



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID – EL-TARF  
جامعة الشاذلي بن جديد – الطارف  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE  
قسم الاعلام الآلي



Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de :

MASTER

Intitulé :

# Extraction des caractéristiques des Empreintes digitales

Soutenance : Juillet 2021

Domaine : Mathématiques-Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Systèmes Informatiques Intelligents (SII)

Préparé par : **HADEF Adel**

Devant le jury :

Qualité	Nom & Prénom	Grade	Etablissement
Présidente	Mme Zekri M	MCB	UCBDT
Rapporteuse	Mme Bougarne I	MCB	UCBDT
Examinatrice	Mme Ahmed Malek N	MCB	UCBDT

Année Universitaire : 2020-2021

---

## REMERCIEMENT

En termes de rédaction de notre mémoire de fin d'étude,

Tout d'abord, Nous tenons à remercier à tout instant **ALLAH**, de nous avoir éclairés vers le bon chemin et qui nous donner l'effort pour la continuité et l'arrivée à ce travail et qui nous conduit à la réussite durant notre vie.

Nous remercions, tout particulièrement et du fond du cœur Mme Bougarne pour avoir encadré et pour les conseils qu'elle nous a prodigué durant toute la période de réalisation de ce travail et pour les corrections qu'ils ont supporté. Un grand merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ce mémoire, tant d'un point de vue matériel qu'humain. Nous remercions tous les enseignants qui ont participé pour notre formation. Nous remercions les employés du département de l'informatique précisément le chef de département, ainsi que toute l'administration de l'université: Chadli Benjedid El-Tarf.

---

## DEDICACE

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :*

*La mémoire de mon cher père HADEF Korichi, ma chère mère, mes frères et sœurs.*

*Ma femme et mes enfants :Sirine, Malak Tasnime,Mohamed Jassem et Jana.*

*Mon chère ami Boumédiene Yazid que Dieu le guérisse*

*A mes collègues de la promotion.*

---

# SOMMIRE

Titre	page
Remerciement	2
Dédicace	3
Table des matières	4
Liste des figures	7
Liste des Tableaux	9
Introduction générale	10
Résumé	65
<b>Chapitre I : Etat de l'art sur les extraction des caractéristiques des empreintes digitales</b>	11
I-1 Introduction	12
I-2 Historique	12
I-3 Définition d'image	13
I-4 Définition de l'image numérique	13
I-5 Détection des fonctions	13
I-6 Description de l'objet	13
I-7 La numérisation	14
I-8 Caractéristique des images	14
I-8-1 Bords	15
I-8-2 Coin	15
I-8-3 Blobs	15
I-8-4 Couleur	16
I-9 Extraction des caractéristiques des images biométriques	16
I-9-1 Caractéristiques d'une empreinte digitale	16
I-9-1-1 La représentation globale	17
I-9-1-2 La représentation locale	18
I-9-1-2-1 Caractéristique d'empreinte de niveau 1	20
I-9-1-2-1 Caractéristique d'empreinte de niveau 2	20
I-9-1-2-1 Caractéristique d'empreinte de niveau 3	20
I-9-2 Traitement de l'empreinte digitale	20

I-9-3 Approche basée sur l'extraction de minutie	21
I-9-3-1 La méthode classique	23
I-9-3-1-1 Le prétraitement	23
I-9-3-1-1-a/ Filtrage	23
I-9-3-1-1-b/ L'égalisation d'histogramme	23
I-9-3-1-1-c/ Segmentation	24
I-9-3-1-2 La binarisation	24
I-9-3-1-2-a/ Seuillage global	24
I-9-3-1-2-b/ Seuillage local	24
I-9-3-1-2-c/ Seuillage adaptatif	25
I-9-3-1-3 La squelettisation	25
I-9-3-1-4 L'extraction de minutie	25
I-9-3-1-5 Le post traitement	26
I-9-3-1-6 L'appariement des empreintes digitales	27
I-9-3-1-6-1 Introduction	27
I-9-3-1-6-2 Méthode d'appariement d'empreintes digitales	28
I-9-3-1-6-2-a Les approches basées sur la corrélation	28
I-9-3-1-6-2-b Les approches basées sur les minuties	29
I-9-3-1-6-2-c Les approches basées sur les rides	29
I-9-3-2 La méthode directe	30
I-9-3-2-1 Le suivi des stries	31
I-9-3-2-2.La détection des minuties	33
I-9-3-2-3 Résultats	34
I-10- Conclusion	34
<b>Chapitre II : Conception</b>	36
II-1-Introduction	37
II-2- La conception de l'architecture du système	37
II-3-Processus de l'extraction	38
II-3-1 Approche classique	38
II-3-1-2 Prétraitement de l'empreinte digitale	39
II-3-1-2-1 Filtrage médian	40
II-3-1-2-2 Rehaussement	40
II-3-1-3 Binarisation	42
II-3-1-3-1 Seuillage global (La méthode d'Otsu)	42

---

II-3-1-3-2 Transformation de l'image à niveau de gris	44
II-3-1-3-3 Transformation de l'image en niveau de gris en image binaire	44
II-3-1-4 Squelettisation	45
II-3-1-5 Extraction des caractéristiques	46
II-3-1-5-1 Détection des minuties	46
II-3-1-5-2 L'élimination des fausses minuties	47
II-3-1-5-3 L'orientation des minuties	50
II-3-2 Méthode d'extraction directe	50
II-3-2-1 Approche de détection des lignes, jonctions des lignes et terminaisons	51
II-4 Conclusion	52
<b>Chapitre III : Implémentation</b>	53
III-1 Introduction	54
III-2 Réalisation de l'application	54
III-3 La technologie utilisée	54
III-4 Développement de l'application	55
III-4-1 Présentation de l'application	55
III-4-1-1 Interface principale	55
III-4-1-2 Menu pour la méthode classique	56
III-4-1-3 Menu pour la méthode d'extraction directe	58
III-5 Les activités futures	58
III-6 Conclusion	59
Conclusion générale	60
Bibliographie	61

## Liste des figures

Titre	page
Fig I-1: Bord d'une image	14
Fig I-2: Les coins d'une image	15
Fig I-3: La région d'intérêt d'une image est en vert	15
Fig I-4: Histogramme de couleur	16
Fig I-5: Les caractéristiques de l'empreinte digitale	17
Fig I-6: Les trois principales classes d'empreintes digitales	18
Fig I-7: Les principales classes d'empreintes digitales	18
Fig I-8: Les différents types de minuties	19
Fig I-9: Les approches de la reconnaissance par empreinte digitale	21
Fig I-10: Quelques minuties sur une image d'empreinte	21
Fig I-11: Les techniques d'extraction des minuties	22
Fig I-12: Exemple d'image de Binarisation	24
Fig I-13: Exemple d'image de squelettisation	25
Fig I-14 : Représentation des minuties par le modèle de coordonnées	26
Fig I-15: Les types de minuties	27
Fig I-16: Les variations intra-classe	58
Fig I- 17: Représentation des vecteurs de terminaison et de bifurcation	29
Fig I-18: La comparaison basée sur les minuties	29
Fig I-19: L'extraction des informations de texture basée sur l'orientation locale de l'empreinte digitale	30
Fig I-20: détection des minuties par le suivi de strie de l'image filtré	31
Fig I-21: Principe de suivi d'une strie	31
Fig I-22: Recherche d'une strie à partir d'un point de départ	32
Fig I-23: Zone de recherche de fausse terminaison lors de la détection d'une bifurcation	33
Fig I-24: Détection des minuties par le suivi des stries de l'image filtrée	34
Fig II-1: Processus suivi dans un système de la reconnaissance des empreintes	37
Fig II-2: Image d'empreinte acquise	38
Fig II-3: Prétraitement de l'image	39
Fig II-4: Image filtrée	39

Fig II.5: L'histogramme et l'histogramme l'égalisé	40
Fig II.6: Image rehaussée	41
Fig II.7: Image binarisée	45
Fig II.8: Image squelettisée	46
Fig II.9: Type des fausses minutie	46
Fig II.10: Détection des minuties	47
Fig II.11: Type des fausses minutie	48
Fig II.12: Image de la phase d'élimination des fausses minuties	49
Fig II.13: Image de la phase de l'orientation des minuties	50
Fig II-14: Processus d'extraction des lignes	51
Fig III-1: La version utilisé est <i>MATLAB R2016a</i>	54
Fig III-2: Interface de MATLAB	55
Fig III-4: Binarisation	56
Fig III-5: squelettisation	57
Fig III-6: Extraction Minutie	57
Fig III-7: Extraction directe de minutie	58

## Liste des Tableaux

Titre	page
Tab II-1	50

---

## Introduction générale

La biométrie est une technique d'identification d'un individu au moyen de ses caractéristiques morphologiques : empreinte digitale, géométrie de la main, structure de l'iris ou de la rétine, le timbre de la voix, forme du visage etc....

Les caractéristiques sont choisies pour varier peu au cours de la vie de l'individu et être différents d'un individu à un autre (même pour des jumeaux).

Les lecteurs biométriques sont parmi les dispositifs de lecture les plus sûrs supprimant le risque d'oubli de code, de vol, duplication ou perte de carte que l'on retrouve sur les systèmes classiques. Grâce à ces techniques on est certain que la personne identifiée est bien celle prétendue être.

L'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale est un type de mesure exploite le dessin représenté par les crêtes et sillons de l'épiderme des doigts. Ce dessin est unique et différent pour chaque individu. On en extrait les caractéristiques principales (Extraction des minuties) telles que les bifurcations de crêtes, les "îles", les lignes qui disparaissent, etc

### Problématique

L'authentification personnelle des individus trouve des applications dans différents domaines importants, allant de la criminalité aux services commerciaux et gouvernementaux. Les caractéristiques biologiques des individus ont été utilisées comme système de sécurité efficace dans ce que nous appelons le système biométrique. Ces systèmes dépendent des caractéristiques particulières du corps humain telles que les empreintes digitales, la forme des yeux, la marche, le son et les empreintes FKP (Finger Knuckle print).

Dans cette partie nous nous sommes intéressés à deux approches permettant l'extraction des minuties d'une empreinte digitale. La première méthode détecte les minuties à partir d'un squelette binaire de l'image filtrée. Cette technique est couramment utilisée pour sa simplicité et elle a donné de bons résultats. Néanmoins elle est coûteuse en temps de calcul car il est nécessaire de calculer un squelette de l'image, et elle nécessite un traitement spécifique ultérieur pour éliminer les nombreuses fausses minuties détectées. C'est pourquoi nous avons décidé d'étudier une autre approche basée sur l'extraction directement à partir de l'image filtrée sans passer par une étape de

---

squelettisation .Bien que beaucoup plus rapide, cet algorithme s'est avéré inefficace sur la plupart des images obtenues à partir du capteur utilisé car le réglage de ses différents paramètres est extrêmement sensible aux fortes variations locales de la distance inter-strie.

Dans le cadre de ce travail, le système qui vient d'être étudiés a pour but d'extraire les caractéristiques des empreintes pour décrire les informations de texture, ou bien c'est un système qui utilise deux méthode ; Premièrement on fait l'extraction des caractéristiques par La méthode classique qui consiste à extraire l'information sur un squelette binaire (noir, blanc).Deuxièmement on répète ce travail avec la méthode directe qui consiste à extraire les minuties directement sur l'image filtrée. Et dernièrement une partie comparative entre ces différentes méthodes est illustrée dans ce chapitre. Cette modalité a été choisie parce qu'elle a de nombreux avantages remarquables dans ce domaine de la biométrie, en plus c'est une technique, simple et facile à utiliser.

Afin de pouvoir concevoir un système biométrique, on a besoin d'extraire des caractéristiques de ces images, il y a divers types de caractéristiques, ainsi que différents types d'extraction et d'algorithmes, C'est dans ce contexte que nous situons notre modeste travail, Notre mémoire est scindé en trois chapitres : Dans le premier chapitre nous avons défini la biométrie ainsi que les différents techniques et modalités biométriques utilisées. Ce chapitre est constitué d'un aperçu sur les méthodes et algorithmes existant pour extraire les filtres des images biométriques.

Dans le second chapitre, est fait principalement, pour l'explication détaillée de notre programme réalisé, qui vise à identifier les personnes à partir des caractéristiques extrait d'une empreinte.

Finalement, le troisième chapitre est consacré pour les résultats expérimentaux, pour ensuite terminer ce travail par une conclusion générale qui résumera nos contributions et donnera quelques perspectives sur les travaux futurs.

## *Chapitre 1*

# *Etat de l'art sur l'extraction des caractéristiques des empreintes digitales*

## I-1 Introduction

Depuis longtemps, le public sait que : une image vaut mieux que mille mots. Combinée avec la parole, l'image constitue un moyen essentiel dans la communication homme-machine. C'est un moyen de communication universel dont la richesse du contenu permet aux êtres humains de toute et de toute culture de ce prendre.

De ce fait, le traitement d'image est devenu une discipline nécessaire pour en extraire l'information et automatiser son traitement dans le but d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes.

La reconnaissance de l'empreinte digitale est une branche de la biométrie la plus répandue, aussi bien dans le domaine de la sécurité publique (contrôle, enquête), que privée (accès à un bâtiment, protection de biens, .....

Le principe de la reconnaissance des empreintes digitales consiste à comparer une empreinte fournie au système, à une ou plusieurs autres empreintes (les minuties) dont le système dispose préalablement dans sa base de données biométrique.

Dans CBIR[1] (Content-Based Image Retrieval), des caractéristiques visuelles telles que la forme, la couleur et la texture sont extraites pour caractériser les images. Chacune des caractéristiques est représentée en utilisant un ou plusieurs descripteurs de fonctionnalité. Pendant la récupération, les caractéristiques et les descripteurs de la requête sont comparés à ceux des images dans la base de données afin de classer chaque image indexée en fonction de sa distance à la requête. Dans les systèmes de biométrie, les images utilisées comme motifs (par exemple l'empreinte de flèche, l'iris, la main, etc.) sont également représentées par des vecteurs caractéristiques. Les modèles de candidats sont ensuite extraits de la base de données en comparant la distance de leurs vecteurs caractéristiques. [1]

Le but de ce chapitre est de donner un panorama des méthodes les plus significatives d'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale.

## I-2 Historique

Longtemps utilisée comme moyen d'authentification de documents, parfois employée par les historiens ou les archéologues, l'empreinte digitale est devenue aujourd'hui une preuve scientifique incontournable dans la résolution d'affaires criminelles. Retour sur l'histoire de la plus ancienne des preuves scientifiques.

Bien avant d'être exploitées dans le cadre d'affaires judiciaires, les empreintes digitales servaient de moyen d'authentification de documents. Ainsi, dès l'ancienne Egypte (-3000), les scribes utilisaient leurs empreintes palmaires comme outil d'identification alors qu'en Chine, l'Empereur Ts-In-She (-246/-210) authentifiait certains scellés avec une trace digitale et des documents par l'apposition d'une main encrée. Les formes particulières de l'empreinte digitale étaient ainsi connues depuis

longtemps et ont été retrouvées notamment dans des gravures situées à proximité du lac de Kejimikujik en Nouvelle Ecosse (date indéterminée).[2]

### **I-3 Définition d'image**

Une image est une représentation visuelle, voire mentale de quelque chose (objet, être vivant ou concept).

Elle peut être naturelle (ombre, reflet), visuelle ou non, tangible ou conceptuelle (métaphore), elle peut entretenir un rapport de ressemblance directe avec son modèle ou au contraire y être lié par un rapport plus symbolique. [3]

### **I-4 Définition de l'image numérique**

Une image numérique est constituée d'un ensemble de pixels (Picture éléments) juxtaposés en lignes et en colonnes. Le pixel, (qui correspond à un point ou petit carré), est le plus petit élément que l'on peut trouver dans une image. Chaque pixel possède des caractéristiques propres, couleurs, luminosité, brillance, qui permettent de les différencier et de composer les images. [4]

### **I-5 Détection des fonctions**

La détection de fonction est une opération de traitement d'image de bas niveau et vient habituellement après l'étape de prétraitement, elle examine chaque pixel pour voir si la région autour de ce pixel pourrait être utilisée comme une caractéristique. Détection de fonctionnalité peut également être une sous-étape dans un algorithme plus grand, puis l'algorithme sera utilisé pour examiner l'image dans la région des fonctionnalités [5]

### **I-6 Description de l'objet**

Une fois que les caractéristiques qui nous intéressent ont été détectées, elles peuvent être extraites. Le résultat est connu sous le nom de descripteur de caractéristique ou de vecteur caractéristique et il caractérise la région autour du point clé en tant que vecteurs d'invariance de rotation et de luminosité. Ils peuvent également réduire la quantité de données requise pour décrire la région d'image qui correspond à la caractéristique, ils sont représentés comme vecteurs d'élément 'N' dans un autre domaine et deux descripteurs peuvent être comparés en utilisant une métrique de distance. Un exemple de descripteur est le descripteur HOG (Histogramme des dégradés orientés). Ceux-ci sont calculés sur la base de l'orientation des gradients et exprimés en vecteurs. Nous pouvons trouver un coin avec la méthode de détection de coin Harris, et nous pouvons le décrire avec n'importe quelle méthode que nous voulons. [5]

## I-7 La numérisation

Est la conversion des informations d'un support (texte, image, audio, vidéo) ou d'un signal électrique en données numériques que des dispositifs informatiques ou d'électronique numérique pourront traiter. Les données numériques se définissent comme une suite de caractères et de nombres qui représentent des informations. On utilise parfois le terme français *digitalisation* (digit signifiant chiffre en anglais). La numérisation, dans le contexte de l'administration des archives, est la conversion en masse des documents en fichiers informatiques. [6]

Exemple: la numérisation de l'état civil des collectivités locales.

## I-8 Caractéristique des images

Une caractéristique d'image est un terme général, mais il signifie généralement une partie d'une image qui contient des détails intéressants ou une propriété de l'image qui nous intéresse. Quels sont les «détails intéressants»?

Cela dépend de l'objectif global et de ce que l'application essaie d'atteindre.

De nombreux algorithmes de vision informatique utilisent la détection de caractéristiques comme étape initiale et un grand nombre de détecteurs de fonctions ont été développés. Par exemple, certaines des fonctionnalités les plus couramment utilisées sont :

### I-8-1 Bords

C'est la détection de contours les procédés permettant de repérer les points d'une image matricielle qui correspondent à un changement brutal de l'intensité lumineuse. Ces changements de propriétés de l'image numérique indiquent en général des éléments importants de structure dans l'objet représenté. Ces éléments incluent des discontinuités dans la profondeur, dans l'orientation d'une surface, dans les propriétés d'un matériau et dans l'éclairage d'une scène.

La détection des contours dans une image réduit de manière significative la quantité de données en conservant des informations qu'on peut juger plus pertinentes. Il existe un grand nombre de méthodes de détection des contours de l'image mais la plupart d'entre elles peuvent être regroupées en deux catégories. La première recherche les extremums de la dérivée première, en général les maximums locaux de l'intensité du gradient. La seconde recherche les annulations de la dérivée seconde, en général les annulations d'une expression différentielle non linéaire. [7]

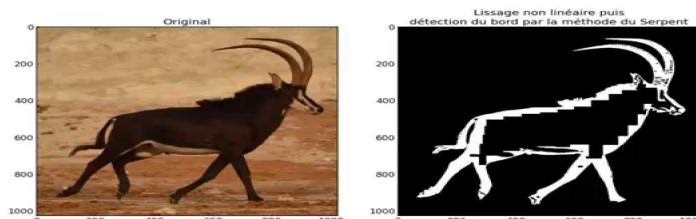


Fig I-1: Bord d'une image

### I-8-2 Coin

La détection de points d'intérêts (ou coins) est, au même titre que la détection de contours, une étape préliminaire à de nombreux processus de vision par ordinateur. Les points d'intérêts, dans une image, correspondent à des doubles discontinuités de la fonction d'intensités. Celles-ci peuvent être provoquées, comme pour les contours, par des discontinuités de la fonction de réflectance ou des discontinuités de profondeur. Ce sont par exemple : les coins, les jonctions en T ou les points de fortes variations de texture. [8]

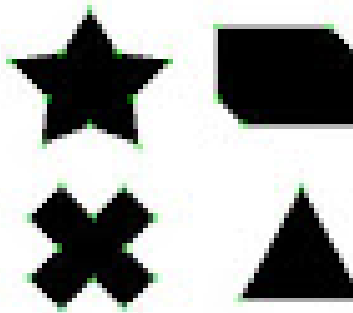


Fig I-2: Les coins d'une image

### I-8-3 Blobs / régions d'intérêt

La détection de zones d'intérêt d'une image numérique (*feature detection* en anglais) consiste à mettre en évidence des zones de cette image jugées « intéressantes » pour l'analyse, c'est-à-dire présentant des propriétés locales remarquables. De telles zones peuvent apparaître, selon la méthode utilisée, sous la forme de points, de courbes continues, ou encore de régions connexes rectangulaires ou non et qui constituent le résultat de la détection. [9]

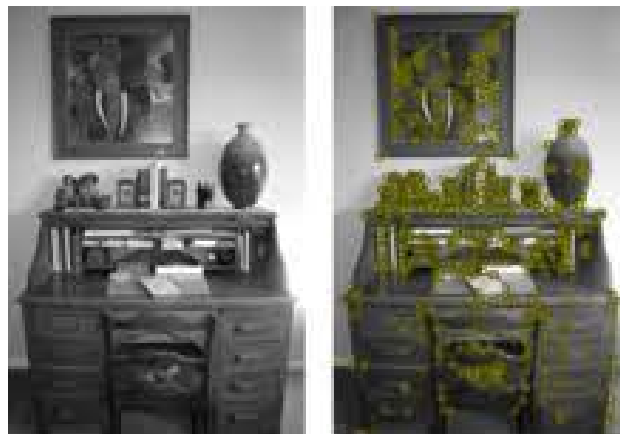


Fig I-3: La région d'intérêt d'une image est en vert.

## I-8-4 Couleur

Le système décrit directement une instruction destinée à l'affichage. Mais ce n'est pas ainsi, en général, que les humains comprennent les couleurs. Les études de psychologie de la perception entreprises dès le 19<sup>ème</sup> siècle concluent que trois paramètres décrivent les couleurs :

- la luminosité ;
- la chromaticité, dite aussi intensité de la coloration ou saturation ;
- la teinte, qui situe la couleur dans un champ chromatique.

Ces trois paramètres systématisent des appréciations de la couleur du genre « un vert clair tirant vers le jaune » ou « un bleu sombre et intense ».

Une représentation du contenu de couleur de l'image est faite par l'histogramme de couleur. [10]

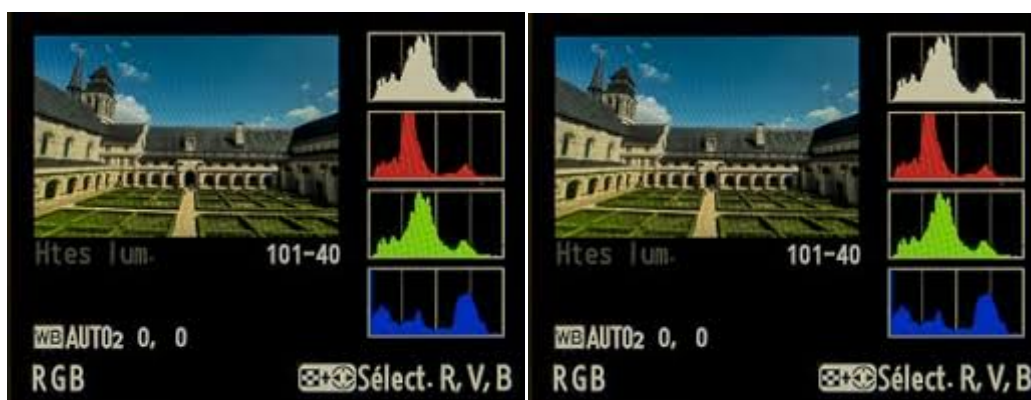


Fig I-4: Histogramme de couleur.

## I-9 Extraction des caractéristiques des images biométriques

L'extraction des caractéristiques depuis des images biométriques suit des algorithmes et des méthodes spéciaux :

- Extraction des caractéristiques d'empreintes
- Extraction des caractéristiques du visage
- Extraction des caractéristiques d'iris
- Extraction des caractéristiques de la main.

*Cette étude concerne uniquement l'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale.*

### I-9-1 Caractéristiques d'une empreinte digitale

Une empreinte digitale est constituée d'un ensemble de lignes localement parallèles formant un motif unique pour chaque individu (Figure I-5), on distingue les stries (ou crêtes, ce sont les lignes en contact avec une surface au toucher) et les sillons (ce sont les creux entre deux stries). Les stries contiennent en leur centre un ensemble de pores régulièrement espacés.



Fig I-5 : les caractéristiques de l'empreinte digitale [10]

L'empreinte digitale est caractérisée par ses propriétés globales et locales. Typiquement les représentations sont utilisées pour la classification d'empreinte digitales, alors que les représentations locales sont destinées à la comparaison de cette modalité.

**I-9-1-1 La représentation globale :** Chaque empreinte possède un ensemble de points singuliers globaux (les centres et les deltas) et locaux (les minuties). Les centres correspondent à des lieux de convergences des stries tandis que les deltas correspondent à des lieux de divergence [11].

La position et le nombre de ces points permettent la classification des empreintes digitales, c'est ainsi que **Francis Galton** les a subdivisées en trois grandes familles [11]

(voir Figure I- 6) :

- Les boucles (*loop*) représentent 65% des empreintes rencontrées :

Une empreinte est de classe boucle si ses stries rentrent d'un côté et ressortent du même côté et si elle possède un point singulier de type boucle et un point singulier de type delta.

- Les spires (*whorl*) représentent 30% des empreintes rencontrées :

Une empreinte appartient à la classe spire si elle possède au moins une strie qui fait  $360^\circ$ . Elle peut aussi contenir jusqu'à deux régions singulières de type boucles et deux régions singulières de type deltas.

- Les arches (*arch*) représentent 5% des empreintes rencontrées :

Une empreinte est de classe arche si elle possède des stries qui rentrent d'un côté et ressortent du côté opposé et si elle ne contient ni boucle ni delta comme points singuliers.

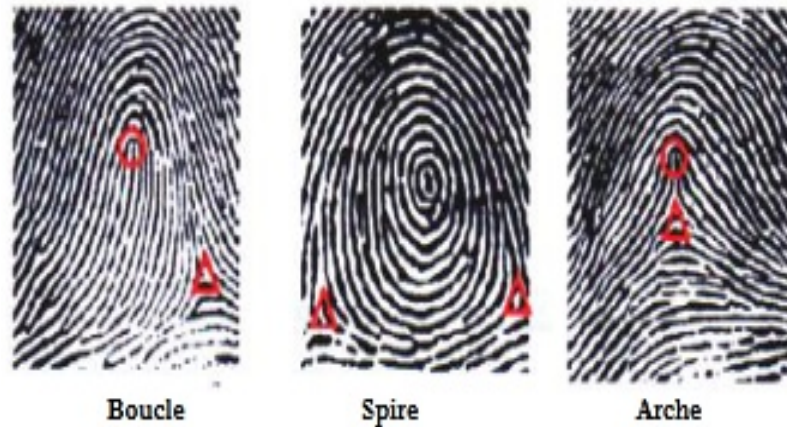


Fig I-6: les trois principales classes d'empreintes digitales [11].

*Edward Henry* les a classées [12] en six sous-classes principales : arche, boucle à gauche (left loop), boucle à droite (right loop), arche penchée (tented arch), spires et spires imbriquée ou boucles jumelles (voir la figure I-7).

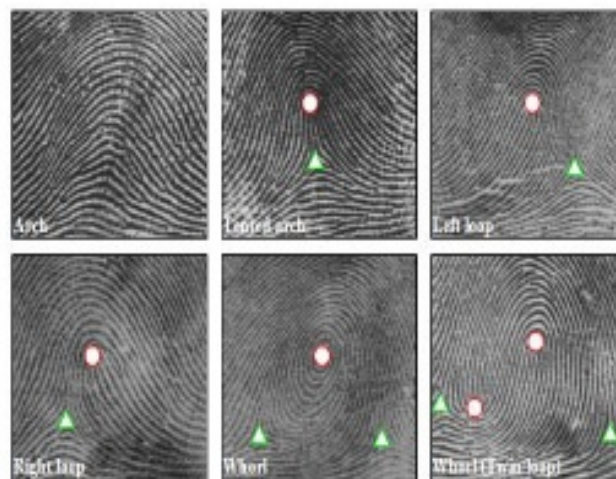
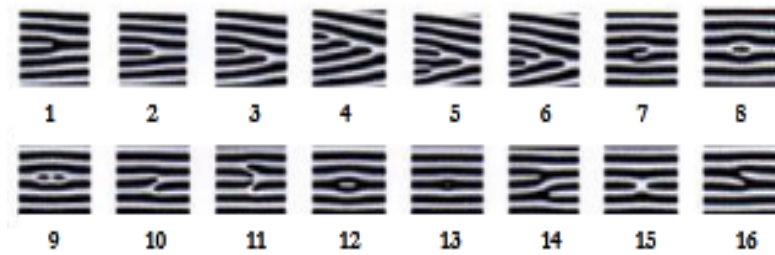


Fig I-7: les principales classes d'empreintes digitales selon la classification de *Galton Henry* [13]

**I-9-1-2 La représentation locale :** il s'agit des caractéristiques les plus utilisées « les minuties » (littéralement : petits détail), qui sont en fait les points d'irrégularités qui se trouvent sur les lignes capillaires. Nous pouvons distinguer jusqu'à seize types de minuties différentes (voir la figure I- 8), mais dans les algorithmes on n'en s'intéresse qu'aux deux types suivants parce qu'ils sont facilement détectables:

- La bifurcation: c'est le point où la strie se divise en deux.
- La terminaison: c'est le point où la strie s'arrête.



1. terminaison	9. boucle double
2. bifurcation simple	10. pont simple
3. bifurcation double	11. pont jumeau
4. bifurcation triple I	12. intervalle
5. bifurcation triple II	13. point isolé
6. bifurcation triple III	14. traversée
7. crochet	15. croisement
8. boucle simple	16. tête bêche

Fig I-8 : les différents types de minuties [14].

L'ensemble formé par la disposition des points singuliers constitue un motif unique pour chaque individu. [14].

En effet il a été montré que l'empreinte digitale se forme au cours du troisième mois de la vie fatale [Babler, 1991], le motif général est influencé par les gènes héréditaires mais l'apparition des détails (minuties) est créée de manière accidentelle par des pressions variables aléatoires sur les surfaces tactiles. Ainsi l'empreinte est unique pour tout individu, y compris pour des vrais jumeaux, et il a été montré que les méthodes de reconnaissance actuelles permettent d'identifier efficacement les jumeaux [Jain et al., 2001]. [15].

De plus, les empreintes une fois formées ne changent plus au cours de la vie d'une personne, ces deux caractéristiques en font un moyen de reconnaissance très efficace.

Selon la référence [Vasta et al., 2009], les caractéristiques d'empreintes sont divisées en trois niveaux:

**I-9-1-2-1 Caractéristiques d'empreinte de niveau 1 :**

(*level 1 fingerprint features*) représentent le flux de crête et des informations morphologiques générales. Ces caractéristiques ne sont pas unique pour établir l'identité mais sont utilisés pour une large classification des empreintes digitales dans différentes catégories telles que: boucle gauche, boucle droite, spirale, arc, arc et tentes.

**I-9-1-2-2 Caractéristiques d'empreinte de niveau 2:**

(*level 2 fingerprint features*) représentent les informations de minuties telles que les terminaisons de crêtes et les bifurcations

**I-9-1-2-3 Caractéristiques d'empreinte de niveau3:**

(*level3 fingerprint features*) Ces caractéristiques représentent les détails complexes d'une empreinte digitale comme les attributs de dimension et la structure des pores et des crêtes qui sont les plus discriminant entre les trois niveaux de fonctionnalités. Ce niveau de caractéristique n'est pas utilisé par les systèmes automatiques de reconnaissance d'empreinte car il est applicable seulement sur les images de haute résolution.

**1-9-2 Traitement de l'empreinte digitale**

Il existe trois approches différentes d'algorithmes du traitement des empreintes digitales pour reconnaissance biométriques [Lumini and Nanni, 2008]:

**-l'approche basée sur l'extraction des minuties.**

-L'approche basée sur la corrélation.

-L'approche basée sur la texture de l'image d'empreinte.

L'approche par détection de minuties est la plus utilisée par les travaux de recherche, cela est dû principalement aux résultats de reconnaissance obtenus qui sont meilleurs que ceux des approches basées sur l'image de l'empreinte. Ces dernières sont utilisées surtout lorsque l'image de l'empreinte est assez mauvaise pour ne pas détecter un nombre confident de minuties dans l'image.

Cette méthode ne retient que l'emplacement des minuties les plus pertinentes. Elle est peu sensible aux déformations des doigts entre plusieurs vérifications (doigts plus ou moins appuyés sur le capteur).

