité avec laquelle une personne peut interagir avec un système biométrique pendant qu'elle est identifiée ou authentifiée par ce système.
- 4.4. la performance : la précision de la reconnaissance et les ressources nécessaires pour atteindre la précision que doit satisfaire les contraintes imposées par l'application.
- 4.5. L'acceptation par l'utilisateur : les individus qui vont utiliser cette application doivent être disposés à présenter leurs traits biométriques au système.
- 4.6. Le contournement, qui reflète combien il est facile de tromper le système par des méthodes frauduleuses.
- 4.7. La permanence ou la stabilité : le trait biométrique d'une personne doit être suffisamment invariant au cours d'une période de temps.

5. Types de reconnaissance par biométrie :



Figure 2.1 : Différentes modalités biométriques.

De nombreuses modalités biométriques sont utilisées dans diverses applications. Chaque modalité biométrique a ses forces et ses faiblesses et le choix dépend généralement de l'application à traiter. [8]

□ L'analyse des traces biologiques : basées sur les caractéristiques biologiques des individus (ADN, salive, urine, odeur...). Ce type de biométrie est très complexe à mettre en œuvre dans un système usuel de reconnaissance et n'est utilisé que dans un cas d'extrême nécessité (ex.: Enquête criminelle, test de paternité...etc.)

□ L'analyse des traits physiques : ce type de méthodes est beaucoup plus facile à mettre en œuvre dans un système de contrôle d'identité et ne nécessite pas autant de moyens. Nous

pouvons représenter les types de biométries physiques les plus connus et les plus utilisés dans les deux grandes classes :

La biométrie physiologique ou morphologique : utilisant les caractéristiques physiologiques de l'individu (exemple: la forme de la main, la forme du visage, les empreintes digitales, l'iris, la rétine...etc.)

La biométrie comportementale : qui se base sur le comportement de l'individu.(exemple: la démarche, la voix, les mouvements...etc.)

5.1. Les systèmes morphologiques:

5.1.1. Les Empreintes digitales:

Il s'agit d'une des premières biométries utilisées dans des machines d'authentification.

La formation des empreintes dépend des conditions initiales du développement embryogénique, ce qui les rend uniques à chaque personne et même chaque doigt[16]. La donnée de base dans le cas des empreintes digitales est le dessin représenté par les crêtes et sillons de l'épiderme. Ce dessin est unique et différent pour chaque individu. En pratique, il est quasiment impossible d'utiliser toutes les informations fournies par ce dessin (car trop nombreuses pour chaque individu), on



préférera donc en extraire les caractéristiques principales telles que les bifurcations de crêtes, les "îles", les lignes qui disparaissent, etc. Une empreinte complète contient en moyenne une centaine de ces points caractéristiques (les "minuties"). Si l'on considère la zone réellement scannée, on peut extraire environ 40 de ces points. Pourtant, là encore, les produits proposés sur le marché ne se basent que sur une quinzaine de ces points (12 au minimum vis-à-vis de la loi), voire moins pour beaucoup d'entre eux (jusqu'à 8 minimum). Pour l'histoire, le nombre 12 provient de la règle des 12 points selon laquelle il est statistiquement impossible de trouver 2 individus présentant les mêmes 12 points caractéristiques, même en considérant une population de plusieurs dizaines de millions de personnes.

5.1.2. Géométrie de la main :

Il consiste à mesurer plusieurs caractéristiques de la main (jusqu'à 90) telle que la forme de la main, longueur et largeur des doigts, formes des articulations, longueurs inter-articulations, etc. La technologie associée à cela est principalement de l'imagerie Infrarouge. [16]



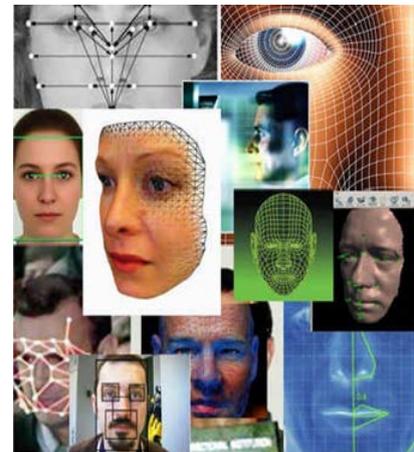
5.1.3. Les veines.

On a longtemps considéré que le modèle des veines dans l'anatomie humaine peut être unique aux individus. En conséquence, il y a eu de diverses réalisations du balayage de veine au cours des années, du balayage de main, au balayage de poignet et, plus récemment, au balayage de doigt. La plupart de ces techniques ont été utilisées sur terrain et ont pu certainement former la base d'un système biométrique viable de vérification d'identité. [16]



5.1.4. Le visage:

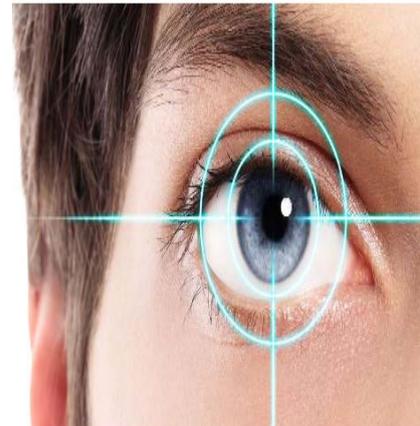
L'identification par visage a été disponible comme technique biométrique pendant longtemps, bien qu'elle soit probablement juste pour indiquer que les réalisations primaires ont laissé à désirer en termes d'exactitude et de fiabilité de comparaison. Cependant, la technique à beaucoup d'applications potentielles, et le développement continu a assuré qu'il a rapidement mûri dans une technique opérationnelle viable. Typiquement, la technique implique la métrique des et entre caractéristiques distinctes dans le visage, se fondant moins sur des facteurs d'une nature transitoire tels que la coupe de cheveux ou l'utilisation des produits de beauté. Néanmoins, le visage humain est sujet au changement avec le temps et cette réalité demeurera un défi pour des systèmes d'identification de visage, comme le changement d'expression, la maladie, la vieillesse et d'autres facteurs normaux. En outre, les facteurs humains et environnementaux joueront presque toujours un très grand rôle dans l'efficacité d'un système d'identification de visage, dans un



scénario donné de déploiement. En conséquence, l'identification de visage peut tout à fait ne pas égaler l'exactitude fournie par certaines autres techniques. Cependant, elle se prête aisément aux applications où le visage est déjà employé dans un contexte de vérification d'identité. De même, la capacité de comparer avec une image stockée, peut-être d'une source différente, semblera attrayante dans quelques applications de secteur public. L'identification de visage a été parfois employée en même temps qu'une autre biométrie afin d'augmenter la confiance en procédé de vérification d'identité. Le visage et l'empreinte digitale sont une combinaison populaire dans ce contexte. Tout en n'offrant pas les niveaux superlatifs de l'exactitude ou de l'exécution opérationnelle, l'identification de visage néanmoins demeure une technique populaire, et une de celles qui tireront bénéfice sans doute d'un développement ultérieur. [16]

5.1.5. L'iris:

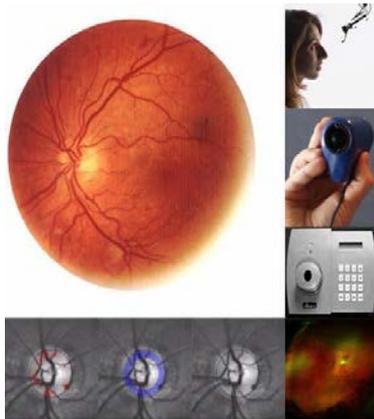
L'identification d'iris est devenue une technique biométrique populaire. Elle est généralement reconnue qu'étant peut-être la technique la plus précise en termes d'appariement différents modèles d'iris. En conséquence, c'est une technique utile que ce soit pour l'assortiment linéaire aux fins de vérification individuelle d'identité, ou un assortiment un-à-plusieurs aux fins d'identifier un iris particulier parmi plusieurs dans une grande base de données. En outre, l'exécution opérationnelle relative de l'identification d'iris peut être très bonne. Dans des réalisations antérieures, le défaut d'acquisition d'image de qualité appropriée dans de vraies conditions de fonctionnement pouvait être un problème, également pour la possibilité d'acquérir des modèles référentiels de bonne qualité. Cependant, la technique a rapidement évolué et de tels problèmes sont rarement rencontrés aujourd'hui. Les lecteurs d'identification d'iris ont tendance à être un peu plus chers que ceux pour certaines autres techniques, en grande partie en raison de leur complexité relative. En outre, l'installation et le commandement peuvent être un peu plus exigeants, particulièrement en ce qui concerne le placement environnemental et l'accommodation pour une large gamme d'individus de taille physique différente. Toutefois, de tels soucis de déploiement peuvent être surmontés et peuvent être considérés insignifiants pour des applications où l'exactitude et la performance de l'identification d'iris est exigée. En termes simples, la technique implique la localisation de l'iris dans un visage humain, le



séparant de la pupille et de la sclérotique, divisant l'iris en segments et analysant chaque segment en conséquence. De cette analyse, un code relativement sophistiqué d'iris peut être dérivé et comparé à une référence précédemment stockée. La quantité de détails représentée dans le code d'iris permet un niveau important de confiance en entreprenant les comparaisons, même en recherchant dans des bases de données très grandes. Ceci est facilité par la quantité de l'information disponible qui peut être dérivée d'un iris typique, et l'unicité relative de l'iris dans la population humaine. En effet, même les iris gauche et droit du même individu ont tendance à être distincts et des iris sont considérés comme invariables durant toute la vie, une fois fixés peu de temps après la naissance. L'identification par iris s'accroît en popularité ces dernières années et c'est une technique qui continuera sans doute à être employée couramment. [16]

5.1.6. La rétine:

Le balayage rétinien est une technique biométrique primaire, développée au début pour le



contrôle d'accès dans les environnements militaires. Son exécution donnait de très bons résultats sous certaines conditions. Cependant, sa rentabilité était en général plutôt C'est principalement parce que son utilisation, à l'origine, imposait une fixation d'un dispositif binoculaire et d'aligner sa vision sur une cible chose que beaucoup de personnes ont, au début, eu du mal à faire- particulièrement ceux dont la vision est altérée. En outre, beaucoup d'utilisateurs n'ont pas beaucoup apprécié l'idée

du contact physique avec l'interface binoculaire. En conséquence, alors que l'utilisation dans un environnement militaire commandé a pu être acceptable (en grande partie parce que de tels utilisateurs n'ont eu aucun choix dans la matière) la technique trouvait peu de faveur au sein de la communauté intégrale. La technique d'exploration rétinienne impliquait de balayer les modèles de veine de la rétine avec un faisceau actionné bas brillant à l'intérieur de l'œil: une fonction intrusive qui n'a pas été typiquement considérée comme une proposition attrayante par les utilisateurs potentiels. En outre, les premières versions des modules de balayage rétiniens étaient excessivement chères pour n'importe qui en dehors des militaires. Les versions qui ont suivi sont devenues beaucoup moins coûteuses et étaient un peu mieux considérées en termes de connectivité, intégration de systèmes et interface utilisateurs. [16]

5.2. Les systèmes comportementaux

5.2.1. La signature.

La vérification par signature comme technique était parmi les premières utilisées dans le domaine de la biométrie. Il y avait plusieurs systèmes concurrents dans ce domaine. Elle semblait être une application évidente de la biométrie car il y avait tant de processus familiers qui avaient utilisé la signature comme moyen de vérification d'identité. En outre, la signature biométrique, du moins en théorie, fournissait



une

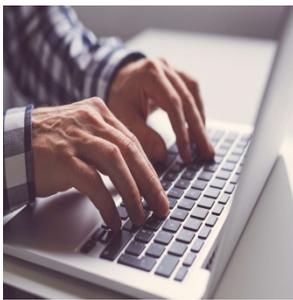
profondeur d'analyse autre que celle de la mesure de la dynamique inhérente dans son écriture, la précision géométrique de la signature. Dans des tests indépendants, la vérification de la signature a donné une raisonnable présentation d'elle-même. Cependant, dans les situations réelles, l'utilisation de tablettes graphiques disponibles dans le marché et les systèmes adéquats n'était souvent pas une chose aussi aisée. En outre, il est intéressant, en termes proportionnels, de voir les incohérences de certaines personnes en signant leur nom dynamiquement et graphiquement. Tandis qu'un observateur humain peut tolérer ces incohérences tant que la signature est correcte, l'algorithme de vérification automatique de la signature prenait un temps important, particulièrement quand il essayait de fonctionner avec un niveau de tolérance serré. En conséquence, la vérification par signature biométrique reste une technique traditionnelle, bien qu'il puisse y avoir des applications où elle peut s'avérer utile. [16]

