

## **1. Introduction**

Comme nous l'avons cité dans le chapitre précédent, l'empreinte palmaire est une des techniques de reconnaissance biométrique, et pour sa part, est un domaine de recherche qui a connu beaucoup de succès. Plusieurs approches ont été développées et beaucoup de système ont été mis en œuvre dans des contextes civils ou commerciaux.

A travers ce chapitre nous allons introduire l'empreinte palmaire comme modalité biométrique de reconnaissance dans « l'empreinte palmaire : vue générale », citer ses différentes caractéristiques pouvant être exploitées dans les différents modes de reconnaissance biométrique dans « Les caractéristiques biométriques d'une empreinte palmaire et les types de reconnaissance: », présenter la description du processus détaillé de reconnaissance dans « Description du système de reconnaissance palmaire », avant présenter les travaux sur la reconnaissance palmaire dans « Travaux générale sur la reconnaissance palmaire », De plus, nous allons mettre en évidence les avantages de la reconnaissance palmaire.

## **2. L'empreinte palmaire « Vue générale »**

Avant de parler de la reconnaissance biométrique des empreintes palmaires, nous allons présenter les généralités concernant cette modalité, son anatomie et ces spécificités

### **2.1. Définition**

On appelle paume de la main la partie intérieure de la main (partie non visible lorsque la main est fermée) du poignet aux racines des doigts, comme le montre la Figure 2.1 Ainsi, l'empreinte palmaire n'est autre que l'impression (image) de la paume de la main faite par la pression de cette dernière sur une surface donnée. En d'autres termes, elle peut être définie comme étant le modèle de la paume de la main illustrant les caractéristiques physiques du motif de sa peau tel que les lignes (principales et rides), points, minutie et texture [30] .



**Figure 2.1-** La paume de la main

Une identification palmaire peut être vue comme étant l'aptitude d'identifier une personne parmi d'autres d'une manière unique à travers un algorithme approprié exploitant les caractéristiques de l'empreinte palmaire [30]

## **2.2. Anatomie et développement de la peau palmaire**

Comme la peau des doigts, de la plante et des doigts des pieds, la peau de la paume de la main est une peau dite de friction<sup>1</sup> (connue par les anatomistes comme étant la peau épaisse, volar ou chauve). Elle présente une texture de fin plissements des sillons et des crêtes papillaires augmentant l'habilité pour saisir et tenir les objets. La peau de friction se différencie de celle du reste du corps par [8]:

- La présence de crêtes élevées (raised ridges).<sup>1</sup>
- Un épiderme plus épais (ex. l'épaisseur de l'épiderme de la paume de la main est de 0,8mm alors qu'elle est de 0,07 à 0,12 pour le reste du corps) et de structure plus complexe.
- Une capacité sensorielle accrue.
- L'absence de cheveux et de poils.
- L'absence de glandes sébacées.

Les caractéristiques individuelles de la peau épaisse sont déterminées durant le développement fœtal en se basant sur une combinaison de facteurs génétiques et aléatoires (comme la vitesse de croissance des doigts, l'alimentation du fœtus, la pression sanguine, ...). Ainsi, grâce à ces facteurs aléatoires les plis caractérisant la

---

<sup>1</sup>Friction ridge skin

paume de la main ne sont pas génétiquement déterministes. Même les jumeaux identiques qui partagent les mêmes séquences d'ADN ont des paumes différentes [57]. Ces motifs complexes uniques, robustes et distinctifs représentent ainsi une information riche pour l'identification personnelle.

### 3. Les caractéristiques biométriques d'une empreinte palmaire et les types de reconnaissance

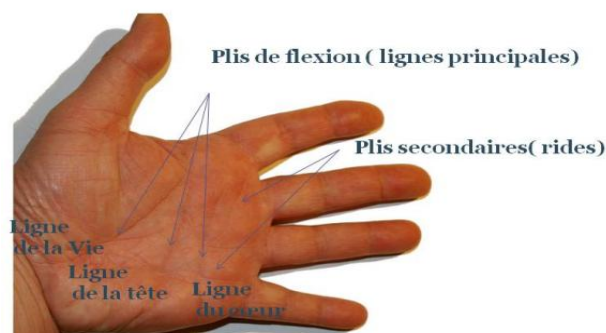
L'empreinte palmaire présente différents types de caractéristiques qui peuvent être exploitées dans la reconnaissance des individus [37] [53] [5] :

- **Des caractéristiques géométriques :**

Comme toute image, l'empreinte palmaire présente des caractéristiques géométriques telles que : la longueur, la largeur, et la surface. Ces caractéristiques ne sont pas distinctives mais peuvent tout de même être utiles pour une première vérification.

- **Les lignes principales (Plis de flexion) :**

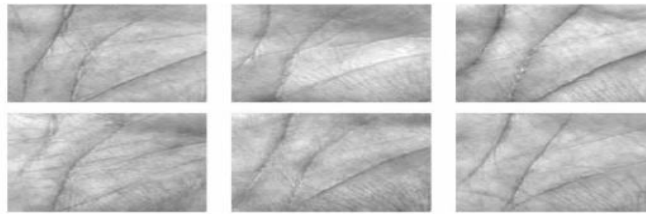
L'empreinte palmaire est caractérisée par trois plis de flexion, dites lignes principales: la ligne de tête, la ligne de vie et celle du cœur. La Figure 2.2 montre les différents plis de la paume



**Figure 2.2** - La paume de main et ses plis

Ces plis ne varient que peu à travers le temps. Ils sont faciles à extraire par des algorithmes de détection de contour. Leur positionnement et leur forme sont importants pour la reconnaissance. Mais ils sont génétiquement liés (2 jumeaux ont la même

forme de plis de flexion) et restent peu distinctifs. Ainsi, seuls, ils ne peuvent pas fournir une information suffisante pour une reconnaissance efficace.



**Figure 2.3-** Empreintes différentes avec des lignes principales similaires [37].

➤ **Les rides (Plis secondaires)**

L'empreinte palmaire contient de nombreux autres plis qui diffèrent de ceux de flexion du fait qu'ils sont plus minces et plus irréguliers. Certains d'entre eux sont congénitaux, d'autres sont dus aux activités musculaires. Les lignes principales et les rides peuvent être observées facilement sur les images capturées à basse résolution. Comme les lignes principales seules ne fournissent pas une information distinctive suffisante, les rides jouent un rôle important dans la reconnaissance palmaire. Combinées aux lignes principales, elles fournissent une information distinctive pour la reconnaissance.

➤ **Les points de référence (Datum points) :**

Les points représentant les deux extrémités de la paume de la main sont appelés point de références. Ce sont les points a et b dans la Figure 2.4



**Figure 2.4** - a et b: les points de référence de l'empreinte palmaire.

Ils servent de point de repère lors de l'alignement et l'extraction des caractéristiques de l'empreinte palmaire. La taille de cette dernière peut être aussi estimée grâce à ces deux points.

