

M/201.839

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrotechnique et Automatique



Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Automatique et Informatique Industrielle
Spécialité : Commande et Diagnostic
Des Systèmes Industriels



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master Académique

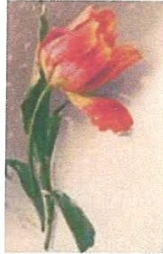
Extraction des paramètres des empreintes digitales

Présenté par :
Hachani abderrahmene
Achaichia abdenour

Sous la direction de : **Mr. Aidoud Med**

Mai 2014

Dédicace



Je dédie ce fruit de tout d'années de labour à tous ceux que j'aime :

*A mes parents que j'adore pour leurs énormes sacrifices, leurs
conseils et leur soutien moral.*

*A ma chère mère signe d'amour, de respect et de courage et à mon
père que dieu le protégé.*

A toute la famille sans exception.

A tous mes amis sans exception.

A tous les gens que j'aime et qui m'ont aidé à élaborer le travail.

A.HACHANI

REMERCIEMENTS

*Louange a ALLAH le tout puissant que nous nous
Remercions de nous avoir permis de finir notre
Travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux vont a
Notre encadreur AIDOU MED*

*Qui par ses conseil et orientations a énormément aidé dans
l'élaboration de notre ouvrage.*

*Nous exprimons notre gratitude envers les travailleurs de
ArcelorMittal – LAC qui nous ont assisté Durant
notre Stage*

*Nous exprimons notre reconnaissance atout ce qui
Ont contribué de près ou de loin a notre
Modeste travail*

Résumé

Les minuties correspondent essentiellement aux points de terminaison et de bifurcation dans le flot régulier des empreintes digitales. La qualité des empreintes est souvent mauvaise, ce qui rend d'ailleurs la tâche d'extraction de ces minuties relativement difficile. Les algorithmes d'extraction produisent beaucoup de fausses minuties. Un schéma complet pour l'extraction et la reconnaissance des minuties est présenté dans ce travail. Une bonne partie du travail a été consacrée à l'amélioration de l'empreinte et à l'extraction des minuties. Les méthodes proposées, au gré des tests, permettent de réaliser une performance globale assez acceptable.

Abstract

Minutiae correspond essentially to the terminations and bifurcation of fingerprint patterns. Since the quality of fingerprint images is often low, automatic minutiae detection is a very difficult task and the extraction algorithms produce a large number of false alarms. A complete minutiae extraction scheme for automatic fingerprint recognition systems is presented. A great deal of work has been dedicated to fingerprint enhancement and to minutiae extraction. The methods proposed, as confirmed by our simulations, allows an acceptable overall performance to be achieved.

ملخص :

تعتبر النقاط الفريدة الأماكن حيث تفاصيل البصمات الأصابع تتوقف أو تنفرج. نظرا لنوعية صور البصمات التي قد تكون رديئة. عملية الاستخراج الأوتوماتيكي لهذه النقاط تعد مهمة صعبة إذ قد تؤدي لاستنباط كثير من العلامات الخاطئة، في هذا الصدد، تم تقديم إطار كامل من أجل استخراج سليم لهذه النقاط. مساحة كبيرة في هذا العمل قد خصصت من أجل تنقيح الصور المأخوذة والكشف عنها. نظرة جديدة غايتها اللام بأراء عدة طرق لتحصيل عدة نقاط. قد قدمت كافة الخوارزميات بعد عملية الفحص وأدت إلى نتائج مقبولة.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : GÉNÉRALITE SUR LES EMPREINTES DIGITALES

I.1 Introduction.....	4
I.2 Histoire de l'étude des empreintes digitales.....	4
I.3 Structure d'une empreinte.....	6
I.3.1 Définition d'empreinte digitale.....	6
I.3.1.1 Universalité.....	6
I.3.1.2 Immuabilité.....	6
I.3.1.3 Individualité.....	7
I.3.1.4 Inaltérabilité.....	7
I.3.2 Caractéristique d'empreinte digitale.....	7
I.4 Classification des empreintes digitales d'empreinte digitale.....	9
I.4.1 Type arc (arch).....	10
I.4.2 Type boucle (loop).....	10
I.4.3 Type spiral (whorl).....	10
I.5 Capture de l'empreinte digitale.....	11
I.6 Conclusion.....	14

CHAPITRE II : AMILIORATION DE L'IMAGE EMPREINTE DIGITALE

II.1 Introduction.....	16
II.1.1 Définitions.....	16
II.1.1.1 Image.....	16
II.1.1.2 Pixel.....	17
II.1.1.3 Niveau de gris.....	17
II.1.1.4 Résolution.....	17

II.1.1.5 Connexité.....	17
II.1.1.6 Histogramme.....	17
II.1.1.7 Couleur.....	18
II.2 Normalisation d'une image.....	18
II.2.1 Algorithme de la normalisation.....	21
II.3 Qualité de l'image d'empreinte digitale.....	22
II.4 Classification.....	23
II.4.1 Filtrage des blocs récupérables.....	23
II.4.2 Image orientation.....	23
II.4.2.1 Calcul du gradient.....	24
II.4.2.2 Algorithme de calcul du gradient.....	28
II.5 Estimation de l'orientation locale de chaque bloc.....	29
II.5.1 Estimer l'orientation locale de chaque bloc centré aux pixels.....	29
II.5.2 Filtrage de l'orientation.....	31
II.5.3 Calcul de l'orientation locale des crêtes au pixel.....	32
II.5.3.1 Algorithme d'estimation de l'orientation.....	32
II.5.4 Image fréquence.....	33
II.6 Estimation de la région masque.....	33
II.6.1 Région masqué.....	33
II.6.2 Algorithme d'estimation de la région masque.....	34
II.7 Correction des erreurs.....	35
II.8 Filtrage.....	35
II.8.1 Filtrage linéaire.....	35
II.8.2 Filtrage non linéaire.....	36
II.9 Segmentation.....	37
II.10 Conclusion.....	38

CHAPITRE III : EXTRACTION DES MINUTIES

III.1 Introduction	39
III.2 Information sur les minuties.....	40

III.3 Extraction des minuties.....	40
III.3.1 Principe.....	41
III.3.2 Binarisation.....	42
III.3.3 Seuillage.....	42
III.3.3.1 Seuillage global.....	42
III.3.3.2 Seuillage local.....	43
III.3.3.3 Seuillage adaptatif.....	43
III.3.3.4 Algorithme du seuillage global.....	44
III.3.4 Squelettisation.....	45
III.3.4.1 Squelettisation.....	45
III.3.4.2 Principe de la squelettisation.....	46
III.3.4.3 Algorithme de la squelettisation.....	47
III.3.4.4 Application de squelettisation.....	48
III.4 Détection des minuties.....	48
III.4.1 Élimination des fausses minuties.....	51
III.5.Détection automatique des minuties.....	52
III.5.1 Détection des bifurcations.....	53
III.5.1.1 Différentes formes des minuties.....	53
III.5.1.2 Modélisation des bifurcations.....	54
III.5.1.3 Détermination des valeurs associées ou bifurcations.....	54
III.5.1.4 Les différentes configurations des bifurcations.....	55
III.5.2.Détection des rides.....	56
III.5.2.1 Différentes formes d'arrête des lignes.....	57
III.5.3 Algorithme de détection automatique.....	58
III.5.4 Algorithme de détection des réelles minuties.....	58
III.6.Détection manuelle des minuties.....	59
III 7.Conclusion.....	59

CHAPITRE IV : RÉALISATION ET INTERPRETATION

IV.1 Introduction.....	60
------------------------	----

IV.2 Plate-forme de travail et outil de développement.....	60
IV.3 Initiation au traitement d'images avec matlab7.8.....	60
IV.3.1 Rappel sous Matlab.....	60
IV.3.2 Lire et écrire des images sous Matlab.....	61
IV 4 Architecture générale du système.....	61
IV.5 Analyse et description du schéma fonctionnel.....	63
IV.6 Description de travail.....	63
IV.6.1 Résultat de l'exécution.....	64
IV.7 Conclusion.....	74
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	75

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES FIGURES

Figure I.1- Les types de minuties les plus Fréquentes.....	08
Figure I.2- Les bifurcations et terminaisons.....	08
Figure I.3-Types d'empreintes digitales possibles.....	09
Figure I.4- Types de minuties possibles.....	09
Figure I. 5 - Les cinq classes les plus utilisées.....	11
Figure I.6- Quelques capteurs d'empreintes commercialisés.....	14
Figure II.1- Principe du prétraitement de l'image.....	16
Figure II.2.a- Image encrée par partie et normalisée.....	19
Figure II.2.b -Image sans parties encrées et normalisée.....	19
Figure II.3 -Régions d'empreinte digitale.....	22
Figure II.4 Taille de l'image orientation.....	29
Figure II.5 Direction possible de l'orientation.....	30
Figure II.6 Directions possibles de l'orientation visualisées dans des blocs de dimension (16x 16).....	31
Figure II.7 -Masque du filtre de NAGAO.....	36
Figure III.1 Schéma général des différentes étapes d'un système de reconnaissance.....	39
Figure III.2 Sens associé à une minutie.....	40
Figure III. 3 Les étapes d'extraction.....	41
Figure III.4 La phase d'extraction de la signature.....	42
Figure III.5 Résultats de l'étape de binarisation.....	44
Figure III.6 Cas où le point ne sera pas supprimé.....	45
Figure III.7 Fenêtre de traitement (3*3).....	46
Figure III.8 Squelette de l'image binaire de l'empreinte.....	47
Figure III.8 Les différentes représentations du squelette.....	49

Figure III.9 Exemples de détermination du type de minutie en fonction du calcul de CN.....	50
Figure III.10 Exemple de détection de fausses minuties.....	51
Figure III.11 Résultat de la phase d'élimination des fausses minuties.....	52
Figure III.12 Différentes formes des minuties.....	53
Figure III .13 Calcule de B.....	54
Figure III.14 Les différentes formes de fin de ride.....	57
Figure IV .1 Schéma fonctionnel du système.....	62
Figure IV.2 Image originale.....	63
Figure IV.3 Chargement d'image.....	64
Figure IV.4 Image binarisée.....	65
Figure IV.5 Image squelette.....	66
Figure IV.6 Extraction des minuties (Terminaisons).....	67
Figure IV.7 Extraction des minuties (Bifurcations).....	68
Figure IV.8 Réel minuties.....	69
Figure IV.9 Régions d'intérêt.....	70
Figure IV.10 Supprimer les minuties externes.....	71
Figure IV.11 Orientation des minuties.....	72
Figure IV.12 Les minuties sauvegardés.....	73

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE :

La biométrie est une discipline qui consiste à reconnaître les individus de manière automatique à partir de leur caractéristiques physique ou comportement. Parmi les techniques biométriques connus comme la forme de la main, la signature, le visage, la voix, l'iris, la rétine ou alors l'ADN, la reconnaissance par empreinte digitale est considérée comme l'une des plus utilisées.

Les moyens biométriques permettent donc une authentification sûre car ils sont basés sur l'individu lui-même. Il est alors indispensable de caractériser l'individu par un indice biométrique afin de le différencier des autres sans aucune ambiguïté; cet indice biométrique est une clé codant l'identité d'une personne sans redondance ni variabilité. La plupart des indices biométriques, comme les empreintes digitales, répondent à ces critères.

Un système d'identification par empreintes digitales comprend principalement deux importants volets : l'extraction et la mise en correspondance « le matching ».

Le premier volet permet d'extraction des caractéristiques d'empreinte digitale ou les minuties (bifurcation et fin de ligne).

Le deuxième volet quant à lui compare les différentes empreintes d'une même classe en se basant sur les primitives extraites (vallées, crêtes, points de bifurcation, fins de lignes, point central, point delta ...).

Une empreinte digitale peut être modélisée par des crêtes et des vallées et le rapport existant entre elles, un total de 150 caractéristiques de crêtes locales différentes ont été identifiées (islande, courte, triangle, pont ...). Ces caractéristiques des crêtes locales ne sont pas uniformément distribuées, la plupart d'entre elles dépendent énormément des conditions d'acquisition et de la qualité de l'empreinte digitale et sont rarement observées d'une manière claire dans les images d'empreintes digitales.

Les deux caractéristiques des crêtes locales les plus importantes appelées minuties sont:

1- bifurcation.

2- Terminaisons (fin de crêtes).

Une bonne qualité d'empreinte digitale contient typiquement environ 10 à 100 minuties.

La mise en correspondance automatique de l'empreinte digitale dépend des caractéristiques locales des crêtes et de leurs relations (rapport).

Une étape importante dans la mise en correspondance des empreintes digitales est l'extraction automatique des minuties qui est une tâche difficile.

La performance d'un algorithme d'extraction de minuties dépend énormément de la qualité de l'image.

Dans une image d'empreinte digitale idéale, les crêtes et vallées alternent et ont une direction locale constante, et les minuties sont des anomalies de crêtes, les terminaisons de crêtes et les bifurcations peuvent être détectées et les minuties peuvent être précisément localisées à partir des crêtes squelettisées. Cependant l'image d'empreinte digitale acquise est souvent de mauvaise qualité (plus de 10% d'images). Ceci est dû principalement aux systèmes d'acquisition, condition de prise d'empreintes (non collaboration de la personne) et des anomalies déjà existantes (postnatale, marque professionnelle ...).

Ainsi les minuties ne peuvent pas être détectées correctement, cela mène aux problèmes suivants :

- 1- Un ensemble considérable de fausses minuties peut être créé.
- 2- Un large pourcentage d'authentification minuties peut être ignoré.
- 3- Grandes erreurs dans leurs localisations (position et orientation) peuvent être introduites.

Dans le but d'assurer la robustesse de l'algorithme d'extraction de minuties par rapport à la qualité d'image d'empreinte digitale, un algorithme d'amélioration de l'image empreinte est alors nécessaire.

La robustesse d'un système de reconnaissance peut nettement accroître en ajustant un processus d'amélioration avant d'extraire les caractéristiques. A cause de la non-stationnarité de l'image d'empreinte les algorithmes classiques connus dans le traitement d'image ne sont pas très adéquats à cet égard, bien qu'ils puissent être utilisés comme une étape de prétraitement dans le schéma global

d'amélioration. Les procédures d'amélioration orientées pixel comme la légalisation d'histogramme, la normalisation de la moyenne et de la variance, le filtrage de Wiener, l'adoucissement des frontières améliorent la lisibilité de l'empreinte sans altérer la structure globale des crêtes.

Le travail présenté dans ce mémoire est la conception d'un système automatique de l'extraction pour la reconnaissance des empreintes digitales. Ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

Une étude succincte des caractéristiques d'images d'empreinte digitale est présentée au chapitre I

Dans le chapitre II, nous utilisons une méthodologie d'amélioration d'image empreinte digitale.

Le chapitre III est consacré à l'extraction automatique des minuties.

Le chapitre IV comporte la présentation de l'interface et les résultats et nous terminons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITÉ SUR LES EMPREINTES DIGITALES

I.1 Introduction

De nos jours, la reconnaissance biométrique est utilisée dans bon nombre d'applications telles que la protection de l'accès à un ordinateur, un téléphone portable, une clé USB, un établissement, des cartes bancaires... Des nombreuses technologies biométriques ont été développées, toutes basées sur les identificateurs biométriques (iris, voix, empreintes digitales, face, signature...). En effet, la biométrie est l'usage de différentes caractéristiques physiologiques et comportementales afin de réaliser une reconnaissance automatique d'un individu. Ce sont ces caractéristiques qu'on appelle Identificateurs Biométriques. Ces derniers sont plus fiables que les systèmes classiques (clé, mot de passe. . .) dans la reconnaissance d'une personne car ils sont difficilement falsifiables. C'est la raison pour laquelle les systèmes biométriques sont actuellement de plus en plus sollicités.

Les identificateurs biométriques peuvent être comparés selon certains facteurs : l'universalité (tous les êtres humains en possèdent), l'unicité ou individualité (sont uniques à chaque personne), la persistance ou permanence, la collectabilité... Les identificateurs biométriques les plus utilisés sont les empreintes digitales grâce à leur individualité et persistance. En effet, les empreintes digitales sont uniques à chaque personne et ce dès sa naissance. De plus, elles demeurent inchangées pendant toute la vie de la personne. Lorsqu'elles sont légèrement endommagées (par une blessure par exemple), l'épiderme se régénère exactement comme avant.

I.2 Histoire de l'étude des empreintes digitales

Il y a déjà de cela 5000 ans que l'empreinte du pouce laissée dans une tablette d'argile tenait lieu de signature lors des transactions commerciales à Babylone. En Europe, dès le dix septième siècle, Marcello Malpighi, médecin italien (1628 -1694) qui a laissé son nom à diverses structures anatomiques fut l'un des premiers à étudier les dessins des empreintes digitales. Un peu plus tard, en 1823, Jan Evangelista Purkinje, physiologiste tchèque (1787- 1869) qui a laissé son nom à des neurones du cervelet et à des fibres du tissu cardiaque notamment, publia une thèse dans laquelle il étudiait neuf types d'empreintes digitales.

Toutefois, c'est seulement à partir de 1870 que les empreintes digitales furent utilisées pour la première fois pour identifier des personnes.

C'est le docteur Henry Faulds. Chirurgien dans un hôpital de Tokyo, qui était le premier à avoir eu et appliqué cette idée en remarquant la trace laissée par des empreintes digitales sur une poterie préhistorique. Il publia en 1880 dans la revue "Nature" un article dans lequel il discutait l'utilité des empreintes pour l'identification et proposait une méthode pour les enregistrer avec de l'encre de l'imprimerie. Il en établit également une première classification et fut aussi le premier à identifier des empreintes laissées sur un flacon. En effet, les productions des glandes sébacées de la peau laissent des traces latentes sur différents supports. Il est possible de les révéler avec diverses poudres et d'examiner le dessin formé qui reproduit les crêtes des dermatoglyphes.

Il écrivit à Charles Darwin (1809-1882) pour lui expliquer sa méthode mais le célèbre naturaliste, vieux et malade, ne voulut pas s'en occuper et transmit son courrier à son cousin Francis Galton qui s'intéressait particulièrement à l'anthropologie.

Francis Galton (1822-1911) étudia les empreintes digitales pendant dix ans et publia en 1892 un ouvrage, Fingerprints (Empreintes digitales), dans lequel il établissait l'unicité et la permanence de ces figures cutanées et proposait un système de classification. Il espérait utiliser les empreintes comme marqueurs génétiques et ethniques mais constata leur variabilité aussi importante dans l'ensemble de l'espèce humaine que chez les individus de diverses origines ethniques. Il démontra ce que ses prédécesseurs avaient pressenti, qu'il n'y a pas deux empreintes semblables et que les empreintes restent identiques chez un même individu au cours de sa vie. Il calcula qu'il y'avait seulement une chance sur 64 milliards que deux individus aient les mêmes empreintes.

En 1891, le premier fichier d'empreintes fut mis en place en Argentine par Juan Vucetich, un dirigeant de la police qui fut aussi le premier à identifier un criminel par ses empreintes en 1892.

L'identification à l'aide des empreintes digitales est l'une des techniques biométriques les plus utilisées par l'ensemble des forces de l'ordre de la planète.

Soutenue par l'apport des nouvelles technologies, son utilisation n'est désormais plus confinée à la chasse aux criminels.

Selon l'IBG (International Biométrie Group), qui a édité un rapport sur le marché de la biométrie pour les années 2000-2005 en se basant sur une étude des chiffres d'affaires, des tendances de croissance, et des développements industriels pour le marché de la biométrie actuel et futur, l'empreinte digitale avec près de 50% des revenus domine le marché de la biométrie.

1.3 Structure d'une empreinte

1.3.1 Définition d'empreinte digitale

Les empreintes digitales (empreinte de doigt) représentent un moyen pratique d'identifier une personne. Jusqu'à présent leur utilisation était surtout réservée aux cartes d'identité ou à la recherche des malfaiteurs. Mais voici qu'elles font leur entrée dans le monde de l'informatique pour l'identification des utilisateurs d'un ordinateur.