5.2.2. La voix:

La vérification par la voix est une autre technique pilote et il y avait quelques différents systèmes disponibles pendant un bon moment, certains d'entre eux étaient considérés comme une perspective de systèmes. Typiquement, les systèmes de vérification de la voix analysaient la dynamique inhérente des individus en énonçant une phrase type, générant un pattern en conséquence, qui pourra être utilisé dans une éventuelle reconnaissance



d'un vif échantillon. Tandis que la théorie est assez logique et, sans doute, certains algorithmes de reconnaissance ont bien été développés, la vérification de la voix comme technique fut désavantagée sur plusieurs points. Premièrement, en utilisant les capteurs disponibles dans le marché tels que des combinés de téléphone, la qualité des capteurs est non seulement relativement pauvre en terme de réponse de fréquence et largeur de bande dynamique, mais notoirement variable d'échantillon à un autre. Deuxièmement, nous avons les contradictions et les bruits considérables dans les canaux de transmission (ex : lignes téléphoniques, routeurs, échangeurs...). Troisièmement, les variables environnements de point de présence auront les niveaux également variables de bruit ambiant et les propriétés acoustiques telles que la réflexivité, l'absorption, prépondérance vers les ondes stationnaires et ainsi de suite. Pour finir, la cohérence avec laquelle les utilisateurs interagissent avec le dispositif de capture laisse souvent à désirer, particulièrement avec les utilisateurs non-habitués. De telles conditions, une fois réunies, peuvent poser d'énormes défis pour les systèmes de vérification de la voix. Néanmoins, elles peuvent être bien adaptées dans certaines applications à circuit-fermé où la voix est le choix biométrique. [16]

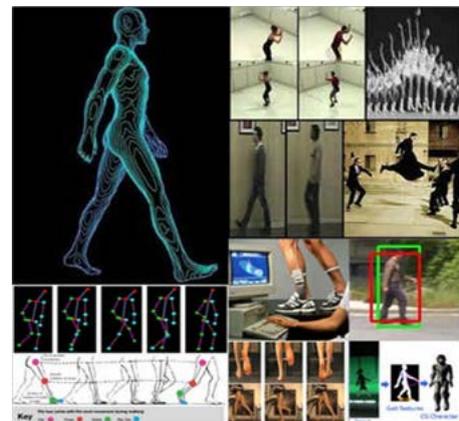


5.2.3. Dynamique de frappe au clavier :

Un système basé sur cette dynamique ne nécessite aucun équipement particulier, seulement un ordinateur disposant d'un clavier. Il s'agit d'un dispositif logiciel qui calcule le temps ou un doigt effectue une pression sur une touche et le temps ou un doigt est dans les airs (entre les frappes), aussi, la suite de lettres et la reconnaissance de mots précis. [16]

5.2.4. La démarche:

L'attraction potentielle de l'identification de démarche se situe dans la capacité d'identifier un individu à distance. Cependant, il y a des défis sérieux à surmonter à cet égard. L'idée qu'un individu marche typiquement avec d'identifier un individu à distance. Cependant, il y a des défis sérieux à surmonter à cet égard. L'idée qu'un individu marche typiquement avec une démarche unique est intéressante et, sous des conditions de laboratoire, le concept de l'identification de démarche peut être démontré. Cependant, la vie réelle est pleine de désaccords dynamiques qui rendent l'exécution d'un tel système particulièrement difficile.



En plus des complexités de comparaison, il y a des facteurs tels que l'occasion de saisir l'image mobile d'un individu en isolement et dont le détail est suffisant pour pouvoir entreprendre une telle comparaison. La création d'un modèle fiable est également quelque chose qui présente de vrais défis. L'identification de la démarche représente un exemple intéressant de la recherche biométrique conduite par une condition perçue : dans ce cas-ci, pour identifier un individu à une distance au-delà de laquelle la biométrie de contact et à bout-portant ne peuvent fonctionner. C'est peut-être une idée attrayante pour des applications militaires et de très haute sécurité, mais il est douteux que l'identification par la démarche devienne une technique biométrique courante. [16]

6. Performances d'un système biométrique

Lorsque des systèmes biométriques sont utilisés, il est difficile d'obtenir des résultats 100 % exempts de données (éclairage, température, etc.) et dans des différences dans le matériel utilisé (caméra)scanners, etc.). Les paramètres d'évaluation des performances les plus souvent utilisés sont le taux de fausses acceptations (TFA) et le taux de faux rejets (TFR), qui peuvent être adaptés en fonction du système utilisé: [13]

o FRR : taux de faux rejet

Le taux de faux rejets (TFR) est la probabilité qu'un système produise un faux rejet. Un faux rejet se produit lorsqu'aucune correspondance n'est établie entre une personne et son modèle biométrique. Il est également connu sous le nom de «taux de faux négatifs».

o FAR : taux de fausse acceptation

Le taux de fausses acceptations (TFA) est la probabilité qu'un système biométrique identifie de manière incorrecte une personne ou ne réussisse pas à rejeter un imposteur. Il mesure le pourcentage d'intrants non valides qui sont acceptés à tort. Il est également connu sous le nom de «taux de faux positifs».

_ FR : nb faux rejets FA : nb fausses acceptations

_ NL : nb total légitimes NI : nb total imposteurs

7. Comparaison des systèmes biométriques.

Une question qui se pose souvent dans ce domaine est la suivante :

Quelle technologie choisir pour son application?

Plutôt que de comparer les performances des diverses technologies (empreintes, visage, main...), il faut surtout tenir compte de l'environnement de leur usage, (facilité de : saisie, d'analyse, de stockage, de vérification). Chaque technologie possédant des avantages et des inconvénients, acceptables ou inacceptables suivant les applications. Ces solutions ne sont pas concurrentes, elles n'offrent ni les mêmes niveaux de sécurité ni les mêmes facilités d'emploi.

En comparaison aux systèmes d'authentification utilisant un objet ou un mot de passe, qui offrent une réponse stable (oui ou non, 0% ou 100%) ; les informations biométriques sont plus fluctuantes et donnent des réponses en terme de pourcentage de similitude (entre 0% et 100%, le 100% n'étant jamais atteint). Cette variation des résultats d'identification d'un individu est plus liée à la qualité de la capture de l'information biométrique (on n'a jamais deux images ou deux sont identiques), qu'à la modification de la caractéristique biométrique de l'individu qui est généralement stable dans le temps. Il faut donc définir un seuil de décision (acceptation ou refus) compris entre 0% et 100% de similitude au sein de l'application. Ce seuil peut être différent pour chaque personne.

Soit les facteurs suivants :

- **Effort** : effort requis par l'utilisateur
- **Intrusiveness** : niveau de perception par l'utilisateur du test comme intrusif
- **Cost** : coût de la technologie (lecteurs, capteurs, etc.)
- **Accuracy** : efficacité de la méthode (capacité à identifier quelqu'un)

Une étude comparative des principales technologies biométriques, réalisée par la Société de conseil et d'intégration, a donnée la figure suivante : [14]

Cette comparaison permet de définir quel est le système le mieux adapté .

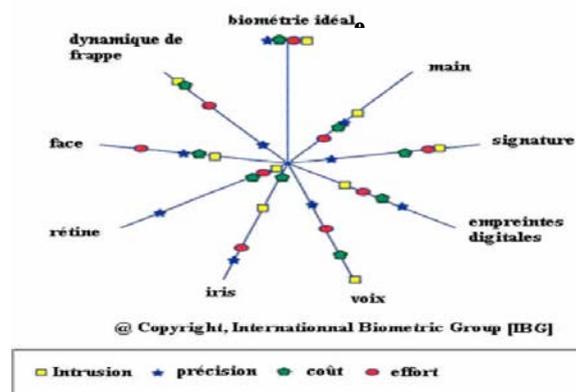


Figure2 .2 : Distribution de l'utilisation des systèmes biométriques sur le marché mondial.[14]

- o Un système biométrique, pour être efficace, doit avoir la capacité d'adaptation aux changements permanents et temporaires de l'utilisateur. Par exemple, une personne qui se laisse pousser la barbe ou qui s'inflige une blessure au doigt ne doit pas se voir refuser l'accès aux données contenues dans son ordinateur et ce, malgré le changement dans son apparence physique.
- o Il est important de comprendre que, dans le choix d'un moyen biométrique à exploiter, différents facteurs doivent être pris en compte. [14]
- o Pour réussir, un système biométrique doit présenter une logique de marché, c'est-à-dire qu'il doit exploiter le même sens que le périphérique auquel il est joint. Par exemple, la reconnaissance vocale est plus justifiée dans le cadre de l'utilisation du téléphone cellulaire. De même, l'authentification d'une personne à l'aide de sa rétine ou de son iris est plus naturelle lorsque celle-ci désire accéder à son compte bancaire via un guichet automatique, la plupart étant déjà muni d'une caméra. Finalement, un système biométrique qui analyse l'empreinte digitale est plus normalement incorporé à un clavier ou une souris reliant l'ordinateur.

8. La biométrie et ses applications : [15]

Les domaines d'application de cette technologie sont vastes, et dans certains cas, assez anciens. Présentation des applications les plus courantes.

Le champ d'application de la biométrie couvre potentiellement tous les domaines de la sécurité où il est nécessaire de connaître l'identité des personnes. Aujourd'hui, les principales applications sont la production de titres d'identité, le contrôle d'accès à des sites sensibles, le contrôle des frontières, l'accès aux réseaux, systèmes d'information, stations de travail et PC, le paiement électronique, la signature électronique et même le chiffrement de données. Cette liste n'est pas exhaustive, et de nouvelles applications vont très certainement voir rapidement le jour.

8.1. Le code secret, c'est l'humain :

Un système de contrôle dit « biométrique » est un système de mesure automatique qui repose sur la reconnaissance de caractéristiques spécifiques à un individu. Parmi les « caractéristiques » les plus couramment utilisées aujourd'hui : les empreintes digitales (ex : passeport biométrique), qui représentent plus de 50% du marché, hors applications judiciaires. Viennent ensuite : la reconnaissance faciale, gestuelle, puis la reconnaissance de l'iris de l'oeil et enfin la reconnaissance vocale. D'autres caractéristiques font l'objet de mesure biométrique,

- ✓ Carte Identité nationale électronique sécurisée
- ✓ Carte vitale, carte de séjour, permis de conduite, etc.

8.2. Une technologie clé dans le monde judiciaire :

Les empreintes digitales jouent un rôle clé dans la résolution des affaires criminelles en France, et dans le monde. C'est de loin le domaine d'applications le plus courant. En France, le Fichier national automatisé des empreintes digitales (FNAED) comporte près de 3 millions de données. Depuis 1986, le test ADN s'ajoute au relevé d'empreinte digitale en tant que procédé d'analyse biométrique. Mais dans un cadre très particulier : il est limité aux crimes sexuels ou crimes de sang.

8.3. Sécuriser l'accès aux lieux et sites sensibles :

L'empreinte digitale et la reconnaissance du contour de la main ont d'autres applications pratiques, notamment dans les entreprises : comme le contrôle d'accès aux locaux (salles informatiques) ou encore la gestion des horaires. Depuis peu, le secteur bancaire s'intéresse de près aux possibilités offertes par cette technologie. Le groupe bancaire polonais PLS a récemment testé un système d'identification biométrique sur des distributeurs biométriques. L'idée ? Coupler code secret « classique » et reconnaissance des vaisseaux sanguins sur le doigt, pour éviter des retraits non autorisés vol par exemple.

III. Conclusion:

En résumé, l'exigence accrue pour des systèmes d'authentification fiables et commodes, la disponibilité des ressources informatiques peu coûteuses, le développement des capteurs biométriques bon marché, et les avancements dans le traitement du signal, ont contribué au déploiement rapide des systèmes biométriques dans les établissements s'étendant des épiceries aux aéroports.

L'apparition des systèmes multi-biométriques a nettement amélioré la performance des systèmes d'identification. C'est seulement une question de temps avant que la biométrie puisse s'intégrer dans le tissu même de la société et s'imposer dans notre vie quotidienne.

