

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et Télécommunications

N/Br. 811



**Mémoire de fin d'étude
pour l'obtention du diplôme de Master Académique**

Domaine : **Sciences et Techniques**
Filière : **Electronique**
Spécialité : **Systemes Electroniques**

**Reconnaissance de visage par la méthode
GRADIENTFACES**

Présenté par :
DOUAKHA Moustafa

HADEF Chérif

Sous la direction de :

M.BOUALLAG Abdelhalim

Mai 2014.



Remerciements

Louange à Allah le tout Puissant, le Miséricordieux. Louange à Allah qui m'a aidé à voir l'aboutissement de cette thèse.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire. Ces remerciements sont rédigés dans un moment de relâchement intellectuel, sans véritable rigueur.

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse, **M. BOUALLAG Abdelhalim**, qui, en tant que Directeurs de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.



*Thank
you*

Dédicace

Je tiens à dédie ici tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la concrétisation de ce travail de thèse de doctorat. Ces remerciements sont rédigés dans un moment de relâchement intellectuel, sans véritable rigueur.

Aussi, je dédie ce mémoire :

- ✚ A mon père **Rabeh** et ma mère **Assia**.
- ✚ A mes sœurs **Rabia** et **Ilham**, mes frère **Atif** et **Noufel**.
- ✚ A ma fille **Zina**.
- ✚ A mon ami **Zaki**, **Yakoub**, **Abdessamad**, **Tarek**, **Sami**, **Hamza**, **Abderrahmane** et **Amine** A mon binôme **Cherif** et tous mes amis (es).
- ✚ A tous mes maîtres et professeurs : du primaire au supérieur.
- ✚ A tous ceux qui ont contribué au développement des sciences en général et de l'électronique en particulier.

DOUAKHA Moustafa.

Je dédie cet humble travail, fruit des longues années de mes études à :
La fontaine de l'amour ma mère qui m'a donné la vie, l'espoir et la tendresse.
Mon très cher père pour lequel les mots ne suffiront jamais pour le remercier et mes frères.

Et à toute la famille.

Aussi, je dédie ce mémoire :

A tous mes amis :

Ahmed,houssam,tarek,amar,saad,abdelwahed,sami,bilel,amine,khaled ; ahmed . Et Mouhamed mes connaissances et compagnons de parcours, et particulièrement mon binôme Moustafa

A tous ceux qui j'estime et m'estiment.

HADEF Cherif.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	1
<i>Dédicace</i>	2
Introduction générale	1
Chapitre 1	9
La Biométrie	9
I. Introduction :	9
II. Définition De La Biométrie :	10
III. Exigences Pour La Biométrie :	10
IV. Modalités biométriques :	11
IV.1. Analyse biologique :	11
IV.2. Analyse comportementale :	11
IV.3 Analyse morphologique :	12
V. Structure Générale d'un système biométrique :	15
V.1 Mode de fonctionnement :	17
V.1.1 Mode vérification : le système vérifie l'identité d'une personne en comparant les données biométriques acquises avec celles stockées dans la base de données.....	17
V.1.2 Mode identification : le système cherche à reconnaître un individu en comparant son modèle avec tous les modèles existant dans la base de données pour une éventuelle correspondance.	17
V.2 Evaluation des performances des Systèmes biométriques :	18
V.3 Erreurs de système biométrique :	19
VI. Comparaison des techniques biométriques :	19
VII. Applications des systèmes biométriques :	20
VIII. Conclusion :	21
Chapitre 2	23
Techniques de détection et de reconnaissance de visages	23
I. Introduction :	23
II. Fiabilité de reconnaissance par visage :	23
II.1 Comment La Reconnaissance par le Visage Fonctionne :	24
II.2 Détection de visage :	25
II.3 Extraction de caractéristiques du visage :	26
III. Les approches d'un système de reconnaissance de visage :	27

III.1 Approches globales :	28
III.2 Approches locales :	29
III.3 Approches hybrides :	30
IV. Principales difficultés de la reconnaissance de visage :	30
IV.1 Changement d'illumination :	30
IV.2 Variation de pose :	31
IV.3 Expressions faciales :	31
IV.4 Présence ou absence des composants structurels :	32
IV.5 Occultations partielles :	32
V. Approches de la détection de visage :	32
V.1 Approches basées sur l'apparence :	33
V.2 Approches basées sur les connaissances acquises :	34
V.3 Approches basées sur le « Template-matching » :	34
V.4 Approches basées sur des caractéristiques invariantes :	36
V.4.1 Méthodes basées sur les caractéristiques du visage :	36
V.4.2 Méthodes basées sur l'analyse de la couleur de la peau :	37
VI. Prétraitement :	37
VII. Conclusion :	38
Chapitre 3.....	40
Normalisation de l'illumination	40
I. Introduction :	40
II. Normalisation de l'illumination :	40
II.1 Normalisation géométrique :	40
II.2 Normalisation Photométrique :	41
II.2.1 Égalisation d'histogramme :	41
II.2.2 Correction Gamma :	42
II.2.3 MultiScale-Retinex :	43
II.2.4 Lissage anisotropique :	43
II.2.5 La méthode de GRADIENTFACES :	45
II.2.5.1 Introduction :	45
II.2.5.2 Théorème :	46
II.2.5.3 Protocole d'identification :	47
III. Conclusion :	47
Chapitre 4.....	49

Résultats et Discussions	49
I. Introduction :	49
II. La base de donné YALA B :	49
III. Les types de Reconnaissance :	51
III.1 Reconnaissance Par sous-groupes :	51
III.2 reconnaissance Par une seule image :	55
VI. Conclusion :	57
Conclusion	58
Bibliographie	60

Liste des figures

Figure 1. 1 : les différents types de la biométrie.....	16
Figure1.2 : schéma de fonctionnement des systèmes biométriques.....	17
Figure 1.3 : Application biométriques	22
Figure 2.1 Les étapes de la reconnaissance de visage.....	26
Figure 2.2 : Les différentes approches d'un système de reconnaissance biométrique.....	28
Figure 2.3 : .Exemple de variation d'éclairage.....	32
Figure 2.4 : Exemples de variation de poses.....	32
Figure2.5 : Exemples de variation d'expressions.....	33
Figure 2.6 : Modèle de visage composé de 16 régions (les rectangles) Associées à 23 relations (flèches).....	36
Figure2.7 : Différentes régions utilisées pour la phase de Template matching.....	37
Fi Figure : 3.1 Exemple d'une normalisation géométrique de visagegure	42
Figure3.2 : Exemple d'égalisation d'histogramme	43
Figure3.3 : Discrétisation au voisinage d'un pixel	45
Figure 4.1 : exemple d'image de base YALA B.....	52
Figure 4.2 : Reconnaissance Par sous-groupes.....	53

Figure 4.3 : Comparaison par sous-groupe entre la reconnaissance sans prétraitement et l'égalisation d'histogramme.....	55
Figure 4.4 : Reconnaissance par la méthode gradient faces.....	56
Figure 4.5 : reconnaissance par la méthode GRF (par sous-groupe).....	57
La figure 4.6 présente une image de la base de données Yala B sans traitement comme exemple de reconnaissance par image.....	57
Figure 4.7 : Comparaison par une seule image entre la reconnaissance sans prétraitement et l'égalisation d'histogramme	58
Figure 4.8 : traitement d'image par la méthode GRF.....	58
Figure 4.9 : reconnaissance par GRF (reconnaissance par une seule image).....	59

Liste des tableaux

Tableau.1 : Comparaison entre les techniques biométriques.....	21
Tableau 2 : les Sous-groupe de YALA B.....	52
Tableau 3 : résultats obtenu par l'égalisation d'histogramme et reconnaissance sans prétraitement	54
Tableau 4 : Taux de la reconnaissance par la méthode GRF.....	56
Tableau 5 : reconnaissance par une seule image pour l'égalisation d'histogramme et reconnaissance sans prétraitement.....	58
Tableau 6 : résultat de la reconnaissance par la méthode GRF	59

Introduction générale

Les conditions d'acquisition contrôlées correspondent à un bon équilibre d'illumination, ainsi qu'une haute résolution et une netteté maximale de l'image du visage.

Afin de bien cerner le problème de dégradation des performances dans les conditions d'acquisition difficiles et de proposer par la suite des solutions adaptées, nous avons effectué plusieurs études à différents niveaux de la chaîne de la reconnaissance. [5]

Ces études concernent le comportement des algorithmes basés sur les approches globales.

Elles concernent également les différentes méthodes de normalisation photométrique ainsi que des stratégies de reconnaissance basées sur la qualité des images du visage.

Les solutions proposées à chaque niveau de cette chaîne ont apporté une amélioration significative des performances par rapport aux approches classiques.

Pour les algorithmes de reconnaissance, nous avons proposé l'utilisation de la méthode Gradientfaces pour l'image du visage comme nouveau gabarit, à la place des méthodes classiques.

Nous expliquons dans cette thèse les performances liés à l'utilisation de la méthode Gradientfaces nous proposons une solution pour y problème.

Déférentes méthodes de normalisation photométrique de l'image du visage été étudiées et comparées.

Nous avons, par la suite, proposé une nouvelle approche de normalisation basé sur l'élimination de la composante luminance (Gradientfaces).

Nous avons choisi d'articuler notre étude autour de quatre chapitres principaux.

Le premier chapitre est consacré à la présentation générale de la biométrie. Il décrit le principe de fonctionnement des systèmes biométriques puis définit les outils utilisés pour évaluer leurs performances. Ensuite, la place de la reconnaissance faciale parmi les autres techniques biométriques est analysée. A travers ce chapitre, nous voulons positionner le problème de la reconnaissance faciale et présenter ses enjeux et intérêts par rapport aux autres techniques. Nous étudions également les principales composantes d'un système de reconnaissance faciale, notamment la détection, l'extraction de caractéristiques et la reconnaissance. Enfin, nous mettons en lumière les difficultés rencontrées par les systèmes de reconnaissance de visage.

Dans le second chapitre une analyse détaillée des différentes techniques développées au cours de ces dernières années dans les domaines de la détection de visage et de la

reconnaissance est présentée. Notre objectif est de classifier ces méthodes de manière efficace afin de mettre en évidence les particularités ainsi que les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles. Ceci nous permettra, par la suite, de mettre en avant les critères de performances qui vont guider le choix des solutions retenues dans le cadre de notre problématique. Nous évoquerons aussi la normalisation géométrique des images des visages et les différentes normalisations photométriques.

Dans le troisième chapitre nous présenterons notre algorithme qui se base sur une analyse en composante principale, qui est une méthode mathématique qui peut être utilisée pour simplifier un ensemble de données, en réduisant sa dimension. Elle est utilisée pour représenter efficacement les images de visages, qui peuvent être approximativement reconstruites à partir d'un petit ensemble de poids et d'une image de visage standard. Nous verrons plusieurs approches pour améliorer les performances de GRADIENTFACES.

Dans le quatrième chapitre nous présentons la base des données utilisées dans le cadre de ce mémoire YALA B, puis nous présenterons notre interface graphique qui a été créé à l'aide du Matlab, Et nous analyserons les résultats des tests effectués sur la base des données sous différentes conditions.

Chapitre 1

La Biométrie

Chapitre 1

La Biométrie

I. Introduction :

De nos jours on parle de plus en plus de l'insécurité dans divers secteurs ainsi que des moyens informatiques à mettre en œuvre pour contrer cette tendance.

La vérification et l'identification des individus est l'un des moyens permettant d'assurer cette sécurité. L'être humain se sert quotidiennement de son système visuel pour identifier les personnes de façon automatique, bien que le processus mis en jeu soit complexe.

L'homme a mis en place des moyens de vérification d'identité qui sont liés, soit à ce que possède une personne telle qu'une carte d'identité ou un passeport, soit à ce que sait cette personne, c'est le cas du mot de passe ou un code PIN. Néanmoins, ces éléments peuvent être oubliés, volés ou falsifiés. Pour contourner ces limitations, un autre moyen de sécurité a été développé qui permet d'utiliser, non pas l'information qu'un individu possède ou connaît, mais une information (propre) intrinsèque à cette personne. Cette nouvelle façon d'identification des individus est la biométrie.

Les caractéristiques biométriques sont une solution alternative aux anciens moyens de vérification d'identité. L'avantage de ces caractéristiques biométriques est d'être universel, c'est-à-dire présentes chez toutes les personnes à identifier.

D'autre part, elles sont mesurables et uniques : deux personnes ne peuvent pas posséder exactement la même caractéristique. Elles sont aussi permanentes ce qui signifie qu'elles ne varient pas ou peu au cours du temps.

Dans ce mémoire, nous nous intéressons à la biométrie du visage qui possède beaucoup d'avantages tels que, la facilité d'utilisation, l'acceptation par l'utilisateur (car elle est non intrusive) et le faible coût. Ainsi, la reconnaissance du visage est déjà intégrée dans des systèmes de sécurité biométriques utilisant un certain nombre d'algorithmes classiques.

En conclusion, nous récapitulerons les principales contributions de ce mémoire avant d'exposer les perspectives envisagées. [1]

II. Définition De La Biométrie :

Le terme biométrie vient des mots Grecs bios (vie) et metrikos (mesure ou distance), qui veut dire distances biophysiques de l'être humain, ou en d'autre terme, c'est l'anthropométrie.