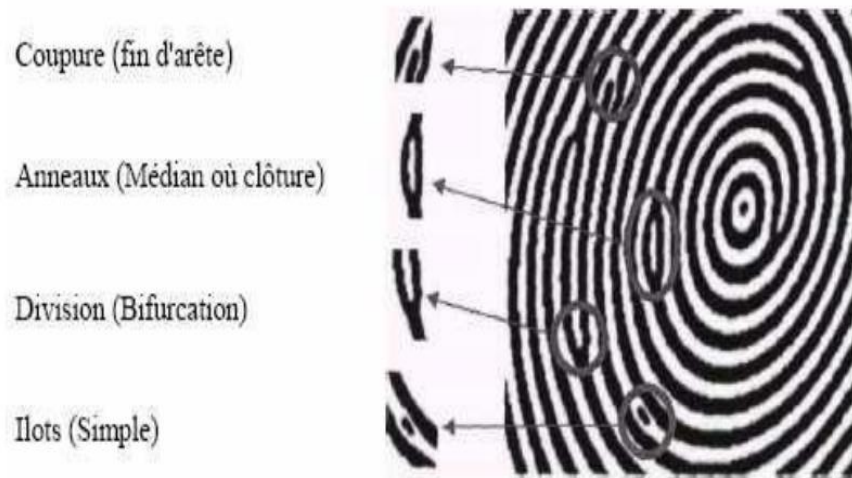
#### ➤ Les crêtes papillaires

Les crêtes papillaires sont des épaissements permanents de l'épiderme (la couche cellulaire extérieure de la peau). Elles se trouvent sur la face antérieure de la main (paume et doigts) ainsi que sur la plante du pied. Ce sont des surfaces représentant les zones principales de préhension et d'appui, simulant les bandes de roulement sur un pneu d'automobile. Elles sont élevées au-dessus du niveau général de la peau dans des formes parallèles droites ou en séries de courbes. Ces crêtes permettent de distinguer différents types de points pouvant être considérés comme caractéristiques palmaires :

#### ➤ Les minuties

Une minutie, appelée également point singulier local, est un point qui se situe sur un changement de continuité des crêtes papillaires. On distingue quatre familles de minuties, illustrées dans la Figure 2.5 : les coupures (interruption, arrêt, dérivation), les divisions (bifurcation, trifurcation, double bifurcation, embranchement crochet), les anneaux (médiants,

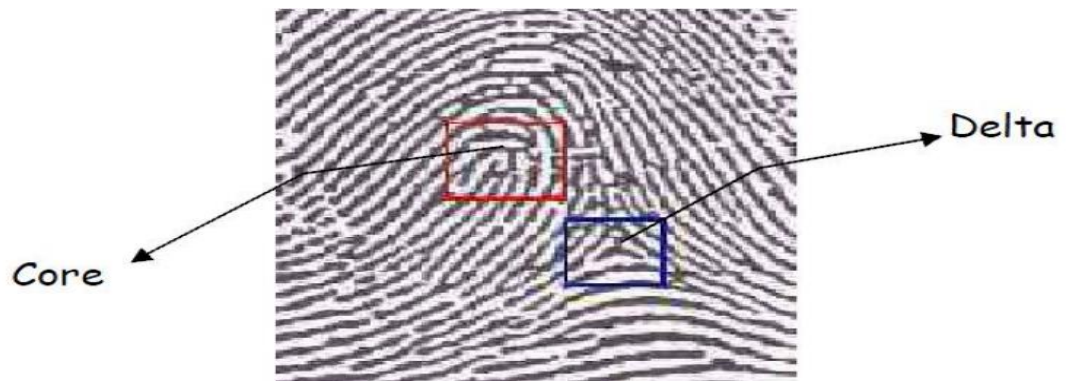
latéraux) et les ilots (interruption, arrêt, dérivation). On note que Les bifurcations et les fins de crêtes suffisent seules à la reconstitution de toutes les minuties.



**Figure 2.5** - Exemples de quatre familles de minuties [5].

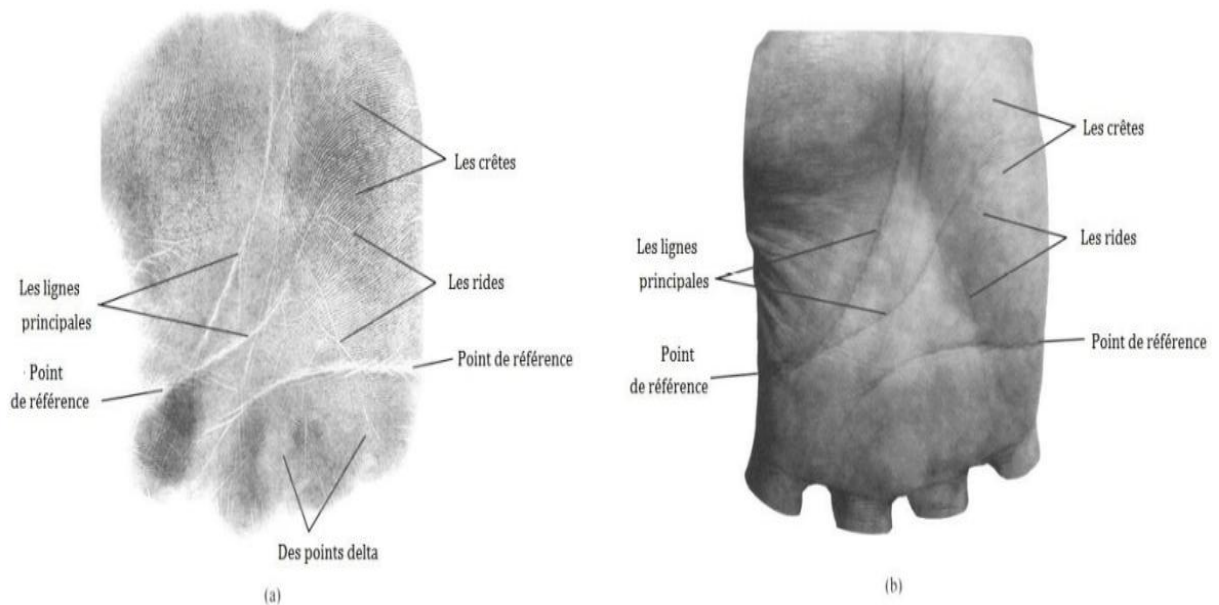
#### ➤ Les points singuliers

On distingue deux types de points singuliers considérés comme globaux. Le premier est le point centre, appelé aussi point core, qui est le lieu de courbure maximale des lignes d’empreinte les plus internes. Le deuxième englobe les deltas qui sont proches du lieu où se séparent deux lignes d’empreintes vérifiant les propriétés suivantes : ces lignes se séparent suivant deux directions orthogonales et sont les lignes les plus internes vérifiant la propriété précédente (se séparer suivant deux directions orthogonales). La Figure 2.6 montre un exemple de point core et de point delta.



**Figure 2.6-** les points singuliers [5] .

Comme le montre la Figure 2.7, selon la résolution utilisée dans l'acquisition de l'empreinte, une ou plusieurs de ces caractéristiques peuvent être observées et par conséquent exploitées dans la reconnaissance palmaires des individus. Cela a permis de classifier les approches de reconnaissance en deux grandes catégories principales : approches haute résolution et approches basse résolution.