Par ailleurs, la biométrie n'est pas une science exacte : elle reste dépendante de la qualité des captures, du traitement de celles-ci, et donne des réponses en termes de « pourcentage de similitude ». Il faut donc tenir compte d'un facteur risque. En d'autres termes,

la reconnaissance dans la plupart des systèmes biométriques n'est pas fiable à 100% comme c'était le cas pour les systèmes de reconnaissance classiques (Badge, carte à puce, mot de passe...), mais présentent bien des avantages qui leur donnent un intérêt d'une grande importance dans la sécurité des infrastructures et des systèmes informatiques.

Bien qu'actuellement elle demeure moins utilisée que les autres techniques à cause de son caractère invasif et de son coût relativement élevé, la reconnaissance par images rétinienne se distingue par une précision relativement importante et donne un résultat assez fiable. C'est pour cette raison que nous avons choisi d'étudier cette technique dans ce mémoire, et de détailler les différentes étapes depuis l'acquisition et le prétraitement des images, jusqu'à l'extraction des caractéristiques et la comparaison des signatures biométriques.

La technologie est en évolution continue et très rapide en ce qui concerne les instruments d'acquisition. Il est très probable que dans un proche avenir, d'autres techniques d'acquisition des images rétinienne de caractère moins invasif verront le jour et permettront à cette méthode de gagner plus d'ampleur dans le marché de la biométrie.

Chapitre 3:

Méthode et Résultats

I. Introduction :

Pour générer une signature biométrique d'un individu, il faudrait extraire des informations anatomiques depuis l'image de la rétine. Cela veut dire que la plate forme du système devra d'abord être capable d'acquies l'image rétinienne de cet individu.

Une fois ces images acquises, il est parfois nécessaire de passer par une étape de prétraitement afin d'améliorer la qualité de celle-ci avant de procéder à l'analyse. Différentes méthodes peuvent être utilisées dans le but de préparer les images pour les algorithmes automatiques d'extraction des caractéristiques de la rétine.

Nous allons d'abord citer quelques travaux de la littérature dans ce domaine. Ensuite, nous entamerons la description de cette phase préliminaire d'un système biométrique rétinale.

II. La rétine est une caractéristique biométrique:

La rétine est la couche sensorielle de l'œil qui permet la vision. Cette zone est parcourue par des vaisseaux sanguins qui émergent au niveau de la papille optique où l'on distingue l'artère et la veine centrale qui se divisent elle-même en artères et veines de diamètre plus faible pour vasculariser les cellules qui permettent la vision.

Ce sont Carelton S. et al. qui eurent l'idée en 1936 d'utiliser la rétine à des fins d'identification après avoir vu une photographie des vaisseaux sanguins d'une rétine (Carelton S. et al, 1936). Ils établirent que ces vaisseaux sont uniques pour chaque personne. Dans une étude sur les jumeaux identiques, Dr Tawer P. confirma cette unicité vingt ans plus tard (Tawer. P, 1960). Dr J. Mattherw et Greg H. deux experts mondiaux de la médecine et de la technologie optique déposèrent en 2002 un brevet concernant cette technologie (Mattherw. F, 2001). Ils ont examiné comment ils pourraient faire une telle technologie accessible et facile à utiliser. Ils ont développé le premier prototype de leur appareil photo optique qui peut scanner la rétine et en obtenir une image lisible. L'utilisation de la rétine comme moyen biométrique est donc assez ancienne.

La rétine est une caractéristique biométrique. En effet, la grande variété de configurations des vaisseaux sanguins présente la même diversité que les empreintes digitales. L'aspect des vaisseaux peut être modifié par l'âge ou la maladie, mais la position respective des vaisseaux et plus particulièrement la position de l'intersection vasculaire et l'angle que fait chaque segment de vaisseau reste inchangée durant

toute la vie de l'individu. Et cette carte vasculaire est propre à chaque individu, différente même entre jumeaux (Max C., 2002).

La rétine vérifie donc les quatre conditions pour être qualifiée de biométrique. Elle est unique d'après les observations des ophtalmologistes, elle est universelle puisqu'elle existe chez toute personne, elle est accessible puisqu'on peut acquérir son image grâce à un scanner externe et elle est permanente puisque le réseau vasculaire ne change pas durant toute la vie. [19]

III. Etat de l'Art:

C'est probablement, à cause de son coup relativement élevé et de son caractère invasif que la biométrie par la rétine n'a pas bénéficié d'un grand intérêt de la part des chercheurs et nous n'avons pas rencontré beaucoup de travaux sur la biométrie par la rétine. Par contre nous avons rencontré des travaux portant sur la rétine mais dans un but médical pour identifier et localiser des pathologies.

En 2000: Thitiporn C. et al. ont proposé une méthode composée de 4 étapes: Un filtrage adaptatif, un seuillage local, un étiquetage et une détection de l'intersection vasculaire pour l'extraction automatique des points de bifurcation

Dans leurs travaux portant sur la localisation des vaisseaux sanguins des images de la rétine, Adam H. et al. ont proposé une nouvelle méthode de segmentation des vaisseaux sanguins (Adam H. et al. 2000). Ils ont appliqué un seuillage local en se basant sur les caractéristiques des vaisseaux.. Pour la détection d'un point de bifurcation, l'arbre vasculaire est détecté par squelettisation. Ils ont utilisé ensuite, le principe qu'un point de bifurcation admet plus de 3 voisins sur un voisinage 3x3. Enfin ils ont appliqué une transformation de voisinage sur une fenêtre de taille 11x11 dans le but d'éliminer les points dus à l'intersection des petits vaisseaux, et la sélection des points qui admettent plus de 2 voisins.

En 2001: Dans le cadre de son travail de doctorat, F. Laliberté s'est posée le problème du recalage d'images de la rétine dans le but de suivre l'évolution de la maladie ou d'évaluer l'efficacité d'un traitement antérieur au laser. Pour cela elle a été amenée à localiser les points de bifurcation pour les utiliser dans le recalage. Après une phase de filtrage, l'image subit les opérations morphologiques connues sous le nom de « chapeau haut de forme » et d'amincissement pour obtenir le réseau vasculaire.

Leandro J. G. et al. Pour la détection de l'arbre vasculaire, ont proposé une approche intéressante combinant l'utilisation de la transformation en ondelettes (TO), du Laplacien et de la segmentation par croissance de région pour obtenir une image binaire montrant le réseau vasculaire. L'image subit dans un premier temps la transformée en ondelettes continue par l'ondelette de Morlet choisie dans 19 directions de 0° à 180° . L'application d'un Laplacien sur une image sélectionnée permet la détection de contour. Finalement, l'application de la méthode de croissance de région semi-interactive permet de sélectionner l'arbre vasculaire .[19]

En résumé, différentes approches sont proposées par les chercheurs pour détecter l'arbre vasculaire dans un but d'application médicale.

IV. Description de base de données:

Les bases d'images sont une ressource essentielle dans le développement des algorithmes d'analyse d'images rétiniennes, ils aident considérablement les chercheurs d'évaluer et de comparer les méthodes développées par rapport aux travaux reportés dans l'état de l'art. Elles conduisent à la mise au point de meilleurs algorithmes. Dans cette section, nous présentons les différentes bases de données utilisées dans notre travail [17].

Dans notre travail, nous utilisons la base d'images DRIVE, comprend 40 images couleur du fond d'oeil, dont 7 présentent des pathologies. Les images sont acquises avec un rétinographe non mydriatique (Canon RC5) avec un champ de vision de 45 degré (FOV). Elles sont enregistrées au format JPEG, avec une taille de 768 *584 pixels. La base d'image est divisée en deux ensembles (20 images pour l'apprentissage et le reste pour le test). La segmentation manuelle du réseau vasculaire est effectuée par deux ophtalmologues expérimentés.[18]

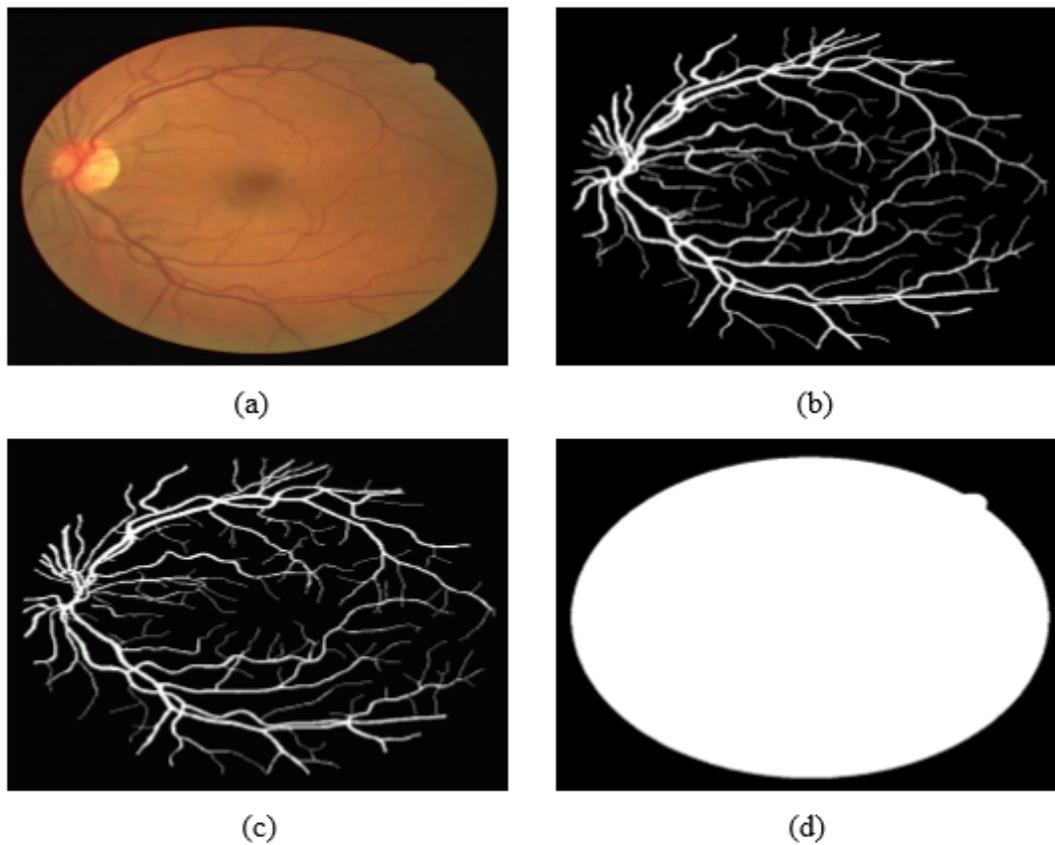


Figure 3.1: Exemples d'images de la base de données DRIVE; (a):image originale; (b): segmentation manuelle du réseau vasculaire par le premier ophtalmologue; (c): segmentation manuelle du réseau vasculaire par le deuxième ophtalmologue; (d): masque de l'image originale. [18]

V. Méthode proposée

L'information biométrique se trouve dans les vaisseaux sanguins de la rétine. Ces vaisseaux sont définis comme des régions lumineuses, linéaires, régulières, connectées entre elles et ayant une certaine courbure. Avant l'extraction des caractéristiques biométriques, il est nécessaire d'identifier le réseau vasculaire et de l'isoler par rapport au fond. La méthode proposée opère donc en 2 étapes. La première a pour objectif de détecter l'arbre vasculaire pour faciliter l'étape suivante qui concerne la localisation des points caractéristiques et de leurs attributs.

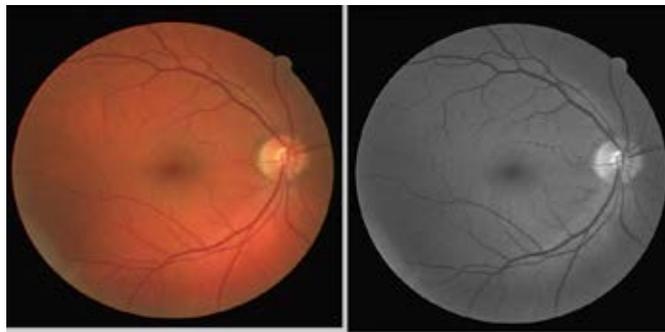
1. Détection de réseau vasculaire :

Pour segmenter le réseau rétinien, nous proposons une approche basée sur la morphologie mathématique qui a une capacité de segmenter les gros et les petits vaisseaux dans les images couleur

1.1. Prétraitement :

1.1.1. Augmentation de contraste :

Dans cette partie, nous effectuons l'extraction du canal vert sur l'image RGB en premier lieu pour l'extraction des vaisseaux sanguins, car les images rétiniennes sont de couleur rouge et la composante rouge ne donne pas de détails sur les caractéristiques rétiniennes et les vaisseaux clairs apparaissent très flous. Le canal vert donne le meilleur résultat au niveau du contraste des vaisseaux sanguins par rapport aux autres canaux (rouge et bleu) de l'image couleur RGB.