Il existe plusieurs définitions de la biométrie, en voici quelques-unes :

- **Définition 1** : La biométrie est la science qui étudie à l'aide des mathématiques (statistiques, probabilités) les variations biologiques ou biophysiques à l'intérieur d'un groupe déterminé de personnes.
- **Définition 2** : Les mesures biométriques sont celles qui concernent l'ensemble des caractéristiques distinctives d'une personne. Elles peuvent être lues par des systèmes informatiques et utilisées afin d'identifier cette personne.
- **Définition 3** : La biométrie permet l'identification d'une personne sur la base de caractères physiologiques ou de traits comportementaux automatiquement reconnaissables et vérifiables. [2]

III. Exigences Pour La Biométrie :

Dans la théorie tout trait de l'être humain (physiologique ou comportemental) peut être employé comme caractéristique biométrique pour la reconnaissance des personnes aussi longtemps qu'il répond aux conditions suivantes :

- **Universalité** : ceci signifie que chaque personne devrait avoir le trait.
- **Unicité** : ceci indique que deux personnes quelconques devraient être suffisamment différentes en termes de leurs traits biométriques.
- **Permanence** : ceci signifie que le trait devrait être suffisamment invariable sur une certaine période de temps.
- **Collecte** : ceci indique que le trait peut être mesuré quantitativement.

Dans la pratique, il y a d'autres problèmes importants qui doivent être pris en considération, incluant.

- **Performance** : qui se rapporte à l'exactitude et la vitesse d'identification, les ressources requises pour obtenir l'exactitude d'identification et la vitesse désirées, aussi bien que les facteurs opérationnels et environnementaux qui les affectent.
- **Acceptabilité** : ce qui indique le point auquel les gens sont disposés à accepter l'utilisation d'un trait biométrique particulier dans leurs vies quotidiennes.
- **Vulnérabilité** (Mise en échec) : ce qui reflète à quel point il est facile de tromper le système par des méthodes frauduleuses. [2]

IV. Modalités biométriques :

Il y a trois catégories technologiques de la biométrie, la première est l'analyse biologique Comme les tests portants sur le sang, l'ADN, l'urine etc. Le deuxième est l'analyse Comportementale, elle traite la dynamique de la signature, la façon d'utiliser un clavier ou la manière de marcher. Enfin il y a l'analyse morphologique qui est la plus répandue et qui traite les empreintes digitales, la forme de la main, les traits du visage, la voix, le dessin du réseau veineux de l'œil etc.

Dans le paragraphe suivant nous définissant quelques caractéristiques pour chaque catégorie de biométrie : l'ADN pour l'analyse biologique, la signature dynamique pour l'analyse comportementale et enfin la forme de la main, l'iris, les empreintes digitales, la voix et le visage pour l'analyse morphologique.

IV.1. Analyse biologique :

❖ L'ADN :

L'utilisation de l'ADN facilite largement la désignation du coupable, grâce à cette Empreinte il y a eu beaucoup d'arrestations pour des cambriolages et des vols de véhicules. L'analyse des empreintes génétiques est une méthode d'identification d'individus

Extrêmement précise, elle est issue directement de l'évolution de la biologie moléculaire.

La notion d'empreintes génétiques fut introduite par un biologiste anglais, Alec Jeffrey, en 1985.

La technique a bénéficié de l'invention de la PCR (Polymérase Chain Réaction) par Kary Banks Mollis, biochimiste américain, c'est une réaction de polymérisation en chaîne de l'ADN qui permet d'obtenir des quantités substantielles d'ADN à partir d'une seule molécule.

Elle fut utilisée pour l'identification biométrique des individus à des fins médico-légales. L'information génétique d'un individu est unique, car aucun membre de l'espèce ne possède la même combinaison de gènes codés dans l'acide désoxyribonucléique (ADN). L'ADN est "l'outil" d'identification par excellence, plusieurs états à travers le monde possèdent ou programment la mise sur pied d'une base de données génétique et projettent de légiférer sur ce plan.

Le Royaume-Uni est leader dans ce domaine et possède, dans sa base NDNAD, le plus Grand nombre de profils par rapport à sa population (loin devant les USA).

IV.2. Analyse comportementale :

❖ Signature dynamique :

Toute personne a son propre style d'écriture. A partir de la signature d'une personne, nous pouvons définir un modèle qui pourra être employé pour son identification.

La signature étant utilisée dans beaucoup de pays comme élément juridique ou administratif, elle est utilisée pour justifier la bonne fois d'une personne ou pour la confondre devant des documents préalablement signés.

Avantage :

- Elle peut être conservée.
- Elle implique la responsabilité de l'individu.

Inconvénients :

- L'acquisition nécessite une tablette graphique.
- Elle est sensible aux émotions de l'individu.
- Non utilisable pour les contrôles d'accès.

IV.3 Analyse morphologique :

❖ **Forme de la main :**

Chaque individu a sa propre forme de la main. On peut l'acquérir en utilisant un scanner spécialisé.

La longueur des doigts, leur épaisseur et leur position relative sont des paramètres qui sont extraits de l'image et comparés à ceux existant dans une base de données. Néanmoins, cette biométrie est sujette à certaines modifications qui sont dues au vieillissement.

Les systèmes biométriques utilisant la forme de la main sont simples à mettre en œuvre, et sont très bien acceptée par les utilisateurs.

Avantage :

- Très bien accepté par les individus à identifier ou vérifier.
- Simple à utiliser.
- Pas d'effet en cas humidité ou d'impropriété des doigts.

Inconvénients :

- Encombrant pour les bureaux, dans une voiture ou un téléphone.
- Risque de fausse acceptation pour des jumeaux ou des membres d'une même famille.

❖ **L'iris :**

La première utilisation du motif de l'iris comme moyen de reconnaissance remonte à un manuel d'ophtalmologie écrit par James Hamilton Doggarts et datant de 1949.

L'identification par l'iris utilise plus de paramètres que les autres méthodes d'identification et le résultat est d'une très grande fiabilité.

La probabilité de trouver deux iris suffisamment identiques pour être confondus est de 1 / 1072 selon les estimations de Daugmann. La première étape, est la capture de l'image de l'iris. En effet l'œil étant un organe très sensible à la lumière et à la fatigue, deux facteurs qui peuvent faire varier sa taille et sa netteté.

En outre, il est souvent obscurci par les cils, les paupières, les lentilles, les réflexions de la lumière ou les mouvements incontrôlés de la personne. Le système d'acquisition emploie une caméra CCD monochrome (640 x 480) avec une source de lumière de longueur d'onde comprise entre sept cents et neuf cents nanomètres, invisible pour les humains.

Avantage :

- L'iris contient une grande quantité d'information.
- Pas de confusion pour les vrais jumeaux.

Inconvénients :

- Méthode invasive et non conviviale.
- L'iris peut être facilement photographié.

❖ **Les empreintes digitales :**

Les systèmes biométriques utilisant l'empreinte digitale sont les plus utilisés.

Des solutions de plus en plus abordables et performantes sont proposées par les constructeurs.

On voit de plus en plus placer des lecteurs d'empreintes digitales sur des micros ordinateurs ou des téléphones portables pour sécuriser leurs utilisations et cela devient de plus en plus commode et accepté par le grand public.

Avantage :

- C'est la technologie la plus connue et la plus éprouvée.
- Son lecteur étant de petite taille, il facilite son intégration dans la plupart des systèmes.
- Faible coût des lecteurs.
- Se traite rapidement.
- Taux de faux rejets et de fausses acceptations acceptable.

Inconvénients :

- Indispensabilité de la coopération de l'individu.
- Stéréotype de l'empreinte comme étant à usage policier.
- Acceptation d'un moulage de doigt ou un doigt coupé.

❖ La voix :

La biométrie de la voix traite des données qui proviennent à la fois de facteurs physiologiques dépendants de l'âge, du sexe, de la tonalité, de l'accent et de facteurs comportementaux comme la vitesse et le rythme.

Ils ne sont en général pas imitables.

C'est la seule technique qui permette à l'heure actuelle de reconnaître une personne à distance et qui est en général bien acceptée par les usagers.

Cependant cette technique est très facilement falsifiable et nécessite en plus une excellente qualité d'enregistrement.

En outre peu de différences existent entre deux voix ce qui rend cette technique peu fiable.

Avantage :

- les lecteurs sont facilement protégés.
- Seule information utilisable via le téléphone.
- Impossibilité d'imitation de la voix.
- Elle n'est pas intrusive.

Inconvénients :

- Sensible à l'état physique et émotionnel de l'individu.
- Fraude possible par enregistrement.
- Sensible aux bruits ambiants.
- Taux de faux rejet et fausse acceptation élevés.

❖ Le visage :

Le visage est la biométrie la plus commune et la plus populaire.

Elle reste la plus acceptable puisqu'elle correspond à ce que les humains utilisent dans l'interaction visuelle.

Les caractéristiques jugées significatives pour la reconnaissance du visage sont : les yeux, la bouche et le tour du visage.

Les fréquences spatiales jouent des rôles différents : les composantes basses fréquences contribuent à la description globale et permettent de déterminer le sexe, par contre les composantes hautes fréquences sont plus importantes pour la tâche d'authentification ou d'identification.

Cette technologie est employée dans des domaines très variés allant du contrôle d'accès physique ou logique à la surveillance ou l'accès aux distributeurs automatiques de billets.

Avantage :

- Bien accepté par les usagers.
- Ne demande aucune action de l'utilisateur, pas de contact physique.
- Elle n'est pas très coûteuse.

Inconvénients :

- Sensible à l'environnement (éclairage, position, expression du visage etc.).
- Problème de différenciation entre les vrais jumeaux.
- Sensible aux changements (barbe, moustache, lunettes, piercing, chirurgie etc.). [3]

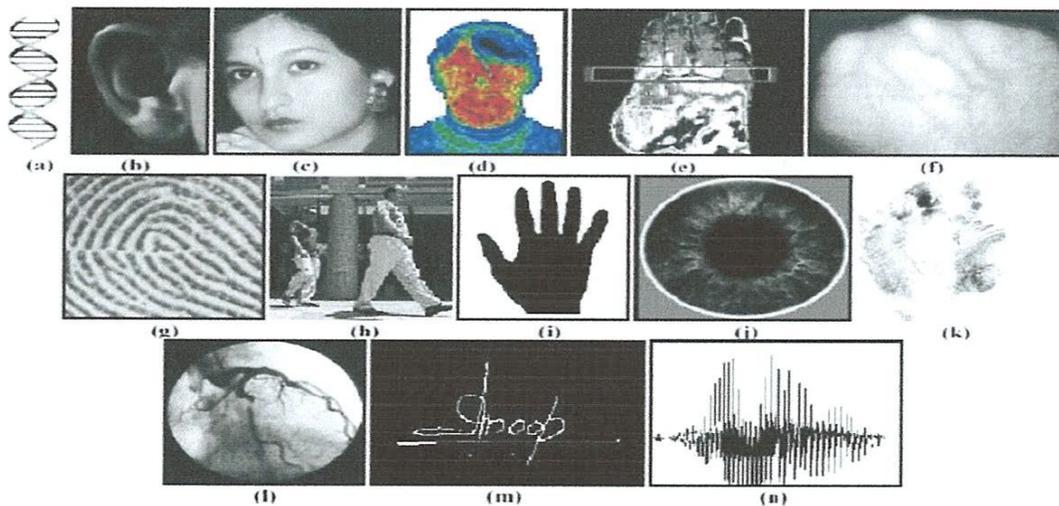


Figure 1. 1 : les différents types de la biométrie.

V. Structure Générale d'un système biométrique :

Un système biométrique est un système de reconnaissance des formes qui procède en premier par l'acquisition des données biométriques de l'individu à reconnaître, puis extrait un de caractéristiques à partir de celles-ci, enfin il compare ces caractéristiques avec les modèles de la base de données.

Selon le contexte de l'application, un système biométrique peut fonctionner soit en mode vérification ou d'identification. [3]

Tout système biométrique comporte deux processus qui se chargent de réaliser les opérations d'enregistrement et de tests :

- **Vérification** : le système valide l'identité d'une personne en comparant les données biométriques capturées à sa propre base de données.

Dans un tel système, un individu qui désire être identifié réclame une identité, habituellement par l'intermédiaire d'un PIN (numéro d'identification personnelle),

d'un nom d'utilisateur, d'une carte futée, etc., et le système conduit une comparaison d'un-à-un pour déterminer si la réclamation est vraie ou faux.

- **Identification** : le système identifie un individu en recherchant les signatures (Template) de tous les utilisateurs dans la base de données.

Par conséquent, le système conduit plusieurs des comparaisons pour établir l'identité d'un individu (ou échoue si le sujet n'est pas inscrit dans la base de données de système) sans devoir soumis réclamer une identité é.

En général, toutes les systèmes biométriques partagent le même schéma de fonctionnement.