**Figure 2.7-** les caractéristiques d'une empreinte palmaire (a- image haute résolution, b- image basse résolution) [53]

Nous avons résumée, à travers le **Tableau 2.1**, les spécificités et les applications de chaque type [28][25][59] :



	Approches haute résolution	Approches Basse résolution	
Résolution requise	≥400 dpi	≤150 dpi	
Caractéristiques extraites	les minuties et les points singuliers	≥75 dpi	Lignes principales
		≥100 dpi	Les rides
		≥125 dpi	La texture (la plus appropriée)
Types d'applications	Médico-légales	Civiles et commerciales (ex. control d'accès temps réel)	
Type d'acquisition	Hors ligne Indirecte	En ligne Directe	
Méthodes d'acquisition	Par encre ou latente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traditionnellement, un capteur (capacitif, optique, ultrason, thermique)</li> <li>- Récemment, les chercheurs utilisent 4 types de capteurs : les scanners CCD, les camera numériques, les scanners et les cameras-vidéo numériques</li> </ul>	

**Table 2.1**– Tableau récapitulatif des approches de reconnaissance selon la résolution.

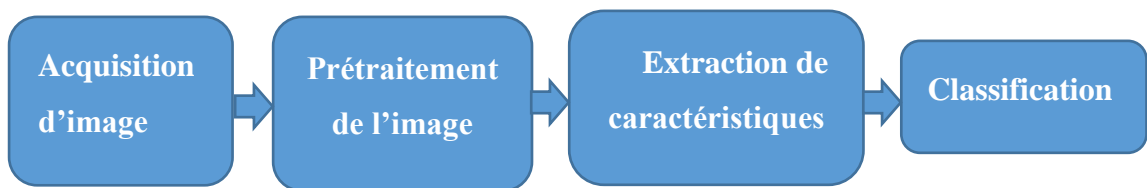
Comme le montre le **Table 2.1**, les approches haute résolution sont des approches utilisant des images de 400 dpi ou plus. Elles sont adaptées aux applications plutôt médico-légales telles que l'identification des criminels où la reconnaissance se fait hors ligne (acquisition d'image par encre ou utilisation d'empreintes latentes). Bien qu'elles permettent d'observer et d'extraire toutes les caractéristiques, les minuties et les points singuliers sont les plus intéressantes dans la reconnaissance haute résolution. Les approches basse résolution emploient des images de résolution de 150 dpi ou moins. Elles sont plutôt adaptées aux applications civiles et commerciales, telles que le contrôle d'accès et l'authentification temps réel où la reconnaissance se fait en ligne. Ces approches se basent généralement sur les caractéristiques des lignes : les lignes principales, les rides ainsi que la texture (les minuties et les points singuliers ne sont pas observés sur ce type d'image) Notons qu'au début de la recherche sur la reconnaissance par empreintes palmaires, la reconnaissance à haute résolution a été mise au point, mais presque toute la recherche actuelle est axée sur l'approche à basse résolution en raison des applications potentielles [28].



#### 4. Description générale du système de reconnaissance palmaire

Comme tout système de reconnaissance biométrique, le processus de reconnaissance palmaire passe par 4 phases principales (voir la Figure 2.8) : l'acquisition d'image qui consiste à capturer l'image de la paume de la main, le prétraitement où un système de coordonnées est établi afin d'aligner l'image et segmenter la partie nécessaire pour en extraire les caractéristiques (cette étape dépend du type d'application), l'extraction des caractéristiques, la dernière étape peut être une classification qui détermine l'identité de l'individu.

L'image d'une empreinte peut être acquise par des procédés directs (online) ou indirects (offline). Les premiers sont employés dans le cas de la reconnaissance basse résolution. Contrairement aux deuxièmes qui sont employés dans celle haute. L'image d'une empreinte acquise par des procédés indirects, l'est par le biais d'un objet intermédiaire [5].



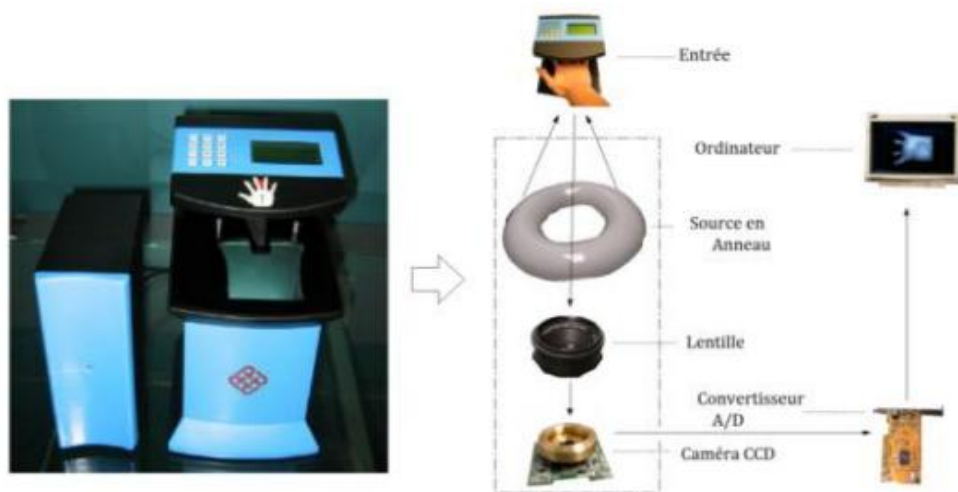
**Figure 2.8-** Processus de reconnaissance

##### 4.1 Acquisition d'image (la capture d'image)

➤ L'empreinte acquise par encre: après l'avoir enduite d'encre, la paume de la main est imprimée sur du papier. Cette ancienne technique a perduré pendant environ un siècle et a été couramment utilisée dans les phases d'enrôlement. L'image ainsi prise présente de larges crêtes mais souffre d'une grande déformation due à la nature du processus d'acquisition. Numériques et les caméras vidéo numériques. La figure **Figure2.9** montre un scanner d'empreintes palmaires CCD développé par l'Université polytechnique de Hong Kong [28].

➤ 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 type de détails sur les lieux de crime à l'aide d'une poudre spéciale. Afin d'automatiser le processus de reconnaissance, ces empreintes acquises sur papier sont par la suite

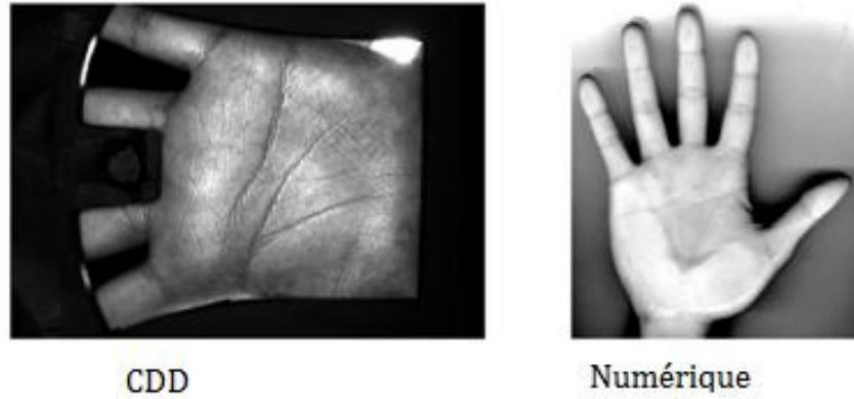
scannées afin d'être numérisées. Dans le cas des procédés directs, l'image est acquise moyennant un capteur. Une variété de types de capteurs (capacitifs, optiques, ultrasons, et thermique) ont été développés pour l'acquisition d'empreintes digitales. Bien que ces capteurs puissent être utilisés pour la capture de l'image numérique de la surface de paume, leurs méthodologies de captures traditionnelles s'adaptent mal aux zones de capture large des empreintes palmaires. La haute définition dans l'acquisition de l'empreinte palmaire n'étant toujours pas atteinte, elle reste un défi à relever par les chercheurs [59]. Actuellement, Les chercheurs utilisent quatre types différents de capteurs pour recueillir des images d'empreintes palmaires : les scanners d'empreintes palmaires CCD (Charge- Coupled Device, ou dispositif à transfert de charge), les scanners, les appareils photos



**Figure2.9-** Un Scanner d'empreinte palmaire CCD [28].

De manière générale, les scanners d'empreintes palmaires CCD capturent des images de haute qualité et les alignent avec précision puisqu'ils possèdent des broches pour guider le placement des mains. Cependant, ils ne sont pas adéquats pour une reconnaissance temps réel vu le temps de balayage nécessaire assez long [28]. La figure **Figure2.10** montre l'amélioration apportée par un scanner CCD par rapport à un scanner numérique classique.

