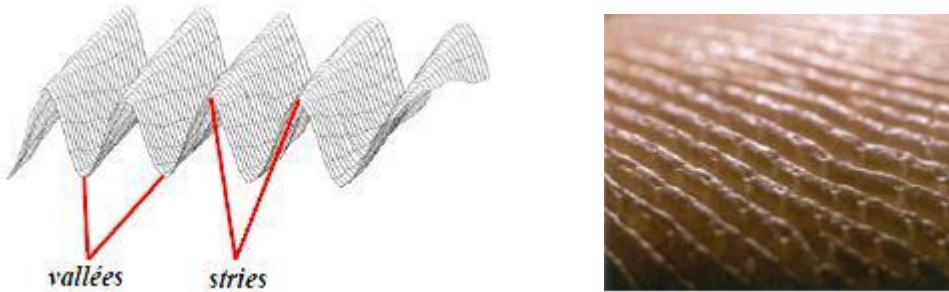


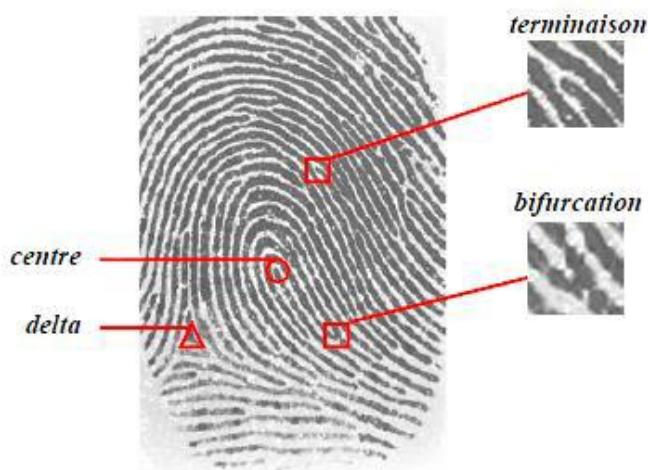
Chapitre III : La biométrie d'empreinte digitale : identification et authentification des individus

1. Définition

Une empreinte digitale se compose de beaucoup des rides appelées **crêtes** (stries) et d'espace entre les crêtes appelés **vallées**. Les caractéristiques d'empreintes digitales sont les minuties qui sont les points anormaux sur les rides.



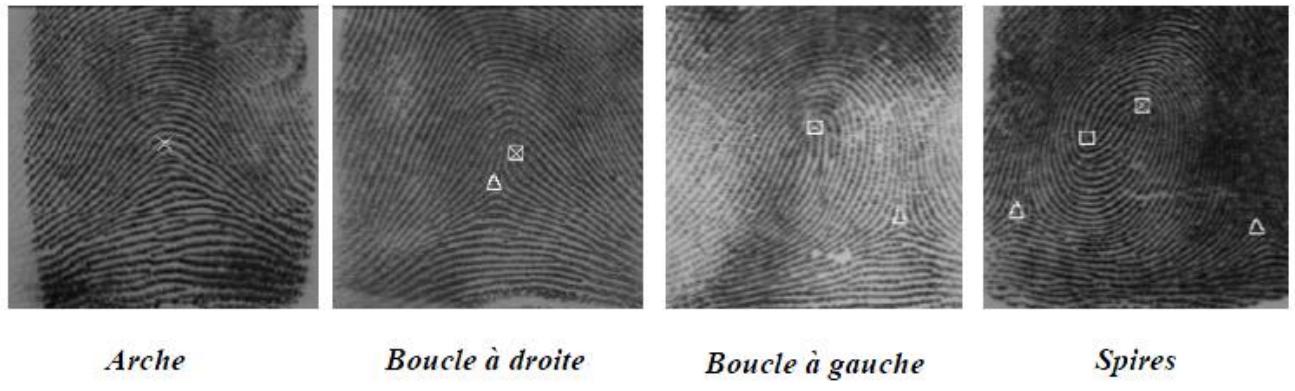
- Chaque empreinte possède un ensemble des points singuliers globaux (*les centres ou noyaux et les deltas*) et locaux (*les minuties*) [1]. Les centres correspondent à des lieux de convergences des stries tandis que les deltas correspondent à des lieux de divergences.
- 2 types de minuties sont les plus utilisés, ce sont *l'arrêt de ride (terminaison)* et *la bifurcation* [2].



- La position et le nombre de centres et de deltas permettent de classifier les empreintes en catégorie. On distingue principalement 3 grandes familles [5] selon *Gelton* :

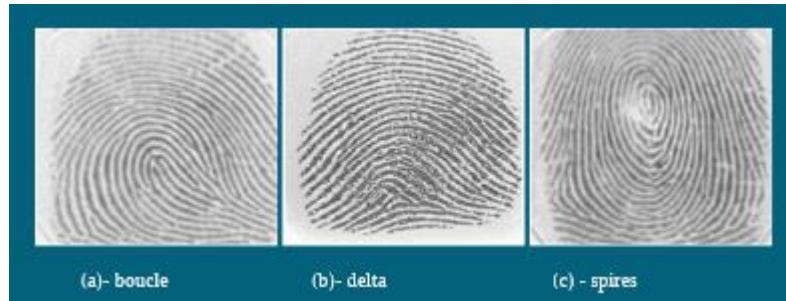
- * **Arches** ou tentes (regroupe 5% des doigts humains)
- * **Boucles à droite** ou **boucles à gauche** (regroupe 65% des doigts humains)
- * **Spires** ou tourbillons (regroupe 30% des doigts humains)

Il y a deux spirales qui sont des doubles boucles imbriquées, et elles sont assez rares.



- Pour rendre la reconnaissance d'empreinte très efficace, on procède à la classification de notre base de donnée en sous classes selon les types des empreintes existants.

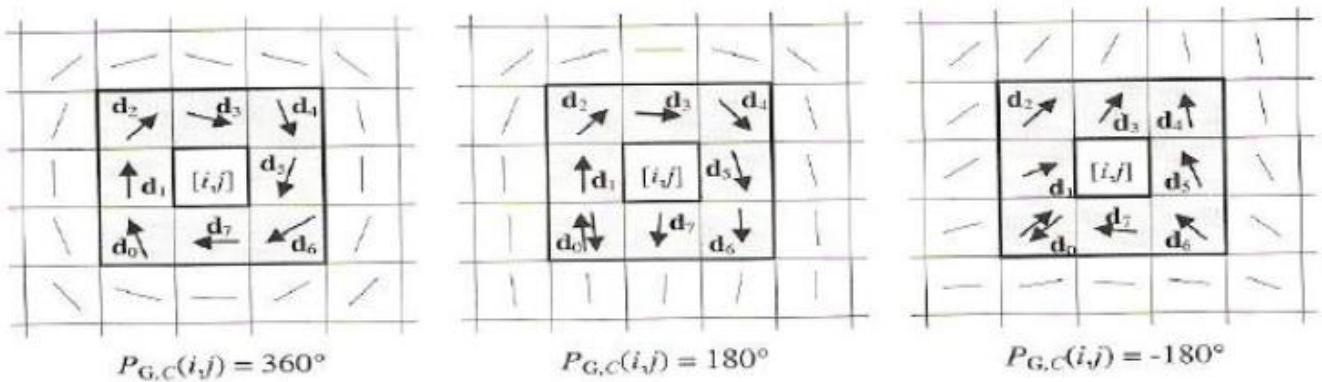
Les stries adoptent certaines formes distinctes. Ces formes s'appellent des régions caractéristiques ou régions singulières ; elles sont classées en trois grandes catégories : **boucle**, **delta** et **spires** ou tourbillon. Les régions singulières sont utilisées dans la classification des empreintes digitales.



- L'idée de la classification consiste à détecter les caractéristiques globales (les régions singulières) d'une empreinte digitale, l'un des algorithmes les plus pratiques c'est l'algorithme de *l'index de Poincaré* proposé par Kawagoe et Tojo. Son principe est le suivant :

Soit un pixel $[i,j]$ de la matrice D; l'index de Poincaré $P_{G,C}(i,j)$ est calculé par la formule suivante :

$$P_{G,C}(i,j) = \sum_{k=0}^7 \text{angle}\left(\mathbf{d}_k, \mathbf{d}_{(k+1)\bmod 8}\right).$$



Alors :

1. Si $P_{G,C} = 0^\circ$, $[i,j]$ ne se trouve pas dans une région singulière
2. Si $P_{G,C} = 360^\circ$, $[i,j]$ se trouve dans une région singulière en spire (centre)
3. Si $P_{G,C} = 180^\circ$, $[i,j]$ se trouve dans une région singulière en boucle
4. Si $P_{G,C} = -180^\circ$, $[i,j]$ se trouve dans une région singulière delta

La classification Galton-Henry stipule que :

- Une empreinte $\in \{\text{la classe arche}\}$ si elle ne contient ni boucle ni delta comme régions singulières ;
- Une empreinte $\in \{\text{la classe boucle}\}$ si elle contient une boucle et un delta, les boucles qui entrent et ressortent du côté gauche sont dites des boucles à gauche tandis que celles qui rentrent et ressortent du côté droit sont dites des boucles à droite ;
- Une empreinte $\in \{\text{la classe spires}\}$ si elle contient deux régions singulières boucles et deux régions deltas.