Ils tous se composent deux processus suivant :

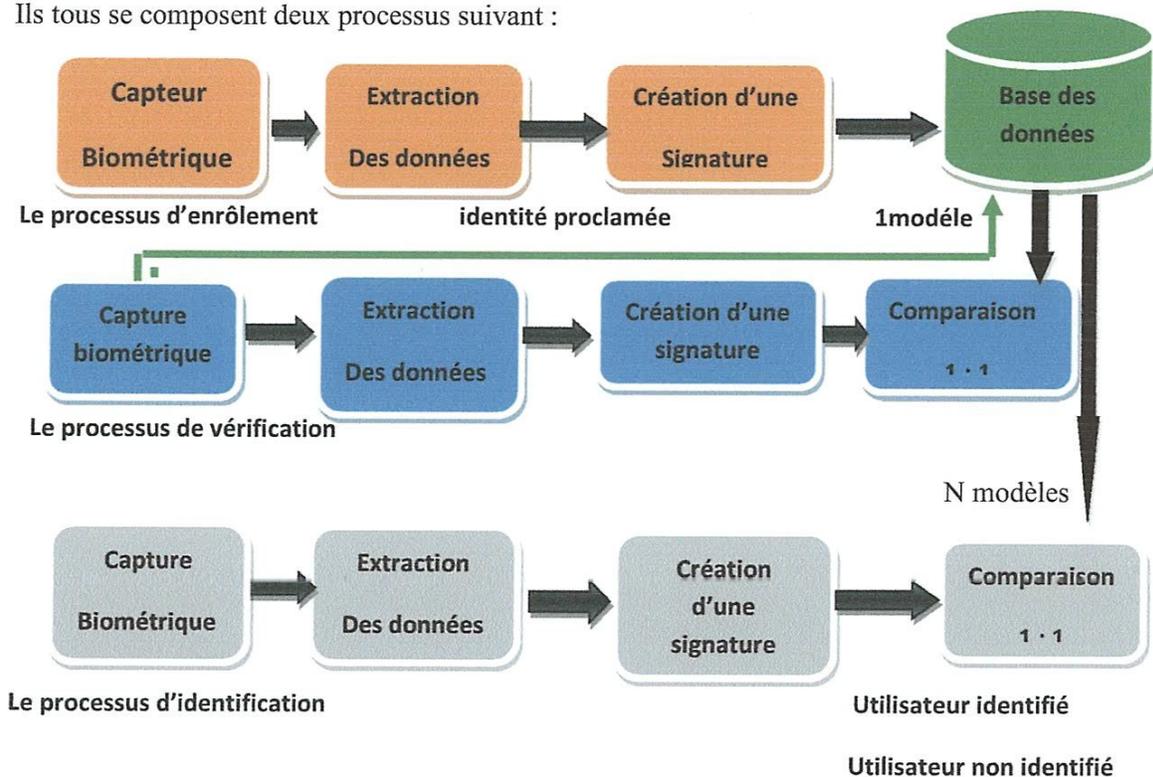


Figure1.2 : schéma de fonctionnement des systèmes biométriques.

- **Processus d'enregistrement (d'enrôlement)** : Ce processus a pour but d'enregistrer les caractéristiques des utilisateurs dans la base de données...
- **Processus d'identification /vérification** : Le processus d'identification/vérification est effectué lorsqu'une personne enregistrée dans la base de données biométriques doit s'identifier. [4]

Dans chacun des deux processus précédents le système exécute quatre opérations fondamentales, à savoir :

- **Module capteur biométrique** : correspond à la lecture de certaines caractéristiques physiologiques, comportementales ou biologiques d'une personne, au moyen d'un terminal de capture biométrique (ou capteur biométrique).
- **Module extraction des données** : extrait les informations pertinentes à partir des données biométriques brutes, par exemple des images de visage ou des régions caractéristiques de visage.
- **Module création d'une signature** : crée un modèle numérique afin de représenter la donnée biométrique acquise. Ce modèle, appelé aussi signature, sera conservé sur un support portable (puce ou autre) ou dans une base de données.
- **Module comparaison** : compare les caractéristiques biométriques d'une personne soumise à contrôle (volontairement ou à son insu) avec les « signatures » mémorisées. Ce module fonctionne soit en mode vérification (pour une identité proclamée) ou bien en mode identification (pour une identité recherchée).
- **Module base de données** : stocke les modèles biométriques des utilisateurs enrôlés.[5]

V.1 Mode de fonctionnement :

Tout système biométrique fonctionne soit en mode vérification ou en mode d'identification comme citée plus haut :

V.1.1 Mode vérification : le système vérifie l'identité d'une personne en comparant les données biométriques acquises avec celles stockées dans la base de données.

Dans un tel système, la personne revendique une identité, généralement via un code PIN (Personal Identification Number), un nom d'utilisateur, une carte à puce, etc., le système effectue alors une comparaison afin de déterminer si la déclaration est vraie ou non.

La vérification de l'identité est généralement utilisée pour empêcher que plusieurs personnes n'utilisent la même identité.

V.1.2 Mode identification : le système cherche à reconnaître un individu en comparant son modèle avec tous les modèles existant dans la base de données pour une éventuelle correspondance.

Par conséquent, le système effectue une comparaison, du modèle de la personne, avec plusieurs modèles pour établir son identité. Ici l'individu n'a pas à revendiquer une identité.

L'identification de l'identité est généralement utilisée pour empêcher qu'une personne n'utilise plusieurs identités.

V.2 Evaluation des performances des Systèmes biométriques :

Chaque caractéristique (ou modalité) biométrique a ses forces et ses faiblesses, et le choix dépend de l'application visée.

On ne s'attend à ce qu'aucune modalité biométrique ne réponde efficacement aux exigences de toutes les applications. En d'autres termes, aucun système biométrique n'est "optimal".

Faire correspondre un système biométrique spécifique à une application dépend du mode opérationnel de l'application et des caractéristiques biométriques choisies.

Plusieurs études ont été menées afin d'évaluer les performances des systèmes biométriques. La société américaine – l'International-Biometric Group [IBG] – a par exemple effectué une étude basée sur quatre critères d'évaluation :

- **intrusivité**: ce critère permet de classer les systèmes biométriques en fonction de l'existence d'un contact direct entre le capteur utilisé et l'individu 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.

- **fiabilité** : dépend de la qualité de l'environnement (éclairage par exemple) dans lequel l'utilisateur se trouve.

Ce critère influe sur la reconnaissance de l'utilisateur par le système. Nous verrons ce point en détail dans la section suivante.

- **coût** : doit être modéré. À cet égard nous pouvons dire que la reconnaissance faciale ne nécessite pas une technologie coûteuse.

En effet, la plupart des systèmes fonctionnent en utilisant un appareil à photo numérique de qualité standard.

- **effort** : requis par l'utilisateur lors de la saisie de mesures biométriques, et qui doit être réduit le plus possible.

La reconnaissance faciale est la technique biométrique la plus facile à utiliser car non contraignante.

Les résultats de cette étude peuvent être présentés comme suit :

- 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.

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

Les techniques les plus faciles d'utilisation aux plus difficiles : le visage, la signature, l'iris, la frappe sur le clavier, la voix, l'empreinte digitale, la main et enfin la rétine. [3]

V.3 Erreurs de système biométrique :

Un système biométrique fait deux types des erreurs :

- confusion des caractéristiques biométriques de deux personnes différentes pour être de la même personne.
- confusion des caractéristiques biométriques de la même personne pour être de deux personnes différentes.

Ces deux types d'erreurs se nomment souvent en tant que faute d'acceptation et faute de rejet, respectivement.

Il y a une compensation entre le taux de faute d'acceptation (TFA) et le taux de faute de rejet (TFR) dans chaque système biométrique.

En fait, TFA et TFR sont des fonctions du seuil t de système ; si t est diminué pour rendre le système plus tolérant aux variations et au bruit d'entréc, alors TFA augmente.

D'autre part, si t est augmenté pour rendre le système plus bloqué, puis TFR augmente en conséquence. Le diagramme dans la figure 1.3 montre la relation entre ces deux variables.

VI. Comparaison des techniques biométriques :

Il existe plusieurs des techniques biométriques et elles sont utilisées dans diverses applications.

Chaque technique biométrique a ses forces et faiblesses, et le choix dépend de l'application.

Aucune technique biométrique ne répond efficacement aux exigences de toutes les applications.

En d'autres termes, aucune technique biométrique n'est optimale.

La correspondance entre une technique biométrique et une application dépend du mode opérationnel de l'application et des propriétés de la caractéristique biométrique...

Biometric identifier	Universality	Distinctiveness	Permanence	Collectability	Performance	Acceptability	Circumvention
DNA	H	H	H	L	H	L	L
Ear	M	M	H	M	M	H	M
Face	H	L	M	H	L	H	H
Facial thermogram	H	H	L	H	M	H	L
Fingerprint	M	H	H	M	H	M	M
Gait	M	L	L	H	L	H	M
Hand geometry	M	M	M	H	M	M	M
Hand vein	M	M	M	M	M	M	L
Iris	H	H	H	M	H	L	L
Keystroke	L	L	L	M	L	M	M
Odor	H	H	H	L	L	M	L
Palmprint	M	H	H	M	H	M	M
Retina	H	H	M	L	H	L	L
Signature	L	L	L	H	L	H	H
Voice	M	L	L	M	L	H	H

Tableau.1 : Comparaison entre les techniques biométriques.

Une brève comparaison de 9 techniques biométriques les plus utilisées ci-dessus basées sur sept facteurs est fournie dans le tableau. L'applicabilité d'une technique biométrique spécifique dépend fortement des conditions du domaine d'application. Par exemple, il est bien connu que la technique basé sur l'empreinte digitale est plus précises que la technique basé sur la voix.

Cependant, dans une application de transaction bancaire à distance, la technique basé sur la voix peut être préférée puisqu'elle peut être intégrée dans le système de téléphone existant..[4]

VII. Applications des systèmes biométriques :

Les applications de la biométrie peuvent être divisées en trois groupes principaux :

- **Applications commerciales** : telles que l'ouverture de réseau informatique, la sécurité de données électroniques, l'e-commerce, l'accès Internet, la carte de crédit, le contrôle d'accès physique, le téléphone cellulaire, la gestion des registres médicaux, l'étude à distance, etc.
- **Applications gouvernementales** : telles que la carte d'identité nationale, le permis de conduire, la sécurité sociale, le contrôle des frontières, le contrôle des passeports, etc.
- **Applications légales** : telles que l'identification de corps, la recherche criminelle, l'identification de terroriste, etc. [5]



Figure 1.3 : Application biométriques

VIII. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons introduit le concept de systèmes biométriques, leur architecture et leurs différentes applications.

Nous avons aussi constaté que les performances des systèmes biométriques dépendent de plusieurs facteurs et qu'elles varient d'un système à un autre.

Enfin on a conclu que l'une des solutions pour améliorer leur efficacité était la fusion de plusieurs modalités biométriques.

Chapitre 2

Techniques de détection et de reconnaissance de visages

Chapitre 2

Techniques de détection et de reconnaissance de visages

I. Introduction :

Comme nous l'avons évoqué au chapitre précédent, un système automatique de reconnaissance de visages se décompose en trois sous-systèmes : détection de visage, extraction des caractéristiques et reconnaissance de visages.

La mise en œuvre d'un système automatique et fiable de reconnaissance faciale est un verrou technologique qui n'est toujours pas résolu.

Dans ce chapitre, nous présenterons un état de l'art sur les techniques de détection de visage. Nous détaillerons en particulier les méthodes basées sur la couleur de la peau.

Nous exposerons aussi les différentes méthodes de reconnaissance de visage. [5]

II. Fiabilité de reconnaissance par visage :

La plupart des contrôles d'accès automatiques actuels utilisent un code secret ou une clé pour valider l'identité de la personne désirant accéder à un lieu, un compte, un ordinateur, etc.

On utilise un numéro d'identification personnel pour valider l'identité au guichet automatique. On utilise une clé pour entrer chez soi.

Ces deux techniques de contrôle d'accès partagent les mêmes failles : le test de contrôle est dupli-cable et indépendant de son utilisateur. Quelque malfaiteur possédant votre numéro d'identification personnel et votre carte de guichet automatique peut vider vos comptes bancaires à sa discrétion.

De même, une serrure n'est qu'une invitation pour un cambrioleur qui en possède la clé.

Ces problèmes ne surviennent pas lorsque le contrôle d'accès est lié directement à l'identité d'une personne. Les systèmes d'identification basés sur des caractéristiques personnelles, aussi appelés biométriques, utilisent des aspects propres à chaque individu pour en valider l'identité. Ces caractéristiques biométriques peuvent être les empreintes digitales, l'identification vocale, l'empreinte rétinienne, l'identification faciale ou encore l'empreinte génétique...

Nous avons choisi de commencer par la reconnaissance de visages comme moyen d'identification, par rapport aux autres méthodes, pour différentes raisons :

- Cette identification est naturellement utilisée par une personne normale ; on n'a généralement qu'à voir quelqu'un pour savoir qui la personne est.
- Cette méthode ne demande pas d'équipement d'acquisition très complexe ; une simple caméra peut suffire.
- Ce type de reconnaissance peut éventuellement s'appliquer à la localisation d'un individu dans une foule, contrairement aux autres méthodes.
- Cette approche recevant une information de nature optique, les techniques de traitement optique de l'information présentent un intérêt.