L'identification à partir d'une empreinte digitale est basée sur les critères suivants :

1.3.1.1 Universalité :

Tous les autres humains sont pourvus de dessins digitaux sur le bout des doigts, toutes les personnes ont ces caractéristiques physiques.

1.3.1.2 Immuabilité :

Depuis le sixième mois de la vie intra-utérine jusqu'à la putréfaction du corps après la mort, les empreintes digitales sont inchangeables et invariantes avec le temps : il n'y a pas de différence entre les dessins épidermiques d'un enfant qui vient de naître et ceux de la même personne. Plus il n'y a que des agrandissements d'un même dessin digital en parallèle avec la croissance du corps humain. La blessure physiologique de la peau, la sénilité ne change rien aux plus petits détails du dessin digital qui reste le même jusqu'à ce que le tégument tout entier se putréfie sur le cadavre.

I.3.1.3 Individualité :

Jamais deux personnes, même des jumeaux identiques n'ont les mêmes dessins digitaux. Ces dessins ne sont même pas identiques à travers les doigts d'une même personne.

En effet ces dessins digitaux diffèrent en deux aspects, est lié aux pores qui constituent un autre repère qui différencie à l'extrême les empreintes digitales. Bref, une empreinte digitale n'a pas de semblé.

I.3.1.4 Inaltérabilité :

Les empreintes digitales ne sont pas modifiables ni pathologiquement ni par la volonté de la personne. En effet la desquamation permanente des cellules épidermiques, les accidents superficiels de la peau n'altèrent en rien le dessin qui se reproduit après guérison, sauf des lésions profondes, par exemple: les brûlures soulèvent une phlyctène qui après sa chute, laisse place à une restitution intégrale et parfaite du dessin altéré. Même si on tente d'user ses empreintes digitales par frottement contre les murs ou d'autres objets, après 48 heures, l'empreinte digitale altérée, réapparaît identique ce qu'elle était auparavant. Ces caractéristiques font des empreintes digitales un moyen primordial et puissant d'identification.

I.3.2 Caractéristique d'empreinte digitale

L'empreinte se compose des crêtes et des vallées alternatives, flottant à la direction constante locale. Le modèle de crête et de vallée est unique pour chaque individu et ne change pas pendant la vie individuelle sauf l'accident comme meurtrissure ou coupe de bout du doigt. Cette propriété fait l'empreinte devenir une biométrie d'identité attractive.

Les deux caractéristiques des crêtes locales les plus importantes appelées minuties sont :

- 1- Bifurcation
- 2- Terminaisons (arrêt de ride)

Une bifurcation de crête est définie comme étant le point où une crête bifurque ou diverge.

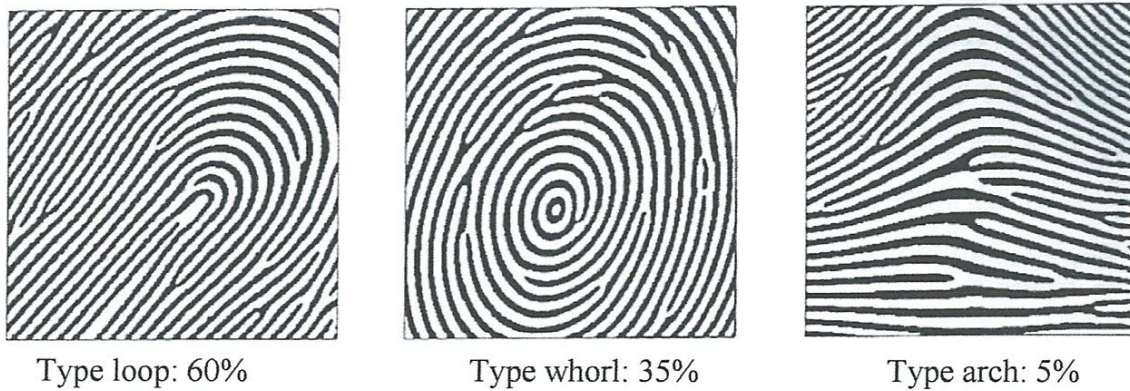


Figure I.3 Types d'empreintes digitales possibles

Les minuties peuvent prendre cinq configurations différentes (figure I.4). En fait trois d'entre elles, les minuties de type boucle, point et segment ne sont que le résultat des combinaisons des minuties de terminaison et de bifurcation.

Pour cette raison la grande majorité des algorithmes de reconnaissance ne tiennent compte que des deux dernières.

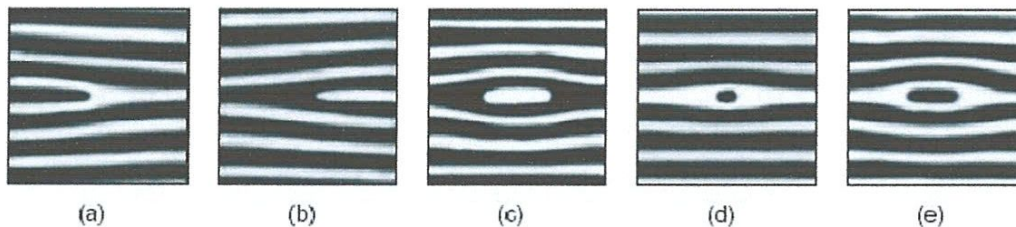


Figure I.4 Types de minuties possibles

I.4 Classification des empreintes digitales

Si on recherche une empreinte dans une base d'images en contenant plusieurs millions, il est intéressant de disposer d'un tri préalable des empreintes afin de n'utiliser la mise en correspondance des minuties que sur un sous-ensemble de la base. Pour cela les experts ont déterminé une classification des empreintes basées sur leurs formes globales réparties généralement en trois classes

I.4.1 Type arc (arch) :

Il se divise en arc simple et en arc en tente.

- **L'arc simple:** caractérise par l'absence de delta et de centre de figure, il est formé de lignes papillaires largement convexes qui ne reviennent jamais sur elles-mêmes.
- **L'arc en tente:** est une apparentée à l'arc simple, mais présentant dans sa partie centrale un soulèvement provoqué par un delta qui lui donne l'aspect général d'une tente dressée.

I.4.2 Type boucle (loop) :

Ce type comporte trois classes, la boucle droite (right loop), la boucle gauche (left loop) et double boucle (double loop).

- **La boucle droite :** est une figure composée d'une boucle dont l'ouverture est orientée à droite.
- **La boucle gauche:** est le centre type de la boucle à droite. son ouverture est orientée à gauche.
- **Double boucle:** deux séries de boucles, l'une orientée vers la gauche et l'autre vers la droite.

I.4.3 Type spiral (whorl) :

Dans ce type, on trouve que les dessins sont caractérisés selon la forme ou la direction nucléaire. Elles sont constituées d'un anneau entouré par des spires évoluant librement sur la surface d'empreinte.



Figure I.5 Les cinq classes les plus utilisées. Les boucles jumelles d) sont généralement considérées comme une sous-classe de spires

I.5 Capture de l’empreinte digitale

La capture de l’image d’une empreinte digitale consiste à trouver les lignes tracées par les crêtes (en contact avec le capteur) et les vallées (creux).

L’image d’une empreinte est acquise par des procédés directs (online) ou indirects (offline). Celle acquise par des procédés indirects, l’est par le biais d’un objet intermédiaire. Il existe deux méthodes pour avoir une impression d’empreinte indirecte:

L’empreinte acquise par encre (inked fingerprint) : après l’avoir enduit d’encre, le doigt est imprimé sur un bout de papier. Ce papier passe ensuite au scanner

standard pour être numérisé. Cette ancienne technique a perduré pendant environ un siècle et a été couramment utilisée dans les phases d'enroulement. L'image ainsi prise présente de larges crêtes mais souffre d'une grande déformation due à la nature du processus d'acquisition. Il est clair que cette méthode n'est pas adaptée aux procédés automatiques temps réel.

Les empreintes latentes : elles sont formées suite à une légère trace laissée sur un objet due à la sécrétion constante de la sueur.

Les services de sécurité décèlent ce genre de détails sur les lieux de crime à l'aide d'une poudre spéciale.

Le terme *procède directe* (live-scan) est un terme collectif englobant les images d'empreintes directement obtenues sans l'étape intermédiaire de l'impression sur du papier. En l'occurrence un dispositif spécial est utilisé, les capteurs dont voici une énumération des différents types :

Le capteur optique : la technologie la plus répandue dans les systèmes d'acquisition par capteur est celle qui utilise le principe de la réflexion de la lumière. Un prix acceptable constitue l'avantage principal des systèmes optiques; leur inconvénient est qu'ils sont faciles à détourner. L'autre problème est celui des empreintes latentes : l'empreinte digitale du doigt précédent, qui a été placée sur le capteur, peut rester. Les scanners optiques sont facilement intégrables dans diverses applications tels que les ordinateurs portables, les cellulaires et les mémentos électroniques.

Le capteur thermique: la méthode thermique est moins habituelle. Actuellement, le seul capteur thermique est le FingerChip fabriqué par Atmel. Cette méthode donne une image d'excellente qualité même sur des empreintes de qualité médiocre ; permettant ainsi au FingerChip d'être l'un des capteurs le plus résistant par rapport aux autres technologies.

Le capteur à ultrasons : la lecture par ultrasons d'empreinte n'est pas courante. C'est une sorte d'échographie du doigt. La lecture par ultrasons requiert un assez gros dispositif et est assez chère. Ce n'est pas une technique commode pour de la production de volume à faible coût. Son principal intérêt réside dans la lecture du derme, sous la surface, plutôt que la surface elle-même.

Le capteur intégré au silicium : les puces silicium (électroniques) peuvent être vues comme une variante des caméras CMOS : au lieu d'utiliser les photons, un autre effet physique est utilisé. La quasi-totalité des capteurs d'empreinte digitale intégrés commercialisés à l'heure actuelle sont de type capacitif :

Capteur intégré capacitif : la sonde de silicium et le doigt agissent comme les parois d'un condensateur. Un défaut rédhibitoire connu pour ce genre de capteurs est leur sensibilité aux forts champs électriques, comme ceux provoqués par les décharges électrostatiques.

Capteur de pression : c'est l'une des plus anciennes idées, car lorsque vous posez votre doigt, vous appliquez une pression qui change suivant qu'on serait sur une crête ou un creux. Elle procure des images binaires.

Capteur tactile : les dispositifs micro-usines permettent la réalisation de très petits interrupteurs. Lorsqu'une crête touche un interrupteur, elle le ferme. Il n'existe pas encore de développement ayant dépassé le stade du laboratoire.

Aujourd'hui, le silicium émerge dans le marché des empreintes digitales (Figure I.5). Ces puces peuvent être fabriquées à moindre coût et en grande quantité.

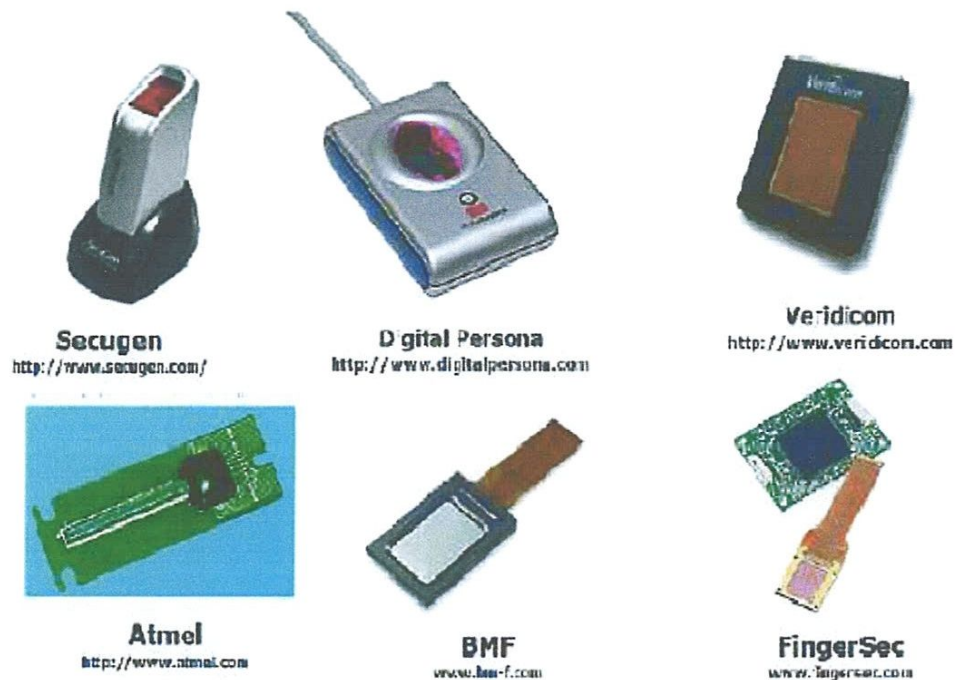


Figure I.6 Quelques capteurs d'empreintes commercialisent

I.6 Conclusion

Durant cette dernière décade, la biométrie n'existait pas comme une branche séparée. Elle a évolué à travers son interaction avec plusieurs disciplines. La reconnaissance d'empreinte a émergé à partir de l'application de la reconnaissance d'attribut (pattern recognition) dans le domaine juridique.

La tâche primaire dans la reconnaissance biométrique est le choix d'une représentation appropriée des caractéristiques. Une fois les caractéristiques soigneusement choisies, l'acte pour accomplir la vérification s'avère assez bien maîtrisé. L'aspect le plus contraignant et qui reste au jour d'aujourd'hui un challenge à surmonter est en relation avec le traitement du signal et de l'image pour une bonne extraction des caractéristiques.

Puisque le gabarit biométrique représente une information cruciale pour identifier les individus, la fiabilité, la robustesse, le caractère sécuritaire et privé

sont autant de facteurs qui rentrent en ligne de mire lorsqu'on est appelé à concevoir un système de vérification d'identité.

C'est dans ce cadre et au sein de ce corpus informationnel en considérant toutes les contraintes et toutes les spécifications que nous allons entamer notre travail de recherche.

CHAPITRE 2

AMÉLIORATION DE L'IMAGE

EMPREINTE DIGITALE

II.1 Introduction

L'amélioration de la qualité de l'image consiste d'abord à classer les régions selon qu'elles soient récupérables ou irrécupérables, puis on procède à un filtrage directionnel des régions récupérables et à un masquage des régions irrécupérables. Pour éviter la détection de fausses minuties.

La reconnaissance d'une empreinte digitale est directement liée à la qualité de l'image obtenue au moyen du capteur. Ainsi dans la plupart des cas, un prétraitement (figure II. 1) est nécessaire pour améliorer la qualité de l'image. Pour limiter les calculs des étapes suivantes du système, l'image brute de l'empreinte est toute d'abord redimensionnée. Une opération de filtrage utilisant les caractéristiques locales de l'empreinte est ensuite appliquée à l'image de manière à améliorer sa qualité en éliminant le bruit.

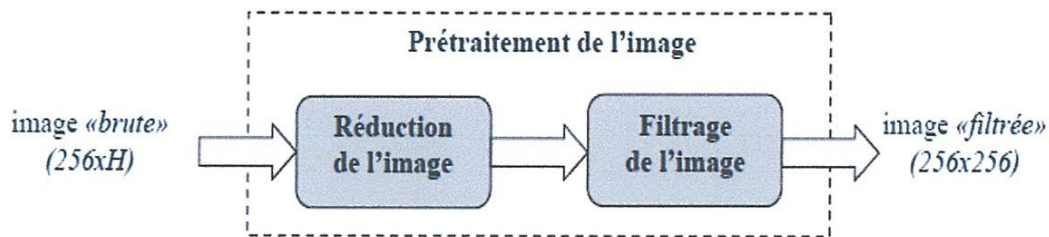


Figure II.1 Principe du prétraitement de l'image

II.1.1 Définitions

II.1.1.1 Image [Coc95]

Une image est une représentation planaire d'une scène ou d'un objet situé en général dans un espace tridimensionnel. Son élaboration résulte de la volonté de proposer une entité observable par l'œil humain. Ceci explique d'une part son aspect planaire et d'autre part le fait que l'information élémentaire associée à chaque point de l'image soit transcrite en niveau de gris ou en couleur.

II.1.1.2 Pixel [Hoc99]

Une image est constituée d'un ensemble de points appelés pixels. Le mot pixel provient d'une abréviation de l'expression britannique Picture Élément, un pixel est représenté par le niveau de gris du point correspondant à sa position.

II.1.1.3 Niveau de gris [Hoc99]

C'est la valeur comprise entre 0 et 255 correspondant respectivement au noir et au blanc souvent d'autre appellation sont destinées à ce terme (tons de gris, radiomètre, intensité ...).

II.1.1.4 Résolution [All98]

La résolution d'une image est le nombre de pixels utilisés horizontalement et verticalement pour représenter l'image (ex : 320x200). Cette résolution varie selon la variation des caractéristiques de l'outil d'acquisition de l'image, ainsi qu'avec l'architecture du système de traitement.

II.1.1.5 Connexité [Hoc99]

Dans une image numérique, on distingue deux types de connexité relative au voisinage utilisé : la 4-connexité et la 8-connexité. Le voisinage d'un pixel (i, j) est dit 4-connexe s'il est formé des quatre pixels de coordonnées spatiales $(i \pm 1, j)$ $(i, j \pm 1)$, il est dit 8-connexe s'il est formé des pixels de coordonnées spatiales $(i \pm 1, j)$ $(i, j \pm 1)$ $(i \pm 1, j \pm 1)$.

II.1.1.6 Histogramme [Kab95]

L'histogramme d'une image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris. En abscisse, sont représentés les niveaux de gris de 0 à 255 et coordonnée, affichés le nombre de pixels affectés pour chaque niveau de gris permet d'améliorer la qualité de l'image en appliquant une transformation ponctuelle d'intensité pour pouvoir extraire des informations utiles sur la distribution des niveaux de gris et d'isoler des objets du fond d'une image.

II.1.1.7 Couleur [Fou97]

La couleur est caractérisée par une information de luminance (intensité lumineuse), des informations de chrominance telle que la teinte (fréquence couleur). Et la saturation (degré de pureté ou largeur de bande de la fréquence couleur). Elle peut être définie par la synthèse de trois couleurs fondamentales Rouge, Vert, Bleu (R.V.B) telle que définie par la CIE (Commission Internationale de L'éclairage 1931).

II.2. Normalisation d'une image [Sal00] [lin]

Dans le cas de saisie par encre, il arrive assez souvent que certaines parties de l'empreinte soient sur ou sous encrées (figure II.2.a) et (figure II.2.b) avec les dispositifs électroniques, ce sur ou sous encrage se traduit par une perte de contraste local due à l'utilisateur qui n'a pas exercé une pression suffisante sur une partie du doigt, en effet la moyenne locale des niveaux dans une fenêtre de k partie sous encrée est différente de la moyenne dans une fenêtre normalement encrée, stationnarité une telle image au 2^{ème} ordre consiste à faire en sorte qu'en tout point (i, j) la moyenne locale des niveaux de gris $I(i, j)$, soit identique à M et la variance égale à Var .

