

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de  
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université  
Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi



Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie  
Département de mathématique et de l'informatique

**Filière :** Informatique

**Spécialité :** Vision Artificielle

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en  
Informatique

*Thème*

***Reconnaissance de la marche à l'aide d' Image à  
energie Active (AEI)***

**Présenté par :**

Tarioulet Badaoui

**Encadré par :**

**Dr. Benkhaira Souheila**

**Soutenu le : 24/06/2023**

**Année Universitaire 2022/2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## *Remerciement*

Je remercie " الله " qui m'a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail

A l'issue de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

Mon encadrante Dr **Benkhaira** Qui m'a beaucoup aidé par ses orientations et ses précieux conseils pour L'élaboration de cette étude.

J'exprime toute ma gratitude et mon respect aux Membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce Modeste travail.

Tous les enseignants du département de Math et Informatique (Filière d'informatique) qui ont participé à Notre formation.

### *Pour toute ma famille*

Tous mes amis et mes collègues.

Enfin à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

**Merci à tous et à toutes.**

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| <b>Résumé :</b> .....   | i  |
| <b>Mot clés :</b> .....   | i  |
| <b>ملخص:</b> .....  | i  |
| <b>الكلمات الجوهرية:</b> .....  | i  |
| <b>Introduction générale :</b> .....                                  | ii |
| <b>Chapitre 1 : La Reconnaissance Biométrique</b> .....               | 1  |
| <b>1. Introduction :</b> .....  | 2  |
| <b>1.1.Présentation générale de la biométrie :</b> .....              | 2  |
| <b>1.1.1. Définition :</b> .....                                      | 2  |
| <b>1.1.2. Caractéristiques biométriques :</b> .....                   | 2  |
| <b>1.1.3. Domaines d'applications :</b> .....                         | 3  |
| <b>1.2.Système biométrique :</b> .....                                | 4  |
| <b>1.3. Les techniques biométriques:</b> .....                        | 5  |
| <b>1.3.1.Les modalités morphologiques:</b> .....                      | 6  |
| <b>a. Les Empreintes digitales :</b> .....                            | 6  |
| <b>b. L'iris :</b> .....  | 7  |
| <b>c. Le visage :</b> .....   | 8  |
| <b>d. Empreinte palmaire :</b> .....                                  | 9  |
| <b>1.3.2. Les modalités comportementaux :</b> .....                   | 10 |
| <b>a. Signature manuscrite :</b> .....                                | 10 |
| <b>b. Frappe dynamique sur le clavier :</b> .....                     | 10 |
| <b>c. Démarche :</b> .....  | 11 |
| <b>d. Voix :</b> .....  | 12 |
| <b>1.3.3. Les modalités biologiques :</b> .....                       | 12 |
| <b>a. Veines de la main :</b> .....                                   | 13 |
| <b>b. Analyse de l'ADN :</b> .....                                    | 13 |
| <b>c. Thermogramme faciale :</b> .....                                | 14 |
| <b>1.4 Evaluation des performances des systèmes biométriques :</b> .. | 15 |
| <b>1.5 Fiabilité des systèmes biométriques :</b> .....                | 16 |

|   |    |
|---|----|
| 1.5.1 Test de vérification :                                    | 16 |
| 1.5.2. Test d'identification :                                  | 19 |
| 1.4. Conclusion :   | 20 |
| Chapitre 2 : La Reconnaissance Biométrique de La Démarche       | 21 |
| 2. Introduction:  | 22 |
| 2.1. Comprendre et caractériser la marche :                     | 24 |
| 2.2. Utilisation de reconnaissance de marche :                  | 27 |
| 2.3. fonction le système de la reconnaissance de démarche:      | 28 |
| 2.3.1. Capture de données de démarche:                          | 29 |
| 2.3.2. Segmentation de la silhouette :                          | 30 |
| 2.3.3. Détection de contour :                                   | 31 |
| 2.3.4. Extraction et classification des caractéristiques :      | 31 |
| 2.4. Système de reconnaissance de marche :                      | 32 |
| 2.4.1. L'acquisition de données :                               | 32 |
| 2.4.1.1. Acquisition de données par vision :                    | 33 |
| 2.4.1.2. Acquisition de données par capteur:                    | 34 |
| 2.4.2. Extraction d'éléments :                                  | 35 |
| 2.4.3. Sélections d'éléments :                                  | 35 |
| 2.4.4. Classification :   | 35 |
| 2.5. avantages et inconvénients de Reconnaissance de la marche  |    |
| :   | 37 |
| a) Avantage :   | 38 |
| b) Inconvénients :  | 38 |
| 2.6. Méthodes de la reconnaissance démarche :                   | 38 |
| 2.6.1. Model based approaches :                                 | 39 |
| 2.6.1.1. Reconnaissance de la démarche basée sur la structure : | 40 |
| 2.6.1.1.1. Reconnaissance de la marche sans marqueur :          | 40 |
| 2.6.1.1.2. Reconnaissance de la marche basée sur un modèle 3D : | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 2.6.2. Model-free approaches :   | 42 |
| 2.6.2.1. Méthode spatio-temporelle :   | 43 |
| 2.6.2.1.1. Approche par modèle temporel :  | 43 |
| 2.6.2.1.2. Approche spatio-temporelles :   | 44 |
| 2.6.2.1.3. Des approche spatio-temporelle améliorées :                               | 44 |
| 2.6.2.2. Méthode des caractéristiques statistiques :                                 | 45 |
| 2.7. Vulnérabilité aux covariables dans la reconnaissance biométrique de la marche : | 46 |
| 2.8. Les défis de la reconnaissance biométrique de la marche :                       | 47 |
| 2.9. Conclusion :  | 48 |
| Chapitre 3 : Conception & Implémentation   | 49 |
| 3. Introduction:   | 50 |
| 3.1. La méthode Image à Énergie Active (AEI) :                                       | 50 |
| 3.1.1. Schéma de travail:  | 50 |
| 3.1.1.2. Présentation de l'AEI:  | 51 |
| 3.1.2. Extraction de caractéristiques:   | 55 |
| 3.1.3. Classification (K-NN) :   | 57 |
| 3.1.4. Base de données (CASIA B) :   | 59 |
| 3.2. Environnement de travail :  | 59 |
| 3.2.1. Présentations d'outils :  | 59 |
| 3.2.1.1. Le hardware :   | 59 |
| 3.2.1.2. Le software:  | 59 |
| Le langage utilisé :   | 59 |
| Matlab 2007 :  | 59 |
| 3.2.2. Présentation de l'application :   | 61 |
| 3.3. Conclusion :  | 64 |
| Conclusion générale:   | 65 |
| Référence :  | 67 |

## Liste des Figure

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 1. 1:Comparaison entre les modalités biométriques. ....</b>                                    | <b>3</b>  |
| <b>Figure 1. 2:Représentation d'une architecture d'un système biométrique .....</b>                      | <b>4</b>  |
| <b>Figure 1. 3:écrit la part de marché de l'examen des modalités biométriques pour l'année 2017.....</b> | <b>6</b>  |
| <b>Figure 1. 4: Système biométrique basé sur les empreintes digitales..</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>Figure 1. 5:système biométrique basé sur l'Iris. ....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>Figure 1. 6:Le visage de l'être humain en tant que modalité biométriques.....</b>                     | <b>8</b>  |
| <b>Figure 1. 7: Système biométrique basé sur les empreintes palmaires.</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>Figure 1. 8: Système biométrique basé sur la signature manuscrite. ....</b>                           | <b>10</b> |
| <b>Figure 1. 9: Système biométrique basé sur la frappe dynamique sur le clavier.....</b>                 | <b>11</b> |
| <b>Figure 1. 10: Système biométrique basé sur la démarche.....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>Figure 1. 11: Système biométrique basé sur la voix.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Figure 1. 12: Système biométrique basé sur les veines de la main. ..</b>                              | <b>13</b> |
| <b>Figure 1. 13: Système biométrique basé sur l'ADN.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>Figure 1. 14: Système biométrique basé sur le thermo-gramme facial .....</b>                          | <b>14</b> |
| <b>Figure 1. 15: Courbe du point d'équivalence des erreurs dans un système biométrique.....</b>          | <b>18</b> |
| <b>Figure 1. 16: Courbe DET .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>Figure 1. 17: Courbe CMC.....</b>   | <b>20</b> |
| <br>   |           |
| <b>Figure 2. 1: Une taxonomie et une chronologie de la reconnaissance de la marche. ....</b>             | <b>23</b> |
| <b>Figure 2. 2: cycle de marche .....</b>  | <b>24</b> |
| <b>Figure 2. 3: La nature mécanique de la marche.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>Figure 2. 4: les étapes de reconnaissance de démarche .....</b>                                       | <b>29</b> |
| <b>Figure 2. 5: les différents types de capture de système de démarche</b>                               | <b>30</b> |
| <b>Figure 2. 6: Extraction de silhouette .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Figure 2. 7: Reconnaissance basée sur la marche .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>Figure 2. 8: schéma acquisition de démarche.....</b>  | <b>33</b> |
| <b>Figure 2. 9: Schéma les méthodes de reconnaissances de démarche</b>                                   | <b>39</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 2. 10:Extraction de caractéristiques à partir de la silhouette du corps humain, neuf points corporels pour chaque séquence, (a) représente le contour du corps formation et (b) figure de bâton 2D formée sur la base de neuf points du corps.....</b> | <b>41</b> |
| <b>Figure 2. 11:quelques exemples de covariables qui peuvent avoir un impact sur la reconnaissance biométrique de la marche .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>Figure 2. 12:Les défis de la reconnaissance biométrique de la marche .....</b>  | <b>48</b> |
| <br>   |           |
| <b>Figure 3. 1:Quelques échantillons de GEI et EGEI. ....</b>  | <b>51</b> |
| <b>Figure 3. 2:quelques échantillons d'IAE : (a) échantillons AEI de la marche normale,(b) échantillons AEI de la marche avec un sac et (c) échantillons AEI de la marche avec un manteau. ....</b>  | <b>54</b> |
| <b>Figure 3. 3:Quelques silhouettes consécutives incomplètes de CASIA_C.....</b>   | <b>55</b> |
| <b>Figure 3. 4:Quelques échantillons d'AEI de CASIA_C. ....</b>  | <b>55</b> |
| <b>Figure 3. 5:L'AEI de trois personnes différentes .....</b>  | <b>57</b> |
| <b>Figure 3. 6:Interface de l'appliation .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>Figure 3. 7:exemple de Silhouette frame Active Images .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>Figure 3. 8:l'Image à Anergie Active.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>Figure 3. 9:exemple Le AEI de frame a reconnaitre .....</b>   | <b>63</b> |
| <b>Figure 3. 10:l'image de la marche la plus proche .....</b>  | <b>64</b> |

### Liste des Tableau

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tableau 1:Aperçu du classificateur le plus adopté pour la reconnaissance de la marche .....</b> | <b>36</b> |
|--|-----------|

## Résumé :

Récemment, la reconnaissance de la marche a attiré une attention considérable. Elle s'agit l'identification d'individus à partir d'une séquence vidéo, en reconnaissant la façon dont ils marchent. L'Énergie active Image (AEI) est considérée comme une des méthode de représentation les plus efficace. Nous implimentons dans ce mémoire l'algorithme AEI en utilisant la base de donnée CASIA (ensembles de données B) pour tester notre méthode.

## Mot clés :

la démarche, Biométrie , Énergie active Image (AEI) , identification , Reconnaissance.

## ملخص:

نال التعرف البيومتري بواسطة طريقة المشي في الآونة الأخيرة اهتمامًا كبيرًا. إذ يقصد به تحديد هوية الأفراد انطلاقًا من الطريقة التي يسيرون بها والتي نستخرجها من صورهم المتسلسلة في فيديو. تعتبر صورة الطاقة النشطة (AEI) واحدة من أكثر الطرق كفاءة. نهتم في هذه المذكرة ببرمجة خوارزمية AEI و لاختبار مدى فعاليتها نستخدم قاعدة بيانات CASIA (مجموعات البيانات B).

## الكلمات الجوهرية :

المشية ، القياسات الحيوية ، صورة الطاقة النشطة ، تحديد الهوية ، التعرف.

## Introduction générale :

La numérisation croissante de notre société a entraîné une explosion de l'accès à l'information dans tous les domaines de l'activité humaine. Cependant, cela a également augmenté la nécessité de garantir la sécurité des systèmes d'information, ce qui a conduit à un intérêt accru pour la recherche dans ce domaine. L'identification des individus est essentielle pour garantir la sécurité des organisations et des systèmes, et la création d'un système d'identification fiable, efficace et puissant est une étape cruciale. La biométrie est un exemple pratique de cette technologie, qui est de plus en plus utilisée dans la vie.

La biométrie est une technologie qui permet de reconnaître les individus en se basant sur des caractéristiques physiques et comportementales uniques telles que l'iris, la voix, les empreintes digitales, le visage, la signature, l'empreinte palmaire ou encore la reconnaissance de démarche.

La biométrie est utilisée dans les systèmes de contrôle d'accès pour offrir un niveau de sécurité supérieur dans les accès physiques (comme l'accès à des bâtiments sécurisés, des aéroports ou des laboratoires) et les accès logiques (comme l'accès à des ordinateurs ou des comptes bancaires). La biométrie comprend deux aspects principaux : l'identification (reconnaissance) et l'authentification.

En effet, la démarche humaine peut être capturée à distance sans nécessiter la coopération du sujet, contrairement à d'autres modalités biométriques telles que l'empreinte digitale ou l'iris. La reconnaissance de la démarche peut donc être largement appliquée dans de nombreux domaines tels que la surveillance vidéo et le transport intelligent. Cette technologie de biométrie est considérée comme pratique et polyvalente pour sa capacité à identifier les individus à distance.


En effet, il existe plusieurs facteurs qui peuvent affecter les performances de la reconnaissance automatique de la démarche, tels que la position de la caméra, la surface de marche, les vêtements et l'état de transport. La conception d'un système robuste capable de résoudre ces problèmes reste un défi pour les chercheurs.

Dans notre projet, nous mettons en œuvre une approche spatio-temporelle appelée Image à Anergie Active (AEI) proposée par Zhang pour caractériser la marche humaine. Nous calculons les modèles réels à partir de séquences de silhouette d'entraînement, puis nous générons les modèles synthétiques en éliminant la distorsion de silhouette des séquences d'entraînement. Enfin, nous effectuons la reconnaissance en utilisant la méthode de test K-NN.

Ce mémoire se décompose en trois chapitres :

- Le chapitre 1 comporte une présentation de la reconnaissance biométrique
- Le chapitre 2 présente la reconnaissance biométrique de la marche
- Le chapitre 3 explique la méthode Image à Anergie Active (AEI) (Gait Recognition Using Active Energy Image )

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale.



# Chapitre 1 : La Reconnaissance Biométrique

## **1. Introduction :**

La biométrie est un ensemble de toutes les techniques informatiques utilisées pour reconnaître automatiquement les personnes en fonction de leurs caractéristiques physiques, biologiques et même comportementales. Les données biométriques sont des données personnelles car elles permettent d'identifier un individu.

Ce chapitre définit la biométrie et comment les utiliser. Ensuite, nous décrivons son fonctionnement et l'architecture générale des systèmes biométriques. Enfin, nous présentons les limites et les problèmes d'évaluation de ces systèmes.

### **1.1. Présentation générale de la biométrie :**

#### **1.1.1. Définition :**

Le terme « biométrie » vient des mots grecs « bios » signifiant vie et « métrique » signifiant mesure [1]. La biométrie désigne donc l'attribution d'une identité à un individu en reconnaissant automatiquement une ou plusieurs de ses caractéristiques physiques ou comportementales (empreintes digitales, visage, démarche, voix, etc.) préalablement enregistrées dans une base de données [2].

#### **1.1.2. Caractéristiques biométriques :**

Le choix des propriétés physiques est important. ils doivent tous être en même temps [1,3]:

- **Uniques** : La capacité de distinguer un individu d'un autre.
- **Permanentes** : Stable tout le temps.
- **Universelles** : présent chez tous les individus.

- **Enregistrables** : Capacité à capturer les caractéristiques individuelles avec des capteurs appropriés qui ne dérangent pas l'individu.
- **Performance**: En d'autres termes, la reconnaissance doit être précise et rapide.

| Techniques biométriques | universelles | uniques distinctif | Permanente | Enregistrable Mesurable | Performance Acceptabilité |
|-------------------------|--------------|--------------------|------------|-------------------------|---------------------------|
| Empreintes digitales    | Moyenne      | Haute              | Haute      | Moyenne                 | Moyenne                   |
| Visage                  | Haute        | Faible             | Moyenne    | Haute                   | Haute                     |
| Iris                    | Haute        | Haute              | Haute      | Moyenne                 | Faible                    |
| Rétine                  | Haute        | Haute              | Moyenne    | Faible                  | Faible                    |
| ADN                     | Haute        | Haute              | Haute      | Faible                  | Faible                    |
| Signature               | Faible       | Faible             | Faible     | Haute                   | Haute                     |
| Voix                    | Moyenne      | Faible             | Faible     | Moyenne                 | Haute                     |
| Démarche                | Moyenne      | Faible             | Faible     | Haute                   | Haute                     |
| Frappe clavier          | Faible       | Faible             | Faible     | Moyenne                 | Moyenne                   |
| Veines d main           | Moyenne      | Moyenne            | Moyenne    | Moyenne                 | Moyenne                   |

**Figure 1. 1: Comparaison entre les modalités biométriques.[8]**

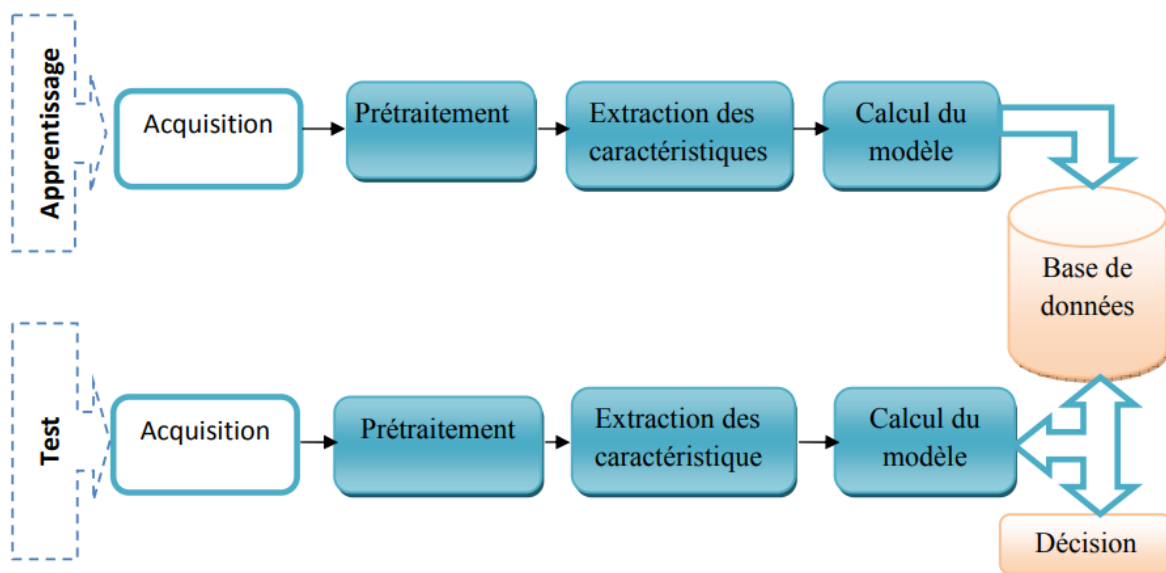
### 1.1.3. Domaines d'applications :

Les champs d'application de la biométrie sont très larges. En fait, tous les domaines qui nécessitent une vérification ou une vérification de l'identité d'un individu seront touchés. Les applications biométriques peuvent donc être divisées en trois groupes principaux.[4]:

- **Applications légales**: Contrôles d'identité, enquêtes criminelles, identification de terroristes, etc.
- **Applications gouvernementales**: Cartes d'identité, permis de conduire, sécurité sociale, contrôle des frontières, contrôle des passeports, etc.
- **Applications commerciales**: Réseaux informatiques ouverts, sécurité des données électroniques, commerce électronique, accès Internet, cartes de crédit, contrôle d'accès physique, téléphones portables, gestion des dossiers médicaux, enseignement à distance, etc.

