



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM**

**Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière Informatique**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : Ingénierie des Systèmes d'Information**

**Identification de personne grâce à la reconnaissance faciale par la
géométrie du visage et la classification**

Etudiants :

**DAOUI Hasnaa
ELOMARI Amel**

Encadrant(e) :

BENTAOUZA Chahinez Mérièm

Année Universitaire 2014/2015

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FORMULES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRÉVIATIONS

RÉSUMÉ..... 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE 2

CHAPITRE 1 : Système Biométrique

I.1. Introduction..... 4

I.2. Biométrie 4

I.3. Système biométriques 5

I.4. Architecture d'un système biométrique 6

I.4.1. Module d'apprentissage 7

I.4.2. Module de reconnaissance..... 7

I.4.3. Module d'adaptation..... 7

I.5. Mesure de performance d'un système biométrique 7

I.5.1. Evaluation de vérification 8

I.5.2. Evaluation d'identification 8

I.6. Domaines d'application des systèmes biométriques 9

I.7. Techniques biométriques 9

I.7.1. Techniques d'analyse du comportement 9

I.7.2. Techniques d'analyse de la morphologie humaine 10

I.8. Conclusion 13

CHAPITRE2 : Reconnaissance faciale

II.1. Introduction 14

II.2. Reconnaissance faciale 14

II.3. Architecture générale d'un système de reconnaissance faciale 15

II.4. Techniques de reconnaissance faciale 16

II.4.1. Approche globale 16

II.4.2. Approche locale 17

II.4.2.1. Approches basées sur les graphes 17

II.4.2.2. Approches géométriques	18
II.5. Avantages et inconvénients de la reconnaissance de visages	18
II.6. Conclusion.....	18
CHAPITRE 3 : Reconnaissance par approche géométrique et classification	
III.1. Introduction	19
III.2. Méthodes géométriques	19
III.3. Système de reconnaissance faciale	21
III.3.1. Acquisition de l'image	22
III.3.2. Détection de visage et prétraitement.....	22
III.3.2.1. Détection	22
III.3.2.2. Prétraitement	24
III.3.3 Extraction des caractéristiques	25
III.3.4. Comparaison des caractéristiques (classification) et décision.....	25
III.4. Classification supervisée par la méthode des K Plus Proches Voisins « KPPV »...	26
III.4.1. Classification supervisée	26
III.4.2. K Plus Proches Voisins « KPPV »	26
III.4.3. Choix de classe	27
III.4.4. Choix de distance	27
III.4.5. Organigramme de la méthode KPPV	28
III.5. Conclusion	29
CHAPITRE 4 : La Conception et la Réalisation	
IV.1. Introduction.....	30
IV.2. Environnement matériel et logiciel	30
IV.2.1. Ressources utilisées	30
IV.2.2. Langage de programmation	30
IV.2.3. Borland C++ Builder 6	30
IV.3. Le système Eye.On.You.....	31
IV.3.1. Architecture d'Eye.On.You.....	32
IV.3.1.1. Sous système de traitement d'image.....	33
IV.3.1.2. Sous système d'identification	34
IV.3.1.3. Sous système de base de données	34
IV.3.2. Méthode de reconnaissance	34
IV.3.3. Décision d'identification finale	36

IV.4. Organigramme de la reconnaissance	36
IV.5. Description du travail réalisé	37
IV.5.1. Base de données	37
IV.5.2. Capture	37
IV.5.3. Prétraitement	37
IV.5.4. Présentation de l'application	38
IV.5.4.1. Interface principale	38
IV.5.4.2. Acquisition de l'image et Ajout.....	38
IV.5.4.3. Reconnaissance par classification.....	39
IV.6. Résultats de l'apprentissage et discussion	40
IV.6.1. Taux de reconnaissance sur Base1	41
IV.6.1. Taux de reconnaissance sur Base2	41
IV.7. Conclusion	43
Conclusion générale	44
Références	45

RÉSUMÉ

Les caractéristiques biométriques sont une solution alternative aux anciens moyens de vérification d'identité. L'avantage de ces caractéristiques est qu'elles doivent être universelles, uniques, permanentes, enregistrables et mesurables. L'intérêt principal de la biométrie est donc de reconnaître et d'identifier automatiquement les identités des individus, en utilisant les caractéristiques physiologiques ou comportementales. La reconnaissance des visages est une technologie biométrique très connue en terme d'authentification d'un individu et très utilisée dans les applications de contrôle d'accès. Dans la littérature, plusieurs méthodes globales et locales ont été proposées pour le processus de reconnaissance faciale. Le but de ce projet est d'introduire et d'expliquer l'une des approches locales dite méthode géométrique, cette dernière s'appuie sur les caractéristiques principales de visage : l'éloignement des yeux, la taille de la bouche, la largeur du nez, etc. L'identification est basée sur l'algorithme des K Plus Proches Voisins (KPPV) pour la classification, les résultats de l'application de la méthode implémentée sur l'ensemble des images de test sont présentés et discutés. Pour enfin conclure que le système est performant en utilisant un bon paramétrage des valeurs introduites et les bases de test sur lesquelles la reconnaissance est effectuée.

Mots clés: Biométrie, Classification, Géométrie du visage, Identification, KPPV
Reconnaissance faciale.

ABSTRACT

Biometrics features are an alternative solution to former identity verification means. The advantage of these features is that they should be universal, unique, permanent, recordable and measurable. The main interest of biometrics is to automatically recognize and identify the identities of individuals using physiological or behavioral characteristics. In the field of identifying individuals, face recognition, is a well-known biometric technology widely used in access control applications. In the literature, several global and local methods have been proposed for face recognition process. This project aim to introduce and explain one of local approaches called geometric method, the latter is based on the main features of the face: eyes distance, mouth's size, nose's width, etc. The identification is based on K Nearest Neighbor's algorithm (KNN) for classification, the results of the applied method on test images are presented and discussed.

Keywords: Biometrics, Classification, Face Recognition, Facial Geometry, Identification, KNN.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nos jours, la sécurité est une préoccupation de plus en plus importante dans divers secteurs ce qui a mené à mettre en œuvre des moyens informatiques pour contrer le problème d'insécurité. La vérification et l'identification des individus est l'un des moyens permettant d'assurer cette sécurité.