Afin l'uniformiser la plage de variation des niveaux de gris d'une image $I(i, j)$ de taille $N \times N$, nous sommes amenés à normaliser les images numériques comme suit:

$M(I)$: La moyenne d'une image d'empreinte digitale en niveau de gris.

$$M(I) = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N I(i, j) \quad (1)$$

Et $Var(i)$: La variance d'une image d'empreinte digitale en niveau de gris.

$$Var(I) = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (I(i, j) - M(I))^2 \quad (2)$$



Figure II.2.a Image encrée par partie et normalisé

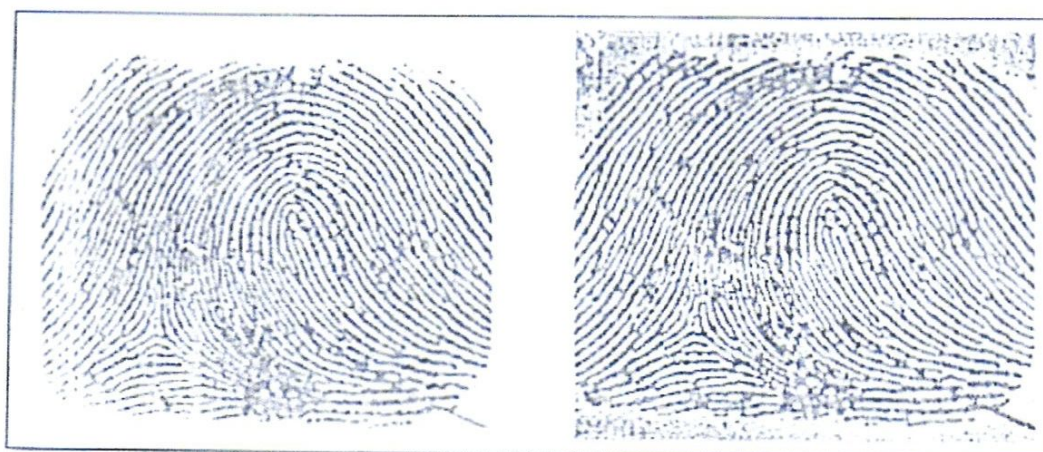


Figure II.2.b Image sans parties encrées et normalisée

L'image normalisée est définie par :

$$G(i,j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{Var_0(I(i,j) M(I))^2}{Var(I)}} & \text{si } I(i,j) > M(I) \\ M_0 - \sqrt{\frac{Var_0(I(i,j) M(I))^2}{Var(I)}} & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad (3)$$

M_0 : La moyenne estimée de l'image.

Var_0 : La variance estimée de l'image.

$G(i, j)$: La valeur normalisée en niveau de gris du pixel (i, j) . M_0 et Var_0 sont fixés par le FBA.

La normalisation est une opération ponctuelle. Elle ne change pas la clarté des structures des crêtes et vallées. Le principal but de la normalisation est de réduire la variation en niveau de gris, le long des crêtes et vallées, ce qui facilite la procédure d'amélioration et d'extraction des minuties.

II.2.1 Algorithme de la normalisation

Début

I : image de taille Nb1 x Nbc

M=0; VAR=0; M0 =100, VAR0 =100.

Pour i=0 jusqu'à Nb1-1

Faire

Pour j=0 jusqu'à Nbc-1

Faire

M=M+I[i] [j];

Fin pour

M=M/ (Nb1*Nbc);

Fin pour

Pour i=0 jusqu'à Nb1-1

Faire

Pour j=0 jusqu'à Nbc-1

Faire

VAR=VAR+ (I[i] [j]-M)* (I[i] [j]-M);

Fin pour

VAR=VAR/(Nb1*Nbc);

Fin pour

Pour i=0 jusqu'à Nb1-1

Faire

Pour j=0 jusqu'à Nbc-1

Faire

S= (I[i] [j]-M)*(I[i] [j]-M);

Si (I[i] [j]>M)

alors

G[i] [j] = M0+sqrt (VAR0*SA/VAR);

Sinon

G[i] [j] =M0-sqrt (VAR0*S/VAR);

Fin pour

Fin pour

Fin.

II.3 Qualité d'image empreinte digitale [men03]

Généralement, pour une image d'empreinte digitale numérique donnée, la qualité de l'image peut être caractérisée par la région d'intérêt qui peut être divisée en trois catégories :

- **Région bien définie** : les crêtes et les vallées sont visibles pour une extraction possible.
- **Région récupérable** : les crêtes et les vallées sont corrompues mais un algorithme d'amélioration peut les récupérer.
- **Région irrécupérable** : les régions sont très touchées par le bruit. Récupération impossible. Si la portion de cette région est importante, le système va refuser cette image.

•

La figure II.3 montre un exemple des trois régions

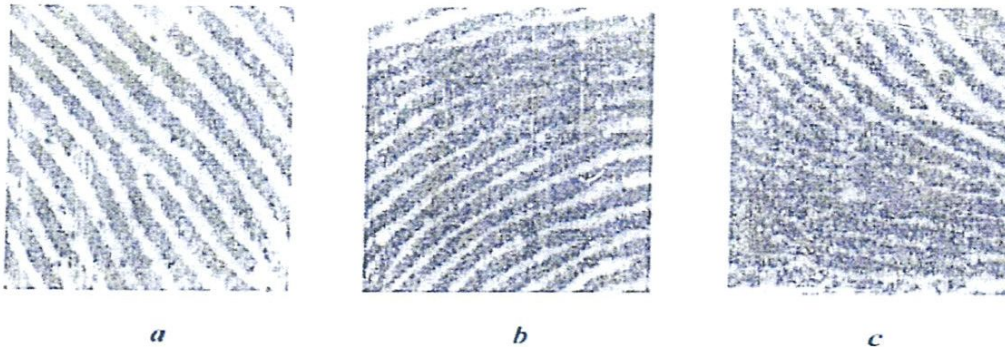


Figure II.3 Régions d'empreinte digitale

Figure (II.3. a) : Régions bien définies.

Figure (II.3.b): Régions altérées récupérables.

Figure (II.3.c) : Régions altérées irrécupérables.

II.4 Classification

Cela consiste à estimer la région masque qui obtenue en classant chaque bloc de l'image d'empreinte digitale normalisée dans un bloc récupérable et irrécupérable. Cette classification peut être réalisée en se basant sur la forme de l'onde formée par les crêtes et vallées locales.

Nous utiliserons trois caractéristiques :

Amplitude α : qui est la différence entre la moyenne des pics des crêtes et la moyenne des vallées

La fréquence β . qui est l'inverse du nombre de pixels entre deux pics consécutifs.

Et la variance σ : calculée à partir des X -"signatures".

II.4.1 Filtrage des blocs récupérables

Les configurations des vallées et crêtes comme étant des structures parallèles apparaissant dans une orientation et une fréquence bien définie apportent une information très importante pour la réduction du brut.

Ainsi nous utiliserons des filtres de Gabor ayant comme orientation et fréquence celles de l'onde sinusoïdale.

II.4.2 Image orientation

Une image orientation O est définie comme une image de taille $N \times N$ où $O(i, j)$ représente l'orientation locale des crêtes au pixel (i, j) .

L'orientation des crêtes locales est habituellement spécifiée pour un bloc plutôt qu'à chaque pixel.

L'image est donc divisée en un ensemble des blocs de taille $w \times w$ qui ne se chevauchent pas, et l'orientation locale des crêtes locales seule est définie pour chaque bloc.

Notons que dans une image d'empreinte digitale, n'y a aucune différence entre un orientation des crêtes locales de 90° et les crêtes orientées à 270° dans un voisinage local.

L'orientation d'image représente une propriété intrinsèque des images d'empreintes digitales et définit des coordonnées invariantes pour les crêtes et vallées dans un voisinage local.

En considérant une image d'empreinte digitale comme une texture orientée, un nombre de méthodes a été proposé pour estimer le champ d'orientation des images d'empreintes digitales [Kaw84], [Rao90], [Kas87], [Cha80].

Nous avons développé un algorithme d'estimation basée sur une méthode d'estimation aux moindres carrés. Soit une image normalisée G , les principales étapes de calcul de l'orientation sont comme suit :

- ✓ Diviser G en blocs de dimension $w \times w$ (16×16).
- ✓ Calculer les gradients $\partial_x(i, j)$ et $\partial_y(i, j)$ pour chaque pixel.
- ✓ Estimer l'orientation locale de chaque bloc .
- ✓ Filtrage de l'orientation afin d'améliorer l'estimation.

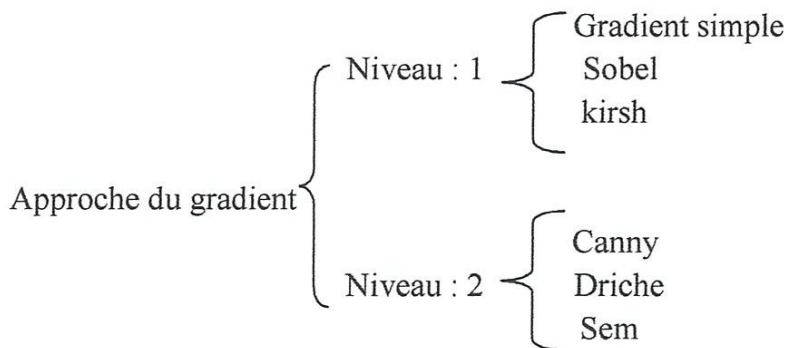
Suivent les exigences de calcul, l'opérateur gradient peut varier de l'opérateur du "Sobel" simple à l'opérateur le plus complexes "Marr-Hildreth" [Mar82]. On s'intéresse particulièrement au calcul du gradient.

II.4.2.1 Calcul du gradient [Ser91]

Le gradient donne une information sur les variations des niveaux de gris. Les méthodes de calcul du gradient peuvent être subdivisées en 2 classes :

- Les méthodes à caractéristiques fréquentielles figées dits du "**1^{er} niveau**".
- Les algorithmes à caractéristique fréquentielles non figées dits de "**2^{ème} niveau**".

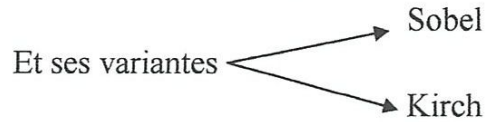
Ces techniques peuvent être regroupées comme suit :



❖ **Gradient du 1er ordre**

Ce sont des masques à coefficients constants. Il existe plusieurs masques qui permettent le calcul du gradient chacun ayant sa propre particularité.

Notre étude est basée sur le gradient simple :



Les coefficients des masques ont été déduits par un formalisme mathématique des fortes variations d'éclairement

➤ **Gradient simple**

Le principe de base du calcul de variation de niveau de gris dans une direction donnée est le calcul de la différence d'éclairement entre deux pixels adjacent dans la direction orthogonale à celle choisie. Pour un gradient dans le sens vertical, on effectue la différence suivante:

$$\left| I(i, j) - I(i, j+1) \right|.$$

Avec : $I(i, j)$: éclairement du pixel de coordonnées spatiales (i, j) .

Et dans le sens horizontal, on effectue la différence: $\left| I(i, j) - I(i, j+1) \right|$.

Remarque 1

Une valeur élevée de cette différence signifie que les deux pixels adjacents appartiennent à deux zones différentes (niveau de gris a changé) ce qui implique un gradient fort.

L'expression de la différence est en fait l'approximation digitale de la dérivée le long de la direction orthogonale à la structure.

Les transitions horizontales sont données par :

$$\partial x = \text{grad } x = \partial I(i, j) / \partial x = \left| I(i, j) - I(i+1, j) \right|$$

Les transitions verticales sont données par :

$$\partial y = \text{grad } y = \partial I(i, j) / \partial y = \left| I(i, j) - I(i, j+1) \right|$$

Le gradient peut être caractérisé par son module $A(i, j)$ et sa direction α :

$$A(i, j) = [(\text{grad } x)^2 + (\text{grad } y)^2]^{1/2} = [(\partial x)^2 + \partial y^2]^{1/2} \quad (4.a)$$

$$\alpha = \text{Arctg}(\partial y / \partial x) \quad (4.b)$$

Remarque 2

Le gradient donne relativement des grandes valeurs pour des concoures importantes de l'image, de petites valeurs pour des régions moyennement lisses, seulement des zéros pour les régions dont le niveau de gris est constant. En générale, le gradient est considéré comme un filtre passe-haut directionnel. L'application d'un filtre défini par ses coefficients (masque) consiste à convoler l'image avec les masques considérés.

Soient h_n les masques dont la taille et le nombre k de masques dépendent de la finesse de l'orientation que l'on désire obtenir, par exemple, dans le cas d'un masque de démentions 3×3 , le nombre de maximum de direction est huit, on a ainsi :

$$I_n = [i, j] * h_n \quad n = 1, 2, \dots, k$$

$$h_n * I[i, j] = \sum_{u=M}^M \sum_{v=-N}^N h_n[u, v] I[i - u, j - v] \quad (5)$$

Ce produit de convolution peut être interprète comme un produit scalaire entre l'image $I[i, j]$ et l'ensembles des masques $h_n, n=1, 2, \dots, k$, évalué en chaque point de l'image. Afin de déterminer le masque (filtre) qui ressemble localement le plus à l'image, il suffit de sélectionner pour chaque point le maximum de ces k résultats.

Soit $h_n(u, v)$ un tableau de valeurs de dimension $(2M+1) \times (2N+1)$ appelé masque.

Appliquer un masque en un point (i, j) de l'image revient à remplacer l'éclairement de ce point $I(i, j)$ par la convolution de $h_n(u, v)$ et l'image.

Lorsque $M=1$ et $N=1$ c'est -à-dire pour une fenêtre 3×3 , $h_n(u, v)$ peut prendre les valeurs suivantes :

$$h(-1,-1) = -1; h(-1, 0) = 0; h(-1, 1) = 1;$$

$$h(0, -1) = -1; h(0, 0) = 0; h(0, 1) = 1;$$

$$h(1, -1) = -1; h(1, 0) = 0; h(1, 1) = 1;$$

Le masque s'écrit alors :

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

On retrouve un masque classique permettant de détecter les contours verticaux

Pour la détection horizontale le masque s'écrit sous la forme :

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

➤ **Opérateur de Sobel**

L'opérateur de Sobel extrait le gradient simple dans quatre directions principales.

Les quatre masques correspondants les suivants :

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Horizontalement

verticalement

diagonal 45°

diagonal -45°

Avec:

$$I_i [i, j] = I [i, j] * h_i$$

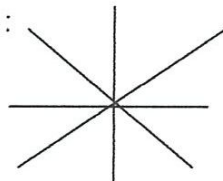
$$I_i [I, j] = I [I, j] * h_j$$

➤ **Opérateur de Kirsh**

L'opérateur de Kirsh est un opérateur à huit masques correspondent chacun à une direction préférentielle et obtenu par rotation de n/4 de l'opérateur de base ho (la numérotation des masques est faite dans l'ordre des directions de Freeman en 8-connexté):

$$h_o = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & -5 \end{pmatrix}$$

Avec le codage de Freeman suivant :



Ce qui donne l'ensemble des huit masques suivants :

$$\begin{pmatrix} -5 & -5 & 3 \\ 3 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & -5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -5 & 3 & 3 \\ -5 & 0 & 3 \\ -5 & 3 & 3 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 5 \\ -5 & -5 & -5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ -5 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & -5 \\ 3 & -5 & -5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 3 & 3 & -5 \\ 3 & 0 & -5 \\ 3 & 3 & -5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 3 & -5 & -5 \\ 3 & 0 & -5 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -5 & -5 & -5 \\ 3 & 0 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

Le gradient retenu est donné par :

$$\text{Max } i \{ |h_i * I|, i = 0, \dots, 7 \}.$$

II.4.2.2 Algorithme de calcul du gradient

✓ Le calcul du gradient suivant les directions horizontale et verticale est montré par l'algorithme suivant:

(en utilisant les deux masques de détection de contour vertical et horizontal)

Début

Données : Image I de taille Nbc x Nbl

Pour i=1 jusqu'à Nbl-w

Faire

Pour j=1 jusqu'à Nbc-w

Faire

S1=0; S2=0;

Pour u= -w jusqu'à w

Faire

Pour v=-w jusqu'à w

Faire

S1=S1+1 [i+u] [j+v].h_x [u+w] [v+w];

S2=S2+1 [i+u] [j+v].h_y [u+w] [v+w];

Fin pour

Fin pour

Grad x [i] [j]=S1;

Grad y [i] [j]=S2;

Fin pour

Fin pour

Fin.

II.5 Estimation de l'orientation locale de chaque bloc centre au pixel (i, j)

II.5.1 Estimer l'orientation locale de chaque bloc centré aux pixels (i, j)

En utilisant les équations suivantes [Rao90] [Xia03]:

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2\partial x(u, v)\partial y(u, v) \tag{6}$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial^2 x(u, v)\partial^2 y(u, v)) \tag{7}$$

$$\theta(i, j) = 1/2 \tan^{-1}[V_y(i, j)/V_x(i, j)] \tag{8}$$

Où $\theta(i, j)$ est l'évaluation aux moindres carrés de l'orientation des crêtes locales aux blocs centrés aux pixels (i, j) (voir figure II.6).

Mathématiquement, il représente la direction qui est orthogonale à la direction dominante du spectre de Fourier de la fenêtre $w \times w$.

L'image orientation pour une image empreinte digitale de taille 512 x 512 est de taille 32 x 32 comme indiqué au figure II.4

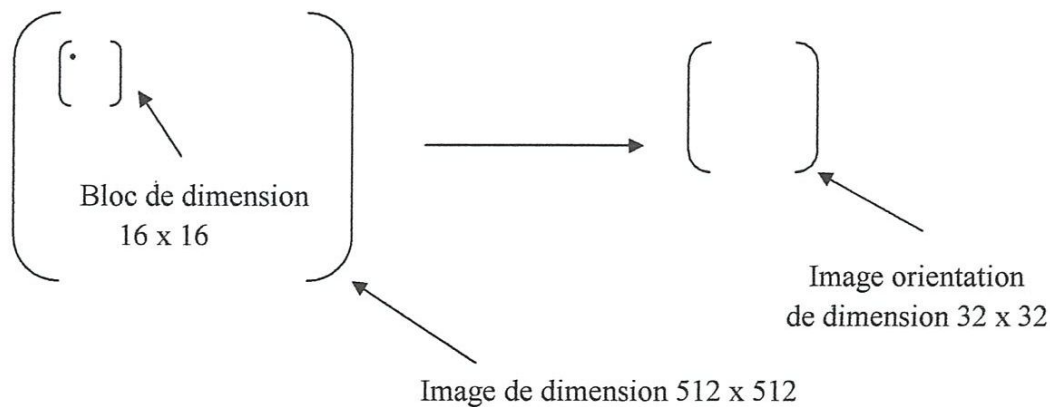


Figure II.4 Taille de l'image orientation

L'orientation est quantifiée en 8 directions comme indiqué au figure II.5

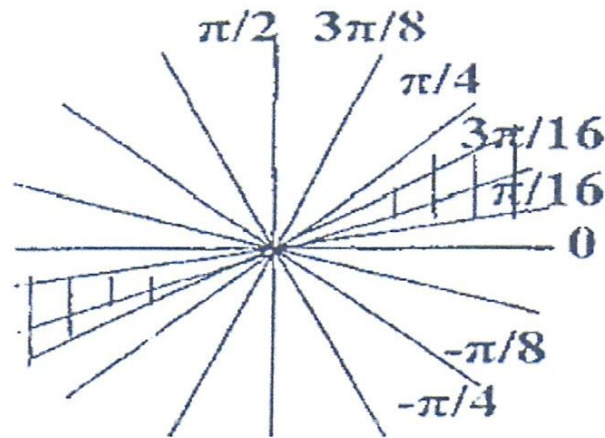


Figure II.5 Direction possible de l'orientation

Les valeurs de $\theta(i, j)$ qu'on obtient ne sont pas normalisées à $0, \pi/8, \pi/4, 3\pi/8, \pi/2, -\pi/2, -3\pi/8, -\pi/4, -\pi/8$, donc pour chaque direction on prend les intervalles suivants :

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[\pi/16, -\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = 0$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[\pi/16, 3\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = \pi/8$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[3\pi/16, 5\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = \pi/4$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[5\pi/16, 7\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = 3\pi/8$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[7\pi/16, 9\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = \pi/2$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[-3\pi/16, -\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = -\pi/8$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[-5\pi/16, -3\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = -\pi/4$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[-7\pi/16, -5\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = -3\pi/8$.

Si $\theta(i, j)$ appartient à l'intervalle $[-9\pi/16, -7\pi/16]$, alors $\theta(i, j) = -\pi/2$.