2. Conception du système de reconnaissance des empreintes digitales

Un système de reconnaissance des empreintes digitales est un système automatique de reconnaissance de formes qui se compose des étapes suivantes :

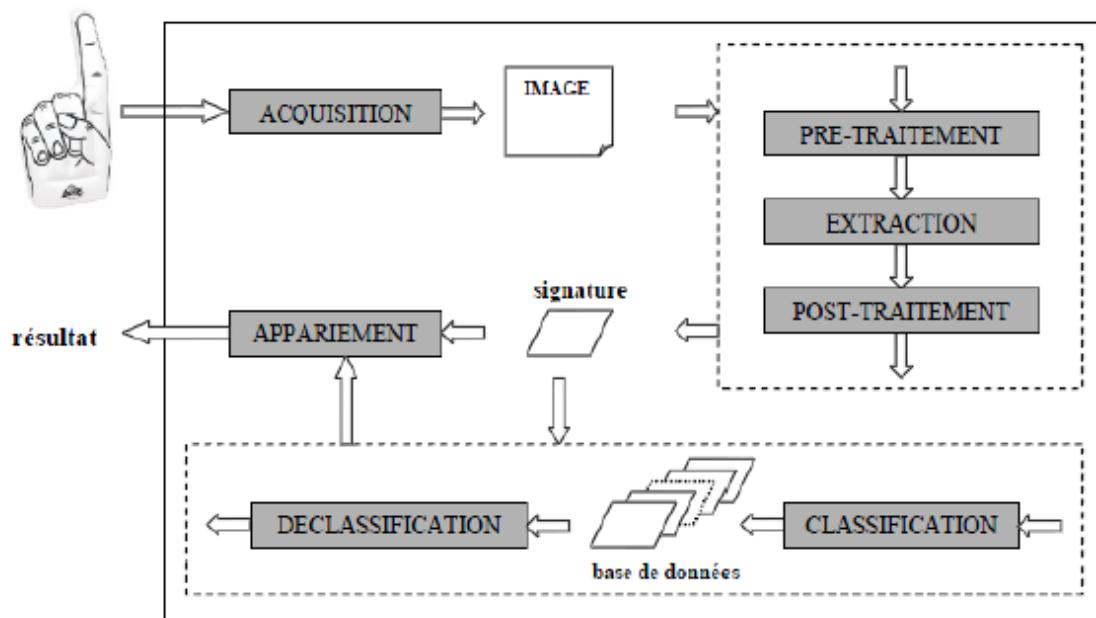


Figure 1 : Architecture générale d'un système complet de reconnaissance d'empreintes

2.1 L'acquisition de l'image d'empreinte

Il existe 2 méthodes pour l'acquisition d'une image d'empreinte digitale :

→ **L'acquisition indirecte** : où il existe 2 méthodes :

* **L'empreinte acquise par encre** :

Après l'avoir enduit l'encre, le doigt est imprimé sur un bout de papier. Ce papier passe ensuite au scanner standard pour être numérisé.



* **les empreintes latentes** :

Elles sont formées suite à une légère trace laissée sur un objet due à la sécrétion constante de la sueur. Elles sont prises à l'aide d'une poudre spéciale.



→ **L'acquisition directe** : ce sont les capteurs, où on peut citer :

Les capteurs optiques (les plus répandus, dont le principe de fonctionnement est le même que celui du scanner ainsi ses prix acceptables), les capteurs thermiques, les capteurs à ultrasons qui sont assez chers, les capteurs intégrés au silicium.



2.2 Pré-traitement

Pour améliorer la qualité des images d'empreintes digitales, on fait un pré-traitement qui se compose de lissage, d'amélioration de contraste, de filtrage.

2.3 Extraction des caractéristiques

L'ensemble des minuties est extrait à partir de l'image filtrée. Pour cela nous étudierons 2 méthodes :

- La méthode classique consiste à extraire les minuties sur un squelette binaire de l'image filtrée
- La méthode directe consiste à extraire les minuties directement sur l'image filtrée

2.3.1 La méthode directe

Peu d'approches d'extraction de minuties suivant ce schéma ont été proposées :

- *M.T.Leung et al* introduisent un réseau de neurones pour la détection des minuties.
- Une autre approche plus directe a été proposée par *Maio et Maltoni* [3]. Cette approche traque les crêtes en localisant les maxima locaux par un suivi de lignes le long du flot directionnel des crêtes pour détecter les minuties :

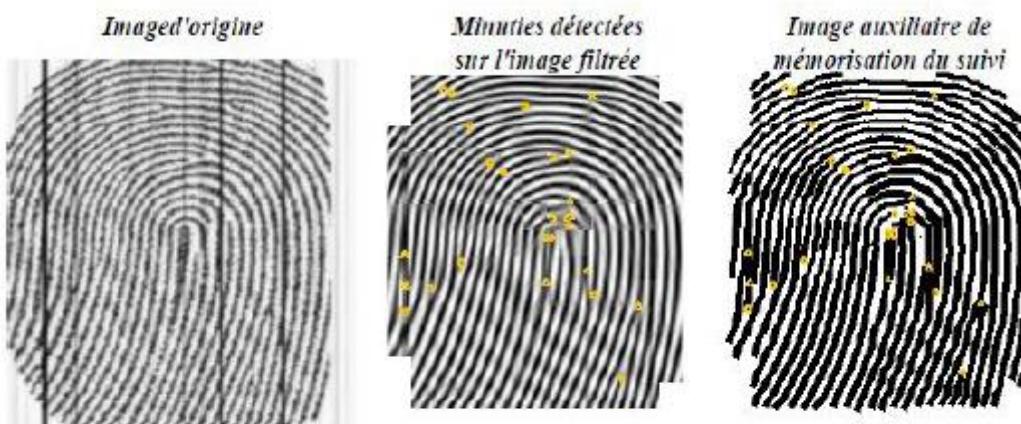


Figure 1 : Détection des minuties par le suivi des stries de l'image filtrée

2.3.2 La méthode classique

Le processus classique entier d'un algorithme d'extraction de minuties est montré dans la figure suivante [2], il est proposé par *Jain et Al* :

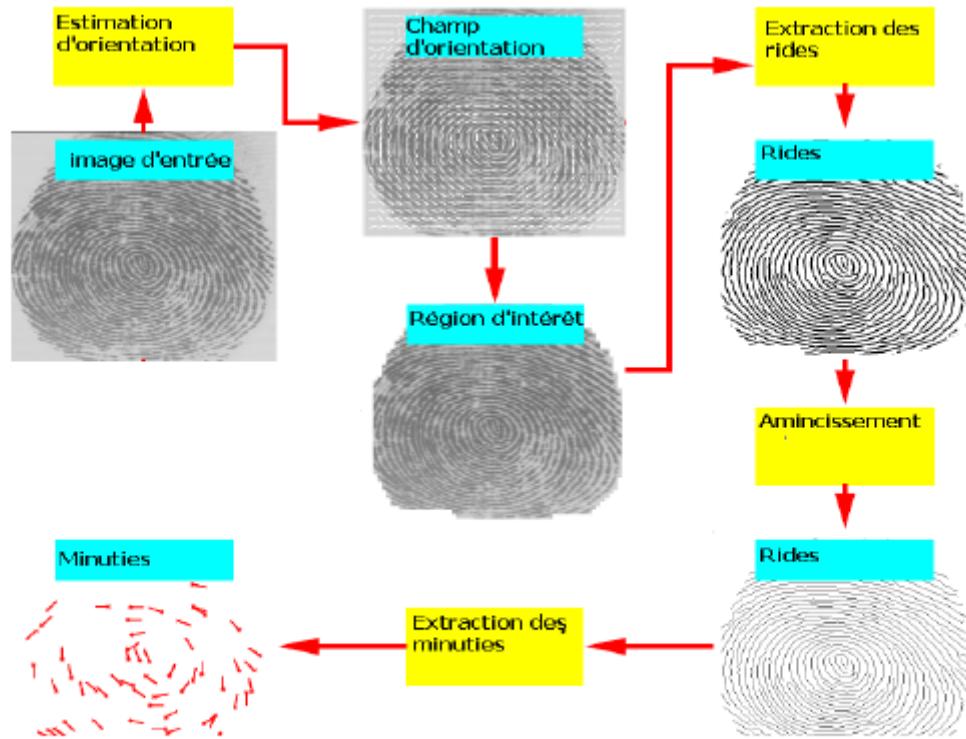


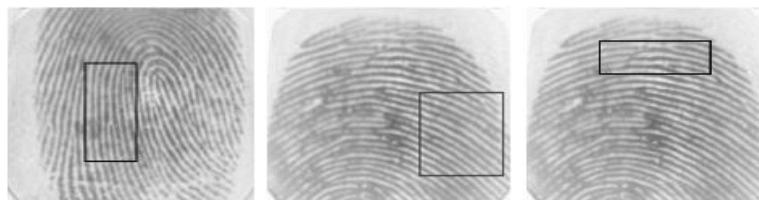
Figure : Organigramme de l'algorithme d'extraction des minuties proposé par Jain et al

a) Estimation de champ d'orientation :

Elle consiste à avoir une estimation de l'orientation des lignes d'une empreinte digitale sur une petite zone de l'image. Cette estimation est reprise dans une matrice notée D , appelée **image directionnelle** ou **orientation de l'empreinte digitale**.