Nous prendrons le temps ici, de bien établir le contexte d'utilisation du système de reconnaissance de visages que nous voulons utiliser, car le contexte établira les limites de notre travail. Le système de reconnaissance se veut être un contrôle d'accès pour un site ou une information privilégiée. [2]

II.1 Comment La Reconnaissance par le Visage Fonctionne :

Il est souvent utile d'avoir une machine qui effectue la reconnaissance. En particulier, les machines qui peuvent reconnaître des images de visage sont très coûteuses. Effectivement, une machine qui scanne des passeports de passager peut traiter plus de passeports qu'un opérateur humain. Ce type d'application fait gagner du temps et de l'argent, et élimine les tâches répétitives pour l'opérateur humaine.

La reconnaissance de visage peut être utilisée en mode identification (un-à-plusieurs) ou en mode vérification (un-à-un). *L'identification de visage* est le processus qui détermine si la personne présente et qui a fourni une expression donnée est déjà enregistrée ou non. Par contre, *la vérification de visage* est le processus d'accepter ou de rejeter l'identité proclamée d'une personne.

Les technologies de la reconnaissance de visage, soit l'identification ou soit la vérification, chacune a ses propres avantages et inconvénients et elles exigent différents traitements, prétraitement et techniques de transformation. [2]

Le choix de quelle technologie à employer est spécifique.

La reconnaissance automatique de visage s'effectue en trois étapes principales :

- détection de visages,

- extraction et normalisation des caractéristiques du visage,
- identification et/ou vérification (voir figure 1.2).

Certaines techniques de traitements d'images peuvent être communes à plusieurs étapes. Par exemple, l'extraction des caractéristiques faciales (yeux, nez, bouche) est utilisée aussi bien pour la détection que pour l'identification de visages.

Par ailleurs, les étapes de détection de visage et d'extraction de caractéristiques peuvent être exécutées simultanément. Cela dépend notamment de la nature de l'application, de la taille de la base d'apprentissage, et des conditions de prise de vue (bruit, occultation, etc.).

Enfin, les techniques de traitement utilisées dans chaque étape sont très critiques pour les applications biométriques, et doivent, par conséquent, être optimisées pour améliorer les performances du système global.

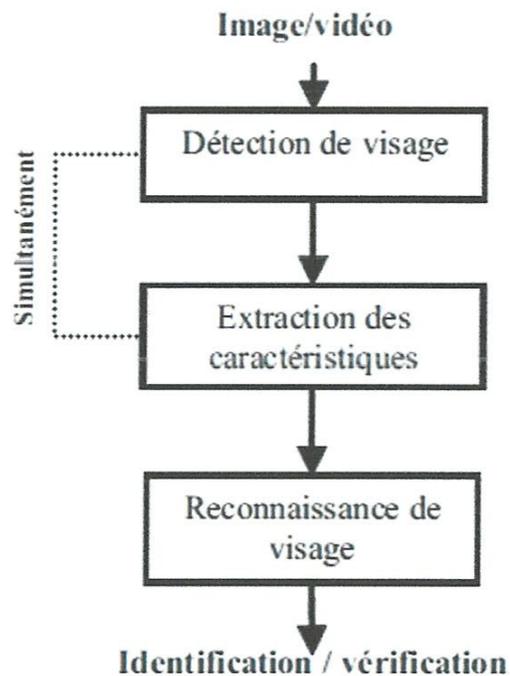


Figure 2.1 Les étapes de la reconnaissance de visage.

Dans ce qui suit nous allons détailler chaque étape du système de reconnaissance faciale, et nous présenterons les principales difficultés rencontrées. [5]

II.2 Détection de visage :

L'efficacité des systèmes biométriques basés sur l'authentification de visage dépend essentiellement de la méthode utilisée pour localiser le visage dans l'image. Dans la littérature

scientifique, le problème de localisation de visages est aussi désigné par la terminologie "détection de visages".

Plusieurs travaux de recherches ont été effectués dans ce domaine. Ils ont donné lieu au développement d'une multitude de techniques allant de la simple détection du visage, à la localisation précise des régions caractéristiques du visage, tels que les yeux, le nez, les narines, les sourcils, la bouche, les lèvres, les oreilles, etc.

Cependant, les solutions proposées jusqu'à maintenant sont loin d'être satisfaisantes car elles fonctionnent uniquement dans des environnements contrôlés, et par conséquent elles ne gèrent pas la variabilité des conditions d'acquisition de la vie quotidienne, notamment :

- **La pose** : où les images d'un visage changent en fonction de l'orientation de ce dernier (frontal, 45 degrés, profil).
- **La présence ou absence des composantes structurales** : les caractéristiques faciales tels que la barbe, la moustache, et les lunettes causent une grande variabilité des composantes structurales du visage, notamment au niveau de la forme, de la couleur, et de la taille.
- **Les occultations** : les visages peuvent être partiellement occultés par d'autres objets. En effet, dans une image contenant un groupe de personnes par exemple, des visages peuvent partiellement masquer d'autres visages.
- **Les conditions d'illumination** : des facteurs tels que l'éclairage (distribution de la source de lumière, son intensité, son spectre) et les caractéristiques de l'appareil photographique affectent l'aspect d'un visage dans l'image acquise. [5]

II.3 Extraction de caractéristiques du visage :

L'extraction des caractéristiques telles que les yeux, le nez, la bouche est une étape prétraitement nécessaire à la reconnaissance faciale.

On peut distinguer deux pratiques différentes :

La première repose sur l'extraction de régions entières du visage, elle est souvent implémentée avec une approche globale de reconnaissance de visage.

La deuxième pratique extrait des points particuliers des différentes régions caractéristiques du visage, tels que les coins des yeux, de la bouche et du nez.

Elle est utilisée avec une méthode locale de reconnaissance et aussi pour l'estimation de la pose du visage. Par ailleurs, plusieurs études ont été menées afin de déterminer les caractéristiques qui semblent pertinentes pour la perception, la mémorisation et la reconnaissance d'un visage humain, les caractéristiques pertinentes rapportées sont :

Les cheveux, le contour du visage, les yeux et la bouche.

Cette étude a également démontré le rôle important que joue le nez dans la reconnaissance faciale à partir des images de profil. [5]

III. Les approches d'un système de reconnaissance de visage :

Le module de reconnaissance exploite les caractéristiques du visage ainsi extraites pour créer une signature numérique qu'il stocke dans une base de données. Ainsi, à chaque visage de la base est associée une signature unique qui caractérise la personne correspondante.

La reconnaissance d'un visage requête est obtenue par l'extraction de la signature requête correspondante et sa mise en correspondance avec la signature la plus proche dans la base de données. La reconnaissance dépend du mode de comparaison utilisé : vérification ou identification. [5]

Les méthodes de reconnaissance de visages peuvent être classées en trois grandes approches (Figure 2.2).

Une approche globale dans laquelle on analyse le visage (l'image pixellisée du visage) dans son entier, une approche locale basée sur un modèle, dans laquelle le système essaie de détecter, regrouper et reconnaître les différents éléments constitutifs du visage tel que le nez, les yeux et la bouche. Enfin, il existe des méthodes hybrides qui combinent les deux approches précédentes.

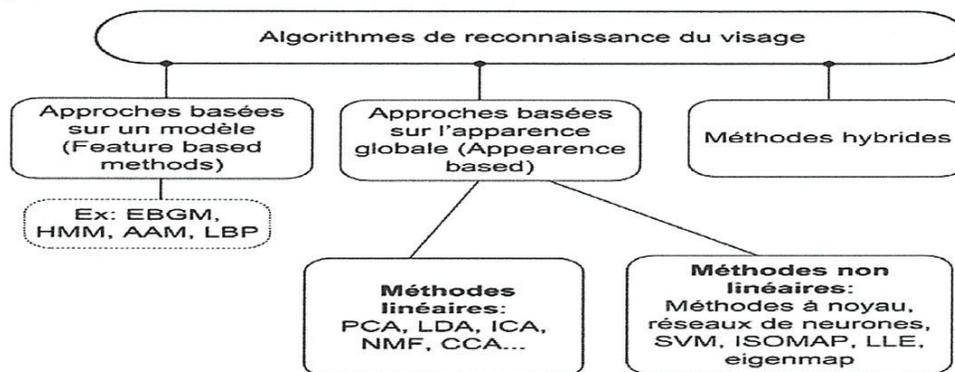


Figure 2.2 : Les différentes approches d'un système de reconnaissance biométrique

Figure 2.2 : Les différentes approches d'un système de reconnaissance biométrique.

III.1 Approches globales :

La particularité des algorithmes basés sur l'apparence c'est l'utilisation directe des valeurs d'intensité des pixels de l'image entière du visage comme caractéristiques sur lesquelles la décision de reconnaissance sera fondée.

L'inconvénient de cette approche c'est la taille importante des données à traiter. En effet, dans ces méthodes, une image de taille $n=p \times q$ pixels, est représentée par un vecteur de la même taille, dans un espace de grande dimension.

Dans le but de réduire la dimension des données de départ, plusieurs méthodes ont été proposées en vue de transformer le vecteur des données originales dans un autre espace, de faible dimension, sans pour autant éliminer les informations discriminatoires qui seront utilisées durant l'étape de classification.

La transformation des vecteurs de données peut être réalisée de manière linéaire ou non-linéaire.

Par ailleurs, les méthodes globales peuvent être à leur tour classifiées en deux grandes catégories à savoir les méthodes linéaires et les méthodes non linéaires.

Ces méthodes appelées aussi méthodes de projections sont basées sur la décomposition de l'image sur un sous espace réduit et sur la recherche d'un vecteur de caractéristiques optimal décrivant l'image du visage à reconnaître. Ainsi, les vectrices images originales de grande taille seront projetées dans un espace de plus faible dimension.

- **Les techniques linéaires** : Les techniques linéaires projettent linéairement les données d'un espace de grande dimension (par exemple, l'espace de l'image originale) sur un sous-espace de dimension inférieure.

Malheureusement, ces techniques sont incapables de préserver les variations non convexes des variétés (géométriques donc au sens mathématique du terme) de visages afin de différencier des individus.

Dans un sous-espace linéaire, les distances euclidiennes et plus généralement les distances de Mahalanobis, qui sont normalement utilisées pour faire comparer des vecteurs de données, ne permettent pas une bonne classification entre les classes de formes "visage" et "non-visage" et entre les individus eux-mêmes.

Ce facteur crucial limite le pouvoir des techniques linéaires pour obtenir une détection et une reconnaissance du visage très précises.

- **Les techniques non linéaires :** Bien que ces méthodes globales linéaires basées sur l'apparence évitent l'instabilité des toutes premières méthodes géométriques qui ont été mises au point, elles ne sont pas assez précises pour décrire les subtilités des variétés (géométriques) présentes dans l'espace de l'image originale.

Ceci est dû à leurs limitations à gérer la non-linéarité en reconnaissance faciale : les déformations de variétés non linéaires peuvent être lissées et les concavités peuvent être remplies, causant des conséquences défavorables.

Afin de pouvoir traiter ce problème de non-linéarité en reconnaissance faciale, de telles méthodes linéaires ont été étendues à des techniques non linéaires basées sur la notion mathématique de noyau ("kernel") comme le Kernel PCA et le Kernel LDA. Ici une projection non linéaire (réduction de dimension) de l'espace de l'image sur l'espace de caractéristiques ("feature space") est effectuée ; les variétés présentes dans l'espace de caractéristiques résultant deviennent simples, de même que les subtilités des variétés qui sont préservées.

Bien que les méthodes basées sur le noyau peuvent atteindre une bonne performance sur les données d'entraînement, il ne peut pas en être de même pour de nouvelles données en raison de leur plus grande flexibilité ; contrairement aux méthodes linéaires. [5]

III.2 Approches locales :

Les méthodes locales, basées sur des modèles, utilisent des connaissances a priori que l'on possède sur la morphologie du visage et s'appuient en général sur des points caractéristiques de celui-ci. Kanade présenta un des premiers algorithmes de ce type en détectant certains points ou traits caractéristiques d'un visage puis en les comparant avec des paramètres extraits d'autres visages.

Ces méthodes constituent une autre approche pour prendre en compte la non-linéarité en construisant un espace de caractéristiques local et en utilisant des filtres d'images appropriés, de manière à ce que les distributions des visages soient moins affectées par divers changements.

Les approches Bayésiennes (comme la méthode BIC), les machines à vecteurs de support (SVM), la méthode des modèles actifs d'apparence (AAM) ou encore la méthode "local binary pattern" (LBP) ont été utilisées dans ce but.

Toutes ces méthodes ont l'avantage de pouvoir modéliser plus facilement les variations de pose, d'éclairage et d'expression par rapport aux méthodes globales.

Toutefois, elles sont plus lourdes à utiliser puisqu'il faut souvent placer manuellement un assez grand nombre de points sur le visage alors que les méthodes globales ne nécessitent de connaître

que la position des yeux afin de normaliser les images, ce qui peut être fait automatiquement et de manière assez fiable par un algorithme de détection. [5]

III.3 Approches hybrides :

Les méthodes hybrides permettent d'associer les avantages des méthodes globales et locales en combinant la détection de caractéristiques géométriques (ou structurales) avec l'extraction de caractéristiques d'apparence locales.

Elles permettent d'augmenter la stabilité de la performance de reconnaissance lors de changements de pose, d'éclairage et d'expressions faciales.

L'analyse de caractéristiques locales (LFA) et les caractéristiques extraites par ondelettes de Gabor (comme l'Elastic Bunch Graph Matching, EBGM), sont des algorithmes hybrides typiques.