## 1.2.Système biométrique :

Un système biométrique est un système de reconnaissance personnelle qui permet d'identifier des individus en fonction de leurs caractéristiques physiologiques ou comportementales. Le modèle nécessite que l'utilisateur soit enregistré dans le système. Si vous n'êtes pas enregistré, vous pouvez obtenir une référence biométrique. Ce modèle est stocké en toute sécurité dans une base de données centrale ou une carte à puce délivrée à l'utilisateur .Les modèles sont utilisés pour l'appariement lorsqu'un individu doit être identifié.Selon le contexte, les systèmes biométriques peuvent être utilisés en mode vérification (authentification) ou en mode identification. [5]



**Figure 1. 2:Représentation d'une architecture d'un système biométrique**

En fonction de cela, les systèmes biométriques peuvent fonctionner en mode d'inscription, en mode de vérification ou en mode d'identification.[6]

→ **Le mode d'inscription «Le mode d'enrôlement»:** Une phase d'apprentissage visant à collecter des informations biométriques sur la personne identifiée. Dans cette phase, les caractéristiques biométriques de l'individu sont saisies par un capteur biométrique représenté sous forme numérique (une signature), et Stocké en permanence dans la base de données.[6]

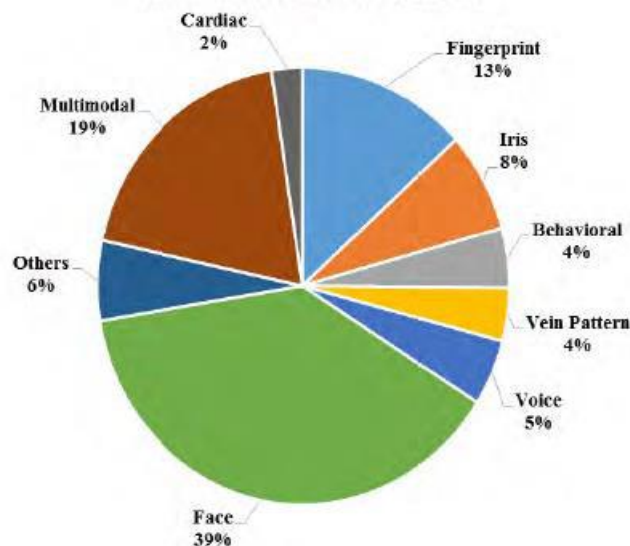
→ **Le mode de vérification ou authentification:** est une comparaison un à un. Cela permet au système de comparer les données pour confirmer l'identité de l'individu d'une données biométriques saisies à l'aide du modèle biométrique de la personne stocké dans la base de données du système. Dans un tel mode, le système doit alors répondre à la question suivante: «Suis-je réellement la personne que je suis en train de proclamer?». La vérification se fait actuellement à l'aide d'un numéro d'identification personnel, d'un nom d'utilisateur ou d'une carte à puce.[6]

→ **Le mode d'identification:** est une comparaison "un à N", le système reconnaît une personne en l'associant à l'un des modèles de la base de données. La personne peut ne pas exister dans la base de données. Ce mode consiste à attribuer des identités aux individus. C'est-à-dire répondre à des questions telles que :« Qui suis-je ? ».[6]

### 1.3. Les techniques biométriques:

Les techniques biométriques peuvent être divisées en trois groupes[7]:

- Analyse morphologique ou physique (empreintes digitales, formes des mains, traits du visage, etc.).
- Les traces biologiques (odeur, ADN,...).
- L'analyse comportementale (dynamique du tracé de la signature, frappe sur un clavier...)



**Figure 1. 3:écrit la part de marché de l'examen des modalités biométriques pour l'année 2017.[13]**

### **1.3.1.Les modalités morphologiques:**

Ces types de systèmes sont basés sur l'identification de certaines caractéristiques physiques qui sont uniques et permanentes chez chaque personne.Cette catégorie comprend la reconnaissance de l'iris, des empreintes digitales, de la géométrie de la main, de la géométrie du visage,de la rétine, de l'ADN.[8]

#### **a. Les Empreintes digitales :**

Il s'agit de l'une des premières méthodes d'authentification biométrique. La formation des empreintes digitales, dépend des conditions initiales de l'embryogenèse et sera unique pour cframes personne et même pour chaque doigt[8].Il existe plusieurs types de détails. Ce type de technologie biométrique est utilisé par les institutions financières pour leurs clients, ainsi que dans les hôpitaux, les écoles, les aéroports, etc.[9]



**Figure 1. 4: Système biométrique basé sur les empreintes digitales.**  
[8]

### **Avantages :**

- Prix faible
- Taille du lecteur biométrique n'est pas volumineuse
- Système reste très simple à mettre en place.
- Utilisation facile

### **Inconvénients :**

- L'inscription de toutes les parties concernées, ce qui peut poser un problème dans le cas où une maladie soit physique ou psychologique.

### **b. L'iris :**

L'iris est une région sous forme d'anneau, située entre la pupille et le blanc de l'œil, elle est unique. L'iris a une structure extraordinaire et offre de nombreuses caractéristiques de texture qui sont uniques pour chaque individu. La reconnaissance de l'iris a été développée dans les années 80, elle est donc considérée comme une technologie récente. L'image de l'iris est capturée par un appareil qui contient une caméra infrarouge, lorsque la personne se place à une courte distance de l'appareil. [10]



**Figure 1. 5: système biométrique basé sur l'Iris.**[8]

### **Avantages :**

- Grande quantité d'informations contenue dans l'iris
- Les structures de l'iris restent stables durant toute la vie
- Les vrais jumeaux sont non confondus

### **Inconvénients :**

- les gens ont du mal à accepter cette biométrie.
- La fiabilité diminue proportionnellement à la distance entre l'œil et la camera.
- L'acquisition des images exige une certaine formation et de la pratique

### **c. Le visage :**

Cela implique de capturer la forme du visage d'une personne et d'extraire certaines informations considérées comme évidentes à des fins d'authentification. Selon le système utilisé, une personne peut être placée devant votre appareil ou un peu plus loin. Les données biométriques obtenues sont comparées à un fichier de référence. Au début des années 1970, la reconnaissance faciale était principalement basée sur des attributs faciaux mesurables tels que les yeux, les sourcils, la distance des lèvres, la position et la forme du menton. Diverses techniques ont été utilisées depuis les années 1990 qui utilisent toutes les découvertes dans le domaine du traitement d'images et de l'analyse de données [10].



**Figure 1. 6:Le visage de l'être humain en tant que modalité biométriques.[8]**

### **Avantages :**

- Technique acceptable par le public

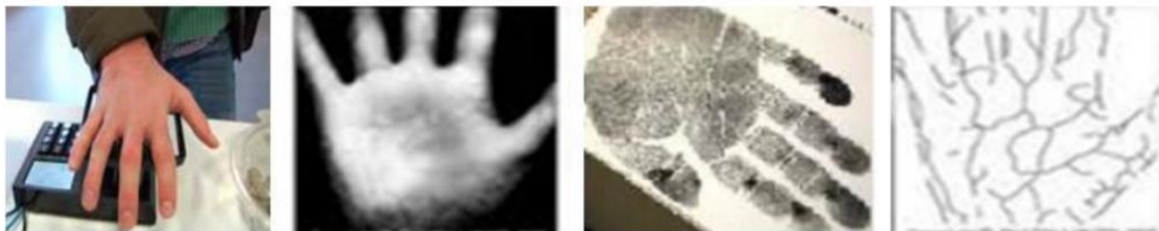
- Technique peu coûteuse et peut s'appuyer sur l'équipement d'acquisition des images actuel.

#### **Inconvénients :**

- Les changements physiques peuvent tromper le système
- Les vrais jumeaux ne sont pas différenciés.
- La technique est trop sensible au changement d'éclairage ou de l'angle de l'appareil photos.

#### **d. Empreinte palmaire :**

Cette technique utilise la surface intérieure de la paume pour l'identification et/ou la vérification des personnes (**Figure 1.7**). Elle est bien adaptée pour les systèmes à moyenne sécurité telle que le contrôle d'accès physique ou logique [10].



**Figure 1. 7: Système biométrique basé sur les empreintes palmaires.[8]**

#### **Avantages :**

- Presque disponible par tous les individus.
- Facile à utiliser, elle a une grande acceptation par le public.
- Après l'utilisation, la main reste propre et ne laisse aucune trace.

#### **Inconvénients :**

- Elle n'est pas permanente en termes de changements tels que: le vieillissement naturel.
- Peut être similaire dans des jumeaux ou dans des membres de la famille.

### 1.3.2. Les modalités comportementaux :

Ce type de système est basé sur l'analyse des comportements spécifiques d'une personne, tels que les contours de la signature, la démarche, les méthodes de frappe au clavier, etc.

#### a. Signature manuscrite :

C'est une écriture personnelle d'un individu, la vérification de la signature est basée sur deux modes :

*Mode statique* : La vérification de signature statique met l'accent sur la géométrie de la signature. Dans ce mode, la signature est normalement normalisée à une taille connue, puis décomposée en éléments uniques.

*Mode dynamique* : Utiliser des propriétés dynamiques telles que l'accélération, la vitesse et le profil de trajectoire de signature [11].



**Figure 1. 8: Système biométrique basé sur la signature manuscrite.**

[8]

#### Avantages :

- Peut protéger l'ensemble de vos fichiers personnels.
- Très acceptable par l'utilisateur

#### Inconvénients :

- Grande possibilité de fraude.
- Grande variabilité durant le temps (vous ne pouvez pas maintenir la même forme de la signature pour toute la vie).

#### b. Frappe dynamique sur le clavier :

C'est un système qui reconnaît les gens Grâce à un logiciel qui calcule

la vitesse de frappe, l'ordre des lettres, le temps de frappe et les pauses entre chaque mot en fonction de son style d'écriture [11].



**Figure 1. 9: Système biométrique basé sur la frappe dynamique sur le clavier.[8]**

**Avantage :**

- Sécurité bien précise.
- Forte acceptation par l'utilisateur.

**Inconvénients :**

- N'est pas permanent durant toute la vie (âge, émotion, fatigue).
- N'est pas plus pratique.

**c. Démarche :**

Chaque personne a une manière particulière de marcher. Des types de mouvement de jambe, de bras, d'articulation ou des mouvements spécifiques obtenus à partir d'une caméra vidéo peuvent être envoyés à un ordinateur et analysés pour mesurer la vitesse et l'accélération afin d'identifier un individu [11].



**Figure 1. 10: Système biométrique basé sur la démarche.[8]**

**Avantage :**

- Très acceptable par les individus.

### **Inconvénients :**

- N'est pas permanent (âge, fatigue, maladie)

### **d. Voix :**

La voix humaine varie d'une personne à une autre et peut se constituer de composantes physiologiques et comportementales. L'identification par la voix est basée sur la forme et la taille des appendices (bouche, cavités nasales et les lèvres) et utilisées dans la synthèse du son [ 12] .La reconnaissance des locuteurs est plus utilisée par les téléphones, les corps policiers, les hôpitaux.



**Figure 1. 11: Système biométrique basé sur la voix.[8]**

### **Avantage :**

- La dynamique des ondes produites est unique.
- Très bien acceptée parce que la voix est un signal naturel à produire.

### **Inconvénients :**

- Sensibilité aux bruits lors d'acquisition.
- Possibilité de fraude par enregistrement.
- Caractéristiques comportementales changent avec le temps.
- Biométrie moins permanent.

### **1.3.3. Les modalités biologiques :**

Ce type de système se base sur l'analyse de l'odeur, le sang, la salive, l'urine, l'ADN, ...etc.

### a. Veines de la main :

Les vaisseaux sanguins du réseau de la main varient d'une personne à l'autre. L'analyse de cette différence peut créer des points permettant de distinguer une personne d'une autre.



Figure 1. 12: Système biométrique basé sur les veines de la main.[8]

### Avantage :

- Difficile à falsifier.
- Ne nécessite pas de contact.

### Inconvénients :

- Très cher.

### b. Analyse de l'ADN :

C'est le moyen le plus précis pour identifier les hommes. Trouver deux personnes avec le même ADN est impossible. Cette modalité a l'avantage d'être unique et permanente [11].

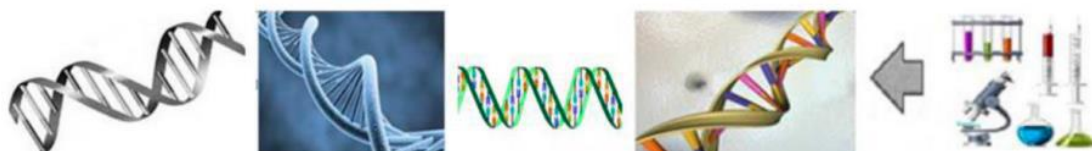


Figure 1. 13: Système biométrique basé sur l'ADN.[8]

### Avantage :

- Il facilite la détection des délinquants.

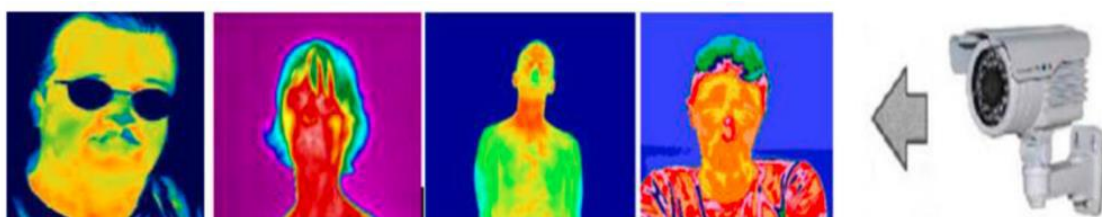
- Distinguer les individus avec une grande précision.

### **Inconvénients :**

- Avoir un coût élevé.
- Lente pour obtenir les résultats.

### **c. Thermogramme faciale :**

la quantité de chaleur émise par les différentes parties de visage caractérise chaque individu. Cela dépend non seulement de l'emplacement des veines, mais aussi de l'épaisseur du squelette, de la quantité de tissu, de muscle, de graisse, etc. Contrairement à la reconnaissance faciale, la chirurgie plastique a peu d'effet sur le thermogramme facial. Les images peuvent être capturées à l'aide d'une caméra dans la gamme infrarouge ou d'un appareil photo numérique. La détection peut se faire dans toutes les conditions d'éclairage et même dans l'obscurité totale. C'est un avantage par rapport à la reconnaissance faciale traditionnelle [11].



**Figure 1. 14: Système biométrique basé sur le thermo-gramme facial**  
[8]

### **Avantage :**

- distingue des jumeaux.

- reconnaître les visages, même dans l'obscurité.

### **Inconvénients :**

- Influencée par des facteurs tels que la température du corps et l'état émotionnel.

## **1.4 Evaluation des performances des systèmes biométriques :**

Chaque caractéristique (ou modalité) biométrique présente des avantages et des inconvénients, et le choix dépend de l'application visée. Aucune modalité biométrique ne répond efficacement aux besoins de toutes les applications. En d'autres termes, aucun système biométrique n'est "optimal". L'adaptation d'un système biométrique particulier à une application dépend du mode de fonctionnement de l'application et des caractéristiques biométriques sélectionnées. Plusieurs études ont été réalisées pour évaluer les performances des systèmes d'authentification biométrique. Par exemple, la société américaine International Biometric Group [IBG] a mené une étude basée sur quatre critères : [6]

- **coût** : doit être modéré. Reconnaissance du visage ne nécessitent pas de techniques coûteuses. En fait, la plupart des systèmes fonctionnent avec des appareils photo numériques de qualité standard. [6]

- **fiabilité** : Cela dépend de la qualité de l'environnement dans lequel se trouve l'utilisateur (par exemple, l'éclairage). Ce critère influe sur la reconnaissance de l'utilisateur par le système. [6]

- **Intrusivité** : Ce critère permet de classer les systèmes biométriques. Présence d'un contact direct entre le capteur utilisé et la personne à reconnaître. La reconnaissance faciale est une technique « non intrusive », car il n'existe aucun contact entre le capteur (la caméra) et le sujet, elle est bien acceptée par les utilisateurs à l'inverse d'autres

techniques « intrusives » comme l'iris où un contact direct est nécessaire entre le capteur et l'œil. [6]

- **effort** : effort de l'utilisateur dans la saisie des mesures biométriques doit être réduit autant que possible. La reconnaissance faciale est la méthode d'authentification biométrique la plus simple car elle est non contraignante.[6]

Les résultats de cette étude peuvent être présentés comme suit : [6]

- **Techniques de la plus simple à la plus difficile** : le visage, la signature, l'iris, la frappe sur le clavier, la voix, l'empreinte digitale, la main et enfin la rétine.

- **Du moins cher au plus cher** : la frappe sur le clavier, la voix, la signature, l'empreinte digitale, le visage, la main, la rétine et enfin l'iris.

- **Du plus fiable au moins fiable** : l'iris, la rétine, l'empreinte digitale, le visage, la main, la voix, et enfin à un niveau équivalent, la frappe sur le clavier et la signature.

- **les techniques les moins "intrusives" aux plus "intrusives"** : la voix, la frappe sur le clavier, la signature, la main, le visage, l'empreinte digitale, l'iris et enfin la rétine.

## **1.5 Fiabilité des systèmes biométriques :**

Lors de la vérification ou de la fiabilité des systèmes d'authentification biométrique Deux tests principaux sont utilisés pour l'identification : [6]

### **1.5.1 Test de vérification :**

Une tâche de vérification nécessite que l'utilisateur final fasse une demande pour authentifier son identité. Par exemple: S'il annonce "Je suis Monsieur "Mouhamed", le système biométrique doit décider si l'identité déclarée par l'utilisateur est acceptée ou non. Ensuite, deux taux sont calculés :[6]

- **Le Taux de Fausses Acceptations ou False-Acceptance Rate (FAR)**, il exprime le pourcentage d'utilisateurs acceptés par le système alors qu'ils devraient être rejetés.