Dans ce qui suit un détail de l'approche basée sur l'extraction de minutie qui choisis pour concevoir et implémenter le module monomodale de reconnaissance d'empreinte du système multimodale proposé. La motivation de ce choix est la simplicité d'implémentation de l'algorithme d'extraction de minuties. (Figure I-9)

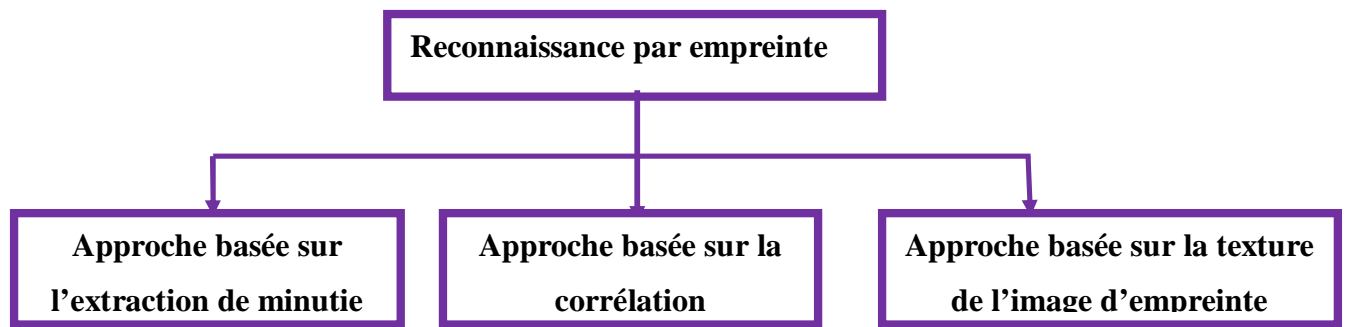


Fig I-9 : les approches de la reconnaissance par empreinte digitales

### I-9-3 L'Approche basée sur l'extraction de minutie

Les minuties constituent les attributs les plus utilisés pour l'identification par empreinte digitale. Les systèmes existants se basent sur les détails des minuties, les descripteurs de texture ou sur la représentation de l'image entière. Les minuties marquent des points de discontinuité locale (Fig I-10).

Dans notre travail, nous traitons deux types de minuties : les terminaisons qui marquent les fins de crêtes et les bifurcations qui correspondent aux points où la crête se diverge.



Fig I-10. Quelques minuties sur une image d'empreinte

La détection de minuties est une étape importante dans le processus de reconnaissance de l'empreinte digitale qui se base principalement en l'appariement de minuties.

Plusieurs méthodes ont été développées pour réaliser une extraction de minuties efficace. Les méthodes d'extraction de minuties peuvent être classées dans la littérature en deux grandes

catégories: celles qui se basent sur la binarisation de l'image et celles qui travaillent directement sur l'image en niveau de gris [16], [17].

Selon la référence [18], plusieurs algorithmes d'extraction de minuties ont été proposés dans la littérature (Figure 10). Il y a ceux qui agissent sur les images binaires, et ceux qui s'appliquent directement sur les images à niveau de gris. Des travaux ont été proposés en appliquant la squelettisation sur l'image d'empreinte binaire ensuite les minuties sont extraites en se basant sur les valeurs de la connectivité (*Crossing Number CN*); d'autres travaux utilise la morphologie de l'image pour extraire les minuties à partir de l'image binarisée et squelettisée [19] ,[20].

Une autre direction de recherche est basée sur l'extraction des minuties en utilisant le code chaîne (*chaincode*) à partir de l'image binarisé [21].Ou bien en utilisant la représentation Run (Run représentation) appliquée sur l'image binarisé [22].

D'autres travaux ont proposés le traitement des empreintes à partir des images à niveaux de gris présentant plus d'informations. Les textes encadrés dans la (figure 11) seront détaillés dans les paragraphes suivants:

L'ensemble des minuties de l'empreinte digitale est extrait à partir de l'image filtré, pour cela notre étude est basée sur deux méthodes :

- **La méthode classique** : consiste à extraire l'information sur un squelette binaire (noir, blanc)
- **La méthode directe**: consiste à extraire les minuties directement sur l'image filtrée.

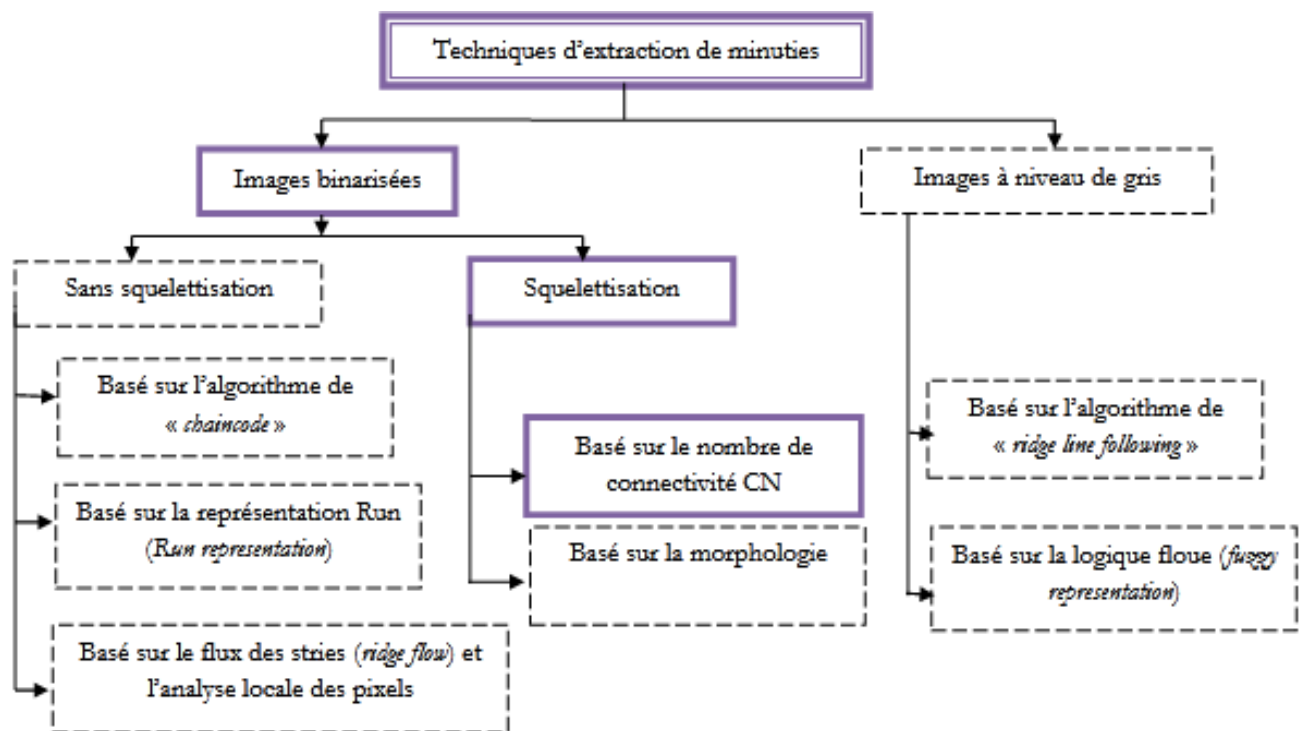


Fig I-11 :Les techniques d'extraction des minuties

### **I-9-3-1 Méthode classique**

La reconnaissance par empreinte digitale basée sur l'extraction des minuties selon le nombre de connectivité repose sur les étapes suivantes :

- Le prétraitement
- La binarisation
- La squelettisation
- L'extraction de minutie
- Le post traitement
- L'appariement

#### **1-9-3-1-1 Le prétraitement**

Basé sur la nature des bases de données qui contient les différentes empreintes on observe que tous les images nécessitent un traitement. Le premier objective est de chercher à regrouper les images est les transformer en se basant sur la même dimension afin de faciliter la comparaison.

La deuxième étape est de faire un prétraitement au niveau d'image. Ce traitement à pour objectif d'améliorer la qualité de l'image contre le bruit lié à la mesure de perturbation.

##### **1-9-3-1-1-a/ Filtrage**

C'est l'élimination du bruit correspond à des perturbations provenant soit du dispositif d'acquisition, soit de la scène observée elle-même.

##### **1-9-3-1-1-b/ L'égalisation d'histogramme**

En traitement d'images, l'égalisation d'histogramme est une méthode d'ajustement du contraste d'une image numérique qui utilise l'histogramme. 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. Cette transformation est construite à partir de l'histogramme cumulé de l'image de départ.

L'égalisation d'histogramme permet de mieux répartir les intensités sur l'ensemble de la plage de valeurs possibles, en « étalant » l'histogramme. L'égalisation est intéressante pour les images dont la totalité, ou seulement une partie, est de faible contraste (l'ensemble des pixels sont d'intensité proches). La méthode est rapide, facile d'implémentation, et complètement automatique (i.e. pas de réglages) [23].

### 1-9-3-1-1-c/ Segmentation

Le but de cette étape est de délimiter les régions d'intérêt. En effet, quelques parties de l'image sont inutiles qu'on ne doit pas les prendre en compte, il s'agit des zones vides (la périphérie de l'empreinte) ou des régions de mauvaise qualité. Les régions inutiles disposent généralement d'une variance de niveau de gris très faible, par contre les régions utiles de l'empreinte ont une variance relativement élevée. Cela est expliqué par le fait que la partie utile est constituée d'un ensemble de stries et de vallées alternés. Une telle méthode de segmentation consiste d'abord au découpage de l'image en un ensemble de blocs. Puis les blocs dont la variance est inférieure à un seuil prédéfini seront marqués comme inutiles [24].

### I-9-3-1-2 La Binarisation

Pour augmenter la visibilité des minuties l'image doit d'abord être binarisée. Il s'agit de donner une intensité aux stries et une intensité différente aux vallées. Plusieurs techniques de binarisation ont été proposées [25]., la plus utilisée consiste à comparer chaque pixel à un seuil  $S$ , en lui assignant la valeur un (blanc) si son intensité est supérieure à  $S$  sinon il prend la valeur zéro (noir). Le seuil  $S$  peut être global fixé dès le départ ou local adaptatif obtenu en calculant la moyenne des pixels de chaque bloc de l'image de l'empreinte digitale.



Fig I-12 :Exemple d'image de Binarisation [26]

#### 1-9-3-1-2-a/ Seuillage global

Le seuillage est dit global si le seuil est dégagé en prenant en considération toutes les intensités existantes dans l'image.

#### 1-9-3-1-2-b/ Seuillage local

Le seuillage est dit local si le seuil est calculé en fonction des intensités d'unités d'une certaine région

### 1-9-3-1-2-c/ Seuillage adaptatif

C'est la combinaison des deux techniques précédentes. Il comprend deux types de seuillage.

### I-9-3-1-3 La squelettisation

Un algorithme d'amincissement (ou shrinking algorithm) consiste en la suppression jusqu'à stabilité de points simples, le résultat obtenu s'appelle un noyau homotypique. Si la suppression est réalisée de façon séquentielle alors la topologie est préservée ; cela par la définition même d'un point simple. Si le processus est modifié de façon à ce que certains points simples soient préservés durant le processus de suppression, il est alors possible de conserver des caractéristiques géométriques. Un tel processus s'appelle algorithme de squelettisation (ou thinning algorithm), et le résultat est appelé squelette. Les points à préserver sont appelés points terminaux ou points extrémités. [27]

L'objectif est ici de diminuer l'information redondante contenue dans une image, donc la quantité de données à analyser. La méthode est l'isolement des lignes principales de l'image avec des amincissements successifs jusqu'à ce que l'image résultante ne contienne que des lignes d'épaisseur 1 pixel. La méthode nécessite l'emploi successif de 8 masques. On effectue sur l'image une succession de passes; on arrête lorsque le résultat entre deux passes successives est inchangé. Une passe consiste en l'application successive, sur toute l'image de chacun des 8 masques (le point central sur le point courant à traiter). Les 8 masques correspondent aux transformations suivantes : si la situation de gauche est rencontrée, alors on remplace le pixel traité par 0.



Fig I-13:Exemple d'image de squelettisation [26]

### I-9-3-1-4 L'extraction de minutie

Après avoir obtenu l'image traitée, on doit trouver dans cette dernière les minuties les plus intéressantes de l'image.

La signature retenue pour caractériser l'empreinte est basée sur un ensemble suffisant et fiable de minuties.

On entend par suffisant, le nombre minimum de minuties nécessaires pour pouvoir établir des comparaisons fiables entre empreintes. Ce minimum se situe à 12 minuties vis-à-vis de la loi, voire moins pour beaucoup d'entre eux (jusqu'à 8 minimum). 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.

Les bifurcations et les terminaisons sont les deux types de minuties les plus utilisés car ils sont facilement détectables, mais surtout parce qu'ils sont très aisément représentables par le modèle de coordonnées, où chaque minutie est représentée par les coordonnées  $(x, y)$  de son emplacement 0.

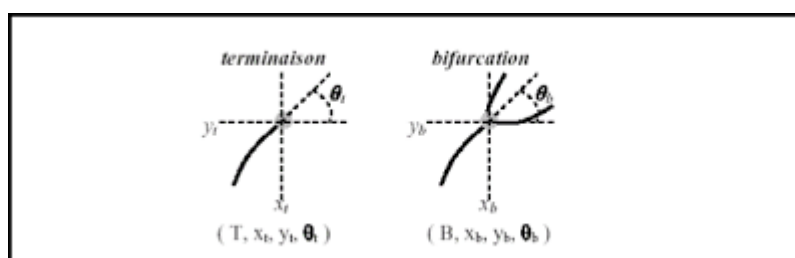


Fig I-14: Représentation des minuties par le modèle de coordonnées [28]

Les minuties sont généralement extraites à partir du squelette de l'image, il existe une approche permettant de détecter les minuties ainsi que leurs types (Terminaison, Bifurcation) en calculant l'indicateur *Crossing-Number* (CN) en fonction du voisinage de chaque pixel. Selon la valeur de CN le type du point est déterminé : Continuité ou Discontinuité (minutie). [28]

Cette méthode ne retient que l'emplacement des minuties les plus pertinentes.

En analysant le squelette binaire de l'image de l'empreinte, on remarque que les pixels correspondant aux minuties possèdent un **crossing-number** différent de 2. Le **crossing-number** d'un pixel  $p$  se calcule par la formule suivante :

$$CN = 0.5 * \sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i+1}|$$

$P_9 = P_1$ ,  $P_i$  est la valeur des pixels dans le voisinage  $3*3$  de  $P$ .

$p_0, p_1, \dots, P_7$  sont les 8 pixels au voisinage de  $p$  En effet le coefficient CN présente des caractéristiques qui permettent d'identifier la nature d'une minutie en fonction du résultat obtenu lors du calcul de CN.

### I-9-3-1-5 Le post traitement

Dans cette étape nous allons éliminer le maximum des fausses minuties détectées au cours des étapes de binarisation et de squelettisation. Pour cela nous utilisons des considérations heuristiques basées sur le fait que la distance entre deux minuties voisines ne doit pas dépasser un certain seuil.

Pratiquement, si on trouve plusieurs minuties dans une petite région cela indique la présence de bruit, deux terminaisons plus proches indiquent une coupure dans la strie, ainsi que beaucoup de fausses minuties se situent généralement au bord de l'image, d'autres considérations se présentent dans [29] ,[30]. La figure15 illustre les fausses minuties qui peuvent être rencontrées.

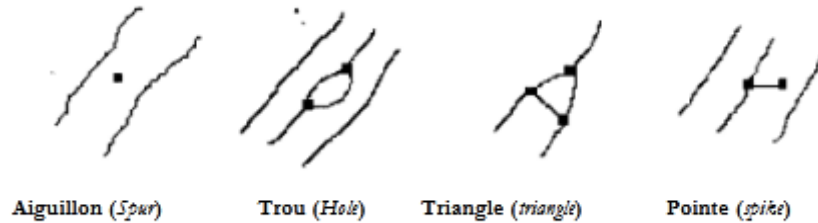


Fig I-15 Les «spurs» sont des fausses terminaisons tandis que les «holes», les triangles, et les «spikes» sont des fausses bifurcations.

Bien que les méthodes basées sur la binarisation soient faciles à mettre en place et moins coûteuses, elles ont quelques défauts qui résident principalement dans la possibilité de perdre beaucoup d'informations due au bruit introduit lors de binarisation. De plus la binarisation et la squelettisation exigent un temps de calcul important vient de plusieurs balayage de l'image, ce qui diminue la performance des méthodes classiques, cela amène à introduire les méthodes d'extraction directe.

### I-9-3-1-6 L'appariement des empreintes digitales

#### I-9-3-1-6-1 Introduction

La comparaison des empreintes digitales consiste à réaliser un accord entre la signature à identifier et les signatures stockées dans la base de données. Cependant cette tâche n'est pas facile, notamment à cause de la variabilité dans les différentes impressions d'une même empreinte (variation intra-classe). Les facteurs principaux responsables des variations intra-classe sont: l'état de la peau (exemple le doigt n'est pas propre entaché de graisse ou de sueur), la variation de la pression du doigt sur le capteur d'empreinte, le déplacement, la rotation c'est ainsi qu'un déplacement du doigt de 2mm qui est imperceptible à l'œil humain provoque une translation d'à peu près 40 pixels dans une image scannée à une résolution de 500 dpi [31]. Donc les algorithmes de comparaison doivent prendre en compte tous ces paramètres, en fait parfois on doit comparer un petit bout d'image de l'empreinte avec l'image entière de la même empreinte [32], comme c'est le cas dans les enquêtes criminelles. La figure 16 illustre quelques exemples des images d'une même empreinte digitale extraites de la base de données FVC2002.

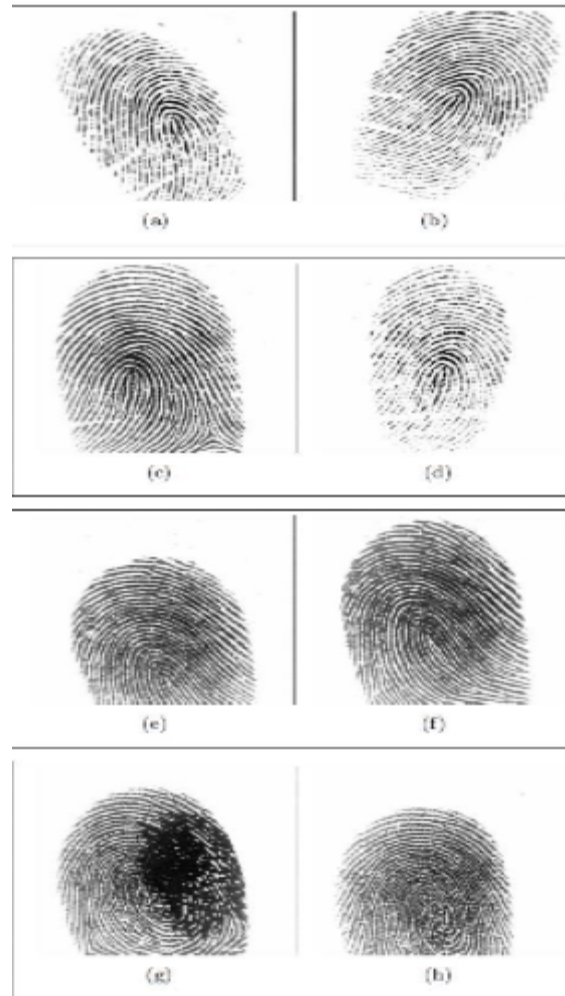


Fig I-16. Les variations intra-classe d'une même empreinte digitale, (a) le doigt est incliné à gauche sur le capteur d'empreinte, (b) le doigt est incliné à droite, (c) le doigt est plus pressé, (d) le doigt est légèrement pressé, (e) une partie du doigt n'est pas apposée sur le capteur d'empreinte, (f) le doigt est correctement apposé sur le capteur d'empreinte, (g) le doigt est sale, (h) le doigt est propre [31].

### I-9-3-1-6-2 Méthodes d'appariements des empreintes digitales

Dans la littérature, beaucoup d'algorithmes de comparaison peuvent être distingués, ils sont classifiés en trois grandes familles:

**I-9-3-1-6-2-a Les approches basées sur la corrélation (correlation-based approches):** dans ces approches, deux images d'empreinte digitale sont superposées et la corrélation entre les pixels correspondants sera calculée pour différents alignements (ex. rotation, déplacement). Les techniques basées sur la corrélation de pixels ne sont pas efficaces car elles sont sensibles à la variation intra-classe. En fait les différentes impressions d'une même empreinte peuvent donner des images très différentes, ce qui rendent les valeurs de leurs pixels différents (voir la figure 16). De plus ces approches sont coûteuses en temps de calcul, ce problème peut être résolu en calculant

seulement la corrélation de certaines régions locales déterminées suivant quelques critères, toutefois les comparaisons basées sur la corrélation de pixels ne sont pas assez rigoureuses [33].

**I-9-3-1-6-2-b Les approches basées sur les minuties (minutiae-based approaches):** ce sont les approches les plus utilisées. Les minuties sont extraites de deux empreintes digitales et représentées sous forme d'un ensemble de points dans un plan à deux dimensions selon le modèle des coordonnées (figure I-17).

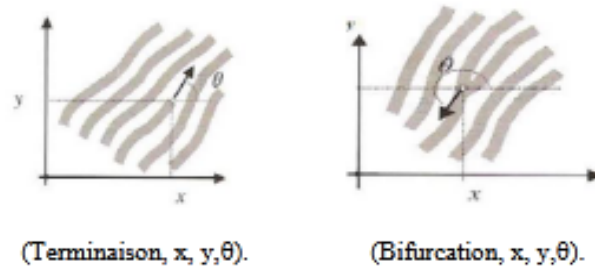


Figure I- 17. Représentation des vecteurs de terminaison et de bifurcation .

L'assortiment basé sur les minuties consiste à trouver un bon alignement entre les minuties de deux empreintes à comparer qui donne un maximum de paires de minuties semblables. Une marge de tolérance [31] afin de compenser les erreurs introduites par le bruit et la distorsion sera définie (figure I- 18). Nous allons développer ces concepts au point 3.3.2.

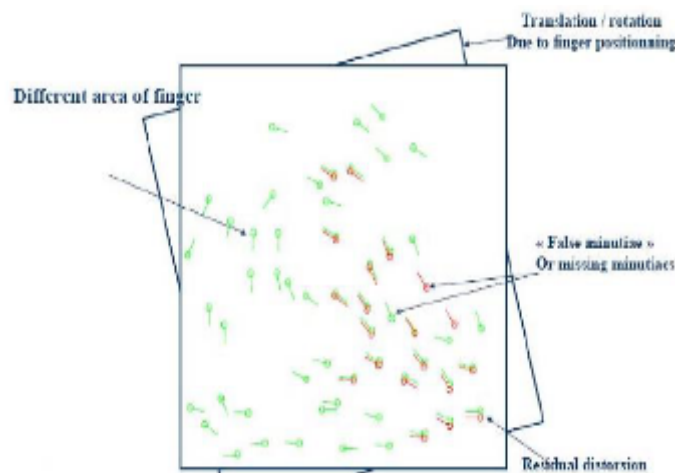


Fig I-18. La comparaison basée sur les minuties

**I-9-3-1-6-2-c Les approches basées sur les rides (ridge or texture-based approaches):**

lorsque la qualité de l'image de l'empreinte digitale est mauvaise l'extraction des minuties est très difficile voire même impossible [35],[36]. D'autres particularités des rides d'empreinte telles que l'orientation locale, la fréquence, la texture, les pores de respirations, la forme des rides etc. peuvent être extraites plus facilement que les minuties, cependant la distinction de ces singularités est faible, pour cela ces techniques sont très peu utilisées. La figure 19 illustre l'extraction des informations de texture basées sur l'orientation locale d'une image d'empreinte digitale.

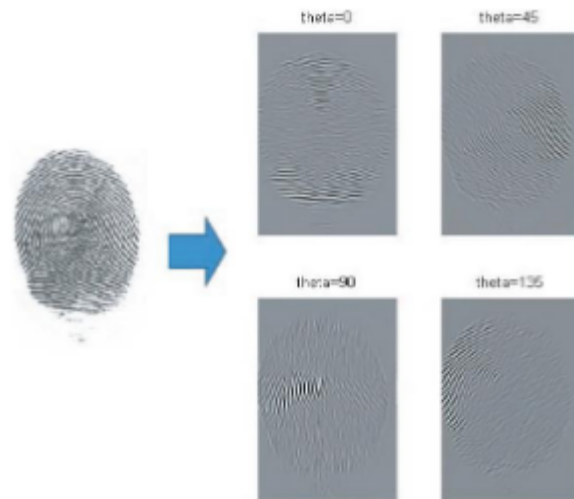


Fig I-19.L'extraction des informations de texture basées sur l'orientation locale de l'empreinte digitale

### I-9-3-2 Méthode d'extraction directe

La plupart des systèmes de reconnaissance utilisent la méthode classique de détection de minutie basée sur la binarisation, squelettisation dont l'avantage réside dans la simplicité à extraire et détecter les minuties lorsque l'on dispose d'un squelette précis de l'image. l'inconvénient vient de la perte d'information et du bruit introduit au cours de la binarisation ,ce qui provoque l'apparition d'une multitude de fausses minuties et nécessite un traitement à posteriori relativement important .de plus l'étape de squelettisation est couteuse en temps de calcul car plusieurs balayages de l'image sont nécessaire selon l'épaisseur des stries.

Ces considération nous ont donc amené à étudier une autre méthode proposé par D. Maio et D. Maltouni consistant à extraire la carte des minuties directement sur l'image brute en niveaux de gris ce qui permet d'éviter les étapes de binarisation et de squelettisation [38].

Cette technique est basée sur le suivi des stries selon le maximum local. En effet une strie est idéalement une ligne de l'image composé d'un ensemble de maximum locaux reliant deux minuties .pour suivre une strie il suffit donc de détecter cette suite jusqu'à atteindre les deux points extremes.si l'on considère l'image brut en sortie du capteur les maxima sont mal définis en raison du bruit important présent dans l'image (figure I-20),c'est pourquoi nous appliquons cette méthode non pas sur l'image d'origine mais sur l'image filtrée obtenue ou le maxima sont clairement définis.

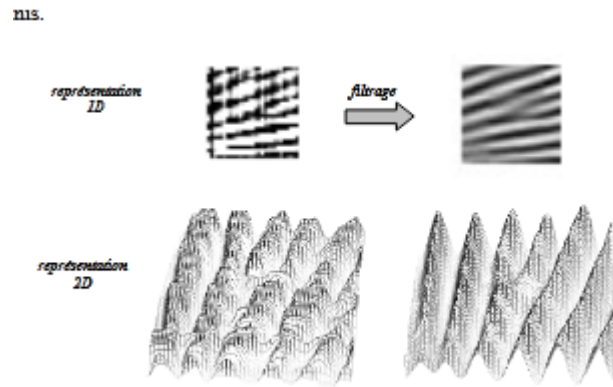


Fig I-20 détection des minuties par le suivi de strie de l'image filtré

### I-9-3-2-1. Le suivi des stries

Considérons un point  $P_0$  appartenant à une strie de l'image. Grâce à l'estimation de la carte directionnelle, nous connaissons la direction locale  $\theta_0$  associée au point  $P_0$ . Pour suivre la strie on avance d'un nombre  $\mu$  de pixels dans la direction  $\theta_0$  pour atteindre le point  $P_C$ . Ensuite on cherche le maximum local  $P_N$  le plus proche de  $P_C$  sur la section centrée en  $P_C$  de longueur et perpendiculaire à la direction  $\theta_0$  (voir Figure I-21). On obtient ainsi un nouveau point  $P_N$  de la strie. On recommence les opérations précédentes en prenant comme nouveau point de départ le point  $P_N$  obtenu de direction N, jusqu'à ce que l'on atteigne une minutie (la détection d'une minutie sera explicitée dans la section suivante). Pour parcourir entièrement la strie il reste à effectuer le même procédé en sens inverse: on recommence donc ces opérations en partant de  $P_0$  mais en parcourant la strie dans la direction opposée  $\theta_0 + \pi$

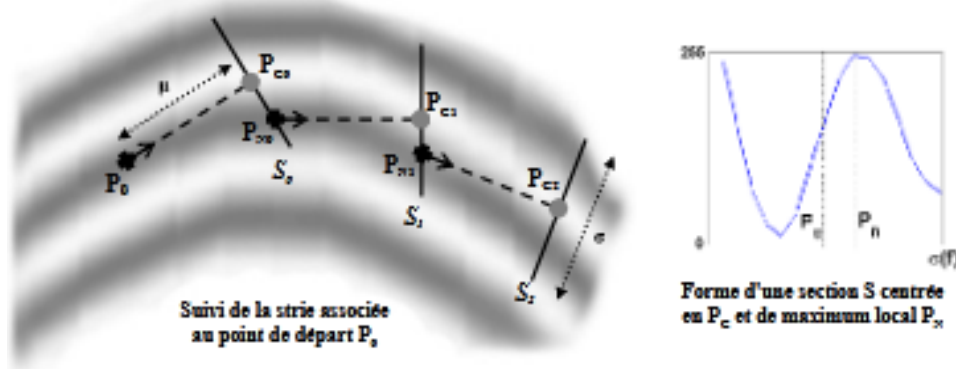


Fig I-21 Principe de suivi d'une strie

Le choix des paramètres  $\mu$  et  $\theta$  est critique dans le bon déroulement du suivi. Concernant  $\mu$  une valeur trop faible va augmenter de manière significative les opérations de calcul nécessaires au suivi, et une valeur trop élevée risque de provoquer le "saut" d'une strie (on se retrouverait alors sur une strie différente). Dans leurs travaux D. Maio et D. Maltoni ([39]) fixent la valeur de  $\mu$  manière empirique en fonction des caractéristiques globales de leurs images tandis que X. Jiang et al. ([40]) adaptent localement  $\mu$  en fonction des changements locaux de contraste et de courbure ce qui permet d'accélérer les calculs. Dans notre cas la possibilité d'une variation fréquentielle importante au sein de l'image impose d'adapter dynamiquement ces paramètres en fonction des caractéristiques fréquentielles locales. Soit  $f$  la distance inter-strie locale au bloc contenant le pixel  $P$ .

Pour éviter de "sauter" une strie nous avons choisi  $\mu(f) = 1+f/2$ .

Concernant,  $\theta$  une valeur trop faible risque d'empêcher la détection du maximum local. Pour des raisons similaires au choix de nous avons imposé  $\mu(f) = 1+3f/2$ .

Nous venons de voir comment extraire une strie de l'image en partant d'un point quelconque de cette strie. Il nous reste à définir comment extraire l'ensemble des stries de l'image.

On commence par se définir une grille de points de départs à partir desquels on va chercher à suivre la strie la plus proche de sorte que l'on soit sûr de balayer toute l'image. Soit

$I_{D0}(\theta_{D0}, f_{D0})$  le premier point de départ correspondant au coin supérieur gauche de l'image. On commence par chercher le maximum local  $I_{C0}$  le plus proche sur la section centrée en

$I_{D0}$ , de direction  $\theta_{D0}$  et de longueur  $\theta_{f_{D0}}$  (voir Figure I-22). En appliquant la méthode précédente de suivi on peut suivre entièrement la strie associée à  $I_{C0}$ .

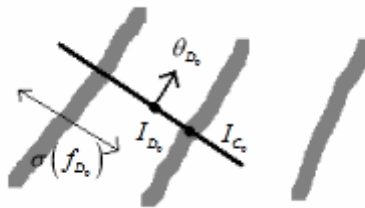


Fig I-22 : Recherche d'une strie à partir d'un point de départ

Pour suivre l'ensemble des stries la grille de départ est définie par un ensemble de points régulièrement espacés horizontalement et verticalement d'un pas  $v$ . Nous avons choisi  $v=5pixels$ .

Pour éviter de parcourir plusieurs fois une même strie et pour permettre la détection des minuties, le chemin suivi est mémorisé dans une image auxiliaire  $T$ . Avant le début du suivi l'ensemble des pixels de  $T$  est initialisé à 0. Ensuite, au cours du suivi d'une strie les pixels de  $T$  correspondant au segment reliant deux maxima locaux de la strie sont réinitialisés à la valeur 1. Pour éviter les erreurs on remplace le segment par un polygone d'épaisseur  $E$ .  $E$

doit être suffisamment grand pour couvrir entièrement la portion de strie reliant les deux maxima locaux et suffisamment petit pour éviter de recouvrir la strie voisine.  $E$  est donc dépendant de la distance inter-strie locale: nous avons choisi  $E(f) = 1 + f/2$

### I-9-3-2-2. La détection des minuties

La méthode de suivi décrite précédemment doit s'arrêter lorsqu'une minutie est détectée. Pour chaque maximum local extrait au cours du suivi on teste donc les critères d'arrêt suivants:

1. **Sortie de limage**: ce cas se produit quand on atteint une zone trop bruitée définie par la phase de segmentation. Dans ce cas le suivi est stoppé et aucune minutie n'est détectée
2. **Absence de maximum local**: aucun maximum local n'est trouvé sur la section. Dans ce cas une terminaison est détectée.
3. **Intersection d'une strie**: le maximum local  $P_N$  extrait a déjà été étiqueté suite au précédent suivi d'une strie voisine (image auxiliaire  $T$ ).  $P_N$  est détecté en tant que bifurcation.
4. **Brusque changement directionnel**: Le segment  $[I_c, I_n]$  forme avec la direction moyenne de la strie un angle supérieur à un seuil  $\Psi$ . Ceci permet d'arrêter le suivi quand la direction change brusquement ce qui indique une erreur. Une terminaison est alors détectée.