Les moyens classiques de vérification d'identité pour les contrôles d'accès comme : le passeport, la carte d'identité, les mots de passe ou les codes secrets peuvent être facilement falsifiés. La solution ; pour remédier à ce problème ; est d'utiliser la biométrie. Cette dernière joue un rôle de plus en plus important dans les systèmes d'authentification et d'identification. Les processus de reconnaissance biométrique permettent la reconnaissance d'individus en se basant sur les caractéristiques physiques et comportementales de l'individu. Différentes technologies ont été développées telles que : l'empreinte digitale, l'iris, la voix, la main et le visage. Ce dernier étant l'intérêt principal de notre travail.

La reconnaissance de visages est l'une des techniques de la biométrie la plus utilisée et populaire, grâce à ses caractéristiques avantageuses. Etant un système non intrusif (sans contact avec l'individu), la reconnaissance est très efficace.

Dans la vie quotidienne chacun de nous identifie ; tout au long de la journée ; différents visages. Ainsi, lorsqu'une personne est rencontrée, le cerveau tente de fouiller notre mémoire et vérifier si cette personne est répertoriée ou non. Par ailleurs, le développement des algorithmes s'inscrit dans une démarche visant à rendre l'ordinateur « plus humain » (semblable au cerveau humain).

La difficulté de la reconnaissance faciale par ordinateur varie énormément suivant les conditions d'acquisition. Des paramètres liés à la prise de vue ; tels que : l'arrière-plan, la direction et l'intensité des sources lumineuses, l'angle de la prise de vue, la distance de la caméra au sujet ; et autres liés à la personne à identifier qui résident dans la variété des changements de visage dus aux expressions faciales (l'âge, les coupes des cheveux, ... etc.) peuvent donner lieu à des variations importantes dans la reconnaissance.

Pour diminuer voire limiter ces variations, plusieurs recherches ont été faites menant à l'apparition de plusieurs méthodes de reconnaissance. En 1988, **L. Sirovich** et **M. Kirby** ont appliqué une technique algébrique linéaire appelée Eigenfaces. Trois ans plus tard, **M. Turk** et **A. Pentland** ont trouvé qu'ils pouvaient détecter des visages dans une image en utilisant l'erreur résiduelle de la technique Eigenfaces. Ainsi, **Moses**, **Adini** et **Ullman** ont proposé l'Analyse Discriminante Linéaire de Fisher (ADL).

Ce sont **Brunelli** et **Poggio** qui ont introduit la technique d'extraction du vecteur caractéristique du visage. Cette dernière mesure les différents traits du visage et leurs positions, tels que : la largeur et la position du nez et de la bouche, l'épaisseur des sourcils et leurs positions verticales, etc.

C'est dans ce contexte que nous situons notre modeste travail, qui vise à développer un système de reconnaissance faciale en se basant sur la géométrie du visage. Le présent rapport, structuré en quatre chapitres, rend compte du travail accompli.

Dans le premier chapitre, nous traiterons de notions fondamentales à l'effet d'introduire les principales définitions de la biométrie, les principes de fonctionnement des systèmes biométriques et les mesures de leurs performances, et les techniques biométriques existantes.

Dans le second chapitre, nous accèderons plus d'intérêts à la reconnaissance de visages qu'aux autres techniques étant donné que ce mémoire a pour objet l'étude de cette caractéristique. Nous présenterons le processus de reconnaissance faciale, l'architecture de son système et les techniques les plus utilisées.

Le troisième chapitre sera consacré à la reconnaissance faciale par approche géométrique, tout en présentant le processus d'identification basé sur un algorithme de classification supervisée dit l'algorithme des K Plus Proches Voisins « KPPV » comme étant une méthode adoptée dans la phase de comparaison incluse dans le système de reconnaissance.

Dans le quatrième et dernier chapitre, nous présenterons la conception et la réalisation de notre projet et nous procéderons à une série de tests, dont les résultats seront analysés et discutés, pour ensuite terminer ce travail par une conclusion générale qui résumera nos contributions et donnera quelques perspectives sur les travaux futurs.

I.1. Introduction

La variété des systèmes de reconnaissance biométriques disponibles, se basent sur l'étude des différences aléatoires d'un aspect biologique entre des personnes distinctes afin d'élaborer un système de reconnaissance fiable [1], pour vérifier ou trouver l'identité des individus. L'idée principale c'est d'assurer un système de contrôle d'accès.

Pour faire face aux impostures et aux ruses en tous genres, la biométrie fut la meilleure des solutions. En effet, l'utilisation spéciale comme la reconnaissance faciale, l'empreinte digitale, la rétine ou encore l'iris a rendu cette optique plus envisageable que celles utilisées auparavant et surtout plus sécurisante et fiable [1]. Ce chapitre a pour objectif de définir la biométrie, les arguments qui la rendent utile, les systèmes biométriques ainsi que les techniques biométriques connues.

I.2. Biométrie

La biométrie consiste à identifier une personne à partir d'une ou de plusieurs caractéristiques physiologiques (empreintes digitales, visage, iris, contour de la main, etc.), ou comportementales (signature, démarche, etc.). Etymologiquement, la biométrie humaine est synonyme d'anthropologie physique. Une autre définition de la biométrie est donnée par **Roethenbaugh** : « La biométrie s'applique à des particularités ou des caractères humains uniques en leur genre et mesurables, permettant de reconnaître ou de vérifier automatiquement l'identité » [1]. En effet, un attribut physique ou comportemental ne peut être oublié ou perdu. En général, ils sont très difficiles à "deviner" ou à "voler" ainsi qu'à "dupliquer" [2].

Les arguments pour la biométrie se résument en 2 catégories:

- **Praticité** : Les mots de passe comme les cartes de crédit, les cartes de débit, les cartes d'identité ou encore les clés peuvent être oubliés, perdus, volés et copiés. En plus, aujourd'hui tous et chacun doivent se rappeler une multitude de mots de passe et avoir en leur possession un grand nombre de cartes. De son côté la biométrie serait immunisée contre ce genre de maux en plus qu'elle serait simple et pratique, car il n'y a plus ni cartes ni mots de passe à retenir.
- **Sécurité**: La biométrie serait plus sécuritaire que les méthodes actuellement utilisées. Elle permettrait une identification précise et possible même sans papiers d'identification qui peuvent être contrefaits. Aussi, elle permettrait d'améliorer la sécurité des documents protégés bio-métriquement, donc de limiter la fraude. Ensuite, elle pourrait éviter la fraude dans de nombreux systèmes en évitant les dédoublements. Par exemple, un prestataire de l'assistance sociale ne pourrait pas recevoir plusieurs prestations sous différents noms. La biométrie serait capable de réduire, sans l'éliminer, le crime et le terrorisme car, à tout de moins, elle complique la vie des criminels et des terroristes [3].