La case (i,j) de D contient la valeur de l'angle $\theta_{i,j}$ entre l'axe horizontal et l'orientation des lignes de l'empreinte dans le voisinage du pixel $[i,j]$.

La manière la plus simple à calculer D consiste à calculer le gradient aux différents points de l'image originale E de l'empreinte.



Parmi les algorithmes pour faire ce calcul, y a la méthode de **Anil Jain et al** qui consiste à diviser l'image en plusieurs fenêtres de taille $W \times W$. Pour tous pixels dans chaque fenêtre, on calcule les gradients G_x et G_y , puis on calcule l'orientation locale de ce pixel par les formules [2]:

$$V_x(i,j) = \sum_{u=i-\frac{W}{2}}^{i+\frac{W}{2}} \sum_{v=j-\frac{W}{2}}^{j+\frac{W}{2}} (2G_x(u,v)G_y(u,v))$$

$$V_y(i,j) = \sum_{u=i-\frac{W}{2}}^{i+\frac{W}{2}} \sum_{v=j-\frac{W}{2}}^{j+\frac{W}{2}} (G_x^2(u,v) - G_y^2(u,v))$$

$$\theta(i,j) = \frac{1}{2} \tan^{-1}\left(\frac{V_x(i,j)}{V_y(i,j)}\right)$$

Y a aussi l'algorithme de **Sobel** qui est très utilisé. Son principe est le suivant : Il calcule le gradient de l'intensité en chaque pixel par rapport à x et y comme suit :

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * E \quad \text{et} \quad G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * E$$

Puis l'angle du gradient qui nous donne l'orientation de lignes de l'empreinte au voisinage d'un pixel $[x_i, y_j]$ est donné par :

$$\theta_{i,j} = \arctan(G_x[x_i, y_j] / G_y[x_i, y_j])$$

b) Segmentation :

Après avoir estimé le champ d'orientation de l'image d'empreinte digitale, un algorithme de segmentation qui est basé sur le niveau de certitude du champ d'orientation est employé pour localiser la région d'intérêt dans l'image.

Le niveau de certitude du champ d'orientation au pixel (i,j) est défini comme suit [2] :

$$CL(i,j) = \sqrt{\frac{1}{W^2} \frac{V_x^2(i,j) + V_y^2(i,j)}{V_e(i,j)}}$$

$$\text{Tel que : } V_e(i,j) = \sum_{u=i-\frac{W}{2}}^{i+\frac{W}{2}} \sum_{v=j-\frac{W}{2}}^{j+\frac{W}{2}} (G_x^2(u,v) + G_y^2(u,v))$$

Si : $CL(i,j) < \text{le seuil } T \implies \text{le pixel est marqué comme pixel de fond}$

Si : $CL(i,j) > \text{le seuil } T \implies \text{le pixel est marqué comme un pixel de la région d'intérêt}$

c) La détection de rides (binarisation) [3]:

Consiste à transformer l'image de 256 niveaux de gris en image binaire où les pixels noirs correspondent aux crêtes et les pixels blancs aux vallées. La technique la plus utilisée consiste à se fixer un seuil d'intensité T , puis parcourir la matrice de pixels de l'image en se basant sur la procédure suivante :

$$I_T(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si } I(x,y) > T \\ 0 & \text{si } I(x,y) \leq T \end{cases}$$



d) La squelettisation (amincissement) [3] :

Pour chaque pixel p_0 on considère son voisinage immédiat de 8 pixels $\{p_i, i \in [1..8]\}$. Pour l'algorithme de squelettisation on considère les définitions suivantes :

1. p_0 est un point frontière *Nord* si $P_2 = 0$

P ₁	P ₂	P ₃
P ₈	P	P ₄
P ₇	P ₆	P ₅

2. p_0 est un point frontière *Est* si $P_4 = 0$

3. p_0 est un point frontière *Sud* si $P_6 = 0$

4. p_0 est un point frontière *Ouest* si $P_8 = 0$

5. p_0 est un point *8-terminal* si un seul de ses voisins est noir ($\exists i \in [1..8], p_i = 1$), il s'agit d'une minutie de type terminaison

6. p_0 est un point *8-isolé* si aucun de ses voisins n'est noir ($\forall i \in [1..8], p_i = 0$)

7. p_0 est un point *8-simple* si la connexité de ses 8 voisins n'est pas altérée quand on le transforme en pixel blanc

La squelettisation consiste à répéter les opérations d'érosion suivantes jusqu'à ce que plus aucun pixel ne soit changé :

- **Etape 1 :** tous les pixels noirs vérifiant (1) et (7) et ne vérifiant pas (5) et (6) sont changés en pixels blancs (érosion des points frontières Nord)
- **Etape 2 :** tous les pixels noirs vérifiant (2) et (7) et ne vérifiant pas (5) et (6) sont changés en pixels blancs (érosion des points frontières Est)

- **Etape 3 :** tous les pixels noirs vérifiant (3) et (7) et ne vérifiant pas (5) et (6) sont changés en pixels blancs (érosion des points frontières Sud)
- **Etape 4 :** tous les pixels noirs vérifiant (4) et (7) et ne vérifiant pas (5) et (6) sont changés en pixels blancs (érosion des points frontières Ouest)



e) La détection des minuties :

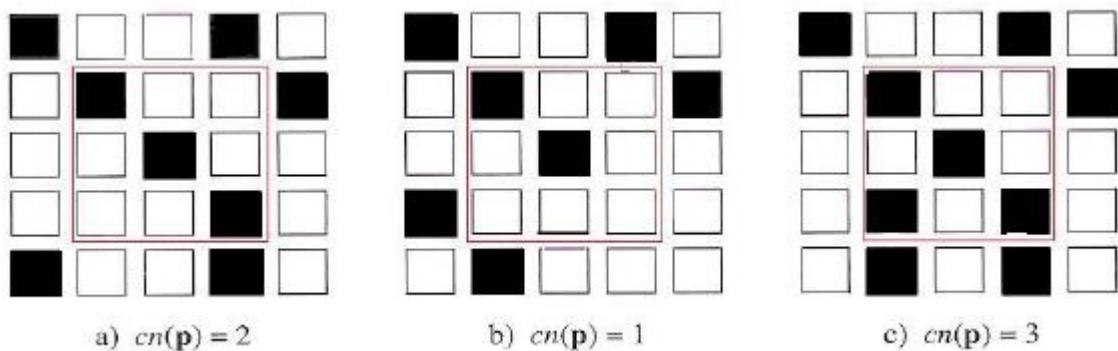
Une fois l'image est amincie, on procède à la détection des minuties par la technique du *crossing number*, initiée par Arcelli.

Le crossing number $cn(p)$ d'un pixel p se calcule par la formule suivante [4]:

$$cn(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 \left| val(p_{imod8}) - val(p_{i-1}) \right|$$

p_0, p_1, \dots, p_7 sont les 8 pixels au voisinage de p et $val(p) \in \{0,1\}$ (car image binarisée). Alors, un pixel p dont $val(p) = 1$:

- * correspond à une terminaison si $cn(p) = 1$;
- * correspond à un point d'une ligne de l'empreinte si $cn(p) = 2$;
- * correspond à une bifurcation si $cn(p) \geq 3$.