Avec ces considérations il peut tout arriver que le suivi s'arrête par erreur. En effet, supposons par exemple qu'une terminaison soit détectée par erreur suite à une absence de maximum local (ceci peut se produire si l'estimation fréquentielle locale est erronée). Dans ce cas, le suivi de la même strie en utilisant un point de départ différent s'arrêtera au voisinage de la terminaison détectée (critère d'arrêt 3) et provoquera la détection d'une bifurcation. Ce genre d'erreur se traduit donc par un regroupement d'une bifurcation et d'une terminaison. Pour y remédier, on associe un traitement spécifique lors de la détection d'une bifurcation B: on cherche une terminaison T dans la zone rectangulaire de direction centrée en B et de dimensions,  $[f, 2f]$  (Figure I-23).

Si T existe alors on supprime les 2 minuties détectées et le segment reliant B et T est mémorisé dans l'image auxiliaire. Si T n'existe pas alors la bifurcation B détectée est validé

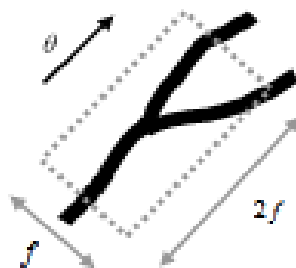


Fig I-23 :Zone de recherche de fausse terminaison lors de la détection d'une bifurcation

### I-9-3-2-3 Résultats

Cette technique de suivi a donné de bons résultats sur des images standard ayant une faible variation de la distance inter-strie (Figure I-24). Néanmoins les résultats obtenus à partir des images du capteur n'ont pas été ceux escomptés, bien que nous ayons adapté les paramètres de suivi aux caractéristiques locales. Des problèmes persistent notamment dans les zones où la distance inter-strie est très faible (la détermination du paramètre de l'image auxiliaire en est alors très délicate) et où elle subit une importante variation (problème principalement dû à une erreur d'estimation fréquentielle par blocs). En l'état actuel des choses nous n'avons pas réussi à faire fonctionner cet algorithme efficacement sur les images fournies par le capteur. Un autre problème dont il faudrait également tenir compte est l'imprécision de la détection. En effet celle-ci se fait avec une précision de l'ordre de  $\mu(f)$  ce qui nécessite un réglage plus fin lors de la détection d'une minutie pour avoir une estimation fiable de la position.

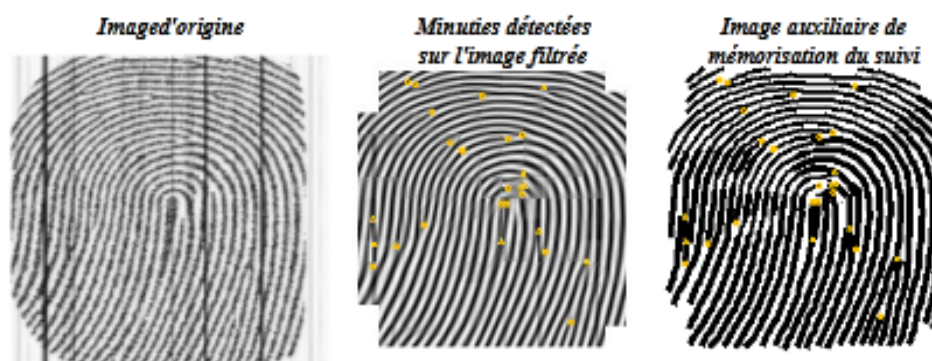


Fig I-24 : Détection des minuties par le suivi des stries de l'image filtrée

## I-10- Conclusion

Une empreinte digitale est une marque laissée par le relief cutané des doigts, venant de l'épiderme de la peau de celle-ci. Ce relief est constitué de crêtes et plis capillaires qui sont uniques et permanentes. Chaque individu a donc une empreinte digitale différente d'un autre, et même ses propres doigts n'ont pas exactement tous la même empreinte. Les chercheurs dans le domaine notent une chance sur 64 milliards, la probabilité que deux individus aient la même empreinte digitale

L'architecture du système biométrique contient plusieurs phases, une de ces phases importantes est l'extraction des caractéristiques, les méthodes changent avec la diversité des caractéristiques, qui peuvent être physiques ou comportementales.

De nos jours les empreintes sont toujours largement utilisées et reconnues comme méthode d'identification fiable, précise et bien acceptée par les utilisateurs.

Il existe trois approches différentes d'algorithmes du traitement des empreintes digitales pour reconnaissance biométriques:

- l'approche basée sur l'extraction des minuties.
- L'approche basée sur la corrélation.
- L'approche basée sur la texture de l'image d'empreinte.

L'approche par détection de minuties est la plus utilisée par les travaux de recherche, cela est dû principalement aux résultats de reconnaissance obtenus qui sont meilleurs que ceux des approches basées sur l'image de l'empreinte. Ces dernières sont utilisées surtout lorsque l'image de l'empreinte est assez mauvaise pour ne pas détecter un nombre confident de minuties dans l'image.

Nous avons présenté l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur la reconnaissance par empreinte digitale qui nous permettra par la suite de concevoir le module de vérification d'empreinte de nos approches proposées.

Au cours de ce chapitre consacré à la reconnaissance de l'empreinte digitale; nous avons vu les caractéristiques de l'empreinte, ainsi que la structure globale d'un système de reconnaissance d'empreintes.

Nous avons également représenté les différentes approches de comparaison des empreintes digitales existant dans la littérature en focalisant sur la comparaison basée sur les minuties.

# *Chapitre2*

## *Conception*

## II 1- Introduction

Après avoir survolé la littérature des méthodes d'extraction des caractéristiques des images biométriques, il s'agit maintenant de mettre en œuvre les étapes explicitées dans les chapitres précédents pour obtenir une application qui permet l'extraction des caractéristiques des empreintes digitales en deux méthodes, une méthode classique basée sur l'extraction des minuties depuis le squelette binaire de l'image d'empreinte digitale et une deuxième méthode basée sur l'extraction depuis l'image en niveau de gris

## II-2 La conception et l'architecture du système proposé (figure 2-1)

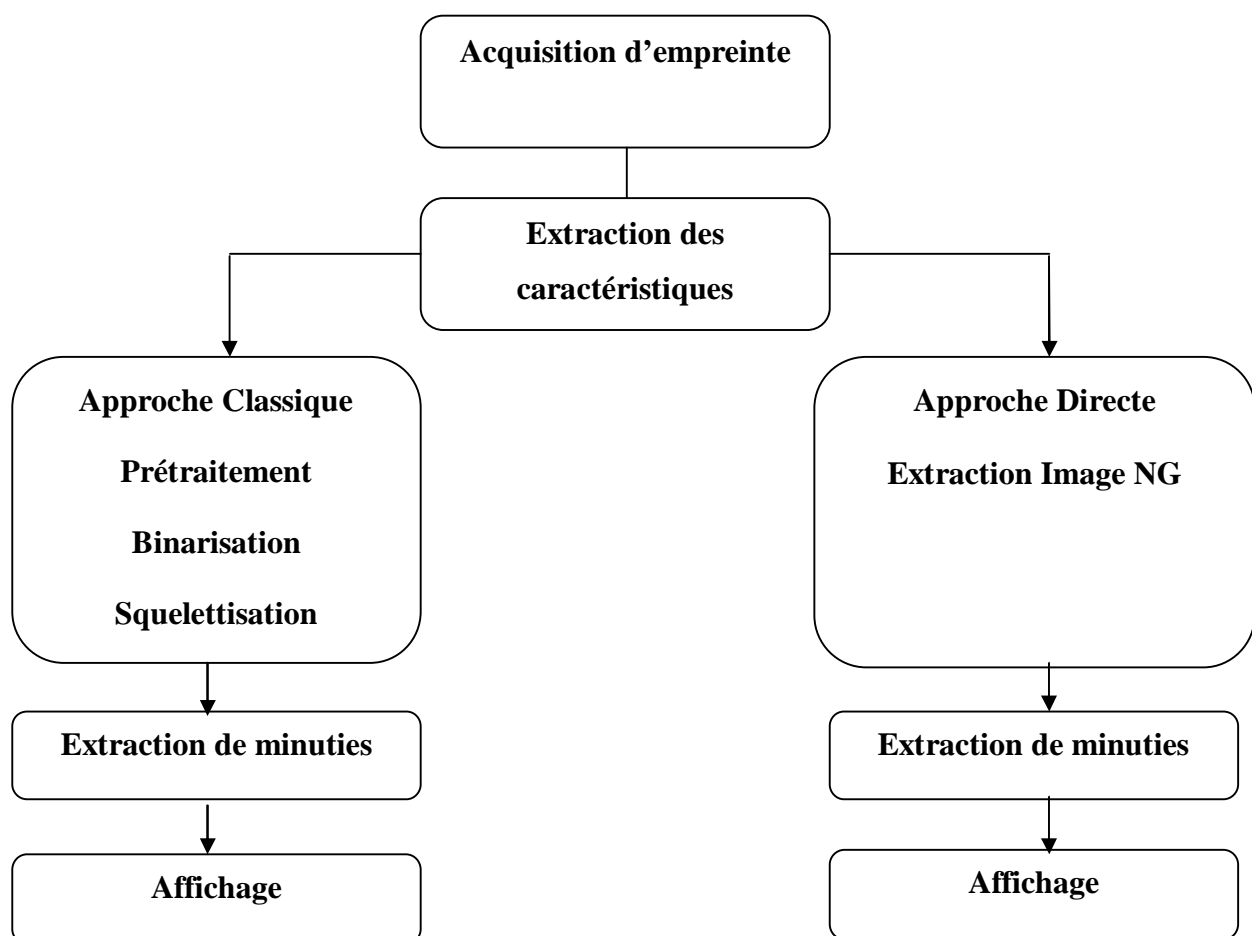


Fig II-1 Processus suivi dans un système de la reconnaissance des empreintes

Pour réaliser notre système d'extraction des empreintes digitales, Voir les processus illustrées par la (figure II-1)

## II-3. Processus de l'extraction

### II-3-1 Approche Classique

#### II-3-1-1 Acquisition de l'empreinte

Une identification par empreinte digitale comprend une phase d'acquisition d'une image d'au moins une empreinte digitale du candidat à l'identifiant et une phase de traitement de cette image pour permettre sa comparaison à des images d'empreintes digitales, ou à des représentations de ces empreintes traitées pour en faire ressortir les caractéristiques (représentations appelées gabarits), stockées dans une base de données avec l'identité du propriétaire de chacune d'entre elles [41]. (Figure 2-2)



Fig 2-2 : Image d'empreinte acquise

#### II-3-1-2 Prétraitement de l'empreinte digitale

Les algorithmes de reconnaissance d'empreintes digitales sont sensibles à la qualité des images d'empreintes digitales. Alors l'étape de prétraitement est nécessaire avant d'effectuer les étapes suivantes. La qualité des images d'empreintes digitales dépend de plusieurs facteurs, comme : le contact avec la sonde, la qualité de sonde, la profondeur de rides/vallée.

Cette étape a pour but, l'amélioration de la qualité de l'image. En effet, elle vise à uniformiser les contrastes ; à éliminer le problème d'encre et à rectifier l'image quand le doigt est gras. Ces défauts influent sur les algorithmes de reconnaissance des empreintes digitales. (Figure 2-3).

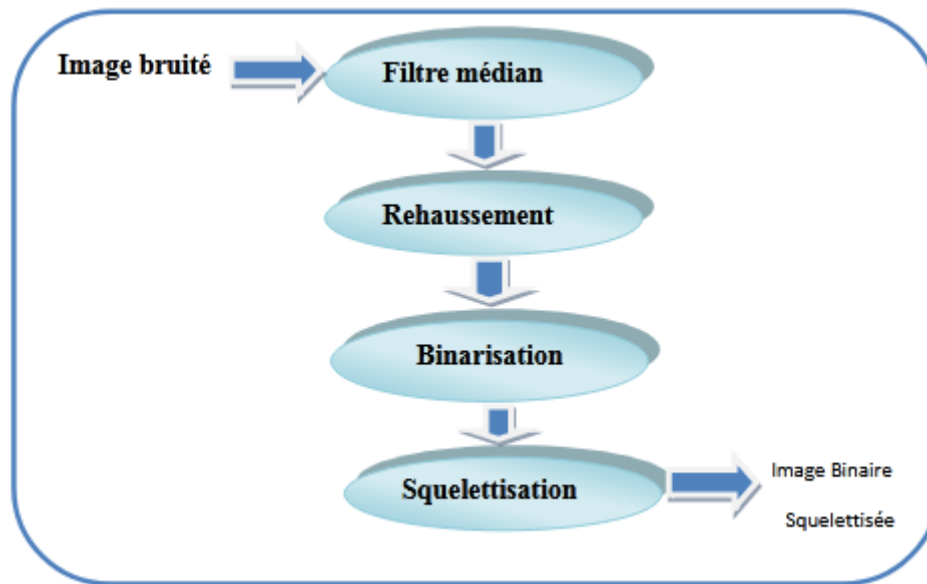


Fig II-3 Prétraitement de limage

### II-3-1-2-1 Filtrage médian

C'est un filtre qui consiste à réduire le bruit, c'est une étape de prétraitement classique visant à améliorer les résultats de traitement futurs.

Nous avons utilisé ce type de filtre parce qu'il est le plus convenable pour notre application, il facile à implémenter et il diminue le bruit sans perdre les informations de l'image.

**L'algorithme de ce traitement est comme suit :**

*Début*

*Pour chaque pixel de l'image originale faire*

- charger la valeur de ce pixel et ses voisins dans un tableau*
- Trier ce tableau par ordre croissant ou décroissant*
- Remplacer la valeur de ce pixel par l'élément médian du tableau*
- Afficher l'image filtrée*

Algorithme II-1. Algorithme de filtrage médian

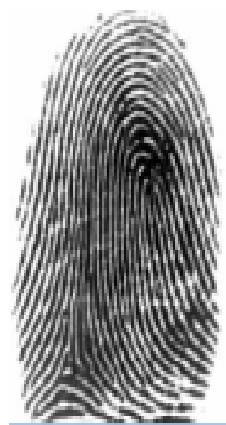


Fig II-4. Image filtrée

### II-3-1-2-2- Rehaussement

Comme nous avons vu dans le précédent chapitre que l'égalisation d'histogramme ou le rehaussement est une opération d'ajustement du contraste d'une image qui utilise l'histogramme. Elle consiste à appliquer une transformation sur chaque pixel de l'image et d'obtenir donc une nouvelle image à partir d'une opération indépendante sur chacun des pixels. Soient  $V_{\max}$  et  $V_{\min}$  les valeurs minimale et maximale en niveau de gris de l'image (en général,  $V_{\min} = 0$  et  $V_{\max} = 255$ ).

On calcule les valeurs  $d$  et  $g$  donnée par :

$$d = \frac{V_{\min} \cdot V_1 - V_{\max} \cdot V_0}{V_1 - V_0} \quad \text{et} \quad g = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_1 - V_0}$$

La transformation linéaire  $T$  suivante transforme la valeur  $v$  d'un pixel en valeur  $v'$  :

$$\forall v \in [V_0, V_1], v \xrightarrow{T} v' \in [V_{\min}, V_{\max}] \quad \text{avec} \quad v' = g \cdot v + d$$

La figure (II.5) illustre ce processus d'amélioration du contraste:

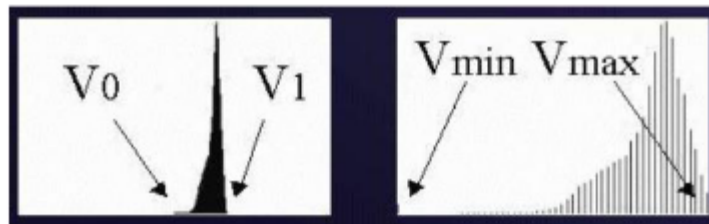


Figure II.5 L'histogramme et l'histogramme l'égalisé

**Algorithme de Rehaussement:**

-Vmin la plus petite valeur en niveau de gris de l'image en entrée  
-Vmax la plus grande valeur en niveau de gris de l'image en entrée  
-V0 et V1 les limites de la zone non nulle de l'histogramme et l'image en entrée

Début

Vmin --> 0; Vmax -->255;

Pour chaque pixel de l'image en entrée faire

-A --> Vmin multiple par V1

-B --> Vmax multiple par V0

-Calculer la différence entre A et B

Difference1--> A-B

Difference2 --> V1-V0

Difference3 -->Vmax-Vmin

-Calculer la valeur de d et g

d-->difference1divise par difference2



Fig II.6 Image rehaussée

### II-3-1-3 Binarisation

#### II-3-1-3-1 Seuillage global (La méthode d'Otsu)

Dans cette partie nous utilisons la méthode d'Otsu pour effectuer un seuillage automatique à partir de la forme de l'histogramme de l'image. Cette méthode nécessite donc le calcul préalable de l'histogramme de l'image. L'algorithme suppose alors que l'image à binariser ne contient que deux classes, (Les objets et l'arrière-plan). L'algorithme itératif calcule alors le seuil optimal T qui sépare ces deux classes afin que la variance intra-classe soit minimale et que la variance interclasse soit maximale [42].

- *Variance intra-classe:*

$$\sigma_w^2 = \omega_1(T) \times \sigma_1^2(T) + \omega_2(T) \times \sigma_2^2(T)$$

Oméga 1 représente la probabilité d'être dans la classe 1

Oméga 2 représente la probabilité d'être dans la classe 2

Sigma 1 représente la variance de la classe 1

Sigma 2 représente la variance de la classe 2

- *Variance interclasse:*

$$\sigma_y^2 = \sigma^2 - \sigma_w^2$$

Sigma représente la variance de l'image

Sigma w représente la variance intra-classe

- *Calcul de la probabilité des classes 1 et 2:*

Pour calculer la probabilité d'être dans les classes 1 ou 2 en fonction du seuil T, il suffit de sommer les probabilités de chaque niveau de gris.

$$\omega_1(T) = \sum_{k=1}^T P(k)$$

$$\omega_2(T) = \sum_{k=T+1}^{256} P(k)$$

- *Calcul de la probabilité de chaque niveau de gris*

- *Calcul de l'histogramme:*

L'histogramme est un graphique représentant la répartition des valeurs de niveau de gris dans une image. Pour calculer l'histogramme, il faut donc parcourir l'image dans sa totalité et compter le nombre de pixels qu'il y a pour chaque niveau de gris.

$$Hist(k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (Image(i, j) == k)$$

- **Calcul de la probabilité de chaque niveau de gris:**

La probabilité de chaque niveau de gris est calculée en divisant le nombre de pixels présent pour chaque niveau de gris par le nombre total de pixels dans l'image.

$$P(k) = \frac{Hist(k)}{\text{Nombre total de pixels dans l'image}}$$

• **Calcul de la variance de chaque classe:**

$$\sigma_1^2(T) = \frac{\sum_{i=1}^T (N1(i) - Moy_1(T))^2 \times P(i)}{\omega_1}$$

$$\sigma_2^2(T) = \frac{\sum_{i=T+1}^{256} (N2(i) - Moy_2(T))^2 \times P(i)}{\omega_2}$$

N1 est un vecteur de 0 à T-1

N2 est un vecteur de T à 255

Moy1 représente la moyenne de la classe 1

Moy2 représente la moyenne de la classe 2

Cette méthode consiste à implémenter manuellement la méthode d'OTSU. C'est une méthode plus complexe, Mais dans notre travail nous utilisons la méthode simple qui consiste à utiliser la fonction «graythresh». Cette méthode est la plus simple et la plus rapide car elle nécessite peu de lignes de commande et pas de calcul [42].

Voir la description de «graythresh» [43]:

- level = graythresh(I) calcule un seuil global (level) qui peut être utilisé pour convertir une image d'intensité en une image binaire avec im2bw

.-Level est une valeur d'intensité normalisée qui se situe dans la plage [0, 1].

- La graythresh fonction utilise la méthode d'Otsu, qui choisit le seuil pour minimiser la variance intra-classe des pixels noirs et blancs.

-Les tableaux multidimensionnels sont convertis automatiquement en tableaux 2D en utilisant «reshape».La «graythresh» fonction ignore toute partie imaginaire non nulle de I.

### II-3-1-3-2 Transformation de l'image a niveau de gris

La conversion d'une image en niveaux de gris en monochrome est une tâche courante de traitement d'image. Dans cette étape de travail nous avons converti l'image couleur vraie RVB (Rouge, Vert, Bleu) en image d'intensité en niveaux de gris I par la fonction suivants: `rgb2gray`. Cette fonction convertit les valeurs RVB en valeurs de niveaux de gris en formant une somme pondérée des composants R,V et B:

$$0,2989 * R + 0,5870 * V + 0,1140 * B \text{ [44].}$$

La fonction convertit les images RVB en niveaux de gris en éliminant les informations de teinte et de saturation tout en conservant la luminance [44].

### II-3-1-3-3 Transformation de l'image en niveau de gris en image binaire

Dans cette étape nous avons Converti l'image en niveaux de gris en image binaire bw (Black and White), en remplaçant tous les pixels de l'image d'entrée par une luminance supérieure à la valeur 1 (blanc) et en remplaçant tous les autres pixels par la valeur 0 (noir). Donc Nous utilisons la fonction «`im2bw`» qui signifie «image to black and white», Cette fonction Convertit l'image en niveau de gris en image binaire, en fonction du seuil d'image global «`graythresh`» pour convertir une image d'intensité en une image binaire en utilisant la méthode d'Otsu [43]

#### Algorithme de Binarisation :

```
Début
Pour chaque pixel de l'image rehaussée faire
  Si pixel (i,j) >seuil alors
    -mettre pixel -résultat (i, j) à 1//pixel blanc
  Sinon-mettre pixel_ résultat (i, j) à 0 // pixel noir
Fin pour
-afficher l'image binarisée
```

Algorithme II.3 Algorithme de Binarisation



Fig II.7 Image binarisée.

### II-3-1-4 Squelettisation

Dans l'image binarisé, les lignes se voient clairement mais elles ont des tailles différentes, Pour pouvoir détecter rapidement les minuties (terminaisons, bifurcations), il est nécessaire d'obtenir une image plus schématique de l'empreinte, dans laquelle toutes les lignes ont la même épaisseur (1 pixel).

Donc pour finir le prétraitement de l'image d'empreinte digitale, on réalise une squelettisation, comparable à une opération d'amincissement.

La squelettisation est une classe d'algorithmes utilisée en analyse de formes. Elle consiste à réduire une forme en un ensemble de courbes, appelées squelettes, centrées dans la forme d'origine. La squelettisation est un outil d'analyse de forme non-scalaire, qui conserve les propriétés topologiques de la forme d'origine ainsi que les propriétés géométriques, selon la méthode employée.

En termes simples, la squelettisation consiste à amaigrir une forme jusqu'à obtenir un ensemble de courbes centrées. L'ensemble obtenu est alors appelé squelette ou axe médian.

Les squelettes possèdent différentes propriétés intéressantes:

- les squelettes sont théoriquement invariants par transformation linéaire (translation, rotation et changement d'échelle),
- la squelettisation est une transformation homotopique: elle préserve les propriétés topologiques de la forme.

*Début*

*-Image binarisée en entrée.*

*-Eliminer les crêtes redondants jusqu'à ce qu'ils sont qu'un pixel de large.*

*Afficher l'image squelettisée.*

*Fin.*

Algorithme II.4 Algorithme de squelettisation

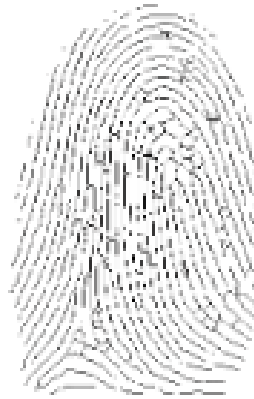


Fig II.8 Image squelettisée

### II-3-1-5 Extraction des caractéristiques

La phase d'extraction des caractéristiques présente l'une des étapes les plus importantes dans tout système de reconnaissance. Elle consiste à extraire de l'image d'une classe donnée l'information pertinente permettant de la distinguer plus facilement des autres classes [45]

#### II-3-1-5-1 Détection des minuties

Les deux étapes de préparation à l'extraction (binarisation et squelettisation) ont grandement facilité cette phase. En effet nous disposons maintenant d'une image binaire squelettisée: un pixel noir prend la valeur 1, un pixel blanc prend la valeur 0 et la largeur des stries est égale à 1 pixel. Si l'on calcule le nombre de transitions divisé par 2 entre un pixel blanc et un pixel noir pour chaque point du squelette, on obtient le nombre CN de stries partant de ce point (CrossingNumber) et nous pouvons donc déterminer simplement le type d'un pixel (voir Figure II.9).

$$CN = 0.5 * \sum_{i=1}^8 |p_i - p_{i-1}|, \text{ avec } p_8 = p_0 \text{ et } p_i \in \{0,1\}$$

P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
P <sub>8</sub>	P	P <sub>4</sub>
P <sub>7</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>5</sub>

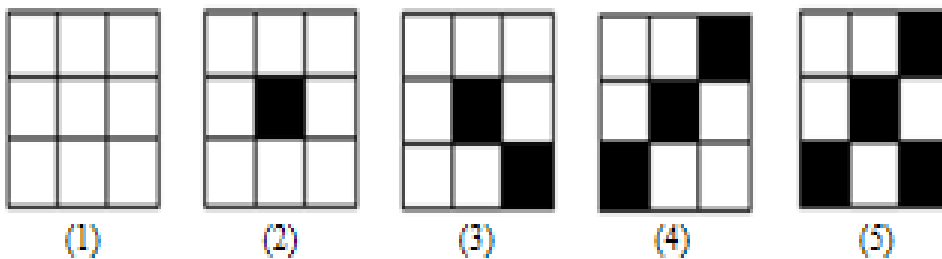


Fig II.9. Les cinq cas obtenus lors de processus d'extraction des minuties. Les pixels de valeur 1 et ceux de valeur 0 sont respectivement symbolisés par les carrés noirs et les carrés blancs.

- $I(i, j) = 0$ : c'est une vallée de l'empreinte digitale.
  - $I(i, j) = 1$  et aucune stries voisine (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 0$ ) : c'est un point isolé (voir la figure 3.3), cependant nous n'en tenons pas compte, car il existe rarement dans une empreinte, il est probablement dû à un bruit.
  - $I(i, j) = 1$  et une seule strie voisine (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 1$ ) : c'est une terminaison
  - $I(i, j) = 1$  et deux stries voisines (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 2$ ) : il s'agit ici d'une ligne continue c.à.d. il n'y a pas de minutie
  - $I(i, j) = 1$  et trois stries voisines (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 3$ ) : c'est une bifurcation.
- Le cas de  $I(i, j) = 1$  et plus de trois stries voisines (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i > 3$ ) : Ne compte pas parce que les stries de l'empreinte digitale ne sont pas transversales.

**Début**

- Image squelettisée en entrée
- Calculer le nombre de voisinage autour d'un pixel de l'image
- Déterminer le type de chaque pixel selon la valeur
- .
- .

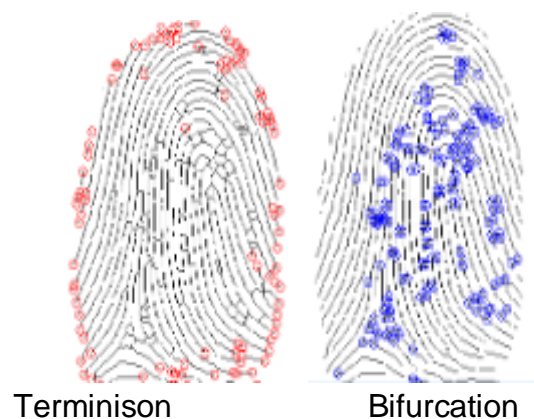
**Algorithme II.5 Algorithme de détection des minuties**

Figure II.10 Détection des minuties

**II-3-1-5-2 L'élimination des fausses minuties**

Dans cette étape nous allons éliminer le maximum des fausses minuties détectées au cours des étapes de binarisation et de squelettisation. Pour cela nous utilisons des considérations heuristiques

[47], [48] basées sur le fait que la distance entre deux minuties voisines ne doit pas dépasser un certain seuil. Pratiquement, si on trouve plusieurs minuties dans une petite région cela indique la présence de bruit, deux terminaisons plus proches indiquent une coupure dans la strie [46], ainsi que, beaucoup de fausses minuties se situent généralement au bord de l'image, d'autres considérations se présentent dans [47] [49]. La figure II.11 illustre les fausses minuties qui peuvent être rencontrées.

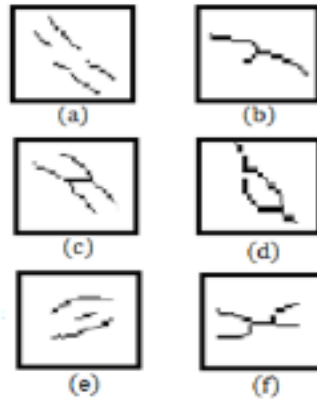


Fig II.11.Type des fausses minuties, (a) coupure dans les stries, (b) segment court, (c) pont, (d) ilot,(e) segment court, (f) segment court.

Pour effectuer ce traitement il faut passer par les trois étapes suivantes:

Etape 1 calculer la distance entre terminaison et bifurcation voisines.

Etapes2 : calculer la distance entre deux terminaisons voisines

Etape3 : calculer la distance entre deux bifurcations voisines.

On calcule la distance euclidienne tel que :  $(x_1, y_1)$  sont les coordonnées de la première minuties et  $(x_2, y_2)$  sont les coordonnées de la deuxième minuties selon la formule suivante :

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

L'algorithme d'élimination des fausses minuties illustre ci-dessous :

*Début*

*Nous ne supposons que la distance  $D=6$*

*Pour chaque pixel de l'image en entrée faire*

*Si la distance entre une terminaison et une bifurcation voisins  $< D$  alors*

*-éliminer les deux minuties*

*Si la distance entre deux terminaisons voisins  $< D$  alors*

*-éliminer les deux terminaisons*

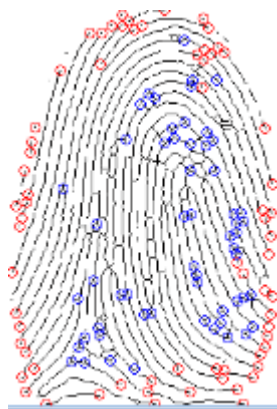
*Si la distance entre deux bifurcation voisins  $< D$  alors*

*-éliminer les deux bifurcations*

*Fin pour*

*-Afficher l'image résultat*

Algorithme II.6 Algorithme d'élimination des fausses minuties



Terminaison et Bifurcation

Fig II.12 Image de la phase d'élimination des fausses minuties

### II-3-1-5-3 L'orientation des minuties

Pour faire l'orientation de terminaison et bifurcation, nous avons analysé la position du pixel et ses voisinages avec une matrice de 5\*5. Nous avons comparé cette position avec la table des variables des angles obtenues

La matrice que nous avons utilisée est présentée ci-dessous :

$$\text{Table} = \begin{bmatrix} 3\pi/4 & 2\pi/3 & \pi/2 & \pi/3 & \pi/4 \\ 5\pi/6 & 0 & 0 & 0 & \pi/6 \\ \pi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -5\pi/6 & 0 & 0 & 0 & -\pi/6 \\ -3\pi/4 & -2\pi/3 & -\pi/2 & -\pi/3 & -\pi/4 \end{bmatrix}$$

Tableau II-1 variable de comparaison

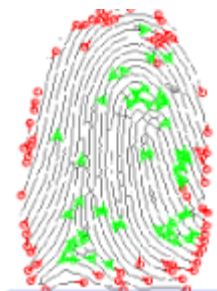


Fig II.13 Image de la phase de l'orientation des minuties

### II-3-2 Méthode d'extraction directe

Se base sur l'extraction des minuties à partir de l'image en niveau de gris, l'intérêt de cette approche est de détecter les lignes, les intersections des lignes et les terminaisons des lignes dans les images. Nous nous sommes servi de cette approche pour détecter les minuties de type (jonction et terminaison).