I.3. Systèmes biométriques

Un système biométrique est essentiellement un système de reconnaissance de formes qui utilise les données biométriques d'un individu [1]. Selon le contexte d'application, un système biométrique peut fonctionner en mode de vérification ou bien en mode d'identification mais précédant ces deux modes, il effectue toujours en premier une phase d'enrôlement :

L'enrôlement est une phase d'apprentissage qui a pour but de recueillir des informations biométriques sur les personnes à identifier. Pendant cette phase, les caractéristiques biométriques des individus sont saisies par un capteur biométrique, puis représentées sous forme numériques (signatures), et enfin stockées dans la base de données [4].

- **Le mode de vérification** ou authentification est une comparaison "**un à un**", dans lequel le système valide l'identité d'une personne en comparant les données biométriques saisies avec le modèle biométrique de cette personne stocké dans la base de données du système. la vérification est réalisée via un numéro d'identification personnel, un nom d'utilisateur, ou bien une carte à puce [4].
- **Le mode d'identification** est une comparaison "**un à N**", dans lequel le système reconnaît un individu en l'appariant avec un des modèles de la base de données. La personne peut ne pas être dans la base de données. Ce mode consiste à associer une identité à une personne [4].

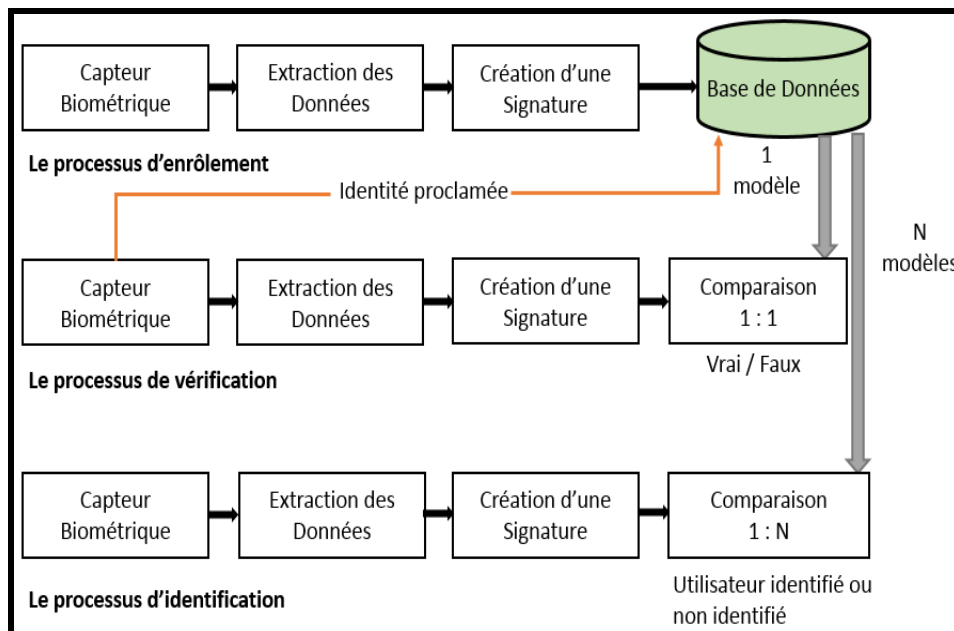


Figure I.1. Principaux modules d'un système biométrique et différents modes de fonctionnement [4].

Les systèmes biométriques sont de plus en plus utilisés depuis quelques années. L'apparition de l'ordinateur et sa capacité à traiter et à stocker les données ont permis la création des systèmes biométriques informatisés. Il existe plusieurs caractéristiques physiques uniques pour un individu, ce qui explique la diversité des systèmes appliquant la biométrie. Nous citons [4]:

- L'empreinte digitale ;
- La géométrie de la main ;
- L'iris ;
- La rétine ;
- Le visage ;
- La dynamique de frappe au clavier ;
- La reconnaissance vocale ;
- La dynamique des signatures ;
- L'ADN ;
-

I.4. Architecture d'un système biométrique

Il existe toujours deux modules dans un système biométrique : le module d'apprentissage et celui de reconnaissance [2], [5]. Le troisième module (facultatif) est le module d'adaptation. Pendant l'apprentissage, le système va acquérir une ou plusieurs mesures biométriques qui serviront à construire un modèle de l'individu. Ce modèle de référence servira de point de comparaison lors de la reconnaissance. Avec la possibilité de réévaluer le modèle après chaque utilisation grâce au module d'adaptation [6].

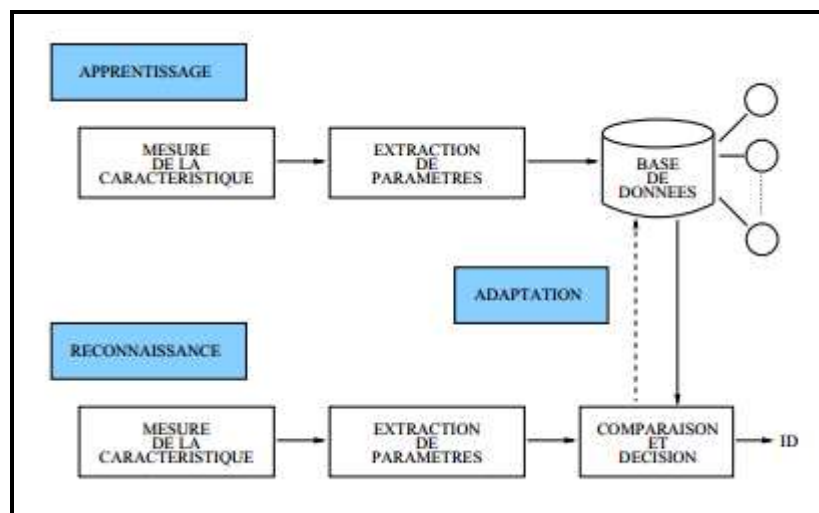


Figure I.2. Architecture d'un système de reconnaissance biométrique [6].

I.4.1. Module d'apprentissage

Au cours de l'apprentissage, la caractéristique biométrique est tout d'abord mesurée grâce à un capteur ; on parle d'acquisition ou de capture. En général, cette capture n'est pas directement stockée et des transformations lui sont appliquées. En effet, le signal contient des informations inutiles à la reconnaissance et seuls les paramètres pertinents sont extraits. Le modèle est une représentation compacte du signal qui permet de faciliter la phase de reconnaissance, mais aussi de diminuer la quantité de données à stocker [7].