Nous pouvons visualiser l'image orientation en remplaçant chaque bloc 16×16 par une image visualisant la direction de l'orientation comme Indiqué dans le figure II.6

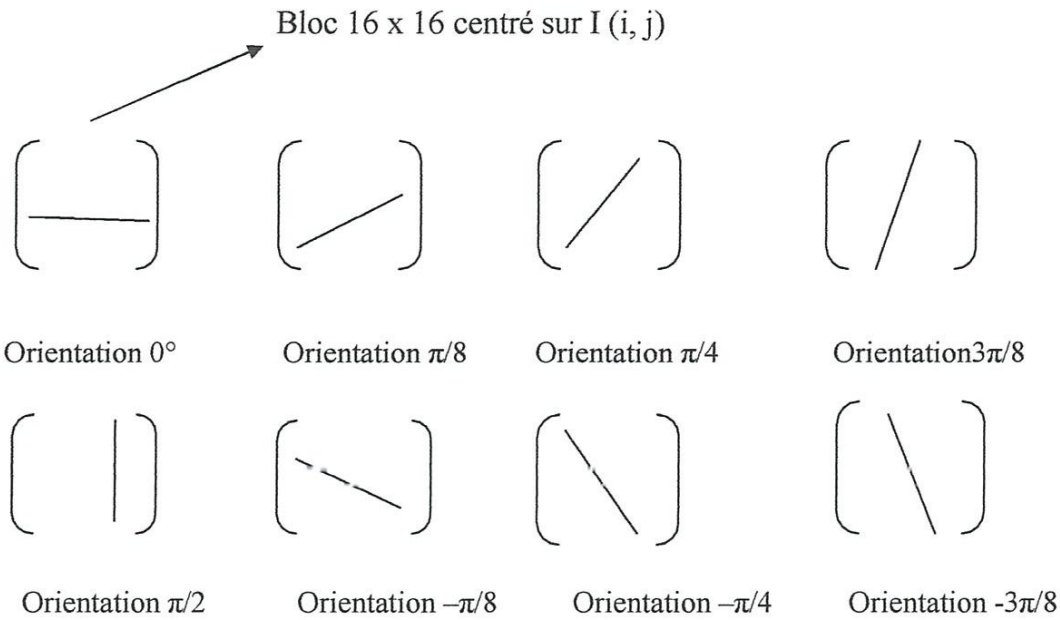


Figure II.6 Directions possibles de l'orientation visualisées dans des blocs de dimension (16x 16)

II.5.2 Filtrage de l'orientation

Due à la présence de bruit, l'estimation de l'orientation des crêtes locales $\theta (i, j)$, peut ne pas être toujours correcte. Un filtre passe-bas peut être utilisé pour modifier l'orientation des crêtes locales incorrecte. Pour exécuter le filtrage passe-bas, l'orientation a besoin d'être convertie en un champ de vecteurs continu qui est définie comme suit :

$$\begin{cases} \varphi x(i, j) = \cos (2\theta(i, j)) & (9) \\ \varphi y(i, j) = \sin (2\theta(i, j)) & (10) \end{cases}$$

Ou φx et φy sont les composantes du champ vecteur suivant les directions x et y respectivement. Puis nous effectuons un lissage du champ vecteur en utilisant un filtrage passe-bas qui peut être réalisé comme suit :

$$\left\{ \begin{aligned} \varphi x(i, j) &= \sum_{u=-\frac{w\phi}{2}}^{\frac{w\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w\phi}{2}}^{\frac{w\phi}{2}} W(u, v) \varphi x(i - u w, j - v w) & (11) \\ \varphi y(i, j) &= \sum_{u=-\frac{w\phi}{2}}^{\frac{w\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w\phi}{2}}^{\frac{w\phi}{2}} W(u, v) \varphi y(i - u w, j - v w) & (12) \end{aligned} \right.$$

Ou W est un filtre passe-bas à deux dimensions normalisé à "1". Et W_{ϕ_x} W_{ϕ_y} : spécifie la dimension du filtre. Nous avons utilisé pour le lissage des filtres gaussiens de dimension 5×5 .

II.5.3 Calcul de l'orientation locale des crêtes au pixel (i, j)

En utilisant l'équation:

$$O(i, j) = 1/2 \tan^{-1} [\hat{\Theta}_y(i, j) / \hat{\Theta}_x(i, j)] \quad (13)$$

II.5.3.1 Algorithme d'estimation de l'orientation

Le filtre qu'on utilise dans cet algorithme est de dimension $W_{\phi_x} W_{\phi_y}$ (5×5).

Début

Donnée : image normalisée de taille $N_{bl} \times N_{bc}$ (512×512);

Diviser l'image normalisée en bloc de $w \times w$ (16×16);

Pour $i=0$ à $N_{bl}-1$

Faire

Pour $j=0$ à $N_{bc}-1$

Faire

Pour chaque pixel de l'image normalisée calculer les gradients $\hat{\partial}_x(i, j)$ et $\hat{\partial}_y(i, j)$ (voir l'algorithme de calcul de $\hat{\partial}_x$ et $\hat{\partial}_y$);

Fin pour

Fin pour

*estimer l'orientation locale de chaque bloc centré au pixel (i, j) en utilisant les équations (6),(7),(8);

Pour $i=0$ à $(N_{bl}/w)-1$

Faire

Pour $j=0$ à $(N_{bl}/w)-1$

Faire

- Calculer $\phi_x(i, j)$ $\phi_y(i, j)$ de l'équation (9), (10);
- Filtre de $\phi_x(i, j)$ $\phi_y(i, j)$ en utilisant les équations (11), (12);
- Calculer l'orientation locale $O(i, j)$ en utilisant l'équation (13);

Fin pour

Fin pour

Fin.

II.5.4 Image fréquence [Kar96] [Sap93]

La fréquence d'une image, F , est une image $N \times N$, où $F(i, j)$ représente la fréquence des crêtes locales, qui est définie comme étant la fréquence des structures des crêtes et vallées dans un voisinage locale, le long d'une direction normale à l'orientation locale des crêtes. Les structures des crêtes et vallées dans un voisinage local, ou les minuties apparaissant, ne forment pas une onde de forme sinusoïdale bien définie.

II.6 Estimation de la région masquée

II.6.1 Région masquée [Men03]

La région masquée, R , est définie comme une image $N \times N$, avec $R(i, j)$ indique la catégorie des pixels du bloc centré sur (i, j) .

Un pixel peut appartenir à une des deux catégories:

- 1-un non crête et vallée (non récupérable) pixel (avec la valeur zéro).
- 2-pixel de crête et vallées (récupérable avec la valeur un), la région manquée est aussi spécifiée par un bloc.

Comme mentionné, un pixel ou un (bloc) dans une image empreinte digitale peut être dans une région récupérable ou une région irrécupérable. La classification des pixels en catégories récupérables et irrécupérable, peut être basé sur l'estimation de la forme de l'onde "wave" formée par les crêtes locales et les vallées. Dans notre algorithme trois caractéristiques sont utilisées pour caractériser l'onde de forme sinusoïdale: l'amplitude (α), la fréquence(β), et la variance (σ).

Soit $X[1], X[2], \dots, X[T]$ la x-signature d'un bloc centré sur (i, j) Les trois caractéristiques associées au pixels (i, j) sont calculées comme suit:

- ✓ $\alpha = (\text{moyenne de hauteur du crête} - \text{moyen de profondeur de vallée})$.
- ✓ $\beta = \frac{1}{T(i,j)}$ où $T(i, j)$ est le nombre moyen de pixel entre deux sommets consécutifs.
- ✓ La variance de la x-signature:

$$\sigma = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \left(X[i] - \left(\frac{1}{l} \sum_{j=1}^l X[j] \right) \right)^2$$

Pour classifier un bloc de $w \times w$ dans une image d'empreinte digitale en bloc récupérable ou irrécupérable on procède comme suit:

On choisit 3 seuils pour les trois caractéristiques. Si α , β et σ sont supérieurs simultanément aux seuils choisis alors le bloc est récupérable.

Si un bloc centré sur (i, j) est récupérable. alors $R(i, j)=1$ sinon $R(i, j)=0$. Si le pourcentage des régions récupérables est plus petit qu'un seuil,

T récupérable =40 .alors l'empreinte digitale est rejetée

(T récupérable =40 est fixée par le FBA).

II.6.2 Algorithme d'estimation de la région masque

Début

Donnée: Image fréquence F de taille 32 x 32;

Diviser l'image normalisée en bloc 16 x 16;

S_α, S_σ, S_T . les seuils respectifs des caractéristiques α , σ et la fréquence;

Pour chaque bloc

Faire

- Calculer l'amplitude a de la X-signature;
- Calculer la variance σ de la X-signature;
- Balayer les blocs centrées en (i, j)

$R(i, j) := 1;$

Si $(F(i, j) < 0.4 \text{ et } F(i, i) > 0.33)$

Alors

Le masque $R(i, j) := 0;$

Si $(a < S_\alpha \text{ et } \sigma < S_\sigma \text{ et } F(i, j) < S_T)$

Alors

$R(i, j) := 0;$

Fin pour

Fin.

II.7 Correction des erreurs [bel99]

Les erreurs sont de plusieurs natures à savoir.

- **Erreurs dues au matériel de saisie** : tels que les parasites qui troublent la réception des signaux suite à un mauvais réglage du capteur.
- **Erreurs dues à l'environnement** : tels que le bruit ambiant, le mauvais éclairage, le Positionnement des objets à saisir, etc....
- **Erreurs dues à l'objectif lui- même** : l'objectif peut être considéré comme un cas Pathologique parce qu'il ne présente pas les mêmes caractéristiques que l'ensemble des autres objets de la même famille.

II.8 Filtrage [Coc95]

Le filtrage est un traitement de bas niveau. Il a pour but d'éliminer les bruits qui sont considérés comme un phénomène de brusque variation d'un pixel isolé par rapport à ses voisins, l'augmentation ou la réduction de la lumière et le contraste et l'agrandissement ou réduction du signal. Ainsi le filtrage est une opération nécessaire pour une bonne extraction des informations contenues dans l'image.

Nous proposons d'étudier le filtrage linéaire (filtre moyen), le filtrage non linéaire (filtre médian), le filtrage adaptatif (filtre de nago) et les filtres de gabor.

II.8.1 Filtrage linéaire [Ber 011]

Le filtre linéaire consiste en la convolution de l'image par un filtre dont la réponse impulsionnelle est $h(u, v)$, dans ce cas l'image filtrée est donnée par

$$II[i, j] = \sum_{u=-M}^M \sum_{v=-N}^N I[i + u, j + v]h[u, v]$$

Dans le cas du filtre moyen $h(u, v) = 1 / (2M+1)*(2M+1)$ où $(2M+1)*(2M+1)$ est la taille du masque du filtre.

Le filtre moyen ne préserve pas les transitions, plus la taille du filtre est élevée, plus le lissage du bruit est important, ceci au détriment de la préservation des transitions.

II.8.2 Filtrage non linéaire : il y a deux types :

II.8.2.1 Filtre médian [Coc95] [Cha04]

Le filtrage médian consiste à remplacer un pixel par la valeur médiane de ses voisins, en considérant un nombre impair de pixels, généralement dans un voisinage à 4 ou 8 voisins.

Principe:

- On considère la suite de valeurs 15, 23, 14, 18, 56, 75, 120, 1, 8.
- On trie d'abord ces valeurs dans l'ordre croissant, on obtient :

1,8, 14, 15, [18], 23, 56,75, 120

La valeur médiane est la valeur centrale de la suite triée. Dans cet exemple est : 18.

Appliquer un filtre médian sur une image consiste en la procédure suivante : chaque pixel sera remplacé par la valeur médiane d'un voisinage centré en ce point. La taille du voisinage peut être (3x3, 5x5 ...).

Le filtre médian réalise un bon compromis entre la réduction du bruit et la préservation des transitions. De plus grâce à son implémentation hardware, il permet des temps d'exécution intéressants.

II.8.2.2 Filtrage adaptatif [Ser9]

L'opérateur de Nagao travaille sur un voisinage 5x5 centré sur le pixel courant. Dans ce voisinage neuf domaines sont définis. Pour chaque domaine, on calcule la moyenne (M) et la variance (VAR). L'intensité du pixel courant est remplacée par la moyenne du domaine qui présente la plus faible variance.

Ce filtre présente l'avantage de réduire le bruit tout en renforçant les contrastes par diminution de la largeur de la zone de transition.

	1	1	1	
	1	1	1	
	1	1	1	

Figure II.7 Masque du filtre de NAGAO

Nous avons présenté trois méthodes de filtrage les plus utilisées pour la réduction du bruit. Le filtre de nagao à un coût, en temps machine plus important que celui du filtre médian, mais il reste efficace pour des images de scènes réelles bruitées ou même floues (zone urbaine robotique). Pour les images d'empreintes digitales, nous avons opté pour le filtre médian.

II.8.2.3 Algorithme du filtre médian

Début

Pour $i=2$ à $\text{nbr_ligne}-1$;

Faire

Pour $j=2$ à $\text{nbr_colonne}-1$

Faire

- pour chaque pixel (i, j) lire sa valeur et les valeurs des pixels qui lui sont voisins :
- trier ces valeurs :
- affecter la valeur médiane à ce pixel :

Fin pour

Fin pour

Fin.

II.8.3 Filtre de Gabor

Les filtres de Gabor ont les deux propriétés : Fréquence-sélective et orientation sélective et ont une résolution optimale commune dans le domaine spatial et fréquentiel [Dau85] , [Jai91] . Par conséquent il est approprié d'utiliser les filtres " Gabor" comme filtres passe-bande pour réduire le bruit et préserver les structures des crêtes et vallées.

II.9 Segmentation [J-P.C95]

La segmentation est la première étape de la détection des objets dans une scène. Elle divise l'image en régions (segment) ou chaque point d'une région donnée, possède des caractéristiques différentes d'un autre point se trouvant dans une autre région, notons que deux points appartenant à la même région partagent les mêmes propriétés.

On a deux approches de segmentation, une première basée sur la détection du contour qui implique la recherche des discontinuités locale de niveau de gris de l'image, la seconde approche fondée sur l'extraction de région qui nécessite quant à elle la détermination des zones homogènes en niveau de gris de l'image.

Dans le cas d'image réelle par exemple, les contours correspondent aux frontières séparant deux régions d-3 propriétés différentes. (Pour les empreintes elle correspond aux vallées et crête)

II.10 Conclusion

Nous avons utilisés un algorithme d'amélioration rapide qui peut améliorer la clarté des structures des crêtes et vallées basé sur l'orientation locale des crêtes.

Notre algorithme identifie aussi les régions irrécupérables qui sont complètement corrompues dans l'image d'empreinte digitale, et les enlever du processus. C'est une très importante propriété car ces régions irrécupérables sont extrêmement nuisibles à l'extraction des minuties. L'algorithme d'amélioration permet d'identifier également les régions récupérables dans notre empreinte digitale et améliorer par un simple filtrage, en se basant sur la structure périodique et orienter de l'empreinte digitale. Ces régions récupérables améliorées fournissent suffisamment d'information permettant l'extraction des minuties.

Nous présentons dans le chapitre suivant l'algorithme d'extraction des points caractéristiques (minuties).

CHAPITRE 3

EXTRACTION DES MINUTIES

III. 1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons l'étape suivante permettant de réaliser un système de reconnaissance d'empreinte digitale (voir figure III.1) :

La phase d'extraction: l'ensemble des minuties de l'empreinte (signature) est extrait à partir de l'image filtrée de l'empreinte. Pour cela il existe deux méthodes:

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

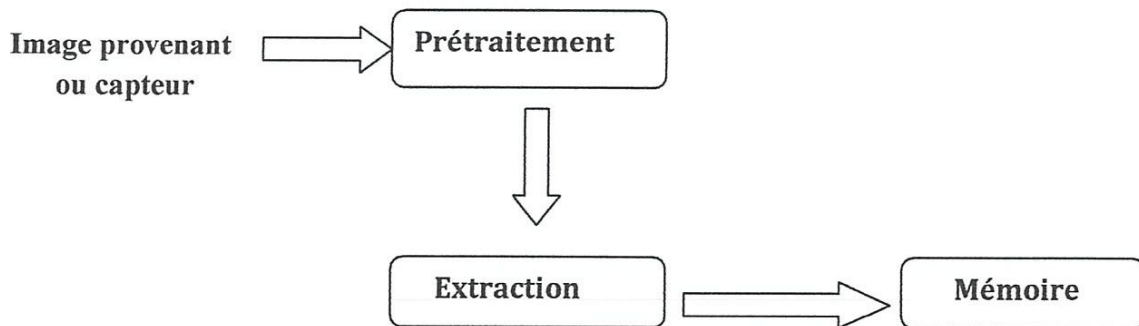


Figure III.1 Schéma général des différentes étapes d'un système de reconnaissance

Comme nous l'avons précédemment introduit, le système reçoit une image d'empreinte digitale améliorée, codée sur 256 niveaux de gris dont il doit en détecter les points d'intérêts appelés minuties, car c'est la disposition géométrique des minuties entre elles qui va caractériser une empreinte digitale.

La détection des points caractéristiques (minuties) qui sont les points de bifurcation ou de fin de lignes de crêtes est donc parmi les meilleures méthodes d'identification d'empreintes digitales.

La détection des minuties permet une caractérisation des empreintes de manière de part la disposition géométrique des minuties entre elles.

III.2 Information sur les minuties [Men03]

L'étape de détection des minuties renseigne sur la position des minuties, leur valence (bifurcation ou fin de ligne) et sur la direction des lignes de crêtes et vallées qui s'expriment dans leur voisinage, cette direction θ s'exprime dans leur voisinage. Cette direction θ s'exprime comme un multiple de $\Pi/8$

$$\theta = k \cdot \Pi / 8 \quad , \quad k=0, \dots, 7$$

Nous pouvons aussi affecter un sens à chaque minutie, exemple du sens associé à une minutie est représenté dans la figure III.2

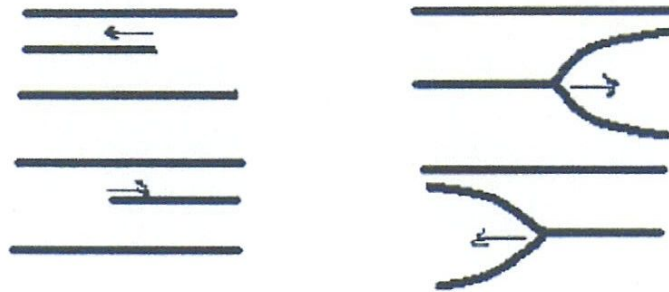


Figure III.2 Sens associé à une minutie

Pour savoir si les deux empreintes sont issues du même doigt ou non, les experts détectent sur chacune d'elles les points caractéristiques (minuties), et cherchent ensuite à superposer les deux jeux de points par translation / rotation, afin de compter le nombre de minuties communes, si le nombre est plus grand que N ($N=14$, dépend des législations), alors les experts peuvent affirmer que les deux empreintes proviennent du même doigt.

Après avoir amélioré l'image d'empreinte digitale, on s'intéresse par la suite à la détection des minuties basant sur la structure périodique et orientée de l'empreinte digitale.

III.3 Extraction des minuties [Tuo05]

La plupart des systèmes de reconnaissance des empreintes digitales emploient des minuties comme caractéristiques des empreintes digitales. Alors cette partie présentera les méthodes pour extraire des minuties à partir des empreintes digitales.

Un extracteur de minuties cherche des arêtes des rides et des bifurcations dans les empreintes digitales. Si les rides sont bien déterminées, alors l'extraction de minuties est une tâche relativement simple. Cependant, dans la pratique, il n'est pas toujours possible d'obtenir une carte parfaite de rides. Donc la performance des algorithmes actuellement disponibles d'extraction de minuties dépend fortement de la qualité des images des empreintes digitales d'entrée.