Plus récemment, l'algorithme Log Gabor PCA (LG-PCA) [24] effectue une convolution avec des ondelettes de Gabor orientées autour de certains points caractéristiques du visage afin de créer des vecteurs contenant la localisation et la valeur d'amplitudes énergétiques locales ; ces vecteurs sont ensuite envoyés dans un algorithme PCA afin de réduire la dimension des données. [5]

IV. Principales difficultés de la reconnaissance de visage :

Pour le cerveau humain, le processus de la reconnaissance de visages est une tâche visuelle de haut niveau.

Bien que les êtres humains puissent détecter et identifier des visages dans une scène sans beaucoup de peine, construire un système automatique qui accomplit de telles tâches représente un sérieux défi. Ce défi est d'autant plus grand lorsque les conditions d'acquisition des images sont très variables.

Il existe deux types de variations associées aux images de visages : inter et intra sujet. La variation intra sujet est limitée à cause de la ressemblance physique entre les individus.

Par contre la variation intra sujet est plus vaste. Elle peut être attribuée à plusieurs facteurs que nous analysons ci-dessous. [5]

IV.1 Changement d'illumination :

L'apparence d'un visage dans une image varie énormément en fonction de l'illumination de la scène lors de la prise de vue).

Les variations d'éclairage rendent la tâche de reconnaissance de visage très difficile.

En effet, le changement d'apparence d'un visage du à l'illumination, se révèle parfois plus critique que la différence physique entre les individus, et peut entraîner une mauvaise classification des images d'entrée.

L'identification de visage dans un environnement non contrôlé reste donc un domaine de recherche ouvert.

Les évaluations FRVT ont révélé que le problème de variation d'illumination constitue un défi majeur pour la reconnaissance faciale (Voir figure 2.3).



Figure 2.3 : .Exemple de variation d'éclairage.

IV.2 Variation de pose :

Le taux de reconnaissance de visage baisse considérablement quand des variations de pose sont présentes dans les images. Cette difficulté a été démontrée par des tests d'évaluation élaborés sur les bases FERET et FRVT.

La variation de pose est considérée comme un problème majeur pour les systèmes de reconnaissance faciale. Quand le visage est de profil dans le plan image (orientation $< 30^\circ$), il peut être normalisé en détectant au moins deux traits faciaux (passant par les yeux). Cependant, lorsque la rotation est supérieure à 30° , la normalisation géométrique n'est plus possible. (Voir figure 2.4).



Figure 2.4 : Exemples de variation de poses.

IV.3 Expressions faciales :

Un autre facteur qui affecte l'apparence du visage est l'expression faciale (Voir Figure 2.5)

La déformation du visage qui est due aux expressions faciales est localisée principalement sur la partie inférieure du visage. L'information faciale se situant dans la partie supérieure du visage reste quasi invariable. [5]

Elle est généralement suffisante pour effectuer une identification. Toutefois, étant donné que l'expression faciale modifie l'aspect du visage, elle entraîne forcément une diminution du taux de reconnaissance.

L'identification de visage avec expression faciale est un problème difficile qui est toujours d'actualité et qui reste non résolu.

L'information temporelle fournit une connaissance additionnelle significative qui peut être utilisée pour résoudre ce problème.



Figure 2.5 : Exemples de variation d'expressions.

IV.4 Présence ou absence des composants structurels :

La présence des composants structurels telle que la barbe, la moustache, ou bien les lunettes peut modifier énormément les caractéristiques faciales telles que la forme, la couleur, ou la taille du visage.

De plus, ces composants peuvent cacher les caractéristiques faciales de base causant ainsi une défaillance du système de reconnaissance. Par exemple, des lunettes opaques ne permettent pas de bien distinguer la forme et la couleur des yeux, et une moustache ou une barbe modifie la forme du visage. [2]

IV.5 Occultations partielles :

Le visage peut être partiellement masqué par des objets dans la scène, ou par le port d'accessoire tels que lunettes, écharpe... Dans le contexte de la biométrie, les systèmes proposés doivent être non intrusifs c'est-à-dire qu'on ne doit pas compter sur une coopération active du sujet.

Par conséquent, il est important de savoir reconnaître des visages partiellement occultés. Gross et al ont étudié l'impact du port de lunettes de soleil, et du cache-nez occultant la partie inférieure du visage sur la reconnaissance faciale.

Ils ont utilisé la base de données AR. Leurs résultats expérimentaux semblent indiquer que, dans ces conditions, les performances des algorithmes de reconnaissance restent faibles. [5]V.

V. Approches de la détection de visage :

Il existe plusieurs méthodes pour la détection de visages. Elles peuvent être subdivisées en quatre différents types. [1]

V.1 Approches basées sur l'apparence :

Ces approches appliquent généralement des techniques d'apprentissage automatique.

Ainsi, les modèles sont appris à partir d'un ensemble d'images représentatives de la variabilité de l'aspect facial. Ces modèles sont alors employés pour la détection.

L'idée principale de ces méthodes est de considérer que le problème de la détection de visage est un problème de classification (visage, non-visage). Une des approches les plus connues de détection de visage est l'Eigen face. Elle consiste à projeter l'image dans un espace et à calculer la distance euclidienne entre l'image et sa projection.

En effet, en codant l'image dans un espace, on dégrade l'information contenue dans l'image, puis on calcule la perte d'information entre l'image et sa projection. Si cette perte d'information est grande (évaluée à partir de la distance, que l'on compare à un seuil fixé a priori), l'image n'est pas correctement représentée dans l'espace : elle ne contient pas de visage.

Cette méthode donne des résultats assez encourageants, mais le temps de calcul est très important. Dans Rowley et al. Les auteurs proposent un système de détection de visage basé sur la classification par des réseaux de neurones. Leur technique est divisée en deux étapes : La localisation des visages en utilisant un réseau de neurones et la vérification des résultats obtenus.

Les auteurs ont construit un réseau de neurones qui, à partir d'une image prétraitée de 20x20 pixels, indique s'il s'agit d'un visage ou non. Le prétraitement consiste à égaliser l'histogramme. L'image est balayée avec des fenêtres de 20x20. Pour détecter les visages de différentes tailles, une analyse multi-résolutions est effectuée.

L'extension a aussi été proposée afin de déterminer un réseau de neurones indiquant le degré de rotation d'un visage. Ainsi, le système est capable de détecter des visages ayant subi des rotations dans le plan et de différentes échelles.

L'un des avantages des réseaux de neurones est leur robustesse au bruit. Malheureusement, les réseaux de neurones, sont souvent difficiles à construire.

Leur structure (nombre de couches cachées pour les perceptrons par exemple) influe beaucoup sur les résultats et il n'existe pas de méthode pour déterminer automatiquement cette structure.

La phase d'apprentissage est difficile à mener puisque les exemples doivent être correctement choisis (en nombre et en configuration). [1]

V.2 Approches basées sur les connaissances acquises :

Ces méthodes sont basées sur la définition de règles strictes à partir des rapports entre les caractéristiques faciales. Elles s'intéressent aux parties caractéristiques du visage comme le nez, la bouche et les yeux.

Ces méthodes sont conçues principalement pour la localisation de visage. Kotropoulous et Pitas utilisent une méthode à base de règles.

Les caractéristiques du visage sont localisées à l'aide de la méthode de projection proposée par Kanade pour détecter les contours d'un visage. Soit $I(x, y)$ l'intensité de la luminance du pixel (x, y) de l'image $m \times n$, les projections horizontale et verticale de cette image sont définies par l'équation suivante :

$$HI(x) = \sum_{y=1}^n I(x, y) \text{ et } VI(x) = \sum_{x=1}^m I(x, y). \quad (1)$$

Le profil horizontal de l'image originale est calculé en premier. Les deux minima locaux sont déterminés, ils correspondent aux bords gauche et droit du visage. Ensuite, le profil vertical est à son tour calculé. Les minima locaux de ce profil vertical correspondent aux positions de la bouche, du nez et des yeux.

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle n'arrive pas à détecter le visage lorsque ce dernier se trouve sur un arrière-plan complexe. Ont étudié les évolutions des caractéristiques du visage en fonction de la résolution.

Quand la résolution de l'image d'un visage est réduite progressivement, par sous échantillonnage ou par moyenne, les traits macroscopiques du visage disparaissent.

Ainsi, pour une résolution faible, la région du visage devient uniforme. Yang et Huang se sont basés sur cette observation pour proposer une méthode hiérarchique de détection de visages.

En commençant par les images à faible résolution, un ensemble de candidats de visage est déterminé à l'aide d'un ensemble de règles permettant de rechercher les régions uniformes dans une image. Les candidats de visage sont ensuite vérifiés en cherchant l'existence de traits faciaux proéminents grâce au calcul des minima locaux à des résolutions supérieures.

Une caractéristique intéressante de cette technique « descendante » de recherche de zone d'intérêt (informations globales vers des informations plus détaillées) est de réduire le temps de calcul nécessaire par l'utilisation d'images sous-échantillonnées. Malheureusement, cette technique occasionne de nombreuses fausses détections et un taux faible de détection. [1]

V.3 Approches basées sur le « Template-matching » :

Les Template peuvent être définis soit "manuellement", soit paramétrés à l'aide de fonctions.

L'idée est de calculer la corrélation entre l'image candidate et le Template.

Ces méthodes rencontrent encore quelques problèmes de robustesse liés aux variations de lumière, d'échelle, etc. utilise un ensemble d'invariants décrivant le modèle du visage.

Afin de déterminer les invariants aux changements de luminosité permettant de caractériser les différentes parties du visage (telles que les yeux, les joues, et le front) ; cet algorithme calcule ainsi les rapports de luminance entre les régions du visage et retient les directions de ces rapports (par exemple, la région 1 est-elle plus claire ou plus sombre que la région 2).

(La figure sauvette) montre un modèle prédéfini correspondant à 23 relations. Ces relations prédéfinies sont classifiées en 11 relations essentielles (flèches) et 12 relations confirmations (gris). Chaque flèche représente une relation entre deux régions. Une relation est vérifiée si le rapport entre les deux régions qui lui correspond dépasse un seuil. Le visage est localisé si le nombre de relations essentielles et de confirmation dépasse lui aussi un seuil.

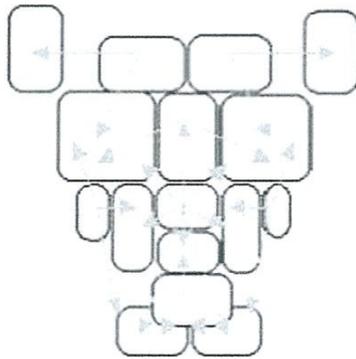


Figure 2.6 : Modèle de visage composé de 16 régions (les rectangles) Associées à 23 relations (flèches).

On a utilisé un Template déformable pour modéliser les caractéristiques faciales.

Ce Template adapte un modèle élastique, connu a priori, aux caractéristiques faciales (ex. yeux). Dans cette approche les caractéristiques faciales sont décrites par des Template paramétriques.

Une fonction d'énergie est définie pour lier les contours, les sommets et les vallées dans l'image d'entrée aux paramètres correspondants dans le Template.

Le meilleur ajustement du modèle élastique est trouvé en minimisant une fonction d'énergie des paramètres.

Bien que leurs résultats expérimentaux démontrent une bonne performance pour le suivi de caractéristiques non rigides, un inconvénient de cette approche est que le Template déformable doit être initialisé dans la proximité de l'objet d'intérêt. Pour détecter les caractéristiques faciales

pour la reconnaissance de visage, Brunelli et Poggio ont utilisé, pour chaque région extraite, un détecteur approprié. Ils se sont aussi inspirés de la méthode de Kanade.



Figure 2.7 : Différentes régions utilisées pour la phase de Template matching.

Pour les régions yeux, nez et bouche (Figure 2.7), ils utilisent la direction du gradient vertical et horizontal. La bouche et le nez sont localisés en utilisant des stratégies similaires.

La position verticale est déterminée grâce aux standards anthropométriques. D'abord, une estimation fine de leur position réelle est obtenue en cherchant les pics de la projection horizontale du gradient vertical pour le nez et les vallées de la projection horizontale de l'intensité pour la bouche.

La position des sourcils et leur épaisseur peuvent être trouvées par une analyse similaire. La recherche est une fois encore limitée à la fenêtre d'intérêt, juste au-dessus des yeux, et les sourcils sont trouvés en utilisant la carte du gradient vertical. [5]

V.4 Approches basées sur des caractéristiques invariantes :

Ces approches sont utilisées principalement pour la localisation de visage. Les algorithmes développés visent à trouver les caractéristiques structurales existantes même si la pose, le point de vue ou la condition d'éclairage changent. Puis ils emploient ces caractéristiques invariables pour localiser les visages.

Nous pouvons citer deux familles de méthodes appartenant à cette approche : Les méthodes basées sur la couleur de la peau et les méthodes basées sur les caractéristiques de visage qu'on détaillera ci-dessous. [5]

V.4.1 Méthodes basées sur les caractéristiques du visage :

En général ces algorithmes utilisent tout d'abord une hypothèse sur la position du haut du visage ensuite l'algorithme de recherche parcourt le visage de haut en bas afin de trouver l'axe des yeux caractérisé par une augmentation soudaine de la densité de contours (mesurée par le rapport noir/blanc le long des plans horizontaux).