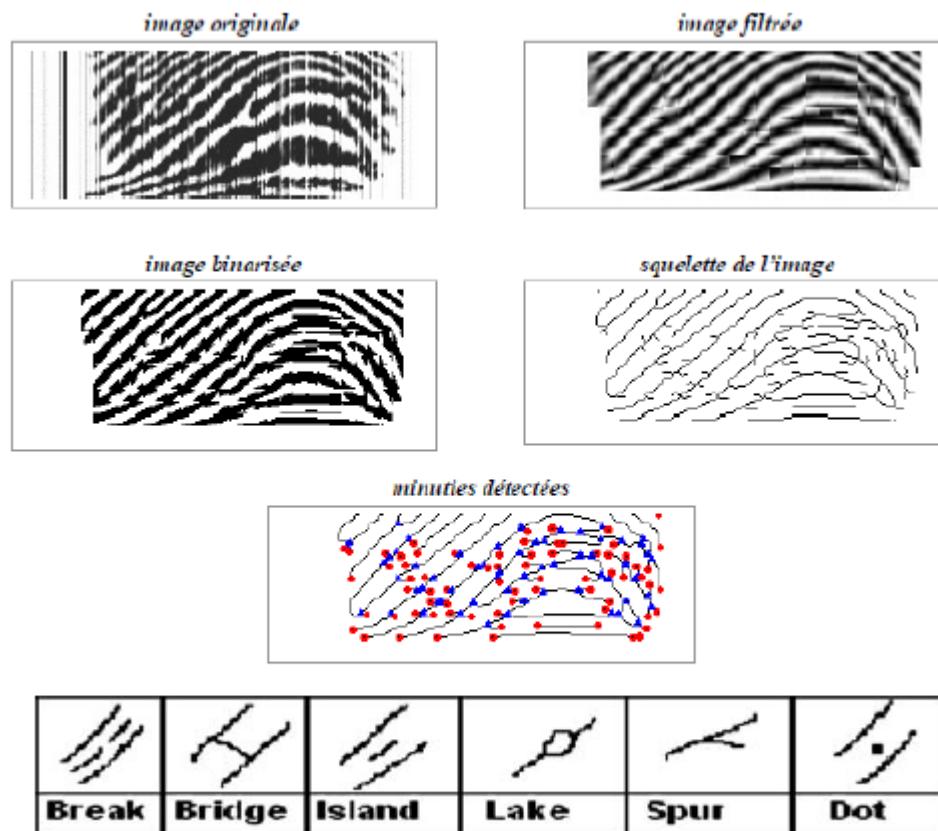
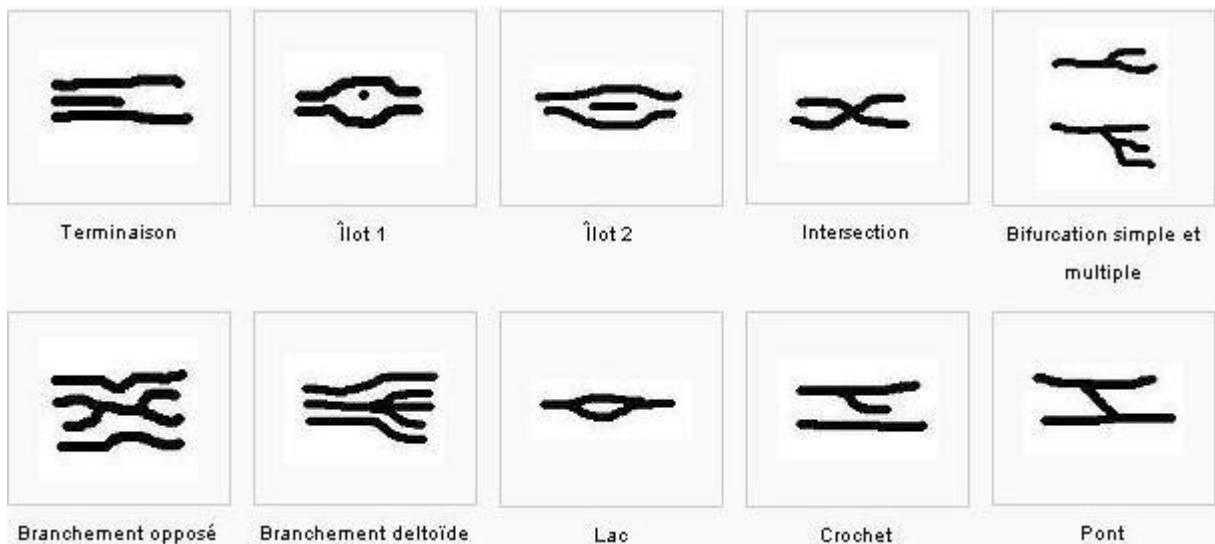


Figure : Exemple de détection de fausses minuties

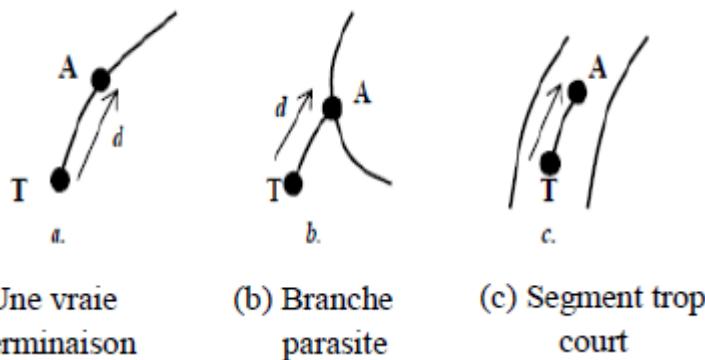


2.4 Post-traitement [3]:

L'étape d'extraction de minuties est souvent suivie par un post traitement qui essaye d'éliminer les fausses minuties.

→ Pour éliminer les fausses terminaisons, on suit les règles suivantes :

- 1- S'il existe un bloc adjacent au bloc contenant la terminaison $T(x_T, y_T)$ et appartenant au bord de l'image, alors T est une fausse minutie et on l'élimine.
- 2- Pour les terminaisons restantes T , on parcourt la strie qui lui est associée sur une distance maximum K_1 , jusqu'à atteindre le point A ($d = \widehat{TA} \leq K_1$).



→ Pour éliminer les fausses bifurcations, on suit les règles suivantes :

On parcourt les 3 stries qui sont associées à la bifurcation B sur une distance maximum de K_1 , jusqu'à atteindre 3 points A_1 , A_2 et A_3 .

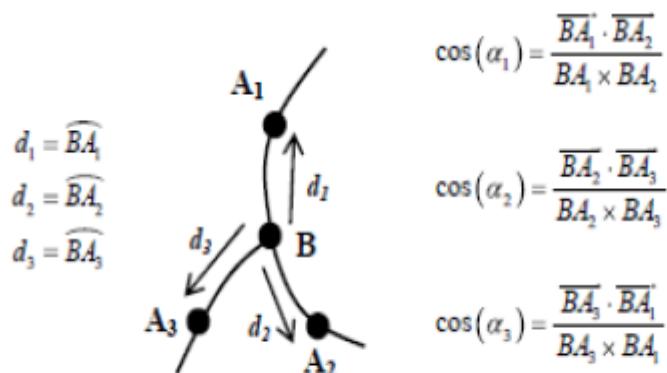


Figure : Définitions associées à une bifurcation lors de la phase de validation

- 1- Si $d_1 < k_1$, $d_2 < k_1$ et $d_3 < k_1$: la zone circulaire de centre B et de rayon k_1 contient au moins 4 minuties. On considère alors que nous sommes dans une zone très bruitée et que B est une fausse bifurcation.
- 2- Si $CN(A_1)=1$ ou $CN(A_2)=1$ ou $CN(A_3)=1$: au moins une des stries mène à une terminaison. On est dans le cas d'une branche parasite, le point B et les terminaisons atteintes ne sont pas validés.

3- Si $A_1 = A_2$ ou $A_2 = A_3$ ou $A_3 = A_1$: deux des stries mènent au même point. On est dans le cas d'un lac, le point B et la bifurcation atteinte ne sont pas validés.

- 4-** Si nous avons 2 des stries qui mènent à 2 bifurcation A_1 et A_2 ($CN(A_1)=3$ et $CN(A_2)=3$). Dans ce cas on calcule la différence angulaire α_1 ainsi que la distance $\|A_1A_2\|$ entre les deux bifurcations rencontrées. Si $|\cos(\alpha_1)| > \cos\frac{\pi}{4}$ et $\|A_1A_2\| \leq \lambda$ alors on est dans le cas d'un triangle et on considère que B est une vraie bifurcation tandis que A_1 et A_2 sont des fausses.
- 5-** Une seule des stries mène à une bifurcation A_1 ($CN(A_1)=3$). On calcule les différences angulaires α_2 et α_3 ainsi que la distance entre A_1 et B . Si $|\cos(\alpha_2)| < \cos\frac{\pi}{4}$, $|\cos(\alpha_3)| < \cos\frac{\pi}{4}$ et $\|BA_1\| \leq \lambda$ alors on est dans le cas d'un pont et A_1 et B sont considérées comme de fausses minuties.

2.5 Le fichier signature (gabarie) :

Le fichier signature correspond à l'information utile minimum contenue dans l'image qui est nécessaire à la reconnaissance et qu'il s'agit de la liste des minuties détectées.