D'autre part, les appareils photos numériques et les caméras vidéos sont deux autres façons de recueillir des images d'empreintes palmaires sans contact [28].



**Figure 2.10-** Scanner CCD Vs Scanner numérique [28] .

#### 4.2 Prétraitement de l'image

Avant l'extraction de caractéristiques, il est nécessaire d'obtenir une sous-image de l'image acquise d'empreinte palmaire et d'éliminer les variations causées par la rotation et la translation. Les cinq étapes principales communes de prétraitement de l'image d'empreinte palmaire sont comme suit :

➤ Etape 1: Binarisation de l'image ( Voir Figure **Figure2.11** passage de (a) vers (b)). Application d'un filtre passe-bas à l'image originale. Cette dernière est convertie en une image binaire en utilisant un seuil  $T_p$  afin de simplifier le traitement de l'image par la suite. Mathématiquement, cette transformation peut être représentée comme suit :

$$B(x,y) = \begin{cases} 1, & o(x,y) * L(x,y) \geq T_p \\ 0, & o(x,y) * L(x,y) < T_p \end{cases} \quad (2.1)$$

Où  $O(x, y)$  et  $B(x, y)$  sont l'image originale et binaire, respectivement,  $L(x, y)$  peut être n'importe quel filtre passe-bas, ( ex : filtre gaussien), et "\*" représente l'opérateur de convolution [37] .

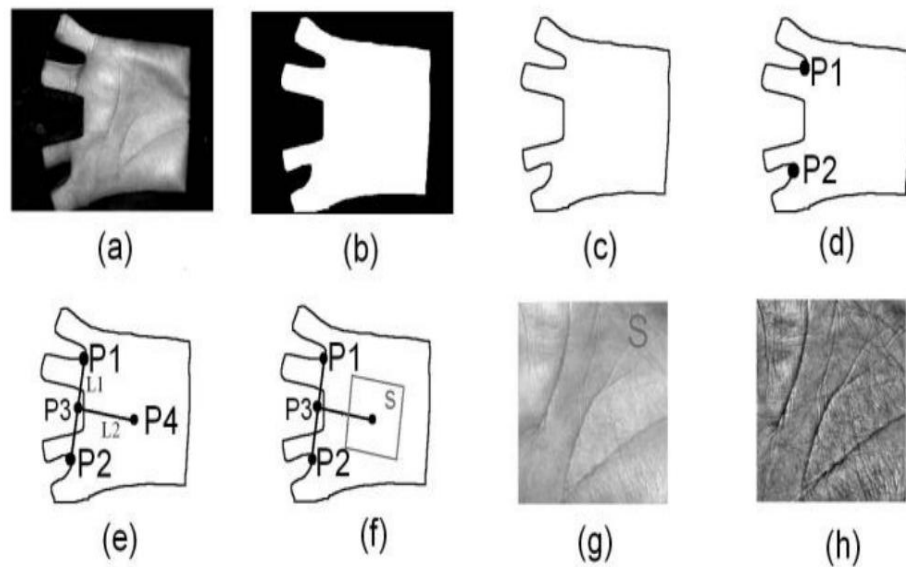
➤ Etape 2 : Détection du contour de la main ou/et des doigts (Voir Figure **Figure2.11** passage de b vers c).

➤ Etape 3 : Détection des points clés. Elle peut être implémentée de différentes manières, dont l'approche à base de la tangente dans [54], celle à base des ondelettes ainsi que celle à base de la bissectrice [28] (Voir Figure **Figure2.11-d**).

➤ Etape 4 : Etablissement du système de coordonnées moyennant les points clé. (Voir Figure **Figure2.11-e**).

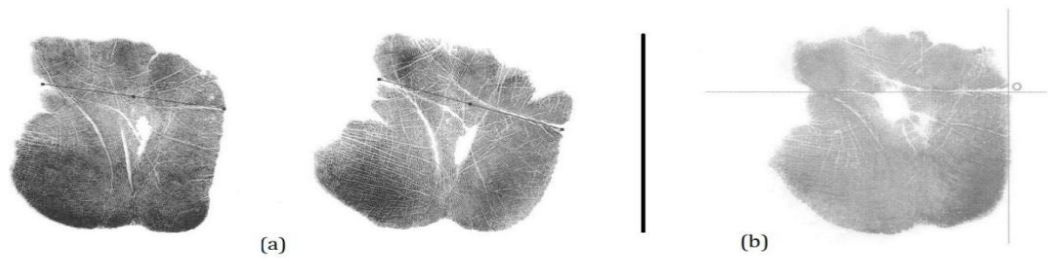
➤ Etape 5 : Extraction de la partie centrale (région d'intérêt ROI) ; après avoir établi le système de coordonnées, la partie centrale est segmentée. La plupart des Algorithmes proposés extrait cette partie sous forme d'un carré tandis que certains Ont utilisé une forme circulaire ou la moitié d'une ellipse [28] (Voir Figure **Figure2.11- f**, RIO extraite dans (g))

Dans certains algorithmes, une correction de l'éclairage non uniforme est réalisée pour améliorer la texture d'empreintes palmaires [60] (Voir Figure **Figure2.11- h**)



**Figure2.11-** Etapes de prétraitement [60] .

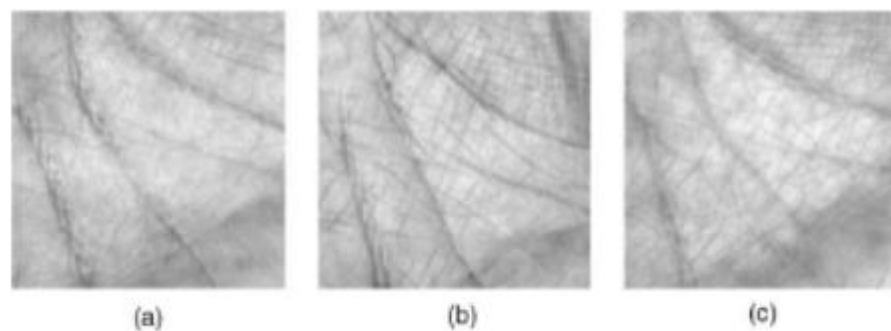
Le processus présenté ci-dessus est la base des prétraitements dans la plupart des travaux de recherche (ex. : [54], [31], [60] , [55] et [39] ). C'est le processus utilisé généralement dans la reconnaissance basse résolution. Cependant, peu de travaux étudient des empreintes complètes haute-résolution et exploitent ainsi ses caractéristiques telles que les points de référence (datum point). Ces derniers sont exploités dans [52] comme points clés (déterminer à travers des projections directionnelles) pour tracer le système de coordonnées, illustré dans la Figure **Figure2.12-a**. Ils sont utilisés par la suite dans le processus d'extraction de caractéristiques (sans extraire de ROI). Li, quant à lui, dans [32] se base sur des caractéristiques qu'il juge invariantes (orientation de la borne extérieure de la paume de la main et le point final de la ligne de cœur, illustrés dans la Figure **Figure2.12-b**) pour aligner les empreintes palmaires.



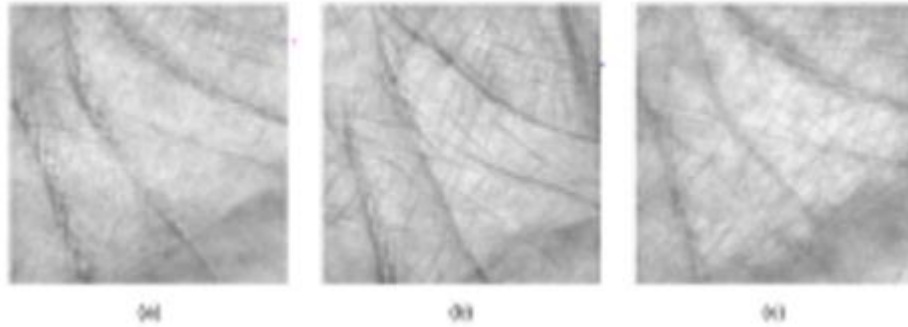
**Figure2.12-** Exemples d'idées pour le prétraitement des empreintes palmaires haute-résolution : (a) à base de points de références [52] ; (b) à base de caractéristiques invariantes [32] .