La longueur entre le haut du visage et le plan de l'œil est alors utilisée comme une longueur de référence pour construire un « Template » facial flexible.

Ce « Template » couvrant des caractéristiques telles que les yeux et la bouche est initialisé à partir de l'image d'entrée. La forme initiale du « Template » est obtenue en utilisant la longueur anthropométrique en respectant la longueur de référence.

Le Template flexible est alors ajusté par rapport aux positions finales des caractéristiques en utilisant un algorithme de réglage fin qui emploie une fonction de coût basée contour.

Bien que ces algorithmes réussissent à détecter les caractéristiques d'ethnies différentes puisqu'ils ne se basent pas sur les informations de niveaux de gris et de couleur, ils n'arrivent pas cependant à détecter correctement ces caractéristiques si l'image du visage contient des lunettes ou bien si les cheveux couvrent le front. [5]

V.4.2 Méthodes basées sur l'analyse de la couleur de la peau :

Les méthodes de détection basées sur l'analyse de la couleur de la peau sont des méthodes efficaces et rapides. Elles réduisent l'espace de recherche de la région visage dans l'image.

De plus, la couleur de la peau est une information robuste face aux rotations, aux changements d'échelle et aux occultations partielles. Plusieurs espaces couleur peuvent être utilisés pour détecter, dans l'image, les pixels qui ont la couleur de la peau. L'efficacité de la détection dépend essentiellement de l'espace couleur choisi. Les espaces couleur les plus utilisés sont .

- L'espace RVB.
- L'espace HSL.
- la teinte (en Anglais Hue).
- la saturation, décrivant la pureté de la couleur.
- la luminance.
- HSB.
- HSV. [5]

VI. Prétraitement :

La phase de prétraitement vient après la phase de détection. Elle permet de préparer l'image du visage de telle sorte qu'elle soit exploitable dans la phase d'enrôlement. On l'appelle aussi phase de normalisation puisqu'elle ramène à un format prédéfini toutes les images extraites de l'image brute.

Elle consiste généralement en un centrage du visage dans l'image et une élimination des zones non informatives. Pour garantir la bonne performance du système de reconnaissance de visages, il est important que toutes les images soient de taille identique, à la même échelle et au même format concernant les couleurs (par exemple, les images couleur sont parfois converties en niveaux de gris).

Ceci améliore incontestablement le fonctionnement de l'étape d'extraction de signatures et par conséquent la qualité de cette dernière

La normalisation est constituée de deux processus : géométrique et photométrique.

La normalisation géométrique est nécessaire parce que la taille du visage à l'intérieur de l'image acquise peut varier en fonction de la distance entre le module d'acquisition et la personne.

Le visage doit donc être extrait à partir de l'image et une transformation géométrique, pour obtenir une taille fixe, est appliquée. L'approche standard consiste à définir l'emplacement des centres des yeux dans une position constante au sein de l'image de sortie.

L'étape de normalisation photométrique tente d'éliminer ou de réduire les effets de l'illumination de l'image.

VII. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les méthodes les plus connues de la détection de visage puis nous nous sommes focalisés sur les principaux algorithmes de la reconnaissance faciale, qui se divisent en trois catégories à savoir les méthodes globales, locales et hybrides.

Nous avons décrit également leurs avantages et leurs inconvénients puis dégager les problèmes liés à leur application dans un environnement réel. En effet, un système de reconnaissance automatique de visages est efficace dans le cas où les images faciales seraient bien cadrées et prises dans de bonnes conditions de luminosité.

Sa performance se dégrade fortement lorsque ces images, utilisées pour l'apprentissage ou lors de la reconnaissance, présentent des variations importantes de luminosité et/ou de pose du visage.

Chapitre 3

Normalisation de l'illumination

Chapitre 3

Normalisation de l'illumination

I. Introduction :

La normalisation des images de visages est une étape très importante pour les algorithmes de reconnaissance. Généralement, les algorithmes se basant sur les approches par points caractéristiques ont recours à des normalisations photométriques alors que les approches basées sur la réduction d'espace (les approches globales) ont besoin en plus d'une normalisation géométrique.

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur certaines normalisations photométriques des images du visage et nous présenterons et analyserons les résultats de l'approche **GRADIENTFACES** basée sur ces méthodes.

Les méthodes étudiées dans ce chapitre sont : "l'égalisation d'histogramme", "la correction Gamma", la méthode "multiretinex", "lissage anisotropique" et le "**GRADIENTFACES**".

Nous avons choisi d'utiliser ces méthodes car elles n'ont besoin que d'un seul exemple de l'image pour être appliquées.

À la fin de ce chapitre, nous présentons une nouvelle méthode de normalisation de l'illumination qui améliore de façon significative les résultats de la reconnaissance dans les conditions dégradées.

II. Normalisation de l'illumination :

II.1 Normalisation géométrique :

En utilisant un algorithme de reconnaissance se basant sur la réduction de l'espace, nous ne pouvons pas négliger un point très important qui est la normalisation géométrique des images de visage.

Cette normalisation géométrique consiste à extraire la zone du visage de l'image originale, ensuite une rotation du visage est effectuée afin d'aligner l'axe des yeux avec l'axe horizontal. Enfin, une réduction proportionnelle à la distance entre les centres des deux yeux est appliquée.

On obtient alors une image de visage dont la distance entre les centres des yeux est fixe.

Les dimensions de l'image du visage sont calculées à partir de la distance à obtenir entre les centres des deux yeux [6] :

$$\begin{aligned} \text{Height Norm} &= \lambda * \text{EyeDistance} \\ \text{Width Norm} &= \gamma * \text{EyeDistance} \end{aligned} \quad (2)$$

Avec *heightNorm* et *WidthNorm* la hauteur et la largeur de l'image du visage, *EyeDistance* la distance entre les centres des yeux de l'image normalisée.

Nous fixons également, lors de cette étape, la position du centre de la bouche dans l'image normalisée afin d'avoir une bonne normalisation verticale et d'être sûr que les différents composants du visage (yeux, nez et bouche) soient situés dans les mêmes positions pour tous les visages. L'exemple de la figure 3.1 illustre une normalisation géométrique d'un visage de la base Yale B.



Figure : 3.1 Exemple d'une normalisation géométrique de visage

Un accroissement de la dynamique est aussi appliqué à l'image normalisée.

Cet accroissement est basé sur un centre-réduction de l'histogramme de l'image pour aboutir à des images avec les mêmes plages de répartition des niveaux de gris ainsi qu'un alignement des moyennes de ces niveaux.

II.2 Normalisation Photométrique :

Dans le domaine de la reconnaissance par le visage, un certain nombre de méthodes de normalisation de l'illumination ont été présentées. Ces méthodes peuvent être classées en deux grandes catégories : les méthodes basées sur la modification de la dynamique et des méthodes basées sur l'estimation de la réflectance de l'image. Les Cinq normalisations présentées ci-dessous sont les plus utilisées dans la reconnaissance du visage et font partie de ces deux catégories [6].

Il s'agit de :

II.2.1 Égalisation d'histogramme :

Cette normalisation appartient à la catégorie des méthodes basées sur l'amélioration de la dynamique de l'image. Le but de l'égalisation est d'harmoniser la répartition des niveaux de gris de l'image. Elle permet de tendre vers un même nombre de pixels pour chacun des niveaux de l'histogramme. Cette opération vise à augmenter les nuances dans l'image et donc son contraste voir la Figure3.2.

Plus concrètement, si n_i est le nombre de pixels à un niveau i de gris, la probabilité qu'un pixel x de l'image ait un niveau i est :

$$P(x_i) = \frac{n_i}{n}, i \in 0, \dots, L \quad (3)$$

Avec n le nombre total des pixels de l'image et L le nombre des niveaux de gris.

La probabilité p représente dans ce cas l'histogramme de l'image normalisée à $[0 ; 1]$.

Soit c la distribution cumulative de l'histogramme normalisé p , elle est donnée par :

$$c(i) = \sum_{j=0}^i p(x_j) \quad (4)$$

L'idée est de trouver une transformation $y = T(x)$ qui, pour chaque niveau x de l'image, produira un niveau y de telle façon que la distribution cumulative des différents niveaux de l'image transformée soit linéaire. Cette fonction est définie par $y_i = T(x_i) = \frac{Lc(i)}{n}$ avec L le niveau maximal de gris.

Image originale



Image égalisée



Figure3.2 : Exemple d'égalisation d'histogramme.

II.2.2 Correction Gamma :

Cette normalisation appartient à la catégorie des méthodes basées sur la modification de la dynamique de l'image.

A l'histogramme original de l'image, on applique une transformation non linéaire dans le but de corriger des grandes variations de contraste.

Les zones les plus sombres seront alors rehaussées alors que les zones brillantes seront réduites :

$$y = \lambda \times x^{\frac{1}{\gamma}}, x \in 0, \dots, L \quad (5)$$

Avec x le niveau de gris, L le maximum des niveaux de gris, λ le facteur de correction (en général, ce facteur dépend de l'application) et l une constante de gain.

II.2.3 MultiScale-Retinex :

La luminance peut être considérée comme une version lissée de l'image originale.

En effectuant une convolution de l'image originale par un filtre gaussien, nous obtenons une estimation de la luminance. Proposée par Edwin H. Land en 1937, cette méthode est appelée "retinex" ou "Single Scale Retinex".

Cette idée n'a pas vraiment de preuves physiques mais elle a le mérite de donner des résultats assez exceptionnels.

$$L(x, y) = I(x, y) \otimes G(x, y) \quad (6)$$

La méthode MSR (MultiScale-Retinex) est un dérivé de la méthode "Single Scale Retinex". En 1997, a proposé une estimation de la luminance comme combinaison pondérée d'images filtrées de l'image originale. Les filtrages se font par des noyaux gaussiens avec différentes variances (dans un sens, c'est une analyse multi-résolution, d'où le terme "multi-scale").

$$l(x, y) = \sum_{j=1}^s w_s (I(x, y) \otimes G_s(x, y)) \quad (7)$$

Avec W_s un coefficient de pondération et G_s un noyau gaussien avec un écart type σ_s .

Une fois la luminance déterminée, on peut déduire la réflectance de l'objet en divisant l'image des niveaux du gris par l'image luminance.

Une fois la luminance déterminée, on peut déduire la réflectance de l'objet en divisant l'image des niveaux du gris par l'image luminance.

$$R(x, y) = \frac{I(x, y)}{L(x, y)} \quad (8)$$

II.2.4 Lissage anisotropique :

Comme pour la méthode MultiRetinex l'objectif de cette approche est d'extraire la réflectance après modélisation de la luminance. La luminance L est aussi considérée, pour cette approche, comme une fonction lissée de l'image originale [6].

Cette fonction peut être construite de façon à avoir une image similaire à l'originale en imposant une contrainte sur la fonction de lissage.

La luminance est construite alors en minimisant la fonctionnelle J :

$$J(L) = \int_y \int_x (L - I)^2 + dx dy + c \int_y \int_x (L_x^2 + L_y^2) dx dy \quad (9)$$

Le premier terme de la fonctionnelle J modélise la ressemblance entre I et L et le deuxième terme modélise la contrainte de lissage avec c le coefficient de contrôle de la contrainte de lissage et Lx et Ly les dérivés de L dans les deux directions x et y.

Le problème (équation 9) correspond à un problème de minimisation de fonctionnelle qui se résout par l'équation d'Euler-Lagrange qui a comme solution :

$$(L - I) + c(L_x + L_y = 0) \quad (10)$$

En discrétisant cette solution sur le voisinage de chaque pixel voire figure 5.7, on aboutit à la solution discrète suivante :

$$L_{ij} = L_{ij} + c(\nabla_N L_{ij} + \nabla_S L_{ij} + \nabla_E L_{ij} + \nabla_W L_{ij}) \quad (11)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \nabla_N L_{i,j} &= L_{i,j} - L_{i-1,j} \\ \nabla_S L_{i,j} &= L_{i,j} - L_{i+1,j} \\ \nabla_E L_{i,j} &= L_{i,j} - L_{i,j+1} \\ \nabla_W L_{i,j} &= L_{i,j} - L_{i,j-1} \end{aligned} \quad (12)$$

Gross et Brajovic ont proposé de généraliser la fonctionnelle J de l'équation (9) en ajoutant un poids p (i ; j) au premier terme pour modéliser au mieux

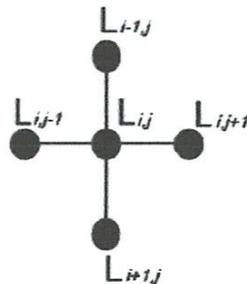


Figure3.3 : Discrétisation au voisinage d'un pixel

La perception réelle de l'œil humain (d'après les travaux de Weber en vision et neurobiologie).

$$J(L) = \int_y \int_x \rho(L - I)^2 dx dy + c \int_y \int_x (L_x^2 + L_y^2) dx dy \quad (13)$$

La solution pour l'équation 5.12 est donnée par :

$$I = L + \frac{c}{p} (L_x + L_y) \quad (14)$$

En discrétisant cette solution sur le voisinage de chaque pixel, on aboutit à :

$$I_{ij} = L_{ij} + c \left(\frac{1}{PN} \nabla_N L_{ij} + \frac{1}{PS} \nabla_S L_{ij} + \frac{1}{PE} \nabla_E L_{ij} + \frac{1}{PW} \nabla_W L_{ij} \right) \quad (15)$$

Avec :

$$\begin{aligned} PN &= \frac{|I_{i,j} - I_{i-1,j}|}{\min(I_{i,j}, I_{i-1,j})} \\ PS &= \frac{|I_{i,j} - I_{i+1,j}|}{\min(I_{i,j}, I_{i+1,j})} \\ PE &= \frac{|I_{i,j} - I_{i,j+1}|}{\min(I_{i,j}, I_{i,j+1})} \\ PS &= \frac{|I_{i,j} - I_{i,j-1}|}{\min(I_{i,j}, I_{i,j-1})} \end{aligned} \quad (16)$$

Ce coefficient est appelé "coefficient de weber".