Typiquement, un algorithme d'extraction de minuties se compose de 4 étapes principales : Estimation d'orientation, binarisation, détection de rides, détection de minuties et le processus entier d'un algorithme d'extraction de minuties est montré dans la figure III.3

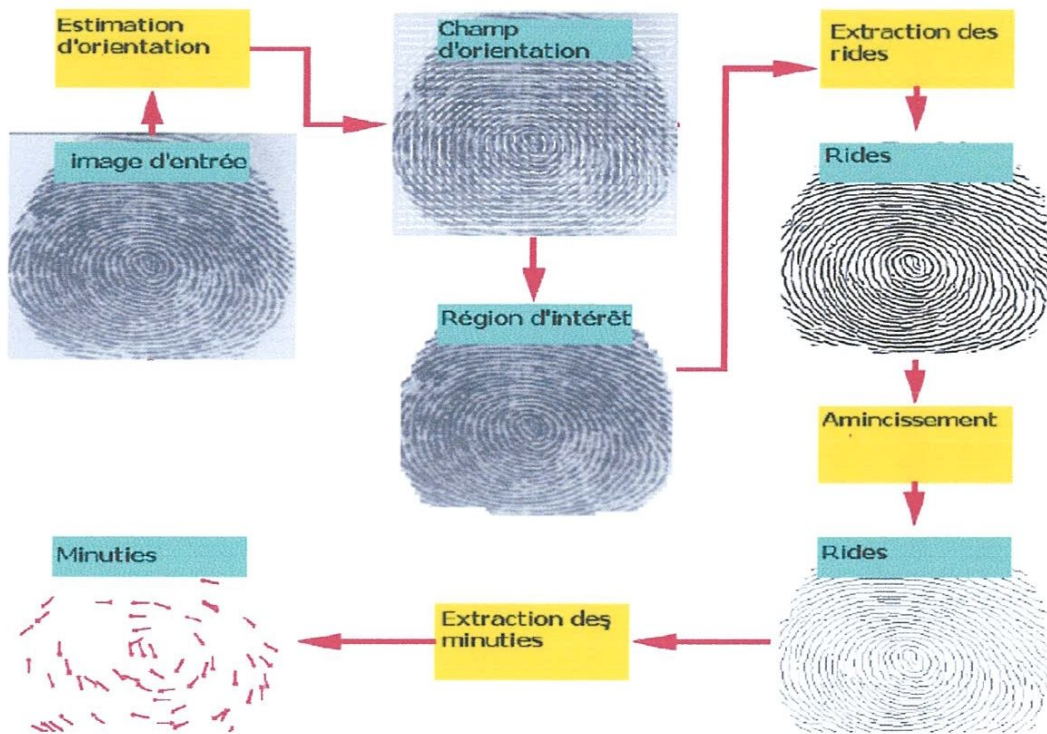


Figure III. 3 Les étapes d'extraction

III.3.1 Principe

La méthode la plus répandue consiste à extraire les minuties à partir d'un squelette de l'image. Comme la montre la figure III.3, l'image est d'abord préparée à l'étape d'extraction au moyen d'un binarisation et d'une squelettisation, ensuite un

fichier signature est extrait de l'empreinte après la détection et l'extraction des minuties.

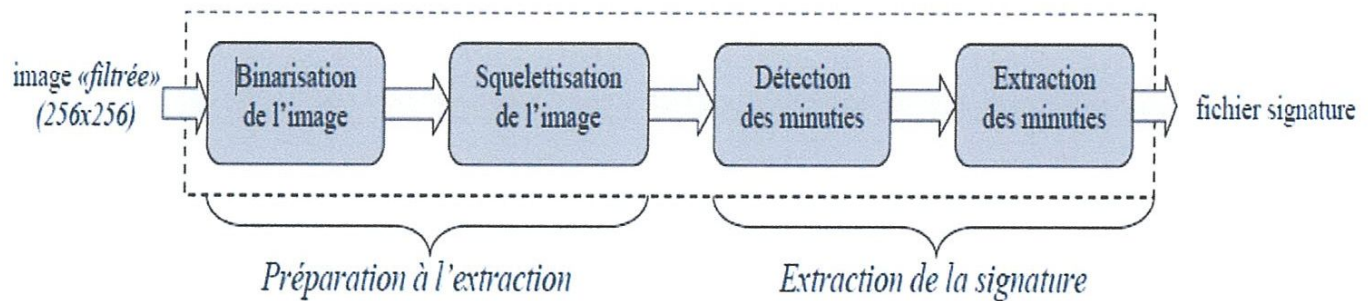


Figure III.4 La phase d'extraction de la signature

III.3.2 Binarisation [Ray03]

La binarisation est une opération qui consiste à coder l'image présentée en 256 niveaux de gris, en deux niveaux de gris, en noire et blanc, cette opération a pour objets :

- réduire l'espace mémoire pour mémoriser l'image, car un pixel d'une image binarisée sera codé sur un bit. Tandis qu'un pixel d'une image à 256 niveaux de gris est codé sur 8 bits (1 octet).

- Isoler un objet du fond.

La binarisation s'effectue en utilisant différentes techniques de seuillage, qui consiste à déterminer une nouvelle couleur d'un pixel en fonction d'un certain seuil fixe.

III.3.3 Seuillage [Coc95]

L'opération de seuillage consiste à comparer l'intensité de tous les pixels avec une valeur de référence : le seuil. Lorsque le niveau de gris d'un pixel de l'image est inférieur ou égale au seuil, le pixel prend la valeur 1 (noir) sinon (blanc). Il existe plusieurs méthodes de seuillage on cite:

III.3.3.1 Seuillage global

Le seuil est déterminé au préalable et est appliqué de manière identique sur tous les pixels de l'image. Il est calculé, généralement à partir des méthodes

classiques se basant sur l'histogramme de l'image. Nous montrons ci dessous deux méthodes du seuillage global.

- **Première méthode** : Sur l'histogramme, on cherche le maximum parmi les 128 premières valeurs. Soit \max_1 le niveau de gris correspondant. De même, on trouve \max_2 le niveau de gris correspondant au maximum des 128 dernières valeurs. Le S est alors calculé de différentes manières suivantes :

$$S_1 = (\max_1 + \max_2) / 2$$

$$S_2 = (\max_1 + \max_2) / 3$$

$$S_3 = (\max_1 + \max_2)^{2/3}$$

- **Deuxième méthode** : soit R l'estimation du rapport entre le nombre de pixels noirs et celui des pixels blancs. L'algorithme de calcul du seuil est le suivant :

Pour chaque niveau de gris $X \Rightarrow 1$

-Calculer :

- N : le nombre de pixels dont le niveau de gris est inférieur à X.
- M : le nombre de pixels dont le niveau de gris est supérieur à X.

- Calculer le rapport N / M .

- Si ce rapport est $> R$ arrêter le processus et X est pris comme étant le seuil.

III.3.3.2 Seuillage local

Le seuil n'est plus calculé globalement, mais est déterminé pour chaque pixel en lui donnant la couleur de la majorité de ses voisins. Quoique cette méthode soit efficace mais elle est très lente.

III.3.3.3 Seuillage adaptatif

C'est la combinaison entre les deux méthodes précédentes. L'algorithme suivant calculé à partir de l'histogramme deux seuils, S_b (seuil bas) et S_h (seuil haut). Les points dont le niveau de gris est inférieur (resp supérieur) à S_b (resp S_h) sont rendus noirs (resp blanc). Pour les pixels dont la valeur de niveau de gris est comprise entre S_b et S_h on applique les méthodes du seuillage local.

Nous avons choisi parmi ces différentes méthodes, le seuillage global en raison de son coût en temps machine qui est relativement faible. De plus, les caractéristiques des images à traiter (empreinte digitale) ne présentent pas une variation complexe et riche de couleur.



Figure III.5 Résultats de l'étape de binarisation

III.3.3.4 Algorithme du seuillage global

Début

Calculer le max de niveaux de gris des 128 de l'histogramme premières valeurs;

Calculer le max des niveaux de gris des 128 de l'histogramme valeurs qui restent;

$S = (\text{Max } 1 + \text{Max } 2) / 2$;

Pour chaque niveau de gris $I [i, j]$

Faire

Si $I [i, j] \leq S$ alors

$I [i, j] := 0$;

Si non

$I [i, j] := 1$;

Fin Si

Fin pour

Fin .

III.3.4 Squelettisation [Gon93]

Pour faciliter l'extraction des minuties, l'image doit être squelettisée: une suite d'opérations morphologiques d'érosion va réduire l'épaisseur des stries jusqu'à ce que cette dernière soit égale à un pixel tout en conservant la connexité des stries (c'est-à-dire que la continuité des stries doit être respectée, il ne faut pas introduire de trous).

Cette opération est une étape essentielle de la reconnaissance de forme. Elle a pour but de décrire chaque objet par un ensemble de lignes infiniment fines (analogues à une ossature de l'objet), réduisant sensiblement le volume d'information à manipuler. Le squelette est généralement défini comme étant l'ensemble des lignes médianes, c'est-à-dire l'ensemble des points équidistants de deux points de la frontière. L'obtention du squelette des images mosaïques binaires peut conduire à des erreurs de connexité.

III.3.4.1 Squelettisation (Amincissement) [BEROI]

On traite itérativement le contour des objets, et chaque itération porte sur des points du contour et entraîne la suppression ou la conservation de ces points. Le processeur s'arrête lorsque plus rien ne peut être supprimé.

L'avenir d'un point P de contour est décidé en fonction de son 8-voisinage. P ne sera pas supprimé si cette suppression déconnecte son 8-voisinage (voir figure III.6) ou si P est un point terminal, c'est à dire significatif, de l'allongement de la forme. (Voir sur la figure III.6)

$$\begin{array}{ccc} 0 & 1 & 0 \\ 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 0 & 1 & 0 \\ 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}$$

a) P ne peut être supprimé (homotopie)

b) P est un point terminal à conserver

Figure III.6 Cas où le point ne sera pas supprimé

Remarque :

Avant l'étape de squelettisation, la largeur des lignes de crêtes étant de l'ordre de 8 à 12 pixels.

III.3.4.2 Principe de la squelettisation (Amincissement) [Vict02]

On utilise dans cet algorithme un masque de 3*3 pour balayer l'image et tester chaque point et ses voisins (Voir figure III.7).

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

Figure III.7 Fenêtre de traitement (3*3)

Pour préserver la connexité de l'image, cet algorithme se déroule en deux itérations.

✓ **La première itération**

En raisonnant sur le masque de la figure III.7, le point P1 est éliminé s'il vérifie les conditions suivantes:

Soit $b(P1)$ est le nombre de points voisins de poids 1 de P1, et $A(P1)$ est le nombre de fois où se succèdent un « 0 » et un « 1 » parmi les points voisins de P1 dans la configuration donnée en figure III.7

Le sens de parcours est le sens trigonométrique inverse.

- a) $2 \leq B(P1) \leq 6$
- b) $P2 * P3 * P6 = 0$
- c) $A(P1)=1$
- d) $P4 * P6 * P8 = 0$

✓ **La deuxième itération**

Le point P1 est supprimée s'il vérifie les conditions a) b) ainsi que ceux-ci :

$$P2 * P4 * P8 = 0 \quad \text{et}$$

$$P2 * P6 * P8 = 0.$$

III.3.4.3 Algorithme de la squelettisation (Amincissement)

```
Début  
  Tant que changement vrai faire  
    Pour chaque pixel [i, j] de l'image binaire faire  
      Si f[i, j] == 1 alors  
        Si les conditions ((a)et (b) et (c) et (d)) sont vérifiées  
          Alors  
            Début  
              f[i, j] := 0 ;  
              Changement :=vraie ;  
            Fin  
          Sinon f[i, j] := 1;  
        Fin de si  
      Fin de si  
    Fin de pour  
    Pixel [i, j] := f[i, j];  
  Fin tant que  
Fin.
```



Figure III.8 Squelette de l'image binaire de l'empreinte

III.3.4.4 Application de squelettisation sur image empreinte digitale

L'inconvénient de l'algorithme basé sur le filtrage morphologique, est qu'il n'existe pas de test d'arrêt stoppé le processus de suppression. Par conséquent cette technique peut engendrer des faux points de terminaisons. Quant à la méthode d'amincissement, le test d'arrêt est automatique ce qui ne risque pas d'altérer l'étape de reconnaissance.

III.4 Détection des minuties [Ant99]

Lorsque les rides sont bien déterminées les minuties seront facilement détectées:

- + Les pixels avec trois pixels voisins sont identifiés comme bifurcations.
- + Les pixels avec un pixel voisin sont identifiés comme arêtes de ride

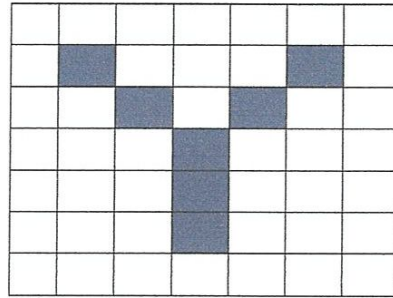
Cependant, Ce n'est pas le fait que toutes les minuties détectées sont des bonnes minuties à cause des bruits.

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 calcul 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 fr partant de ce point (Crossing Humber) et nous pouvons donc déterminer simplement le type d'un pixel (voir figure III.8).

P1	P2	P3
P8	P	P4
P7	P6	P5

$$CN(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i-1}|$$

Avec $P_8 = P_0$ et $P_i \in \{0; 1\}$



Représentation graphique d'une partie du squelette

```

0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 1 0
0 0 1 0 0 1 0
0 0 0 1 1 0 0
0 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
    
```

Codage binaire

```

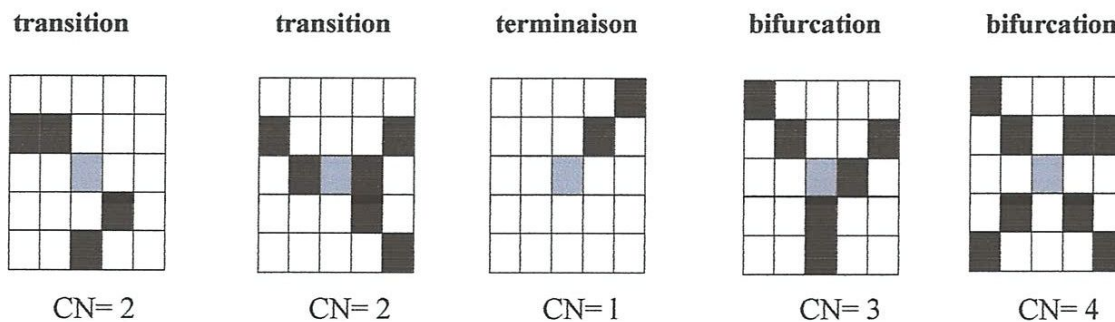
0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 1 0
0 0 2 0 0 2 0
0 0 0 3 2 0 0
0 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
    
```

Codage du CN

Figure III.8 Les différentes représentations du squelette

Ainsi pour chaque pixel P appartenant à une strie (c'est-à-dire pour chaque pixel ayant une valeur de CN

Le calcul de CN peut prendre cinq valeurs:



(Dans chaque cas on considère le pixel gris au centre du carré.)

Figure III.9 Exemples de détermination du type de minutie en fonction du calcul de CN

CN= 0 : dans ce cas ifs agit d'un pixel isolé et nous n'en tenons pas compte car même si ce type de minutie existe il est très rare et à ce stade du traitement de l'image il est probablement du à un résidu de bruit.

CN= 1 : dans ce cas nous avons à faire à une minutie de type *terminaison*.

CN=2 : c est le cas le plus courant, le pixel se situe sur une strie, il n y a pas de minutie.

CN=3 : nous sommes en présence d'une *bifurcation* triple.

CN=4 : nous sommes en présence d'une *bifurcation* quadruple. Ce type de minutie étant assez rare il est probablement du à bruit et nous l'ignorons

Bien que l'utilisation du nombre CN facilite grandement la détection, elle provoque aussi la détection d'un nombre très important de minuties (quelques centaines) introduites pour la plupart lors des étapes de binarisation et de squelettisation. On ne peut donc extraire directement la signature: un traitement supplémentaire est nécessaire pour éliminer le plus de fausses minuties possibles.

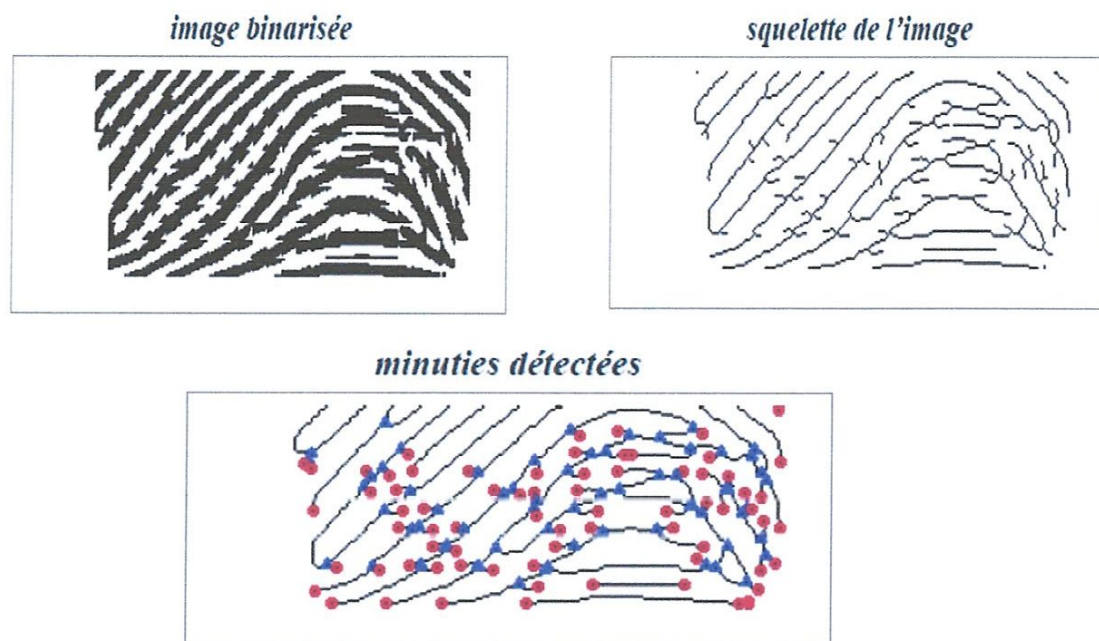


Figure III.10 Exemple de détection de fausses minuties

III.4.1 Élimination des fausses minuties [Kim99]

Dans la section précédente nous avons vu qu'un traitement supplémentaire est nécessaire pour éliminer la multitude de fausses minuties produites au cours des étapes de binarisation et de squelettisation. Comme la montre la figure III.10 Ces fausses minuties sont diverses et variées. L'objectif de ce processus est d'éliminer le maximum tout en conservant les vraies minuties détectées. Pour cela on utilise des considérations empiriques basées sur le fait que la distance entre deux minuties voisines est toujours supérieure à un certain seuil en effet, pratiquement il est extrêmement rare de trouver deux vraies minuties très proches, par contre on a quasiment toujours une concentration locale de plusieurs fausses minuties.