- **Le Taux de Faux Rejets ou False-Rejection Rate (FRR)**, il exprime le pourcentage d'utilisateurs rejetés alors qu'ils devraient être acceptés par le système.

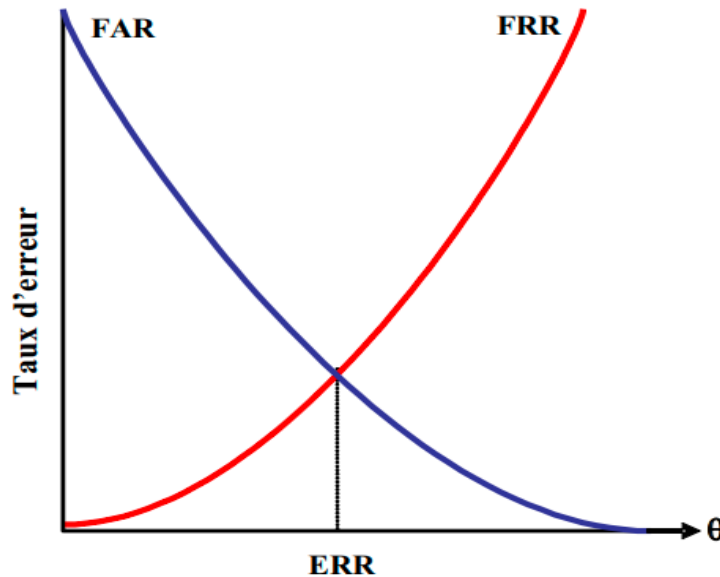
**Un test de validation peut être formulé comme suit :**

Soient  $X_Q$  le vecteur de caractéristiques de la personne proclamée  $I$ ,  $X_t$  le vecteur de caractéristiques de la personne  $I$  stockée dans la base de données,  $S(X_Q, X_t)$  la fonction de similarité entre le vecteur  $X_Q$  et  $X_t$ . La fonction  $S$  donne le score de similarité entre les mesures biométriques de la personne de la base de données et la personne proclamée. Le test de vérification est alors défini par la fonction  $(I, X_Q)$ , telle que :[6]

$$(I, X_Q) = \begin{cases} w_1 & \text{Si } S(X_Q, X_t) \geq \theta \\ w_2 & \text{Sinon} \end{cases} \dots \dots \dots (1.1)$$

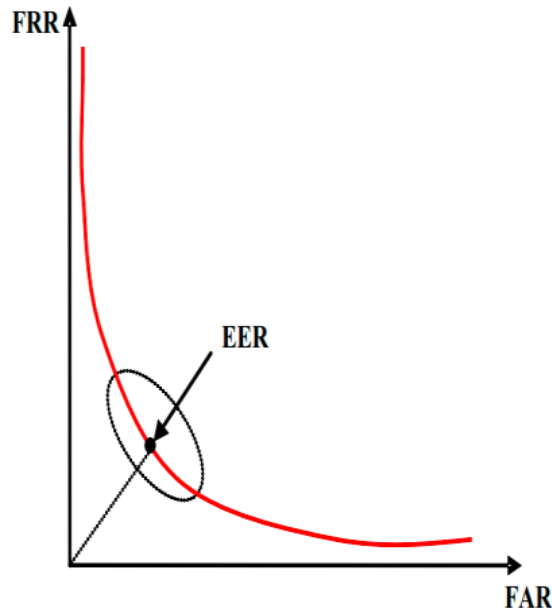
Où  $w_1$  indique que la personne proclamée est vraie et  $w_2$  qu'elle est un imposteur. Le choix du seuil de similarité est important car il influe directement sur les performances du système. Un seuil trop petit entraîne l'apparition d'un grand nombre de faux rejets, tandis qu'un seuil trop grand engendre un taux important de fausses acceptations. La statistique la plus simple pour mesurer la performance d'un algorithme dans le contexte de la vérification est de calculer le point d'équivalence des erreurs (Equal Error Rate - EER). Le point d'équivalence des erreurs, ou taux d'exactitude

croisée, est déterminé par le point d'intersection entre la courbe du taux de fausses acceptations et la courbe du taux de faux rejets. Un exemple de courbes d'erreurs croisées est donné à la figure (1.15). [6]



**Figure 1. 15: Courbe du point d'équivalence des erreurs dans un système biométrique.[6]**

L'évaluation passe également par le tracé de statistiques complexes, comme la courbe « Detection Error trade-off (DET) ». Cette courbe donne le FRR en fonction du FAR. Elle est tracée de manière paramétrique en fonction des valeurs du seuil  $\Theta$ . [6]



**Figure 1. 16: Courbe DET[6]**

### 1.5.2. Test d'identification :

On peut formuler le test d'identification de la façon suivante: Soient  $X_Q$  le vecteur de caractéristiques, pour déterminer l'identité  $I_k$ ,  $k \in \{1, 2, \dots, N, N+1\}$ , on calcule la fonction  $(I, X_Q)$  définie par :[6]

$$(I, X_e) = \begin{cases} I_K \text{ Si } \max_K \{S(X_Q, X_{I_K})\} \geq \theta, K = 1, \dots, N, \\ I_{N+1} \text{ Sinon} \end{cases} \dots \dots \dots (1.2)$$

où  $I_1, \dots, I_N$  sont les identités enrôlées,  $I_{N+1}$  une identité rejetée  $X_{I_K}$ , la signature biométriques qui correspond à l'identité  $I_k$ , et  $\theta$  le seuil.[6]

Le test d'identification représente la mesure la plus couramment utilisée, mais il n'est pas toujours suffisant. En effet, en cas d'erreur, il peut être utile de savoir si le bon choix se trouve parmi les  $N$  premières réponses du système. On trace alors la courbe Cumulative Match Characteristics (CMC) qui

représente la probabilité que le bon choix se trouve parmi les N premiers .Comme l'illustre la figure 1.17. [6]

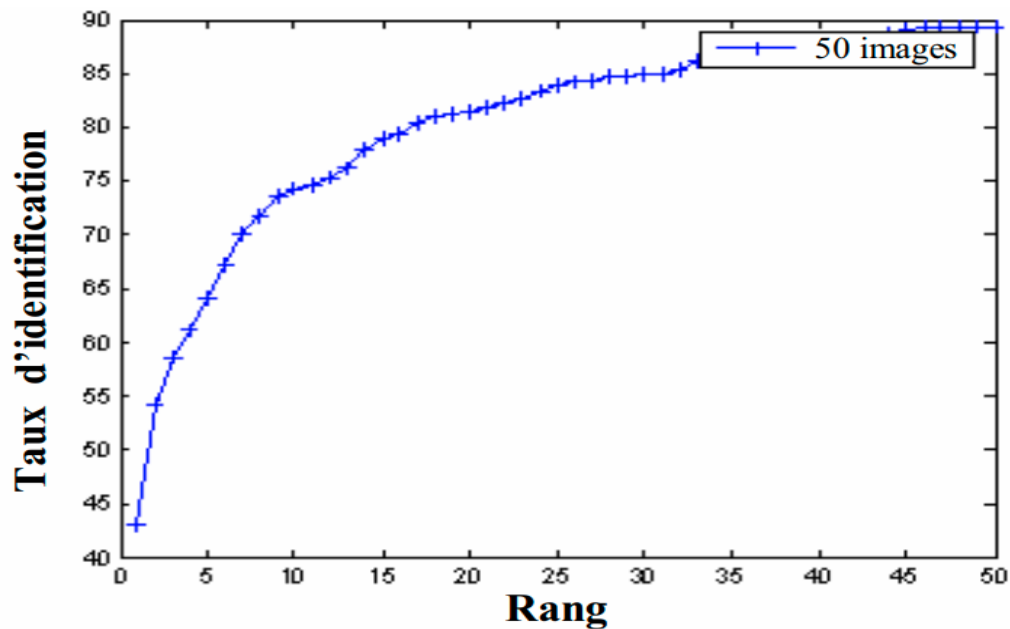
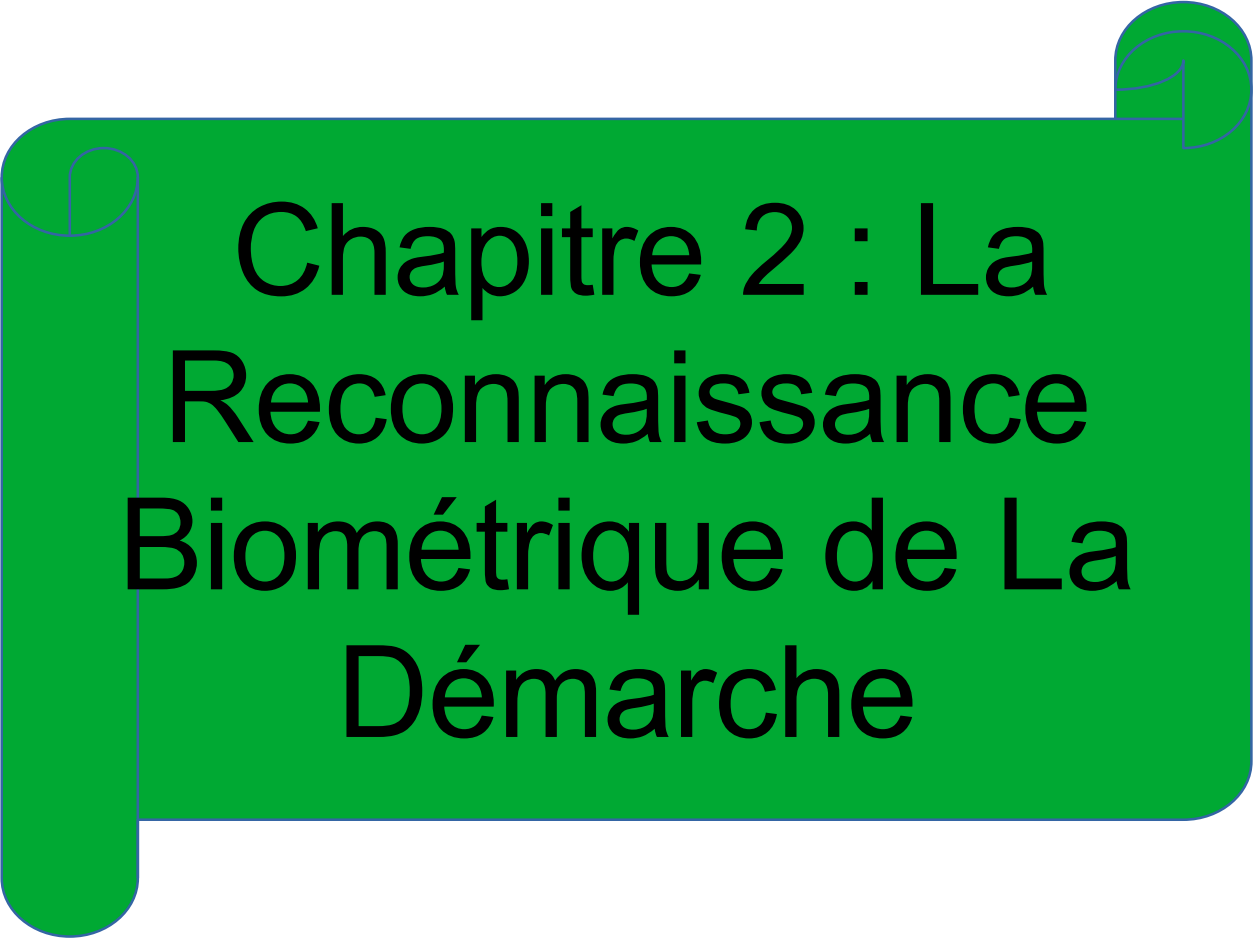


Figure 1. 17:Courbe CMC.[6]

#### 1.4. Conclusion :

Chaque technologie biométrique a ses avantages, mais aussi quelques inconvénients acceptables ou non selon l'application. Ces technologies n'offrent pas les mêmes les niveaux de sécurité sont les mêmes en termes de convivialité, mais pas la même précision.

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue la principale technologie biométrique, la biométrie, les modalités biométriques. Nous avons vu que ces derniers dépendent de plusieurs facteurs et varient d'un système à l'autre.

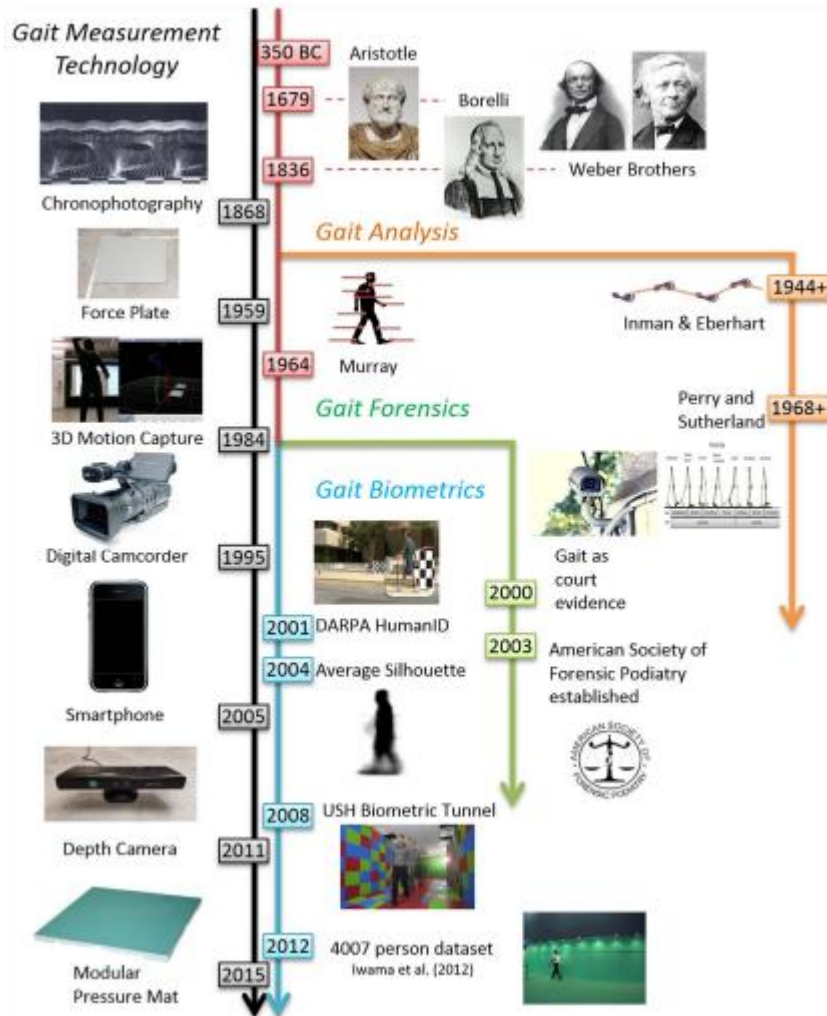


# Chapitre 2 : La Reconnaissance Biométrique de La Démarche

## 2. Introduction:

La démarche est l'un des nombreux traits physiques et comportementaux d'un individu qui peuvent être utilisés pour reconnaître une personne. La démarche fait référence à la façon de marcher d'une personne. Un certain nombre d'études ont établi le potentiel d'utiliser les informations relatives à la démarche pour distinguer les individus. La démarche a même été utilisée dans des affaires criminelles pour identifier les auteurs d'infractions sur la base de leur comportement de marche. La chronologie et la taxonomie décrites la figure 2.1 indiquent l'utilisation de la reconnaissance de la marche dans trois domaines d'application

principaux domaines d'application : l'analyse de la démarche, la criminalistique de la démarche et la biométrie de la démarche. Comme le montre également cette figure, l'introduction de nouvelles technologies habilitantes a fait progresser de manière significative l'étude objective de la démarche. [24]



**Figure 2. 1: Une taxonomie et une chronologie de la reconnaissance de la marche.[24]**

Selon des études menées par différents chercheurs chaque cycle de marche peut généralement être subdivisé en deux phases différentes. La première étape est la phase d'appui, lorsque les pieds de la personne sont en contact avec le sol. Et la phase pendulaire, qui représente la période pendant laquelle le pied est en l'air, c'est-à-dire la période pendant laquelle le pied n'est pas en contact avec le sol. [14]

La phase de position du style de marche d'une personne peut être divisée en cinq parties :

**Frappe du talon :** les talons touchent le sol.

**Pied plat :** Une position dans laquelle les pieds sont en contact total avec le sol.

**Mid-Stance:** Il s'agit du milieu de la phase d'appui.

**Heel Off :** C'est la partie où le talon quitte le sol.

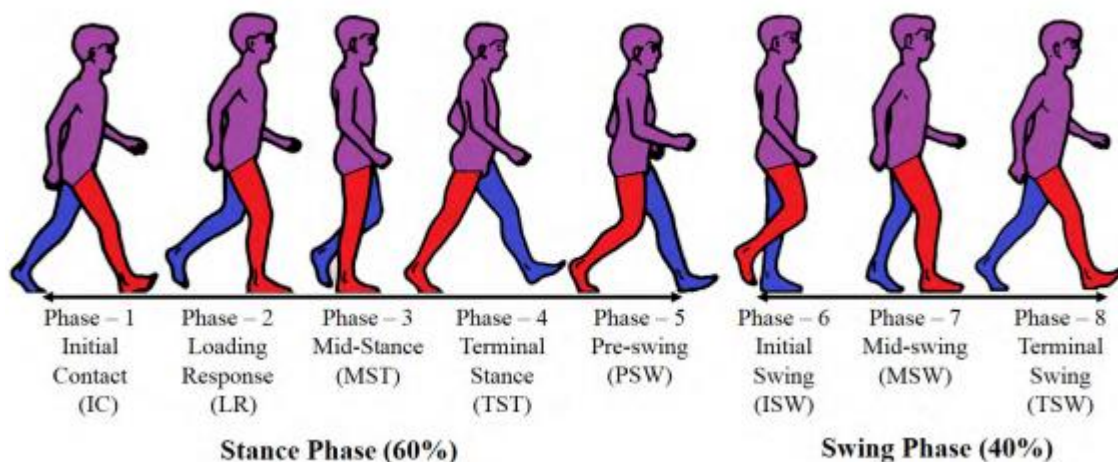
**Toe Off :** C'est le composant lorsque l'orteil quitte le sol.

comme la phase d'appui, la phase d'oscillation est également composée de plusieurs éléments :

**Accélération :** Une personne essaie d'accélérer ses jambes vers l'avant.

**Le milieu du swing :** C'est une composante pour laquelle une jambe reste au centre de la phase d'oscillation d'une phase d'élan .

**Désaccélération :** Une personne essaie d'arrêter la jambe et se prépare pour la prochaine phase de stance.[14]



**Figure 2. 2:cycle de marche [18]**

## 2.1. Comprendre et caractériser la marche :

Qu'est-ce qui caractérise la démarche ? Puisque nous intéressons ici à identifier l'ensemble des caractéristiques de la démarche qui permettent d'identifier les individus de manière unique, il convient de comprendre les différents facteurs qui influencent la génération de la démarche.