(a) (b)

Figure 3.2:(a):image couleur; (b): le canal vert

➤ Filtrage :

- Application d'un filtre morphologique (ouverture morphologique) pour n'enlever que les structures claires qui sont considérées comme du bruit, puisque l'on s'intéresse aux vaisseaux apparaissant comme des structures sombres.
- Ensuite, nous appliquons le filtre de Gauss de petite taille qui sert à gérer mieux les cas où les vaisseaux apparaissent plus sombres que le fond.
- On a appliqué le filtre décrit précédemment, avec une fenêtre de 5×5 et $\sigma = 1.45$. On remarque que ce le filtre donne un meilleur lissage et une meilleure réduction de bruit

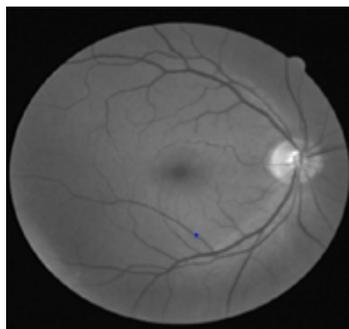


Figure 3.3: Résultat de l'ouverture morphologique suivi d'un filtre de Gauss

➤ **Egalisation d’histogramme :**

Nous avons appliqué l’Egalisation adaptative d’histogramme sur le canal vert de l’image rétinienne référence car elle présente une faible luminosité.

Par la suite, nous faisons appel à une fonction d’amélioration de contraste (imadjust) pour augmenter le contraste et renforcer le contraste des petits vaisseaux.



Figure 3.4: image égalisé

1.2. Extraction du réseau vasculaire :

Une fois l’image est améliorée, on se focalise a mettre en évidence le réseau vasculaire. Cette tâche est réalisée par une application de l’opérateur morphologique dénommée : Le chapeau haut de forme

- a. Le chapeau haut de forme blanc: Il est obtenu en prenant la différence entre l’image source et l’ouverture.
- b. Le chapeau haut de forme noir : permet d’extraire les vallées ou les structures sombres de l’image, il est calculé par la différence entre la fermeture et l’image.



Figure 3.5 : Le chapeau haut de forme noir de l’image améliorée.

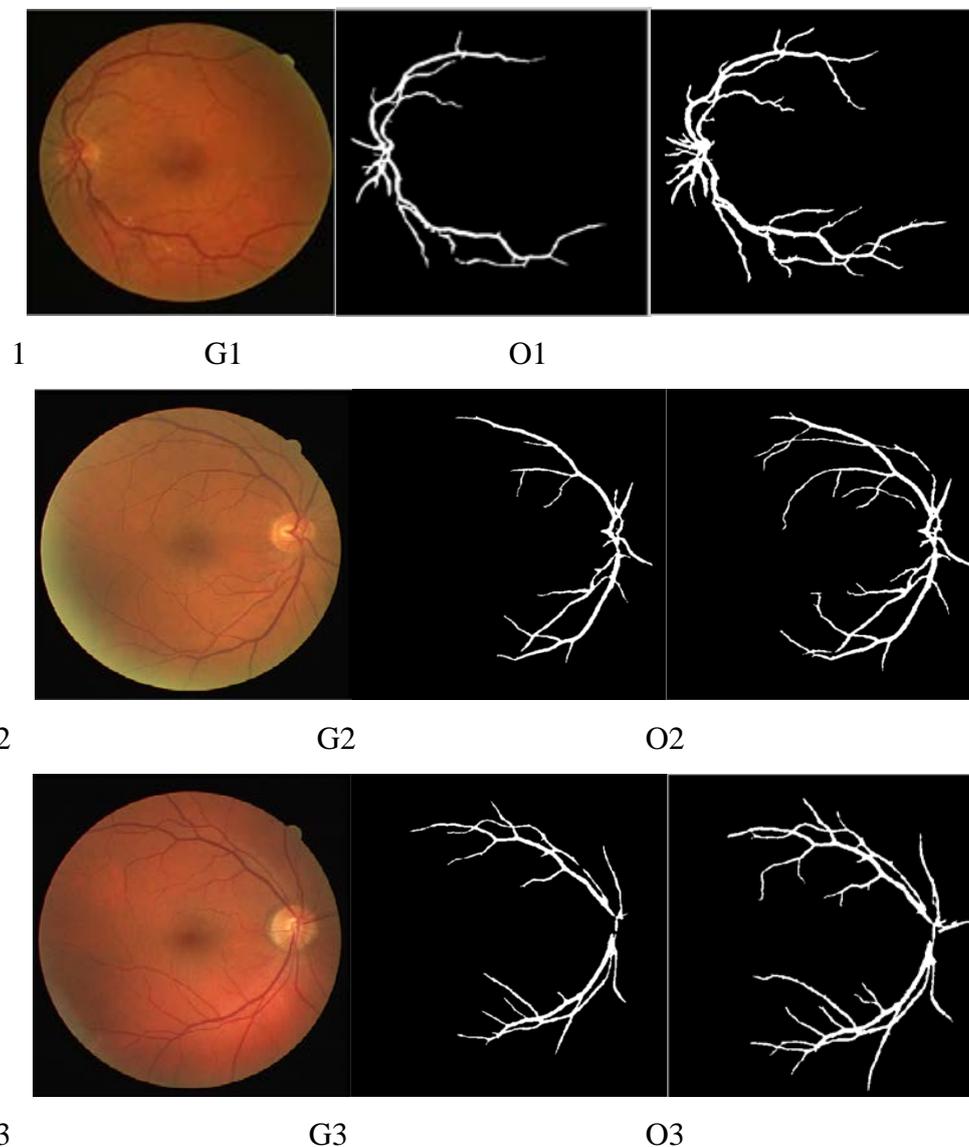
1.3. Segmentation :

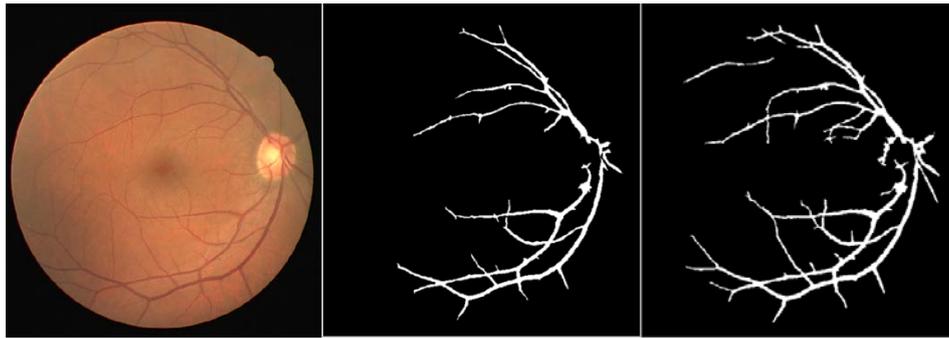
Pour cette opération, nous avons utilisé la méthode de segmentation par seuillage: manuel(global) et automatique(Otsu) qui nous permet de segmenter l'image en deux classes. Puis nous avons comparé les deux méthodes et nous avons choisi celle qui donne les meilleurs résultats.

1.3.1. Seuillage global : Cette méthode consiste à choisir pour chaque image un seuil à partir de son histogramme.

On remarque que le réseau est bien extrait. Mais le choix manuel de seuil influence sur les résultats et il faut toujours chercher le nouveau seuil à chaque fois qu'on change l'image.

1.3.2. Méthode d'Otsu : L'intérêt de cette méthode est que le choix du seuil est calculé automatiquement à partir de l'histogramme.





4

G4

O4

Figure 3.6 : Résultats de segmentation du réseau vasculaire; (1,2,3,4): images rétiniennes originales; (G1,G2,G3,G4): réseaux vasculaires segmentés par seuillage manuel (global) ;(O1,O2,O3,O4): réseaux vasculaires segmentés par la méthode d'Otsu

Interprétation :

On remarque que le réseau est bien extrait par seuillage manuel. Mais le choix de seuil influence sur les résultats et il faut toujours chercher le nouveau seuil à chaque fois qu'on change l'image.

Pour le seuillage d'Otsu on observe que les réseaux sont extraites parfaitement et les objets sont bien limité. Donc on constate que cette méthode donne une bonne segmentation sans problème de choix de seuil.

Les deux méthodes (seuillage manuel et Otsu) se caractérisent par la facilité de la mise en œuvre et l'efficacité en temps réel.

1.3.3. Comparaison:

On a calculé juste le contraste, la corrélation, l'énergie et l'homogénéité en changeant les méthodes de segmentation pour choisir celle qui donne de bons résultats. Les résultats des attributs sont affichés dans les tableaux suivants.

Méthode	Méthode de seuillage global				Méthode d'Otsu			
	image	contraste	corrélation	énergie	homogénéité	contraste	corrélation	énergie
1	0.0165	0.7535	0.9169	0.9918	0.0267	0.7507	0.8671	0.9867
2	0.0162	0.7435	0.9211	0.9919	0.0254	0.7189	0.8850	0.9873
3	0.0244	0.6941	0.8964	0.9878	0.0351	0.713	0.8449	0.9824
4	0.0193	0.7004	0.9167	0.9904	0.0257	0.7315	0.8795	0.9872

Tableau 3.1: les caractéristiques de la texture pour les 4 images segmentées par les deux méthodes

Quand on compare les valeurs de constate entre les 2 méthodes utilisées, on observe que la méthode d'Otsu a des valeurs de contraste élevé par rapport à celle de seuillage ce qui confirme que la méthode d'Otsu donne une bonne segmentation. Donc la méthode d'Otsu est la méthode qui nous a donné des meilleurs résultats à cause de choix de seuil automatique c'est pour cela elle est fiable pour l'analyse des textures des images.

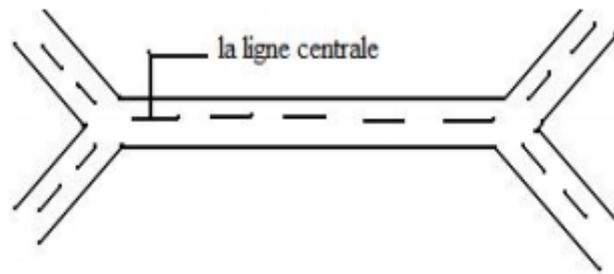
Énergie et homogénéité sont avec le même comportement, où la valeur de ces caractéristiques avec la méthode d'Otsu est supérieure à celle avec l'autre méthode.

La corrélation n'est corrélée ni à l'énergie, ni à l'homogénéité.

2. Détection de la signature biométrique

2.1. La squelettisation :

Le réseau vasculaire extrait par une simple opération de seuillage, ne peut pas être directement utilisé pour détecter les points de bifurcation d'une manière précise. Pour résoudre ce problème, nous allons extraire l'axe médian du réseau rétinien par squelettisation. La squelettisation est très utilisée dans le domaine de la reconnaissance et d'analyse de forme. L'idée est de représenter le réseau vasculaire par des lignes d'épaisseurs unitaire qui garde la forme de l'ensemble original. La meilleure façon est d'extraire la ligne centrale du vaisseau. [20]



Le résultat de la squelettisation est montré dans la fig3.7 :



(a)

(b)

Figure 3.7 : La squelettisation. (a) : l'image segmentée par seuillage d'Otsu ; (b) : Le squelette

2.2. Localisation des points de bifurcation:

Un point de bifurcation n'est le point où se divise un vaisseau rétinien en deux autres petits vaisseaux. Ces points d'intersection vasculaire admettent trois formes possibles (figure 3.8) : forme en Y, forme en X et forme en T. Seules les formes en Y et en T constituent des points de bifurcation.