III.5.1 Détection des bifurcations

III.5.1.1 Différentes formes des minuties (bifurcation) dans un masque 3*3

Les minuties (bifurcations) dans un voisinage 3*3 ont une des 8 configurations possibles de la figure suivante :

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 1

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 2

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 3

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 4

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 5

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 6

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 7

4	3	2
5	.	1
6	7	8

Forme 8

Figure III.12 Différentes formes des minuties

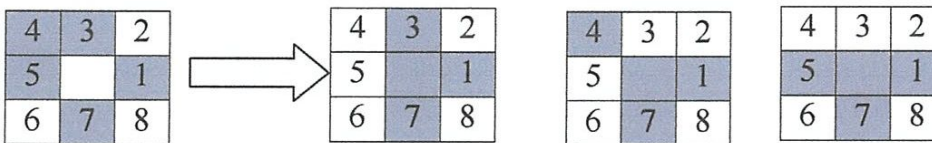
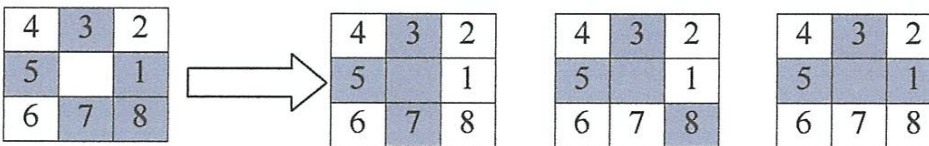
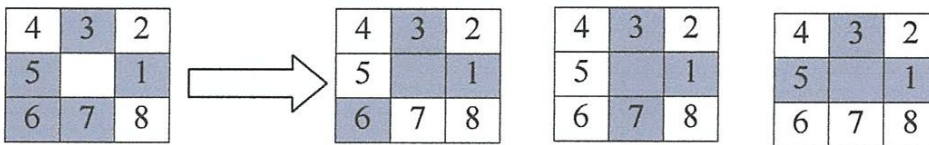
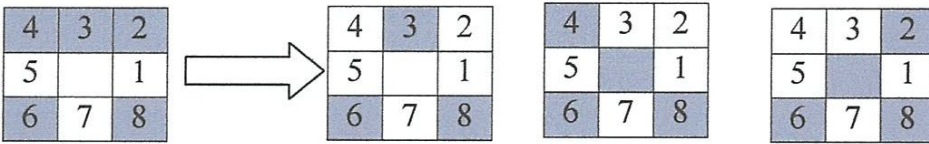
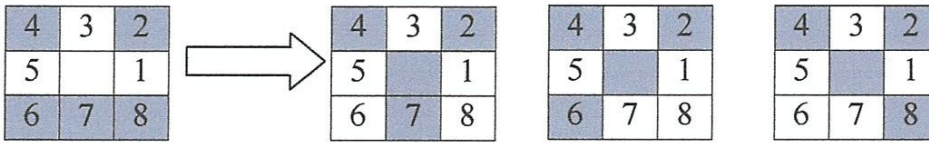
- | |
|---|
| . |
|---|

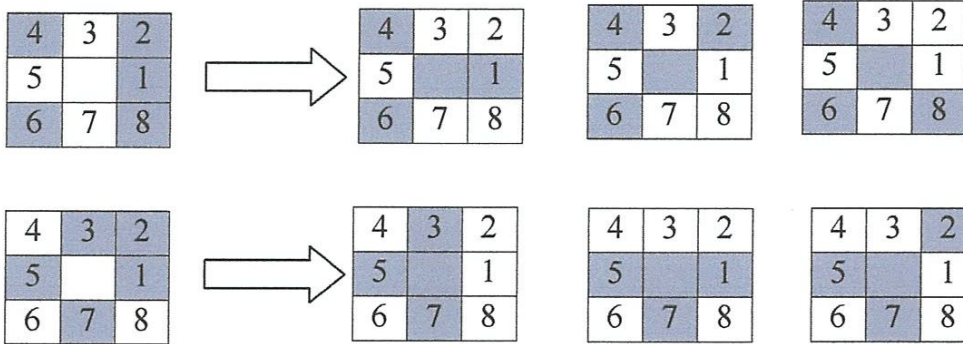
 : Le point d'intérêt (bifurcation), ou se trouve les deux lignes
- | |
|--|
| |
|--|

 : Pixel de séparation de deux lignes
- | |
|--|
| |
|--|

 : Pixel d'arrivée d'une bifurcation

III.5.1.4 Les différentes configurations des bifurcations





Le tableau ci-dessous résume les différentes valeurs déduites des masques. (Tableau III.1)

Valeur affectée aux différentes formes de bifurcation																
forme	4	7	8	8	13	14	14	16	16	16	27	29	29	32	32	33
	2	4	2	4	8	6	8	2	4	8	6	2	6	4	8	6
A				*			*				*					
B														*	*	*
C	*	*			*											
D					*	*		*								
E											*	*				
F			*	*												*
G	*								*				*			
H						*		*		*						

Tableau III.1 Valeur des bifurcations associées aux masques.

III.5.2 Détection des rides

L'objectif de l'algorithme de détection des rides est de séparer des rides des vallées dans une image d'empreinte digitale. Il existe plusieurs d'approches:

+ Fixe/adaptatif seuil: les pixels plus sombres qu'un seuil de constant/variable sont déterminés pour être des pixels des rides dans l'empreinte digitale. Ces approches généralement ne fonctionnent pas bien pour les parties bruyantes et l'image avec une contraste basses [Kim01].

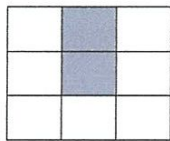
+ Minimum local : cette approche emploie une propriété de rides c'est que les valeurs de niveau de gris sur des rides atteignent leurs minimum local tout le long de la direction normale de l'orientation locale des rides [Tuo05].

Normalement le résultat obtenu est une image binaire dans laquelle les pixels noirs sont les pixels des rides et les pixels blancs sont des pixels des vallées ou du fond.

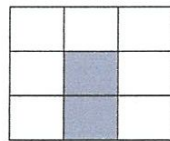
Généralement les rides détectées sont épaisses, puis un algorithme amincissant est employé pour obtenir des rides avec un pixel de grandeur [Bio]. Ces rides sont utiles pour détecter des minuties.

III.5.2.1 Différentes formes d'arrête des lignes dans un masque 3*3

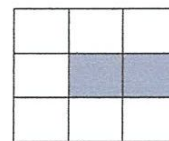
Les formes sont représentées dans la figure suivante :



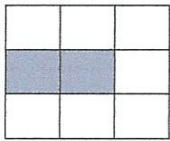
Forme 1



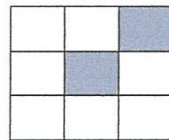
Forme 2



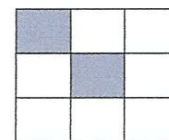
Forme 3



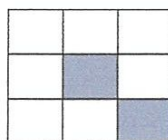
Forme 4



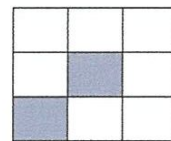
Forme 5



Forme 6



Forme 7



Forme 8

Figure III.14 Les différentes formes de fin de ride

III.5.3 Algorithme de détection automatique

L'algorithme suivant a pour but d'extraire les coordonnées des points des minuties dans l'image squelette de l'empreinte digitale.

Début

Pour $i=2$ à $\text{nbr_ligne}-1$

Faire

Pour $j=2$ à $\text{nbr_colonne}-1$

Faire

- Pour chaque pixel (i, j) lire sa valeur et les valeurs des pixels qui sont voisins ;
- Calculer B de l'équation (1) ;
- Si la suite des pixels est change alors sauvegarder (i, j) ;

Fin pour

Fin pour

Fin.

III.5.4 Algorithme de détection des réelles minuties

Début

Pour $i=2$ à $\text{nbr_ligne}-1$

Faire

Pour $j=2$ à $\text{nbr_colonne}-1$

Faire

- Lire la valeur de B
- Si la valeur de B existe dans le tableau III.5.1 alors
- Si la distance entre deux minuties est inférieure a un seuil fixé alors

Supprimée ces minuties

Sinon sauvegarder

Fin pour

Fin pour

Fin.

III.6 Détection manuelle des minuties

Dans cette partie, on peut choisir les points caractéristiques de l'empreinte digitale manuellement et sauvegarder les coordonnées de ces points pour créer un carte spécifique à l'empreinte digitale

Commentaire : le résultat de la squelettisation dépend de la qualité de l'image, lorsqu'il y a des taches le résultat est incohérent, et plus on diminue les taches, le résultat devient plus correcte.

Ainsi le masquage des régions irrécupérables est une étape très importante pour assurer la fiabilité de l'extraction des minuties.

III.7 Conclusion

Nous avons mis au point un algorithme de détection des points caractéristiques, cet algorithme permet de détecter les bifurcations et les fins de lignes des crêtes ainsi que leur positions à partir d'une image d'empreinte digitale améliorée, mais avant de détecter ces points caractéristiques une étape de prétraitement (seuillage, squelettisation) est nécessaire, ce prétraitement permet d'avoir un image d'empreinte digitale binaire squelettisée, donc cette étape facilite la détection des minuties, c'est la raison pour laquelle nous avons opté en faveur de cette approche.

CHAPITRE 4

RÉALISATION ET INTERPRÉTATION

IV.1 Introduction

La conception constitue une étape fondamentale pour réaliser des applications, une bonne conception facilite beaucoup la réalisation de l'interface.

La réalisation (implémentation) consiste à mettre en œuvre les idées développées lors de la conception.

Dans ce chapitre, nous allons présenter en détails le système de l'extraction automatique des empreintes digitales que nous avons mis au point, on commencera par présenter la plateforme de travail et l'outil de développement utilisé, ensuite la description du système avec ses différents modules avec le rôle de chaque module.

IV.2 Plate-forme de travail et outil de développement

L'environnement choisi pour la mise en œuvre de notre système est l'environnement WINDOWS. Ses avantages sont :

- bonne gestion de la mémoire.
- multi tâche.
- interface de programmation d'application API.
- interface graphique pour les applications ... etc.

Le logiciel utilisé pour réaliser l'interface est le logiciel MATLAB version 7.8

IV.3 Initiation au traitement d'images avec Matlab 7.8

IV.3.1 Rappels sous Matlab

Une image Matlab est une matrice bidimensionnelle de valeurs entières ou réelles.

Les principales fonctions de traitement d'images sous Matlab se trouvent dans la boîte à outils (toolbox) image processing (traitement d'images). L'aide sur cette boîte à outils est obtenue en tapant *help images* en ligne de commande de Matlab. Ensuite, l'aide sur une commande particulière est obtenue en tapant *help* suivi du nom de la commande, par exemple *help edge*.

IV.3.2 Lire et écrire des images sous Matlab

Matlab est capable de lire et de décoder les fichiers images JPEG, TIFF, BMP, PNG, HDF, PCX ou XWD. Une image sous Matlab peut être représentée sous plusieurs formes, mais toujours sous forme d'une matrice. Avant de traiter une image dans Matlab, il faut la lire et décoder son format afin de la transformer en une matrice de valeurs.

Le traitement d'images permet de modifier le contenu des images afin de tirer l'information utile pour une application particulière. Matlab offre de nombreuses possibilités de traitement avec une palette très fournie d'outils prêts à l'emploi.

L'inconvénient majeur de Matlab réside dans sa relative lenteur pour effectuer certaines opérations de calculs. Toute fois Matlab permet de déployer rapidement des tests pour vérifier la validité d'une méthode de traitement d'images. La manipulation d'images revient à la manipulation de matrices qui est très facile grâce au langage de haut niveau de Matlab.

IV. 4 Architecture générale du système

L'architecture générale de notre système est montrée sur la Figure IV .1, elle sera approfondie dans la partie suivante en détaillant du système.

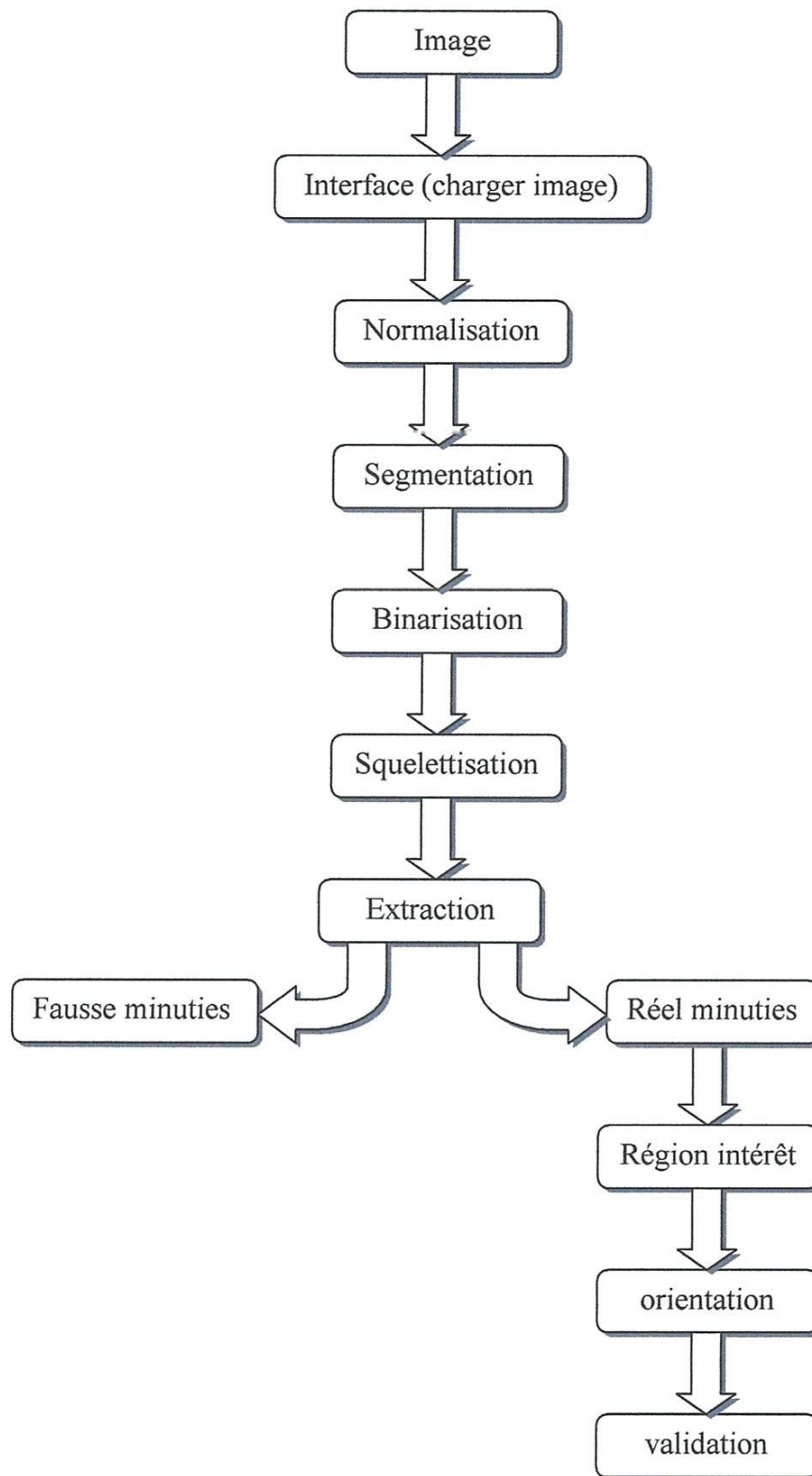


Figure IV .1 Schéma fonctionnel du système

IV.5. Analyse et description du schéma fonctionnel

Ce système permet la détection automatique des minuties de l'empreinte digitale, en passant par les étapes suivantes :

- ✓ Normalisation: permet de réduire la variation en niveau de gris.
- ✓ Segmentation de l'image : permet d'obtenir des régions plus claires.
- ✓ Seuillage de l'image filtrée: permet d'obtenir une image à deux niveaux de gris (Noir et Blanc).
- ✓ Squelettisation : permet de réduire l'épaisseur du contour des objets à une épaisseur égale à un pixel.
- ✓ Extraction : permet de détecter les points de minutie dans l'image, on peut diviser sur deux types:
 - ✓ Fausse minutie : contient toutes les minuties dans l'empreinte digitale .
 - ✓ Réelle minutie: permet d'afficher seulement les réelles minuties (bifurcation, fin de ligne).
- ✓ Région d'intérêt : permet de sélectionner les régions nécessaires qui contiennent les minuties.
- ✓ L'orientation: permet de définir des coordonnées invariables pour les crêtes et vallées.
- ✓ Validation : Dans cette étape, nous validons les minuties

IV.6 Description de travail



Figure IV.2 Image originale

IV.6.1 Résultat de l'exécution

✓ *Charger l'image*

La forme générale de l'empreinte digitale est généralement utilisé pour prétraiter les images, et de réduire la recherche dans les grandes bases de données. Celui-ci utilise les directions générales des lignes de l'empreinte digitale, ainsi que la présence du noyau et le delta. Plusieurs catégories ont été définies dans le système Henry: spirale, boucle de droite, boucle gauche, arc et de tentes.

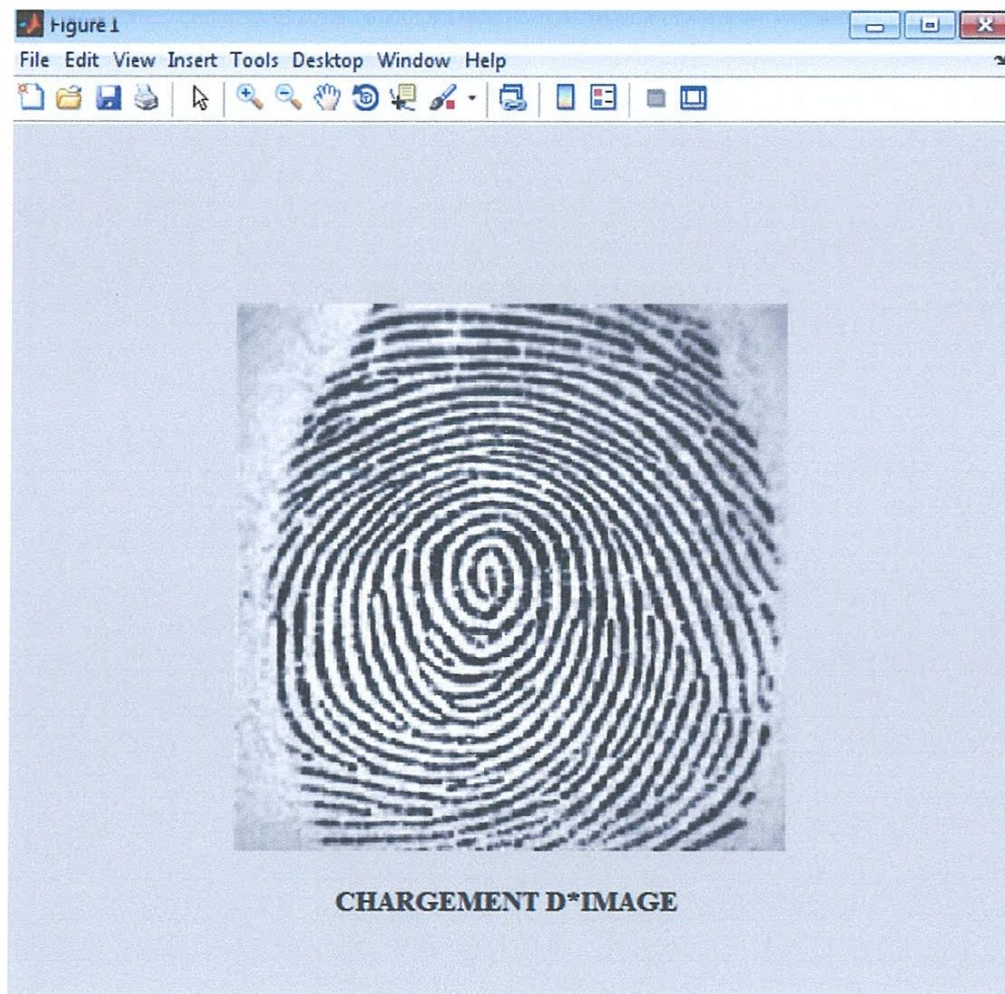


Figure IV.3 Chargement d'image

Dans notre cas, la qualité de l'image est vraiment bonne, et nous n'aurons pas besoin de améliorer notre image.

- ✓ **Binarisation** : on fait la binarisation par le seuillage de l'image qui permet d'obtenir une image à deux niveaux de gris (Noir et Blanc) et le résultat de cette application est représentée par la figure IV.4.