### II -3-2-1 Approche de détection des lignes, jonctions des lignes et terminaisons

L'extraction des lignes porte sur l'estimation de la plausibilité et l'orientation de chaque pixel de l'image. En utilisant les performances des filtres de Canny, l'approche de [Des et al., 04] propose un détecteur de lignes optimal qui opère séparément sur les directions horizontales et verticales. Ce détecteur a l'avantage d'être rapide de par son implémentation sous forme de filtres récurrents à impulsion infinie IIR, de plus il est moins coûteux en temps d'exécution.

L'algorithme d'extraction des lignes se déroule en deux étapes :

1-Filtrage de l'image dans les différentes directions horizontale, verticale et (horizontale&verticale) pour obtenir respectivement les images ( $I_x$ ,  $I_y$  et  $I_z$ ).

2-Suppression des non maxima par l'algorithme de Canny dans la direction qui maximise la variance. La figure II-14 illustre la démarche d'extraction des lignes.

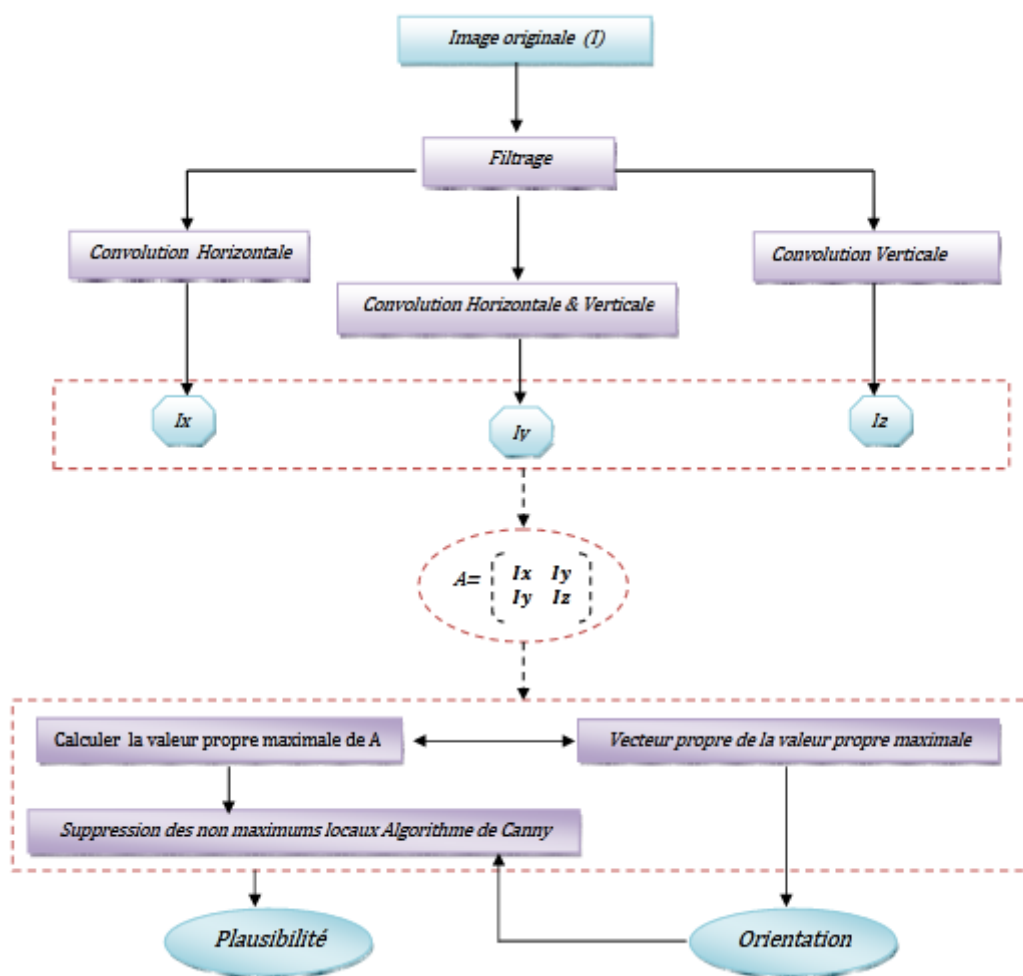


Fig II-14 Processus d'extraction des lignes

### Algorithme de détection des lignes

1-Filtrage de l'image originale I avec les filtres: **X**, **Y** et **Z** : Images obtenues: **IX**, **IY** et **IZ**.

2-Etablir la matrice  $A =$

$$\begin{pmatrix} I_x & I_y \\ I_y & I_z \end{pmatrix}$$

3-Suppression des non maximums dans la direction du vecteur propre qui correspond à la valeur propre maximale  $\lambda_{max}$  de la matrice en utilisant l'algorithme de Canny.

Algorithme II.7 Algorithme de détection des lignes

### II-4 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons mis l'accent sur les principales étapes pour faire une conception de notre système, en commençant par la méthode classique et ses algorithmes puis la méthode d'extraction directe

La reconnaissance d'empreinte digitale comporte la phase de traitement qui est initialisée par le filtrage suivi par le rehaussement pour améliorer le contraste, ensuite la binarisation et enfin la squelettisation pour préparer l'image à la phase d'analyse ou d'extraction des minuties.

Cette phase sert à détecter toutes les minuties possibles de l'image d'empreinte, ensuite nous avons éliminé les fausses minuties pour diminuer le nombre de minuties et pour faciliter la phase suivante. La réalisation de notre travail sera présentée dans le prochain chapitre.

## *Chapitre III*

### *Implémentation*

### III-1 Introduction

Dans ce chapitre on va parler de l'environnement de développement choisi pour implémenter notre système proposé dans le chapitre précédent, on se focalise sur l'extraction des caractéristiques d'empreintes digitales qui comporte deux approches, dans ce qui suit, nous présentons les différents étapes de notre système qui permet l'extraction de minuties par les deux méthodes.

### III-2 Réalisation de l'application

L'implémentation est la phase la plus importante après celle de la conception. Le choix des outils de développement influence énormément sur le coût en temps de programmation, ainsi que sur la flexibilité du produit à réaliser. Cette phase consiste à transformer le modèle conceptuel établie précédemment en des composants logiciels formant notre système.

### III-3 La technologie utilisée

**MATLAB R2016a** MATLAB est un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques (Figure2-2). Il est développé et commercialisé par la société Américaine The Math Works et utilisé dans les domaines de l'éducation, de la recherche et de l'industrie pour le calcul numérique mais aussi pour développer des projets et créer des solutions nécessitant une très grande puissance de calcul.

Figure III-1



Fig III-1 :La version utilisé est **MATLAB R2016a**

Le logiciel MATLAB est construit autour du langage MATLAB. Une interface en ligne de commande, qui est un des éléments du bureau MATLAB, permet d'exécuter des commandes simples. Des séquences de commandes peuvent être sauvegardés dans un fichier texte,

typiquement avec l'éditeur MATLAB, sous la forme d'un « script » ou encapsulé dans une fonction. [50]

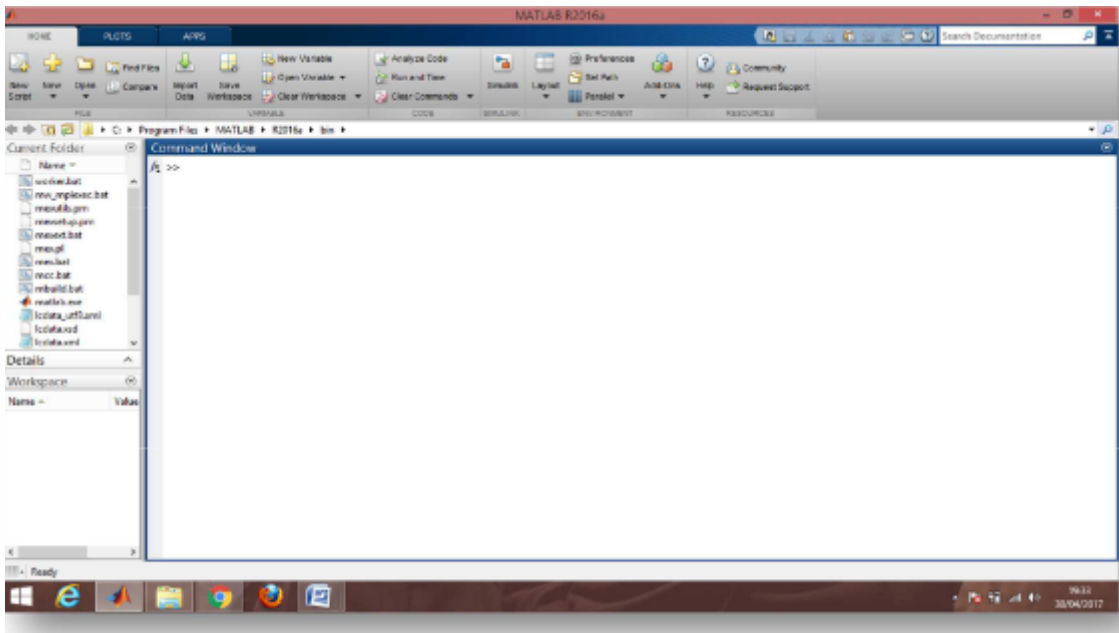


Fig III-2: Interface de MATLAB

### III-4 Développement de l'application

Dans cette étape, nous allons présenter les différentes phases de la réalisation de notre projet .

#### III-4-1 Présentation de l'application:

On présente dans cette section les deux approches utilisées pour l'extraction des minuties de l'empreinte digitale à traité.

##### III-4-1-1 Interface principale:

C'est une interface destinée aux utilisateurs, elle est simple et permet d'illustrer les deux méthodes d'extraction des caractéristiques des empreintes digitales, elle apparait après le lancement de l'application intitulé : L'extraction des caractéristiques des empreintes digitales.

Cette interface graphique est composée d'un bouton principal qui charge l'image originale de l'empreinte acquise dans deux fenêtres, deux menus ,le haut destinée pour l'approche classique, le bas est pour l'approche de l'extraction directe.

(Figure III-3)

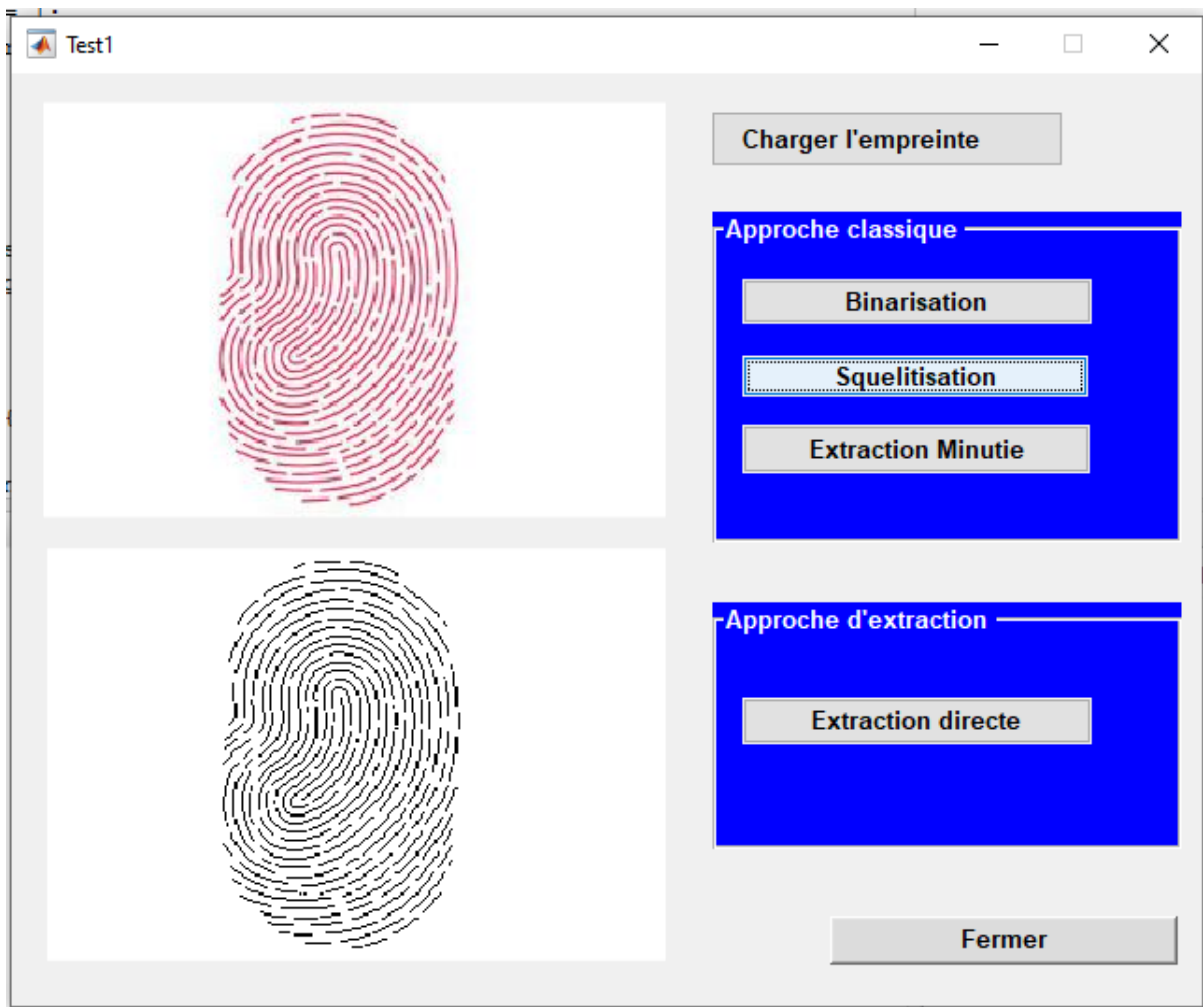


Fig III-3 Interface principale

#### III-4-1-2 Menu pour la méthode classique:

- Ce menu de l'approche classique est composé de trois boutons :
- 1- le bouton **Binarisation** sert à binariser l'image acquise (Figure III-4)

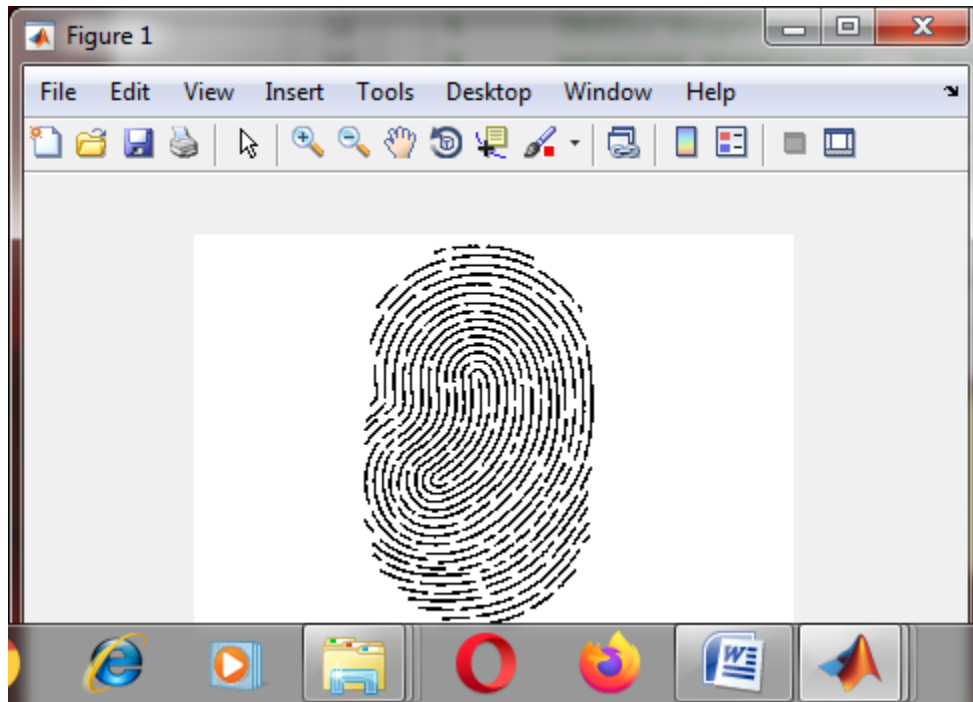


Fig III-4 Binarisation

- 2- le bouton **Squelettisation** affiche l'image squelettisé après la binarisation (Figure III-5).

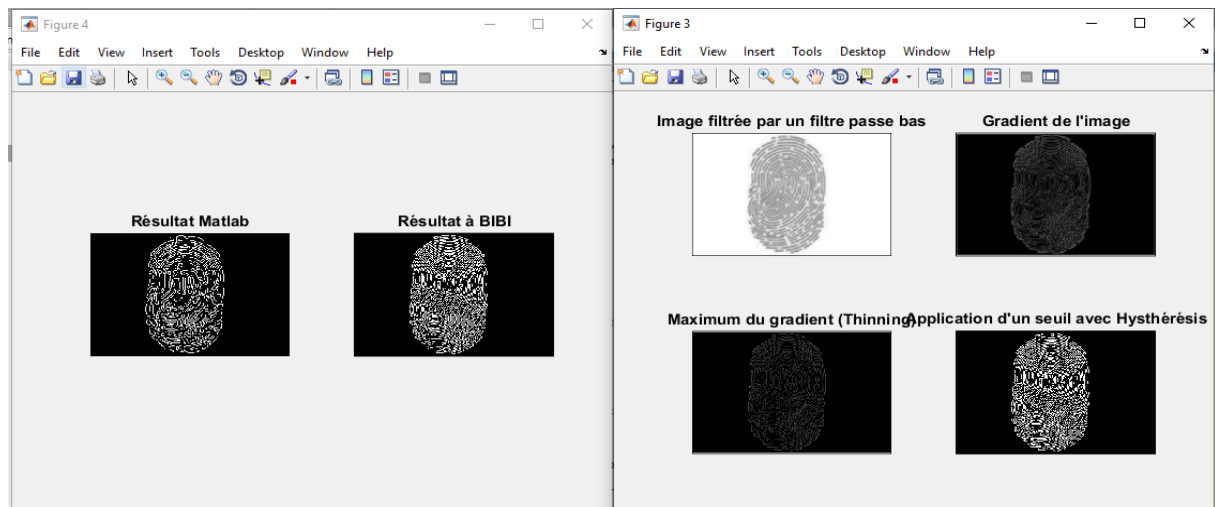


Fig III-5 : squelettisation

- 3- Le bouton **Extraction Minutie** donne le fruit de ce travail (Figure III-6)



Fig III-6 Extraction Minutie

### III-4-1-3 Menu pour la méthode d'extraction directe:

Composé d'un seul bouton sert à extraire les minuties de l'image en niveau de gris sans passer par les étapes fournées par l'approche classique (Figure III-7)

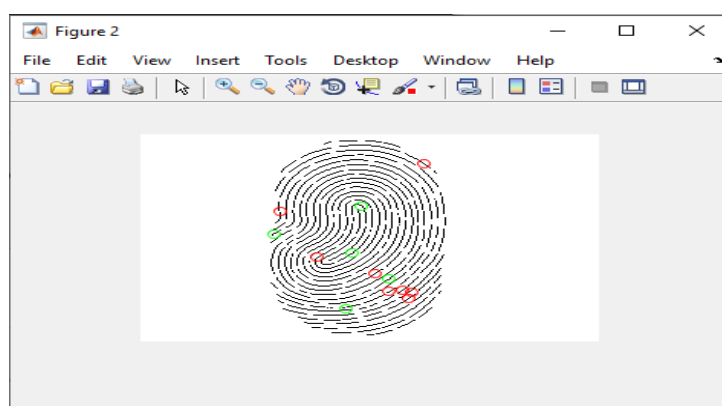


Fig III-7 Extraction directe de minutie

### III-5 Les activités futures:

On a conclue que l'extraction des caractéristiques par les deux méthodes donne des résultats acceptables, ce qui nous pousse à travailler avec la méthode hybride dans les futurs travaux, afin de produire un système plus performant et puissant. Les méthodes hybrides (ou méthodes de fusion) sont des approches utilisant à la fois des caractéristiques globales et des caractéristiques locales. Les facteurs clés qui influent les performances des méthodes de fusion comprennent le choix des caractéristiques pour la combinaison et la manière de les combiner de telle sorte que leurs avantages soient préservés et que leurs inconvénients soient évités.

### III-6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les étapes de la conception du système qui fait l'extraction des caractéristiques des empreintes par deux méthodes, l'environnement matériel et logiciel, ainsi les détails de réalisation de notre système et l'interface développée. En vue de ce qui a été fait dans la conception et la réalisation, on peut dire que :

- l'extraction des minuties avec ces deux méthodes d'extraction des caractéristiques couvre un nombre important de classes d'empreinte à traiter.
- Son interface est simple que toute personne ayant peu de connaissances sur la biométrie peut utiliser.
- L'extraction des minuties est très rapide et facile à détecter.

---

## Conclusion générale

La plupart des systèmes de reconnaissance utilisent la méthode classique de détection de minutie basée sur la binarisation, squelettisation dont l'avantage réside dans la simplicité à extraire et détecter les minuties lorsque l'on dispose d'un squelette précis de l'image. l'inconvénient vient de la perte d'information et du bruit introduit au cours de la binarisation ,ce qui provoque l'apparition d'une multitude de fausses minuties et nécessite un traitement à posteriori relativement important .de plus l'étape de squelettisation est couteuse en temps de calcul car plusieurs balayages de l'image sont nécessaire selon l'épaisseur des stries.

Ces considération nous ont donc amené à étudier une autre méthode consistant à extraire la carte des minuties directement sur l'image brute en niveaux de gris ce qui permet d'éviter les étapes de binarisation et de squelettisation.

Cette technique est basée sur le suivi des stries selon le maximum local. En effet une strie est idéalement une ligne de l'image composé d'un ensemble de maximum locaux reliant deux minuties .pour suivre une strie il suffit donc de détecter cette suite jusqu'à atteindre les deux points extremes.si l'on considère l'image brut en sortie du capteur les maxima sont mal définis en raison du bruit important présent dans l'image, c'est pourquoi nous appliquons cette méthode non pas sur l'image d'origine mais sur l'image filtrée obtenue ou le maxima sont clairement définis.

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés au problème des méthodes d'extraction des caractéristiques des images biométriques. Notre travail consiste à développer un système qui permet l'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale baser sur deux méthodes d'extraction des caractéristiques différentes. Tout d'abord, dans le premier chapitre nous avons présenté l'état de l'art du sujet entamé et mentionné les types de caractéristique d'image, puis les méthodes d'extraction, deuxième chapitre pour la conception et enfin le troisième chapitre pour l'implémentation de notre système.

### BIBLIOGRAPHY

- [1] Ryszard S. Choras, < Image Feature Extraction Techniques and Their Applications for CBIR and Biometrics Systems>
- [10] W.J. Babler, Embryologic Development of Epidermal Ridges and Their Configurations, *Dermatoglyphics: Science in transition*. Birth defects, New York, Wiley-Liss, pp. 95-112, 1991
- [11] Francis Galton, *Fingerprint*, McMillan, London, 1892.
- [12] International Biometric Group, *The Henry Classification*,
- [13] Maltoni Davide, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, *Handbook of fingerprint recognition*, Springer, New York, 2003.
- [14] A.K. Jain, S. Prabhakar and S. Pankanti, "Twin Test: On Discriminability of Fingerprints", *Proc. 3rd International Conference on Audio-and Video-Based Person Authentication*, pp. 211-216, Sweden, June 6-8, 2001
- [15] H. Ailisto and M. Linholm, "A review of fingerprint image enhancement methods", *International Journal of Image and Graphics*, Vol. 3, No. 3, pp. 401-424, 2003.
- [16] D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Jain, S. Prabhakar. "Handbook of Fingerprint Recognition: Section 2.6 Fingerprint scanners and their features", Springer, New York, 2003
- [17] Nalini Ratha, Ruud Bolle *Automatic Fingerprint Recognition Systems*, Springer, New York, 2004.
- [18] R. Bansal, P. Sehgal, P. Bedi, "Minutiae extraction from Fingerprint images, a review", *International Journal of Computer science issues (IJCSI)*, vol. 8, Issue. 5, No. 3, pp. 74-85, 2011.
- [19] V. Humbe, S. S. Gornale, R. Manza and K. V. Kale, "Mathematical Morphology approach for Genuine Fingerprint Feature Extraction", *Int. Journal of Computer Science and Security (IJCSS)*, vol. 1, pp. 53-59, 2007.
- [20] R. Bansal, P. Sehgal, P. Bedi, "Effective Morphological Extraction of True Fingerprint Minutiae based on the Hitor Miss Transform", *International Journal of Biometrics and Bioinformatics (IJBB)*, vol. 4, pp. 71-85, 2010
- [21] Zhixin Shi, Venu Govindaraju, "A chaincode based scheme for fingerprint feature extraction", *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, pp. 462-468, 2006.
- [22] Zenzo, L. Cinque, and S. Levialdi, "Run-Based Algorithms for Binary Image Analysis and Processing", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 1, pp. 83-88, 1996

- 
- [24] J.L. Dugelay, J. -C. Junqua, C. Kotropoulos, R. Kuhn, F. Perronnin, I. Pitas, "Recent Advances in Biometric Person Authentication", IEEE Int. Conf on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), Orlando, Florida, May 2002.
- [25] M. Sezgin et B.Sankur, "Survey over image thresholding technique and quantitative performance evaluation", Journal of Electronic Imaging, vol. 13, p. 146-165, 2004.
- [27] Christophe LOHOU, Contribution à l'analyse topologique des images : étude d'algorithmes de squelettisation pour images 2D et 3D, selon une approche topologie digitale ou topologie discrète, Informatique Fondamentale et Applications, 20 décembre 2001.
- [28] Christel-Loïc TISSE, Lionel MARTIN, Lionel ROBERT, Système automatique de reconnaissance d'empreintes digitales. Sécurisation de l'authentification sur carte à puce, Advanced System Technology Laboratory.
- [29] S.Kim, D.Lee, J. Kim, "Algorithm for Detection and Elimination of False Minutiae in Fingerprint Image", Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, vol. 2091, p. 235-240, 2001.
- [30] A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna, A. Leone, "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binary images", Pattern Recognition, vol. 32, p. 877-889, 1999.
- [31] Maltoni Davide, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, Handbook of fingerprint recognition, Springer, New York, 2003
- [32] A.M Bazen, S.H. Gerez, "An intrinsic Coordinate System for Fingerprint Matching", Proc. Int. Conf. on Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication, p.198-204, 2001
- [33] N. Ratha, R. Bolle, "Automatic Fingerprint Recognition Systems", Springer, New York, 2004
- [34] University of Bologna <http://biolab.csr.unibo.it>, de 9/02/2009.
- [35] E. Kaymaz, S. Mitra, "Analysis and Matching of Degraded and Noisy Fingerprints" Proc. of SPIE (Application of Digital Image Processing), vol. 1771, p. 498-508, 1992.
- [36] J.D. Stosz, L.A. Alyea, "Automated System for Fingerprint Authentication Using Pores and Ridge Structure", Proc. of SPIE (Automatic Systems for the Identification and Inspection of Humans), vol. 2277, p. 210-223, 1994.
- [37] L. M. Munoz-Serrano, "Sistema automatico de reconocimiento de huella dactilar basado en informacin de textura", master's thesis, ETSIT, université Politecnica de Madrid, 2004.

- 
- [38] David Maltoni, D.Maio, A.Salil: Handbook, Fingerprint 2003
- [39] D. Maio and D.Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 1, pp. 27-39, 1997.
- [40] X. Jiang, W. Yau and W. Ser, "Detecting the fingerprint minutiae by adaptive tracing the gray-level ridge", Pattern Recognition, Vol. 34, pp. 999-1013, 2001.
- [42] Googlecom.2008.Binarisation | Méthode d'OTSU.[Online].[2 May 2018]. Available from: «<https://sites.google.com/site/lizantchristopher/services/binarisation-1>».
- [43] Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
- [44] Mathworkscom.2018.ConvertRGB image or colormap to grayscale -MATLAB rgb2gray.[Online].[6-May-2018].Available from: <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html>».
- [45] S. Chevalier, «Reconnaissance d'écriture manuscrite pour des techniques markoviennes: une approche bidimensionnelle et générique,» Thèse de Doctorat, Université René Descartes, France, 2004.
- [46] Maltoni Davide, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, Handbook of fingerprint recognition, Springer, New York, 2003.
- [47] S.Kim, D.Lee, J. Kim, "Algorithm for Detection and Elimination of False Minutiae in Fingerprint Image", Lecture Notes in Computer Science, Spring Verlag, vol. 2091, p. 235-240, 2001
- [48] Z.Bian, D.Zhang, W.Shu, "Knowledge-Based Fingerprint Post-Processing", International Journal of Pattern Recognition and artificial Intelligence, vol. 16, no.1,p. 53-67, 2002.
- [49] A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna, A. Leone, "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binaryimages", Pattern Recognition, vol.32, p. 877-889, 1999
- [50] Richard Goering, <Matlab edges closer to electronic design automation world [archive]>," Times, 10/04/2004

## WEBOGRAPHY

- [2] <http://www.gendarmerie.interieur.gouv.fr> > identification
- [3] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Image>
- [4] <http://tecfaetu.unige.ch> > staf > staf-f > anzani > staf 14
- [5] <http://blog.iconfinder.com/finding-more-duplicate-icons-introduction-image-feature-extraction/>
- [6] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Numérisation](http://fr.wikipedia.org/wiki/Num%C3%A9risation)

- 
- [7] [http://fr.wikipedia.org/wiki >Détection de contours](http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tection_de_contours)
- [8] <http://devernay.free.fr> >cours> vision > pdf
- [9] [http://fr.wikipedia.org/wiki > Détection \\_de \\_ZONE\\_d%27intérêt](http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tection_de_ZONE_d%27int%C3%A9r%C3%AAt)
- [9] [http://fr.wikipedia.org/wiki > Rouge\\_vert\\_bleu](http://fr.wikipedia.org/wiki/Rouge_vert_bleu)
- [23] [http://fr.wikipedia.org/wiki > Egalisation \\_d'histogramme](http://fr.wikipedia.org/wiki/Egalisation_d%27histogramme)
- [26] FVC2004 (Fingerprint Verification Competition) [www.bias.csr.unibo.it/fvc2004](http://www.bias.csr.unibo.it/fvc2004)consulter le 25/01/2016
- [41] <http://patents.google.com>>patent

## RÉSUMÉ

L'identification et la vérification des identités de personnes se sont imposées comme une approche de sécurisation dans un environnement, afin de lutter contre le terrorisme et la criminalité organisée, il a été décidé au niveau international d'introduire la biométrie dans les titres de voyages comme solution pour limiter ce phénomène menaçant la majorité des pays. La coopération internationale dans ce domaine exige pour développer des systèmes informatiques sécurisés performants. Un fiable algorithme d'extraction de primitives (minuties) est une étape critique pour la performance d'un système automatique d'identification et de vérification.

Dans notre travail, nous traitons deux méthodes : une méthode classique basée sur l'extraction des minuties depuis le squelette binaire de l'image d'empreinte digitale et une deuxième méthode basée sur l'extraction depuis l'image en niveau de gris.

**Mots clé** : Empreintes digitales, Extraction de minuties, Binarisation, squelettisation, Bifurcation, terminaison.

## ABSTRACT

The identification and verification of the identities of people have emerged as a security approach in an environment, in order to fight terrorism and organized crime, it was decided at the international level to introduce biometrics in travel documents. as a solution to limit this phenomenon threatening the majority of countries. International cooperation in this area requires the development of efficient secure IT systems.

A reliable primitive (minutia) extraction algorithm is a critical step for the performance of an automatic identification and verification system.

In our work, we deal with two methods: a classical method based on the extraction of minutiae from the binary skeleton of the fingerprint image and a second method based on the extraction from the grayscale image.

**Keywords**: Fingerprints, Extraction of minutiae, Binariation, skeletonization, Bifurcation, termination.

## نبذة مختصرة

برز تحديد هويات الأشخاص والتحقق منها كنهج أممي في بيئة ، من أجل مكافحة الإرهاب والجريمة المنظمة ، تقرر على المستوى الدولي إدخال القياسات الحيوية في وثائق السفر كحل للحد من هذه الظاهرة التي تهدد غالبية الدول. يتطلب التعاون الدولي في هذا المجال تطوير أنظمة تكنولوجيا معلومات آمنة وفعالة  
تعد خوارزمية الاستخراج البدائية الموثوقة (التفاصيل الدقيقة) خطوة حاسمة لأداء نظام التعرف والتحقق التلقائي.  
في عملنا ، نتعامل مع طريقتين: طريقة كلاسيكية تعتمد على استخراج التفاصيل الدقيقة من الهيكل العظمي الثنائي لصورة بصمة الإصبع وطريقة ثانية تعتمد على الاستخراج من الصورة ذات التدرج الرمادي.  
الكلمات المفتاحية: بصمات الأصابع ، استخراج التفاصيل ، التثنية ، الهيكل العظمي ، التشعب ، الإنهاء.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID – EL-TARF  
جامعة الشاذلي بن جديد – الطارف  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE  
قسم الاعلام الآلي



Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de :

MASTER

Intitulé :

# Extraction des caractéristiques des Empreintes digitales

Soutenance : Juillet 2021

Domaine : Mathématiques-Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Systèmes Informatiques Intelligents (SII)

Préparé par : **HADEF Adel**

Devant le jury :

Qualité	Nom & Prénom	Grade	Etablissement
Présidente	Mme Zekri M	MCB	UCBDT
Rapporteuse	Mme Bougarne I	MCB	UCBDT
Examinatrice	Mme Ahmed Malek N	MCB	UCBDT

Année Universitaire : 2020-2021

---

## REMERCIEMENT

En termes de rédaction de notre mémoire de fin d'étude,

Tout d'abord, Nous tenons à remercier à tout instant **ALLAH**, de nous avoir éclairés vers le bon chemin et qui nous donner l'effort pour la continuité et l'arrivée à ce travail et qui nous conduit à la réussite durant notre vie.