Plusieurs études indiquent que les gens peuvent déduire non seulement l'identité d'une personne, mais aussi son sexe, en fonction de sa démarche. Certaines techniques de reconnaissance de la démarche peuvent même distinguer des personnes d'ethnies différentes, ce qui pourrait s'expliquer par le fait qu'il a été démontré que certains paramètres d'analyse de la démarche varient en fonction de l'ethnicité. Cela pourrait être le résultat d'influences culturelles ou sociologiques, même s'il est clair que les caractéristiques de la démarche sont principalement dictées par des traits physiques. En effet, la longueur de la foulée, les amplitudes angulaires des articulations, le centre de masse, etc., sont influencés par la structure du squelette et la musculature. L'acte de marcher est également influencé par l'état émotionnel, bien que les caractéristiques de la démarche induites par les émotions soient plus ou moins marquées.

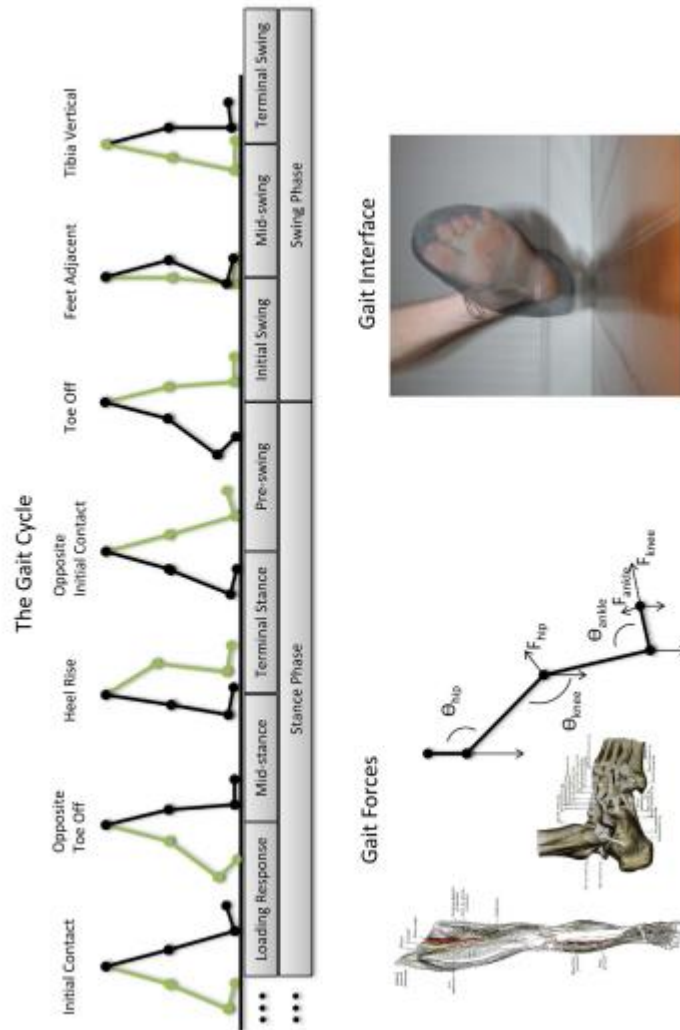
La simple marche est une action finement chorégraphiée, coordonnant l'activation d'un grand nombre de muscles sur une structure osseuse complexe afin de fournir une forme de locomotion efficace sur le plan énergétique.

Le domaine de l'analyse de la marche décompose le cycle de marche standard en sept étapes et deux phases : la phase d'élan et la phase d'appui. Pendant que les jambes se déplacent, les bras se balancent en phase avec la jambe opposée et le tronc se déplace de haut en bas et d'un côté à l'autre en déplaçant son centre de masse vers le membre d'appui afin de maintenir l'équilibre. Le pied lui-même est un réseau complexe d'os et de muscles et constitue l'interface du corps avec la surface de marche.

Puisque la démarche repose en grande partie sur une base mécanique, il semblerait de suggérer que les personnes de même sexe, âge, origine ethnique, etc. auront des similitudes de démarche en partie à cause de similitudes dans leur physique. Par exemple, les hommes ont tendance à être plus grands et plus musclés que les femmes et ont donc une foulée plus longue et une vitesse de marche naturelle plus élevée. La vitesse de marche diminue également avec l'âge (quel que soit le sexe) en raison d'une réduction de la longueur de la foulée plutôt que de la

cadence. Samson et al. (2001) [26] ont déterminé que ce phénomène était en partie dû aux différences de taille et de poids entre les sujets jeunes et âgés. Les différences physiques entre les ethnies peuvent également influencer les paramètres de la marche.

La démarche peut varier temporairement en fonction de changements de caractéristiques physiques ou de circonstances telles que la vitesse de marche et le port de charges. La longueur et le volume d'un pied peuvent varier respectivement de 5 mm et de 4,4 % entre le matin et le soir, ce qui peut affecter légèrement la répartition du poids. La vitesse de marche affecte la démarche. L'ajout d'une charge peut également modifier les paramètres de la démarche, y compris leur consistance, bien que de petites charges de 10 % du poids corporel ou moins ne semblent pas avoir un effet très important sur la reconnaissance de la démarche. L'ajout d'une charge importante favorise la réduction de la vitesse de marche, ces deux variables sont donc liées. [24]



**Figure 2. 3:La nature mécanique de la marche.[24]**

## **2.2. Utilisation de reconnaissance de marche :**

Les systèmes de reconnaissance de la démarche peuvent en effet avoir de nombreuses applications pratiques, en plus de leur utilisation pour la sécurité dans les espaces publics. La technologie développée par Watrix pourrait être utilisée pour améliorer la sécurité dans les maisons intelligentes, en alertant les propriétaires de la présence de personnes non autorisées ou de comportements suspects. Dans les maisons de retraite, cette technologie pourrait aider à détecter les chutes des patients et à

alerter rapidement le personnel pour une intervention rapide. Dans les hôpitaux, la reconnaissance de la démarche pourrait être utilisée pour aider au diagnostic de troubles neurologiques et à la planification de thérapies de réadaptation, en analysant les changements de la démarche au fil du temps. Les athlètes pourraient également utiliser cette technologie pour améliorer leur entraînement, en surveillant leur propre démarche pour détecter les déséquilibres et les défauts dans leur technique de course. Cela pourrait aider à prévenir les blessures et à améliorer les performances sportives. Cependant, il est important de noter que la technologie de reconnaissance de la démarche soulève également des questions de vie privée et de sécurité. Si les systèmes de reconnaissance de la démarche sont largement déployés, il pourrait y avoir des préoccupations quant à la collecte et à l'utilisation de données biométriques sensibles. Il est donc important de mettre en place des protocoles de sécurité robustes pour protéger les données personnelles et assurer la confidentialité des utilisateurs. [15]

### **2.3. fonction le système de la reconnaissance de démarche:**

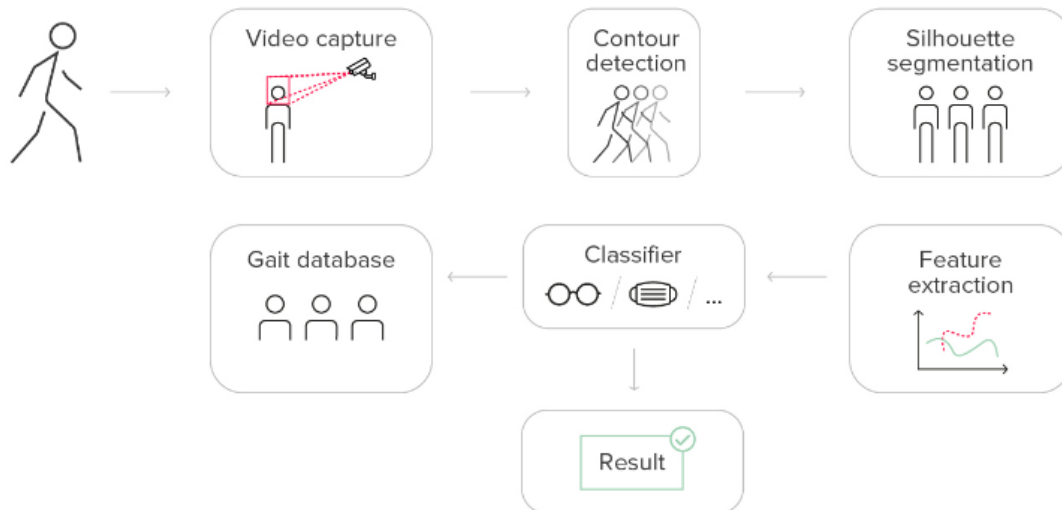
En effet, les systèmes de reconnaissance de la démarche peuvent être composés de plusieurs éléments. Le système le plus courant est basé sur quatre composants principaux :

**saisie des données de la marche;**

**segmentation de la silhouette;**

**détection des contours;**

**extraction de caractéristiques et classification;**

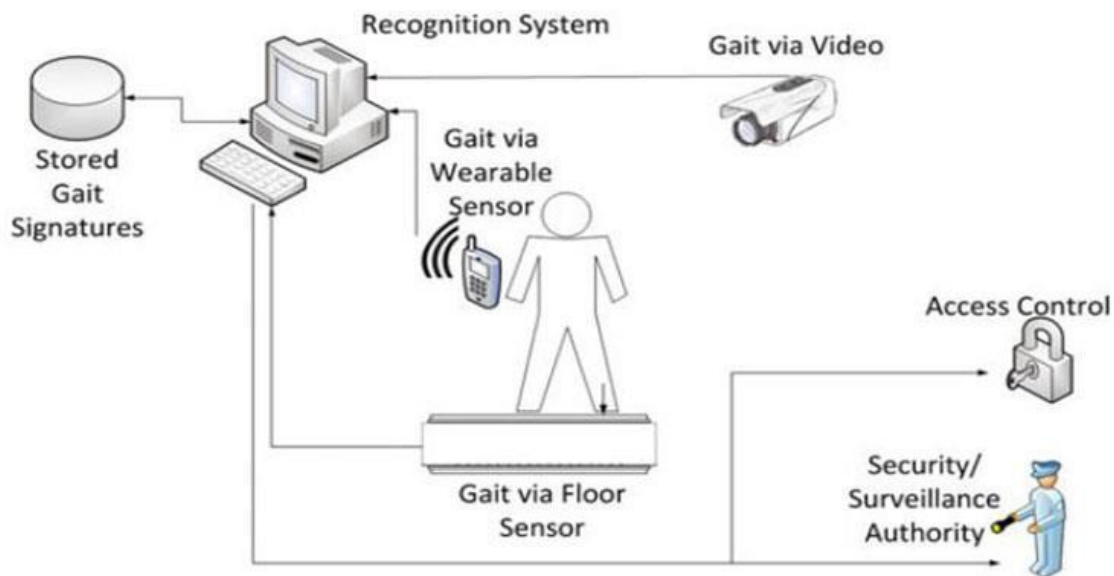


**Figure 2. 4: les étapes de reconnaissance de démarche[15]**

### 2.3.1. Capture de données de démarche:

Des caméras vidéo ou des capteurs portables peuvent être utilisés pour capturer la démarche. L'exemple le plus notable de ces capteurs est peut-être les costumes spéciaux que les acteurs portent sur le plateau afin que les artistes d'action puissent cartographier les personnages en fonction de leurs mouvements. une autre méthode de capture.

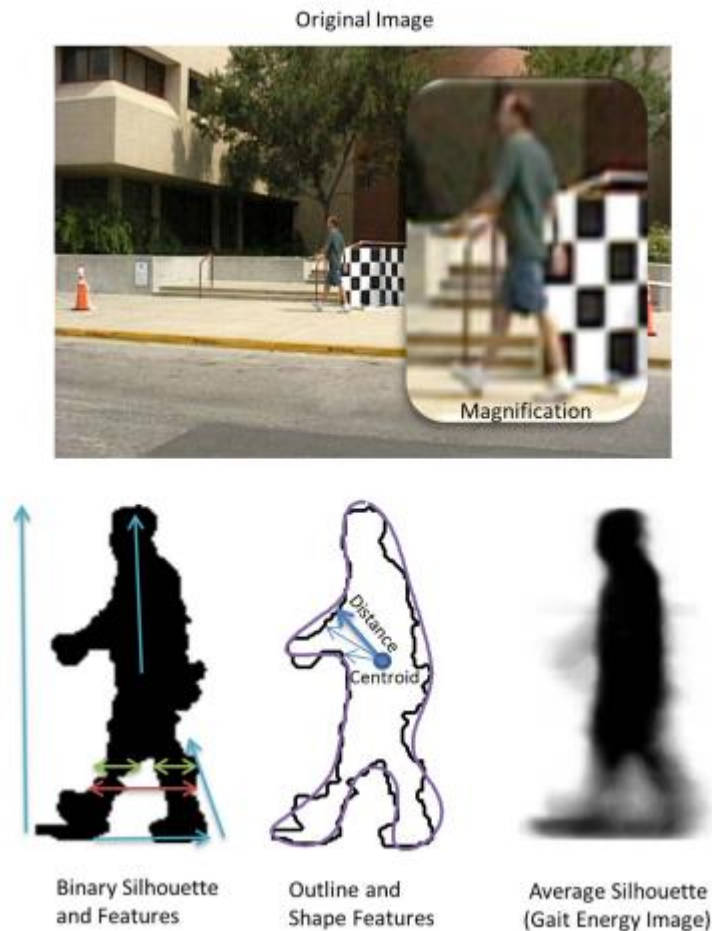
Une partie du processus consiste à utiliser un radar pour identifier les objets en mouvement à distance. L'objet en question est éclairé par des ondes radio, qui rebondissent sur son corps.[15]



**Figure 2. 5:les différents types de capture de système de démarche[16]**

### **2.3.2.Segmentation de la silhouette :**

Cette étape convient aux études enregistrées à l'aide de caméras vidéo. Une image binaire de la silhouette d'une personne est extraite d'un enregistrement et étudiée par un algorithme basé sur la vision. La segmentation des contours permet aux algorithmes de traiter plus facilement des images complètes.[15]



**Figure 2. 6:Extraction de silhouette [24]**

### **2.3.3.Détection de contour :**

Le système définit ensuite les limites du corps humain - les contours mis en évidence. Les méthodes utilisées pour atteindre cet objectif peuvent varier en fonction du matériel (caméra ou capteurs portables) utilisé pour capturer la marche.[15]

### **2.3.4.Extraction et classification des caractéristiques :**

Dans la dernière étape, les caractéristiques individuelles des démarches sont déterminées. Un classificateur est utilisé pour identifier l'individu et l'entrer dans la base de données.[15]

## 2.4. Système de reconnaissance de marche :

Le problème de la reconnaissance de la marche est effectivement un problème d'analyse de formes qui vise à identifier et à différencier les modèles de marche des utilisateurs. Pour résoudre ce problème, plusieurs étapes sont nécessaires [17] :

**Acquisition des données ;**

**Extraction de caractéristiques ;**

**Sélection de caractéristiques ;**

**Classification ;**

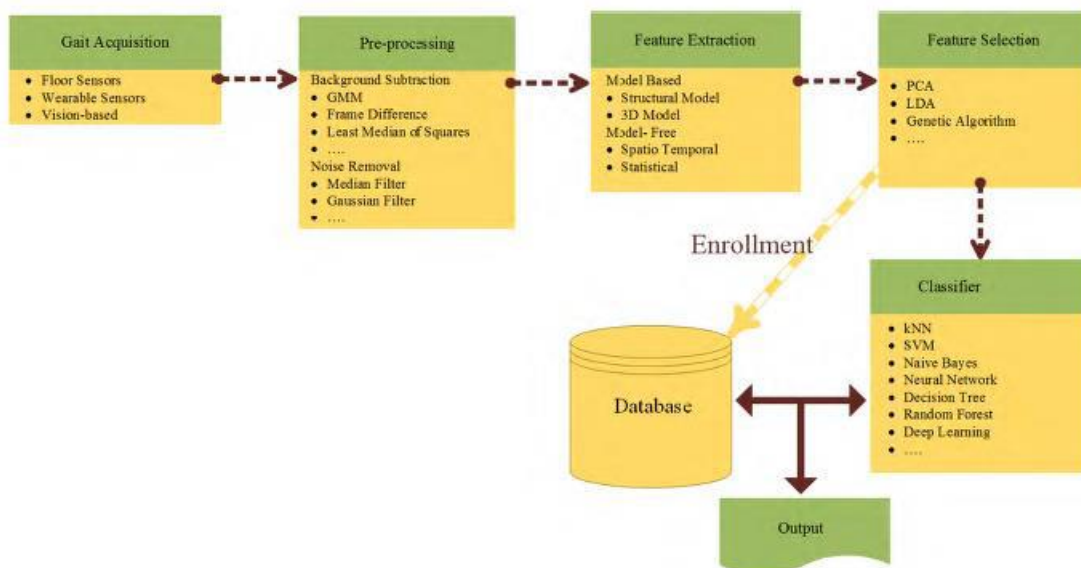
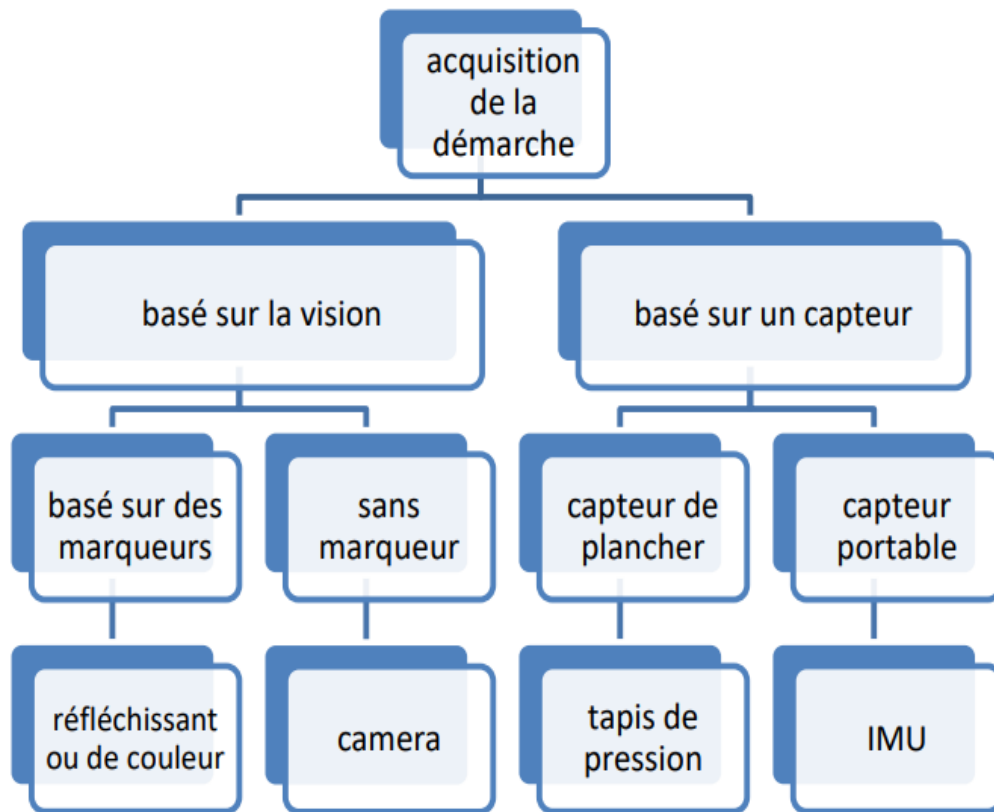


Figure 2. 7:Reconnaissance basée sur la marche[18]

### 2.4.1.L'acquisition de données :

Effectivement, la collecte de données de marche est une étape importante dans la reconnaissance de la marche. Il existe deux principales modalités

de détection utilisées pour collecter les données de la marche : la vision et les capteurs.[17]



**Figure 2. 8:schéma acquisition de démarche[18] [23]**

#### **2.4.1.1. Acquisition de données par vision :**

Effectivement, les techniques basées sur la vision utilisent des caméras pour collecter les données de la démarche. Ces caméras peuvent être installées à différents endroits, à une hauteur appropriée pour capturer la démarche des sujets. Les techniques de cette catégorie peuvent utiliser soit des marqueurs, soit des solutions sans marqueurs pour encoder les informations sur le mouvement humain. Les techniques basées sur les marqueurs utilisent des marqueurs tels que des bandes réfléchissantes et des marqueurs à diodes électroluminescentes (DEL) qui sont fixés aux articulations du corps humain pour encoder les informations sur le mouvement. Ces marqueurs sont utilisés pour suivre les mouvements des différentes parties du corps et pour mesurer les angles et les positions des articulations pendant la marche.[17]

### **2.4.1.2. Acquisition de données par capteur:**

Tout à fait, les techniques basées sur les capteurs utilisent deux types de modalités de détection pour collecter les données de la marche : les capteurs portables et les capteurs au sol.