- Pour chaque minutie détectée et validée on extrait 3 caractéristiques [3]:

- Le type de minutie : *bifurcation ou terminaison* (1 bit).
- La position de la minutie dans l'image : *coordonnées* (x, y) (2 octets).
- La direction du bloc local associé à la strie : θ (2 octets)

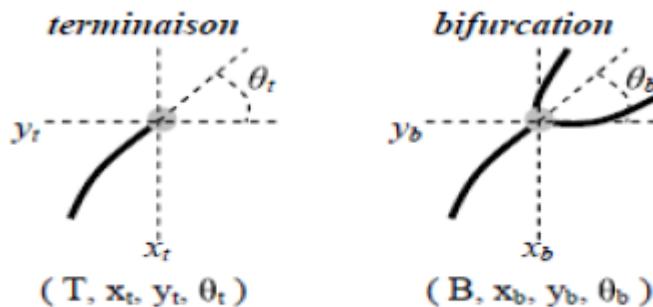


Figure : Les caractéristiques extraites d'une minutie

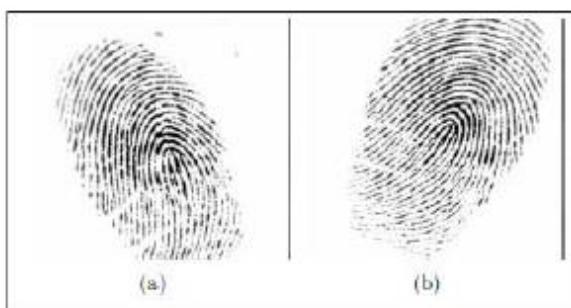
- Ensuite, les caractéristiques de chaque minutie seront reprises dans un vecteur. Donc, notre fichier comporte N vecteur de minutie comme suit :

$$S = \left\{ M_i = (x_i, y_i, \theta_i, t_i) \mid i \in [1..N] \right\} \quad \|S\| = N$$

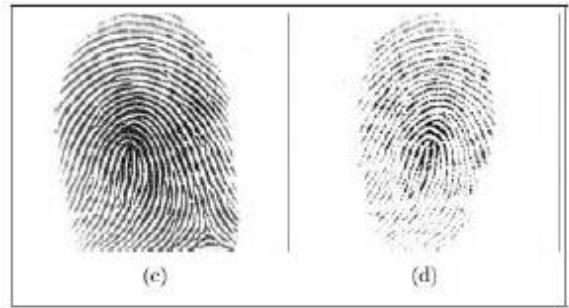
- Le fichier signature a une taille < 0.5 ko ce qui est un gain de mémoire par rapport à la taille d'image de 256 pixels (64 ko) et il sera sauvegardé dans une base de donnée.

3. La phase de reconnaissance de l'empreinte digitale (fingerprints matching)

Le problème de la phase de comparaison c'est qu'une même empreinte peut avoir plusieurs images à causes de plusieurs raisons :

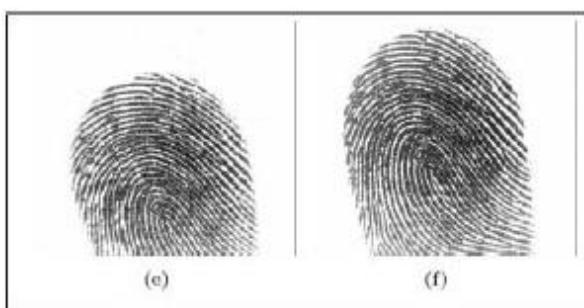


le doigt était penché à gauche sur le lecteur

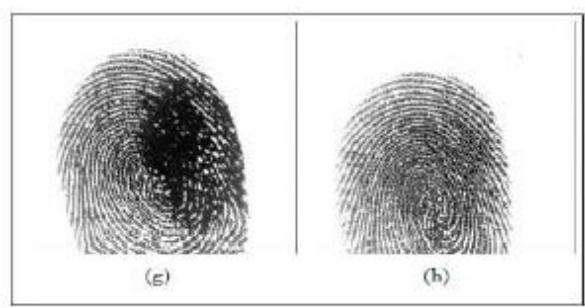


le doigt a été plus pressé

le doigt a été très légèrement pressé



une partie du doigt n'a pas été apposée sur le lecteur



le doigt a été correctement apposé sur le lecteur

le doigt était sale

le doigt était propre



a)



b)

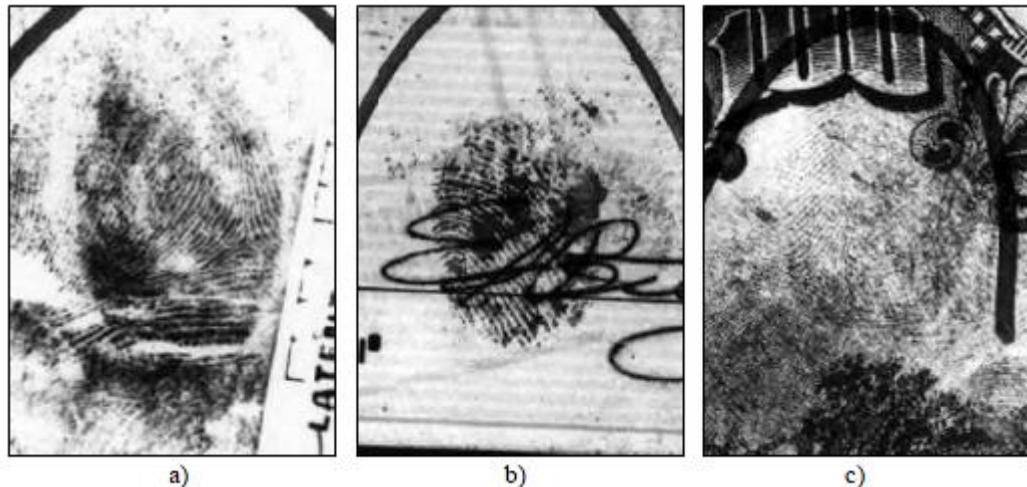


c)



d)

Figure : Difficulté de matching d'empreinte digitale. Images d'empreintes digitales en a) et b) apparaissent différentes à un œil non averti, mais ils ont pris du même doigt. Images d'empreintes digitales dans c) et d) apparaissent similaires à un œil non averti, mais ils sont de différents doigts



Les différentes approches de comparaison des empreintes digitales sont classées en trois grandes familles [1]:

- **Assortiment basé sur la corrélation** : elle consiste à comparer les matrices de pixels des images de 2 empreintes, et calculer la corrélation de ses pixels
- **Assortiment basé sur les rides** : dans cette approche, on utilise des caractéristiques extraites des rides (orientation, texture, forme de ride, ...) pour comparer les 2 empreintes
- **Assortiment basé sur minuties** : c'est l'approche la plus utilisée dans la littérature, elle se base sur des minuties qui sont extraites à partir des 2 empreintes digitales à comparer.

L'assortiment basé sur minuties [5] généralement appelée le “**matching de minuties**”, consiste à comparer les minuties de deux empreintes en les plaçant dans le plan bidimensionnel et à trouver les paires de minuties qui ont le même emplacement et la même orientation.

- On représente l'empreinte à identifier par **I**, et l'empreinte de la base de données par **T**.
On peut donc voir les deux empreintes à comparer **I** et **T** comme des vecteurs de minuties **m** :

$$\begin{aligned} \mathbf{T} &= \{m_1, m_2, \dots, m_m\} & \text{où} & \quad m_i = \{x_i, y_i, \theta_i\} & i &= 1..m, \\ \mathbf{I} &= \{m'_1, m'_2, \dots, m'_n\} & & m'_j = \{x'_j, y'_j, \theta'_j\} & j &= 1..n. \end{aligned}$$

Où m et n sont respectivement le nombre de minuties de **T** et **I**.

- On considère qu'il y a un “match” entre une minutie m_i de **T** et une minutie m'_j de **I** si [5]:

et

$$sd\left(\mathbf{m}'_j, \mathbf{m}_i\right) = \sqrt{(x'_j - x_i)^2 + (y'_j - y_i)^2} \leq r_o$$

$$dd\left(\mathbf{m}'_j, \mathbf{m}_i\right) = \min\left(|\theta'_j - \theta_i|, 360 - |\theta'_j - \theta_i|\right) \leq \theta_o.$$

Tel que : sd c'est la distance

dd c'est la différence

r_o et θ_o ce sont la tolérance et la tolérance angulaire respectivement

- Chaque minutie m'_j de \mathbf{I} est donc comparée à toutes les minuties de \mathbf{T} pour trouver la plus semblable à m'_j . Ce processus peut prendre un temps considérable pour une base de données contenant des milliers de Templates.

Chapitre V : Introduction à la biométrie de la main

1. Définition

Il y a quelques années, une nouvelle branche de la technologie biométrique a été proposée selon laquelle les lignes et les points sont extraits de la paume de la main pour l'identification personnelle. Cette technique est basée sur l'empreinte palmaire.

La paume se réfère généralement à la surface intérieure de la main du poignet à la racine des doigts comme le montre la figure suivante. L'empreinte palmaire (ou palmprint en Anglais) est définie comme l'ensemble de modèles de la peau de la paume composée des caractéristiques physiques telles que les lignes, les points et les textures.