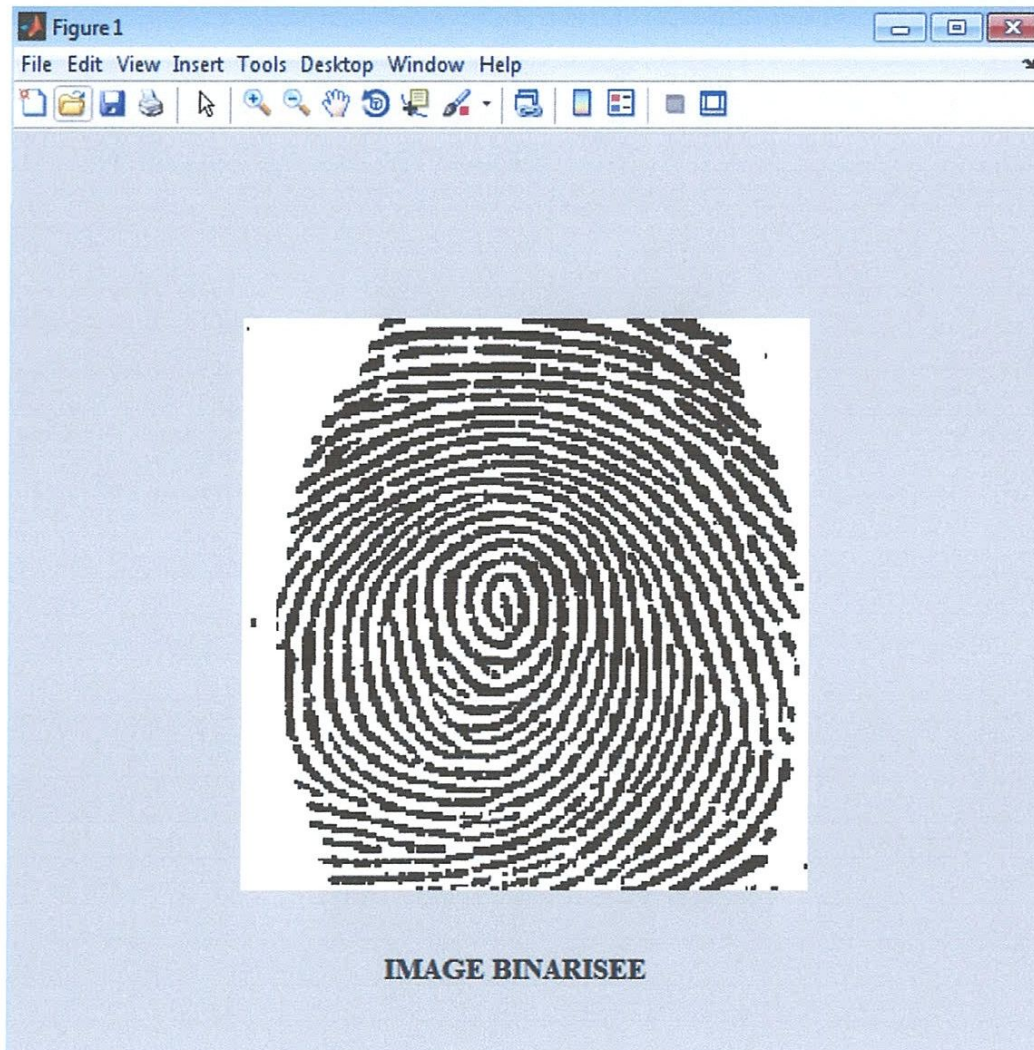


Figure IV.4 Image binarisée

- ✓ **Squelettisation:** on fait la squelettisation de l'image binarisée qui permet de réduire l'épaisseur du contour des objets à une épaisseur égale à un pixel et le résultat de cette application est représenté par la figure IV.5.

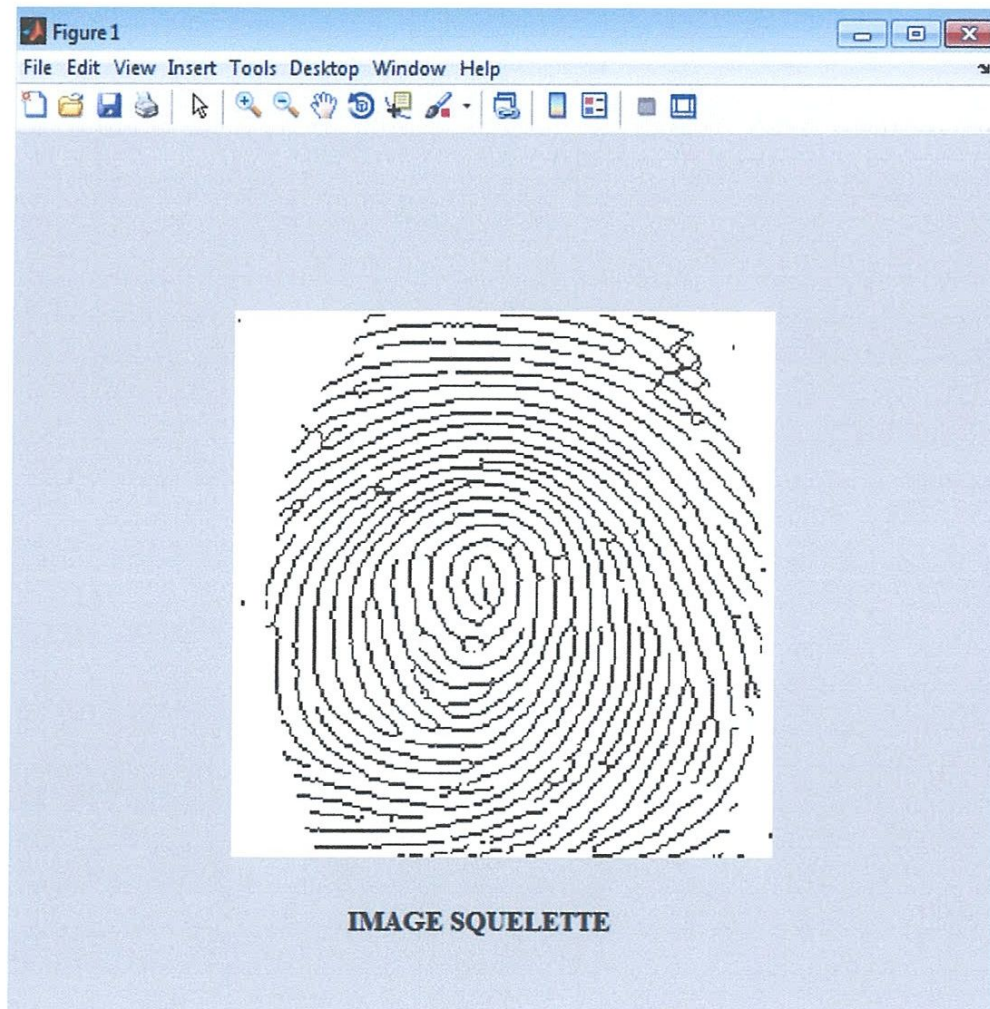


Figure IV.5 Image squelette

- ✓ **Extraction des minuties** : cette opération est faite sur une image squelette qui contient toutes les minuties dans l'empreinte digitale et le résultat de cette application est représenté par la figure IV.6

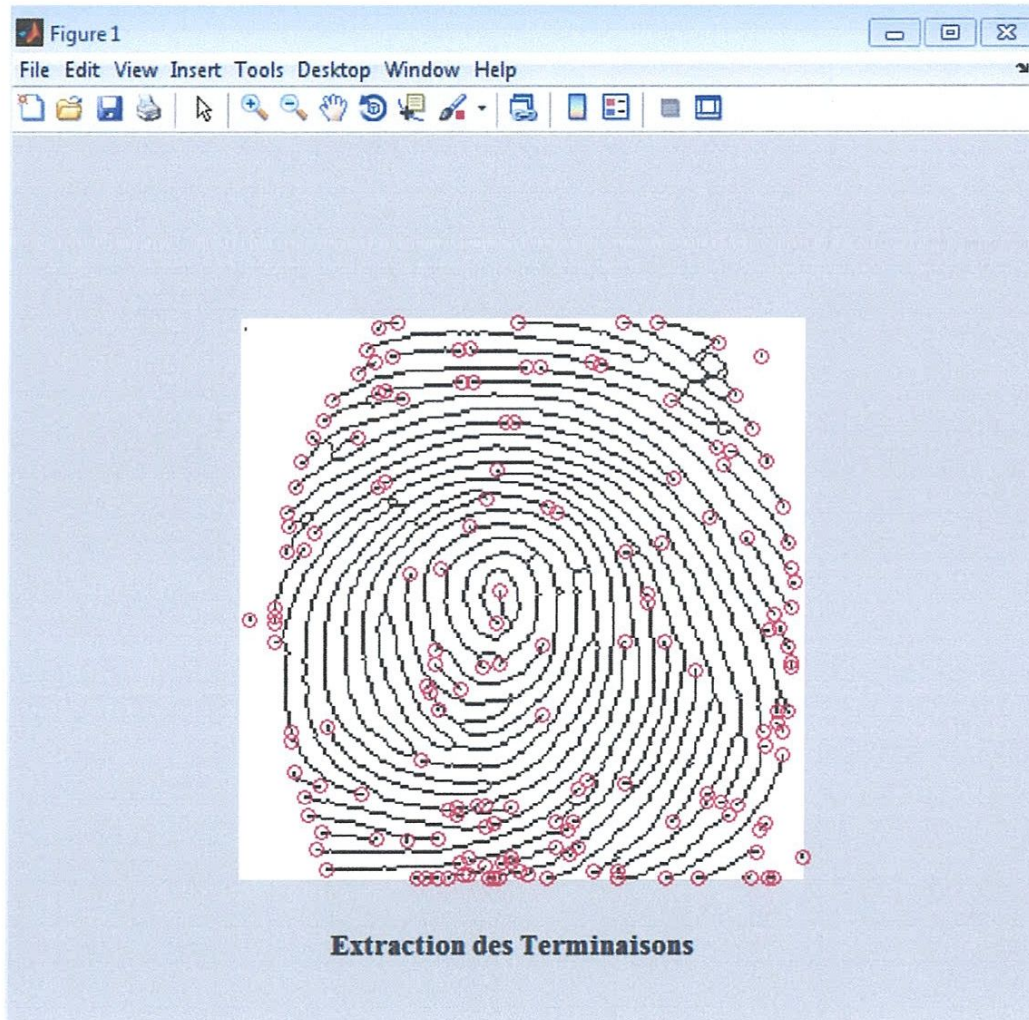


Figure IV.6 Extraction des minuties (Terminaisons)

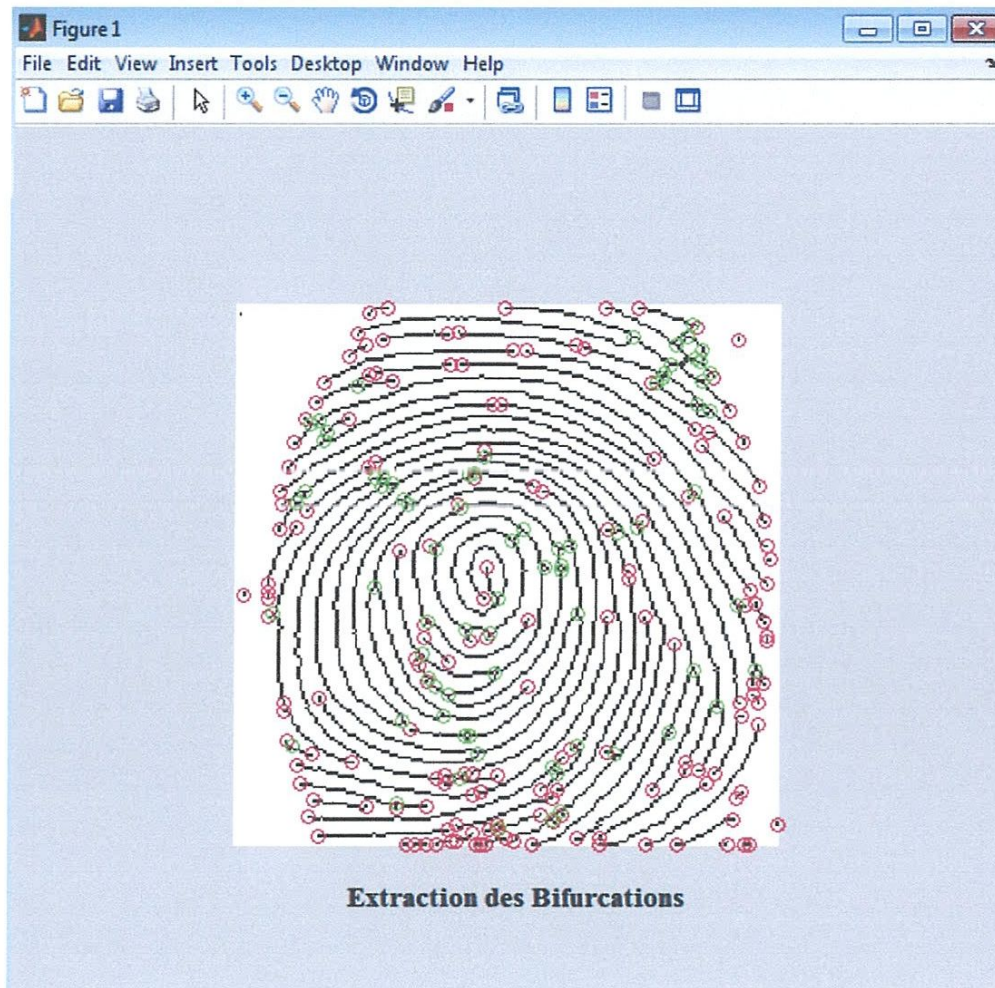


Figure IV.7 Extraction des minuties (Bifurcations)

- *Les réel minuties*: dans cette étape on élimine les fausses minuties qui permet d'avoir seulement les réel minuties (bifurcations, fin de lignes)

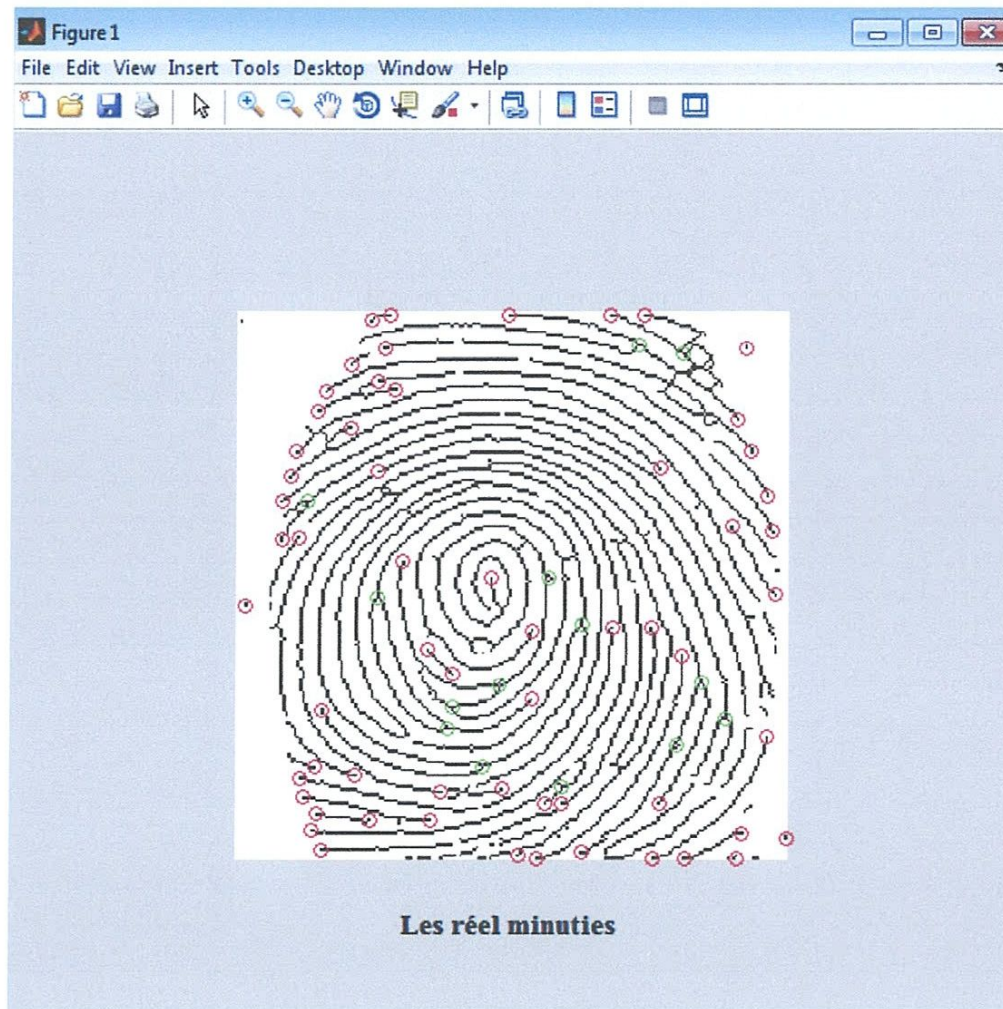


Figure IV.8 Réel minuties

- ✓ *Régions d'intérêt* : permet de sélectionner les régions nécessaires qui contiennent les minuties et le résultat de cette application est représenté par la figure IV.9.

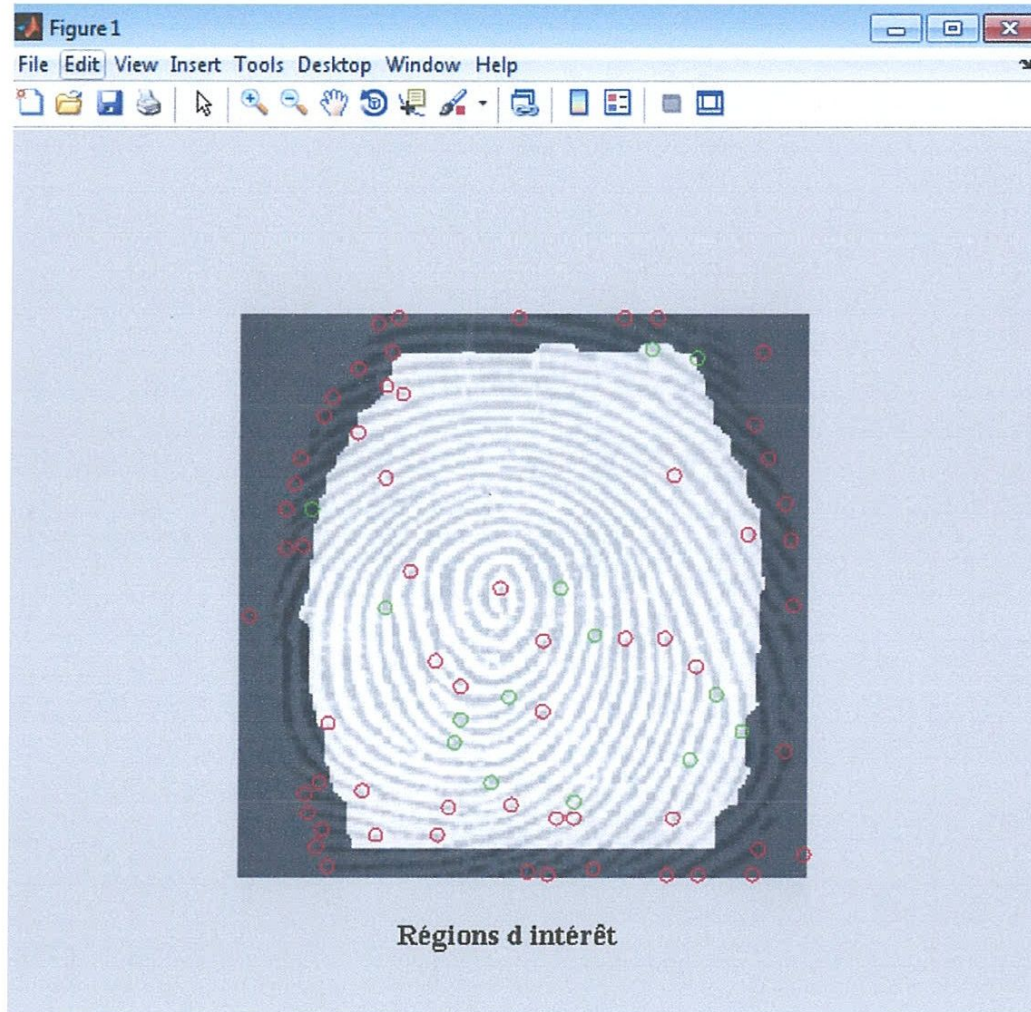


Figure IV.9 Régions d'intérêt

- *Supprimer les minuties externes*: une fois que nous avons défini les régions d'intérêt, nous pouvons supprimer les minuties externes à ce régions d'intérêt.