I.4.2. Module de reconnaissance

Au cours de la reconnaissance, la caractéristique biométrique est mesurée et un ensemble de paramètres est extrait comme lors de l'apprentissage. Le capteur utilisé doit avoir des propriétés aussi proches que possibles de celui utilisé durant la phase d'apprentissage. Si les deux capteurs ont des propriétés trop différentes, il faudra en général appliquer une série de prétraitements supplémentaires pour limiter la dégradation des performances. La suite de la reconnaissance sera différente suivant le mode opératoire du système : identification ou vérification [7].

En mode identification, le système doit deviner l'identité de la personne. Il répond donc à une question de type : "Qui suis-je ?". Dans ce mode, le système compare le signal mesuré avec les différents modèles contenus dans la base de données (problème de type **1:n**) [6].

En mode vérification, le système doit répondre à une question de type : "Suis-je bien la personne que je prétends être ?". L'utilisateur propose une identité au système et celui-ci doit vérifier que l'identité de l'individu est bien celle proposée. Il suffit donc de comparer le signal avec un seul des modèles présents dans la base de données (problème de type **1:1**) [6].

I.4.3. Module d'adaptation

Pendant la phase d'apprentissage, le système ne capture souvent que quelques instances d'un même attribut afin de limiter la gêne pour l'utilisateur. Il est donc difficile de construire un modèle assez général capable de décrire toutes les variations possibles de cet attribut. De plus, les caractéristiques de cette biométrie ainsi que ses conditions d'acquisition peuvent varier. L'adaptation est donc nécessaire pour maintenir voire améliorer la performance d'un système après chaque utilisation [6].

I.5. Mesure de performance d'un système biométrique

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" [4]. La performance d'un système d'identification biométrique peut se mesurer principalement à l'aide de trois critères : sa précision, son efficacité (vitesse d'exécution) et sa capacité de stockage pour chaque individu [6].

Nous nous concentrons sur le premier critère et comme vu précédemment, la vérification et l'identification sont des modes opératoires différents alors leurs mesures de précision seront différentes :

I.5.1. Evaluation de vérification

Dans cette tâche, un utilisateur final doit faire une demande d'authentification de son identité alors le système biométrique doit déterminer si son identité est acceptée ou rejetée.

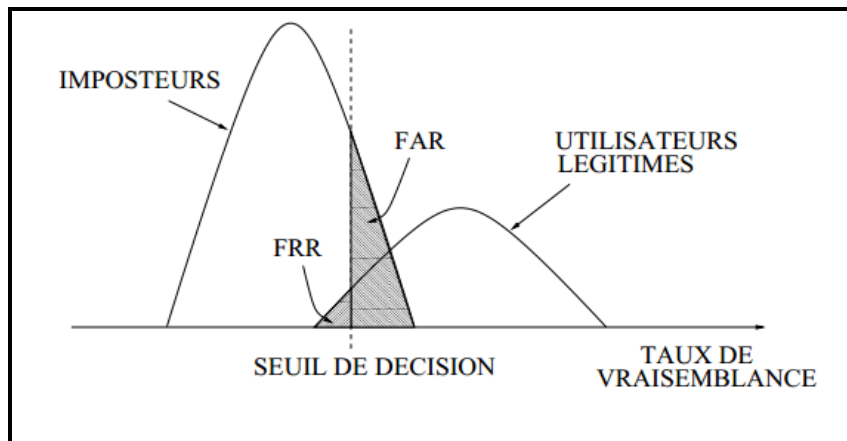


Figure I.3. Distribution des taux de vraisemblance des utilisateurs légitimes et des imposteurs d'un système biométrique [6].

Deux taux sont alors calculés [4]:

- Le Taux de Faux Rejet ou **False Rejection Rate**(FRR) : il exprime le pourcentage d'utilisateurs rejetés alors qu'ils devraient être acceptés par le système.
- Le Taux de Fausse Acceptation ou **False Acceptance Rate**(FAR) : il exprime le pourcentage d'utilisateurs acceptés par le système alors qu'ils devraient être rejetés.

I.5.2. Evaluation d'identification

Le test d'identification représente la mesure la plus couramment utilisée, mais il n'est pas toujours suffisant. En effet en cas d'erreur, il peut être utile de savoir si le bon choix se trouve parmi les N premières réponses du système [4].

Dans le cas où chaque individu possède plusieurs modèles dans la base de données, la précision (qui est le rapport entre le nombre de modèles correctement trouvés et le nombre total de modèles trouvés) et le rappel (qui est le rapport entre le nombre de modèles correctement trouvés et le nombre total de modèles qui auraient dû être retrouvés) sont les mesures classiques calculées [6].

I.6. Domaines d'application des systèmes biométriques

La biométrie est appliquée dans plusieurs domaines nécessitant une sécurité, tels que les contrôles d'accès physique et virtuel et l'authentification de transactions. Les applications de la biométrie peuvent être divisées en trois groupes principaux [4]:

- Applications commerciales: telles que l'ouverture de réseaux informatiques, 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.

I.7. Techniques biométriques

Il existe plusieurs caractéristiques physiques uniques pour un individu, ce qui explique la diversité des systèmes appliquant la biométrie, les techniques biométriques actuellement fonctionnelles sont très nombreuses. Elles peuvent cependant être répertoriées dans deux grandes familles [8]:

I.7.1. Techniques d'analyse du comportement

Il s'agit d'un type de biométrie caractérisé par un trait d'attitude qui est appris et acquis au fil du temps, par exemple la dynamique de la signature, la façon d'utiliser un clavier d'ordinateur, etc [8]. Nous citons :

- **Dynamique de frappe au clavier**

La dynamique de frappe au clavier est une caractéristique de l'individu, c'est en quelque sorte la transposition de la graphologie aux moyens électroniques. **Christophe Rosenberger dit** « C'est une technique née dans les années 1980 et qui vise à essayer d'analyser le comportement d'une personne qui tape au clavier à des fins d'authentification, elle est personnelle, et varie même avec l'âge et selon que l'on est une femme ou un homme. Comme un simple logiciel permet d'en faire l'analyse et qu'elle ne nécessite aucun autre matériel qu'un clavier » [9]. Les paramètres suivants sont généralement pris en compte : vitesse de frappe, suite de lettres, mesure des temps de frappe, pause entre chaque mot, reconnaissance de mot(s) précis. Son avantage est qu'elle est un moyen non intrusif qui exploite un geste naturel [10].