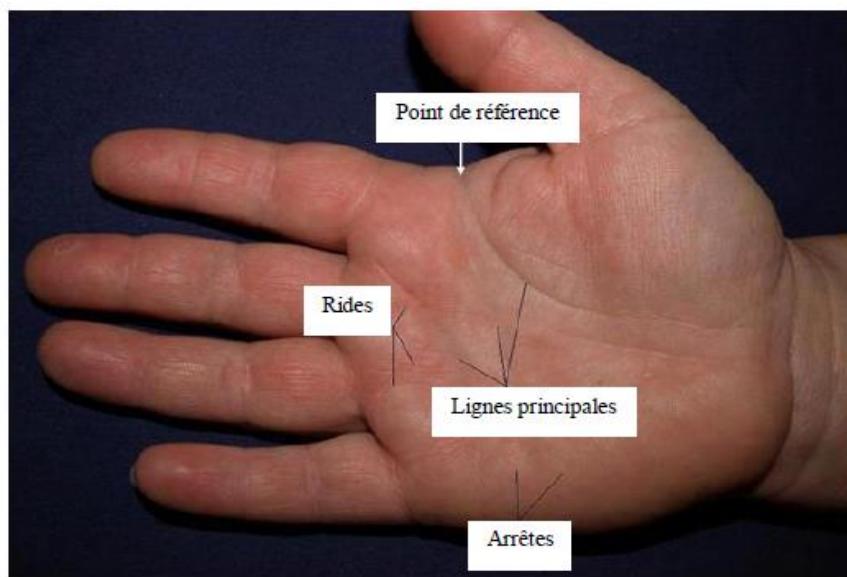


Figure : paume de la main

2. Caractéristiques du palmprint

On peut énumérer les caractéristiques du palmprint selon plusieurs points de vue :

2.1 Caractéristiques des lignes principales

L'emplacement et la forme des lignes principales constituent de très importantes caractéristiques. On distingue trois lignes principales produites en fléchissant la main et le poignet dans la paume. En faisant référence à la figure ci-dessous, les lignes sont appelées comme suit [6]:

- (1) : la ligne de la vie
- (2) : la ligne de tête
- (3) : la ligne du cœur

Deux points de terminaison (a) et (b) sont ainsi obtenus par les lignes principales (1) et (3) qui se croisent des deux côtés de la paume. En raison de la stabilité des lignes principales, les points de terminaison ainsi que leur milieu (o) restent inchangés :

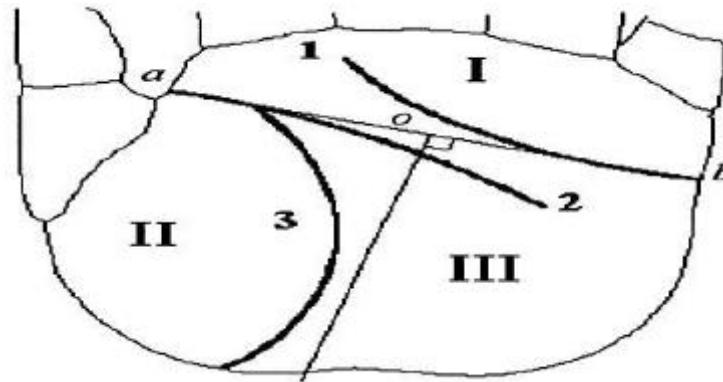


Figure : Caractéristiques des lignes principales du palmprint

D'un autre point de vue, la paume peut être divisée en trois régions comme illustré sur la figure ci-dessus [6]:

- (I) : la région de la racine du doigt
- (II) : la région intérieure
- (III) : la région extérieure

2.2 Caractéristiques géométriques

Selon la forme de la paume on peut obtenir les caractéristiques géométriques correspondantes telles que la longueur et la largeur.

2.3 Caractéristiques des rides

Dans un palmprint, il existe de nombreux ridges qui sont différents des lignes principales parce qu'ils sont plus minces et plus irréguliers.

2.4 Caractéristiques des minuties

Un palmprint est essentiellement composée de crêtes (appelées aussi arrêtes), donc les caractéristiques de minuties peuvent être utilisées comme une mesure importante.

3. Avantages du palmprint

L'utilisation des palmprints en biométrie représente un ensemble d'avantages que l'on peut résumer dans les points suivants :

- La paume a une plus grande surface que les empreintes digitales. Elle fournit également des fonctionnalités plus nombreuses. Ainsi, un capteur d'image de plus faible résolution peut être utilisé. Ceci rend beaucoup plus rapides les phases de prétraitement et d'extraction de caractéristiques.
- Peu de risque d'intrusion.
- Traitement d'image à basse résolution.

- Les caractéristiques des lignes de la paume sont stables et ne sont pas aussi faciles à endommager comme les empreintes digitales. Cependant, quand une résolution inférieure est utilisée ce problème ne surgit pas dans l'extraction de caractéristiques du palmprint.
- Le palmprint remédie aux problèmes liés à la non visibilité d'une empreinte digitale ou bien au coût élevé des appareils de capture des images de l'iris et de la rétine ou encore les faibles taux de reconnaissance des autres modalités biométriques.

4. Catégories d'identification par palmprint

Il existe 2 catégories principales d'identification par palmprint : l'identification hors ligne et l'identification en ligne que nous allons passer en revue [7].

4.1 L'identification hors ligne

Les recherches sur l'identification hors ligne par les palmprints utilisent les échantillons ancrés sur papier, ensuite transmis à l'ordinateur par un scanner numérique. Grâce à la haute résolution relative aux images hors ligne des palmprints (de résolution supérieure à 500 dpi, quelques techniques utilisées pour les empreintes digitales peuvent être utiles pour l'identification hors ligne des palmprints où les lignes et les points de données ou points singuliers peuvent être extraits.



Figure : Exemple d'image hors ligne du palmprint

4.2 L'identification en ligne

Pour l'identification en ligne des palmprints, les échantillons d'images sont directement obtenus par un appareil de capture de palmprint. Il est évident que l'identification en ligne par les palmprints est beaucoup plus appropriée pour les applications en temps réel, c'est pour cela que notre intérêt s'est porté sur ce type d'identification.

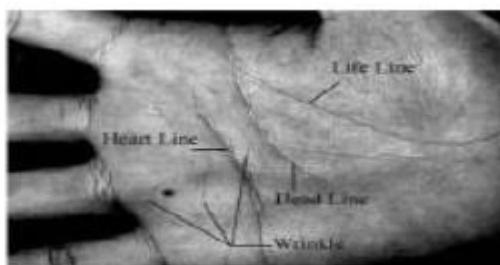


Figure : Exemple d'image en ligne du palmprint

5. Structure du système d'acquisition en ligne des images de palmprint

Pour accomplir une identification en ligne des palmprints, il faut utiliser un dispositif de capture particulier (la figure suivante) qui doit être très rapide dans l'acquisition en temps réel des palmprints.

Cette technologie ne reconnaît que les paumes vivantes, car les capteurs utilisés permettent d'identifier la chaleur ou une pulsation cardiaque, voire d'autres critères d'un élément vivant [7].

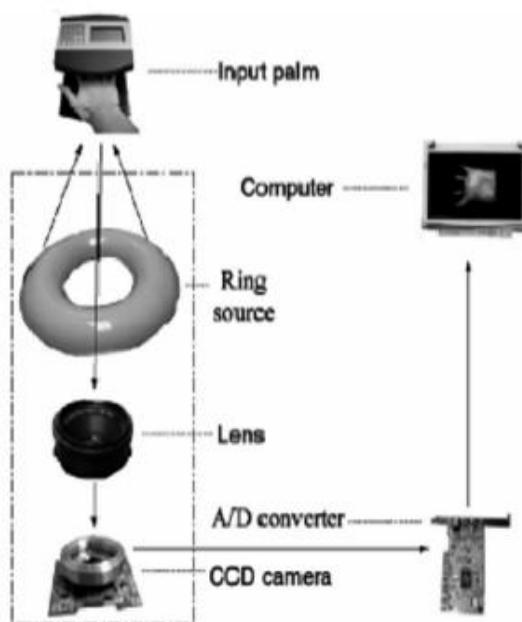


Figure : Dispositif de capture en ligne de palmprint

L'image recueillie par ce dispositif aura la forme suivante :

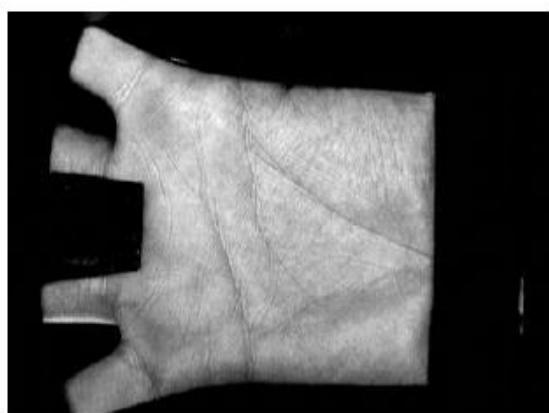
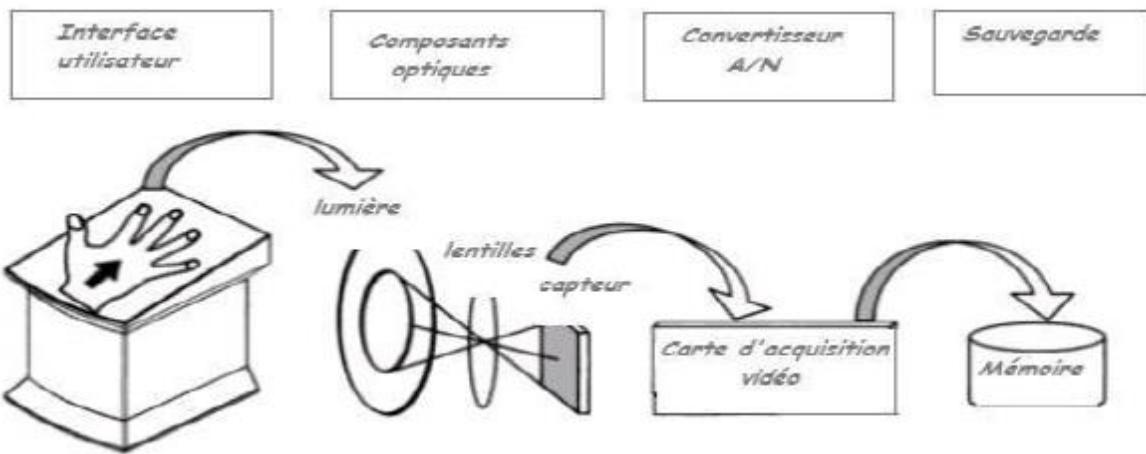