Nous remercions, tout particulièrement et du fond du cœur Mme Bougarne pour avoir encadré et pour les conseils qu'elle nous a prodigué durant toute la période de réalisation de ce travail et pour les corrections qu'ils ont supporté. Un grand merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ce mémoire, tant d'un point de vue matériel qu'humain. Nous remercions tous les enseignants qui ont participé pour notre formation. Nous remercions les employés du département de l'informatique précisément le chef de département, ainsi que toute l'administration de l'université: Chadli Benjedid El-Tarf.

---

## DEDICACE

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :*

*La mémoire de mon cher père HADEF Korichi, ma chère mère, mes frères et sœurs.*

*Ma femme et mes enfants :Sirine, Malak Tasnime,Mohamed Jassem et Jana.*

*Mon chère ami Boumédiene Yazid que Dieu le guérisse*

*A mes collègues de la promotion.*

---

# SOMMIRE

Titre	page
Remerciement	2
Dédicace	3
Table des matières	4
Liste des figures	7
Liste des Tableaux	9
Introduction générale	10
Résumé	65
<b>Chapitre I : Etat de l'art sur les extraction des caractéristiques des empreintes digitales</b>	11
I-1 Introduction	12
I-2 Historique	12
I-3 Définition d'image	13
I-4 Définition de l'image numérique	13
I-5 Détection des fonctions	13
I-6 Description de l'objet	13
I-7 La numérisation	14
I-8 Caractéristique des images	14
I-8-1 Bords	15
I-8-2 Coin	15
I-8-3 Blobs	15
I-8-4 Couleur	16
I-9 Extraction des caractéristiques des images biométriques	16
I-9-1 Caractéristiques d'une empreinte digitale	16
I-9-1-1 La représentation globale	17
I-9-1-2 La représentation locale	18
I-9-1-2-1 Caractéristique d'empreinte de niveau 1	20
I-9-1-2-1 Caractéristique d'empreinte de niveau 2	20
I-9-1-2-1 Caractéristique d'empreinte de niveau 3	20
I-9-2 Traitement de l'empreinte digitale	20

I-9-3 Approche basée sur l'extraction de minutie	21
I-9-3-1 La méthode classique	23
I-9-3-1-1 Le prétraitement	23
I-9-3-1-1-a/ Filtrage	23
I-9-3-1-1-b/ L'égalisation d'histogramme	23
I-9-3-1-1-c/ Segmentation	24
I-9-3-1-2 La binarisation	24
I-9-3-1-2-a/ Seuillage global	24
I-9-3-1-2-b/ Seuillage local	24
I-9-3-1-2-c/ Seuillage adaptatif	25
I-9-3-1-3 La squelettisation	25
I-9-3-1-4 L'extraction de minutie	25
I-9-3-1-5 Le post traitement	26
I-9-3-1-6 L'appariement des empreintes digitales	27
I-9-3-1-6-1 Introduction	27
I-9-3-1-6-2 Méthode d'appariement d'empreintes digitales	28
I-9-3-1-6-2-a Les approches basées sur la corrélation	28
I-9-3-1-6-2-b Les approches basées sur les minuties	29
I-9-3-1-6-2-c Les approches basées sur les rides	29
I-9-3-2 La méthode directe	30
I-9-3-2-1 Le suivi des stries	31
I-9-3-2-2.La détection des minuties	33
I-9-3-2-3 Résultats	34
I-10- Conclusion	34
<b>Chapitre II : Conception</b>	36
II-1-Introduction	37
II-2- La conception de l'architecture du système	37
II-3-Processus de l'extraction	38
II-3-1 Approche classique	38
II-3-1-2 Prétraitement de l'empreinte digitale	39
II-3-1-2-1 Filtrage médian	40
II-3-1-2-2 Rehaussement	40
II-3-1-3 Binarisation	42
II-3-1-3-1 Seuillage global (La méthode d'Otsu)	42

---

II-3-1-3-2 Transformation de l'image à niveau de gris	44
II-3-1-3-3 Transformation de l'image en niveau de gris en image binaire	44
II-3-1-4 Squelettisation	45
II-3-1-5 Extraction des caractéristiques	46
II-3-1-5-1 Détection des minuties	46
II-3-1-5-2 L'élimination des fausses minuties	47
II-3-1-5-3 L'orientation des minuties	50
II-3-2 Méthode d'extraction directe	50
II-3-2-1 Approche de détection des lignes, jonctions des lignes et terminaisons	51
II-4 Conclusion	52
<b>Chapitre III : Implémentation</b>	53
III-1 Introduction	54
III-2 Réalisation de l'application	54
III-3 La technologie utilisée	54
III-4 Développement de l'application	55
III-4-1 Présentation de l'application	55
III-4-1-1 Interface principale	55
III-4-1-2 Menu pour la méthode classique	56
III-4-1-3 Menu pour la méthode d'extraction directe	58
III-5 Les activités futures	58
III-6 Conclusion	59
Conclusion générale	60
Bibliographie	61

## Liste des figures

Titre	page
Fig I-1: Bord d'une image	14
Fig I-2: Les coins d'une image	15
Fig I-3: La région d'intérêt d'une image est en vert	15
Fig I-4: Histogramme de couleur	16
Fig I-5: Les caractéristiques de l'empreinte digitale	17
Fig I-6: Les trois principales classes d'empreintes digitales	18
Fig I-7: Les principales classes d'empreintes digitales	18
Fig I-8: Les différents types de minuties	19
Fig I-9: Les approches de la reconnaissance par empreinte digitale	21
Fig I-10: Quelques minuties sur une image d'empreinte	21
Fig I-11: Les techniques d'extraction des minuties	22
Fig I-12: Exemple d'image de Binarisation	24
Fig I-13: Exemple d'image de squelettisation	25
Fig I-14 : Représentation des minuties par le modèle de coordonnées	26
Fig I-15: Les types de minuties	27
Fig I-16: Les variations intra-classe	58
Fig I- 17: Représentation des vecteurs de terminaison et de bifurcation	29
Fig I-18: La comparaison basée sur les minuties	29
Fig I-19: L'extraction des informations de texture basée sur l'orientation locale de l'empreinte digitale	30
Fig I-20: détection des minuties par le suivi de strie de l'image filtré	31
Fig I-21: Principe de suivi d'une strie	31
Fig I-22: Recherche d'une strie à partir d'un point de départ	32
Fig I-23: Zone de recherche de fausse terminaison lors de la détection d'une bifurcation	33
Fig I-24: Détection des minuties par le suivi des stries de l'image filtrée	34
Fig II-1: Processus suivi dans un système de la reconnaissance des empreintes	37
Fig II-2: Image d'empreinte acquise	38
Fig II-3: Prétraitement de l'image	39
Fig II-4: Image filtrée	39

Fig II.5: L'histogramme et l'histogramme l'égalisé	40
Fig II.6: Image rehaussée	41
Fig II.7: Image binarisée	45
Fig II.8: Image squelettisée	46
Fig II.9: Type des fausses minutie	46
Fig II.10: Détection des minuties	47
Fig II.11: Type des fausses minutie	48
Fig II.12: Image de la phase d'élimination des fausses minuties	49
Fig II.13: Image de la phase de l'orientation des minuties	50
Fig II-14: Processus d'extraction des lignes	51
Fig III-1: La version utilisé est <i>MATLAB R2016a</i>	54
Fig III-2: Interface de MATLAB	55
Fig III-4: Binarisation	56
Fig III-5: squelettisation	57
Fig III-6: Extraction Minutie	57
Fig III-7: Extraction directe de minutie	58

## Liste des Tableaux

Titre	page
Tab II-1	50

---

## Introduction générale

La biométrie est une technique d'identification d'un individu au moyen de ses caractéristiques morphologiques : empreinte digitale, géométrie de la main, structure de l'iris ou de la rétine, le timbre de la voix, forme du visage etc....

Les caractéristiques sont choisies pour varier peu au cours de la vie de l'individu et être différents d'un individu à un autre (même pour des jumeaux).

Les lecteurs biométriques sont parmi les dispositifs de lecture les plus sûrs supprimant le risque d'oubli de code, de vol, duplication ou perte de carte que l'on retrouve sur les systèmes classiques. Grâce à ces techniques on est certain que la personne identifiée est bien celle prétendue être.

L'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale est un type de mesure exploite le dessin représenté par les crêtes et sillons de l'épiderme des doigts. Ce dessin est unique et différent pour chaque individu. On en extrait les caractéristiques principales (Extraction des minuties) telles que les bifurcations de crêtes, les "îles", les lignes qui disparaissent, etc

### Problématique

L'authentification personnelle des individus trouve des applications dans différents domaines importants, allant de la criminalité aux services commerciaux et gouvernementaux. Les caractéristiques biologiques des individus ont été utilisées comme système de sécurité efficace dans ce que nous appelons le système biométrique. Ces systèmes dépendent des caractéristiques particulières du corps humain telles que les empreintes digitales, la forme des yeux, la marche, le son et les empreintes FKP (Finger Knuckle print).

Dans cette partie nous nous sommes intéressés à deux approches permettant l'extraction des minuties d'une empreinte digitale. La première méthode détecte les minuties à partir d'un squelette binaire de l'image filtrée. Cette technique est couramment utilisée pour sa simplicité et elle a donné de bons résultats. Néanmoins elle est coûteuse en temps de calcul car il est nécessaire de calculer un squelette de l'image, et elle nécessite un traitement spécifique ultérieur pour éliminer les nombreuses fausses minuties détectées. C'est pourquoi nous avons décidé d'étudier une autre approche basée sur l'extraction directement à partir de l'image filtrée sans passer par une étape de

---

squelettisation .Bien que beaucoup plus rapide, cet algorithme s'est avéré inefficace sur la plupart des images obtenues à partir du capteur utilisé car le réglage de ses différents paramètres est extrêmement sensible aux fortes variations locales de la distance inter-strie.

Dans le cadre de ce travail, le système qui vient d'être étudiés a pour but d'extraire les caractéristiques des empreintes pour décrire les informations de texture, ou bien c'est un système qui utilise deux méthode ; Premièrement on fait l'extraction des caractéristiques par La méthode classique qui consiste à extraire l'information sur un squelette binaire (noir, blanc).Deuxièmement on répète ce travail avec la méthode directe qui consiste à extraire les minuties directement sur l'image filtrée. Et dernièrement une partie comparative entre ces différentes méthodes est illustrée dans ce chapitre. Cette modalité a été choisie parce qu'elle a de nombreux avantages remarquables dans ce domaine de la biométrie, en plus c'est une technique, simple et facile à utiliser.

Afin de pouvoir concevoir un système biométrique, on a besoin d'extraire des caractéristiques de ces images, il y a divers types de caractéristiques, ainsi que différents types d'extraction et d'algorithmes, C'est dans ce contexte que nous situons notre modeste travail, Notre mémoire est scindé en trois chapitres : Dans le premier chapitre nous avons défini la biométrie ainsi que les différents techniques et modalités biométriques utilisées. Ce chapitre est constitué d'un aperçu sur les méthodes et algorithmes existant pour extraire les filtres des images biométriques.

Dans le second chapitre, est fait principalement, pour l'explication détaillée de notre programme réalisé, qui vise à identifier les personnes à partir des caractéristiques extrait d'une empreinte.

Finalement, le troisième chapitre est consacré pour les résultats expérimentaux, pour ensuite terminer ce travail par une conclusion générale qui résumera nos contributions et donnera quelques perspectives sur les travaux futurs.

## *Chapitre 1*

# *Etat de l'art sur l'extraction des caractéristiques des empreintes digitales*

## I-1 Introduction

Depuis longtemps, le public sait que : une image vaut mieux que mille mots. Combinée avec la parole, l'image constitue un moyen essentiel dans la communication homme-machine. C'est un moyen de communication universel dont la richesse du contenu permet aux êtres humains de toute et de toute culture de ce prendre.

De ce fait, le traitement d'image est devenu une discipline nécessaire pour en extraire l'information et automatiser son traitement dans le but d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes.

La reconnaissance de l'empreinte digitale est une branche de la biométrie la plus répandue, aussi bien dans le domaine de la sécurité publique (contrôle, enquête), que privée (accès à un bâtiment, protection de biens, .....

Le principe de la reconnaissance des empreintes digitales consiste à comparer une empreinte fournie au système, à une ou plusieurs autres empreintes (les minuties) dont le système dispose préalablement dans sa base de données biométrique.

Dans CBIR[1] (Content-Based Image Retrieval), des caractéristiques visuelles telles que la forme, la couleur et la texture sont extraites pour caractériser les images. Chacune des caractéristiques est représentée en utilisant un ou plusieurs descripteurs de fonctionnalité. Pendant la récupération, les caractéristiques et les descripteurs de la requête sont comparés à ceux des images dans la base de données afin de classer chaque image indexée en fonction de sa distance à la requête. Dans les systèmes de biométrie, les images utilisées comme motifs (par exemple l'empreinte de flèche, l'iris, la main, etc.) sont également représentées par des vecteurs caractéristiques. Les modèles de candidats sont ensuite extraits de la base de données en comparant la distance de leurs vecteurs caractéristiques. [1]

Le but de ce chapitre est de donner un panorama des méthodes les plus significatives d'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale.

## I-2 Historique

Longtemps utilisée comme moyen d'authentification de documents, parfois employée par les historiens ou les archéologues, l'empreinte digitale est devenue aujourd'hui une preuve scientifique incontournable dans la résolution d'affaires criminelles. Retour sur l'histoire de la plus ancienne des preuves scientifiques.

Bien avant d'être exploitées dans le cadre d'affaires judiciaires, les empreintes digitales servaient de moyen d'authentification de documents. Ainsi, dès l'ancienne Egypte (-3000), les scribes utilisaient leurs empreintes palmaires comme outil d'identification alors qu'en Chine, l'Empereur Ts-In-She (-246/-210) authentifiait certains scellés avec une trace digitale et des documents par l'apposition d'une main encrée. Les formes particulières de l'empreinte digitale étaient ainsi connues depuis

longtemps et ont été retrouvées notamment dans des gravures situées à proximité du lac de Kejimikujik en Nouvelle Ecosse (date indéterminée).[2]

### **I-3 Définition d'image**

Une image est une représentation visuelle, voire mentale de quelque chose (objet, être vivant ou concept).

Elle peut être naturelle (ombre, reflet), visuelle ou non, tangible ou conceptuelle (métaphore), elle peut entretenir un rapport de ressemblance directe avec son modèle ou au contraire y être lié par un rapport plus symbolique. [3]

### **I-4 Définition de l'image numérique**

Une image numérique est constituée d'un ensemble de pixels (Picture éléments) juxtaposés en lignes et en colonnes. Le pixel, (qui correspond à un point ou petit carré), est le plus petit élément que l'on peut trouver dans une image. Chaque pixel possède des caractéristiques propres, couleurs, luminosité, brillance, qui permettent de les différencier et de composer les images. [4]

### **I-5 Détection des fonctions**

La détection de fonction est une opération de traitement d'image de bas niveau et vient habituellement après l'étape de prétraitement, elle examine chaque pixel pour voir si la région autour de ce pixel pourrait être utilisée comme une caractéristique. Détection de fonctionnalité peut également être une sous-étape dans un algorithme plus grand, puis l'algorithme sera utilisé pour examiner l'image dans la région des fonctionnalités [5]

### **I-6 Description de l'objet**

Une fois que les caractéristiques qui nous intéressent ont été détectées, elles peuvent être extraites. Le résultat est connu sous le nom de descripteur de caractéristique ou de vecteur caractéristique et il caractérise la région autour du point clé en tant que vecteurs d'invariance de rotation et de luminosité. Ils peuvent également réduire la quantité de données requise pour décrire la région d'image qui correspond à la caractéristique, ils sont représentés comme vecteurs d'élément 'N' dans un autre domaine et deux descripteurs peuvent être comparés en utilisant une métrique de distance. Un exemple de descripteur est le descripteur HOG (Histogramme des dégradés orientés). Ceux-ci sont calculés sur la base de l'orientation des gradients et exprimés en vecteurs. Nous pouvons trouver un coin avec la méthode de détection de coin Harris, et nous pouvons le décrire avec n'importe quelle méthode que nous voulons. [5]

## I-7 La numérisation

Est la conversion des informations d'un support (texte, image, audio, vidéo) ou d'un signal électrique en données numériques que des dispositifs informatiques ou d'électronique numérique pourront traiter. Les données numériques se définissent comme une suite de caractère et de nombres qui représentent des informations. On utilise parfois le terme français *digitalisation* (digit signifiant chiffre en anglais). La numérisation, dans le contexte de l'administration des archives, est la conversion en masse des documents en fichier informatiques. [6]

Exemple: la numérisation de l'état civil des collectivités locales.

## I-8 Caractéristique des images

Une caractéristique d'image est un terme général, mais il signifie généralement une partie d'une image qui contient des détails intéressants ou une propriété de l'image qui nous intéresse. Quels sont les «détails intéressants»?

Cela dépend de l'objectif global et de ce que l'application essaie d'atteindre.

De nombreux algorithmes de vision informatique utilisent la détection de caractéristiques comme étape initiale et un grand nombre de détecteurs de fonctions ont été développés. Par exemple, certaines des fonctionnalités les plus couramment utilisées sont :

### I-8-1 Bords

C'est la détection de contours les procédés permettant de repérer les points d'une image matricielle qui correspondent à un changement brutal de l'intensité lumineuse. Ces changements de propriétés de l'image numérique indiquent en général des éléments importants de structure dans l'objet représenté. Ces éléments incluent des discontinuités dans la profondeur, dans l'orientation d'une surface, dans les propriétés d'un matériau et dans l'éclairage d'une scène.

La détection des contours dans une image réduit de manière significative la quantité de données en conservant des informations qu'on peut juger plus pertinentes. Il existe un grand nombre de méthodes de détection des contours de l'image mais la plupart d'entre elles peuvent être regroupées en deux catégories. La première recherche les extremums de la dérivée première, en général les maximums locaux de l'intensité du gradient. La seconde recherche les annulations de la dérivée seconde, en général les annulations d'une expression différentielle non linéaire. [7]

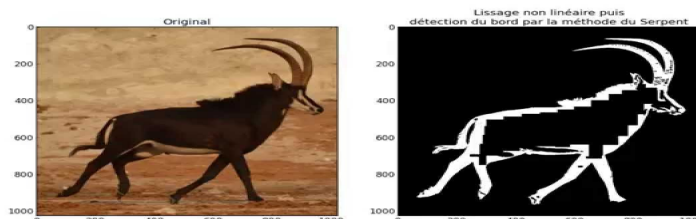


Fig I-1: Bord d'une image

### I-8-2 Coin

La détection de points d'intérêts (ou coins) est, au même titre que la détection de contours, une étape préliminaire à de nombreux processus de vision par ordinateur. Les points d'intérêts, dans une image, correspondent à des doubles discontinuités de la fonction d'intensités. Celles-ci peuvent être provoquées, comme pour les contours, par des discontinuités de la fonction de réflectance ou des discontinuités de profondeur. Ce sont par exemple : les coins, les jonctions en T ou les points de fortes variations de texture. [8]

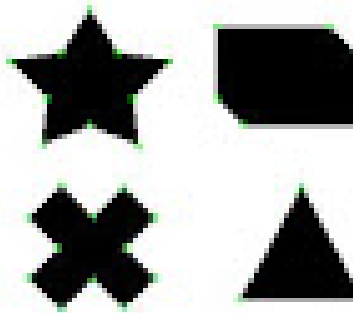


Fig I-2: Les coins d'une image

### I-8-3 Blobs / régions d'intérêt

La détection de zones d'intérêt d'une image numérique (*feature detection* en anglais) consiste à mettre en évidence des zones de cette image jugées « intéressantes » pour l'analyse, c'est-à-dire présentant des propriétés locales remarquables. De telles zones peuvent apparaître, selon la méthode utilisée, sous la forme de points, de courbes continues, ou encore de régions connexes rectangulaires ou non et qui constituent le résultat de la détection. [9]

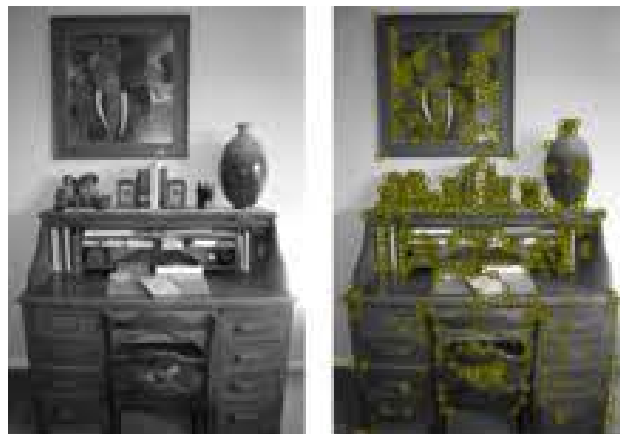


Fig I-3: La région d'intérêt d'une image est en vert.

## I-8-4 Couleur

Le système décrit directement une instruction destinée à l'affichage. Mais ce n'est pas ainsi, en général, que les humains comprennent les couleurs. Les études de psychologie de la perception entreprises dès le 19<sup>ème</sup> siècle concluent que trois paramètres décrivent les couleurs :

- la luminosité ;
- la chromaticité, dite aussi intensité de la coloration ou saturation ;
- la teinte, qui situe la couleur dans un champ chromatique.

Ces trois paramètres systématisent des appréciations de la couleur du genre « un vert clair tirant vers le jaune » ou « un bleu sombre et intense ».

Une représentation du contenu de couleur de l'image est faite par l'histogramme de couleur. [10]

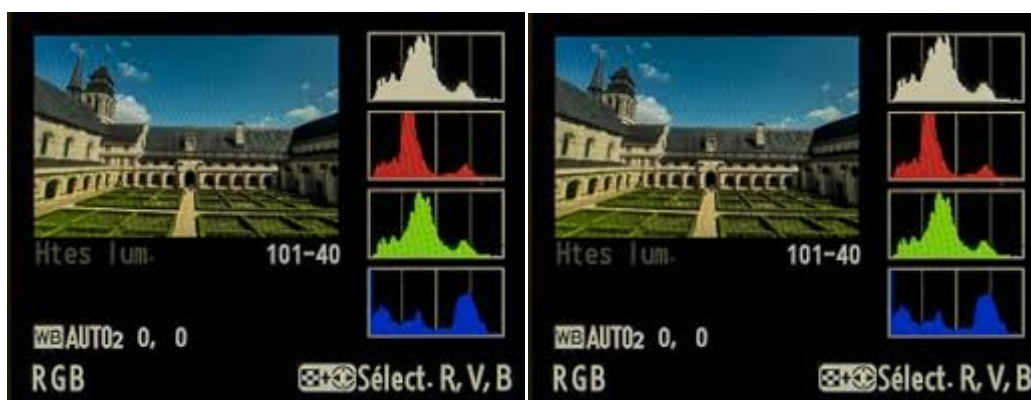


Fig I-4: Histogramme de couleur.

## I-9 Extraction des caractéristiques des images biométriques

L'extraction des caractéristiques depuis des images biométriques suit des algorithmes et des méthodes spéciaux :

- Extraction des caractéristiques d'empreintes
- Extraction des caractéristiques du visage
- Extraction des caractéristiques d'iris
- Extraction des caractéristiques de la main.

*Cette étude concerne uniquement l'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale.*

### I-9-1 Caractéristiques d'une empreinte digitale

Une empreinte digitale est constituée d'un ensemble de lignes localement parallèles formant un motif unique pour chaque individu (Figure I-5), on distingue les stries (ou crêtes, ce sont les lignes en contact avec une surface au toucher) et les sillons (ce sont les creux entre deux stries). Les stries contiennent en leur centre un ensemble de pores régulièrement espacés.



Fig I-5 : les caractéristiques de l'empreinte digitale [10]

L'empreinte digitale est caractérisée par ses propriétés globales et locales. Typiquement les représentations sont utilisées pour la classification d'empreinte digitales, alors que les représentations locales sont destinées à la comparaison de cette modalité.

**I-9-1-1 La représentation globale :** Chaque empreinte possède un ensemble de points singuliers globaux (les centres et les deltas) et locaux (les minuties). Les centres correspondent à des lieux de convergences des stries tandis que les deltas correspondent à des lieux de divergence [11].

La position et le nombre de ces points permettent la classification des empreintes digitales, c'est ainsi que **Francis Galton** les a subdivisées en trois grandes familles [11]

(voir Figure I- 6) :

- Les boucles (*loop*) représentent 65% des empreintes rencontrées :

Une empreinte est de classe boucle si ses stries rentrent d'un côté et ressortent du même côté et si elle possède un point singulier de type boucle et un point singulier de type delta.

- Les spires (*whorl*) représentent 30% des empreintes rencontrées :

Une empreinte appartient à la classe spire si elle possède au moins une strie qui fait 360°. Elle peut aussi contenir jusqu'à deux régions singulières de type boucles et deux régions singulières de type deltas.

- Les arches (*arch*) représentent 5% des empreintes rencontrées :

Une empreinte est de classe arche si elle possède des stries qui rentrent d'un côté et ressortent du côté opposé et si elle ne contient ni boucle ni delta comme points singuliers.

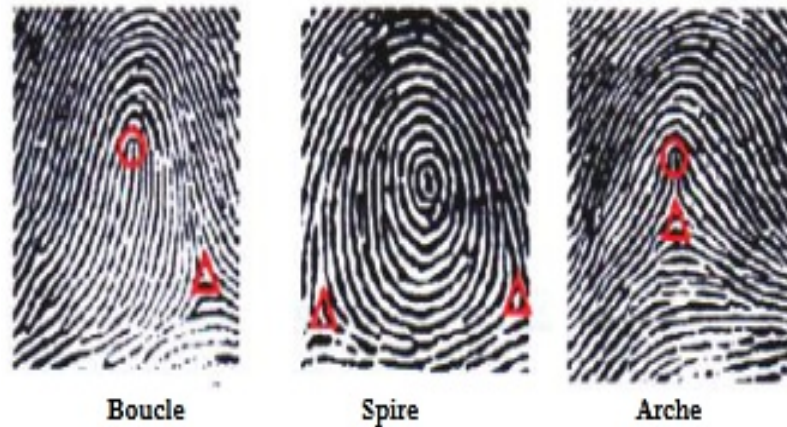


Fig I-6: les trois principales classes d'empreintes digitales [11].

*Edward Henry* les a classées [12] en six sous-classes principales : arche, boucle à gauche (left loop), boucle à droite (right loop), arche penchée (tented arch), spires et spires imbriquée ou boucles jumelles (voir la figure I-7).

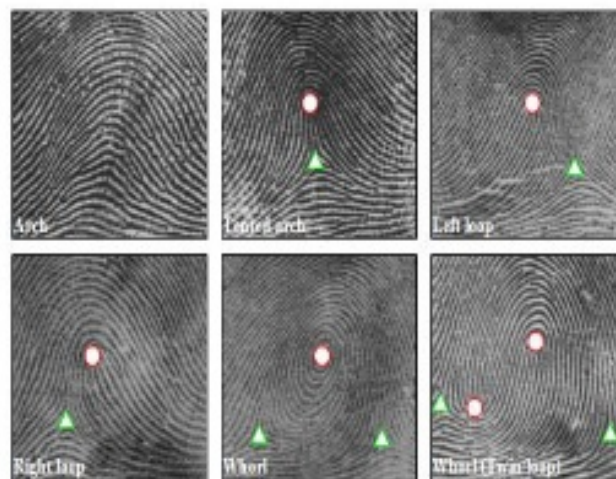
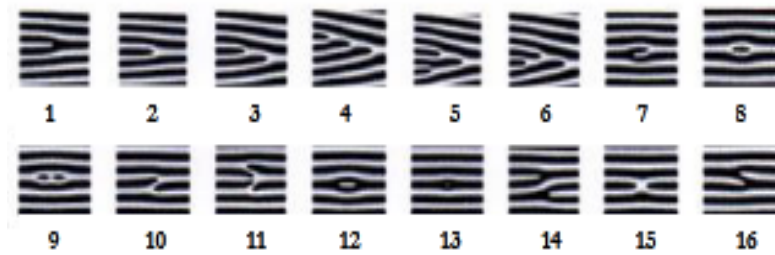


Fig I-7: les principales classes d'empreintes digitales selon la classification de *Galton Henry* [13]

**I-9-1-2 La représentation locale :** il s'agit des caractéristiques les plus utilisées « les minuties » (littéralement : petits détail), qui sont en fait les points d'irrégularités qui se trouvent sur les lignes capillaires. Nous pouvons distinguer jusqu'à seize types de minuties différentes (voir la figure I- 8), mais dans les algorithmes on n'en s'intéresse qu'aux deux types suivants parce qu'ils sont facilement détectables:

- La bifurcation: c'est le point où la strie se divise en deux.
- La terminaison: c'est le point où la strie s'arrête.



1. terminaison	9. boucle double
2. bifurcation simple	10. pont simple
3. bifurcation double	11. pont jumeau
4. bifurcation triple I	12. intervalle
5. bifurcation triple II	13. point isolé
6. bifurcation triple III	14. traversée
7. crochet	15. croisement
8. boucle simple	16. tête bêche

Fig I-8 : les différents types de minuties [14].

L'ensemble formé par la disposition des points singuliers constitue un motif unique pour chaque individu. [14].

En effet il a été montré que l'empreinte digitale se forme au cours du troisième mois de la vie fatale [Babler, 1991], le motif général est influencé par les gènes héréditaires mais l'apparition des détails (minuties) est créée de manière accidentelle par des pressions variables aléatoires sur les surfaces tactiles. Ainsi l'empreinte est unique pour tout individu, y compris pour des vrais jumeaux, et il a été montré que les méthodes de reconnaissance actuelles permettent d'identifier efficacement les jumeaux [Jain et al., 2001]. [15].

De plus, les empreintes une fois formées ne changent plus au cours de la vie d'une personne, ces deux caractéristiques en font un moyen de reconnaissance très efficace.

Selon la référence [Vasta et al., 2009], les caractéristiques d'empreintes sont divisées en trois niveaux:

**I-9-1-2-1 Caractéristiques d'empreinte de niveau 1 :**

(*level 1 fingerprint features*) représentent le flux de crête et des informations morphologiques générales. Ces caractéristiques ne sont pas unique pour établir l'identité mais sont utilisés pour une large classification des empreintes digitales dans différentes catégories telles que: boucle gauche, boucle droite, spirale, arc, arc et tentes.

**I-9-1-2-2 Caractéristiques d'empreinte de niveau 2:**

(*level 2 fingerprint features*) représentent les informations de minuties telles que les terminaisons de crêtes et les bifurcations

**I-9-1-2-3 Caractéristiques d'empreinte de niveau3:**

(*level3 fingerprint features*) Ces caractéristiques représentent les détails complexes d'une empreinte digitale comme les attributs de dimension et la structure des pores et des crêtes qui sont les plus discriminant entre les trois niveaux de fonctionnalités. Ce niveau de caractéristique n'est pas utilisé par les systèmes automatiques de reconnaissance d'empreinte car il est applicable seulement sur les images de haute résolution.

**1-9-2 Traitement de l'empreinte digitale**

Il existe trois approches différentes d'algorithmes du traitement des empreintes digitales pour reconnaissance biométriques [Lumini and Nanni, 2008]:

**-l'approche basée sur l'extraction des minuties.**

-L'approche basée sur la corrélation.

-L'approche basée sur la texture de l'image d'empreinte.

L'approche par détection de minuties est la plus utilisée par les travaux de recherche, cela est dû principalement aux résultats de reconnaissance obtenus qui sont meilleurs que ceux des approches basées sur l'image de l'empreinte. Ces dernières sont utilisées surtout lorsque l'image de l'empreinte est assez mauvaise pour ne pas détecter un nombre confident de minuties dans l'image.

Cette méthode ne retient que l'emplacement des minuties les plus pertinentes. Elle est peu sensible aux déformations des doigts entre plusieurs vérifications (doigts plus ou moins appuyés sur le capteur).