Dans les dispositifs portables, des capteurs tels que les accéléromètres et les gyroscopes sont fixés à des articulations spécifiques du corps humain pour capturer leur position, leur vitesse et leur accélération, qui sont utilisées pour analyser les schémas de marche. Les capteurs portables peuvent également être intégrés dans des vêtements de détection pour capturer les informations de mouvement de l'utilisateur pour l'analyse de la marche. Ces dispositifs portables sont pratiques pour la collecte de données de marche en temps réel, pour suivre l'évolution de la démarche dans des conditions réelles et pour une utilisation à domicile.

Les modalités basées sur les capteurs de sol utilisent des capteurs de pression sur le sol pour enregistrer les signaux de pression et la longueur de l'empreinte du marcheur pour l'analyse de la démarche. Ces capteurs sont souvent placés dans un tapis de course pour permettre une analyse plus précise et détaillée de la marche. Les capteurs de sol sont particulièrement utiles pour l'analyse de la distribution de la pression plantaire et des asymétries entre les deux pieds.

Les systèmes d'analyse de la marche basés sur des capteurs nécessitent des configurations d'équipement complexes pour collecter des données, mais ils se sont avérés utiles dans une variété d'applications, en particulier dans les domaines de l'évaluation clinique et de la réadaptation. Ils peuvent aider à détecter les anomalies de la marche, à évaluer la progression de la maladie et à évaluer l'efficacité des traitements de réadaptation.[17]

### **2.4.2.Extraction d'éléments :**

Les données relatives à la marche nécessitent généralement un prétraitement pour pouvoir être traitées ultérieurement. Les opérations de prétraitement sont essentielles pour éliminer le bruit et les artefacts indésirables et pour extraire les caractéristiques pertinentes de la démarche. Les opérations courantes de prétraitement comprennent :La suppression du bruit ;La détection de contour ;La modélisation de l'arrière-plan ; .....

Ces opérations de prétraitement jouent un rôle crucial dans certains algorithmes de reconnaissance de la marche en permettant de réduire le bruit et de segmenter les informations du marcheur par rapport à l'arrière-plan, facilitant ainsi l'extraction de caractéristiques pertinentes de la démarche. [17]

### **2.4.3.Sélections d'éléments :**

Dans les systèmes traditionnels de reconnaissance de la marche, les caractéristiques extraites des séquences vidéo prétraitées ne suffisent pas pour la classification. La raison en est que les caractéristiques de grande dimension peuvent contenir des caractéristiques inutiles. Par conséquent, des méthodes de sélection de caractéristiques (ou de réduction de dimensionnalité) peuvent être appliquées en premier, qui consistent à sélectionner un sous-ensemble de variables (caractéristiques) parmi les caractéristiques d'entrée qui décrivent efficacement la variable d'entrée tout en réduisant l'influence du bruit ou des variables non pertinentes et en fournissant d'excellentes prédiction ou classification. De nombreuses méthodes de sélection de caractéristiques ont été proposées, l'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode largement adoptée pour la réduction de la dimensionnalité.[18]

### **2.4.4.Classification :**

En effet, la classification est une étape importante dans le processus de reconnaissance de la marche, car elle permet d'attribuer une étiquette ou

une classe à une séquence de marche en fonction de ses caractéristiques. En général, deux types de classification sont utilisés : supervisée et non supervisée. En somme, le choix du classificateur dépendra de plusieurs facteurs, tels que la nature des données, la complexité du modèle, le temps de calcul, etc. Le kNN (k nearest neighbor) est un classificateur simple mais efficace pour la reconnaissance de la marche, et il est souvent utilisé dans de nombreux travaux de recherche.[18]

**Tableau 1:Aperçu du classificateur le plus adopté pour la reconnaissance de la marche [18]**

| Classificateur | Etudes   | Avantage   |
|----------------|--|--|
| KNN            | [33][34][35][36][37][29]<br>[38][39]<br>[40][41][42][43][44] | calcul simple et efficace si l'ensemble de données d'entraînement est important  |
| Navie Bayes    | [33][39][45][46]   | très simple et facile à mettre en œuvre et rapide parce qu'il faut moins de données d'entraînement pour faire des prédictions probabilistes. |

|      |                  |   |
|------|------------------|---|
| SVM  | [36][47][40][48] | utiliser kernel avec l'absence de minima locaux et obtenir une solution éparsée et un contrôle de la capacité obtenu par l'optimisation des marges. |
| DCNN | [49]             | permet d'obtenir une grande précision de reconnaissance, mais nécessite un bon GPU pour l'entraînement et de nombreuses données d'entraînement.     |

## 2.5. avantages et inconvénients de Reconnaissance de la marche :

La reconnaissance de la marche est une technologie qui permet de détecter et d'analyser les mouvements du corps lors de la marche, généralement à l'aide de capteurs portables tels que des accéléromètres et des gyroscopes. Cette technologie présente plusieurs avantages et inconvénients :

## **a) Avantage :**

**Utilisation non-invasive :** Contrairement à d'autres techniques de reconnaissance biométrique, la détection de la marche est une méthode non invasive qui ne nécessite pas l'insertion d'un appareil dans le corps.

**Suivi de la santé :** La détection de la marche peut être utilisée pour suivre les habitudes de marche d'une personne. Cela permet de surveiller les changements de santé et de détecter des problèmes tels que la perte d'équilibre.

**Précision :** Les capteurs de reconnaissance de la marche peuvent fournir des données précises sur les mouvements du corps et la posture pendant la marche.

**Facilité d'utilisation :** Les appareils de reconnaissance de la marche sont généralement portables et légers, ce qui les rend faciles à utiliser au quotidien.

## **b) Inconvénients :**

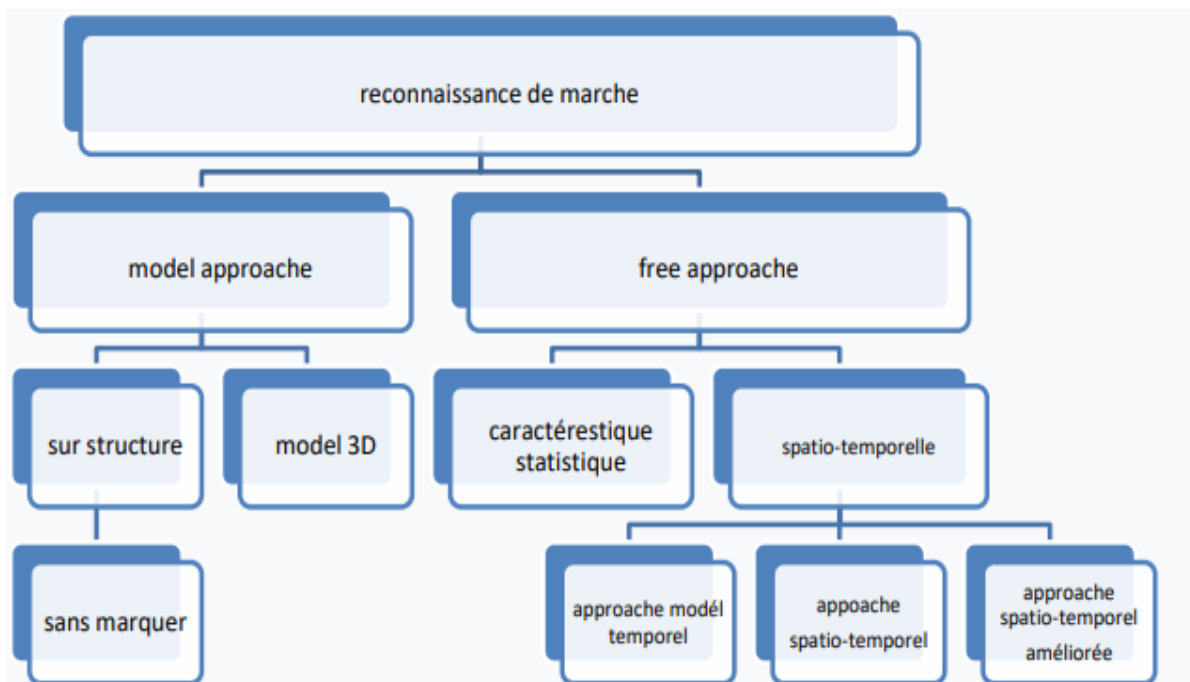
**Coût :** Les dispositifs de détection de la marche peuvent être coûteux et peuvent limiter leur utilisation à des fins de surveillance de la santé.

**Calibrage :** Pour garantir l'exactitude des données, le capteur doit être correctement calibré, ce qui peut être une tâche fastidieuse.

**Problèmes de confidentialité :** Les données collectées par les dispositifs de reconnaissance de la marche peuvent contenir des informations sensibles sur la santé personnelle et peuvent poser des problèmes de confidentialité si elles ne sont pas correctement gérées.

## **2.6. Méthodes de la reconnaissance démarche :**

Il existe deux grandes catégories d'approches pour représenter et extraire les caractéristiques de reconnaissance de la marche : baser sur un modèle (Model based approaches) et sans modèle (Model-free approaches).



**Figure 2. 9:Schéma les méthodes de reconnaissances de démarche[18] [23]**

### **2.6.1.Model based approaches :**

Les approches basées sur un modèle sont en effet des méthodes qui construisent un modèle du corps humain ou de son mouvement pour obtenir des informations sur les paramètres de la marche. Cela implique de prendre en compte des informations telles que les dimensions des pas, la cadence, le squelette humain, les dimensions du corps, l'emplacement et l'orientation des parties du corps, la cinématique des articulations, etc. Ces approches sont en général exigeantes en termes de calcul, car elles nécessitent la résolution d'équations complexes pour estimer les paramètres du modèle. Elles sont également particulièrement sensibles aux problèmes tels que les occlusions, c'est-à-dire lorsque certaines parties du corps ne sont pas visibles ou ne sont pas captées par les capteurs utilisés pour la mesure. Cependant, malgré ces limitations, les approches basées sur un modèle peuvent être très utiles pour comprendre les mécanismes sous-jacents de la marche et pour simuler des mouvements

humains réalistes. Elles peuvent également être utilisées pour concevoir des dispositifs de réadaptation ou des interfaces homme-machine qui exploitent la biomécanique de la marche.[19]

### **2.6.1.1. Reconnaissance de la démarche basée sur la structure :**

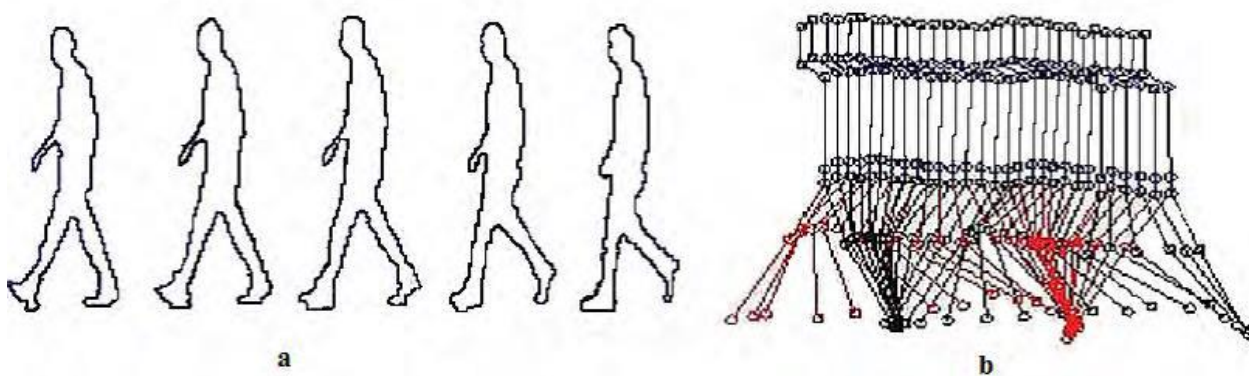
Il est vrai que les approches de reconnaissance de la démarche basées sur la structure permettent d'estimer les propriétés géométriques et structurelles des sujets individuels. L'un des avantages de cette méthode est qu'elle est robuste face aux variations d'éclairage, aux imperfections de la segmentation et aux variations du fond.

Dans leur étude, C. B. Abdelkader, R. Cutler et L. Davis [27] ont proposé une méthode paramétrique d'identification des personnes dans des vidéos à faible résolution basée sur les paramètres de hauteur d'une démarche individuelle. Ils ont extrait quatre variables de marche visuellement invariantes à partir de vidéos basse résolution : moyenne, amplitude de swing, cadence et longueur de foulée. Ils ont montré que le nombre de pas et la taille sont des caractéristiques qui peuvent être utilisées pour l'identification personnelle. En combinant ces caractéristiques avec d'autres caractéristiques biométriques telles que la reconnaissance faciale, une grande précision de reconnaissance peut être atteinte. Par conséquent, l'approche basée sur la structure peut être considérée comme une méthode prometteuse pour l'identification biométrique. [18]

#### **2.6.1.1.1. Reconnaissance de la marche sans marqueur :**

En effet, les systèmes d'analyse de mouvement basés sur la vision se répartissent en trois couches :Détection, suivi et reconnaissance d'activité. Dans la reconnaissance conventionnelle de la marche basée sur des modèles, la plupart des méthodes d'analyse de mouvement proposées sont basées sur des marqueurs. Des marqueurs ou des capteurs sont fixés à plusieurs articulations clés du corps humain pour

enregistrer leurs mouvements. Cependant, l'utilisation de marqueurs ou de capteurs peut être coûteuse et nécessite souvent une installation professionnelle. De plus, ces systèmes peuvent être contraignants pour les sujets, car ils doivent porter des capteurs ou des marqueurs sur leur corps. Par conséquent, pour la reconnaissance de la marche en tant qu'application d'un système de surveillance automatisé, il est nécessaire d'avoir un système sans marqueur pour acquérir les modèles de mouvement des articulations du corps à des fins d'analyse. Les systèmes de reconnaissance de la marche sans marqueur se basent sur l'utilisation de caméras vidéo pour capturer les mouvements du corps et extraire les caractéristiques de la démarche. Ces systèmes sont moins contraignants pour les sujets et peuvent être installés plus facilement.[19]



**Figure 2. 10:Extraction de caractéristiques à partir de la silhouette du corps humain, neuf points corporels pour chaque séquence, (a) représente le contour du corps formation et (b) figure de bâton 2D formée sur la base de neuf points du corps.[18]**

### **2.6.1.2. Reconnaissance de la marche basée sur un modèle 3D :**

En effet, l'objectif de la reconnaissance de la marche est d'identifier les caractéristiques saillantes qui distinguent les personnes en fonction de leur style de marche. Notre approche de recherche actuelle est basée sur des séquences vidéo de marche en 2D. Cependant, la détection de la marche 2D présente des limites en raison des points de vue fixes de la caméra, de l'auto-occlusion et des variations de surface qui peuvent

fausser les résultats et rendre la détection imprécise. Pour pallier ces inconvénients, la reconnaissance de la marche en 3D est de plus en plus utilisée. Cette méthode consiste à capturer la démarche simultanément à partir de plusieurs caméras statiques calibrées pour obtenir des séquences de mouvement en 3D. La reconnaissance de la marche en 3D permet de surmonter les difficultés liées au point de vue, à l'auto-occlusion et aux variations de surface pour obtenir des séquences de mouvement applicables dans un scénario du monde réel. La reconnaissance 3D de la marche utilise un modèle 3D du corps humain pour suivre la marche d'une personne. Il prend en charge la reconstruction 3D et l'extraction dynamique des caractéristiques de l'anatomie humaine pour effectuer la reconnaissance humaine. Cela permet une détection de la marche plus précise et fiable. [18]

### **2.6.2. Model-free approaches :**

L'approche de reconnaissance de la démarche est basée sur des caractéristiques statiques et dynamiques, qui utilise à la fois des informations spatiales et temporelles pour identifier une personne en fonction de sa manière de marcher. Les caractéristiques statiques de la démarche, telles que la taille et la longueur des pas, sont utilisées pour distinguer les personnes en fonction de leurs caractéristiques physiques. Les caractéristiques dynamiques, telles que la fréquence et la phase des mouvements, sont utilisées pour distinguer les personnes en fonction de leur façon de bouger. La méthode la plus courante pour obtenir des informations sur la démarche consiste à isoler la silhouette de la personne en éliminant l'arrière-plan, puis à extraire les caractéristiques pertinentes de la silhouette. Pour l'identification de la démarche, il y a deux approches principales : la comparaison temporelle image par image et le résumé des informations spatio-temporelles. La comparaison temporelle image par image consiste à comparer chaque image de la démarche avec une image de référence pour identifier la personne. Le résumé des informations spatio-temporelles, quant à lui, consiste à extraire des caractéristiques globales de la démarche, telles que la vitesse et la direction, pour identifier la personne. [20]

### **2.6.2.1. Méthode spatio-temporelle :**

Une approche spatio-temporelle est une méthode de reconnaissance de la marche qui gère les informations spatiales et temporelles dans les séquences vidéo. Cette méthode utilise des descripteurs spatio-temporels pour extraire les caractéristiques de la marche et les utiliser pour la reconnaissance. L'avantage principal de la méthode spatio-temporelle est qu'elle est facile à mettre en œuvre et présente une faible complexité de calcul par rapport à d'autres approches de reconnaissance de la démarche. Cette méthode est également capable de capturer les variations spatiales et temporelles de la démarche, ce qui peut améliorer la précision de la reconnaissance. En résumé, la méthode spatio-temporelle est une approche de reconnaissance de la démarche qui offre des avantages tels qu'une faible complexité de calcul et une capacité à capturer les variations spatiales et temporelles de la démarche. Cependant, cette méthode peut être moins précise que d'autres approches plus sophistiquées en raison de sa simplicité.