- **Signature**

Chaque personne possède une signature qui lui est propre et qui peut donc servir à l'identifier. Il existe deux modes de reconnaissance : le mode statique et le mode dynamique.

Le mode statique n'utilise que l'information géométrique de la signature. Le mode dynamique utilise à la fois l'information géométrique et dynamique, c'est à dire les mesures de vitesse et d'accélération. [6].

Le mode dynamique est plus riche en information que le mode statique et donc plus discriminant. De plus, si un imposteur veut dupliquer une signature à partir d'un exemple, il n'a pas accès à l'information dynamique. La capture se fait à l'aide d'une tablette graphique. La signature a l'avantage par rapport aux autres mesures biométriques d'être couramment utilisée pour les transactions. Pour cette raison, la signature comme moyen d'identification est en général bien acceptée. Le problème de la reconnaissance par signature provient de la très grande variabilité qui existe entre deux occurrences de la signature d'un même individu. De plus, la signature peut être affectée par l'état de santé ou émotionnel de l'individu [6].



Figure I.4. Exemple d'une signature [7].

I.7.2. Techniques d'analyse de la morphologie humaine

Il s'agit d'un type de biométrie définie par les caractéristiques physiques (empreintes digitales, forme de la main, forme du visage, dessin du réseau veineux de l'œil, la voix, etc. [8] Nous citons :

- **Empreinte digitale**

Elle est définie comme la caractéristique d'un doigt, chaque personne a ses propres empreintes digitales avec l'unicité permanente. A l'heure actuelle, la reconnaissance des empreintes digitales est la méthode biométrique la plus utilisée. Les empreintes digitales sont composées de lignes localement parallèles présentes des points singuliers « minuties » et constituent un motif unique, universel et permanent. Les avancées technologiques ont permis d'automatiser la tâche au moyen de capteurs intégrés, remplaçant l'utilisation classique de l'encre et du papier. Ces capteurs sont basés sur la capture optique, thermique, électromagnétique ou sur les ultrasons [7].

L'image d'empreinte d'un individu est capturée à l'aide d'un lecteur d'empreinte digitale puis les caractéristiques sont extraites de l'image puis un modèle est créé. Si des précautions appropriées sont suivies, le résultat est un moyen d'authentification très précis [7].

Les techniques d'appariement des empreintes digitales peuvent être classées en deux catégories : les techniques d'appariement sur la détection locale des minuties et celles basées sur la corrélation. L'approche basée sur les minuties consiste à trouver d'abord les points des minuties puis trace leurs emplacements sur l'image du doigt [7].

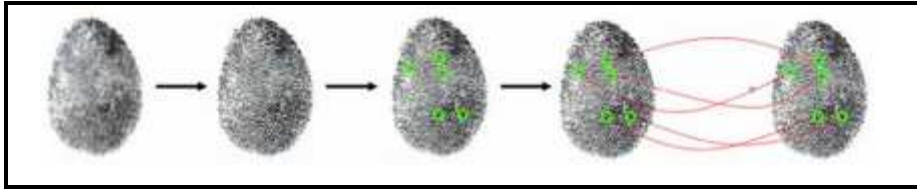


Figure I.5. Le processus de reconnaissance par empreinte digitale [7].

Cette approche pose quelques difficultés lorsque l'image d'empreinte digitale est d'une qualité médiocre, car l'extraction précise des points de minutie est difficile. Par contre les méthodes basées sur la corrélation sont capables de surmonter les problèmes de l'approche fondée sur les minuties, car elles utilisent la structure globale de l'empreinte mais les résultats sont moins précis qu'avec les minuties. C'est pour cela que les deux approches sont en général combinées pour augmenter les performances du système [7].

- **Voix**

De tous les traits humains utilisés dans la biométrie, la voix est celle que les humains apprennent à reconnaître dès leur plus jeune âge. Les systèmes de reconnaissance de locuteur peuvent être divisés en deux catégories : les systèmes dépendant du texte prononcé et les systèmes indépendants du texte. Dans le premier cas, l'utilisateur est tenu d'utiliser un texte fixe prédéterminé au cours des séances d'apprentissage et de reconnaissance. Alors que, pour un système indépendant du texte le locuteur parle librement sans texte prédéfini [7].

Cette dernière catégorie est plus difficile, mais elle est utile dans le cas où l'on a besoin de reconnaître un locuteur sans sa coopération. La recherche sur la reconnaissance vocale est en plein croissance, car elle ne nécessite pas de matériel cher, puisque la plupart des ordinateurs personnels de nos jours sont équipés d'un microphone. Toutefois, la mauvaise qualité et le bruit ambiant peuvent influencer la vérification et par suite réduire son utilisation dans les systèmes biométriques. Dans un tel système, le signal est premièrement mesuré puis décomposé en plusieurs canaux de fréquences passe-bande. Ensuite, les caractéristiques importantes du signal vocal sont extraites de chaque bande. Les coefficients Cepstraux sont parmi les caractéristiques les plus communément utilisées. Ils sont obtenus par le logarithme de la transformée de Fourier du signal vocal dans chaque bande. Finalement, la mise en correspondance des coefficients Cepstraux permet de reconnaître la voix, dans cette étape, généralement on fait appel à des approches fondées sur les modèles de Markov cachés, la quantification vectorielle, ou la déformation temps dynamique [7].

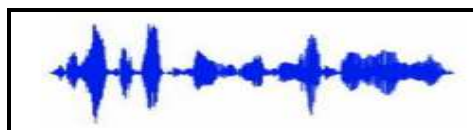


Figure I.6. Spectre d'un signal voix [7].

- **Iris**

L'utilisation de l'iris comme caractéristique biométrique unique de l'homme a donné lieu à une technologie d'identification fiable et extrêmement précise. L'iris est la région, sous forme d'anneau, située entre la pupille et le blanc de l'œil, il est unique. L'iris a une structure extraordinaire et offre de nombreuses caractéristiques de texture qui sont uniques pour chaque individu. Les algorithmes utilisés dans la reconnaissance de l'iris sont si précis que la planète toute entière pourrait être inscrite dans une base de données de l'iris avec peu d'erreurs d'identification [7].