Dans ce qui suit un détail de l'approche basée sur l'extraction de minutie qui choisis pour concevoir et implémenter le module monomodale de reconnaissance d'empreinte du système multimodale proposé. La motivation de ce choix est la simplicité d'implémentation de l'algorithme d'extraction de minuties. (Figure I-9)

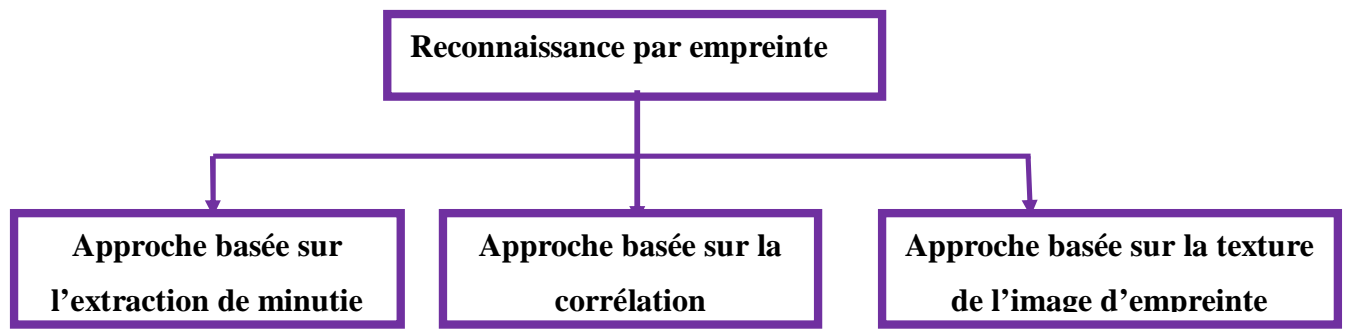


Fig I-9 : les approches de la reconnaissance par empreinte digitales

### I-9-3 L'Approche basée sur l'extraction de minutie

Les minuties constituent les attributs les plus utilisés pour l'identification par empreinte digitale. Les systèmes existants se basent sur les détails des minuties, les descripteurs de texture ou sur la représentation de l'image entière. Les minuties marquent des points de discontinuité locale (Fig I-10).

Dans notre travail, nous traitons deux types de minuties : les terminaisons qui marquent les fins de crêtes et les bifurcations qui correspondent aux points où la crête se diverge.



Fig I-10. Quelques minuties sur une image d'empreinte

La détection de minuties est une étape importante dans le processus de reconnaissance de l'empreinte digitale qui se base principalement en l'appariement de minuties.

Plusieurs méthodes ont été développées pour réaliser une extraction de minuties efficace. Les méthodes d'extraction de minuties peuvent être classées dans la littérature en deux grandes

catégories: celles qui se basent sur la binarisation de l'image et celles qui travaillent directement sur l'image en niveau de gris [16], [17].

Selon la référence [18], plusieurs algorithmes d'extraction de minuties ont été proposés dans la littérature (Figure 10). Il y a ceux qui agissent sur les images binaires, et ceux qui s'appliquent directement sur les images à niveau de gris. Des travaux ont été proposés en appliquant la squelettisation sur l'image d'empreinte binaire ensuite les minuties sont extraites en se basant sur les valeurs de la connectivité (*Crossing Number CN*); d'autres travaux utilise la morphologie de l'image pour extraire les minuties à partir de l'image binarisée et squelettisée [19] ,[20].

Une autre direction de recherche est basée sur l'extraction des minuties en utilisant le code chaîne (*chaincode*) à partir de l'image binarisé [21].Ou bien en utilisant la représentation Run (Run représentation) appliquée sur l'image binarisé [22].

D'autres travaux ont proposés le traitement des empreintes à partir des images à niveaux de gris présentant plus d'informations. Les textes encadrés dans la (figure 11) seront détaillés dans les paragraphes suivants:

L'ensemble des minuties de l'empreinte digitale est extrait à partir de l'image filtré, pour cela notre étude est basée sur deux méthodes :

- **La méthode classique** : consiste à extraire l'information sur un squelette binaire (noir, blanc)
- **La méthode directe**: consiste à extraire les minuties directement sur l'image filtrée.

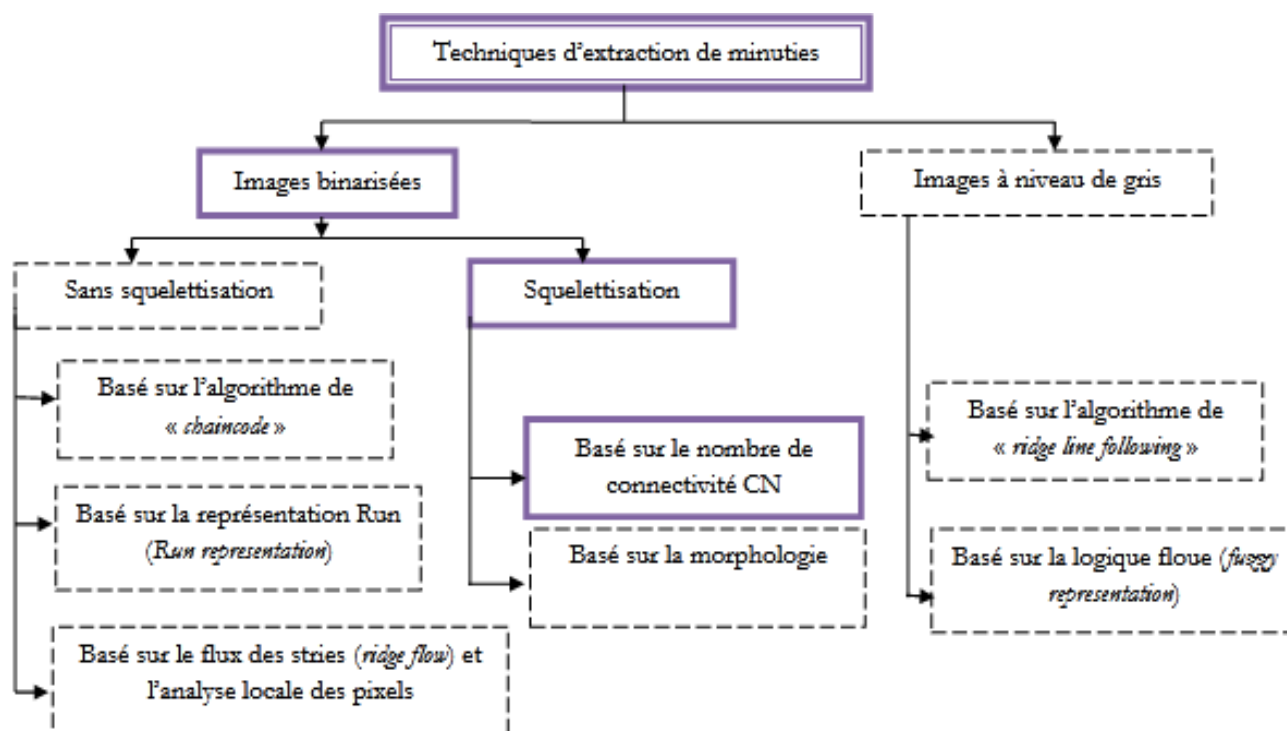


Fig I-11 :Les techniques d'extraction des minuties

### **I-9-3-1 Méthode classique**

La reconnaissance par empreinte digitale basée sur l'extraction des minuties selon le nombre de connectivité repose sur les étapes suivantes :

- Le prétraitement
- La binarisation
- La squelettisation
- L'extraction de minutie
- Le post traitement
- L'appariement

#### **1-9-3-1-1 Le prétraitement**

Basé sur la nature des bases de données qui contient les différentes empreintes on observe que tous les images nécessitent un traitement. Le premier objective est de chercher à regrouper les images est les transformer en se basant sur la même dimension afin de faciliter la comparaison.

La deuxième étape est de faire un prétraitement au niveau d'image. Ce traitement à pour objectif d'améliorer la qualité de l'image contre le bruit lié à la mesure de perturbation.

##### **1-9-3-1-1-a/ Filtrage**

C'est l'élimination du bruit correspond à des perturbations provenant soit du dispositif d'acquisition, soit de la scène observée elle-même.

##### **1-9-3-1-1-b/ L'égalisation d'histogramme**

En traitement d'images, l'égalisation d'histogramme est une méthode d'ajustement du contraste d'une image numérique qui utilise l'histogramme. 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. Cette transformation est construite à partir de l'histogramme cumulé de l'image de départ.

L'égalisation d'histogramme permet de mieux répartir les intensités sur l'ensemble de la plage de valeurs possibles, en « étalant » l'histogramme. L'égalisation est intéressante pour les images dont la totalité, ou seulement une partie, est de faible contraste (l'ensemble des pixels sont d'intensité proches). La méthode est rapide, facile d'implémentation, et complètement automatique (i.e. pas de réglages) [23].

### 1-9-3-1-1-c/ Segmentation

Le but de cette étape est de délimiter les régions d'intérêt. En effet, quelques parties de l'image sont inutiles qu'on ne doit pas les prendre en compte, il s'agit des zones vides (la périphérie de l'empreinte) ou des régions de mauvaise qualité. Les régions inutiles disposent généralement d'une variance de niveau de gris très faible, par contre les régions utiles de l'empreinte ont une variance relativement élevée. Cela est expliqué par le fait que la partie utile est constituée d'un ensemble de stries et de vallées alternés. Une telle méthode de segmentation consiste d'abord au découpage de l'image en un ensemble de blocs. Puis les blocs dont la variance est inférieure à un seuil prédéfini seront marqués comme inutiles [24].

### I-9-3-1-2 La Binarisation

Pour augmenter la visibilité des minuties l'image doit d'abord être binarisée. Il s'agit de donner une intensité aux stries et une intensité différente aux vallées. Plusieurs techniques de binarisation ont été proposées [25]., la plus utilisée consiste à comparer chaque pixel à un seuil  $S$ , en lui assignant la valeur un (blanc) si son intensité est supérieure à  $S$  sinon il prend la valeur zéro (noir). Le seuil  $S$  peut être global fixé dès le départ ou local adaptatif obtenu en calculant la moyenne des pixels de chaque bloc de l'image de l'empreinte digitale.



Fig I-12 :Exemple d'image de Binarisation [26]

#### 1-9-3-1-2-a/ Seuillage global

Le seuillage est dit global si le seuil est dégagé en prenant en considération toutes les intensités existantes dans l'image.

#### 1-9-3-1-2-b/ Seuillage local

Le seuillage est dit local si le seuil est calculé en fonction des intensités d'unités d'une certaine région

### 1-9-3-1-2-c/ Seuillage adaptatif

C'est la combinaison des deux techniques précédentes. Il comprend deux types de seuillage.

### I-9-3-1-3 La squelettisation

Un algorithme d'amincissement (ou shrinking algorithm) consiste en la suppression jusqu'à stabilité de points simples, le résultat obtenu s'appelle un noyau homotypique. Si la suppression est réalisée de façon séquentielle alors la topologie est préservée ; cela par la définition même d'un point simple. Si le processus est modifié de façon à ce que certains points simples soient préservés durant le processus de suppression, il est alors possible de conserver des caractéristiques géométriques. Un tel processus s'appelle algorithme de squelettisation (ou thinning algorithm), et le résultat est appelé squelette. Les points à préserver sont appelés points terminaux ou points extrémités. [27]

L'objectif est ici de diminuer l'information redondante contenue dans une image, donc la quantité de données à analyser. La méthode est l'isolement des lignes principales de l'image avec des amincissements successifs jusqu'à ce que l'image résultante ne contienne que des lignes d'épaisseur 1 pixel. La méthode nécessite l'emploi successif de 8 masques. On effectue sur l'image une succession de passes; on arrête lorsque le résultat entre deux passes successives est inchangé. Une passe consiste en l'application successive, sur toute l'image de chacun des 8 masques (le point central sur le point courant à traiter). Les 8 masques correspondent aux transformations suivantes : si la situation de gauche est rencontrée, alors on remplace le pixel traité par 0.



Fig I-13:Exemple d'image de squelettisation [26]

### I-9-3-1-4 L'extraction de minutie

Après avoir obtenu l'image traitée, on doit trouver dans cette dernière les minuties les plus intéressantes de l'image.

La signature retenue pour caractériser l'empreinte est basée sur un ensemble suffisant et fiable de minuties.

On entend par suffisant, le nombre minimum de minuties nécessaires pour pouvoir établir des comparaisons fiables entre empreintes. Ce minimum se situe à 12 minuties vis-à-vis de la loi, voire moins pour beaucoup d'entre eux (jusqu'à 8 minimum). 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.

Les bifurcations et les terminaisons sont les deux types de minuties les plus utilisés car ils sont facilement détectables, mais surtout parce qu'ils sont très aisément représentables par le modèle de coordonnées, où chaque minutie est représentée par les coordonnées  $(x, y)$  de son emplacement 0.

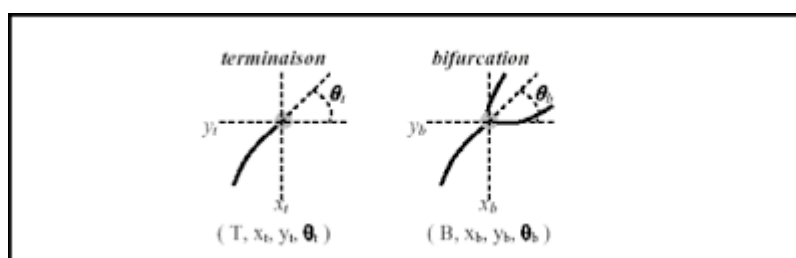


Fig I-14: Représentation des minuties par le modèle de coordonnées [28]

Les minuties sont généralement extraites à partir du squelette de l'image, il existe une approche permettant de détecter les minuties ainsi que leurs types (Terminaison, Bifurcation) en calculant l'indicateur *Crossing-Number* (CN) en fonction du voisinage de chaque pixel. Selon la valeur de CN le type du point est déterminé : Continuité ou Discontinuité (minutie). [28]

Cette méthode ne retient que l'emplacement des minuties les plus pertinentes.

En analysant le squelette binaire de l'image de l'empreinte, on remarque que les pixels correspondant aux minuties possèdent un **crossing-number** différent de 2. Le **crossing-number** d'un pixel  $p$  se calcule par la formule suivante :

$$CN = 0.5 * \sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i+1}|$$

$P_9 = P_1$ ,  $P_i$  est la valeur des pixels dans le voisinage  $3*3$  de  $P$ .

$p_0, p_1, \dots, P_7$  sont les 8 pixels au voisinage de  $p$  En effet le coefficient CN présente des caractéristiques qui permettent d'identifier la nature d'une minutie en fonction du résultat obtenu lors du calcul de CN.

### I-9-3-1-5 Le post traitement

Dans cette étape nous allons éliminer le maximum des fausses minuties détectées au cours des étapes de binarisation et de squelettisation. Pour cela nous utilisons des considérations heuristiques basées sur le fait que la distance entre deux minuties voisines ne doit pas dépasser un certain seuil.

Pratiquement, si on trouve plusieurs minuties dans une petite région cela indique la présence de bruit, deux terminaisons plus proches indiquent une coupure dans la strie, ainsi que beaucoup de fausses minuties se situent généralement au bord de l'image, d'autres considérations se présentent dans [29] ,[30]. La figure15 illustre les fausses minuties qui peuvent être rencontrées.

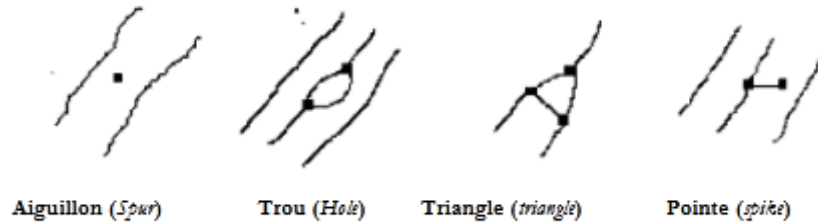


Fig I-15 Les «spurs» sont des fausses terminaisons tandis que les «holes», les triangles, et les «spikes» sont des fausses bifurcations.

Bien que les méthodes basées sur la binarisation soient faciles à mettre en place et moins coûteuses, elles ont quelques défauts qui résident principalement dans la possibilité de perdre beaucoup d'informations due au bruit introduit lors de binarisation. De plus la binarisation et la squelettisation exigent un temps de calcul important vient de plusieurs balayage de l'image, ce qui diminue la performance des méthodes classiques, cela amène à introduire les méthodes d'extraction directe.

### I-9-3-1-6 L'appariement des empreintes digitales

#### I-9-3-1-6-1 Introduction

La comparaison des empreintes digitales consiste à réaliser un accord entre la signature à identifier et les signatures stockées dans la base de données. Cependant cette tâche n'est pas facile, notamment à cause de la variabilité dans les différentes impressions d'une même empreinte (variation intra-classe). Les facteurs principaux responsables des variations intra-classe sont: l'état de la peau (exemple le doigt n'est pas propre entaché de graisse ou de sueur), la variation de la pression du doigt sur le capteur d'empreinte, le déplacement, la rotation c'est ainsi qu'un déplacement du doigt de 2mm qui est imperceptible à l'œil humain provoque une translation d'à peu près 40 pixels dans une image scannée à une résolution de 500 dpi [31]. Donc les algorithmes de comparaison doivent prendre en compte tous ces paramètres, en fait parfois on doit comparer un petit bout d'image de l'empreinte avec l'image entière de la même empreinte [32], comme c'est le cas dans les enquêtes criminelles. La figure 16 illustre quelques exemples des images d'une même empreinte digitale extraites de la base de données FVC2002.

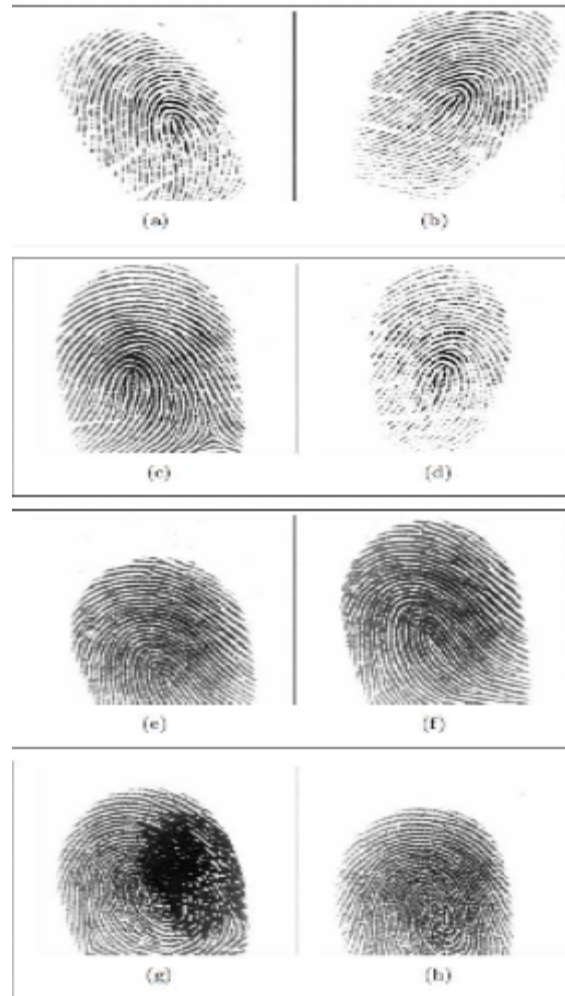


Fig I-16. Les variations intra-classe d'une même empreinte digitale, (a) le doigt est incliné à gauche sur le capteur d'empreinte, (b) le doigt est incliné à droite, (c) le doigt est plus pressé, (d) le doigt est légèrement pressé, (e) une partie du doigt n'est pas apposée sur le capteur d'empreinte, (f) le doigt est correctement apposé sur le capteur d'empreinte, (g) le doigt est sale, (h) le doigt est propre [31].

### I-9-3-1-6-2 Méthodes d'appariements des empreintes digitales

Dans la littérature, beaucoup d'algorithmes de comparaison peuvent être distingués, ils sont classifiés en trois grandes familles:

**I-9-3-1-6-2-a Les approches basées sur la corrélation (correlation-based approches):** dans ces approches, deux images d'empreinte digitale sont superposées et la corrélation entre les pixels correspondants sera calculée pour différents alignements (ex. rotation, déplacement). Les techniques basées sur la corrélation de pixels ne sont pas efficaces car elles sont sensibles à la variation intra-classe. En fait les différentes impressions d'une même empreinte peuvent donner des images très différentes, ce qui rendent les valeurs de leurs pixels différents (voir la figure 16). De plus ces approches sont coûteuses en temps de calcul, ce problème peut être résolu en calculant

seulement la corrélation de certaines régions locales déterminées suivant quelques critères, toutefois les comparaisons basées sur la corrélation de pixels ne sont pas assez rigoureuses [33].

**I-9-3-1-6-2-b Les approches basées sur les minuties (minutiae-based approaches):** ce sont les approches les plus utilisées. Les minuties sont extraites de deux empreintes digitales et représentées sous forme d'un ensemble de points dans un plan à deux dimensions selon le modèle des coordonnées (figure I-17).

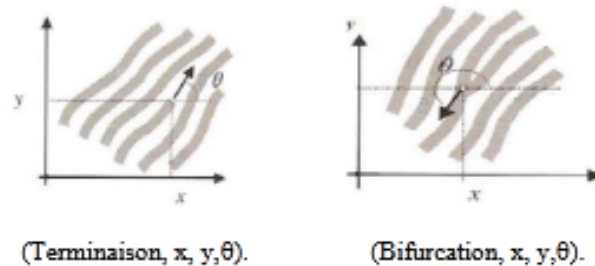


Figure I- 17. Représentation des vecteurs de terminaison et de bifurcation .

L'assortiment basé sur les minuties consiste à trouver un bon alignement entre les minuties de deux empreintes à comparer qui donne un maximum de paires de minuties semblables. Une marge de tolérance [31] afin de compenser les erreurs introduites par le bruit et la distorsion sera définie (figure I- 18). Nous allons développer ces concepts au point 3.3.2.

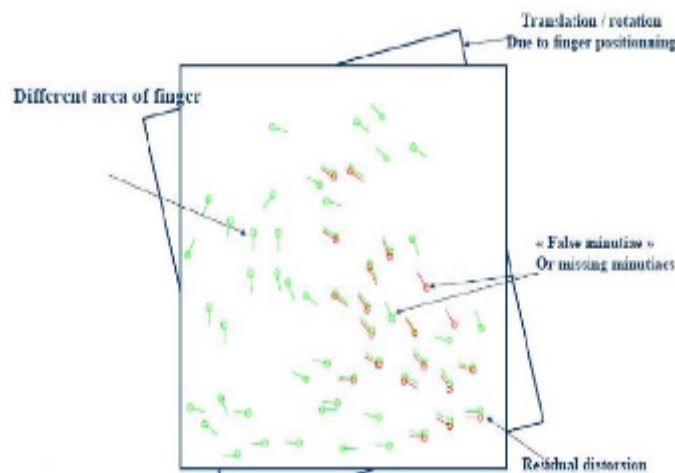


Fig I-18. La comparaison basée sur les minuties

**I-9-3-1-6-2-c Les approches basées sur les rides (ridge or texture-based approaches):**

lorsque la qualité de l'image de l'empreinte digitale est mauvaise l'extraction des minuties est très difficile voire même impossible [35],[36]. D'autres particularités des rides d'empreinte telles que l'orientation locale, la fréquence, la texture, les pores de respirations, la forme des rides etc. peuvent être extraites plus facilement que les minuties, cependant la distinction de ces singularités est faible, pour cela ces techniques sont très peu utilisées. La figure 19 illustre l'extraction des informations de texture basées sur l'orientation locale d'une image d'empreinte digitale.

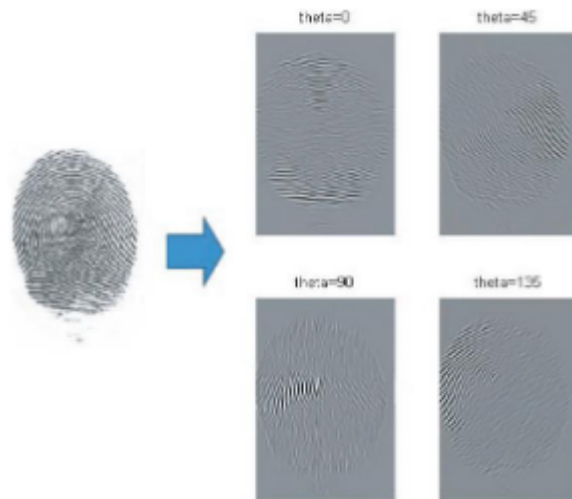


Fig I-19.L'extraction des informations de texture basées sur l'orientation locale de l'empreinte digitale

### I-9-3-2 Méthode d'extraction directe

La plupart des systèmes de reconnaissance utilisent la méthode classique de détection de minutie basée sur la binarisation, squelettisation dont l'avantage réside dans la simplicité à extraire et détecter les minuties lorsque l'on dispose d'un squelette précis de l'image. l'inconvénient vient de la perte d'information et du bruit introduit au cours de la binarisation ,ce qui provoque l'apparition d'une multitude de fausses minuties et nécessite un traitement à posteriori relativement important .de plus l'étape de squelettisation est couteuse en temps de calcul car plusieurs balayages de l'image sont nécessaire selon l'épaisseur des stries.

Ces considération nous ont donc amené à étudier une autre méthode proposé par D. Maio et D. Maltouni consistant à extraire la carte des minuties directement sur l'image brute en niveaux de gris ce qui permet d'éviter les étapes de binarisation et de squelettisation [38].

Cette technique est basée sur le suivi des stries selon le maximum local. En effet une strie est idéalement une ligne de l'image composé d'un ensemble de maximum locaux reliant deux minuties .pour suivre une strie il suffit donc de détecter cette suite jusqu'à atteindre les deux points extremes.si l'on considère l'image brut en sortie du capteur les maxima sont mal définis en raison du bruit important présent dans l'image (figure I-20),c'est pourquoi nous appliquons cette méthode non pas sur l'image d'origine mais sur l'image filtrée obtenue ou le maxima sont clairement définis.

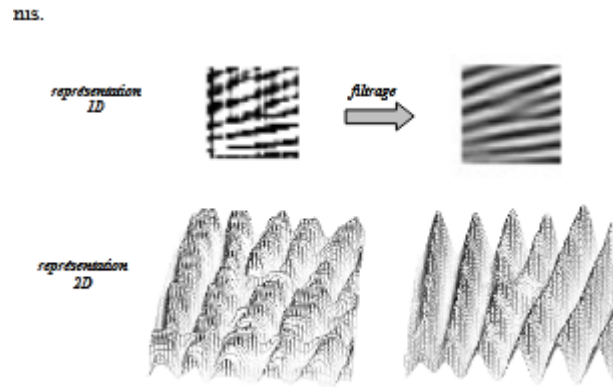


Fig I-20 détection des minuties par le suivi de strie de l'image filtré

### I-9-3-2-1. Le suivi des stries

Considérons un point  $P_0$  appartenant à une strie de l'image. Grâce à l'estimation de la carte directionnelle, nous connaissons la direction locale  $\theta_0$  associée au point  $P_0$ . Pour suivre la strie on avance d'un nombre  $\mu$  de pixels dans la direction  $\theta_0$  pour atteindre le point  $P_C$ . Ensuite on cherche le maximum local  $P_N$  le plus proche de  $P_C$  sur la section centrée en  $P_C$  de longueur et perpendiculaire à la direction  $\theta_0$  (voir Figure I-21). On obtient ainsi un nouveau point  $P_N$  de la strie. On recommence les opérations précédentes en prenant comme nouveau point de départ le point  $P_N$  obtenu de direction N, jusqu'à ce que l'on atteigne une minutie (la détection d'une minutie sera explicitée dans la section suivante). Pour parcourir entièrement la strie il reste à effectuer le même procédé en sens inverse: on recommence donc ces opérations en partant de  $P_0$  mais en parcourant la strie dans la direction opposée  $\theta_0 + \pi$

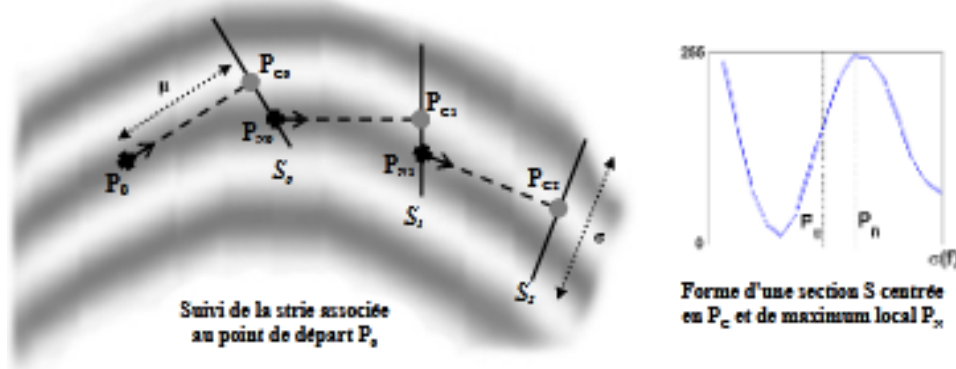


Fig I-21 Principe de suivi d'une strie

Le choix des paramètres  $\mu$  et  $\theta$  est critique dans le bon déroulement du suivi. Concernant  $\mu$  une valeur trop faible va augmenter de manière significative les opérations de calcul nécessaires au suivi, et une valeur trop élevée risque de provoquer le "saut" d'une strie (on se retrouverait alors sur une strie différente). Dans leurs travaux D. Maio et D. Maltoni ([39]) fixent la valeur de  $\mu$  manière empirique en fonction des caractéristiques globales de leurs images tandis que X. Jiang et al. ([40]) adaptent localement  $\mu$  en fonction des changements locaux de contraste et de courbure ce qui permet d'accélérer les calculs. Dans notre cas la possibilité d'une variation fréquentielle importante au sein de l'image impose d'adapter dynamiquement ces paramètres en fonction des caractéristiques fréquentielles locales. Soit  $f$  la distance inter-strie locale au bloc contenant le pixel  $P$ .

Pour éviter de "sauter" une strie nous avons choisi  $\mu(f) = 1+f/2$ .

Concernant,  $\theta$  une valeur trop faible risque d'empêcher la détection du maximum local. Pour des raisons similaires au choix de nous avons imposé  $\mu(f) = 1+3f/2$ .

Nous venons de voir comment extraire une strie de l'image en partant d'un point quelconque de cette strie. Il nous reste à définir comment extraire l'ensemble des stries de l'image.

On commence par se définir une grille de points de départs à partir desquels on va chercher à suivre la strie la plus proche de sorte que l'on soit sûr de balayer toute l'image. Soit

$I_{D0}(\theta_{D0}, f_{D0})$  le premier point de départ correspondant au coin supérieur gauche de l'image. On commence par chercher le maximum local  $I_{C0}$  le plus proche sur la section centrée en

$I_{D0}$ , de direction  $\theta_{D0}$  et de longueur  $\theta_{f_{D0}}$  (voir Figure I-22). En appliquant la méthode précédente de suivi on peut suivre entièrement la strie associée à  $I_{C0}$ .

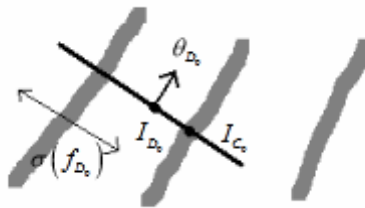


Fig I-22 : Recherche d'une strie à partir d'un point de départ

Pour suivre l'ensemble des stries la grille de départ est définie par un ensemble de points régulièrement espacés horizontalement et verticalement d'un pas  $v$ . Nous avons choisi  $v=5pixels$ .

Pour éviter de parcourir plusieurs fois une même strie et pour permettre la détection des minuties, le chemin suivi est mémorisé dans une image auxiliaire  $T$ . Avant le début du suivi l'ensemble des pixels de  $T$  est initialisé à 0. Ensuite, au cours du suivi d'une strie les pixels de  $T$  correspondant au segment reliant deux maxima locaux de la strie sont réinitialisés à la valeur 1. Pour éviter les erreurs on remplace le segment par un polygone d'épaisseur  $E$ .  $E$

doit être suffisamment grand pour couvrir entièrement la portion de strie reliant les deux maxima locaux et suffisamment petit pour éviter de recouvrir la strie voisine.  $E$  est donc dépendant de la distance inter-strie locale: nous avons choisi  $E(f) = 1+f/2$

### I-9-3-2-2. La détection des minuties

La méthode de suivi décrite précédemment doit s'arrêter lorsqu'une minutie est détectée. Pour chaque maximum local extrait au cours du suivi on teste donc les critères d'arrêt suivants:

1. **Sortie de limage**: ce cas se produit quand on atteint une zone trop bruitée définie par la phase de segmentation. Dans ce cas le suivi est stoppé et aucune minutie n'est détectée
2. **Absence de maximum local**: aucun maximum local n'est trouvé sur la section. Dans ce cas une terminaison est détectée.
3. **Intersection d'une strie**: le maximum local  $P_N$  extrait a déjà été étiqueté suite au précédent suivi d'une strie voisine (image auxiliaire  $T$ ).  $P_N$  est détecté en tant que bifurcation.
4. **Brusque changement directionnel**: Le segment  $[I_c, I_n]$  forme avec la direction moyenne de la strie un angle supérieur à un seuil  $\Psi$ . Ceci permet d'arrêter le suivi quand la direction change brusquement ce qui indique une erreur. Une terminaison est alors détectée.