Figure : Image prise par le dispositif en ligne de capture de palmprints

Le système d'acquisition en ligne de palmprint est représenté sur la figure suivante [6]. Il est constitué d'une interface d'utilisateur pour placer la paume, d'un ensemble de composants optiques qui opèrent ensemble pour obtenir les données de la paume, d'un convertisseur A-N qui converti le signal Analogique est en signal Numérique. Le signal numérisé est ensuite sauvegardé dans la mémoire du système. Le composant optique (source de lumière, lentilles, capteur) et le convertisseur A-N (carte d'acquisition vidéo) sont le cœur du système d'acquisition du palmprint.

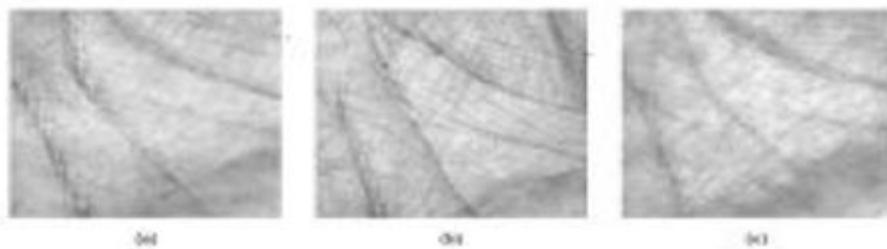


6. Approche d'identification en ligne par palmprint

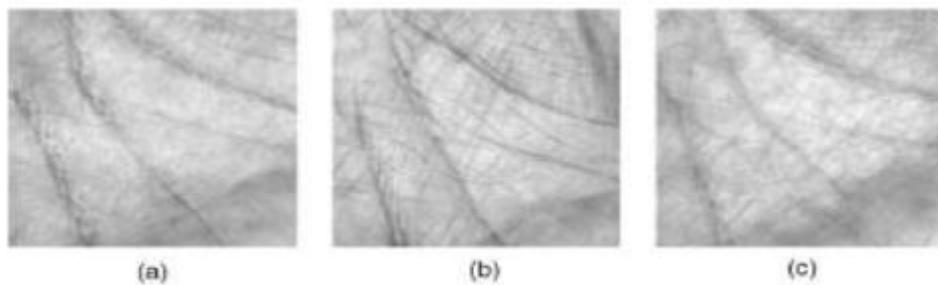
Les travaux de recherche conduits sur l'identification biométrique par palmprint suivent l'une des deux approches suivantes :

6.1 L'approche basée sur l'extraction des caractéristiques

L'extraction des caractéristiques est définie par un processus de conversion d'une image capturée, i.e. palmprint, 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 suivante illustre ce phénomène en montrant les images de palmprints de trois individus ayant des lignes principales similaires.



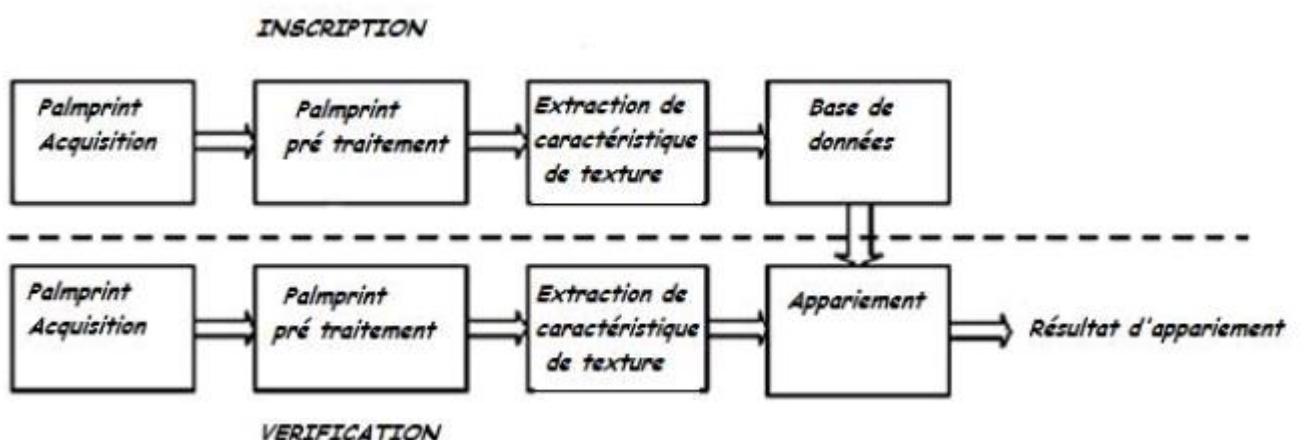
Un autre inconvénient de l'utilisation exclusive des lignes principales est le caractère flou que peut avoir quelques traits (les plis en particulier) lors de l'acquisition d'images de palmprint, comme le montre la figure suivante :



- L'une des solutions pour résoudre le problème engendré par l'utilisation exclusive des lignes principales est d'extraire les caractéristiques de texture des images de palmprints 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. On retrouve aussi l'utilisation des ondelettes. D'autres chercheurs se sont basés sur les méthodes de projection telles que l'analyse par composante principale (Principle Component Analysis: PCA) et l'analyse des composantes indépendantes (Independent Component Analysis : ICA), ou encore le discriminant de Fisher et bien d'autres méthodes d'extraction des caractéristiques principales des palmprints.

- On résume les étapes dans un système à base d'extraction de caractéristiques comme suit [8]:

- **Acquisition du palmprint :** L'image est capturée par un dispositif.
- **Pré traitement :** Traitement préalable à l'extraction des caractéristiques. Par exemple : calcul du centre de gravité.
- **Extraction des caractéristiques :** Certains filtres ou transformées comme le filtre de Gabor, ou transformée en ondelettes peuvent être appliqués pour extraire les informations.
- **Appariement (Matching) :** Une mesure de distances comme la distance Euclidienne ou le plus proche voisin peut être appliquée pour faire la correspondance de la similitude.
- **Base de données :** Elle est utilisée pour stocker les modèles obtenus dans la phase d'inscription.



6.2 L'approche basée sur la corrélation de phase (Phase Only Correlation : POC)

Cette approche utilise la phase de la transformée de Fourier discrète 2D pour établir l'appariement entre les images [9]. Les avantages de cette approche se résument dans les points suivants :

- L'utilisation de l'information de la phase permet d'obtenir une reconnaissance robuste d'empreintes palmaires
- Réduit la taille des informations enregistrées par l'enregistrement des informations de phase
- Traite la distorsion non linéaire

- On considère deux images $g_1(n_1, n_2)$ et $g_2(n_1, n_2)$. La transformée de Fourier de g_1 et g_2 :

$$\begin{aligned} G_1(u, v) &= A(u, v)e^{j\phi(u, v)} \\ G_2(u, v) &= B(u, v)e^{j\theta(u, v)} \end{aligned}$$

Tels que :

- $A(u, v)$ dénote l'amplitude de g_1
- $B(u, v)$ dénote l'amplitude de g_2
- $\phi(u, v)$ dénote la phase de g_1
- $\theta(u, v)$ dénote la phase de g_2

Dans le domaine de Fourier, l'information relative aux caractéristiques des images est plus importante dans la phase que celle contenue dans l'amplitude [6].

Le spectre de phase croisée entre g_1 et g_2 est donné par :

$$Q_{g_1 g_2}(u, v) = e^{j(\phi(u, v) - \theta(u, v))}$$

La fonction de corrélation de phases (Phase Only Correlation : POC) entre deux images g_1 et g_2 est définie ainsi [6]:

$$\begin{aligned} q_{g_1 g_2}(x, y) &= F^{-1} \left\{ \frac{G_1(u, v)G_2^*(u, v)}{|G_1(u, v)G_2^*(u, v)|} \right\} \\ &= F^{-1} \left\{ e^{j(\phi(u, v) - \theta(u, v))} \right\} \end{aligned}$$

Tels que :

- F^{-1} dénote la transformée de Fourier inverse
- G_2^* la conjuguée complexe de G_2

Quand deux images sont similaires, la fonction POC donne un pic aigu et distinct. Par contre si les deux images sont différentes, le pic diminue considérablement. Le haut du pic donne une bonne mesure de similarité pour les images.