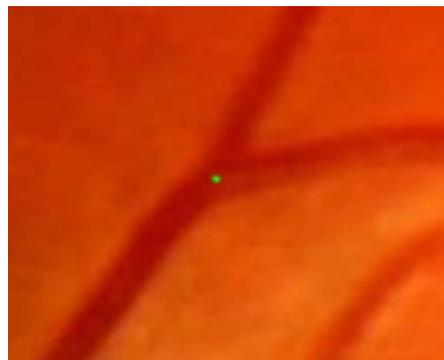


Figure 3.8 : Exemples d'un point de bifurcation. [16]

Pour la localisation des points de bifurcation, il suffit d'appliquer la transformation morphologique connue sous le nom « transformation de voisinage » définie par :

$$1 \text{ si } V_x(X) \in V$$

$$X \otimes V(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{si } V_x(X) \in V \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec V une famille composée de 18 configurations de voisinage. [19]

Nous appliquons cette transformation sur le squelette de l'arbre vasculaire issu de l'étape précédente, et nous obtenons comme sortie une image binaire contenant uniquement des points de bifurcation et de croisement comme montré dans la Figure 3.9 :

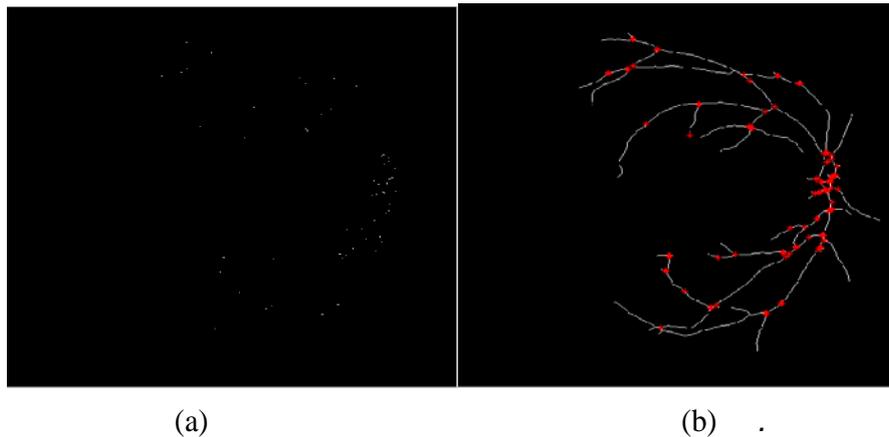


Figure 3.9 : Exemples d'extraction des points de bifurcation, (a) : nuage des points caractéristiques correspondants, (b) : Résultat de l'extraction des caractéristiques (points rouges) superposée sur le squelette.

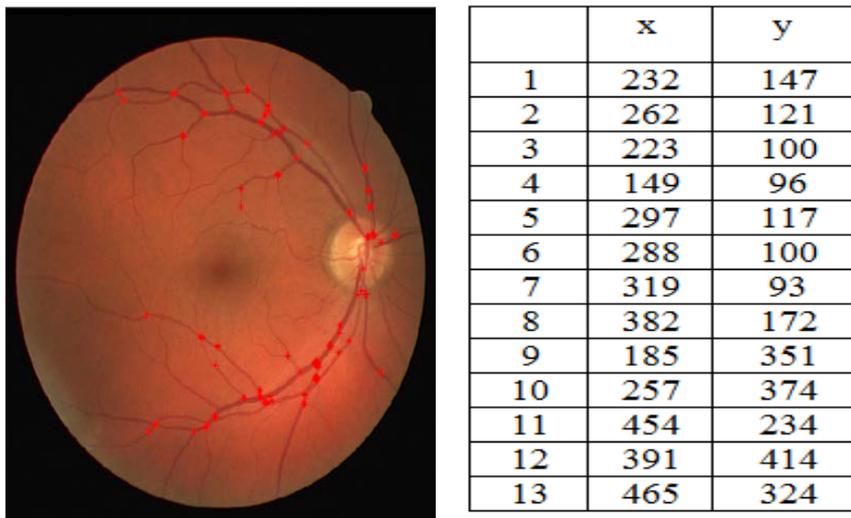
Les coordonnées cartésiennes (x,y) de projection sur les axes du plan de l'image sont utilisées pour établir la signature biométrique. Pour obtenir un nombre suffisant de points de bifurcation et de croisement, il faut extraire l'arbre vasculaire avec la meilleure précision possible. On remarque dans la Figure 3.9(b), que la plupart des points de bifurcation ont été détectés dans les deux images, mis à part quelques points qui ont été ratés par l'algorithme à cause de la qualité médiocre du squelette dans quelques régions (surtout à la fin des petits vaisseaux).

2.3. Signature biométrique:

Une fois les caractéristiques extraites, il ne nous reste plus qu'à générer la signature biométrique.

Dans notre système biométrique, la signature va contenir les coordonnées cartésiennes (x, y) dans le repère de l'image des points de bifurcations et de croisements extraits précédemment.

La signature biométrique, que nous utiliserons pour l'identification dans le chapitre suivant, n'est autre que le vecteur des coordonnées (x, y) de chaque point de bifurcation détecté dans l'image. La taille du vecteur correspond au nombre de points de bifurcations. Les coordonnées cartésiennes (x, y) des points caractéristiques sont des projections dans le repère de l'image.



(a) (b)

Figure 3.10 : Exemple d'une signature biométrique. (a) : Résultat de l'extraction des caractéristiques (points rouges) superposés sur l'image, (b) : Echantillon de la matrice de la signature biométrique.

3. Les points de référence:

Pour comparer les modèles de deux images rétiniennes à base des points caractéristiques obtenus, il faudrait, tout d'abord, aligner ces modèles. Cet alignement est appelé recalage des images.

3.1. Segmentation du disque optique (Papille):

3.1.1. Extraction de la région d'intérêt:

Nous avons vu, dans la section à anatomie de la rétine à (chapitre 1), que certaines régions de la rétine ne sont pas stables tout au long de la vie. IL est donc important de comparer la signature biométrique à partir d'une région stable et qui ne risque pas d'être altérée ni par l'âge ni à la suite d'une maladie.

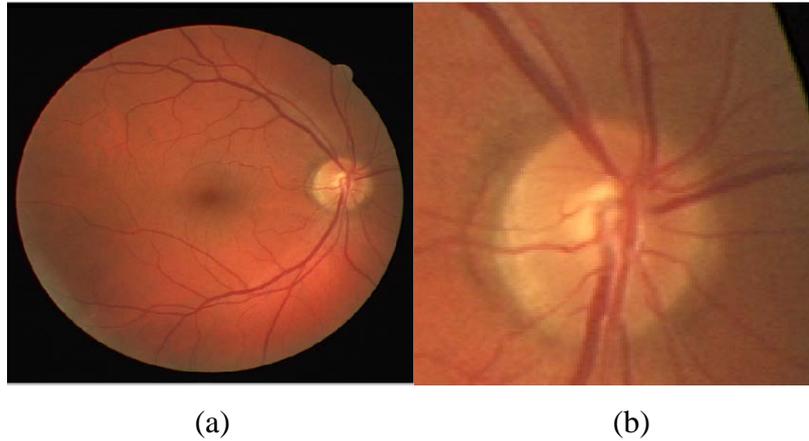


Figure 3.11: extraction de la region d'intéret, (a): image originale, (b):la region d'interet

3.1.2. La détection des contours de la papille:

Les contours de la papille apparaissent sous le meilleur contraste dans le canal rouge de l'image couleur, comme il est illustré dans la Figure IV.15 (a) montrant le canal rouge où les contours sont bien visibles et peu perturbés par les vaisseaux sortants, surtout parce que les vaisseaux apparaissent sous un faible contraste dans le rouge. Il est donc avantageux de travailler sur le canal rouge pour trouver les contours de la papille.

Afin d'augmenter le contraste d'une bien meilleur façon uneegalisation adaptative d'histogramme est effectuée.

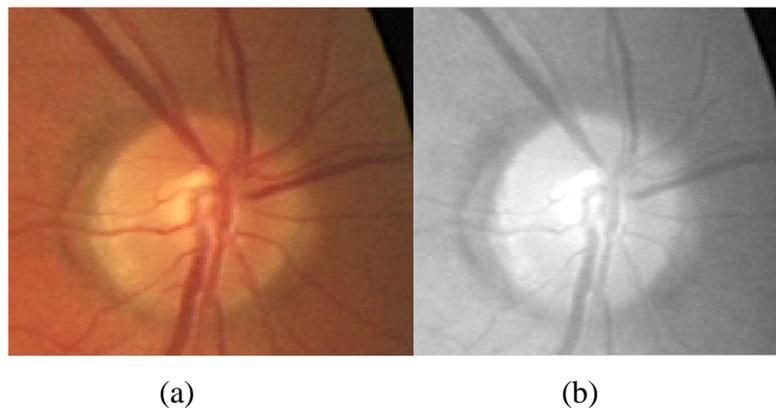


Figure 3.12:détection des contours de la papille, (a): image originale, (b): canal rouge améliorée

3.1.3. Homogénéisation de la région papillaire:

Nous utilisons l'opération de la fermeture morphologique avec un élément structurant de taille plus grande que le réseau rétinien, afin d'homogénéiser la région papillaire puisqu'elle est généralement fragmentée en de multiples sous régions par des vaisseaux sanguins. La figure 3.13(b) montre le résultat d'application de la

fermeture morphologique sur l'image de canal rouge.

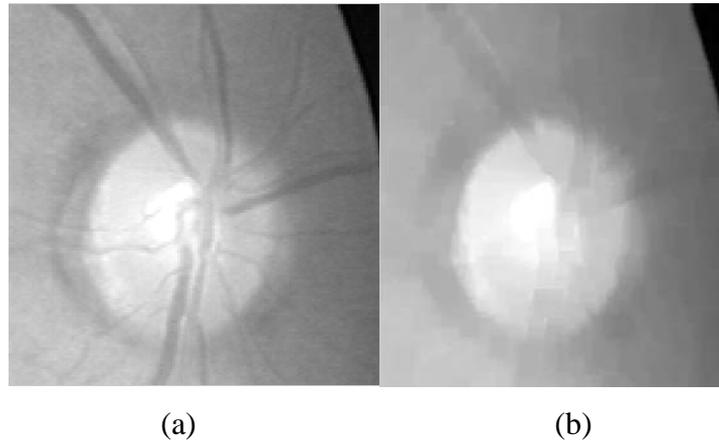


Figure 3.13: Homogénéisation de la région papillaire, (a): canal rouge, (b):résultat de la fermeture morphologique.

3.1.4. Extraction de la région papillaire:

Encore une fois, nous allons utiliser la méthode de segmentation par seuillage manuel pour isoler le DO du fond puisqu'il appartient aux régions claires de l'image.

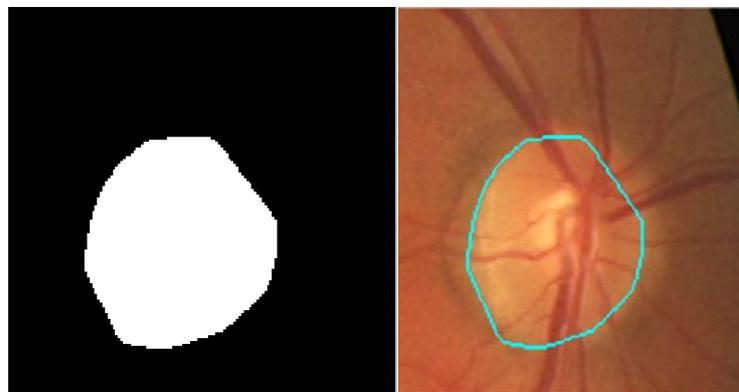


Figure 3.14: resultat de seuillage de l'image, (a):l'image resultante de seuillage, (b):superposition sur l'image

3.1.5. Discussion:

D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que l'algorithme a donné de bons résultats dans le cas des images avec un bon contraste. Par contre, dans les images avec un mauvais contraste ou les images ayant un DO flou l'algorithme a détecté seulement une partie du DO à cause du mauvais éclairage

IL faut faire un choix correct du seuil fixé manuellement et ensuite appliquer l'ouverture morphologique pour lisser les contours.

3.2. Détection de la macula:

3.2.1. Prétraitement:

Les caractéristiques du macula sont les mêmes que ceux des arbres vasculaires de la rétine. Ils ont un faible contraste. L'opération de l'égalisation adaptative d'histogramme est utilisée pour augmenter le contraste de l'image. Après on va appliquer la fermeture sur l'image améliorée pour supprimer les réseaux vasculaires et des petites lésions clairs dans la région maculaire.