L'image de l'iris est généralement capturée à l'aide d'une caméra standard. Cependant, cette étape de capture implique une coopération de l'individu. De plus, il existe plusieurs contraintes liées à l'utilisation de cette technologie. Par exemple, il faut s'assurer que l'iris de l'individu est à une distance fixe et proche du dispositif de capture, ce qui limite l'utilisation de cette technologie [7].

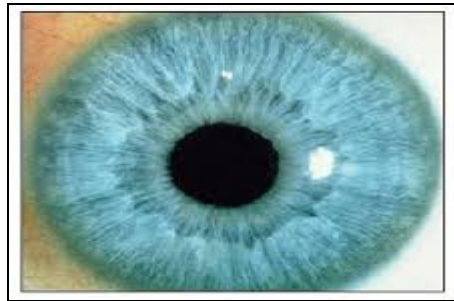


Figure I.7. Détails d'un iris [11].

- **Visage**

Le visage est certainement la caractéristique biométrique que les humains utilisent le plus naturellement pour s'identifier entre eux, ce qui peut expliquer pourquoi elle est en général très bien acceptée par les utilisateurs. Le système d'acquisition est soit un appareil photo, soit une caméra numérique pour extraire d'essentielles caractéristiques : les yeux, la bouche, le tour du visage, le bout du nez, etc.

Utiliser une caméra permet d'obtenir la forme du visage d'un individu et puis retirer certaines caractéristiques. Les caractéristiques essentielles pour la reconnaissance du visage sont: les yeux, la bouche, le tour du visage, le bout du nez, etc. Selon le système utilisé, l'individu doit être positionné devant la caméra ou peut être en mouvement à une certaine distance. Les données biométriques qui sont obtenues sont comparées au fichier référence [8].

Le logiciel doit être capable d'identifier un individu malgré les différents artifices physiques (moustache, barbe, lunettes, ...)

Le visage est une biométrie relativement peu sûre. En effet, le signal acquis est sujet à des variations beaucoup plus élevées que d'autres caractéristiques. Celles-ci peuvent être

causées, entre autres, par le maquillage, la présence ou l'absence de lunettes, le vieillissement et l'expression d'une émotion. La méthode de la reconnaissance du visage est sensible à la variation de l'éclairage et le changement de la position du visage lors de l'acquisition de l'image [8].

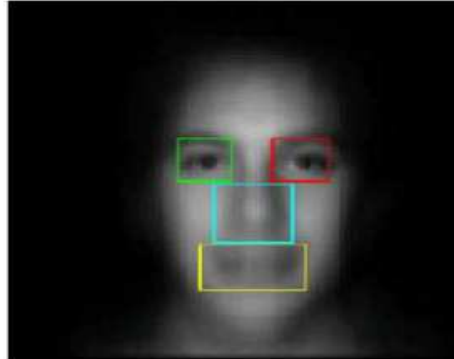


Figure I.8. Reconnaissance de visage [8].

I.8. Conclusion

De nos jours, la biométrie est considérée comme le moyen le plus sûr pour la sécurité. Elle est de plus en plus appliquée dans le monde réel grâce à ses avantages. Le développement des techniques biométriques continuera probablement pour plusieurs années sa croissance et les systèmes biométriques pourraient être de plus en plus utilisés.

Dans ce chapitre, nous avons présenté un survol sur la biométrie en définissant les systèmes biométriques et nous avons cité quelques techniques biométriques dont la reconnaissance faciale est l'objet du chapitre suivant.

II.1. Introduction

L'arrivée de la reconnaissance faciale comme outil biométrique est assez récente. Elle a commencé dans les années 1960 où des techniciens devaient établir manuellement sur une photo les points clés (nez, bouche, menton, etc.) et le système calculait ainsi par rapport à une référence commune les distances et les ratios entre les points. Ensuite, il restait à comparer les données obtenues avec celles gardées dans une banque de données faciales. Cependant, le caractère manuel de la technique implique donc la possibilité d'une forte dose d'erreurs humaines. Il faut attendre 1988 pour avoir une percée importante où **L. Sirovich** et **M. Kirby** ont appliqué une technique algébrique linéaire qui a montré que moins de cent données pouvaient être utilisées pour coder une image faciale normalisée. C'est la technique Eigenfaces. En 1991, **M. Turk** et **A. Pentland** ont trouvé qu'ils pouvaient détecter des visages dans une image en utilisant l'erreur résiduelle de la technique Eigenfaces. Cela va mener à la reconnaissance faciale automatique et en temps réel malgré les obstacles environnementaux (par exemple la luminosité et l'angle de vue) qui restaient importants [3].

En 1993, le Counterdrug Technology Development Program Office du département de la défense des États-Unis, implante le programme **FERET (FacE REcogniTion)**. Ce programme avait trois objectifs: d'abord celui de financer les chercheurs en biométrie faciale, que ce soit en matière de théorie ou d'algorithmes, dont beaucoup sont encore utilisés aujourd'hui. Ensuite, FERET se voulait une importante banque de données faciales (aujourd'hui, elle contient 12 126 photos de visages de 1199 personnes). Finalement, FERET se voulait un évaluateur capable de tester les différents algorithmes (car tout le monde utilise la même banque de données) [3].

Pour se familiariser avec la reconnaissance faciale, ce chapitre vise à la définir, présenter son architecture ainsi que ses techniques les plus utilisées.

II.2. Reconnaissance faciale

La reconnaissance de visages est une tâche que les humains effectuent naturellement et aisément dans leurs vies quotidiennes [12]. Par définition, le système visuel est l'ensemble des organes participant à la réception visuelle, de la rétine aux différentes parties du cortex visuel. Son rôle est de percevoir et d'interpréter les deux images en deux dimensions acquises par nos yeux, mais également l'image en trois dimensions de la scène reconstruite en intégrant des connaissances a priori [13].

Du fait du développement d'ordinateurs puissants ainsi que la reconnaissance de visages peut s'appliquer dans plusieurs domaines différents, incluant l'identification biométrique, la surveillance, l'interaction homme-machine et la gestion de données multimédia, le système de contrôle de frontières, . . . etc. Ainsi, la reconnaissance faciale est devenue un des thèmes de recherche les plus actifs dans le domaine de la vision par ordinateur, de la reconnaissance des formes, et de la compréhension d'images [12].

Le problème de la reconnaissance de visages peut être formulé comme suit : étant données une ou plusieurs images d'un visage, la tâche est de trouver ou de vérifier l'identité d'une personne par comparaison de son visage à l'ensemble des images de visage stockées dans une base de données [12].