Une fois la luminance déterminée, on peut déduire la réflectance, comme pour la méthode MultiRetinex, en divisant l'image des niveaux du gris par l'image luminance.

$$R(x, y) = \frac{I(x, y)}{L(x, y)} \quad (17)$$

II.2.5 La méthode de GRADIENTFACES :

II.2.5.1 Introduction :

Il existe différents types d'approches bien connues pour la reconnaissance de visage, comme :

- ondelettes de Gabor.
- Analyse en composante principale (ACP).
- Fisher linear discriminant (FLD).
- des approches combinées.

Chaque Ces méthodes peuvent en quelque sorte surmonter le problème de la répartition inégale de la lumière et de l'ombre sur le visage qui est causée par illumination variable. Cependant, même si les filtres de Gabor sont capables de retenir chaque orientation et de la

fréquence informations de l'image, il rend les dimensions transformés grande que l'image est originale.

Par ailleurs, l'APC est efficace dans réduire les dimensions car ces valeurs propres et vecteurs propres sont disposés dans l'ordre. Nous pouvons maintenant sélectionner uniquement le plus grand vecteur propre qui contient la plupart des informations de la donnée d'origine.

D'autre main, FLD est capable d'obtenir la classification la plus idéale.

Mais sans le processus de réduction des dimensions, il pourrait rencontrer le problème de matrice singularité avec large dimensions.

Bien que l'APC et FLD aient leurs propres inconvénients, la combinaison de ces deux méthodes peut réduire les dimensions, obtenir le meilleur classement, améliorer le système de taux de reconnaissance, et éviter calcul compliqué.

Si nous directement traitement de l'image par l'APC ou FLD pourrait conduire à reconnaissance incorrecte.

Compte tenu des problèmes évoqués ci-dessus, nous allons utiliser Gradientfaces, produit par domaine dégradé, à combiner avec l'APC et FLD.

Le Gradientfaces créés par domaine gradient peut effectivement résoudre le problème de varier l'éclairage et réduire l'influence causée par le visage expressions.

II.2.5.2 Théorème :

Deux points (x, y) et $(x + \Delta x, y)$ sont très proches. Basé sur le modèle de facteur de réflexion dans (6), (8), les valeurs des pixels sont dérivées à partir de [8] :

$$I(x, y) = R(x, y) L(x, y) \quad (18)$$

$$I(x + \Delta x, y) = R(x + \Delta x, y) L(x + \Delta x, y) \quad (19)$$

Où $R(x, y)$ représente la réflexion de chaque point et $L(x, y)$ représente la lumière. Soustraire les deux équations

$$I(x + \Delta x, y) - I(x, y) = R(x + \Delta x, y) L(x + \Delta x, y) - R(x, y) L(x, y) \quad (20)$$

Puisque la lumière diffuse presque égal sur la même image, nous ferons :

$$L(x, y) \approx L(x + \Delta x, y) \quad (21)$$

Puis

$$\begin{aligned} I(x + \Delta x, y) - I(x, y) &\approx R(x + \Delta x, y) L(x, y) - R(x, y) L(x, y) \\ &\approx (R(x + \Delta x, y) - R(x, y)) L(x, y) \end{aligned} \quad (22)$$

Dans domaine gradient nous pouvons obtenir :

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} \approx L(x,y) \frac{\partial R(x,y)}{\partial x} \quad (23)$$

Et

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial y} \approx L(x,y) \frac{\partial R(x,y)}{\partial y} \quad (24)$$

En divisant les deux équations, nous pouvons obtenir ce qui suit :

$$\frac{\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} \approx L(x,y) \frac{\partial R(x,y)}{\partial x}}{\frac{\partial I(x,y)}{\partial y} \approx L(x,y) \frac{\partial R(x,y)}{\partial y}} \quad (25)$$

(8) Enfin, les Gradientfaces sont définis par :

$$GF = \arctan \left(\frac{I'ygradient}{I'xgradient} \right) \in [0, 2\pi] \quad (26)$$

II.2.5.3 Protocole d'identification :

Au lieu de produire d'un vecteur de dispositif dans le domaine de Pixel, le gradientfaces est extraits à partir du domaine de gradient, dont les composants sont l'argument du gradient.

Par conséquent, afin de calculer la similitude entre les vecteurs de gradientfaces, nous définissons la distance (distance L1) entre deux vecteurs G1 et G2 de gradientfaces comme suit :

$$D(G1, G2) = \sum_{i=1}^m \min(|g_{1i} - g_{2i}|, 2\pi - |g_{1i} - g_{2i}|) \quad (27)$$

Là où G1 et G2 sont les vecteurs de gradientfaces, m est la dimensionnalité du vecteur.

Il faut noter qu'un plus petit d (G1, G2) signifie la similitude plus élevée [6].

III. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les méthodes de prétraitement de l'image du visage, qui sont les plus utilisées dans la littérature, à savoir l'égalisation d'histogramme, la correction gamma, le multiscale-retinex, lissage anisotropique et le Gradientfaces.

Nous avons étudié la méthode de prétraitement " Gradientfaces " basée sur la séparation de la réflectance et de la luminance, pour la reconnaissance nous allons utiliser la distance euclidienne.

Chapitre 4

Résultats et Discussions

Chapitre 4

Résultats et Discussions

I. Introduction :

Des études ont montré que des critères de qualité comme la netteté de l'image, le contraste, l'illumination ou bien la pose et l'expression sont des facteurs qui influencent, à divers degrés, les performances des systèmes de reconnaissance de visage, l'un de ces facteurs est la luminance alors dans ce chapitre on va étudier l'influence de ce critère et reconnaître comment l'éliminer afin d'arriver à une reconnaissance parfaite.

En réalité, l'information (qui peut être considérée comme du bruit), introduite par la variation de l'illumination ou des conditions d'acquisition, ne peut pas être facilement séparée de l'information discriminante entre les visages. Diverses solutions ont été proposées dans la littérature afin d'atténuer l'impact de ce bruit sur les performances de la reconnaissance.

La méthode étudiée dans ce chapitre est : 'gradientfaces' qu'on va la comparer avec l'égalisation d'histogramme pour apparaître l'efficacité de cette méthode.

II. La base de données YALA B :

On a utilisé une base de données diffusée appelée Yale B créée par l'université de Yale (USA), est la base standard pour évaluer la robustesse des systèmes de biométrie faciale en cas d'illumination variable.

Elle se compose de 5760 images faciales de 10 individus capturées sous 9 poses et 64 conditions différentes d'éclairage. Récemment, elle a été mise à jour en ajoutant de nouveaux individus pour conduire à la base Extended Yale B qui contient des images de 38 individus.

On a sous-groupé les images de chaque personne en 5 sous-groupes :

Sous groupe1	7 images
Sous groupe2	12 images
Sous groupe3	12 images
Sous groupe4	14 images
Sous groupe5	19 images

Tableau 2 : les Sous-groupe de YALA B.

Voici une image qui montre cette division et que représente l'individu 1 avec tous les variations de l'umination obtenue à cause d'apparaître l'intervalle lumineux entre les 5 sous-groupes :

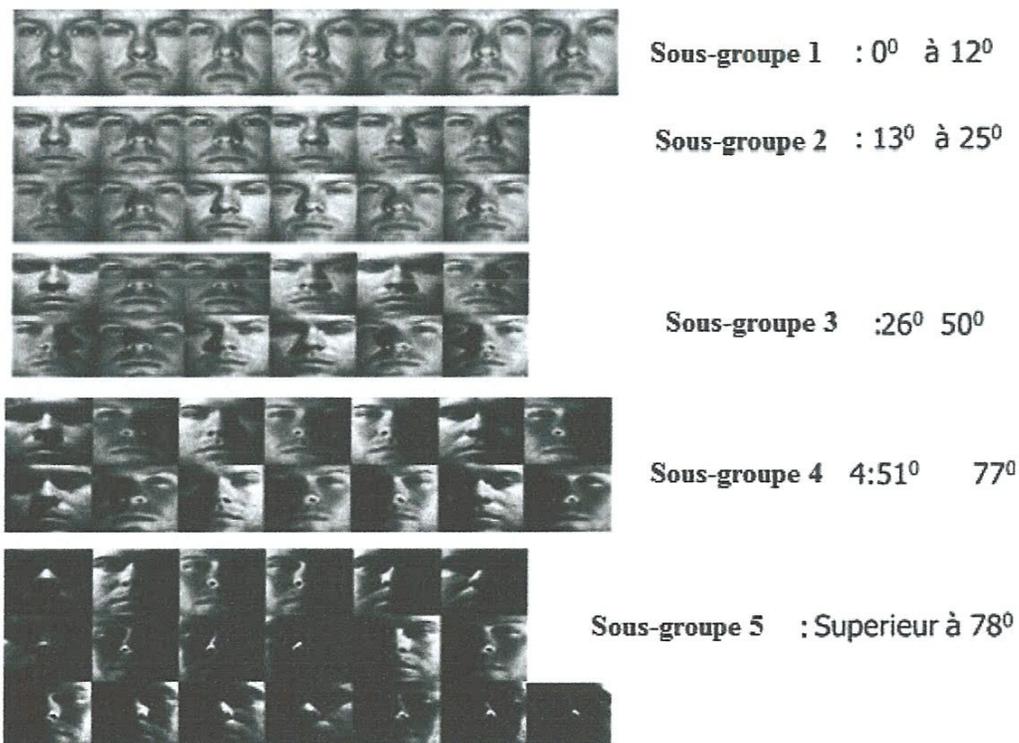


Figure 4.1 : exemple d'image de base YALA B.

Comme s'apparaît dans l'image le sous groupe1 est obtenu de 0 à 12 degré par fixer le camera et changer à chaque fois l'angle de source de lumière, même chose pour les autres sous-groupes voir figure 4.1.

On distingue un ombre se produit dans la majorité des images appelé une ombre propre.

- **Une ombre propre :**

Se produit lorsque la lumière arrive sur une surface avec un changement de pente. La luminosité des pixels correspondante à cette zone diminue à mesure que l'angle d'incidence s'écarte de la normale de La surface.

Cette luminosité atteint son minimum lorsque l'angle entre la lumière incidente et la normale de la surface est égale à 90°).

En traitement d'images, une ombre est considérée comme étant une région à faible luminosité et ayant des contours à fort gradient.

III. Les types de Reconnaissance :

On a distingué deux catégories de reconnaissance par sous-groupes et par une seule image.

III.1 Reconnaissance Par sous-groupes :

Ce type de reconnaissance consiste à utiliser un sous-groupe comme référence et tenter de reconnaître les autres à travers un calcul utilise la méthode de distance euclidienne.

- Reconnaissance sans prétraitement et égalisation d'histogramme :



sous-groupe1 sous-groupe2 sous-groupe3 sous-groupe4 sous-groupe5

Figure 4.2 : Reconnaissance Par sous-groupes.

Comme le montre la figure 4.2, une variation de l'éclairage peut sérieusement Altérer l'apparence d'un visage dans l'image, cette variation peut faire un problème à la reconnaissance de personne.

Mais les images traitées par l'égalisation d'histogramme sont plus clairs face à les images non traité mais ne convaincre pas pour obtenir la moyenne satisfaisant et nous allons l'apparaître au tableau suivant :

sousgroupes	sousgroupe1	Sousgroupe2	sousgroupe3	sousgroupe4	sousgroupe5	Moy
Par sous-groupe 1(SP)	100%	93.3333%	53.3333%	22.8571%	11.5789%	56.22%
Par sous-groupe1, (HIST)	100%	100%	85.8333%	38.5714%	51.0526	75.09%

Tableau 3 : résultats obtenu par l'égalisation d'histogramme et reconnaissance sans prétraitement

D'après le tableau 3 on distingue que le taux de reconnaissance se diverge de sous-groupe1 vers sous groupe5 avec une différence énorme à cause de deux critères majeurs :

- La reconnaissance été appliqué par sous-groupe1 ce qui a fait les résultats de sous-groupe1 et 2 plus élevé que les autres car ils sont plus proche par rapport le reste
- L'effet de la lumière aux sous-groupe3, 4 et 5 est considérable vise les sous-groupe1 et 2

On voie que la moyenne de taux de reconnaissance est bas ce qui implique de dire que ce type de reconnaissance n'a pas pu reconnaître la moitié des images, alors les résultats ne sont pas suffisants et besoin d'être améliorés.