### 4.3 Extraction des caractéristiques des empreintes palmaires

L'extraction des caractéristiques est définie par un processus de conversion d'une image capturée, i.e. empreinte palmaire, en une unique, distinctive et compacte forme de telle sorte qu'on puisse la comparer avec un enregistrement de référence . Il est difficile d'obtenir un bon taux de reconnaissance en utilisant seulement les lignes principales à cause de leur ressemblance parmi différents individus. La figure Figure2.14 démontre ce problème en montrant les images d'empreinte palmaire de trois individus qui ont des lignes principales similaires. En plus, dans quelques images d'empreintes palmaires les plis ne sont pas clairs (voir Figure 2.13).



**FIG2.13-** Images d'empreintes palmaires avec des traits pas clairs



**FIG2.14-** Images de différentes empreintes palmaires avec des traits.

La représentation en textures pour la classification des images d'empreinte palmaire à basse résolution a fourni une approche efficace dans [50]. Donc l'une des solutions pour résoudre ce problème est d'extraire les caractéristiques de texture des images d'empreinte palmaire à basse résolution. Dans ce contexte plusieurs méthodes ont été utilisées, en particulier le codage de phase par le filtre de Gabor à deux dimensions dans [24], [28], et [29]. On retrouve aussi l'utilisation des ondelettes (Wavelet Decomposition). D'autres chercheurs se sont basés sur les méthodes de projection : PCA (Principle Component Analysis) et ICA (Independent Component Analysis) [10] et [44], ou encore le discriminant de Fisher dans [48] et bien d'autres méthodes d'extraction des caractéristiques principales d'empreinte palmaire.

Le filtre de Gabor est l'un des filtres les plus utilisés. Ce filtre n'est qu'une fréquence pure modulée par une gaussienne, c'est-à-dire, un filtre passe bande avec une enveloppe gaussienne. Ce filtre est très répandu du fait de sa propriété de résolution optimale conjointe en fréquence et en temps. Les filtres de Gabor ont des propriétés de sélection à la fois sur la fréquence d'une image et à la fois sur son orientation. Pour appliquer un filtre de Gabor à une image, trois paramètres doivent être spécifiés :

- Une fréquence, déterminée grâce au calcul médian de la fréquence ;
- Une orientation, déterminée également grâce à l'orientation calculée précédemment ;
- Deux constantes  $\delta_x$  et  $\delta_y$  qui sont les constantes d'espace de l'enveloppe gaussienne sur les axes x et y.

L'intérêt d'un filtre de Gauss est donc de pouvoir n'optimiser qu'une certaine zone de l'image selon son orientation. Voici l'équation qui permet de calculer un tel filtre :

$$h(x, y : \theta, f) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \frac{(x \cos \theta)^2}{\delta_x^2} + \frac{(x \sin \theta)^2}{\delta_y^2} \right\} \cos(2\pi f x \cos \theta) \quad (2.2)$$

où  $\theta$  l'orientation du filtre de Gabor,  $f$  la fréquence  $\delta_x$  et  $\delta_y$  les constantes d'espace [51]

#### 4.4 Etape de classification

Une fois l'ensemble des caractéristiques d'une image d'empreinte palmaire défini, on peut l'utiliser pour représenter cette image. L'identification se fait, par la suite, par une méthode de classification qui va comparer cet ensemble de caractéristiques avec des enregistrements de références existants dans la base de données spécifique et ainsi trouver la classe à laquelle appartient cette image. Plusieurs méthodes de classification ont été utilisées pour les empreintes palmaires, on retrouve surtout les méthodes géométriques classiques qui utilisent le calcul des distances entre les vecteurs de caractéristiques telles que la distance euclidienne ou de hamming , des exemples d'applications de ces méthodes sont dans [24] , [29] Récemment, des méthodes d'apprentissage automatique ont été employées pour la classification, en particulier les modèles de Markov cachés (HMM) et les réseaux de neurones artificiels qu'on retrouve dans [10] et [44], Les méthodes de reconnaissance biométrique peuvent être séparées en deux grandes familles, les méthodes globales (ou holistiques) et les méthodes locales, basées sur des modèles.

### 5. Avantages de la reconnaissance palmaire

Analysons ce mode de reconnaissance au regard des paramètres précédents :

- **Universalité** – pas de problème.
- **Singularité** – discrimination semblable à celles des empreintes digitales. En soit les différences sont suffisantes pour distinguer les individus au sein de la population mondiale mais en pratique dépend de la précision de la capture et des algorithmes.
- **Permanence** – similaire aux empreintes digitales. Le dessin se forme durant la phase fœtale. Peu d'évolution après 10 ans de l'empreinte excepté sa taille.



- **Collectabilité** – excellente, il suffit d'une photographie. Les images utilisées par François PETTE n'avaient qu'une résolution de 454 x 341 ! Le seul impératif est la présence d'un auto-focus pour bien distinguer l'empreinte.
- **Performance** – algorithmes performants d'après la thèse de Julien DOUBLET.
- **Acceptabilité** – méthode d'identification peu connue pour le grand public, des réticences pourraient donc apparaître.
- **Contournement** – le danger est l'impression d'une photographie de la main, si la capture n'est pas contrôlée. Possibilité de se faire prendre la main en photo sans s'en apercevoir ? Ce contrôle des individus aux moyens de technologies mises au service de sociétés privées ou publiques pose cependant des questions éthiques car les citoyens disposent de peu de moyens pour en contrôler l'utilisation et éviter les éventuels abus. Ainsi les entreprises doivent faire face à des législations sur la collecte de données privées, et certains individus montrent des réticences à utiliser les services associés.

Toutefois, notons que dans l'esprit du grand public, la reconnaissance palmaire est moins facilement associée aux dérives concernant le détournement des données. En effet, dans le cadre des empreintes digitales, certaines personnes ont peur que les bases de données établies par des entités privées ou publiques puissent servir à des fins d'enquêtes internes ou judiciaires – ce qui est théoriquement interdit en France. D'après nos recherches, les gens auraient moins peur de diffuser une image de leur main.

Ce mode de reconnaissance présente de plus l'avantage de ne pas aller à l'encontre de certaines sensibilités, à l'inverse par exemple de l'analyse des caractéristiques du visage qui poseraient problèmes pour les personnes masquant leur visage (port du voile).