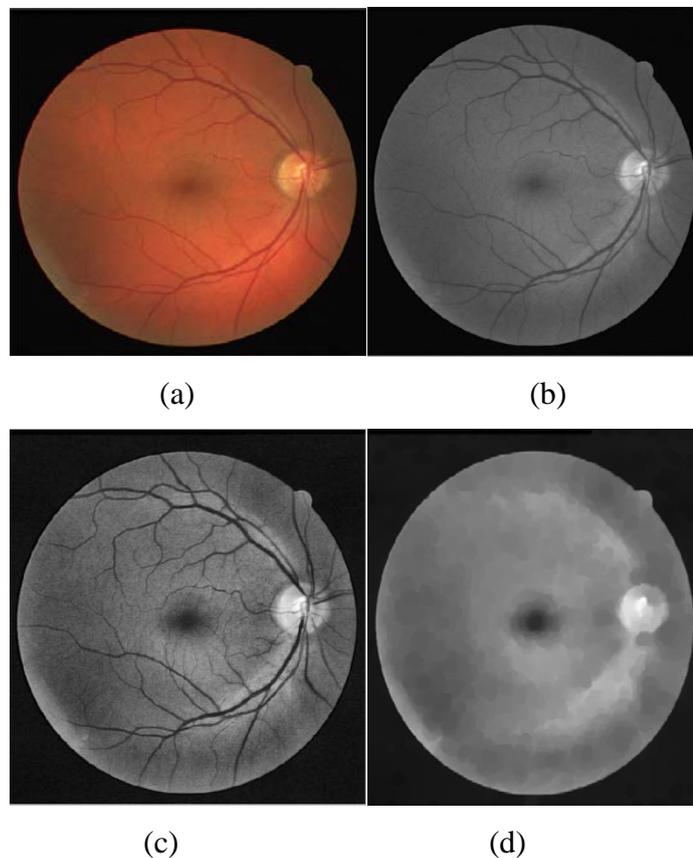


Figure 3.16: Prétraitement, (a): image originale, (b): canal vert, (c): resultat d'egalisation, (d): resultat de la fermeture sur l'image égalisée.

3.2.2. Extraction de la macula:

L'image résultante va passer par la segmentation par seuillage manuel pour détecter la macula, comme on va voir dans l'image de la figure ci-dessous:

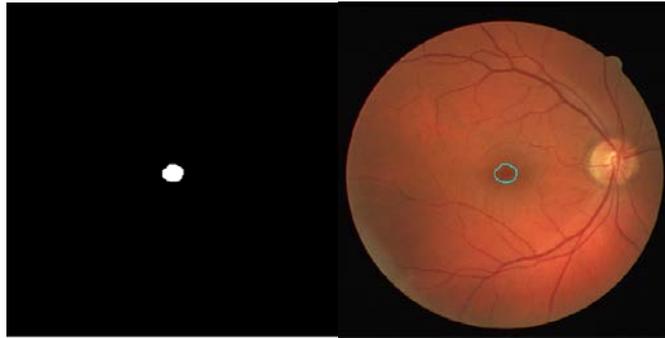


Figure 3.17: L'extraction du macula, (a):Résultat du seuillage, (b): superposition sur l'image.

3.2.3. Discussion:

L'algorithme proposé a donné de meilleurs résultats dans la plupart des cas en particulier dans les images saines. Le choix manuel du seuil reste toujours la seule difficulté qu'on a trouvée.

VI. Interface graphique:

Pour faciliter à l'utilisateur l'accès à tout ce qu'on a fait comme traitement des images et segmentation, une interface graphique sous Matlab a été réalisée.

L'interface graphique créée se présente comme suit:

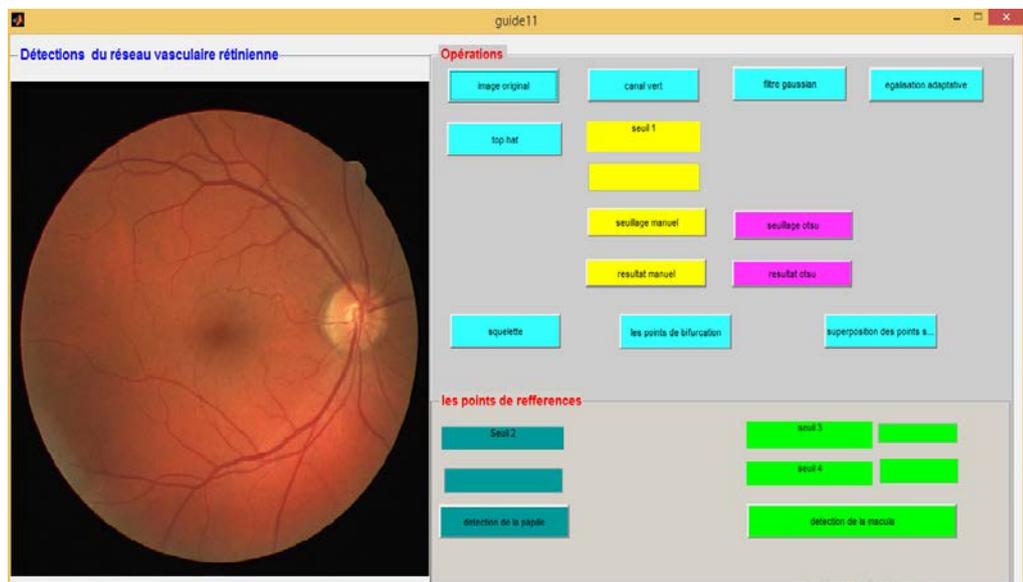


Figure 3.18: L'interface graphique

VII. Conclusion:

Nous avons présenté dans ce chapitre les différents algorithmes utilisés pour l'extraction des éléments principaux de la rétine. Deux méthodes de segmentation par seuillage (manuel et d'Otsu) ont été utilisées pour l'extraction du squelette du réseau vasculaire. Ensuite, nous avons appliqué une transformation de voisinage sur ce squelette pour la détection des points de bifurcation. Nous avons aussi présenté les méthodes morphologiques d'extraction des centres de la papille et de la macula.

Conclusion générale

Conclusion:

Dans ce mémoire, nous avons présenté le résultat de la première étape d'un projet portant sur l'élaboration d'une méthode biométrique basée sur la rétine. Cette étape inclut le traitement et la segmentation du réseau vasculaire en vue de l'extraction des caractéristiques biométriques qui sont composées des points de bifurcations. Pour la segmentation de réseau vasculaire, nous avons utilisé la segmentation par seuillage par deux méthodes (manuel et Otsu), après une comparaison entre les deux, l'arbre vasculaire obtenu par celle d'Otsu a été suivie par un filtrage morphologique et par une opération de squelettisation. L'application d'une transformation de voisinage avec une famille de 18 configurations de voisinage a permis de localiser les points de bifurcation. Chacun de ces points a fourni un vecteur attribut composé de ses coordonnées.

Perspectives:

Nous pouvons essayer d'autres méthodes de segmentation pour la détection des éléments principaux de la rétine.

Nous pouvons aussi développer le programme proposé dans ce mémoire dans le but de résoudre le problème de recalage et de comparaison entre deux signatures biométriques rétiniennes. Une des difficultés réside dans la constitution d'une base d'images de rétines pour pouvoir effectuer l'apprentissage de la méthode et le test.

Finalement, nous pouvons ajouter une phase de classification et tester notre programme sur d'autres bases de données.

Références bibliographiques :

- [1] : Dr Laurent Leininger. *Anatomie de l'oeil*. 10/06/2013.
- [2] : <http://www.guide-vue.fr/la-sante-de-vos-yeux/shemas-de-l-%C5%93il>.
- [3] : pro visu *OEil et vision*. 06 mars 2018 : <https://www.provisu.ch/fr/dossiers/oeil-et-vision.html>.
- [4] : Ressources scientifiques. Anatomie de L'oeil (1): http://thebrain.mcgill.ca/flash/capsules/pdf_articles/anatomie_oeil.pdf.
- [5] : https://www.hug-ge.ch/sites/interhug/files/documents/angiographie_retinienne.pdf
- [6] : <https://antony-ophtalmologie.fr/retinographie/>
- [7] : <http://www.chirurgie-refractive.info/oct.php>.
- [8]: Peter Gregory And Michael A. Simon, « *Biometrics For Dummies* », Cisa, Cissp, 2008
- [9]: <http://www.cnil.fr/>
- [10]: Inder T, Clemett R, An Et Al. « High Iron Status In Very Low Birth Weight Infants Is Associated With An Increased Risk Of Retinopathy Of Prematurity ». *J Pediatr* 4(131):541–544, 1997.
- [12]: Anis Chaari. Nouvelle approche d'identification dans les bases de données biométriques basée sur une classification non supervisée. Modélisation et simulation. Université d'Evry-Val d'Essonne, 2009.
- [13]: Anil K. Jain, Stan Z. Li, « *Encyclopedia Of Biometrics* », Springer 2009.
- [14]: Julian Ashbourn, « *Guide To Biometrics For Large-Scale Systems* », Springer 2011.
- [15]: Christian Cabal M, « *Les Méthodes Scientifiques D'identification Des Personnes A Partir De Données Biométriques Et Les Techniques De Mise En Œuvre* ». «, Juin 2001.
- [16]: Hichem Betaouaf, Identification biométrique des individus par analyse des caractéristiques de la rétine thèse 2018.

[17]: Arturo Aquino Martín ; Fundus Digital Image Processing: “Automated Segmentation of the Main Retinal Anatomical Structures”; these de doctorat; Universidad De Huelva; février 2011

[18]: Feroui Amel, ‘analyse des images couleur du fond d’œil pour l’aide au diagnostic en ophtalmologie: application a la detection des pathologies retiniennes, thèse de doctorat 2014.

[19]: Jlassi Hajer, Hamrouni KamelCaractérisation de la rétine en vue de l’élaboration d’une méthode biométrique d’identification de personnes, Ecole Nationale d’Ingénieurs de Tunis Setit2005.

[20]: M. Messadi, Cour interne de « La base en traitement d'image », Master1 option imagerie médicale, université de Tlemcen- faculté de la technologie-département de génie biomédical 20152016.

[21]: <http://www.traitement-signal.com>.

[22]: Bellifa née Barka Wafaa, Utilisation des attributs de texture pour la segmentation par classification pixellaire des images microscopiquesMémoire Master en Informatique, 26 Juin 2014

[23]: A. Bessaid, Cour interne de «Amélioration des images», Master1 option imagerie médicale, université de Tlemcen- faculté de la technologie-département de génie biomédical 2015-2016.

[24]: Aoun Maroua, Madani Habiba, « Opérateur morphologique » .Imagerie médicale, 2014.

[25]: J.Serr, « Cours morpho I.3» Ecole des Mines de paris, 2000.

Les annexes

Annexe A:

Interface graphique:

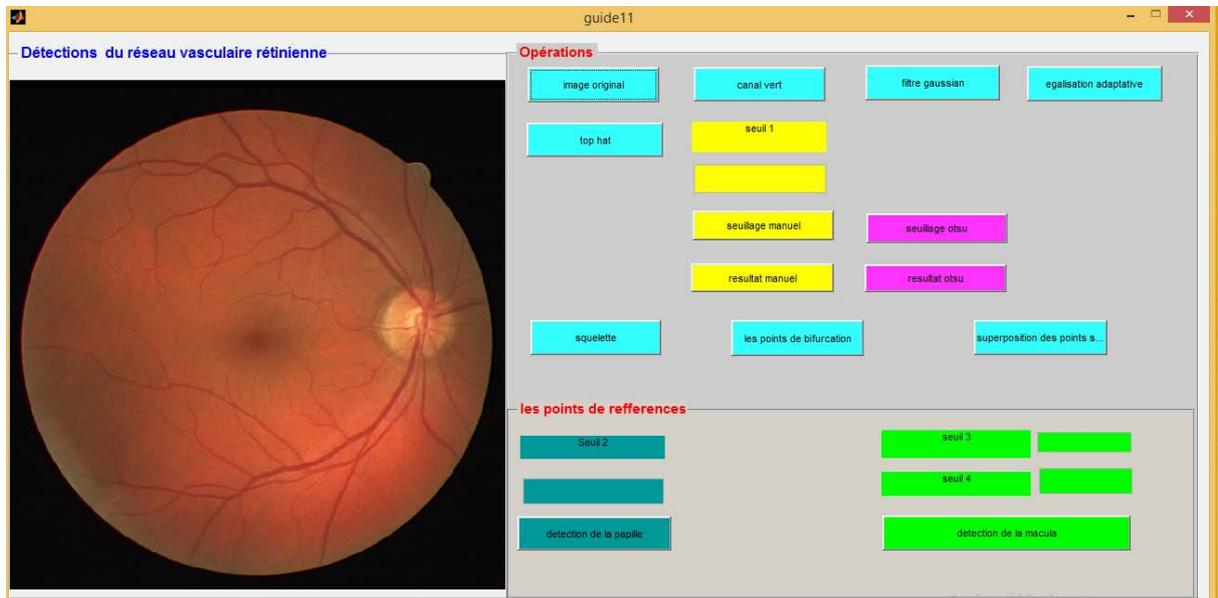


Image originale

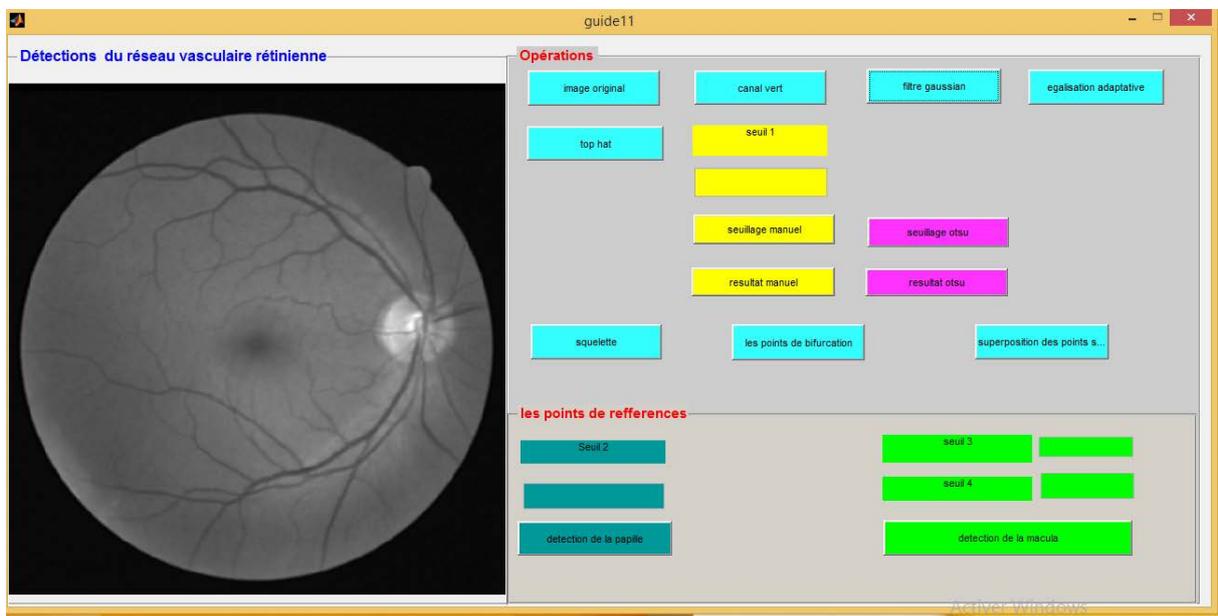
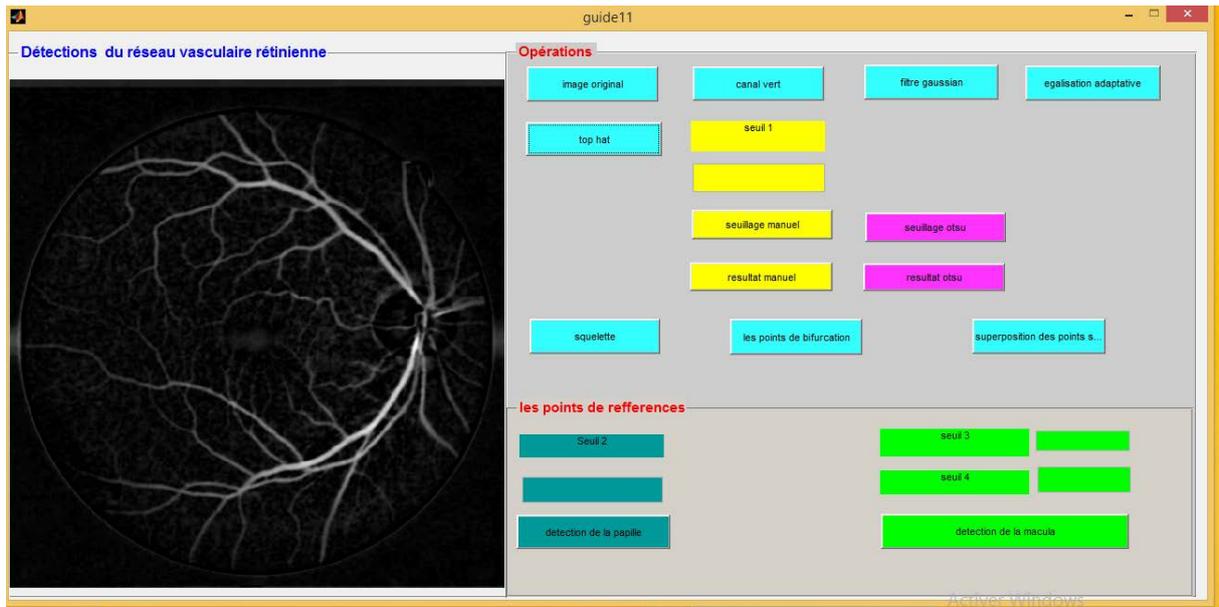
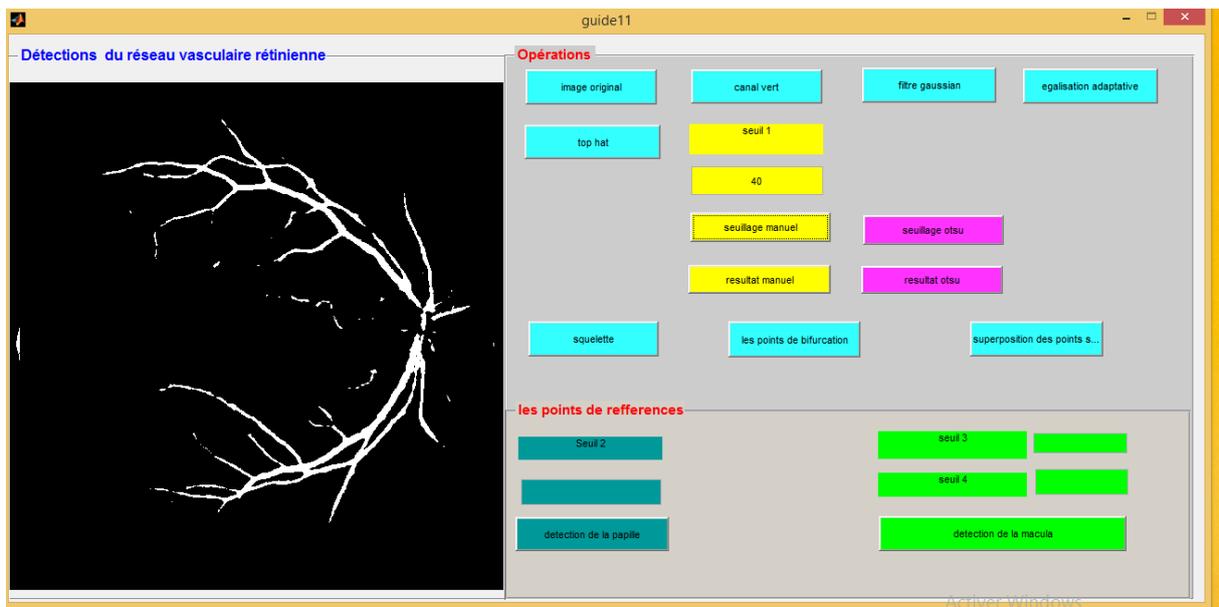