Dans la deuxième partie du tableau après l'utilisation de l'égalisation d'histogramme on voie une amélioration au taux de reconnaissance dans tous les sous-groupes avec une moyenne de 75.09. Alors on peut dire que cette méthode a diminué l'effet de lumière et augmenter le taux de reconnaissance mais les résultats se reste plus loin au pourcentage désiré, d'autre part et pour que l'apprentissage été réalisé par sous-groupe1 le taux était parfait au sous-groupe1 et 2 par rapport 3,4et 5.

On note aussi que lorsque les images sont acquises dans des conditions d'illumination et de qualité contrôlées, une simple égalisation d'histogramme permet d'avoir les meilleurs résultats tel que sous-groupe1 et 2 par contre dans des images dégradé il faut plus de talent.

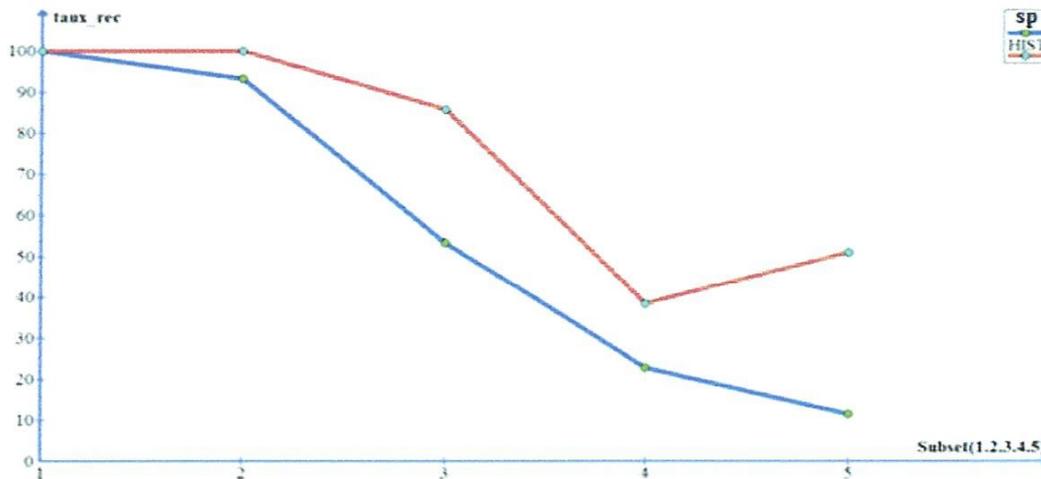


Figure 4.3 : Comparaison par sous-groupe entre la reconnaissance sans prétraitement et l'égalisation d'histogramme.

La courbe SP montre clairement une grande divergence au taux de reconnaissance ce qui définit l'influence de lumière à la reconnaissance visage concernant la luminosité faible appliqué dans la moitié des sous-groupes sauf sous-groupe1 qui a inscrit un taux de 100% à cause de luminosité performante.

Comparativement avec la courbe SP on résulte une amélioration considérable à la courbe HIST à cause de l'utilisation d'égalisation d'histogramme qui vise à faire un progrès dans la luminosité des images ce qui a engagé une augmentation au taux de reconnaissance arrivé à 100% dans les deux premiers sous groupes mais on a constaté puis une divergence depuis le 3^{ème} sous-groupe jusqu'au le 5^{ème}, alors ce montre que cette méthode n'est pas si efficace lorsque l'effet de lumière est immense.

▪ Reconnaissance par la méthode gradient faces (GRF) :

Le gradient faces est l'une des méthodes les plus utiliser et l'algorithme qu'on a étudié, donc Ilya eu plus de détail dans la Reconnaissance (Reconnaissance par tous les sous-groupes et autre fois par une seule image).

sous- groupes	sous- groupe1	sous- groupe2	sous- groupe3	sous- groupe4	sous- groupe5	Taux_rec
(1-7) SP	96.53	82.97	42.61	18.97	12.33	50.68
(1_7) HIST	98.97	89.64	64.40	34.89	44.13	66.41

Tableau 5 : reconnaissance par une seule image pour l'égalisation d'histogramme et reconnaissance sans prétraitement.

On note par comparaison avec apprentissage de sous-groupe que le taux_rec a diminué ce qui exprime que la reconnaissance avec image est plus difficile que par sous-groupe.

Le graph suivant exprime plus apparemment les résultats Figure 7.8 :

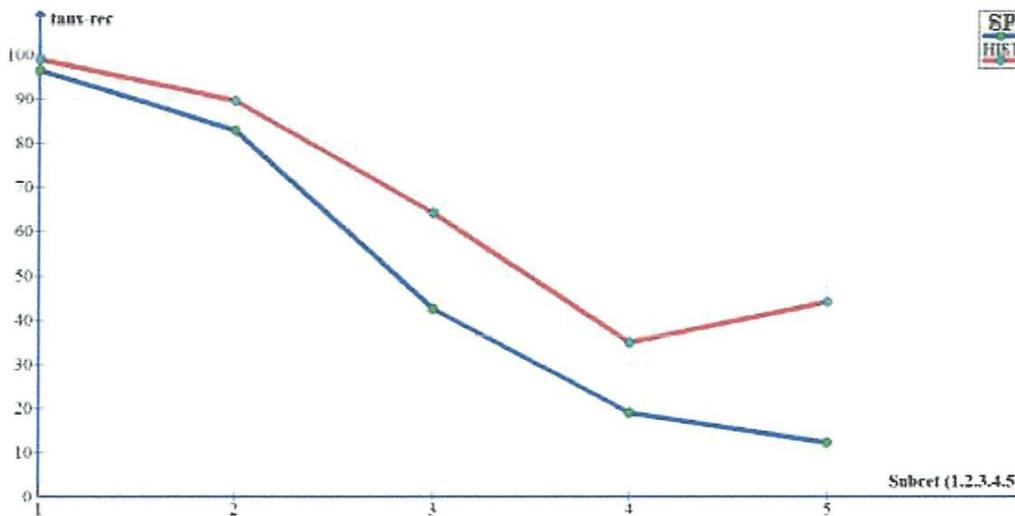


Figure 4.7 : Comparaison par une seule image entre la reconnaissance sans prétraitement et l'égalisation d'histogramme.

- Reconnaissance par la méthode gradient faces (par une seule image) :



Figure 4.8 : traitement d'image par la méthode GRF.

La figure4.9 montre un exemple d'une personne dans une seule pause traité par les deux algorithmes et faire apparaitre la déférence entre les images.

Les résultats obtenus par la reconnaissance d'une image sont cité dans le tableau4

Images	sous-groupe1	sous-groupes2	sous-groupes3	sous-groupes4	sous-groupes5	Taux.rec .moy	Taux erreur
1...7	100%	100%	99.76%	97.14%	99.62%	99.30%	1.09%
1...12	99.52%	99.93%	95.27%	94.70%	96.84%	97.25%	2.14%
1...12	99.88%	95.34%	89.51%	86.54%	96.75%	93.60%	4.87%
1...14	90.30%	89.04%	81.66%	90.51%	97.03%	89.72%	4.89%
1...19	89.24%	85.52%	92.71%	97.78%	99.94%	93.04%	5.31%

Tableau 6 : résultat de la reconnaissance par la méthode GRF

On voit que le taux de reconnaissance de tableau 6 est moins élevé que celui du tableau 4 parce qu'il s'agit d'une reconnaissance par tous les images d'un sous-groupe (1 : n) par contre le tableau 4 exprime une identification (1 : 1) ce qui implique un seul choix pour le test.

Dans le tableau 6 on ne constate que le taux de reconnaissance des images des sous-groupes 1, 2 et 3 et s'approche et plus élevé quand la reconnaissance est faite avec l'une des images de ces sous-groupes par rapport le 4 et 5, d'un autre côté le 4 avec le 5 aussi à cause de la diffusion de la lumière semblable.

Le graph suivant exprime plus apparemment les résultats :

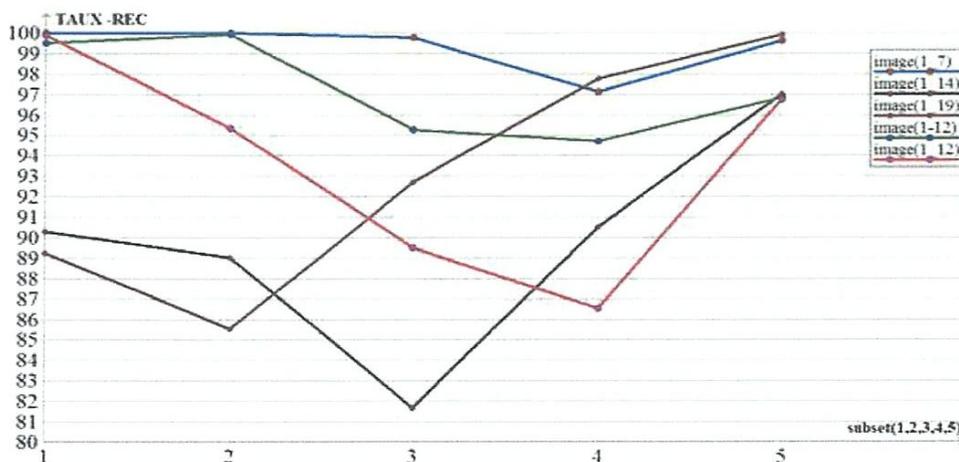


Figure 4.9 : reconnaissance par GRF (reconnaissance par une seule image).

VI. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les méthodes de prétraitement de l'image du visage, qui sont les plus utilisées dans la littérature, à savoir l'égalisation d'histogramme,

Nous avons aussi étudié une méthode de prétraitement basée sur la séparation de la réflectance et de la luminance, puis éliminer la luminance et baser sur l'utilisation de réflectance pour la reconnaissance de l'image du visage, après faire la comparaison on dit que cette méthode a montré sa robustesse dans les conditions d'illumination difficiles et a marqué une réelle amélioration des performances.

Conclusion

La biométrie est un domaine à la fois passionnant et complexe. Elle tente, par des outils mathématiques souvent très évolués, de faire la distinction entre des individus, nous obligeant à travailler dans un contexte de très grande diversité. Cette diversité se retrouve également dans le nombre considérable d'algorithmes qui ont été proposés en reconnaissance faciale.

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés au problème de la reconnaissance faciale. Notre travail consiste à la mise au point d'un algorithme robuste destiné à reconnaître un individu par son visage en utilisant la méthode « GARDIENTFACES» qui se base sur l'élimination de la composante luminance.

Une analyse des différentes techniques de reconnaissance développées au cours de ces dernières années a été présentée, et cela pour mettre en évidence les particularités ainsi que les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles.

Nous avons souligné durant ce travail l'influence néfaste du changement d'éclairage sur le taux de reconnaissance du système et pour cela nous avons proposé quelques solutions qui ont été évaluées durant la phase de test. Ces solutions ont donné d'assez bon résultats. Malgré tous les progrès qui ont été réalisés, les problèmes d'éclairage et de l'identification dans des environnements extérieurs restent des challenges qui susciteront les efforts des chercheurs.

GARDIENTFACES reste une méthode efficace et simple pour gérer ce type de problème. C'est pour toutes ces raisons que nous avons opté pour cette approche de reconnaissance du visage.

Nous estimons avoir réalisé un système répondant à l'objectif que nous nous sommes fixés au départ, à savoir la mise en œuvre d'un système permettant la reconnaissance d'individus et le contrôle d'accès.

En guise de perspectives, une extension de ce travail peut être réalisée en intégrant un système d'acquisition des images pour éviter que ces opérations d'identification et de vérification soient de simples simulations.

Par ailleurs, il serait aussi intéressant d'appliquer, la méthode développée dans ce mémoire, dans un système de sécurité biométrique utilisant l'acquisition vidéo. Dans ce cas, cet algorithme doit répondre aux exigences du temps réel. Mais, cela ne peut se faire sans le développement d'algorithmes efficaces de détection et de poursuite des visages dans les séquences vidéo.

Références

- [1] Mr BOUDJELLAL Sofiane, "Détection et identification de personne par méthode biométrique", Mémoire de Magister, Université Mouloud MAMMARI de TIZI-OUZOU
- [2] : Mr. ADJOU DJ RÉDA, "Authentification Automatique par Identification & Reconnaissance dans un Système de Haute Sécurité ", THÈSE De DOCTORAT, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès , 2005 – 2006.
- [3] Mr. AKROUF Samir, "Une Approche Multimodale pour l'Identification du Locuteur", THÈSE De DOCTORAT, *UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF*, 2011
- [4] Mr .DANG Hoang Vu, "Biométrie pour l'Identification" RAPPORT FINAL DU TIPE, Institut de la Francophonie pour l'Informatique 07 – 2005,
- [5] : Ma. SOUHILA GUERFI ABABSA. "Authentification d'individus par reconnaissance de caractéristiques biométriques liées aux visages 2D/3D", THÈSE De DOCTORAT, UNIVERSITE D'EVRY VAL D'ESSONNE, 2009.
- [6] Mr. Anouar Mellakh, "Reconnaissance des visages en conditions dégradées" THÈSE De DOCTORAT, l'université d'Evry-Val d'Essonne, 2009.
- [7] Chih-Jen, Lee Tzu-Yin Chen, Jenn-Dong Su, Tai-Ning Yang, Allen Y. Chang, "Combining Gradientfaces, Principal Component Analysis, and Fisher Linear Discriminant for Face Recognition", IEEE TRANSCATIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL, 16, NO, NOV 2009.
-