#### **2.6.2.1.1. Approche par modèle temporel :**

L'approche de modèle temporel est une méthode utilisée pour détecter la marche en comparant les caractéristiques d'un modèle de test avec ceux stockés dans une galerie, image par image. Cette méthode repose généralement sur des modèles de Markov cachés (HMM) qui permettent de capturer les variations temporelles de la marche. L'approche proposée par Sundaresan, Roychowdhury et Chellappa [28] utilise un modèle de HMM pour la reconnaissance de la démarche. Pour l'estimation des vecteurs de caractéristiques, ils ont utilisé une image binarisée soustraite de l'arrière-plan et trois matrices de distance (distance euclidienne, distance du produit interne (IP) et distance de la somme des différences absolues (SAD)). Ils ont travaillé sur trois conditions covariables (surface de marche, type de chaussure et variations de vue), qui ont été utilisées pour améliorer la robustesse de l'approche. Le modèle de HMM permet de modéliser les variations temporelles de la démarche en utilisant des probabilités de transition entre les différents états du modèle. Les

caractéristiques de la démarche sont ensuite représentées en utilisant des vecteurs de caractéristiques, qui sont utilisés pour entraîner le modèle de HMM. L'avantage de cette approche est qu'elle est capable de capturer les variations temporelles de la démarche, ce qui peut améliorer la précision de la reconnaissance. Cependant, l'utilisation de HMM peut être plus complexe que d'autres approches de reconnaissance de la démarche, et nécessite souvent une quantité plus importante de données pour l'entraînement du modèle.[18]

#### **2.6.2.1.2. Approche spatio-temporelles :**

L'approche de comparaison d'images utilisée dans le modèle temporel présente un inconvénient majeur car elle nécessite une comparaison image par image. Pour surmonter cette difficulté, il est préférable d'utiliser des caractéristiques de mouvement accumulées, ce qui permet de capturer à la fois les aspects spatiaux et temporels de la marche. Cette méthode a l'avantage d'être moins complexe en termes de traitement informatique et de réduire le vecteur de caractéristiques, ce qui facilite son utilisation. Cependant, elle peut être affectée par des variations d'orientation de la caméra, des changements d'apparence tels que la vitesse de marche et les vêtements portés. Les méthodes basées sur l'apparence nécessitent une étape de prétraitement pour soustraire l'avant-plan et l'arrière-plan, ce qui peut être complexe et affecter les performances. Une approche alternative proposée par [Kusakunniran] [29] permet d'extraire les caractéristiques de la démarche directement à partir des vidéos brutes en utilisant des points d'intérêt spatio-temporels (STIP) et en combinant l'histogramme des gradients orientés (HOG) et l'histogramme de la largeur optique (HOF) comme descripteurs.[18]

#### **2.6.2.1.3. Des approche spatio-temporelle améliorées :**

Les méthodes traditionnelles de représentation spatio-temporelle de la marche considèrent le mouvement comme une séquence de modèles, ce qui peut nécessiter beaucoup d'espace de stockage et de temps de

calcul pour l'évaluation. Pour résoudre ce problème, Man et Bhanu [30] ont introduit une nouvelle méthode de représentation, la Gait Energy Image (GEI), qui résume l'information temporelle de la marche dans une seule image. La GEI est une représentation en deux dimensions qui résume les caractéristiques spatiales et temporelles de la marche. Elle est construite en alignant et en superposant les images de différentes phases de la marche, puis en calculant l'énergie moyenne de chaque pixel dans l'image superposée. L'image résultante contient des informations sur le mouvement de la personne à différents moments de la marche, tout en préservant l'information temporelle dans une seule image. En résumé, la GEI est une nouvelle représentation spatio-temporelle de la marche qui résume l'information sur le mouvement dans une seule image en préservant l'information temporelle. Elle présente de nombreux avantages par rapport aux approches traditionnelles et est devenue une technique populaire pour la reconnaissance de la marche en temps réel.[18]

### **2.6.2.2. Méthode des caractéristiques statistiques :**

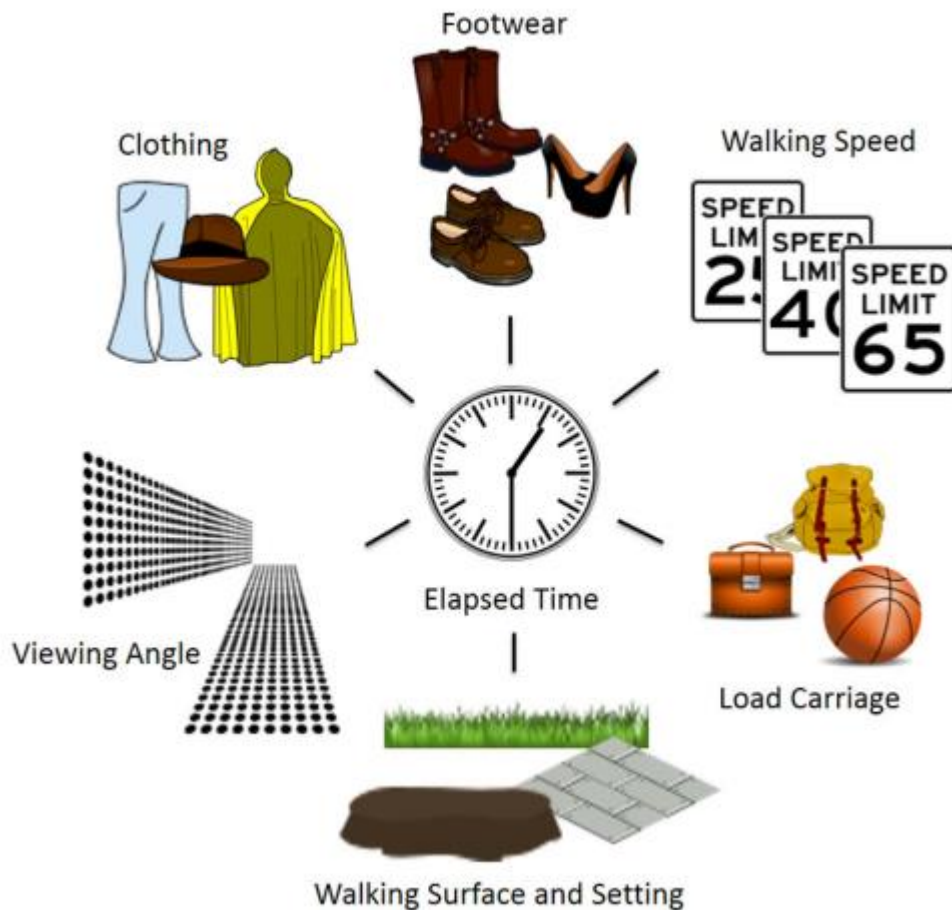
En reconnaissance de la marche, les caractéristiques statistiques de la silhouette sont souvent utilisées pour décrire les formes et les mouvements. L'analyse de forme de Procrustes et les descripteurs de Fourier elliptiques sont des approches courantes pour décrire les caractéristiques de forme, tandis que les moments de vitesse de Zernike peuvent être utilisés pour décrire les caractéristiques de mouvement. Les méthodes statistiques sont généralement plus robustes au bruit que les méthodes cinématiques. En général, la forme de la silhouette fournit des informations plus perceptibles que la cinématique pour la reconnaissance de la marche. Plusieurs approches ont été proposées pour la reconnaissance de la marche basée sur les caractéristiques de la silhouette. Par exemple, L. Wang, H. Ning, W. Hu, et T. Tan [31] ont proposé une approche d'analyse statistique des formes pour l'identification humaine. Ils ont utilisé la méthode LMedS (Least Median of Squares) pour la soustraction de l'arrière-plan et l'analyse de forme de Procrustes pour obtenir la signature de la démarche. Les classificateurs

NN, kNN et ENN ont été utilisés pour évaluer les résultats. Ils ont obtenu un taux de reconnaissance supérieur à 85% pour trois angles de vue différents. Une autre approche proposée par L. Wang, W. Hu, et T. Tan [32] est basée sur l'analyse en composantes principales (ACP). Cette méthode utilise également la soustraction de l'arrière-plan pour extraire les formes spatiales des silhouettes, mais utilise ensuite la transformation de l'espace propre pour extraire les caractéristiques. Les mesures de similarité de corrélation spatio-temporelle (STC) et de distance euclidienne normalisée (NED) sont utilisées avec le classificateur du plus proche voisin pour l'évaluation. En somme, l'analyse de la silhouette pour la reconnaissance de la marche est une méthode efficace et prometteuse, avec de nombreuses approches et techniques différentes disponibles pour extraire les caractéristiques pertinentes. [18]

## **2.7. Vulnérabilité aux covariables dans la reconnaissance biométrique de la marche :**

La reconnaissance biométrique de la marche peut être vulnérable aux covariables, c'est-à-dire aux facteurs externes qui peuvent affecter la manière dont une personne marche et, par conséquent, influencer les performances du système de reconnaissance. Voici quelques exemples de covariables qui peuvent avoir un impact sur la reconnaissance biométrique de la marche :

- Vitesse de marche ;
- Vêtements ;
- Chariot de chargement ;
- Chaussures ;
- Angle de vue ;
- Surface de marche et environnement ;



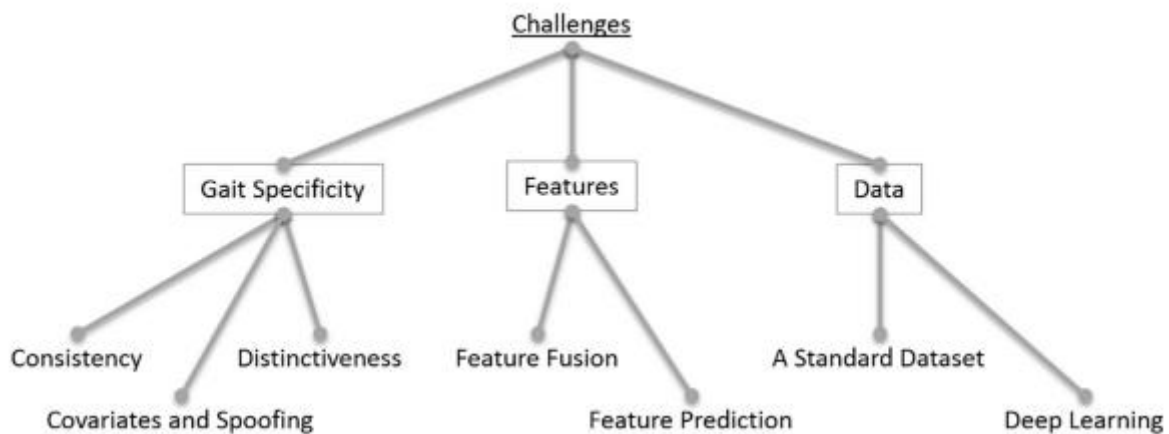
**Figure 2. 11: quelques exemples de covariables qui peuvent avoir un impact sur la reconnaissance biométrique de la marche[24]**

Il est important de reconnaître ces vulnérabilités aux covariables et de mettre en place des stratégies pour les atténuer. Cela peut inclure l'utilisation de techniques d'apprentissage automatique robustes qui peuvent s'adapter aux variations de la démarche, l'acquisition de données d'entraînement représentatives couvrant différentes covariables, ou encore l'intégration d'autres modalités biométriques pour renforcer la précision et la fiabilité du système. [24]

## **2.8. Les défis de la reconnaissance biométrique de la marche :**

Il existe un certain nombre de problèmes et de défis en matière de reconnaissance de la marche qui doivent encore être explorés ou traités en profondeur :

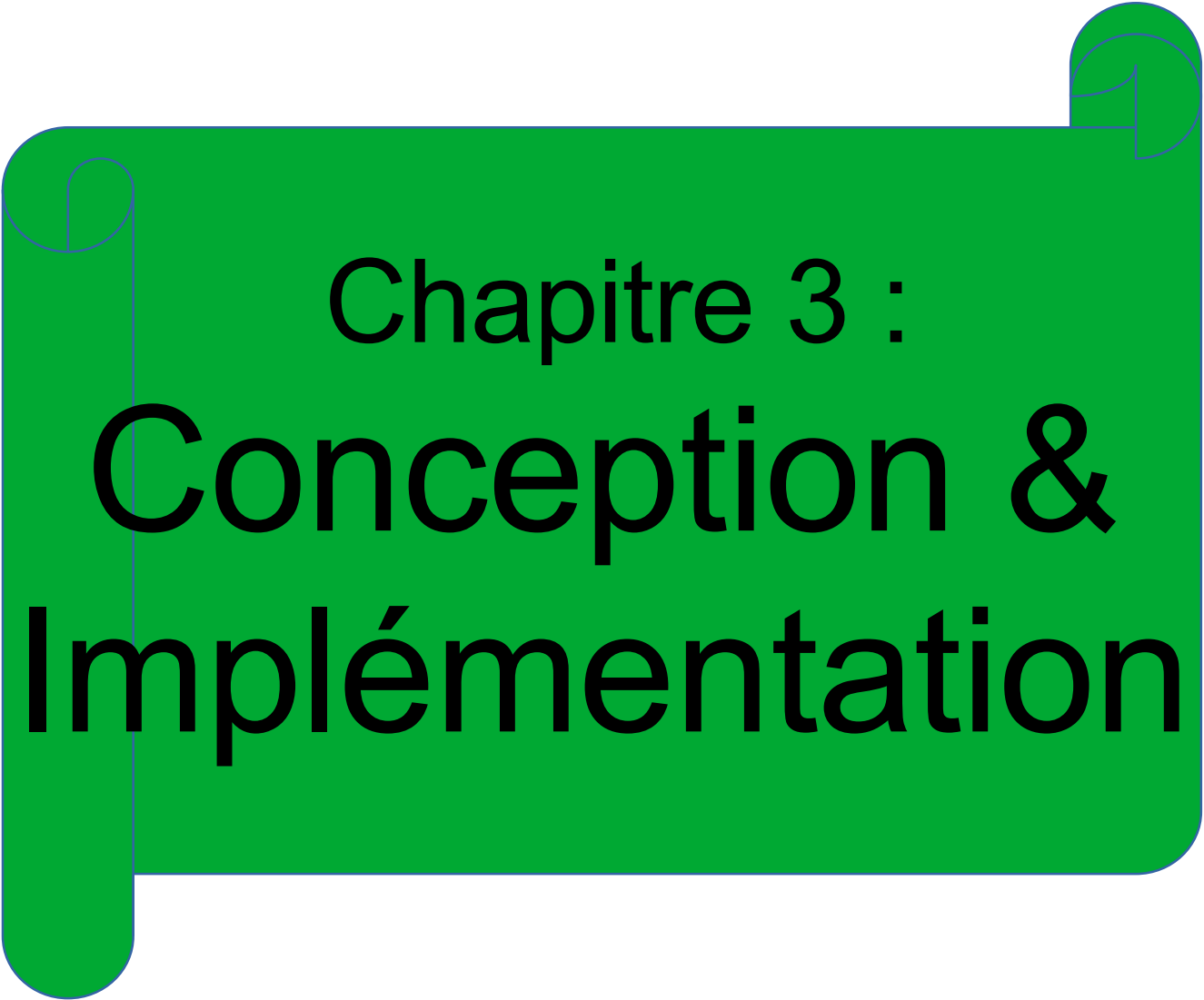
- l'évaluation du caractère distinctif de la démarche en tant qu'indice biométrique ;
- l'évaluation de la cohérence de la démarche dans le temps, l'état émotionnel et les affections pathologiques ;
- déterminer les effets des covariables et du spoofing ;
- la fusion efficace des caractéristiques de la marche provenant de multiples modalités sensorielles et avec d'autres données biométriques ;
- prédire les caractéristiques de la démarche dans une modalité de détection sur la base des caractéristiques d'une autre modalité ; [24]



**Figure 2. 12: Les défis de la reconnaissance biométrique de la marche[24]**

## 2.9. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné une introduction à la reconnaissance de la marche, ainsi qu'au fonctionnement, avantages et inconvénients d'un système de reconnaissance de la démarche. Ensuite, nous avons présenté différentes approches pour la reconnaissance de la marche en tant que modalité biométrique. Dans le prochain chapitre, nous allons nous concentrer sur la méthode que nous avons choisie pour notre mémoire, qui est l'utilisation de l'image d'Anergie Active (AEI).

A large green rounded rectangle with a white border and decorative elements resembling folded corners. The text is centered within this shape.

# Chapitre 3 : Conception & Implémentation

### 3. Introduction:

Dans ce chapitre nous choisissons la méthode de reconnaissance de la marche en utilisant l'Image à Énergie Active (AEI). Au début, nous parlons de la méthode choisie dans notre travail. Ensuite nous présentons la base de données utilisée. Enfin nous présentons la partie pratique.

#### 3.1. La méthode Image à Énergie Active (AEI) :

##### 3.1.1.Schéma de travail:

Dans ce travail nous choisissons la méthode Image à Énergie Active (AEI) pour extraire les caractéristiques de chaque Trame vidéo (Video frame), et pour obtenir des caractéristiques pour la séquence de marche humaine. Pour la classification nous utilisons le K-NN (K-nearest neighbor) pour reconnaître la marche humaine. Le schéma de système de reconnaissance de la marche humaine utilisant le AEI est décrit ainsi :

**Image d'entrée** : Silhouettes standard.

**Extraction de caractéristiques** : Extraction de caractéristiques par l'image à energie Active sur les silhouettes standard de la marche .

**Classification** : Les caractéristiques extraites sont utilisées par l'algorithme de classification, tel que le k plus proche voisin (KNN),

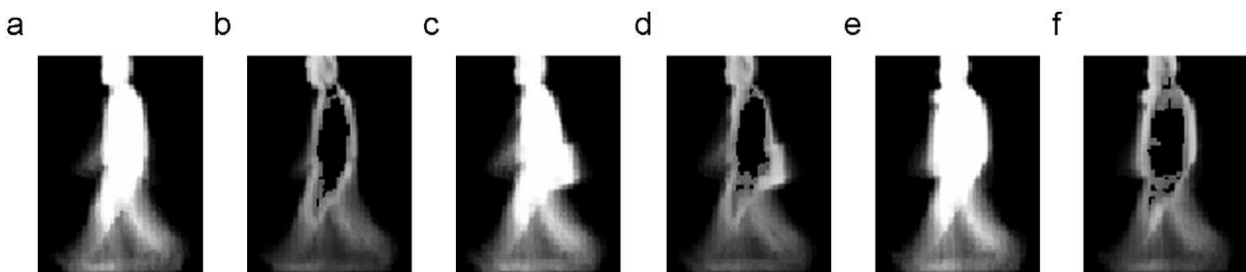
**Reconnaissance** : Les caractéristiques de la marche de la personne sont comparées à celles de la base de données des marches connues pour identifier la personne.

### 3.1.1.2. Présentation de l'AEI:

La signature de la marche contient deux types d'informations : statiques et dynamiques [50,51,52]. D'après la littérature [53,50], les méthodes GEI (Gait Energy Image) et EGEI (Enhanced GEI) offrent deux représentations efficaces de la marche qui extraient ces deux types d'informations de manière explicite ou implicite [21].