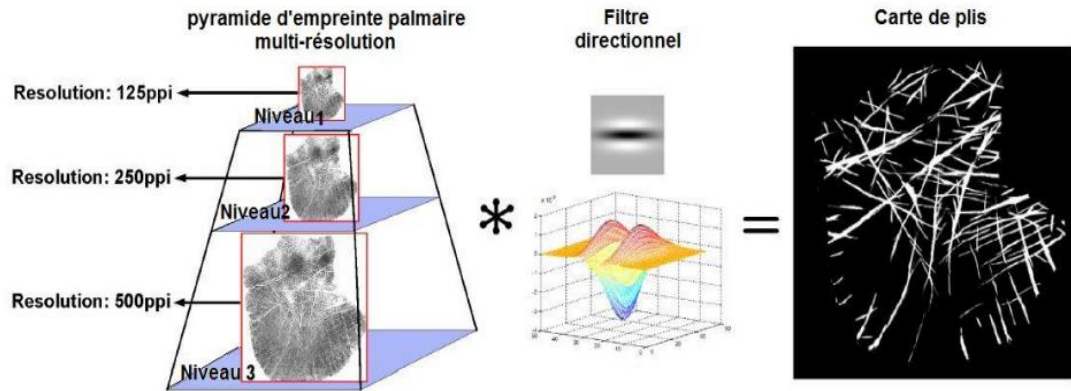
Par ailleurs, l'un des problèmes principaux de la biométrie est le recours à des matériels spécifiques : lecteur d'empreinte, d'iris, ... Même si ces appareils se démocratisent de plus en plus (présence dans les ordinateurs portables), ces systèmes restent coûteux à mettre en place. L'utilisation d'une simple photo supprime cette barrière : notre application est en effet compatible avec n'importe quel appareil doté d'un appareil photo ou d'une webcam – c'est à dire pratiquement tous les Smartphones et ordinateurs portables actuels [26].

## **6. Quelques travaux sur la reconnaissance de l'empreinte palmaire**

La reconnaissance des empreintes palmaires présente plusieurs défis aux chercheurs. Leur partialité, mauvaise qualité et leur background complexe sont les plus importantes difficultés à surmonter. Cependant, ces empreintes présentent l'avantage d'être de haute-résolution ( $> 500$  dpi) permettant une observation plus fine des détails de l'empreinte. Dans ce cas, et comme c'est le cas pour l'empreinte digitale, l'empreinte palmaire peut être vue comme un ensemble de crêtes papillaires bruitées par des plis mutables ou immutables (robuste comme les lignes principales et les rides). Ceci permet l'extraction de points caractéristiques plus robustes et plus critiques ayant prouvé leur efficacité sur l'empreinte digitale telle que les minuties [13].

Dans ce qui va suivre nous allons présenter une étude de quelques des travaux de recherche abordant ce sujet. Puis nous allons réaliser une étude comparative de ces travaux :

➤ Le travail de Jain 2008 : Le travail, présenté dans l'article intitulé « On Latent Palmprint Matching », est réalisé par Anil K. Jain et Meltem Dermiskus en 2008 au sein du département des sciences informatiques et d'ingénierie de l'université de Michigan [22], Après avoir amélioré la qualité de l'empreinte pour une meilleure extraction de caractéristiques, Jain implémente un algorithme multi-résolution pour détecter les régions des plis de flexion qui sont de différentes largeurs et orientations. Comme le montre la Des images à 3 échelles sont utilisées pour détecter les plis à différentes largeurs et des filtres à 8 directions pour les différentes orientations. Une carte des plis de l'empreinte est le résultat de cette phase.



**Figure 2.15-** Extraction des plis [22] .

Dans ce travail une idée introduite consiste à exploiter la carte des plis pour éliminer les fausses minuties, le classement des empreintes partielles par nombre de minuties extraites peut être utile pour déterminer leurs régions sources. Ceci peut être utilisé pour faciliter l'alignement.

➤ Le travail de Jain 2009 : Le travail, présenté dans l'article intitulé « Latent Palmprint Matching », est réalisé par Anil K. Jain, Fellow, et Jianjiang Feng en 2009 au sein du département des sciences informatiques et d'ingénierie de l'université de Michigan [48] (Jain & Feng, 2009). Cet article est apparu dans le journal « IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 31, NO. 6 », en juin 2009, La méthode d'extraction n'est pas mentionnée dans l'article du fait qu'elle paraît évidente ou classique. Elle est réalisée après une phase de prétraitement non détaillée (amélioration de qualité, binarisation, amincissement, extraction de crêtes)(voir Figure 2.16). Pour éliminer les fausses minuties, il fait appel au même procédé, par carte de plis, décrit dans [23] .Les minuties restantes sont par la suite classifiées en minuties non- fiables (si elle forme une paire opposante avec une minutie dans son voisinage proche) et fiables sinon. On parle de paire de minuties opposantes si elles sont proches et de directions opposées.

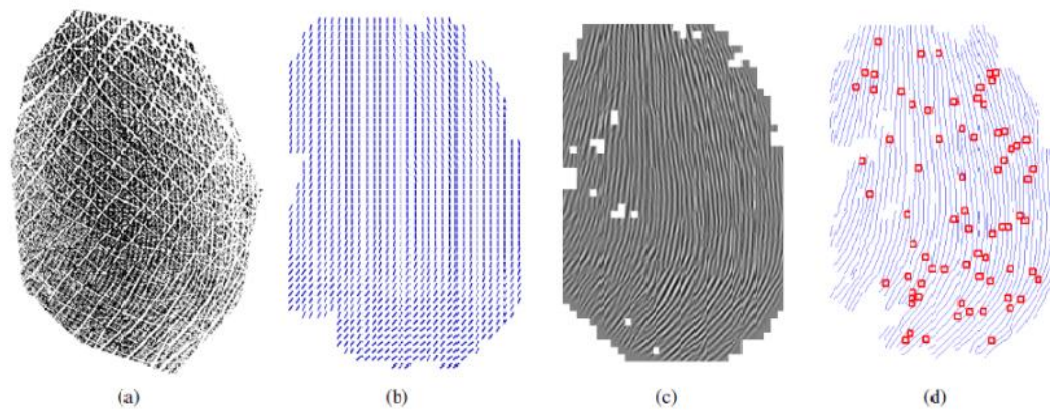


Figure 2.16- extraction des minuties: (a) Image originale, (b) le champ d'orientation, (c) image améliorée, (d) les crêtes et les minuties extraites.

➤ Le travail de Laadjel 2009 : Le travail, présenté dans l'article intitulé « Degraded Partial Palmprint Recognition For Forensic Investigations », a été réalisé en 2009 par Moussadek Laadjel, Fatih Kurugollu, Ahmed Bouridane de l'université « Queen's University Belfast » et Said Boussakta de l'université de « Newcasatle upon Tyne » [31]. Cet article est apparu en novembre 2009 dans les pages 1497-1500 du proceeding : « ICIP'09 Proceedings of the 16th

IEEE international conference on Image processing ». La POC est une technique d'appariement par corrélation dans le domaine fréquentiel. Elle se base sur la composante phase de la transformée de fourrier discrète 2D, Pour tester sa méthode, il utilise deux ensembles d'empreintes partielles obtenus en appliquant un bruit gaussien de moyenne 0 et d'écart type 0.04 sur les 800 empreintes partielles pour construire le premier ensemble, Cette approche présente une performance élevée dans le cas des empreintes partielles brouillées avec un taux d'erreur EER de 0.03%.