7. Approche d'identification basée sur la POC

L'algorithme de cette approche se compose de 3 étapes : le prétraitement, l'extraction des caractéristiques et l'appariement (matching).

7.1 Prétraitement

Le but de cette étape est le calcul de la région d'intérêt (Region Of Interest : **ROI**) du palmprint :

- Calcul du centre de gravité du palmprint (c_1, c_2)
- Appliquer la fenêtre 2D Hanning sur le centre de gravité
- Extraire la région d'intérêt 100 x 100 pixels

a) Centre de gravité :

Le centre de gravité est exprimé par les formules suivantes [10]:

Soit A_1, A_2, \dots, A_n , n points pondérés par les valeurs $\alpha, \beta, \dots, \gamma$, sachant que $\alpha + \beta + \dots + \gamma \neq 0$

$$X_c = \frac{(\alpha X_1 + \beta X_2 + \dots + \gamma X_n)}{(\alpha + \beta + \dots + \gamma)}$$

$$Y_c = \frac{(\alpha Y_1 + \beta Y_2 + \dots + \gamma Y_n)}{(\alpha + \beta + \dots + \gamma)}$$

Chaque point A_i de l'image a ses propres coordonnées (X, Y), qui représentent le numéro de la ligne et de la colonne respectivement, et la valeur de pondération qui représente la valeur d'intensité, qui est une valeur entre [0, 255].

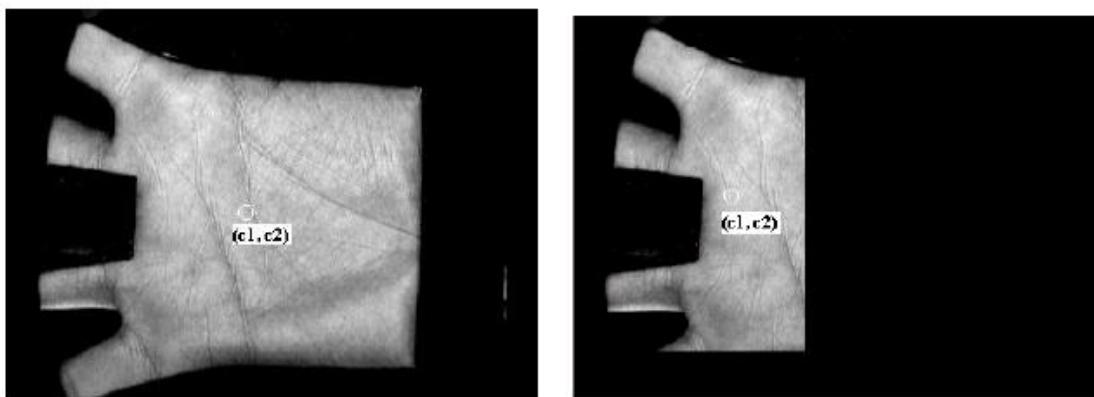


Figure : Le centre de gravité (c_1, c_2) pour deux images différentes

b) La fenêtre de Hanning :

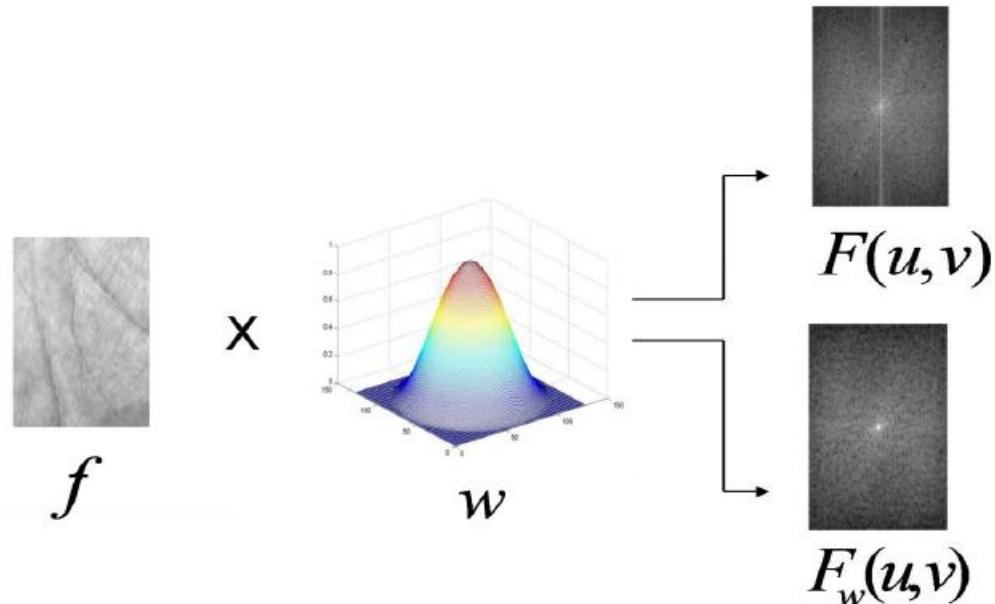
L'application de la fenêtre de Hanning sur le centre de gravité a pour objectif de [11]:

- Aligner la rotation, le déplacement et la mise à l'échelle
- Réduire l'effet du fond de l'image

La formule générale de la fenêtre de Hanning 1D est donnée par la formule suivante [6]:

$$w(x) = 0.5(1 - \cos(2\pi \frac{x}{N})), 0 \leq x \leq N$$

Pour avoir la fenêtre de Hanning 2D du centre de gravité (c_1, c_2), on applique la fenêtre de Hanning 1D sur c_1 , puis sur c_2 , et par la suite multiplier la première matrice obtenue et la transposée de la deuxième .



c) La région d'intérêt :

Après l'application de la fenêtre de Hanning sur l'image, on prend 50 pixels dans chaque sens, par la suite on va avoir une image de 100×100 pixels, ce qui représente notre région d'intérêt (ROI) comme le montre la figure suivante.



7.2 l'extraction des caractéristiques : vu précédemment.

7.3 L'appariement (Matching) :

L'appariement se base sur l'application de la POC sur la région d'intérêt de l'image du palmprint concernant la personne à identifier et l'image enregistrée. Le taux de similarité représente la valeur du plus haut pic représenté par POC.

Référence

- [1] Raja Lehtihet. ‘Exploitation des mécanismes rétino-corticaux pour la reconnaissance des images d’empreintes digitales’. Thèse de doctorat, université Constantine 2. 2014.
- [2] Benchennane Ibtissam. ‘Etude et mise au point d’un procédé biométrique multimodale pour la reconnaissance des individus’. Thèse de doctorat, université d’Oran, 2016.
- [3] Selma Benayad, Habiba Bousri. ‘La reconnaissance des empreintes digitales’. Mémoire de master, université de Jijel. 2011.
- [4] Benadjimi Noussaiba, Boubakeur Meriem Romaissa. ‘Mise en œuvre d’une plateforme de test pour la sécurisation des données biométriques par la méthode du Fuzzy Vault’. Mémoire de fin d’étude pour l’obtention du diplôme d’ingénieur d’Etat, Ecole nationale Supérieure d’Informatique (ESI). 2015.
- [5] Souheila Benkhaira. ‘Systèmes multimodaux pour l’identification et l’authentification biométrique’. Mémoire de magister, université de Skikda. 2010.
- [6] Rida Imad. ‘Mise en œuvre d’un système d’identification biométrique en utilisant les empreintes palmaires et la fonction de corrélation de phase’. Mémoire de fin d’étude pour l’obtention du diplôme d’ingénieur d’Etat, université de Jijel. 2010.
- [7] Boukhari Wassila , Benyettou Mohamed , ‘Identification Biométrique des Individus par leurs Empreintes Palmaires « Palmprints » : Classification par la Méthode des Séparateurs à Vaste Marge (SVM)’. Proceedings of the 2nd Conférence Internationale sur l’Informatique et ses Applications (CIIA'09), Saida, Algeria, 2009.
- [8] Saroj Kumar Panigrahy, Debasish Jena, Sanjay Kumar Jena, ‘An efficient palmprint image recognition system’. 2008.
- [9] Koichi Ito, Takafumi Aoki, Hiroshi Nakajima, Koji Kobayashi and Tatsuo Higuchi “A palmprint recognition algorithm using phase-based image matching”, Tohoku University, Yamatake Corporation, Tohoku Institute of Technology, Japan, ICIP 2006.
- [10] <http://www.cmath.fr/1ere/barycentre/cours.php>
- [11] Koichi ITO, Hiroshi Nakajima, Koji Kobayashi, Takafumi Aoki, Tatsuo Higuchi. ‘A Palmprint Recognition Algorithm Using Phase-Only Correlation’. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 2008.