Avec ces considérations il peut tout arriver que le suivi s'arrête par erreur. En effet, supposons par exemple qu'une terminaison soit détectée par erreur suite à une absence de maximum local (ceci peut se produire si l'estimation fréquentielle locale est erronée). Dans ce cas, le suivi de la même strie en utilisant un point de départ différent s'arrêtera au voisinage de la terminaison détectée (critère d'arrêt 3) et provoquera la détection d'une bifurcation. Ce genre d'erreur se traduit donc par un regroupement d'une bifurcation et d'une terminaison. Pour y remédier, on associe un traitement spécifique lors de la détection d'une bifurcation B: on cherche une terminaison T dans la zone rectangulaire de direction centrée en B et de dimensions,  $[f, 2f]$  (Figure I-23).

Si T existe alors on supprime les 2 minuties détectées et le segment reliant B et T est mémorisé dans l'image auxiliaire. Si T n'existe pas alors la bifurcation B détectée est validé

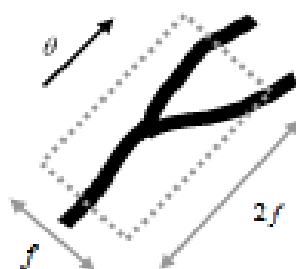


Fig I-23 :Zone de recherche de fausse terminaison lors de la détection d'une bifurcation

### I-9-3-2-3 Résultats

Cette technique de suivi a donné de bons résultats sur des images standard ayant une faible variation de la distance inter-strie (Figure I-24). Néanmoins les résultats obtenus à partir des images du capteur n'ont pas été ceux escomptés, bien que nous ayons adapté les paramètres de suivi aux caractéristiques locales. Des problèmes persistent notamment dans les zones où la distance inter-strie est très faible (la détermination du paramètre de l'image auxiliaire en est alors très délicate) et où elle subit une importante variation (problème principalement dû à une erreur d'estimation fréquentielle par blocs). En l'état actuel des choses nous n'avons pas réussi à faire fonctionner cet algorithme efficacement sur les images fournies par le capteur. Un autre problème dont il faudrait également tenir compte est l'imprécision de la détection. En effet celle-ci se fait avec une précision de l'ordre de  $\mu(f)$  ce qui nécessite un réglage plus fin lors de la détection d'une minutie pour avoir une estimation fiable de la position.

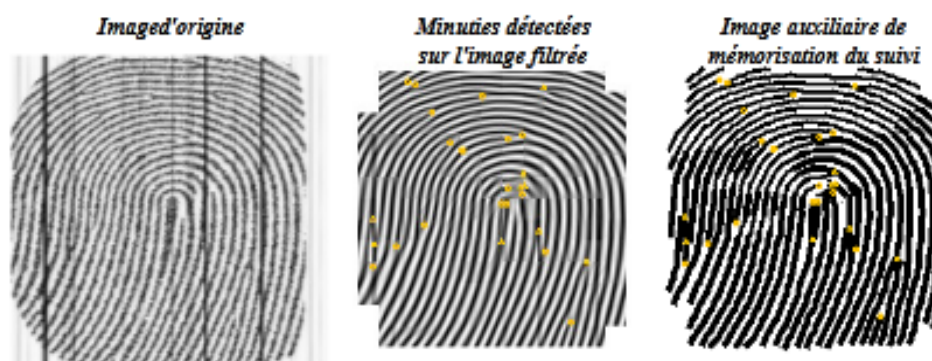


Fig I-24 : Détection des minuties par le suivi des stries de l'image filtrée

## I-10- Conclusion

Une empreinte digitale est une marque laissée par le relief cutané des doigts, venant de l'épiderme de la peau de celle-ci. Ce relief est constitué de crêtes et plis capillaires qui sont uniques et permanentes. Chaque individu a donc une empreinte digitale différente d'un autre, et même ses propres doigts n'ont pas exactement tous la même empreinte. Les chercheurs dans le domaine notent une chance sur 64 milliards, la probabilité que deux individus aient la même empreinte digitale

L'architecture du système biométrique contient plusieurs phases, une de ces phases importantes est l'extraction des caractéristiques, les méthodes changent avec la diversité des caractéristiques, qui peuvent être physique ou comportementale.

De nos jours les empreintes sont toujours largement utilisées et reconnues comme méthode d'identification fiable, précise et bien acceptée par les utilisateurs.

Il existe trois approches différentes d'algorithmes du traitement des empreintes digitales pour reconnaissance biométriques:

- l'approche basée sur l'extraction des minuties.
- L'approche basée sur la corrélation.
- L'approche basée sur la texture de l'image d'empreinte.

L'approche par détection de minuties est la plus utilisée par les travaux de recherche, cela est dû principalement aux résultats de reconnaissance obtenus qui sont meilleurs que ceux des approches basées sur l'image de l'empreinte. Ces dernières sont utilisées surtout lorsque l'image de l'empreinte est assez mauvaise pour ne pas détecter un nombre confident de minuties dans l'image.

Nous avons présenté l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur la reconnaissance par empreinte digitale qui nous permettra par la suite de concevoir le module de vérification d'empreinte de nos approches proposées.

Au cours de ce chapitre consacré à la reconnaissance de l'empreinte digitale; nous avons vu les caractéristiques de l'empreinte, ainsi que la structure globale d'un système de reconnaissance d'empreintes.

Nous avons également représenté les différentes approches de comparaison des empreintes digitales existant dans la littérature en focalisant sur la comparaison basée sur les minuties.

# *Chapitre2*

## *Conception*

## II 1- Introduction

Après avoir survolé la littérature des méthodes d'extraction des caractéristiques des images biométriques, il s'agit maintenant de mettre en œuvre les étapes explicitées dans les chapitres précédents pour obtenir une application qui permet l'extraction des caractéristiques des empreintes digitales en deux méthodes, une méthode classique basée sur l'extraction des minuties depuis le squelette binaire de l'image d'empreinte digitale et une deuxième méthode basée sur l'extraction depuis l'image en niveau de gris

## II-2 La conception et l'architecture du système proposé (figure 2-1)

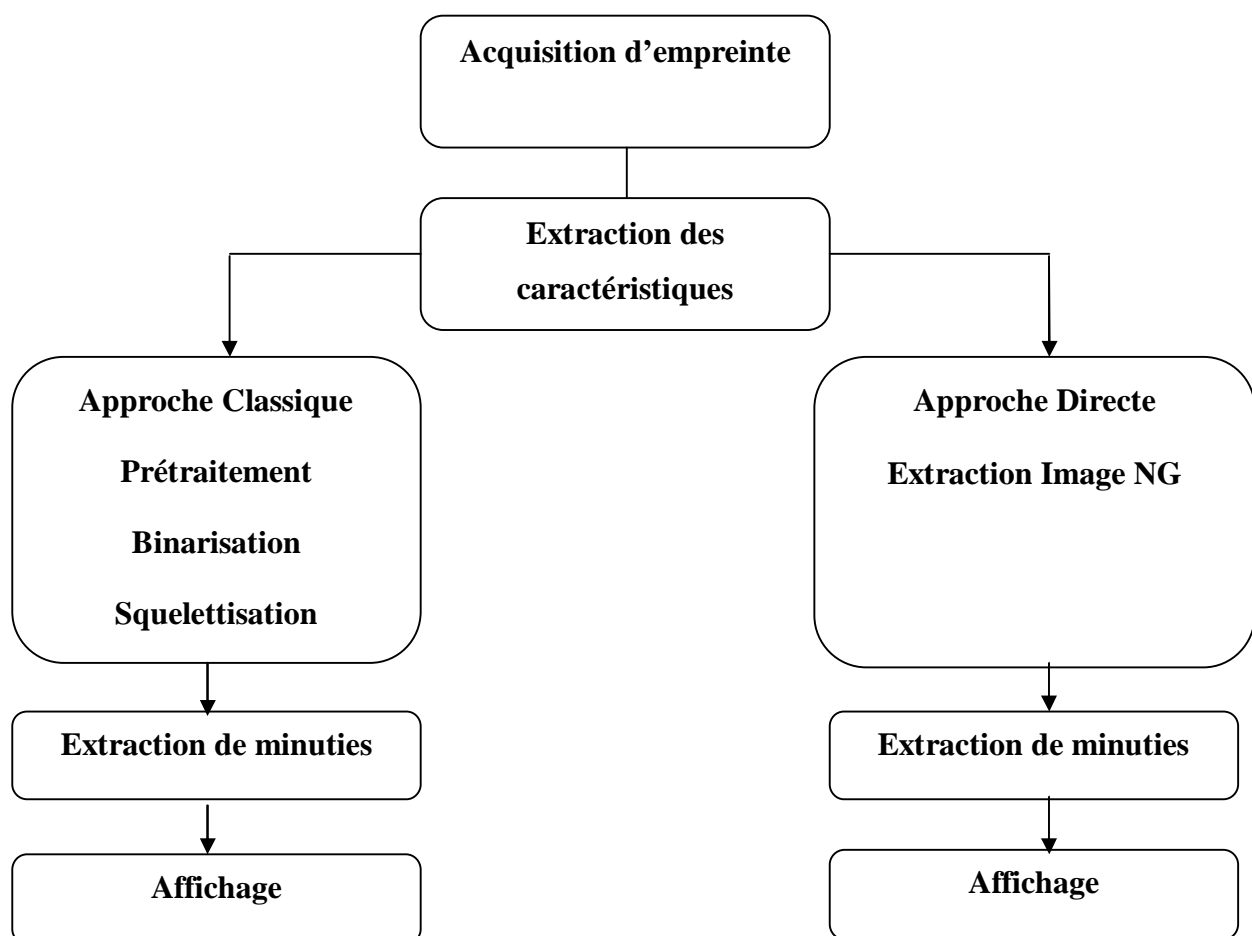


Fig II-1 Processus suivi dans un système de la reconnaissance des empreintes

Pour réaliser notre système d'extraction des empreintes digitales, Voir les processus illustrées par la (figure II-1)

## II-3. Processus de l'extraction

### II-3-1 Approche Classique

#### II-3-1-1 Acquisition de l'empreinte

Une identification par empreinte digitale comprend une phase d'acquisition d'une image d'au moins une empreinte digitale du candidat à l'identifiant et une phase de traitement de cette image pour permettre sa comparaison à des images d'empreintes digitales, ou à des représentations de ces empreintes traitées pour en faire ressortir les caractéristiques (représentations appelées gabarits), stockées dans une base de données avec l'identité du propriétaire de chacune d'entre elles [41]. (Figure 2-2)



Fig 2-2 : Image d'empreinte acquise

#### II-3-1-2 Prétraitement de l'empreinte digitale

Les algorithmes de reconnaissance d'empreintes digitales sont sensibles à la qualité des images d'empreintes digitales. Alors l'étape de prétraitement est nécessaire avant d'effectuer les étapes suivantes. La qualité des images d'empreintes digitales dépend de plusieurs facteurs, comme : le contact avec la sonde, la qualité de sonde, la profondeur de rides/vallée.

Cette étape a pour but, l'amélioration de la qualité de l'image. En effet, elle vise à uniformiser les contrastes ; à éliminer le problème d'encre et à rectifier l'image quand le doigt est gras. Ces défauts influent sur les algorithmes de reconnaissance des empreintes digitales. (Figure 2-3).

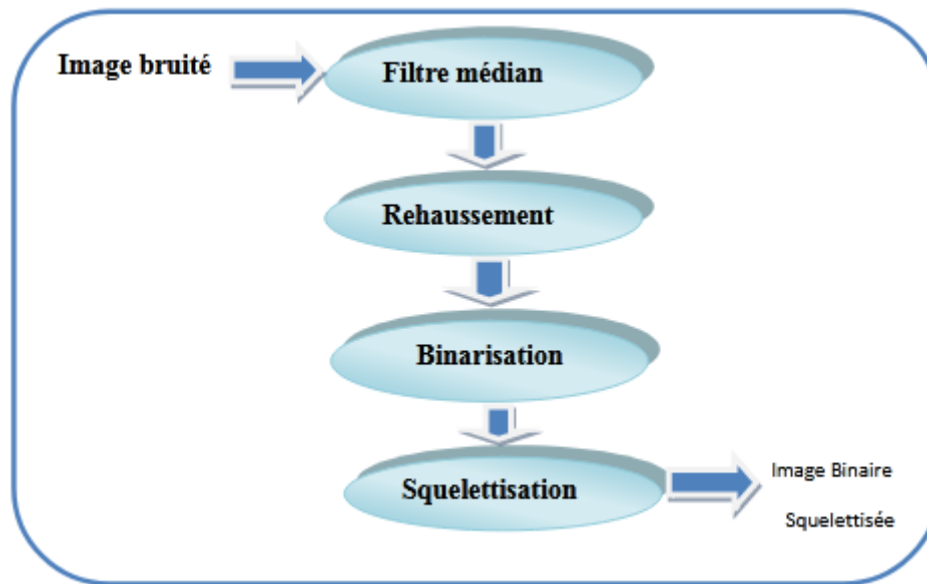


Fig II-3 Prétraitement de limage

### II-3-1-2-1 Filtrage médian

C'est un filtre qui consiste à réduire le bruit, c'est une étape de prétraitement classique visant à améliorer les résultats de traitement futurs.

Nous avons utilisé ce type de filtre parce qu'il est le plus convenable pour notre application, il facile à implémenter et il diminue le bruit sans perdre les informations de l'image.

**L'algorithme de ce traitement est comme suit :**

*Début*

*Pour chaque pixel de l'image originale faire*

- charger la valeur de ce pixel et ses voisins dans un tableau*
- Trier ce tableau par ordre croissant ou décroissant*
- Remplacer la valeur de ce pixel par l'élément médian du tableau*
- Afficher l'image filtrée*

Algorithme II-1. Algorithme de filtrage médian

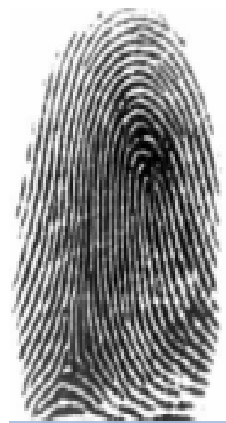


Fig II-4. Image filtrée

### II-3-1-2-2- Rehaussement

Comme nous avons vu dans le précédent chapitre que l'égalisation d'histogramme ou le rehaussement est une opération d'ajustement du contraste d'une image qui utilise l'histogramme. Elle consiste à appliquer une transformation sur chaque pixel de l'image et d'obtenir donc une nouvelle image à partir d'une opération indépendante sur chacun des pixels. Soient  $V_{\max}$  et  $V_{\min}$  les valeurs minimale et maximale en niveau de gris de l'image (en général,  $V_{\min} = 0$  et  $V_{\max} = 255$ ).

On calcule les valeurs  $d$  et  $g$  donnée par :

$$d = \frac{V_{\min} \cdot V_1 - V_{\max} \cdot V_0}{V_1 - V_0} \quad \text{et} \quad g = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_1 - V_0}$$

La transformation linéaire  $T$  suivante transforme la valeur  $v$  d'un pixel en valeur  $v'$  :

$$\forall v \in [V_0, V_1], v \xrightarrow{T} v' \in [V_{\min}, V_{\max}] \quad \text{avec} \quad v' = g \cdot v + d$$

La figure (II.5) illustre ce processus d'amélioration du contraste:

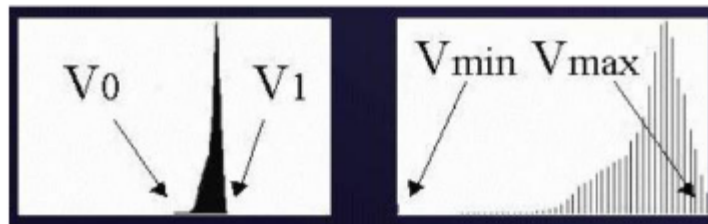


Figure II.5 L'histogramme et l'histogramme l'égalisé

**Algorithme de Rehaussement:**

-Vmin la plus petite valeur en niveau de gris de l'image en entrée  
-Vmax la plus grande valeur en niveau de gris de l'image en entrée  
-V0 et V1 les limites de la zone non nulle de l'histogramme et l'image en entrée

Début

Vmin --> 0; Vmax -->255;

Pour chaque pixel de l'image en entrée faire

-A --> Vmin multiple par V1

-B --> Vmax multiple par V0

-Calculer la différence entre A et B

Difference1--> A-B

Difference2 --> V1-V0

Difference3 -->Vmax-Vmin

-Calculer la valeur de d et g

d-->difference1divise par difference2



Fig II.6 Image rehaussée

### II-3-1-3 Binarisation

#### II-3-1-3-1 Seuillage global (La méthode d'Otsu)

Dans cette partie nous utilisons la méthode d'Otsu pour effectuer un seuillage automatique à partir de la forme de l'histogramme de l'image. Cette méthode nécessite donc le calcul préalable de l'histogramme de l'image. L'algorithme suppose alors que l'image à binariser ne contient que deux classes, (Les objets et l'arrière-plan). L'algorithme itératif calcule alors le seuil optimal T qui sépare ces deux classes afin que la variance intra-classe soit minimale et que la variance interclasse soit maximale [42].

- *Variance intra-classe:*

$$\sigma_w^2 = \omega_1(T) \times \sigma_1^2(T) + \omega_2(T) \times \sigma_2^2(T)$$

Oméga 1 représente la probabilité d'être dans la classe 1

Oméga 2 représente la probabilité d'être dans la classe 2

Sigma 1 représente la variance de la classe 1

Sigma 2 représente la variance de la classe 2

- *Variance interclasse:*

$$\sigma_y^2 = \sigma^2 - \sigma_w^2$$

Sigma représente la variance de l'image

Sigma w représente la variance intra-classe

- *Calcul de la probabilité des classes 1 et 2:*

Pour calculer la probabilité d'être dans les classes 1 ou 2 en fonction du seuil T, il suffit de sommer les probabilités de chaque niveau de gris.

$$\omega_1(T) = \sum_{k=1}^T P(k)$$

$$\omega_2(T) = \sum_{k=T+1}^{256} P(k)$$

- *Calcul de la probabilité de chaque niveau de gris*

- *Calcul de l'histogramme:*

L'histogramme est un graphique représentant la répartition des valeurs de niveau de gris dans une image. Pour calculer l'histogramme, il faut donc parcourir l'image dans sa totalité et compter le nombre de pixels qu'il y a pour chaque niveau de gris.

$$Hist(k) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (Image(i, j) == k)$$

- **Calcul de la probabilité de chaque niveau de gris:**

La probabilité de chaque niveau de gris est calculée en divisant le nombre de pixels présent pour chaque niveau de gris par le nombre total de pixels dans l'image.

$$P(k) = \frac{Hist(k)}{\text{Nombre total de pixels dans l'image}}$$

• **Calcul de la variance de chaque classe:**

$$\sigma_1^2(T) = \frac{\sum_{i=1}^T (N1(i) - Moy_1(T))^2 \times P(i)}{\omega_1}$$

$$\sigma_2^2(T) = \frac{\sum_{i=T+1}^{256} (N2(i) - Moy_2(T))^2 \times P(i)}{\omega_2}$$

N1 est un vecteur de 0 à T-1

N2 est un vecteur de T à 255

Moy1 représente la moyenne de la classe 1

Moy2 représente la moyenne de la classe 2

Cette méthode consiste à implémenter manuellement la méthode d'OTSU. C'est une méthode plus complexe, Mais dans notre travail nous utilisons la méthode simple qui consiste à utiliser la fonction «graythresh». Cette méthode est la plus simple et la plus rapide car elle nécessite peu de lignes de commande et pas de calcul [42].

Voir la description de «graythresh» [43]:

- level = graythresh(I) calcule un seuil global (level) qui peut être utilisé pour convertir une image d'intensité en une image binaire avec im2bw

.-Level est une valeur d'intensité normalisée qui se situe dans la plage [0, 1].

- La graythresh fonction utilise la méthode d'Otsu, qui choisit le seuil pour minimiser la variance intra-classe des pixels noirs et blancs.

-Les tableaux multidimensionnels sont convertis automatiquement en tableaux 2D en utilisant «reshape».La «graythresh» fonction ignore toute partie imaginaire non nulle de I.

### II-3-1-3-2 Transformation de l'image a niveau de gris

La conversion d'une image en niveaux de gris en monochrome est une tâche courante de traitement d'image. Dans cette étape de travail nous avons converti l'image couleur vraie RVB (Rouge, Vert, Bleu) en image d'intensité en niveaux de gris I par la fonction suivants: `rgb2gray`. Cette fonction convertit les valeurs RVB en valeurs de niveaux de gris en formant une somme pondérée des composants R,V et B:

$$0,2989 * R + 0,5870 * V + 0,1140 * B \text{ [44].}$$

La fonction convertit les images RVB en niveaux de gris en éliminant les informations de teinte et de saturation tout en conservant la luminance [44].

### II-3-1-3-3 Transformation de l'image en niveau de gris en image binaire

Dans cette étape nous avons Converti l'image en niveaux de gris en image binaire bw (Black and White), en remplaçant tous les pixels de l'image d'entrée par une luminance supérieure à la valeur 1 (blanc) et en remplaçant tous les autres pixels par la valeur 0 (noir).Donc Nous utilisons la fonction «`im2bw`» qui signifie «image to black and white», Cette fonction Convertit l'image en niveau de gris en image binaire, en fonction du seuil d'image global «`graythresh`» pour convertir une image d'intensité en une image binaire en utilisant la méthode d'Otsu [43]

#### Algorithme de Binarisation :

```
Début
Pour chaque pixel de l'image rehaussée faire
Si pixel (i,j) >seuil alors
    -mettre pixel -résultat (i, j) à 1//pixel blanc
Sinon-mettre pixel_ résultat (i, j) à 0 // pixel noir
Fin pour
-afficher l'image binarisée
```

Algorithme II.3 Algorithme de Binarisation



Fig II.7 Image binarisée.

### II-3-1-4 Squelettisation

Dans l'image binarisé, les lignes se voient clairement mais elles ont des tailles différentes, Pour pouvoir détecter rapidement les minuties (terminaisons, bifurcations), il est nécessaire d'obtenir une image plus schématique de l'empreinte, dans laquelle toutes les lignes ont la même épaisseur (1 pixel).

Donc pour finir le prétraitement de l'image d'empreinte digitale, on réalise une squelettisation, comparable à une opération d'amincissement.

La squelettisation est une classe d'algorithmes utilisée en analyse de formes. Elle consiste à réduire une forme en un ensemble de courbes, appelées squelettes, centrées dans la forme d'origine. La squelettisation est un outil d'analyse de forme non-scalaire, qui conserve les propriétés topologiques de la forme d'origine ainsi que les propriétés géométriques, selon la méthode employée.

En termes simples, la squelettisation consiste à amaigrir une forme jusqu'à obtenir un ensemble de courbes centrées. L'ensemble obtenu est alors appelé squelette ou axe médian.

Les squelettes possèdent différentes propriétés intéressantes:

- les squelettes sont théoriquement invariants par transformation linéaire (translation, rotation et changement d'échelle),
- la squelettisation est une transformation homotopique: elle préserve les propriétés topologiques de la forme.

*Début*

*-Image binarisée en entrée.*

*-Eliminer les crêtes redondants jusqu'à ce qu'ils sont qu'un pixel de large.*

*Afficher l'image squelettisée.*

*Fin.*

Algorithme II.4 Algorithme de squelettisation

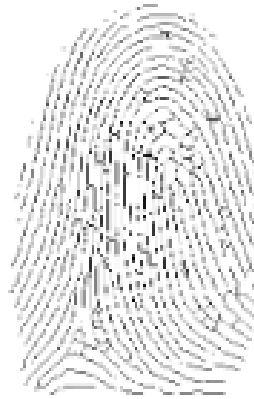


Fig II.8 Image squelettisée

### II-3-1-5 Extraction des caractéristiques

La phase d'extraction des caractéristiques présente l'une des étapes les plus importantes dans tout système de reconnaissance. Elle consiste à extraire de l'image d'une classe donnée l'information pertinente permettant de la distinguer plus facilement des autres classes [45]

#### II-3-1-5-1 Détection des minuties

Les deux étapes de préparation à l'extraction (binarisation et squelettisation) ont grandement facilité cette phase. En effet nous disposons maintenant d'une image binaire squelettisée: un pixel noir prend la valeur 1, un pixel blanc prend la valeur 0 et la largeur des stries est égale à 1 pixel. Si l'on calcule le nombre de transitions divisé par 2 entre un pixel blanc et un pixel noir pour chaque point du squelette, on obtient le nombre CN de stries partant de ce point (CrossingNumber) et nous pouvons donc déterminer simplement le type d'un pixel (voir Figure II.9).

$$CN = 0.5 * \sum_{i=1}^8 |p_i - p_{i-1}|, \text{ avec } p_8 = p_0 \text{ et } p_i \in \{0,1\}$$

P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
P <sub>8</sub>	P	P <sub>4</sub>
P <sub>7</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>5</sub>

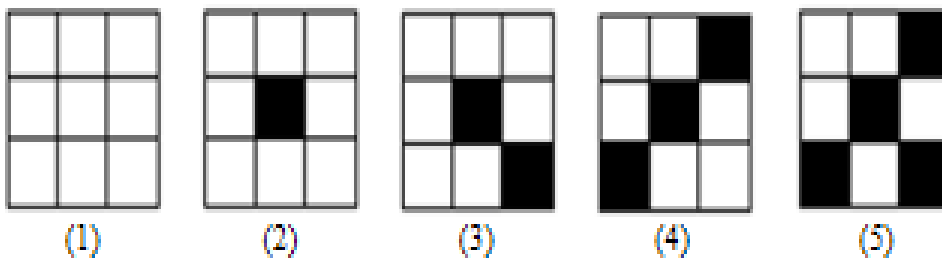


Fig II.9. Les cinq cas obtenus lors de processus d'extraction des minuties. Les pixels de valeur 1 et ceux de valeur 0 sont respectivement symbolisés par les carrés noirs et les carrés blancs.

- $I(i, j) = 0$ : c'est une vallée de l'empreinte digitale.
  - $I(i, j) = 1$  et aucune stries voisine (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 0$ ) : c'est un point isolé (voir la figure 3.3), cependant nous n'en tenons pas compte, car il existe rarement dans une empreinte, il est probablement dû à un bruit.
  - $I(i, j) = 1$  et une seule strie voisine (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 1$ ) : c'est une terminaison
  - $I(i, j) = 1$  et deux stries voisines (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 2$ ) : il s'agit ici d'une ligne continue c.à.d. il n'y a pas de minutie
  - $I(i, j) = 1$  et trois stries voisines (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i = 3$ ) : c'est une bifurcation.
- Le cas de  $I(i, j) = 1$  et plus de trois stries voisines (c.à.d.  $\sum_{i=1}^8 N_i > 3$ ) : Ne compte pas parce que les stries de l'empreinte digitale ne sont pas transversales.

*Début*

- Image squelettisée en entrée
- Calculer le nombre de voisinage autour d'un pixel de l'image
- Déterminer le type de chaque pixel selon la valeur

...

Algorithme II.5 Algorithme de détection des minuties

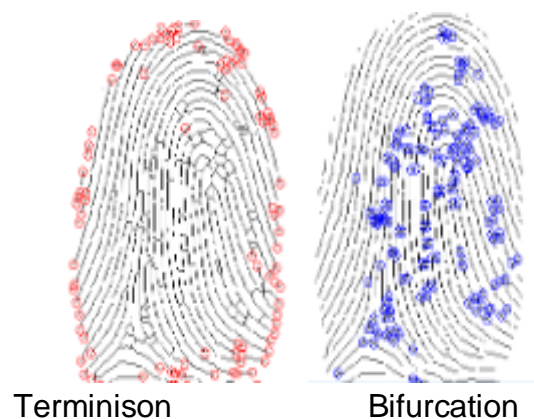


Figure II.10 Détection des minuties

### II-3-1-5-2 L'élimination des fausses minuties

Dans cette étape nous allons éliminer le maximum des fausses minuties détectées au cours des étapes de binarisation et de squelettisation. Pour cela nous utilisons des considérations heuristiques

[47], [48] basées sur le fait que la distance entre deux minuties voisines ne doit pas dépasser un certain seuil. Pratiquement, si on trouve plusieurs minuties dans une petite région cela indique la présence de bruit, deux terminaisons plus proches indiquent une coupure dans la strie [46], ainsi que, beaucoup de fausses minuties se situent généralement au bord de l'image, d'autres considérations se présentent dans [47] [49]. La figure II.11 illustre les fausses minuties qui peuvent être rencontrées.

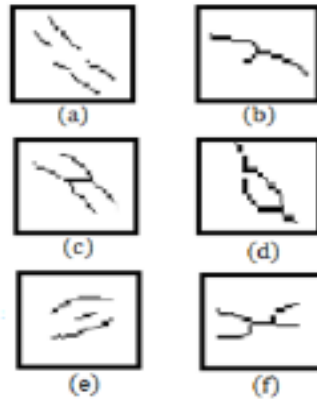


Fig II.11.Type des fausses minuties, (a) coupure dans les stries, (b) segment court, (c) pont, (d) ilot,(e) segment court, (f) segment court.

Pour effectuer ce traitement il faut passer par les trois étapes suivantes:

Etape 1 calculer la distance entre terminaison et bifurcation voisines.

Etapes2 : calculer la distance entre deux terminaisons voisines

Etape3 : calculer la distance entre deux bifurcations voisines.

On calcule la distance euclidienne tel que :  $(x_1, y_1)$  sont les coordonnées de la première minuties et  $(x_2, y_2)$  sont les coordonnées de la deuxième minuties selon la formule suivante :

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

L'algorithme d'élimination des fausses minuties illustre ci-dessous :

*Début*

*Nous ne supposons que la distance  $D=6$*

*Pour chaque pixel de l'image en entrée faire*

*Si la distance entre une terminaison et une bifurcation voisins  $< D$  alors*

*-éliminer les deux minuties*

*Si la distance entre deux terminaisons voisins  $< D$  alors*

*-éliminer les deux terminaisons*

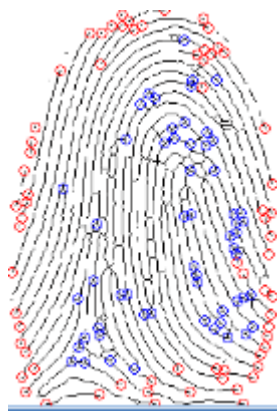
*Si la distance entre deux bifurcation voisins  $< D$  alors*

*-éliminer les deux bifurcations*

*Fin pour*

*-Afficher l'image résultat*

Algorithme II.6 Algorithme d'élimination des fausses minuties



Terminaison et Bifurcation

Fig II.12 Image de la phase d'élimination des fausses minuties

### II-3-1-5-3 L'orientation des minuties

Pour faire l'orientation de terminaison et bifurcation, nous avons analysé la position du pixel et ses voisinages avec une matrice de 5\*5. Nous avons comparé cette position avec la table des variables des angles obtenues

La matrice que nous avons utilisée est présentée ci-dessous :

$$\text{Table} = \begin{bmatrix} 3\pi/4 & 2\pi/3 & \pi/2 & \pi/3 & \pi/4 \\ 5\pi/6 & 0 & 0 & 0 & \pi/6 \\ \pi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -5\pi/6 & 0 & 0 & 0 & -\pi/6 \\ -3\pi/4 & -2\pi/3 & -\pi/2 & -\pi/3 & -\pi/4 \end{bmatrix}$$

Tableau II-1 variable de comparaison

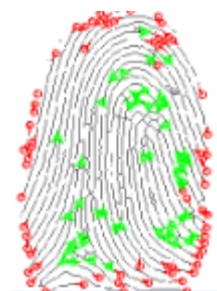


Fig II.13 Image de la phase de l'orientation des minuties

### II-3-2 Méthode d'extraction directe

Se base sur l'extraction des minuties à partir de l'image en niveau de gris, l'intérêt de cette approche est de détecter les lignes, les intersections des lignes et les terminaisons des lignes dans les images. Nous nous sommes servi de cette approche pour détecter les minuties de type (jonction et terminaison).