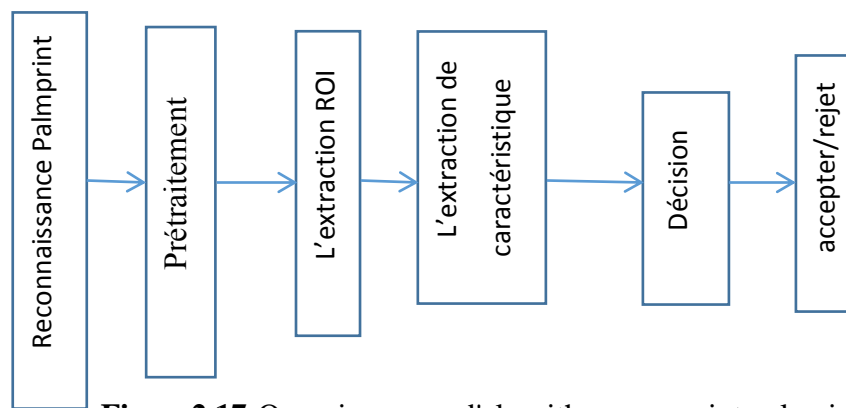
➤ Le travail de Laadjel 2010 : Le travail, présenté dans l'article intitulé « Partial Palmprint Matching Using Invariant Local Minutiae Descriptors», est réalisé en 2010 par Moussadek Laadjel, Ahmed Bouridane, Fatih Kurugollu, Omar Nibouche, WeiQi Yan de l'université « Queen's University Belfast » . Cet article est apparu en 2010 dans les 17 premières pages d'un livre de Springer intitulé « Transactions on data hiding and multimedia security V», Pour cela Laadjel applique la

technique conçue par Hong pour les empreintes digitales [16] . Elle consiste à appliquer un filtre de Gabor sur les images, après la normalisation, l'estimation d'orientation locale et de fréquences et l'application d'un masque des régions, Pour extraire et définir l'ensemble

des minuties valides, Laadjel exploite les 8 voisins des pixels dans les squelettes des crêtes à travers l'algorithme « Crossing Number (CN) », largement utilisé dans les empreintes digitales. Il applique les règles heuristiques définies dans [58] .pour l'empreinte digitale afin d'éliminer les fausses minuties. Pour minimiser le temps d'appariement une indexation en fin ou bifurcations des minuties est effectuée, Pour tester sa méthode Laadjel effectue pour chacun des 3 ensembles 160 000 (800\*200) appariements et se base sur le taux d'erreur (EER) pour mesurer la performance.

➤ Le travail de Dai 2011 : Le travail, présenté dans l'article intitulé « Multifeature-Based High-Resolution Palmprint Recognition», est réalisé en 2011 par Jifeng Dai et Jie Zhou dans le cadre du programme de développement National 863 Hi-Tech de la chine [12]. Cet article est apparu en mai 2011 dans les pages 945 - 957 du journal intitulé « Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on », Comme dans le travail de Jain [22]. Dai développe une nouvelle technique d'estimation de champs d'orientation, Dans la deuxième partie de son travail, Dai s'intéresse à extraire et apparier les différents types de caractéristiques existants dans l'empreinte, Dans la troisième partie de son travail, Dai Propose une heuristique de fusion des scores pour obtenir une meilleure performance de décision, Dai propose l'application de méthodes d'apprentissage statistiques conventionnelles telles que la Machine à vecteurs de support (SVM) et règle de Neyman Pearson. Ces méthodes ne sont pas optimales pour l'identification vu leurs grand temps d'exécution, Pour la vérification, la SVM montre de meilleures performances de reconnaissance. Cependant l'heuristique proposée dans l'article montre une meilleure reconnaissance en mode identification.

Le système de reconnaissance palmprint comprend suivie par l'extraction de roi de prétraitement. Après l'extraction de retour sur investissement, les fonctionnalités sont extraites à l'aide de la fonction les algorithmes d'extraction. Puis correspondance est effectuée sur la base des caractéristiques extraites. L'palmprint est ensuite accepté ou rejeté. Tous ces processus ont été étudiés et examinés. Sur la base de l'examen, le système proposé a été décrit. Chaque étape a été étudiée en détail. Le projet de système de reconnaissance palmprint a été représenté à la figure Figure2.17 qui est un organigramme du système de reconnaissance palmprint. Chaque étape est décrite en détail ci-dessous.



**Figure2.17**-Organigramme d'algorithme empreint palmaire

Les utilisateurs sont authentifiés par les systèmes de reconnaissance palmprint. Ces accepter les utilisateurs qui sont authentifiés, c'est-à-dire dont les empreintes palmaires match avec un présent dans la base de données. Si l'utilisateur n'est pas authentifié, l'utilisateur est rejeté. Ce processus d'acceptation et de rejet de l'utilisateur est effectué sur la base de l'algorithme de comparaison. Cette correspondance est effectuée sur la base des caractéristiques extraites. La classification est la base pour le Palm Photos pour être acceptées ou rejetées.

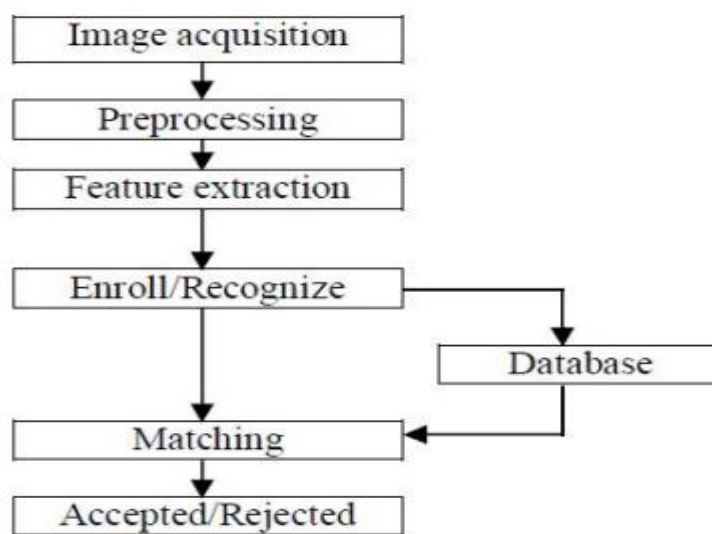
Des échantillons semblables sont regroupés dans la même catégorie. Certaines des mesures de similarité sont Mahalanobis, euclidienne et distances de Manhattan. Une autre approche de classification est la construction de décision limites. Ceci peut être atteint par l'utilisation de

Techniques telles que les réseaux de neurones artificiels (ANN).

Plusieurs méthodes existantes ont été examinées pour palmprint reconnaissance. Dans l'approche proposée, au lieu d'utiliser l'ensemble palmprint image à la fois, caractéristiques spectrales dominante ont été extraites, comme les grandes lignes. Cette

approche aide à accroître la performance et la précision du système. Il y a beaucoup de travail à faire avec les algorithmes d'extraction de caractéristique ainsi que les algorithmes correspondants. L'objectif de travailler sur le système de reconnaissance palmprint est de développer un Système avec une rapidité et une précision accrues [24].

➤ Reconnaissance palmaire en 2014 : La reconnaissance biométrique se réfère à une reconnaissance automatique des individus fondée sur une fonctionnalité vecteur(s) découlant de leur physiologie et/ou caractéristique comportementale. Reconnaissance Palmprint est l'une des méthodes populaires qui a été étudié au cours des quinze dernières années en raison de ses nombreux avantages, tels que les fonctions de ligne stable, l'imagerie à faible résolution, périphérique de capture à faible coût, et convivial. Ce papier est une tentative qui donne un aperçu de la recherche palmprint actuelle, expliquant notamment les périphériques de capture, de prétraitement, de vérification d'algorithmes et fusion palmprint related. Diverses méthodes de reconnaissance palmprint sont comparées et enfin les orientations futures sont discutées.



**Figure2.18-** Étapes de reconnaissance empreint palmaire

Pour capturer l'image palmprint, divers types de périphériques du scanner sont utilisées. Quelques exemples sont basés sur CCD des scanners, Le prétraitement est utilisé pour aligner les images palmprint et de différents segments le centre pour l'extraction de caractéristique. La plupart des algorithmes de prétraitement emploient les points clés entre les doigts pour configurer un système de coordonnées. Le prétraitement comprend cinq étapes principales: (1) Des images de palm, binarizing (2) extraire le



contour de la main et/ou les doigts, (3) détecter les points clés, (4) instituant un système de coordination et (5) extraire les pièces centrales, Un système de reconnaissance personnelle fondée sur les caractéristiques de couleur palmprint Gabor images,

Les fonctionnalités sont extraites par une banque de filtres de Gabor de la région palmprint représentés par trois composantes spectrales primaire R, G et B. Le système, basé sur la fusion au niveau score-correspondance, est utilisée pour améliorer la précision de la reconnaissance.