II.3. Architecture générale d'un système de reconnaissance faciale

Un système de reconnaissance de visages peut être structuré comme le montre la Figure 9 :

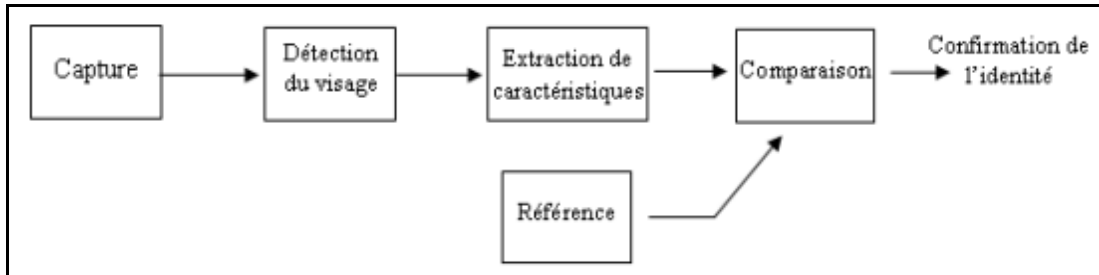


Figure II.1. Schéma générale d'un système de reconnaissance de visages [14].

- **Capture :** C'est la première étape dans le processus. C'est aussi l'acquisition des informations et leur transfert vers l'unité de traitement. C'est une étape très importante dans les systèmes de reconnaissance. En effet, avoir des images de bonne qualité en référence améliore les performances de reconnaissance. Il faut réussir à capter l'information pertinente sans bruit [14].
- **Détection de visage :** La détection de visage dans l'image est un traitement indispensable avant la phase de reconnaissance. En effet, le processus de reconnaissance de visages ne pourra jamais devenir intégralement automatique s'il n'est pas précédé par une étape de détection efficace [13]. Cela peut se faire par détection de la couleur de la peau, la forme de la tête, l'apparence faciale, ou par des méthodes détectant les différentes caractéristiques du visage par des descripteurs locaux (Adaboost). Après la segmentation du visage, on peut filtrer ou améliorer la qualité par des prétraitements qui sont appliqués au visage extrait. On peut effectuer des normalisations géométriques et photométriques. Ces prétraitements sont nécessaires pour éliminer ou limiter les variations de pose, uniformiser l'éclairage, minimiser l'influence de l'illumination, ainsi d'ajuster le visage pour qu'il ait une dimension particulière et qu'il soit horizontal [14].
- **Extraction de caractéristiques :** Le but est d'extraire les caractéristiques du visage qui peuvent le rendre à la fois différent de celui des autres personnes et robuste aux variations de la personne elle-même. C'est l'information nécessaire pour que le visage d'une personne ne ressemble pas à celui d'une autre personne et en même temps qu'il ressemble à lui-même dans d'autres conditions d'acquisition [14].

- **Comparaison** : Selon les caractéristiques extraites précédemment, les algorithmes de comparaison diffèrent. On trouve dans la littérature plusieurs approches : calcul de distance, calcul de similarité. D'autres méthodes se basent sur la classification des caractéristiques par un seul classifieur (SVM, classifieur bayésien, etc.) ou par plusieurs classifieurs (Adaboost) [14].

II.4. Techniques de reconnaissance faciale

Plusieurs méthodes de reconnaissance de visages ont été proposées ces dernières années, suivant deux grands axes: la reconnaissance à partir d'images fixes et la reconnaissance à partir de séquence d'images (vidéo) [15]. De manière générale, les méthodes de reconnaissance de visages peuvent être divisées en deux grandes approches. Une approche globale dans laquelle on analyse le visage (l'image pixellisée du visage) dans son entier et 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 [7].

II.4.1. Approche globale

Les approches globales prennent l'image du visage comme un tout et utilisent des techniques d'analyse statistique bien connues. L'idée est généralement de projeter l'image d'entrée du visage, préalablement vectorisée, dans un espace de plus faible dimension, où la reconnaissance est supposée être plus aisée. La projection est souvent conçue pour ne sélectionner que les caractéristiques importantes et suffisamment discriminantes pour différencier les personnes entre elles [15].

L'avantage principal des méthodes globales est qu'elles sont relativement rapides à mettre en œuvre et que les calculs de base sont d'une complexité moyenne. En revanche, elles sont très sensibles aux variations d'éclairage, de pose et d'expression faciale [12].

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 de visage à reconnaître.

Dans les méthodes globales, la technique la plus populaire est l'analyse en composantes principales (ACP). Cette représentation a été appliquée en premier lieu par **Sirovich** et **Kirby** [12]. L'idée est de démontrer que n'importe quel visage particulier peut être efficacement représenté le long de l'espace d'eigenpictures (photos propres), et que n'importe quel visage peut être reconstruit en utilisant juste une petite collection d'eigenpictures et les projections ('coefficients') correspondantes le long de chaque eigenpicture, basant sur l'idée de **M. Turk** est de trouver une transformation linéaire dans un espace de dimension réduite qui maximise la variance des projections des échantillons originaux [12].

Il existe d'autres techniques comme l'analyse discriminante linéaire (ADL) ou encore l'analyse en composantes indépendantes (ACI). L'analyse discriminante linéaire (Linear Discriminant Analysis, LDA), appelée également « Fisher Linear Discriminant », est aussi parmi l'une des méthodes les plus utilisées pour la reconnaissance de visage. Elle utilise le critère de réduction qui se base sur la notion de séparabilité des données par classe. Elle a été appliquée aux visages en 1996 [12]. L'ACI vise à trouver une décomposition et une représentation indépendante de l'image, plutôt qu'une représentation non corrélée.

II.4.2. Approche locale

Les approches locales de la reconnaissance de visages sont basées sur des modèles et reposent sur un traitement séparé des différentes régions de l'image du visage. Les modèles utilisés reposent sur les connaissances que l'on possède à priori de la morphologie des visages. La plupart du temps, cela implique la détection/extraction de caractéristiques faciales locales [15].

L'immense avantage des méthodes locales de reconnaissance de visages est qu'elles peuvent modéliser facilement les variations de pose, d'illumination ou encore d'expressions que peut subir un visage. Cependant, elles nécessitent souvent le placement manuel de nombreux points d'intérêts pour une bonne précision [15].

Elles peuvent être subdivisées en deux catégories : les approches géométriques et les approches basées sur les graphes.