Cependant, ces méthodes compromettent certaines informations utiles, car une image GEI 2D unique peut perdre certaines informations importantes sur la marche, telles que les relations avant-arrière, dans la description des caractéristiques de la démarche. Par exemple, si les images d'une séquence de marche sont désordonnées, les représentations GEI et EGEI peuvent être identiques à celles de la séquence originale. En outre, les méthodes GEI et EGEI sont basées sur l'apparence et sont facilement affectées par la variété des vêtements et le port d'objets [21].

Les figure3.1 ci-dessou montre quelques échantillons de GEI et d'EGEI d'une personne dans des conditions de marche normale, de marche avec un sac et de marche avec un manteau, où (a, c, e) sont les échantillons de GEI, et (b, d, f) sont les échantillons d'EGEI correspondants, respectivement. [21]



**Figure 3. 1:Quelques échantillons de GEI et EGEI. [21]**

La figure 3.1 montre que l'EGEI a peu d'effet sur les séquences de marche recueillies dans différentes conditions de portage et d'habillement. Étant donné que l'EGEI doit obtenir le masque de poids dynamique (DWM :

dynamics weight mask) [50] en utilisant toutes les séquences de l'ensemble d'apprentissage, et que l'emplacement du sac et l'apparence du manteau peuvent être différents selon les individus, l'efficacité du DWM est limitée dans ces deux conditions. Dans la figure 3.1 (d et f), nous pouvons voir que les parties principales du sac et du manteau qui devraient être supprimées sont traitées comme des régions statiques et restent dans les échantillons EGEI, ce qui indique qu'elles sont traitées comme des régions dynamiques à la fois dans l'GEI et l'EGEI. En outre, en raison du calcul du DWM à l'aide de toutes les séquences d'entraînement, il est nécessaire de recalculer le DWM et de mettre à jour tous les EGEI en fonction du nouveau DWM lors de l'ajout ou de la suppression de certaines séquences d'allure dans l'ensemble d'entraînement.

Pour résoudre ces problèmes, les chercheurs ont proposé la méthode de représentation des caractéristiques de l'image d'énergie active (AEI) suivante:

Étant donné une séquence binaire prétraitée de silhouettes de marche  $\mathbf{F}=\{\mathbf{f}_0; \mathbf{f}_1; \dots ; \mathbf{f}_{N-1}\}$ ,  $\mathbf{f}_t$  représente la  $t$ ème silhouette et

$N$  est le nombre d'images dans cette séquence, nous commençons par calculons d'abord la différence d'image entre deux silhouettes adjacentes comme suit :

$$\mathbf{D}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \begin{cases} \mathbf{f}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y}) & t = 0 \\ \|\mathbf{f}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \mathbf{f}_{t-1}(\mathbf{x}, \mathbf{y})\| & t > 0 \end{cases} \quad (1)$$

De l'éq. (1), il est facile de savoir que  $\mathbf{D}_t$  est la différence entre  $\mathbf{f}_t$  et  $\mathbf{f}_{t-1}$ , c'est-à-dire que  $\mathbf{D}_t$  est la région active au temps  $t$ ,

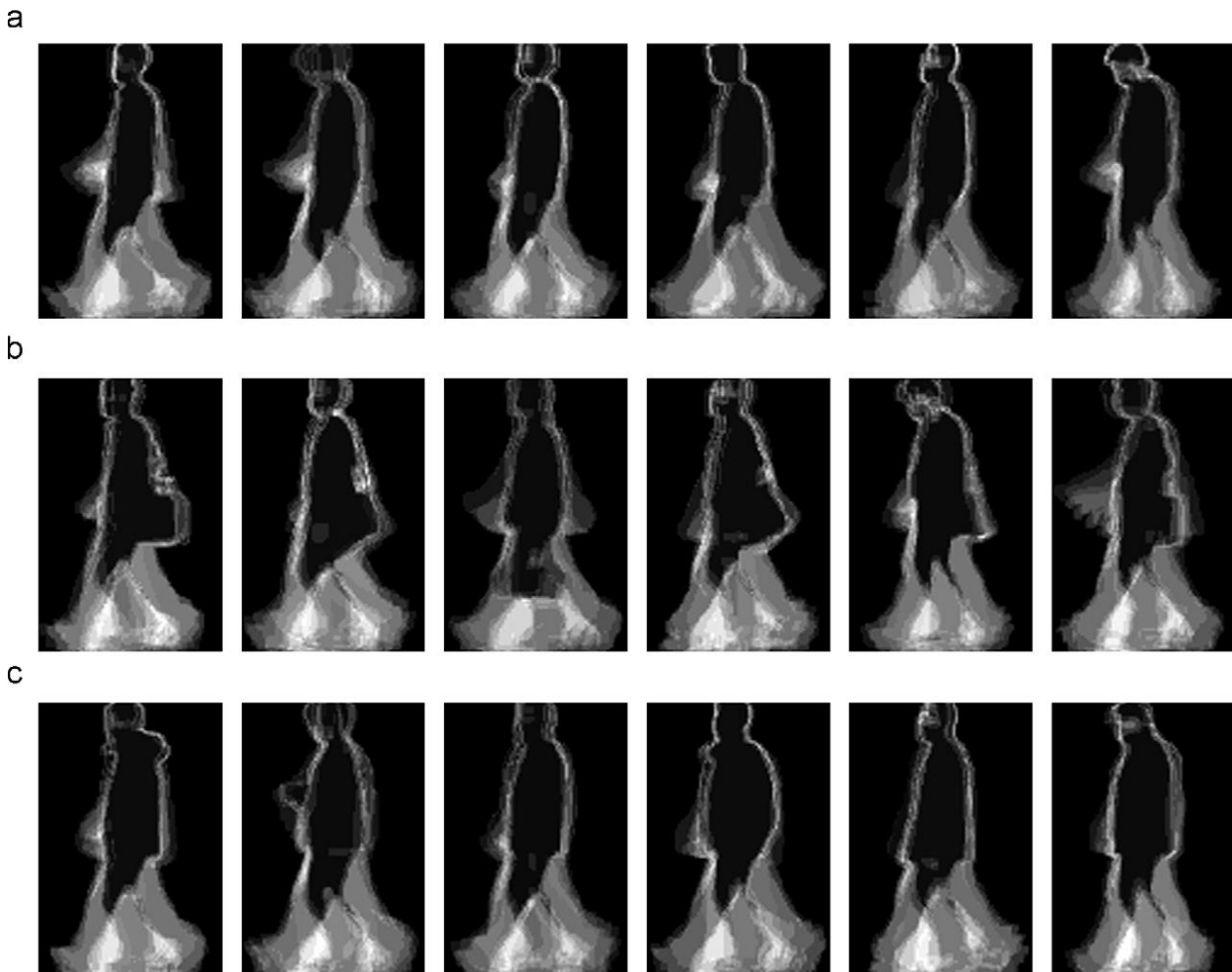
et il est souhaitable d'utiliser l'image de différence pour extraire les parties dynamiques du corps en mouvement.

Après avoir obtenu les images de différence, nous définissons formellement l'IAE comme suit :

$$\mathbf{A}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} \mathbf{D}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \quad (2)$$

La marche est une procédure dynamique des parties d'un corps. Lorsqu'une personne marche, les parties mobiles sont des protubérances externes (telles que les membres), et le corps principal (tel que le tronc) est presque stationnaire par rapport au centroïde correspondant aux images précédente et suivante. Les équations (1) et (2) montrent que l'AEI n'extrait que les parties mobiles et rejette les parties stationnaires. En d'autres termes, l'AEI se concentre non seulement sur les parties dynamiques du corps, mais conserve également les informations relatives à la marche lorsque la personne marche. L'intensité d'un pixel dans l'AEI reflète la fréquence (c'est-à-dire l'énergie) des parties actives se produisant dans la position au cours d'une procédure de marche. En outre, la représentation de l'AEI élimine efficacement les influences du sac de transport et de la variété des vêtements, car le sac et les vêtements bougent peu entre deux images adjacentes et sont traités comme des régions stationnaires dans l'image différentielle. En outre, l'AEI est calculé à partir de chaque séquence de marche plutôt qu'à partir de tous les échantillons de séquences de l'ensemble d'apprentissage, comme le fait l'EGE. Il n'est donc pas nécessaire de recalculer tous les IAE lors de l'ajout ou de la suppression de séquences. Quelques échantillons d'IAE extraits des séquences de marche collectées dans des conditions de marche normale, de marche avec un sac et de marche avec un manteau sont illustrés à la figure 3.2. En comparant la figure 3.2 à la figure 3.1, on constate que la méthode AEI proposée ne se concentre pas seulement sur les régions

dynamiques, mais aussi qu'elle élimine ou supprime l'influence du sac et de la variété des vêtements. [21]



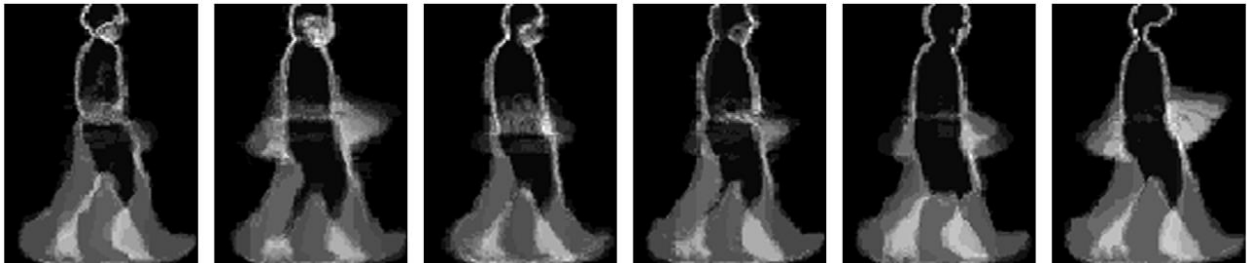
**Figure 3. 2:uelques échantillons d'IAE : (a) échantillons AEI de la marche normale,(b) échantillons AEI de la marche avec un sac et (c) échantillons AEI de la marche avec un manteau. [21]**

Pour le problème des silhouettes de faible qualité, les chercheurs considèrent deux cas : les silhouettes incomplètes se produisent de manière non consécutive et consécutive. Dans le premier cas, lorsque  $\mathbf{f}_t$  est incomplet et  $\mathbf{f}_{t-1}$  complet, les parties perdues de la silhouette peuvent être contenues dans  $\mathbf{D}_t$ , mais elles doivent être supprimées lors de l'opération de différentiation de l'image. Malgré cela, les valeurs de ces parties peuvent encore être réduites grâce à l'opération de calcul de la moyenne dans l'équation (2). Toutefois, dans la pratique, les silhouettes incomplètes apparaissent généralement de manière

consécutive, comme le montre la figure 3.3. Dans ce cas, la partie perdue du corps doit apparaître dans chaque image. En d'autres termes, la partie perdue est une région stationnaire et doit être supprimée dans l'IAE. Par conséquent, le résultat de l'IAE n'est pas non plus très affecté. La figure 3.4 montre quelques échantillons d'IAE obtenus à partir de l'ensemble de données CASIA\_C. Ces échantillons montrent que les silhouettes incomplètes n'ont que peu d'influence sur les IAE correspondants. [21]



**Figure 3. 3:Quelques silhouettes consécutives incomplètes de CASIA\_C.[21]**



**Figure 3. 4:Quelques échantillons d'AEI de CASIA\_C. [21]**

### **3.1.2.Extraction de caractéristiques:**

Dans la tâche de reconnaissance de la marche, nous utilisons deux types d'informations : statiques et dynamiques. [54, 55, 52].

Nous pouvons [56, 50] constater que l'GEI est efficace dans la reconnaissance de la démarche, l'GEI peut extraire les informations statiques et dynamiques de manière explicite ou implicite. Cependant,

L'GEI représente la démarche comme une seule image d'énergie de la démarche, ce qui entraîne la perte de certaines informations dynamiques importantes, telles que les relations entre l'image précédente et l'image suivante. Par exemple, si l'image d'une vidéo est désordonnée, les représentations de l'GEI sont identiques à la séquence originale de la vidéo originale. La méthode de représentation des caractéristiques de l'image énergétique active (AEI) peut résoudre les problèmes susmentionnés. [22]

Étant donné une silhouette de marche binaire prétraitée

Séquence  $\nu = \{\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_N\}$ ,

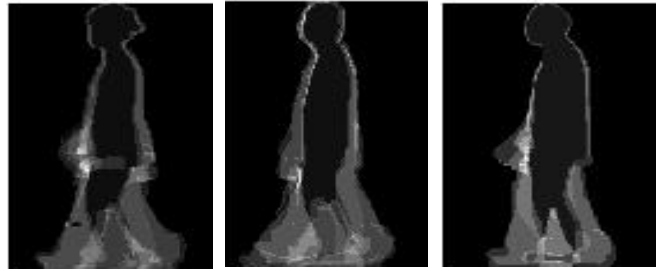
Dans la séquence,  $M$  est le numéro de la séquence cadres,  $\nu_i$  représente la  $i$ ème silhouette du cadre, d'abord, aux silhouettes adjacentes, on en calcule la différence image, c'est comme suit :

$$V_i(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \begin{cases} \nu_i(\mathbf{p}, \mathbf{q}), & i = 1 \\ \|\nu_i(\mathbf{p}, \mathbf{q}) - \nu_{i-1}(\mathbf{p}, \mathbf{q})\|, & i > 1 \end{cases}$$

L'AEI est donc défini comme suit :

$$A(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M V_i(\mathbf{p}, \mathbf{q})$$

Où  $M$  est le nombre de trames d'un cycle de marche. La figure 3.5 est l'AEI de trois peuples différents. Noté, la partie luminosité de l'AEI représente les mouvements du corps.



**Figure 3. 5:L'AEI de trois personnes différentes**

### **3.1.3.Classification(K-NN) :**

Nous utilisons le classificateur du plus proche voisin pour tester l'efficacité de l'algorithme. [22] nous utilisons la distance euclidienne pour reconnaître les personnes:

$$A = \{ y_1, y_2, \dots, y_n \}$$

La distance avec l'échantillon de train

$$y_{0i} \quad ( i = 1, \dots, N )$$

est

$$Dist(A, y_{0i}) = \min_{k=1}^n \|y_k - y_{0i}\|$$

Où  $i=1, \dots, N$ ;

La reconnaissance basée sur les caractéristiques d'amplitude.

Si

$$\mathbf{Dist}(A, \mathbf{y}_l) = \min_{i=1, \dots, N} \mathbf{Dist}(A, \mathbf{y}_{0i})$$

Alors  $A$  appartient à la classe de  $\mathbf{y}_l$ . [22]

### 3.1.4. Base de données (CASIA B) :

L'ensemble de données B est un ensemble de données à grande échelle et à vues multiples sur la marche, collecté en janvier 2005, comprenant 124 personnes, chaque personne ayant 11 angles de vue (00, 180, 360, ..., 1800), trois conditions de marche (condition ordinaire, porter un manteau, un colis). Nous avons choisi pour notre bases d'apprentissage 5 personnes en condition ordinaire. Et 4 séquences (frames) pour chaque personne d'angle de vue sélectionné aléatoirement.

## 3.2. Environnement de travail :

### 3.2.1. Présentations d'outils :

#### 3.2.1.1. Le hardware :

Afin de mener à bien ce projet, il a été mis à notre disposition un ordinateur Acer avec les caractéristiques suivantes :

|                  |   |
|------------------|---|
| Processeur (CPU) | Intel(R) Pentium(R) CPU B970 @ 2.30GHz 2.30 GHz |
| Mémoire (RAM)    | 2,00 Go   |
| Type de système  | Windows 10, 32 bits                             |

#### 3.2.1.2. Le software:

##### Le langage utilisé :

Nous avons eu recours lors de l'élaboration de notre système à Matlab 2007b que nous présenterons ci-dessous.

##### Matlab 2007 :

Matlab est un système interactif de programmation scientifique, pour le calcul numérique et la visualisation graphique, basé sur la représentation

matricielle des données, dont le nom est dérivé de Matrix Laboratory. C'est un outil multi-plates-formes qui est disponible pour les environnements Windows, Unix (et dérivés BSD, Linux, Solaris, MacOS...).

Matlab a été écrit à l'origine, en Fortran, par C. Moler. La version actuelle, écrite majoritairement en C (mais aussi Perl, Java et autres) par The MathWorks Inc., existe en version professionnelle et étudiante, et est disponible sur plusieurs plates-formes avec quelques différences minimes de fonctionnalités. Matlab se présente comme un environnement complet pour le calcul et la visualisation. Son langage de programmation relativement simple à assimiler en fait un environnement ouvert et programmable qui permet un gain de productivité important. Outre le noyau, Matlab peut être complété par des outils (« tool boxes ») spécifiques à certains domaines comme le traitement du signal, l'image, l'automatique, les statistiques, la mécanique, le calcul symbolique, les réseaux de neurones.

Matlab permet à l'utilisateur de programmer des interfaces graphiques interactives afin de présenter ses résultats. Les interfaces réalisables sont relativement simples.

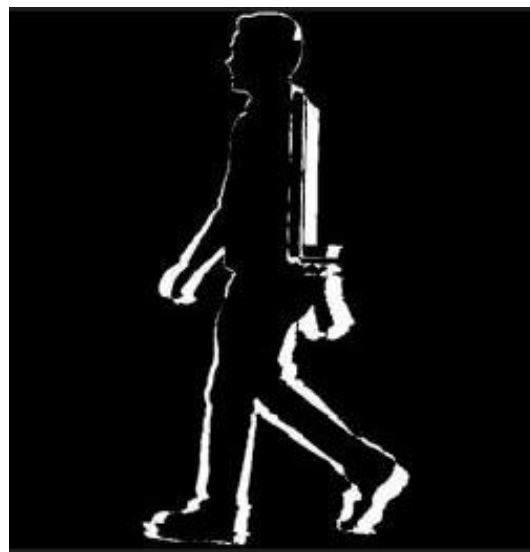
### 3.2.2.Présentation de l'application :

L'interface ci-dessus est l'interface de notre travail, une interface simple et permet d'illustrer les principaux processus de ce système.