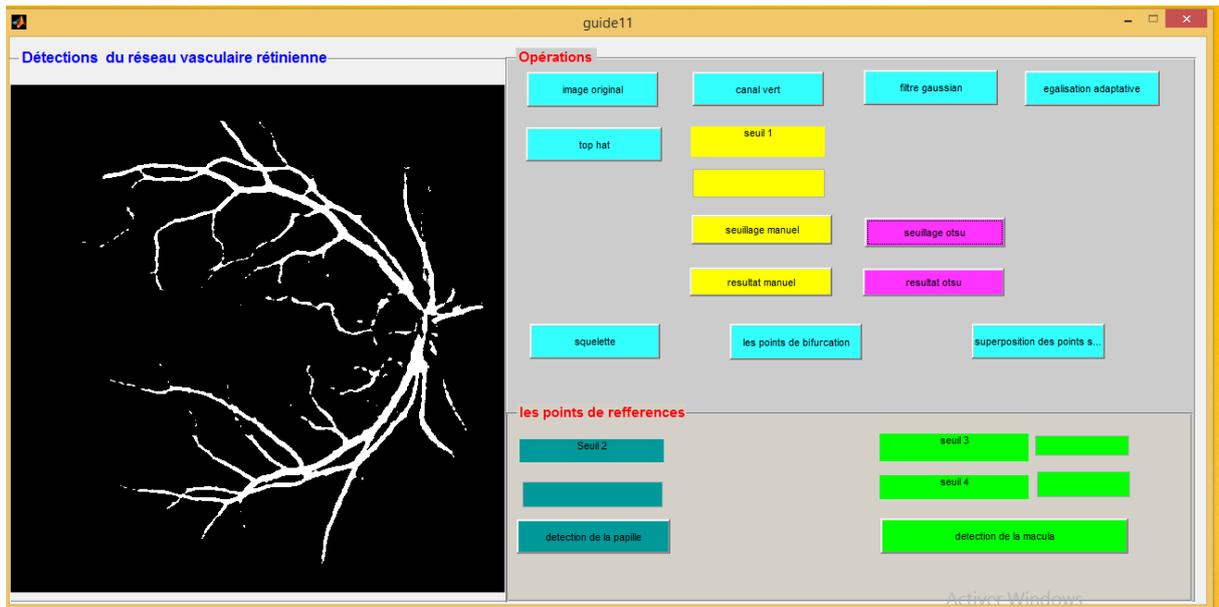
Image Améliorée



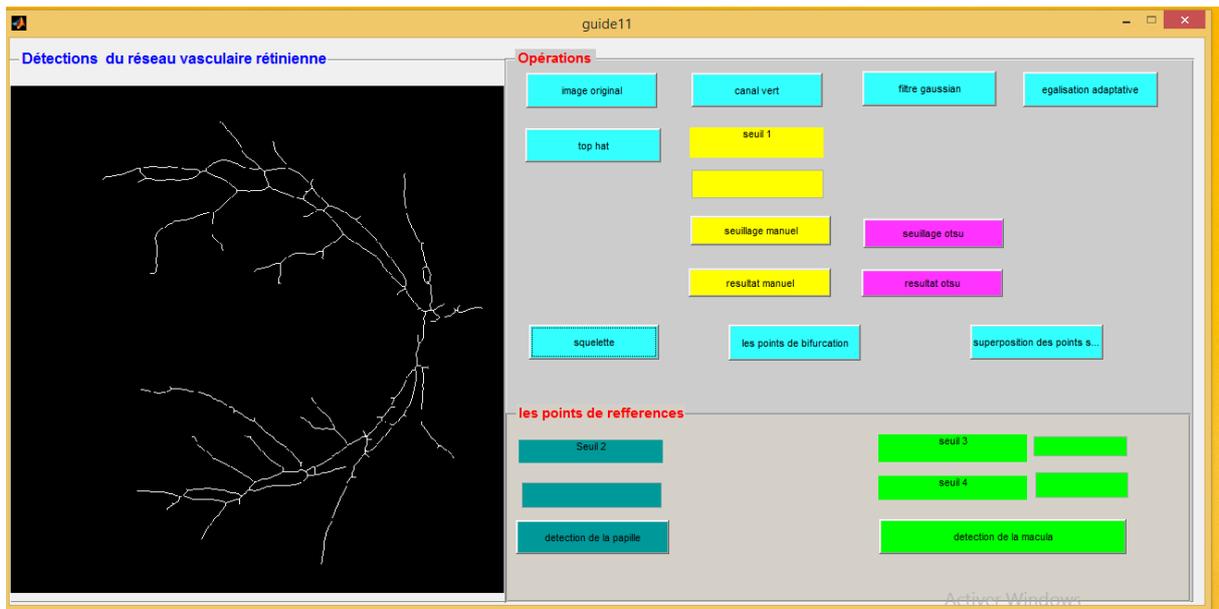
Top hat



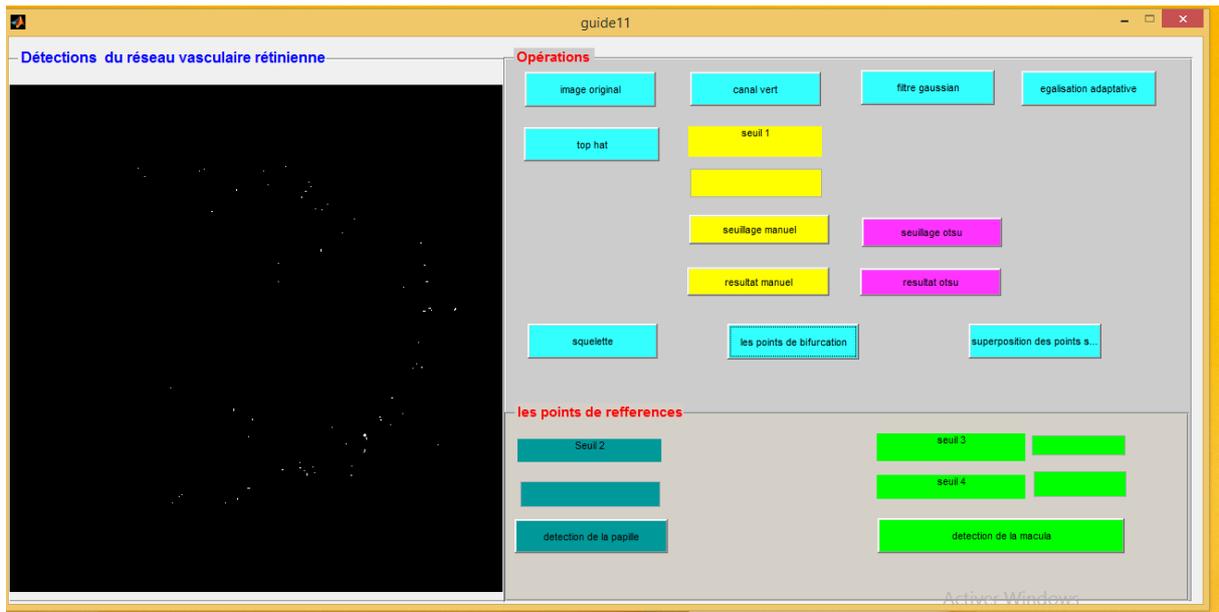
Seuillage manuel



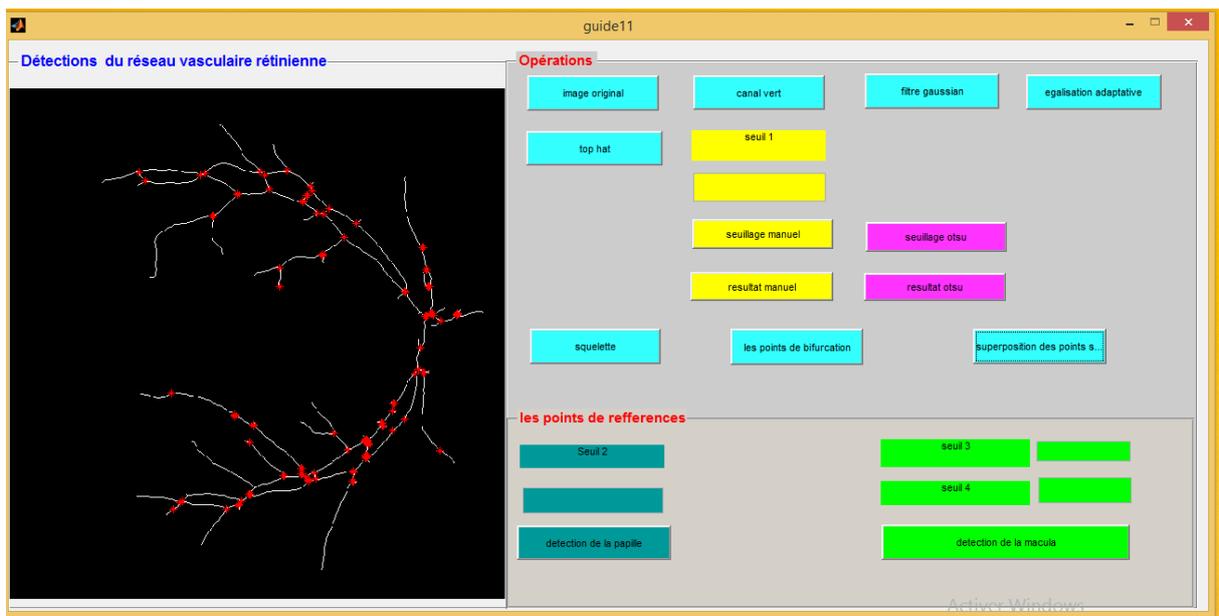
Seuillage d'Otsu



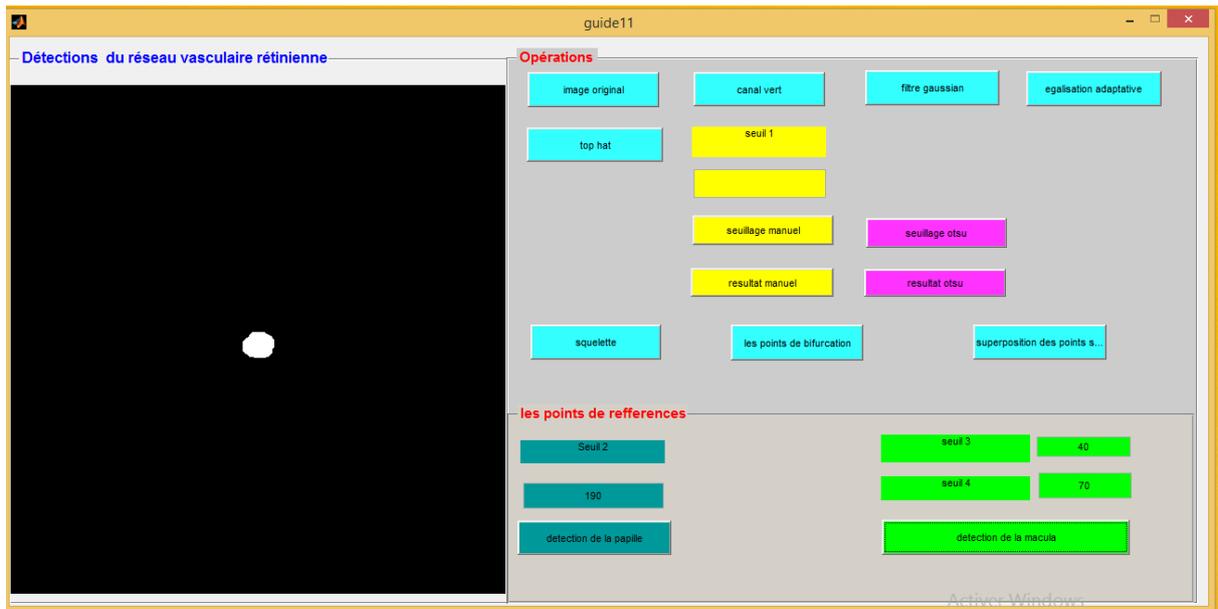
Squelette de reseau vasculaire



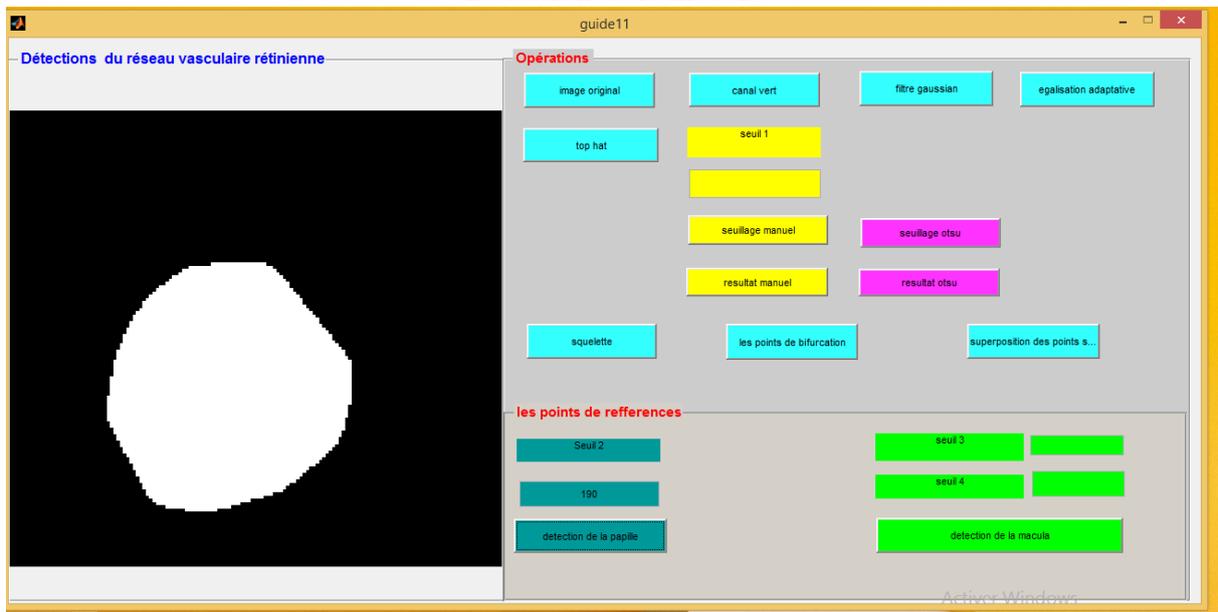
Points de bifurcation



Superposition des points sur le squelette



Detection de la macula



Detection de la papille

Annexe B

Les operateurs de traitement d'image

- Egalisation d'histogramme:

L'égalisation d'histogramme est une méthode d'ajustement du contraste d'une image numérique . Elle consiste à appliquer une transformation sur chaque pixel de l'image, et donc d'obtenir une nouvelle image à partir d'une opération indépendante sur chacun des pixels.

La méthode est rapide, facile d'implémentation, et complètement automatique. [21]

- Egalisation adaptative

Pour tenir compte de toute la répartition spatiale des niveaux de gris dans l'image, on fait appel à une autre technique issue de l'égalisation. L'idée consiste à subdiviser l'image en des régions rectangulaires non-chevauchantes, pour ensuite leur appliquer une égalisation locale d'histogramme .[16]

- Filtrage linéaire :

Filtre gaussien: L'idée est la même que pour le filtre moyen, mais avec une pondération: les poids sont déterminés par les valeurs d'une Gaussienne, ainsi on donne plus d'importance au pixel central et ses voisins proches La largeur du filtre est donnée par son écart-type σ [22].

$$G_{\sigma}(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}} \quad 3$$

- Ouverture

Pour faire une ouverture d'une image, on fait d'abord une érosion avec un élément structurant L , après on dilate le résultat avec le symétrique de L par rapport à son centre [23].

$$\gamma_B(X) = X \circ B = \delta_B \varepsilon_B(X) \quad 9$$

- Fermeture

La fermeture, c'est le contraire de l'ouverture, on applique d'abord une dilatation, puis une érosion avec un élément structurant symétrique. [23]

$$\phi_B(X) = X \bullet B = \varepsilon_B \delta_B(X) \quad 10$$

- Dilatation

La dilatation est une opération morphologique de base. Pour dilaté notre objet, on va centrer l'élément structurant (noyaux) en chaque pixel de l'image [24].

Si l'élément structurant centré sur le pixel P de l'objet on au moins un pixel en commun, alors le centre P est allumé. La dilatation morphologique d'un objet X par l'élément

structurant B est définie par le principe :

$$\delta_B(X) = X \ominus \check{B} \quad 4$$

- Erosion

L'érosion est un second opérateur morphologique de base, pour érodé un objet, on va centrer l'élément structurant (noyaux) sur chaque pixel de l'image. Si l'élément structurant centré sur le pixel P est contenu entièrement dans l'image, alors on allume P (le pixel sera blanc), sinon, on l'éteint (le pixel sera noir). L'érosion morphologique d'un objet X par l'élément structurant B est définie par le principe de dualité:

$$\delta_B(\bar{X}) = \overline{\delta_B(X)} \quad 5$$

- Chapeau d haut de forme

On appelle transformation chapeau haut de forme (ou top hat) le résidu entre l'identité et une ouverture.

$$TH_B^+(f) = f - \delta_B(f) \quad 16$$

Ou bien le résidu entre une fermeture et l'identité (chapeau haut de forme noir):

$$TH_B^-(f) = \phi_B(f) - f \quad 17$$

Le top hat isole les objets qui ne sont pas éliminés par l'ouverture, c'est-à-dire les objets plus grands que l'élément structurant.

Le chapeau haut de forme blanc permet de détecter ce que l'ouverture a fait disparaître, c'est-à-dire les structures claires de l'image originale.

Le chapeau haut de forme noir détecte, quand à lui, les structures sombres de l'image [25].