### II -3-2-1 Approche de détection des lignes, jonctions des lignes et terminaisons

L'extraction des lignes porte sur l'estimation de la plausibilité et l'orientation de chaque pixel de l'image. En utilisant les performances des filtres de Canny, l'approche de [Des et al., 04] propose un détecteur de lignes optimal qui opère séparément sur les directions horizontales et verticales. Ce détecteur a l'avantage d'être rapide de par son implémentation sous forme de filtres récurrents à impulsion infinie IIR, de plus il est moins coûteux en temps d'exécution.

L'algorithme d'extraction des lignes se déroule en deux étapes :

1-Filtrage de l'image dans les différentes directions horizontale, verticale et (horizontale&verticale) pour obtenir respectivement les images ( $I_x$ ,  $I_y$  et  $I_z$ ).

2-Suppression des non maxima par l'algorithme de Canny dans la direction qui maximise la variance. La figure II-14 illustre la démarche d'extraction des lignes.

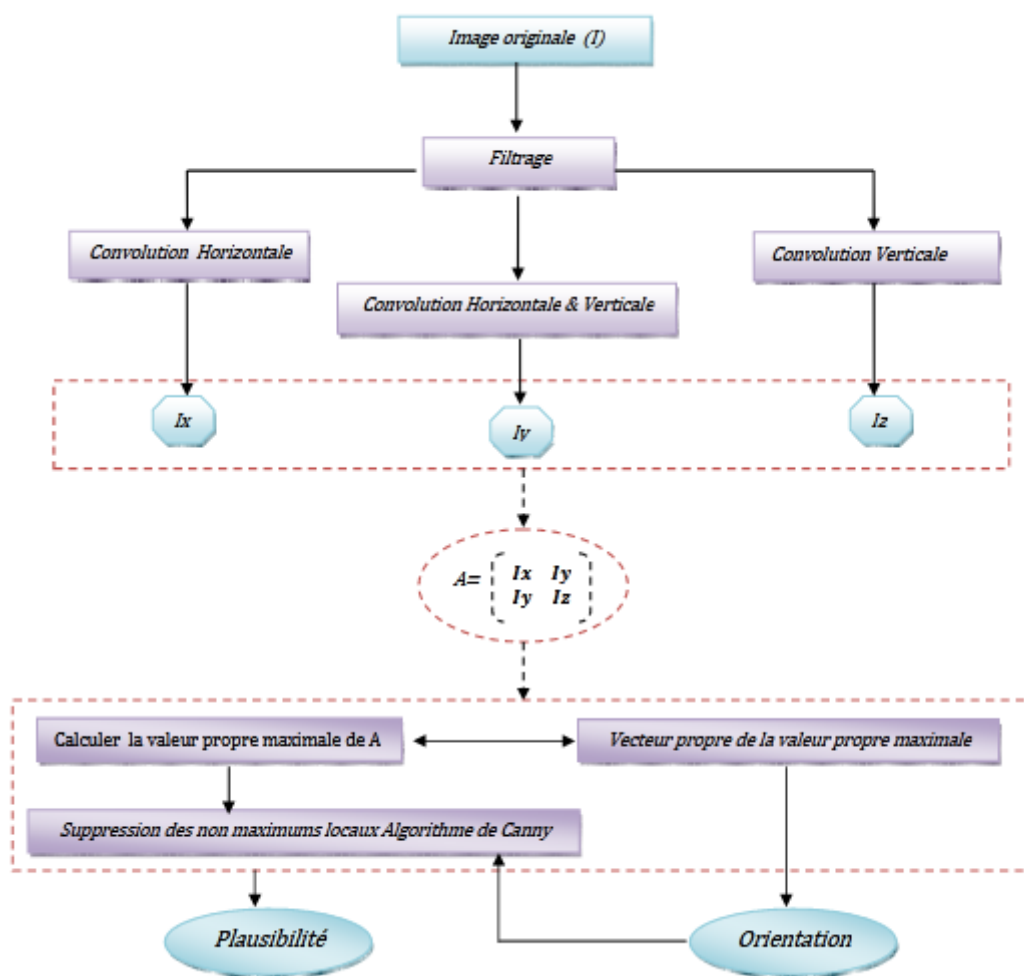


Fig II-14 Processus d'extraction des lignes

### Algorithme de détection des lignes

1-Filtrage de l'image originale I avec les filtres: **X**, **Y** et **Z** : Images obtenues: **IX**, **IY** et **IZ**.

2-Etablir la matrice  $A =$

$$\begin{pmatrix} I_x & I_y \\ I_y & I_z \end{pmatrix}$$

3-Suppression des non maximums dans la direction du vecteur propre qui correspond à la valeur propre maximale  $\lambda_{max}$  de la matrice en utilisant l'algorithme de Canny.

Algorithme II.7 Algorithme de détection des lignes

### II-4 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons mis l'accent sur les principales étapes pour faire une conception de notre système, en commençant par la méthode classique et ses algorithmes puis la méthode d'extraction directe

La reconnaissance d'empreinte digitale comporte la phase de traitement qui est initialisée par le filtrage suivi par le rehaussement pour améliorer le contraste, ensuite la binarisation et enfin la squelettisation pour préparer l'image à la phase d'analyse ou d'extraction des minuties.

Cette phase sert à détecter toutes les minuties possibles de l'image d'empreinte, ensuite nous avons éliminé les fausses minuties pour diminuer le nombre de minuties et pour faciliter la phase suivante. La réalisation de notre travail sera présentée dans le prochain chapitre.

## *Chapitre III*

### *Implémentation*

### III-1 Introduction

Dans ce chapitre on va parler de l'environnement de développement choisi pour implémenter notre système proposé dans le chapitre précédent, on se focalise sur l'extraction des caractéristiques d'empreintes digitales qui comporte deux approches, dans ce qui suit, nous présentons les différents étapes de notre système qui permet l'extraction de minuties par les deux méthodes.

### III-2 Réalisation de l'application

L'implémentation est la phase la plus importante après celle de la conception. Le choix des outils de développement influence énormément sur le coût en temps de programmation, ainsi que sur la flexibilité du produit à réaliser. Cette phase consiste à transformer le modèle conceptuel établie précédemment en des composants logiciels formant notre système.

### III-3 La technologie utilisée

**MATLAB R2016a** MATLAB est un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques (Figure2-2). Il est développé et commercialisé par la société Américaine The Math Works et utilisé dans les domaines de l'éducation, de la recherche et de l'industrie pour le calcul numérique mais aussi pour développer des projets et créer des solutions nécessitant une très grande puissance de calcul.

Figure III-1



Fig III-1 :La version utilisé est **MATLAB R2016a**

Le logiciel MATLAB est construit autour du langage MATLAB. Une interface en ligne de commande, qui est un des éléments du bureau MATLAB, permet d'exécuter des commandes simples. Des séquences de commandes peuvent être sauvegardés dans un fichier texte,

typiquement avec l'éditeur MATLAB, sous la forme d'un « script » ou encapsulé dans une fonction. [50]

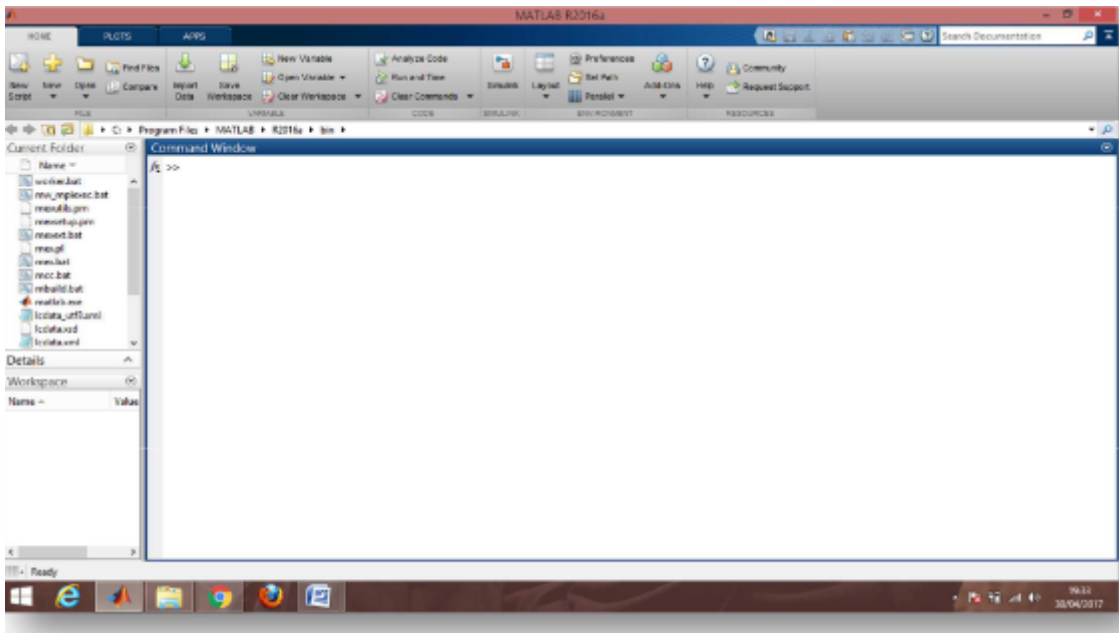


Fig III-2: Interface de MATLAB

### III-4 Développement de l'application

Dans cette étape, nous allons présenter les différentes phases de la réalisation de notre projet .

#### III-4-1 Présentation de l'application:

On présente dans cette section les deux approches utilisées pour l'extraction des minuties de l'empreinte digitale à traité.

##### III-4-1-1 Interface principale:

C'est une interface destinée aux utilisateurs, elle est simple et permet d'illustrer les deux méthodes d'extraction des caractéristiques des empreintes digitales, elle apparait après le lancement de l'application intitulé : L'extraction des caractéristiques des empreintes digitales.

Cette interface graphique est composée d'un bouton principal qui charge l'image originale de l'empreinte acquise dans deux fenêtres, deux menus ,le haute destinée pour l'approche classique, le bas est pour l'approche de l'extraction directe.

(Figure III-3)

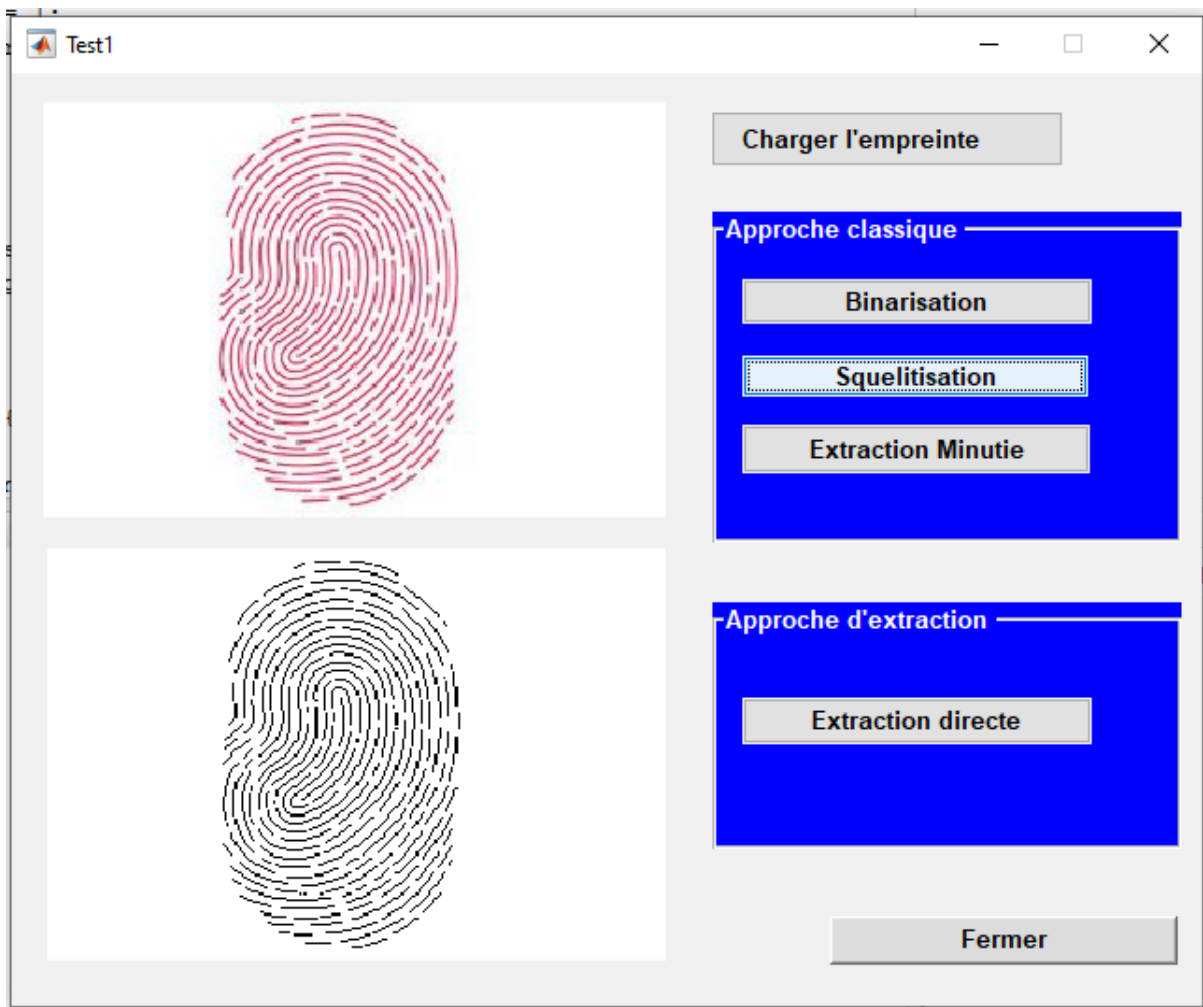


Fig III-3 Interface principale

### III-4-1-2 Menu pour la méthode classique:

- Ce menu de l'approche classique est composé de trois boutons :
- 1- le bouton **Binarisation** sert à binariser l'image acquise (Figure III-4)

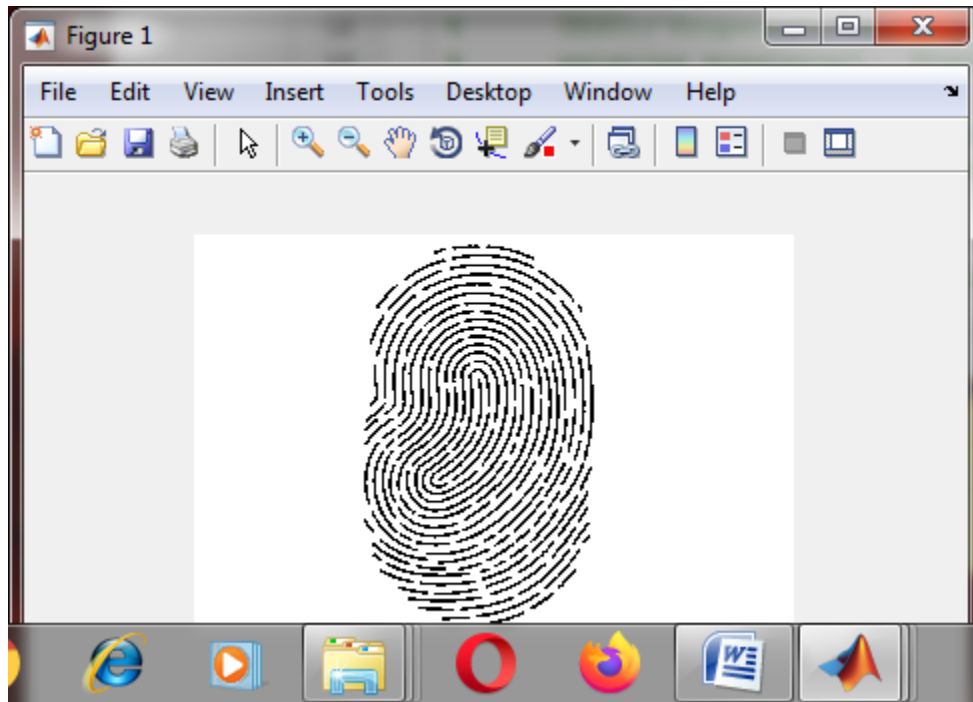


Fig III-4 Binarisation

- 2- le bouton **Squelettisation** affiche l'image squelettisée après la binarisation (Figure III-5).

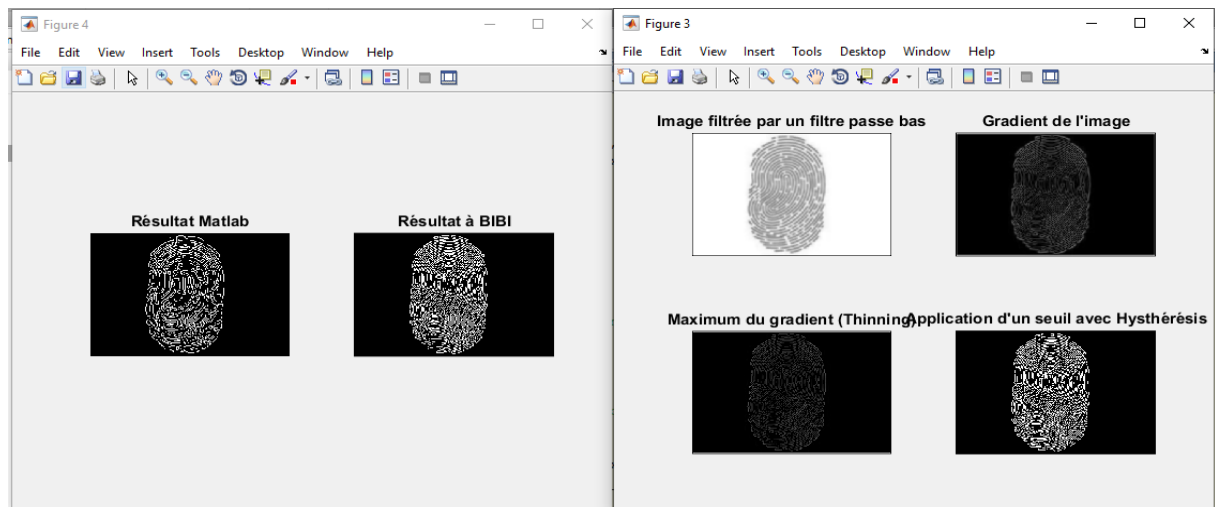


Fig III-5 : squelettisation

- 3- Le bouton **Extraction Minutie** donne le fruit de ce travail (Figure III-6)



Fig III-6 Extraction Minutie

### III-4-1-3 Menu pour la méthode d'extraction directe:

Composé d'un seul bouton sert à extraire les minuties de l'image en niveau de gris sans passer par les étapes fournées par l'approche classique (Figure III-7)

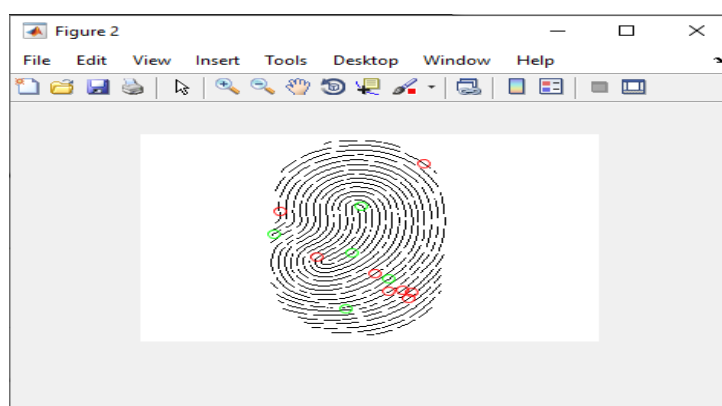


Fig III-7 Extraction directe de minutie

### III-5 Les activités futures:

On a conclue que l'extraction des caractéristiques par les deux méthodes donne des résultats acceptables, ce qui nous pousse à travailler avec la méthode hybride dans les futurs travaux, afin de produire un système plus performant et puissant. Les méthodes hybrides (ou méthodes de fusion) sont des approches utilisant à la fois des caractéristiques globales et des caractéristiques locales. Les facteurs clés qui influent les performances des méthodes de fusion comprennent le choix des caractéristiques pour la combinaison et la manière de les combiner de telle sorte que leurs avantages soient préservés et que leurs inconvénients soient évités.

### III-6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les étapes de la conception du système qui fait l'extraction des caractéristiques des empreintes par deux méthodes, l'environnement matériel et logiciel, ainsi les détails de réalisation de notre système et l'interface développée. En vue de ce qui a été fait dans la conception et la réalisation, on peut dire que :

- l'extraction des minuties avec ces deux méthodes d'extraction des caractéristiques couvre un nombre important de classes d'empreinte à traiter.
- Son interface est simple que toute personne ayant peu de connaissances sur la biométrie peut utiliser.
- L'extraction des minuties est très rapide et facile à détecter.

---

## Conclusion générale

La plupart des systèmes de reconnaissance utilisent la méthode classique de détection de minutie basée sur la binarisation, squelettisation dont l'avantage réside dans la simplicité à extraire et détecter les minuties lorsque l'on dispose d'un squelette précis de l'image. l'inconvénient vient de la perte d'information et du bruit introduit au cours de la binarisation ,ce qui provoque l'apparition d'une multitude de fausses minuties et nécessite un traitement à posteriori relativement important .de plus l'étape de squelettisation est couteuse en temps de calcul car plusieurs balayages de l'image sont nécessaire selon l'épaisseur des stries.

Ces considération nous ont donc amené à étudier une autre méthode consistant à extraire la carte des minuties directement sur l'image brute en niveaux de gris ce qui permet d'éviter les étapes de binarisation et de squelettisation.

Cette technique est basée sur le suivi des stries selon le maximum local. En effet une strie est idéalement une ligne de l'image composé d'un ensemble de maximum locaux reliant deux minuties .pour suivre une strie il suffit donc de détecter cette suite jusqu'à atteindre les deux points extremes.si l'on considère l'image brut en sortie du capteur les maxima sont mal définis en raison du bruit important présent dans l'image, c'est pourquoi nous appliquons cette méthode non pas sur l'image d'origine mais sur l'image filtrée obtenue ou le maxima sont clairement définis.

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés au problème des méthodes d'extraction des caractéristiques des images biométriques. Notre travail consiste à développer un système qui permet l'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale baser sur deux méthodes d'extraction des caractéristiques différentes. Tout d'abord, dans le premier chapitre nous avons présenté l'état de l'art du sujet entamé et mentionné les types de caractéristique d'image, puis les méthodes d'extraction, deuxième chapitre pour la conception et enfin le troisième chapitre pour l'implémentation de notre système.

### BIBLIOGRAPHY

- [1] Ryszard S. Choras, < Image Feature Extraction Techniques and Their Applications for CBIR and Biometrics Systems>
- [10] W.J. Babler, Embryologic Development of Epidermal Ridges and Their Configurations, *Dermatoglyphics: Science in transition. Birth defects*, New York, Wiley-Liss, pp. 95-112, 1991
- [11] Francis Galton, *Fingerprint*, McMillan, London, 1892.
- [12] International Biometric Group, *The Henry Classification*,
- [13] Maltoni Davide, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, *Handbook of fingerprint recognition*, Springer, New York, 2003.
- [14] A.K. Jain, S. Prabhakar and S. Pankanti, "Twin Test: On Discriminability of Fingerprints", *Proc. 3rd International Conference on Audio-and Video-Based Person Authentication*, pp. 211-216, Sweden, June 6-8, 2001
- [15] H. Ailisto and M. Linholm, "A review of fingerprint image enhancement methods", *International Journal of Image and Graphics*, Vol. 3, No. 3, pp. 401-424, 2003.
- [16] D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Jain, S. Prabhakar. "Handbook of Fingerprint Recognition: Section 2.6 Fingerprint scanners and their features", Springer, New York, 2003
- [17] Nalini Ratha, Ruud Bolle *Automatic Fingerprint Recognition Systems*, Springer, New York, 2004.
- [18] R. Bansal, P. Sehgal, P. Bedi, "Minutiae extraction from Fingerprint images, a review", *International Journal of Computer science issues (IJCSI)*, vol. 8, Issue. 5, No. 3, pp. 74-85, 2011.
- [19] V. Humbe, S. S. Gornale, R. Manza and K. V. Kale, "Mathematical Morphology approach for Genuine Fingerprint Feature Extraction", *Int. Journal of Computer Science and Security (IJCSS)*, vol. 1, pp. 53-59, 2007.
- [20] R. Bansal, P. Sehgal, P. Bedi, "Effective Morphological Extraction of True Fingerprint Minutiae based on the Hitor Miss Transform", *International Journal of Biometrics and Bioinformatics (IJBB)*, vol. 4, pp. 71-85, 2010
- [21] Zhixin Shi, Venu Govindaraju, "A chaincode based scheme for fingerprint feature extraction", *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, pp. 462-468, 2006.
- [22] Zenzo, L. Cinque, and S. Levialdi, "Run-Based Algorithms for Binary Image Analysis and Processing", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 1, pp. 83-88, 1996

- 
- [24] J.L. Dugelay, J. -C. Junqua, C. Kotropoulos, R. Kuhn, F. Perronnin, I. Pitas, "Recent Advances in Biometric Person Authentication", IEEE Int. Conf on Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), Orlando, Florida, May 2002.
- [25] M. Sezgin et B.Sankur, "Survey over image thresholding technique and quantitative performance evaluation", Journal of Electronic Imaging, vol. 13, p. 146-165, 2004.
- [27] Christophe LOHOU, Contribution à l'analyse topologique des images : étude d'algorithmes de squelettisation pour images 2D et 3D, selon une approche topologie digitale ou topologie discrète, Informatique Fondamentale et Applications, 20 décembre 2001.
- [28] Christel-Loïc TISSE, Lionel MARTIN, Lionel ROBERT, Système automatique de reconnaissance d'empreintes digitales. Sécurisation de l'authentification sur carte à puce, Advanced System Technology Laboratory.
- [29] S.Kim, D.Lee, J. Kim, "Algorithm for Detection and Elimination of False Minutiae in Fingerprint Image", Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, vol. 2091, p. 235-240, 2001.
- [30] A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna, A. Leone, "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binary images", Pattern Recognition, vol. 32, p. 877-889, 1999.
- [31] Maltoni Davide, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, Handbook of fingerprint recognition, Springer, New York, 2003
- [32] A.M Bazen, S.H. Gerez, "An intrinsic Coordinate System for Fingerprint Matching", Proc. Int. Conf. on Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication, p.198-204, 2001
- [33] N. Ratha, R. Bolle, "Automatic Fingerprint Recognition Systems", Springer, New York, 2004
- [34] University of Bologna <http://biolab.csr.unibo.it>, de 9/02/2009.
- [35] E. Kaymaz, S. Mitra, "Analysis and Matching of Degraded and Noisy Fingerprints" Proc. of SPIE (Application of Digital Image Processing), vol. 1771, p. 498-508, 1992.
- [36] J.D. Stosz, L.A. Alyea, "Automated System for Fingerprint Authentication Using Pores and Ridge Structure", Proc. of SPIE (Automatic Systems for the Identification and Inspection of Humans), vol. 2277, p. 210-223, 1994.
- [37] L. M. Munoz-Serrano, "Sistema automatico de reconocimiento de huella dactilar basado en informacin de textura", master's thesis, ETSIT, université Politecnica de Madrid, 2004.

- 
- [38] David Maltoni, D.Maio, A.Salil: Handbook, Fingerprint 2003
- [39] D. Maio and D.Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 1, pp. 27-39, 1997.
- [40] X. Jiang, W. Yau and W. Ser, "Detecting the fingerprint minutiae by adaptive tracing the gray-level ridge", Pattern Recognition, Vol. 34, pp. 999-1013, 2001.
- [42] Googlecom.2008.Binarisation | Méthode d'OTSU.[Online].[2 May 2018]. Available from: «<https://sites.google.com/site/lizantchristopher/services/binarisation-1>».
- [43] Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
- [44] Mathworkscom.2018.ConvertRGB image or colormap to grayscale -MATLAB rgb2gray.[Online].[6-May-2018].Available from: <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html>».
- [45] S. Chevalier, «Reconnaissance d'écriture manuscrite pour des techniques markoviennes: une approche bidimensionnelle et générique,» Thèse de Doctorat, Université René Descartes, France, 2004.
- [46] Maltoni Davide, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, Handbook of fingerprint recognition, Springer, New York, 2003.
- [47] S.Kim, D.Lee, J. Kim, "Algorithm for Detection and Elimination of False Minutiae in Fingerprint Image", Lecture Notes in Computer Science, Spring Verlag, vol. 2091, p. 235-240, 2001
- [48] Z.Bian, D.Zhang, W.Shu, "Knowledge-Based Fingerprint Post-Processing", International Journal of Pattern Recognition and artificial Intelligence, vol. 16, no.1,p. 53-67, 2002.
- [49] A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna, A. Leone, "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binaryimages", Pattern Recognition, vol.32, p. 877-889, 1999
- [50] Richard Goering, <Matlab edges closer to electronic design automation world [archive]>," Times, 10/04/2004

## WEBOGRAPHY

- [2] <http://www.gendarmerie.interieur.gouv.fr> > identification
- [3] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Image>
- [4] <http://tecfaetu.unige.ch> > staf > staf-f > anzani > staf 14
- [5] <http://blog.iconfinder.com/finding-more-duplicate-icons-introduction-image-feature-extraction/>
- [6] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Numérisation](http://fr.wikipedia.org/wiki/Num%C3%A9risation)

- 
- [7] [http://fr.wikipedia.org/wiki >Détection de contours](http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tection_de_contours)
- [8] <http://devernay.free.fr> >cours> vision > pdf
- [9] [http://fr.wikipedia.org/wiki > Détection \\_de \\_ZONE\\_d%27intérêt](http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tection_de_ZONE_d%27int%C3%A9r%C3%AAt)
- [9] [http://fr.wikipedia.org/wiki > Rouge\\_vert\\_bleu](http://fr.wikipedia.org/wiki/Rouge_vert_bleu)
- [23] [http://fr.wikipedia.org/wiki > Egalisation \\_d'histogramme](http://fr.wikipedia.org/wiki/Egalisation_d%27histogramme)
- [26] FVC2004 (Fingerprint Verification Competition) [www.bias.csr.unibo.it/fvc2004](http://www.bias.csr.unibo.it/fvc2004)consulter le 25/01/2016
- [41] <http://patents.google.com>>patent

## RÉSUMÉ

L'identification et la vérification des identités de personnes se sont imposées comme une approche de sécurisation dans un environnement, afin de lutter contre le terrorisme et la criminalité organisée, il a été décidé au niveau international d'introduire la biométrie dans les titres de voyages comme solution pour limiter ce phénomène menaçant la majorité des pays. La coopération internationale dans ce domaine exige pour développer des systèmes informatiques sécurisés performants. Un fiable algorithme d'extraction de primitives (minuties) est une étape critique pour la performance d'un système automatique d'identification et de vérification.

Dans notre travail, nous traitons deux méthodes : une méthode classique basée sur l'extraction des minuties depuis le squelette binaire de l'image d'empreinte digitale et une deuxième méthode basée sur l'extraction depuis l'image en niveau de gris.

**Mots clé** : Empreintes digitales, Extraction de minuties, Binarisation, squelettisation, Bifurcation, terminaison.

## ABSTRACT

The identification and verification of the identities of people have emerged as a security approach in an environment, in order to fight terrorism and organized crime, it was decided at the international level to introduce biometrics in travel documents. as a solution to limit this phenomenon threatening the majority of countries. International cooperation in this area requires the development of efficient secure IT systems.

A reliable primitive (minutia) extraction algorithm is a critical step for the performance of an automatic identification and verification system.

In our work, we deal with two methods: a classical method based on the extraction of minutiae from the binary skeleton of the fingerprint image and a second method based on the extraction from the grayscale image.

**Keywords**: Fingerprints, Extraction of minutiae, Binariation, skeletonization, Bifurcation, termination.

## نبذة مختصرة

برز تحديد هويات الأشخاص والتحقق منها كنهج أممي في بيئة ، من أجل مكافحة الإرهاب والجريمة المنظمة ، تقرر على المستوى الدولي إدخال القياسات الحيوية في وثائق السفر كحل للحد من هذه الظاهرة التي تهدد غالبية الدول. يتطلب التعاون الدولي في هذا المجال تطوير أنظمة تكنولوجيا معلومات آمنة وفعالة  
تعد خوارزمية الاستخراج البدائية الموثوقة (التفاصيل الدقيقة) خطوة حاسمة لأداء نظام التعرف والتحقق التلقائي.  
في عملنا ، نتعامل مع طريقتين: طريقة كلاسيكية تعتمد على استخراج التفاصيل الدقيقة من الهيكل العظمي الثنائي لصورة بصمة الإصبع وطريقة ثانية تعتمد على الاستخراج من الصورة ذات التدرج الرمادي.  
الكلمات المفتاحية: بصمات الأصابع ، استخراج التفاصيل ، التثنية ، الهيكل العظمي ، التشعب ، الإنهاء.