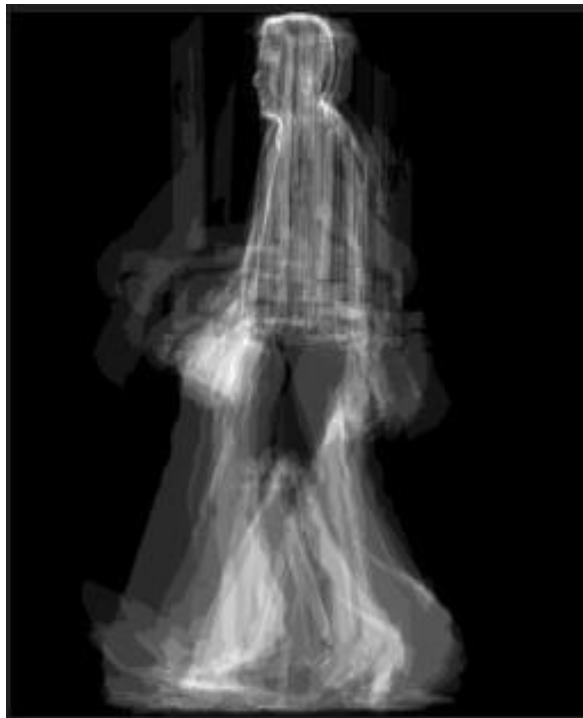
**Figure 3. 6:Interface de l'appliation**

→ Le bouton AEI de fame d'entrée = lire la trame à identifier



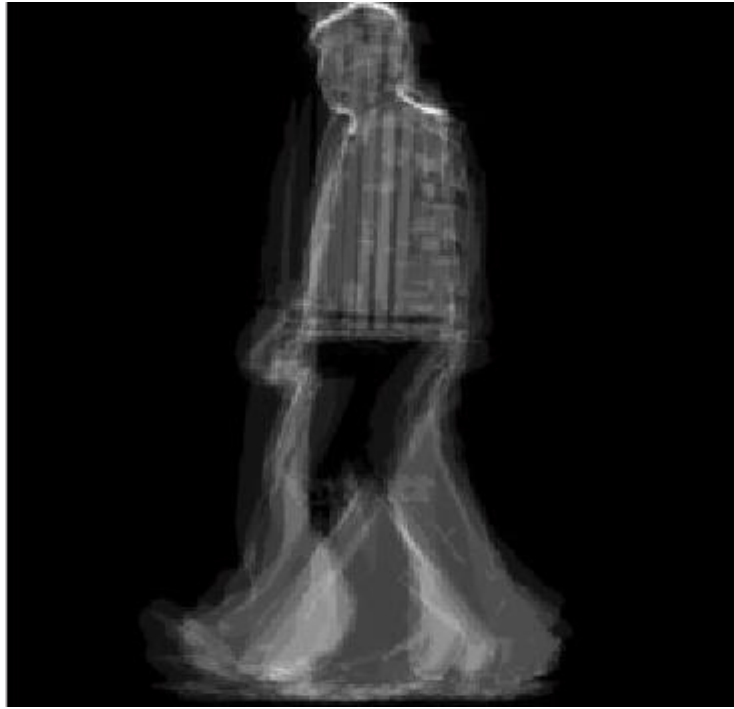
**Figure 3. 7:exemple de Silhouette frame Active Images**

→ Le bouton AEI de BD implémente l'Energie Active de la marche de la BD c'est la phase d'enrôlement



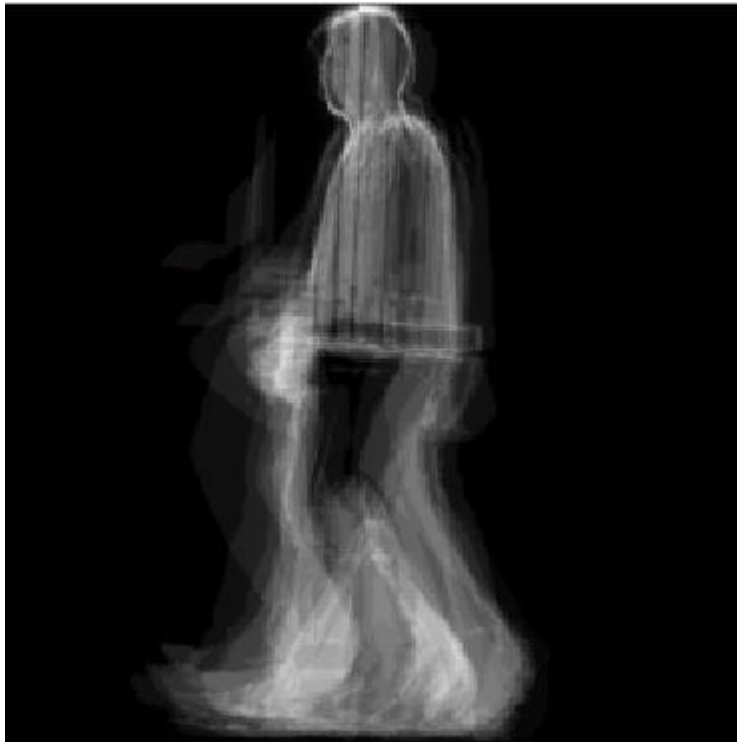
**Figure 3. 8:l'Image à Anergie Active**

→ Le bouton image de la marche d'entrée = C'est le AEI obtenu de frame de la personne à reconnaître.



**Figure 3. 9:exemple Le AEI de frame a reconnaitre**

→ Le bouton Image de la marche la plus proche: pour afficher l'image AEI de frame de la galerie la plus proche. Et cela est effectué par la méthode de classification qui consiste à calculer la distance euclidienne entre les AEI de frames de la base de données et le AEI de frame à reconnaître.



**Figure 3. 10:l'image de la marche la plus proche**

### **3.3. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthode d'Image à énergie Active (AEI) de la démarche, la base d'image CASIA-B utilisé pour tester notre système, et l'environnement de travail et les hardwares et softwares. Enfin nous présentons l'interface de notre application.

## **Conclusion générale:**

la reconnaissance biométrique est une technologie prometteuse qui permet d'identifier et d'authentifier les individus en se basant sur leurs caractéristiques uniques. Elle offre des avantages considérables en termes de sécurité et de commodité, notamment en éliminant le besoin de mots de passe ou de cartes d'identité. Cependant, son utilisation soulève des questions légitimes concernant la protection de la vie privée et la sécurité des données biométriques.

la reconnaissance de la marche est une technique qui permet d'identifier et d'analyser les caractéristiques spécifiques de la démarche d'un individu. Elle repose sur l'utilisation de caméras vidéo et d'algorithmes de traitement d'image pour extraire les caractéristiques pertinentes et construire des modèles de reconnaissance. Bien qu'elle présente des applications potentielles, elle comporte également des défis et des limites à prendre en compte.

l'Image à énergie Active (AEI) est une méthode utilisée pour analyser et reconnaître la marche humaine à partir d'images ou de séquences vidéo. Elle repose sur l'analyse des mouvements du corps humain lors de la marche et l'utilisation d'algorithmes de traitement d'images pour extraire des caractéristiques pertinentes. L'AEI est utilisée dans divers domaines tels que la sécurité, la biométrie, la surveillance médicale, la réadaptation et la robotique. Cependant, la reconnaissance de la marche à l'aide de l'AEI présente certaines limites en raison de facteurs tels que les conditions d'éclairage, les angles de vue et les obstacles. Néanmoins, l'AEI continue d'évoluer en tant que domaine de recherche, offrant des opportunités pour de nouvelles applications et améliorations technologiques à l'avenir.

Notre travail consiste à mettre au point un algorithme efficace destiné à reconnaître un individu par son démarche en utilisant la méthode Active Energy Image de la démarche qui se base sur silhouette et est utilisée pour extraire les caractéristiques de chaque Trame vidéo (Video frame) et composer une séquence de caractéristiques pour la séquence de marche humaine. Notre approche est implémentée en MATLAB 2007b , elle est appliquée et testée sur la base de donnée CASIA-B.

## Référence :

[1] : S. AKROUF, "Une Approche Multimodale pour l'Identification du Locuteur", thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas- Setif , 2011.

[2] : S. BOUDJELAL, "Détection et identification de personne par méthode biométrique ", Mémoire de magister en électronique, Université de Tizi Ouzou, 2014.

[3] : L. ALLANO, 'La Biométrie multimodale : stratégies de fusion de scores et mesures de dépendance appliquées aux bases de personnes virtuelles', thèse de doctorat, Université D'every Val D'essonne, 2009.

[4] : S. GUERFI ABABSA, "Authentification d'individus par reconnaissance de caractéristiques biométriques liées aux visages 2D/3D", thèse de doctorat, Université D'every Val D'essonne ,2008.

[5] : Tahir Amin / Dynamic Descriptors in Human Gait Recognition/ 2013

[6] : SOUHILA GUERFI ABABSA (Docteur de l'Université Evry Val d'Essonne) / Authentification d'individus par reconnaissance de caractéristiques biométriques liées aux visages 2D,3D/ 03 octobre 2008

[7] : T. AMELLAL, K. BENAKLI, "Système de reconnaissance de visage basé sur les GMM ", mémoire fin d'étude d'ingénierie en informatique, Institut National de formation en Informatique (I.N.I) Oued-Smar Alger, 2007.

[8] : Génie Biomédical (Docteur of Philosophy MASTER ACADEMIQUE) / Identification et Reconnaissance Biométrique par L'utilisation des Empreintes Palmaires/ 24 septembre 2017

[9] : L. MENSSOURA, 'identification des visages humains par réseaux de neurons', mémoire de magister, université de Batna, 2013.

[10] : A. BENAGGA et L. TELIB, ” Reconnaissance des personnes basée sur l’empreinte de l’articulation de doigt”, Mémoire de master académique, université Kasdi Merbah Ouargla, 2016.

[11] : A.Meraoumia, "Modèle de Markov caché appliqué à la multi biométrie " USTHB. 2014

[12] : F. LOUIBA et R. HADJ, ” Système de contrôle d’accès physique basé sur le visage et la Java Card”, mémoire fin d’étude d’ingénierie en informatique, Institut National de formation en Informatique (I.N.I), 2010.

[13] : François LAMARE (DOCTEUR de TELECOM SUDPARIS) / OCT en phase pour la reconnaissance biométrique par empreintes digitales et sa sécurisation./ 21 mars 2016

Figure : JASVINDER PAL SINGH 1 , SANJEEV JAIN1 , SAKSHI ARORA1 , AND UDAY PRATAP SINGH/ VisionBased Gait Recognition: A Survey/ 18 December 2018.

[14] : Munish Kumar , Navdeep Singh , Ravinder Kumar , Shubham Goel , Krishan Kumar / Gait recognition based on vision systems: A systematic survey / Journal of Visual Communication and Image Representation /13 février 2021

[15] : BIOMETRICS/ Gait Recognition System: Deep Dive into This Future Tech/ RecFaces/18 JUIN 2021

<https://recfaces.com/articles/what-is-gait-recognition>

[16]: DANNY THAKKAR/ BIOMETRIC TECHNOLOGY/ Gait Recognition Systems Can Identify You with Your Manner of Walking/ BAYOMETRIC/17 juillet 2019

[17] : JASVINDER PAL SINGH ,SANJEEV JAIN, SAKSHI ARORA, UDAY PRATAP SINGH ,Computer Science Review/ Vision-based approaches towards person identification using gait/Computer Science Review /09,Novembre,2018

[18] : JASVINDER PAL SINGH 1 , SANJEEV JAIN1 , SAKSHI ARORA1 , AND UDAY PRATAP SINGH/ VisionBased Gait Recognition: A Survey/ IEE Access /18 December 2018.

[19]: Jure Kova, Vitomir Štruc, Peter Peer/ Frame-based classification for cross-speed gait Recognition/CrossMark /12 Décembre 2017

[20]: Tracey K. M. Lee, Mohammed Belkhatir, Saeid Sanei,/ A COMPREHENSIVE REVIEW OF PAST AND PRESENT VISIONBASED TECHNIQUES FOR GAIT RECOGNITION/Multimedia Tools Appl./2014

[21]: Active energy image plus 2DLPP for gait recognition Erhu Zhang, Yongwei Zhao , Wei Xiong

[22]: Gait Recognition Using Active Energy Image and Gabor Wavelet Zhiyong Liu Industry Center, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China E-MAIL: [zhiyongliu03@163.com](mailto:zhiyongliu03@163.com)

[23]:<http://bib.univ.oeb.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/14281/1/m%C3%A9moire.pdf>

[24]: Biometric recognition by gait: A survey of modalities and features Patrick Connor\*,a , Arun Rossb

[25]: Ryan C. Saxe, Samantha Kappagoda, David K.A. Mordecai/CLASSIFICATION OF PATHOLOGICAL AND NORMAL GAIT: A SURVEY/ 1 janvier 2021

[26]: Samson, M.M., Crowe, A., De Vreede, P.L., Dessens, J.A.G., Duursma, S.A., Verhaar, H.J.J., 2001. Differences in gait parameters at a preferred walking speed in healthy subjects due to age, height and body weight. *Aging. Clin. Exp. Res.* 13 (1), 16–21.

[27]: C. B. Abdelkader, R. Cutler, and L. Davis, “Person identification using automatic height and stride estimation,” in *Proc. 16th Int. Conf. Pattern Recognit.*, 2002, pp. 377–380.

[28]: A. Sundaresan, A. Roychowdhury, and R. Chellappa, “A hidden Markov model based framework for recognition of humans from gait sequences,” in *Proc. Int. Conf. Image Process.*, 2003, pp. 93–96.

[29]: W. Kusakunniran, “Recognizing gaits on spatio-temporal feature domain,” *IEEE Trans. Inf. Forensics Security*, vol. 9, no. 9, pp. 1416–1423, Sep. 2014, doi: 10.1109/TIFS.2014.2336379.

[30]: J. Man and B. Bhanu, “Individual recognition using gait energy image,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 28, no. 2, pp. 316–322, Feb. 2006, doi: 10.1109/TPAMI.2006.38.

[31]: L. Wang, H. Ning, W. Hu, and T. Tan, “Gait recognition based on procrustes shape analysis,” in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Process. (ICIP)*, Sep. 2002, pp. 433–436.

[32]: L. Wang, W. Hu, and T. Tan, “A new attempt to gait-based human identification,” in *Proc. 16th Int. Conf. Pattern Recognit.*, 2002, pp. 115–118.

[33] :F. Tafazzoli, G. Bebis, S. Louis, and M. Hussain, “Genetic feature selection for gait recognition,” *J. Electron. Imag.*, vol. 24, no. 1, p. 013036, Feb. 2015, doi: 10.1117/1.JEI.24.1.013036.

[34] : I. Rida, X. Jiang, and G. L. Marcialis, "Human body part selection by group lasso of motion for model-free gait recognition," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 23, no. 1, pp. 154\_158, Jan. 2016, doi: 10.1109/LSP.2015.2507200.

[35] : W. Kusakunniran, Q. Wu, J. Zhang, and H. Li, "Gait recognition under various viewing angles based on correlated motion regression," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 22, no. 6, pp. 966\_980, Jun. 2012, doi: 10.1109/TCSVT.2012.2186744.

[36] : J. Ortells, R. A. Mollineda, B. Mederos, and R. Martín-Félez, "Gait recognition from corrupted silhouettes: A robust statistical approach," *Mach. Vis. Appl.*, vol. 28, nos. 1\_2, pp. 15\_33, Feb. 2017, doi: 10.1007/s00138-016-0798-y.

[37] : P. Arora, M. Hanmandlub, and S. Srivastava, "Gait based authentication using gait information image features," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 68, no. 2, pp. 336\_342, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.patrec.2015.05.016.

[38] : W. Kusakunniran, Q. Wu, J. Zhang, Y. Ma, and H. Li, "A new view-invariant feature for crossview gait recognition," *IEEE Trans. Inf. Forensics Security*, vol. 8, no. 10, pp. 1642\_1653, Oct. 2013, doi: 10.1109/TIFS.2013.2252342.

[39] : A. Nandy, R. Chakraborty, and P. Chakraborty, "Cloth invariant gait recognition using pooled segmented statistical features," *Neuro Comput.*, vol. 191, pp. 117\_140, May 2016, doi: 10.1016/j.neucom.2016.01.002.

[40] : A. Nandy, A. Pathak, and P. Chakraborty, "A study on gait entropy image analysis for clothing invariant human identification," *Multimedia Tools Appl.*, vol. 76, no. 7, pp. 9133\_9167, Apr. 2017, doi: 10.1007/s11042-016-3505-0.

[41] : J. Lu, G. Wang, and P. Moulin, "Human identity and gender recognition from gait sequences with arbitrary walking directions," *IEEE Trans. Inf. Forensics Security*, vol. 9, no. 1, pp. 51\_61, Jan. 2014, doi: 10.1109/TIFS.2013.2291969.

[42] : A. O. Lishani, L. Boubchir, E. Khalifa, and A. Bouridane, "Human gait recognition based on Haralick features," *Signal Image Video Process.*, vol. 11, no. 6, pp. 1123\_1130, Sep. 2017, doi: 10.1007/s11760-017-1066-y.

[43] : T. T. Verlekar, P. L. Correia, and L. D. Soares, "View-invariant gait recognition system using a gait energy image decomposition method," *IET Biometrics*, vol. 6, no. 4, pp. 299\_306, Jun. 2017, doi: 10.1049/ietbmt.2016.0118.

[44] : P. Chaurasia, P. Yogarajah, J. Condell, and G. Prasad, "Fusion of random walk and discrete fourier spectrum methods for gait recognition," *IEEE Trans. Human-Mach. Syst.*, vol. 47, no. 6, pp. 751\_762, Dec. 2017, doi: 10.1109/THMS.2017.2706658.

[45] : A. Nandy, R. Chakraborty, P. Chakraborty, and G. C. Nandi, "A novel approach to human gait recognition using possible speed invariant features," *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 7, no. 6, pp. 1174\_1193, Sep. 2014.

[46] : E. R. H. P. Isaac, S. Elias, S. Rajagopalan, and K. S. Easwarakumar, "View-invariant gait recognition through genetic template segmentation," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 24, no. 8, pp. 1188\_1192, Aug. 2017, doi: 10.1109/LSP.2017.2715179.

[47] : L. R. Sudha and R. Bhavani, "An efficient spatio-temporal gait representation for gender classification," *Appl. Artif. Intell.*, vol. 27, no. 1, pp. 62\_75, Jan. 2013, doi: 10.1080/08839514.2013.747373.

[48] : D. López-Fernández, F. J. Madrid-Cuevas, Á. Carmona-Poyato, R. Munoz-Salinas, and R. Medina Carnicer, "A new approach for multi-view gait recognition on unconstrained paths," *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 38, pp. 396\_406, Jul. 2016.

[49] : Z. Wu, Y. Huang, L. Wang, X. Wang, and T. Tan, "A comprehensive study on cross-view gait based human identification with deep CNNs," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 39, no. 2, pp. 209\_226, Mar. 2016, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2545669.

[50] : X. Yang, Y. Zhou, T. Zhang, G. Shu, J. Yang, "Gait recognition based on dynamic region analysis," *Signal Processing* 88 (2008) 2350–2356.

[51] : E. Zhang, H. Ma, J. Lu, et al., "Gait recognition using dynamic gait energy and PCA+LPP method," in: *Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, vol. 1, Baoding, China, 2009, pp. 50–53.

[52] : C. Chen, J. Liang, H. Zhao, et al., Frame difference energy image for gait recognition with incomplete silhouettes, *Pattern Recognition Letters* 30 (2009) 977–984.

[53] : J. Han, B. Bhanu, Individual recognition using gait energy image, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 28 (2) (2006) 316–322.

[54] : E. Zhang, Y. Zhao , W. Xiong(2010). Active energy image plus 2DLPP for gait recognition, *Signal Processing*90 ,2295–2302

[55] : E. Zhang, H. Ma, J. Lu, et al(2009). Gait recognition using dynamic gait energy and PCA+LPP method, in: *Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, vol. 1, Baoding, China, pp. 50–53.

[56] : J. Han, B. Bhanu(2006). Individual recognition using gait energy image, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 28 (2) 316–322.