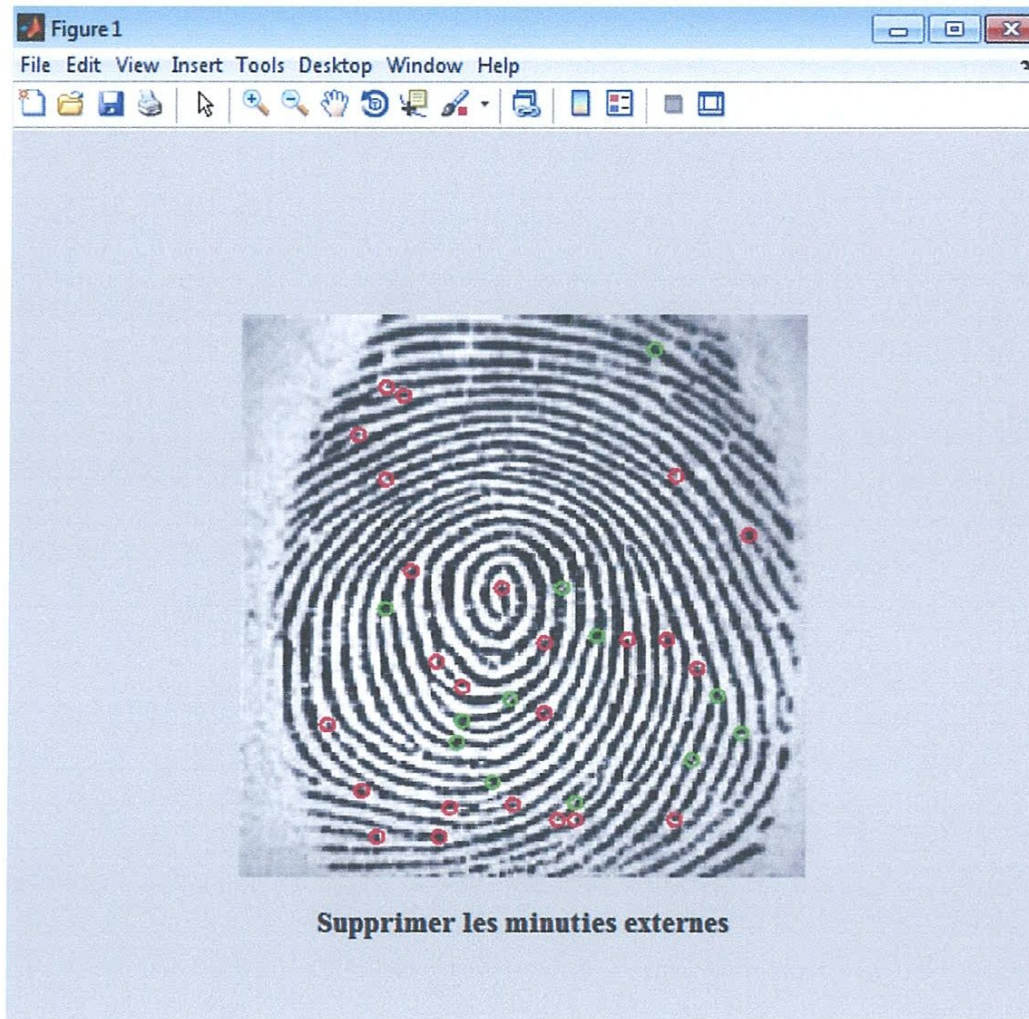


Figure IV.10 Supprimer les minuties externes

- ✓ **Orientation:** l'orientation d'image représente une propriété intrinsèque des images d'empreintes digitales qui permet de définir des coordonnées invariants pour les crêtes et vallées.

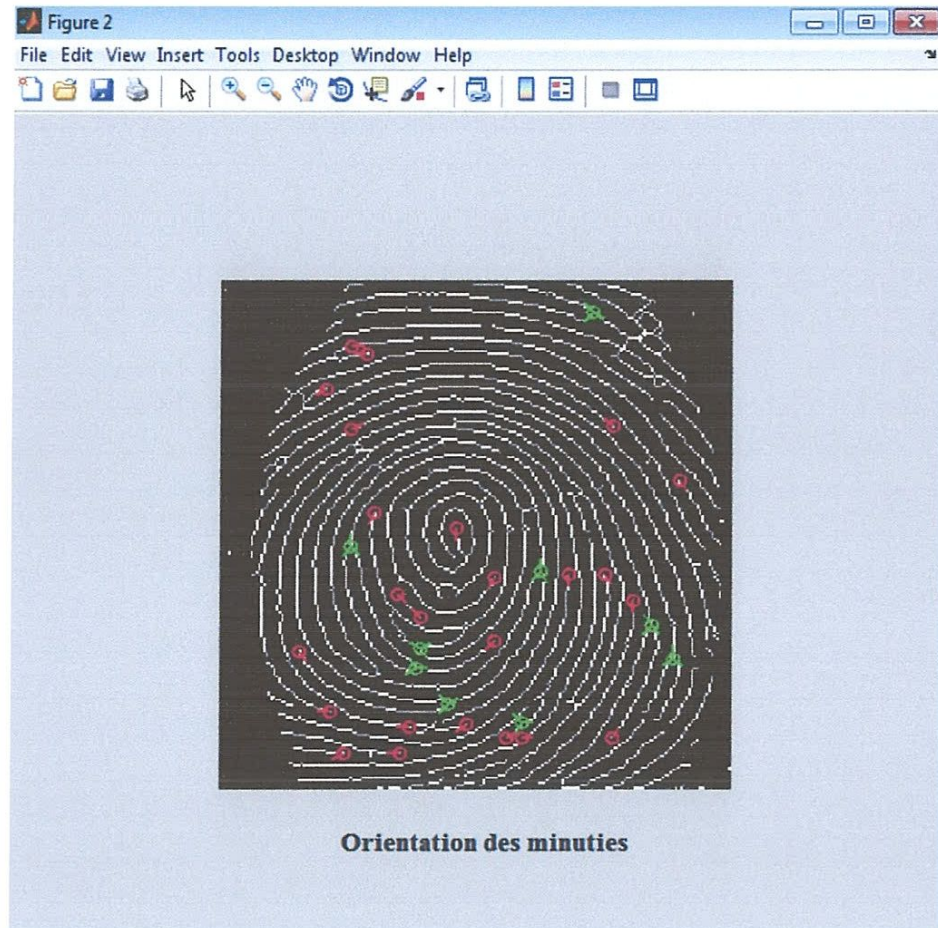


Figure IV.11 Orientation des minuties

✓ *Validation :*

Dans cette étape ,On enregistre les minuties dans un fichier.

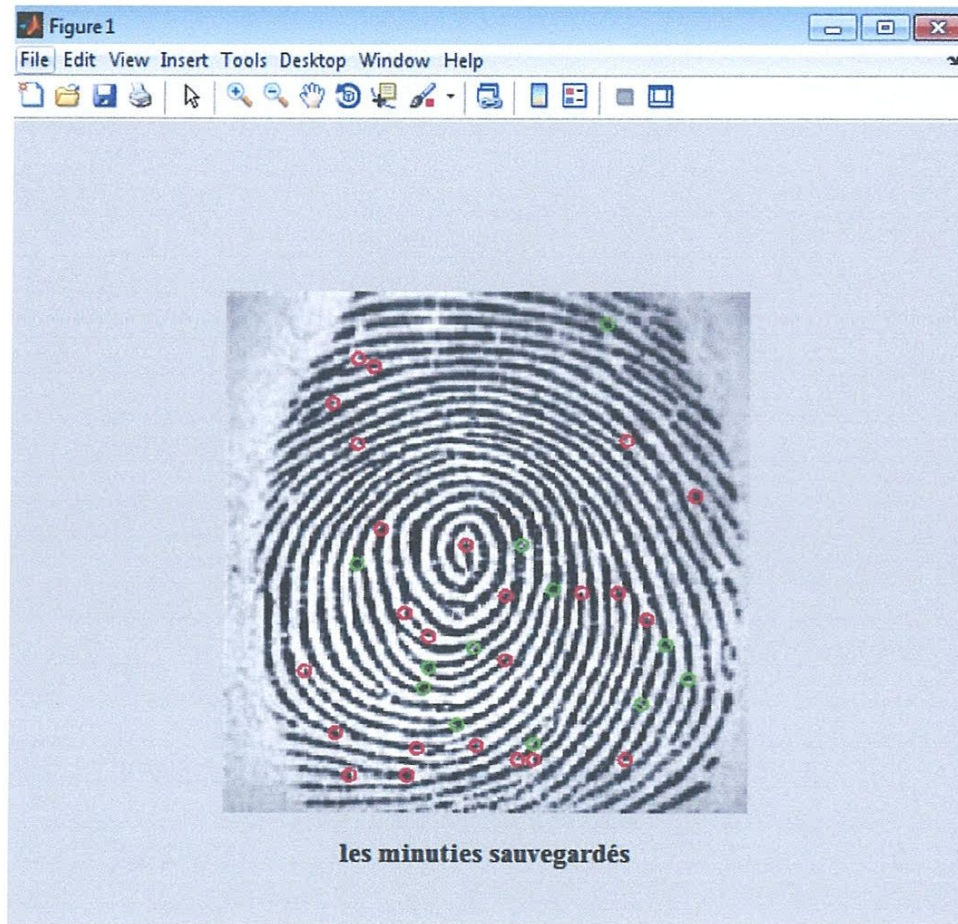


Figure IV.12 Les minuties sauvegardés

On trouve 12 bifurcations et 24 terminaisons.

Remarque:

Le nombre de points communs trouvé entre deux empreintes de la même personne est satisfaisant relativement aux points exigés par les législations (12 points : interpole, 14 points: légiste Algérien)

IV.7 Conclusion

Après cette étude on a conclu que les bifurcations sont les points les plus fiables par rapport aux fins de rides à l'extraction des minuties.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

L'identification à partir d'empreintes digitale est une méthode dont la valeur ne laisse pas l'ombre d'un doute, puisqu'elle est communément utilisée dans les laboratoires et les unités d'identification. Ainsi la valeur de cette méthode réside dans :

- le fait que l'individu vient au monde avec ses empreintes et qu'elles persistent après sa mort tant que la putréfaction n'est pas complète.
- la croissance ne modifie pas la topographie du dessin qui reste inchangée.
- les accidents superficiels de la peau n'alternent en rien le dessin qui se reproduit après guérison.
- l'individualité : il est pratiquement impossible de trouver deux empreintes identiques provenant de doigts différents.

Donc l'identification des personnes à partir de leurs empreintes digitales est une méthode qui est acceptée dans le monde entier, elle est réservée surtout à la recherche des malfaiteurs. Notre travail est conçu dans le but d'analyser cette partie bien précise du corps humain qui est l'empreinte digitale.

L'extraction des points caractéristiques (minuties) à partir de l'image originale est une étape très importante dans la mise en correspondance automatique de l'empreinte digitale, cependant la performance de l'algorithme d'extraction des minuties dépend étroitement de la qualité de l'image empreinte digitale, dans le but d'assurer la performance d'identification/vérification de l'empreinte, on a incorporé un algorithme d'amélioration de l'image dans le module d'extraction des minuties.

Pour atteindre les objectifs de ce projet, ainsi, et après une partie théorique qui a été soldée par des généralités sur le prétraitement et le traitement d'images, c'est le problème d'amélioration de la qualité d'image qui facilitera par la suite la détection des minuties qui a été abordé en premier lieu. Dans ce cadre, des méthodes de traitement d'image à savoir: le filtrage, le seuillage et la squelettisation ont données de bons résultats.

Notre travail faire l'étude des caractéristiques de l'empreinte digitale qui est caractérisée par une forme structure périodique et orientée, et on se basant sur ces caractéristiques, et en appliquant les différentes techniques d'amélioration, on à réussi à avoir une image d'empreinte digitale avec une structure plus claire.

Ainsi le masquage des régions irrécupérables est une étape très importante pour assurer la fiabilité de l'extraction des points caractéristiques.

Le masquage des régions irrécupérables peut être amélioré en considérant une base de données assez large d'empreinte digitale, et réaliser une étude spécifique aux variations des paramètres α et σ dans les régions irrécupérables, dans le but de déterminer les seuils approprié à ces caractéristiques.

Par la suite, nous avons abordé le problème de détection de minuties, et dans ce sens, nous avons inséré un algorithme qui se base sur la morphologie de la bifurcation qui est toujours sous forme d'un Y. Cet algorithme à donné des résultats satisfaisants, et cela malgré certaines contraintes qui sont liées, d'une part, aux algorithmes de traitement d'image qui présentent quelques inconvénients.

En parallèle à cet algorithme, nous avons proposé une méthode manuelle de détection de minuties. Cette méthode, et malgré le fait quelle soit manuelle, reste très fiable vu quelle utilise l'empreinte dans son état brut sans amélioration, chose qui permet de remédier au problème des zones noires qui donnent des fausses minuties.

BIBLIOGRAPHIE:

- [New95]: E. Newham * the Biometrie report *. New York, NY: SJB services, 1995.
- [Lee91]: H.C. Lee and R.E. Gaensslen * Advances in Fingerprint Technology * New York, Elsevier, 1991:
- [Sal00] :Salil Prabhakary Anil K. Jain Sharath Pankanti * Learning Fingerprint Minutiae Location and Type* DigitalPersona Inc. Dept. of Comp. Sci. and Eng. IBM T, Michigan State University Yorktown Heights, New York 10598.
- [Lin]: Lin Hong, Yifei Wan, Anil Jain *Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation* Pattern recognition and Image Processing laboratory, department of computer science, Michigan state university New York.
- [Xia03]: Xiaoguang Feng *Analysis and Approaches to Image Local* UNIVERSITY of CALI FORNIA SANTA CRUZ degree of MASTER OF SCOENCE in COMPUTER ENGINEERING March 2003.
- [Moe71]: A. Moenssens * Fingerprint Techniques* London: Chilton Book Company. 1971.
- [Rao90]: A. Rao * A Taxonomy for Texture Description and Identification * New York; Springer-Verlag, 1990
- [Sap93] :G.Sapiro and A. Bruckstein * A B-Spline Based Affine Invariant Multiscale Shape Representation * proc. Seventh Int'l conf. Image analysis and processing III, pp.20-22, Monopoli, Italy, 1993.
- [Men03] : Menasria Fatma Zohra, Houali Radia *Contribution a L'extraction des Caractéristiques D'image Empreinte Digitale*mémoire d'ingénieur U.S.T Houari Boumediene.
- [Ven03]: Venu Govindaraju, Zhixin Shi * Feature Extraction Using a Chaincoded Contour Representation of Fingerprint Images* CEDAR, Department of Computer Science and Engineering,SUNY at Buffalo, Buffalo, New York 14260.
- [Kaw84]: M. Kawagoe and A.tojo * Fingerprint Pattern Classification* Pattern recognition,vol. 17.pp.295 -305, 1984.
- [Kar96]: K. Karu and A.K. Jain * Fingerprint Classification * Pattern recognition, vol.29, pp.389-404, 1996
- [Kab99]: Kabir Yacine* segmentation d'image de filtre de radiographie dédiée au contrôle non destructif* .Thèse de magistère en électronique de l'université de Blida 1991

[Kas87]: M Kass and A. Witkin * Analysing Oriented Patterns * Computer Vision Graphics, and image Processing, vol.3, pp.362-385, 1987.

[All98]: Allon & menous * Segmentation espace couleur/espace réflectance * Mémoire d'ingénieur d'état à l' U.S.T.H.B 1998.

[Fou97]: Karim Foughali * Compression des images fixées par la quantification vectorielle* Mémoire d'ingénieur d'état à l' U.S.T.H.B 1997.

[Lah95]: L. Lahmici * contribution à l'automatisation de l'identification d'individus par empreintes digitale* Mémoire d'ingénieur d'état à l' U.S.T.H.B 1995.

[Coc95]: J.P.Cocquerez &P.Sylvie * analyse d'images. filtrage et segmentation* 1995

[Hoc99]: S.Hocini & F.Bergad *Etudes de développement d'un algorithme de compression d'image médicales, basé sur la OCT et la fonction de translation * Mémoire d'ingénieur d'état à l' U.S.T.H.B 1999.

[Ber01]: Rafik Berrou * Poursuite video d'objets en mouvement * Mémoire d'ingénieur d'état à l' E.M.P 2001.

[Vict02]: Victor Lopez Lorenzo, Pablo Huerta Pellitero, José Ignacio Martinez Torre, Javier Castillo Villar* Fingerprint Minutiae Extraction Based On FPGA and Matlab *

[Cha80]: T. Chang* Texture Analysis of Digitized Fingerprints for Singularity Detection *Proc, Fifth ICPR, pp. 4 78-480, 1980.

[Mar82]: D. Mar, Vision, San Francisco, Calif. W.H. Freeman, 1982.

[Ser91]: A. serrir-Benmerabet *Segmentation d'image en région par processus de détection de contour: étude comparative * Thèse de magistère en électronique à l' U.S.T.H.B 1991.

[Bio]: Biométrie Online. <http://biometrie.online.fr/>.

[Kha02]: H. khan & A. Ferghen * Contribution à la reconnaissance automatique d'empreintes digitales* Mémoire d'ingénieur d'état à l' U.S.T.H.B, 2002.

[Bel99] : Belganni. A & Aouir. A* Classification automatique d'empreintes digitales*Mémoire d'ingénieur d'état à setif 1999.

[Zeh04]: Zehira Haddad *système automatique de classification pour la reconnaissance des empreintes digitales * Thèse de magistère à U.S.T.H.B 2004

[Tuo05]: HO Tuong Vinh DANG Hoang Vu* Biométrie pour l'Identification*
Hanoi, Vietnam

[Bes98] : Besacier Iurent * Un modèle Parallèle pour la Reconnaissance
automatique du locuteur * PhD Thesis, 1998.

[Anth]: Anthony Lum *Fingerprint Recognition* University Of Queensland St
Lucia, 4067 October 13th 1999

[Kim01]: S. Kim, D. Lee and J. Kim* Algorithm for Detection and Elimination of
False Minutiae in Fingerprint images* Springer Verlag, Vol. 209 1, pp. 235-
240,2001.

[Far99]: A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna and A. Leone* Fingerprint minutiae
extraction from skeletonized binary images * *Pattern Recognition*, Vol. 32, pp. 877-
889, 1999.

[Gon93]: M G Donahue and S.I Rokklin * On the use of level curves in image
analysis *Image understanding, vol.57, pp. 185-203, March 1993.

[Ray03]: Raymond Thai* Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction
*The University of Western Australia, 2003

[Cha04]:Chaohong Wu, Zhixin Shi and Venu Govindaraju * Fingerprint Image
Enhancement Method Using Directional Median Filter *State University of New
York at Buffalo, NY 14260, 18 February 2004

[Hon98] L.hong *automatique personale Identification Usin fingerpreints * thèse de
doctorat Michigan state University

Résumé

Les minuties correspondent essentiellement aux points de terminaison et de bifurcation dans le flot régulier des empreintes digitales. La qualité des empreintes est souvent mauvaise, ce qui rend d'ailleurs la tâche d'extraction de ces minuties relativement difficile. Les algorithmes d'extraction produisent beaucoup de fausses minuties. Un schéma complet pour l'extraction et la reconnaissance des minuties est présenté dans ce travail. Une bonne partie du travail a été consacrée à l'amélioration de l'empreinte et à l'extraction des minuties. Les méthodes proposées, au gré des tests, permettent de réaliser une performance globale assez acceptable.

Abstract

Minutiae correspond essentially to the terminations and bifurcation of fingerprint patterns. Since the quality of fingerprint images is often low, automatic minutiae detection is a very difficult task and the extraction algorithms produce a large number of false alarms. A complete minutiae extraction scheme for automatic fingerprint recognition systems is presented. A great deal of work has been dedicated to fingerprint enhancement and to minutiae extraction. The methods proposed, as confirmed by our simulations, allows an acceptable overall performance to be achieved.

ملخص :

تعتبر النقاط الفريدة الأماكن حيث تفاصيل البصمات الأصابع تتوقف أو تنفرج. نظرا لنوعية صور البصمات التي قد تكون رديئة. عملية الاستخراج الأوتوماتيكي لهذه النقاط تعد مهمة صعبة إذ قد تؤدي لاستنباط كثير من العلامات الخاطئة، في هذا الصدد، تم تقديم إطار كامل من أجل استخراج سليم لهذه النقاط. مساحة كبيرة في هذا العمل قد خصصت من أجل تنقيح الصور المأخوذة والكشف عنها. نظرة جديدة غايتها اللم بأراء عدة طرق لتحصيل عدة نقاط. قد قدمت كافة الخوارزميات بعد عملية الفحص وأدت إلى نتائج مقبولة.