Method	Feature	Classifier	Accuracy (%)
Gabor	Phase information	Hamming Distance	97.59
Log Gabor	Feature vector	PNN	92.5
PCA	Eigen palm	L1	92.4
Sobel	Line feature	Hamming Distance	94.84
ICA	Texture feature	Lcos	95.7
DFT	Statistic feature	Hamming Distance	95.48
DCT	Spectral features	Distance based	99.97
FDA	Fisher palm	L1	95.2
Contour Transform	Feature vectors	Ada-Boost	97.3
Wavelet Transform	Wavelet energy	Neural network	98

**Table 2.2** - Comparaison des différents algorithmes de reconnaissance empreinte palmaire.

Nous avons dressé les tableaux suivants afin de résumer et comparer les différents travaux étudiés. Comme le montre le Table 2.3, les travaux sur l'empreinte palmaire partielle sont très récents. C'est durant les quatre dernières années que tous les travaux ont été réalisés à raison d'un travail chaque année. Nous remarquons la présence de trois équipes de recherche qui ont abordé le sujet [38].

		(Jain & Demirkus, 2008)	(Jain & Feng, 2009)	(Laadjel, et al., 2009)	(Laadjel, et al., 2010)	(Dai & Zhou, 2011)
<b>Publication</b>	<b>Publié dans</b>	Un rapport	un journal IEEE	Proceeding ICIP	Livre de Springer	un journal IEEE
	<b>Publié en</b>	2008	Juin 2009	Novembre 2009	2010	Mai 2011
	<b>Auteurs</b>	-Anil K. Jain -Meltem Dermiskus	-K. Jain -Fellow -Jianjiang Feng	-Moussadek Laadjel -Fatih Kurugollu -Ahmed Bouridane -Said Boussakta	-Moussadek Laadjel -Ahmed Bouridane -Fatih Kurugollu -Omar Nibouche, -WeiQi Yan	-Jifeng Dai -Jie Zhou

**Table 2.3**–Tableau récapitulatif des travaux antérieurs sur l'empreinte palmaire latente (publication).

Comme le montre le Table 2.3, tous les travaux s’inspire de l’empreinte digitale dans leur conception d’approche de reconnaissance pour l’empreinte palmaire. Jain 2008, Jain 2009 et Dai 2011 exploitent des caractéristiques de l’empreinte digitale présentes dans l’empreinte palmaire. Dans Jain 2008, les auteurs exploitent, en plus, d’autres caractéristiques issues du domaine de reconnaissance d’objet par caractéristiques locales. Laadjel de sa part, dans Laadjel 2009, applique une approche du domaine de recalage d’image. Cette dernière est elle aussi déjà appliqué dans l’empreinte digitale et peut être vu comme une approche de reconnaissance par corrélation. Comme dans Jain 2008, Laadjel 2010 combine des concepts de caractéristiques locales à ceux de l’empreinte digitale. Par analogie à la classification des approches digitales, nous pouvons remarquer que Dai avait consacré son travail pour la fusion et la comparaison entre les caractéristiques extraites. Seul Jain, dans Jain 2008, développe une technique pour l’amélioration de la qualité de l’empreinte.

Comme le montre toujours le Table 2.4, la procédure de l’estimation du champ d’orientation a été adaptée pour répondre aux spécificités de l’empreinte palmaire dans le travail de Jain 2009 et celui de Dai 2011. Cependant les autres travaux ne soulèvent pas ce problème. Tous les travaux, Sauf celui de Laadjel 2009, se basent sur les minuties comme caractéristique principale extraite. Cependant,

Laadjel 2010, ne critique pas la technique classique d'élimination des fausses minuties et la garde pour son approche.

		(Jain & Demirkus, 2008)	(Jain & Feng, 2009)	(Laadjel, et al., 2009)	(Laadjel, et al., 2010)	(Dai & Zhou, 2011)
Généralités sur le travail	Inspiration du travail	Empreinte digitale (VeriFing) + caractéristiques locales	Empreinte digitale	Empreinte digitale (Ito, et al., 2004) + recalage d'image	Empreinte digitale + caractéristiques locales	Empreinte digitale
	Classification de l'appariement principal	appariement VeriFing	appariement local à base de minuties avec consolidation + Appariement à base de la texture	appariement par corrélation	appariement local à base de minuties	appariement global (transformée de Hough) + Appariement à base de la texture
	Fusion	Minuties +SIFT	Minuties+ Orientation	/	/	Minuties+Orientation+ Fréquences+ Lignes principales
Techniques	Amélioration de qualité	(Hong, et al., 1998) +ADD+ACM+ CLAHE	Filtre de Gabor	/	(Hong, et al., 1998)	Filtre de Gabor
	Calcul du champ d'orientation	De l'empreinte digitale classique (Hong, et al., 1998)	Amélioration de (Funada, et al., 1998) par la région croissante	/	Gradient	Amélioration de Jain 2009
	Caractéristiques extraites	Minuties + SIFT	Minuties + Orientation (direction) de crêtes	/	Minuties	minuties+ fréquence de crêtes+ plis + carte d'orientation
	Elimination des minuties	Carte des plis	Carte des plis	/	Classique (calcul de distance)	Carte de plis

**Table 2.4** - Tableau récapitulatif des travaux antérieurs sur l'empreinte palmaire latente (techniques de reconnaissance).

Comme le montre le Table 2.5, aucune standardisation aux niveaux des bases de données et des tests utilisés n'existe. Chaque chercheur a conçu sa propre base de tests. Seul Jain 2009 utilise des vraies empreintes latentes. Ainsi, nous pouvons dire que les autres travaux se sont concentrés sur le problème de partialité plutôt que la dégradation de qualité.

		(Jain & Demirkus, 2008)	(Jain & Feng, 2009)	(Laadjel, et al., 2009)	(Laadjel, et al., 2010)	(Dai & Zhou, 2011)
<b>BDD des tests</b>	<b>Résolution (dpi)</b>	500	400, 500, 1000	500	500	500
	<b>Taille</b>	500*500	/	1024*1024	1024*1024	2040*2040
	<b>Empreintes uniques</b>	100	/	100	100	13736
	<b>Empreintes Complètes</b>	1000	10200	200	200	14576
	<b>Empreintes Synthetic-Latentes</b>	500	/	800 + introduction de bruit	800 +rotation et bruit	/
	<b>Empreintes Pseudo-Latentes</b>	240	150	/	/	720
	<b>Empreintes Latentes</b>	/	100	/	/	/
<b>Résultats</b>	<b>EER</b>	/	/	0.03% 0.38%	0.8%	5 %
	<b>Rank-1</b>	96% (synt.) 82% (Pseudo)	78.7%(Pseudo) 69% (latentes)	/	/	91.8% (Pseudo)

**Table 2.5-** Tableau récapitulatif des travaux antérieurs sur l'empreinte palmaire latente (Tests et résultats).

## 7. Conclusion

Après avoir présenté la vue générale sur l'empreinte palmaire, nous avons cité les caractéristiques biométriques d'une empreinte palmaire et quelques types de cette reconnaissance palmaire. Nous avons ensuite faire la description générale de notre système de reconnaissance puis nous avons cité les avantages de la reconnaissance palmaire. Enfin, nous allons présenter une étude de quelques des travaux de recherche abordant ce sujet. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les supports vecteurs machines (SVM) qui nous allons utiliser dans la classification.