II.4.2.1. Approches basées sur les graphes

Les premières méthodes de reconnaissance du visage par ordinateur ont été proposées par **Kelly** en 1971 et **Kanade** en 1973. Ces méthodes utilisent la mesure des distances entre les différents points du visage afin de calculer la similarité entre deux visages à comparer, certains chercheurs ont choisi de représenter les caractéristiques locales du visage sous forme de graphes. **Manjunath et al.** ont proposé une méthode de détection de caractéristiques locales du visage, basée sur la décomposition en ondelettes de Gabor. La reconnaissance de visages est alors formulée comme un problème de mise en correspondance de graphes. L'efficacité de cette méthode a été validée sur un ensemble de données de visage de 86 sujets, contenant des variations d'expression et de pose, un taux de reconnaissance de 90% en moyenne a été rapportée démontrant la robustesse de cette approche [4].

La méthode la plus populaire et la plus efficace, dans les approches basées sur les graphes, reste de loin la correspondance élastique des graphes (**Elastic Graph Matching**, EGM). L'idée originale, qui se base sur une architecture de liens dynamiques pour la reconnaissance des objets, a été proposée par **Lades** en 1993 et a été appliquée, avec succès, à la reconnaissance par le visage, par **Wiskott** en 1996. Cette méthode consiste à construire un graphe de référence en recouvrant l'image du visage référence par une grille et en calculant les réponses des filtres de Gabor à chaque nœud du graphe. Le processus de comparaison est mis

en application par une optimisation stochastique d'une fonction de coût, qui tient compte des similitudes des réponses des filtres et de la déformation du graphe [16].

II.4.2.2. Approches géométriques

Les approches géométriques sont basées sur l'extraction de la position relative des éléments qui constituent le visage tel que le nez, la bouche et les yeux. La plupart des approches géométriques utilisent des points d'intérêt comme les coins de la bouche et des yeux [17]. Un certain nombre de stratégies ont modélisé et classé les visages sur la base de distances normalisées et angles entre points caractéristiques : les yeux, les sourcils, la bouche, le nez,... mais peuvent être d'un niveau de détail beaucoup plus fin [4].

II.5. Avantages et inconvénients de la reconnaissance de visages

Plusieurs facteurs rendent la modalité visage attractive pour une utilisation à grande échelle, elle est acceptable par les personnes vu que c'est une partie apparente du corps, facilement vérifiable par n'importe quel opérateur pour avoir une décision, intrusive en raison de la vérification aisée. De plus, les capteurs d'images sont moins chers sur le marché [18].

En dépit de ses avantages, elle présente des inconvénients qui influent sur la qualité de la reconnaissance. On peut citer les aspects suivants [18]:

- Changement d'illumination.
- Expressions faciales.
- Présence ou absence des composantes structurales, telles que : la barbe, la moustache et les lunettes.
- Les vrais jumeaux qui ont le même indicatif d'ADN.

II.6. Conclusion

La reconnaissance des visages humains est considérée actuellement comme l'une des tâches les plus importantes pour relever le défi en reconnaissance des formes. La facilité et la précision avec lesquelles nous pouvons identifier nos amis et nos ennemis, même dans des conditions défavorables, sont des capacités des plus étonnantes du système visuel humain, le but de la reconnaissance des visages est de concevoir des systèmes informatiques capables d'égaliser les êtres humains dans ce domaine.

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue la reconnaissance faciale, son architecture ainsi ses techniques en parlant brièvement sur la géométrie de visage qui aura plus de détails dans le chapitre qui suit.

III.1. Introduction

Les systèmes de reconnaissance de visage sont des exemples de la classe générale des systèmes de reconnaissance de formes, nécessitant des composants similaires pour localiser et normaliser le visage; extraire un ensemble de caractéristiques et les jumeler avec une galerie d'exemples stockés. Un aspect essentiel est que les traits du visage extraits doivent figurer sur tous les visages et doivent être robustement détectés malgré toute variation de présentation: changements de pose, l'éclairage, l'expression, ..., etc [19].

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur les méthodes géométriques de reconnaissance faciale. Après une brève description de la façon dont les visages peuvent être détectés dans les images, nous décrivons les méthodes d'extraction de caractéristiques **2D** qui fonctionnent sur tous les pixels de l'image. Nous entamons ainsi la classification par KPPV (K Plus Proches Voisins) en se basant sur les distances entre les points extraits du visage pour avoir un modèle de reconnaissance.

III.2. Méthodes géométriques

Elles sont aussi appelées les méthodes à traits, à caractéristiques locales, ou analytiques. L'analyse du visage humain est donnée par la description individuelle de ses parties et de leurs relations. Ce modèle correspond à la manière avec laquelle l'être humain perçoit le visage, c'est à dire, aux notions de traits de visage et de parties comme les yeux, le nez, la bouche, etc. La plus part des travaux réalisés se sont concentrés sur l'extraction des traits à partir d'une image du visage et sur la définition d'un modèle adéquat pour représenter ce visage. Un certain nombre de stratégies automatiques et semi-automatiques ont modélisé et classé les visages sur la base de distances normalisées et angles entres points caractéristiques. La stratégie est qualifiée d'automatique ou non selon que la phase d'extraction des points est faite par l'ordinateur ou qu'elle est assistée par un opérateur. Cette phase constitue l'étape clé du processus, car la performance du système entier dépend de la précision avec laquelle les informations utiles sont extraites [20].

Les méthodes géométriques se basent généralement sur la mesure des traits distinctifs du visage, de leur position dans l'image et de leurs positions les uns par rapport aux autres. Parmi les mesures importantes, on trouve notamment; la position et la largeur du nez, la position et la largeur de la bouche, l'épaisseur des sourcils et leurs positions verticales, etc [13].

Pour traiter plusieurs personnes, on stocke les mesures prises sur les images de chaque personne pendant la phase d'enrôlement. Elles seront comparées à celles prises sur l'image de test pendant la phase d'identification. La classification et la décision sont généralement réalisées selon le degré de ressemblance maximale entre les deux séries de mesures [13].

Il existe plusieurs techniques de prises de mesures, mais leur point commun est qu'elles se concentrent toutes sur la mesure de trois organes importants, à savoir: les yeux, le nez et la

bouche. **Ben Jemaa** et **Khanfir** extraient par exemple un vecteur de 8 mesures, correspondant notamment à des distances entre les organes [21]:

$$V = [D_{\text{center-eye}}, D_{\text{eye}}, D_{\text{interior-eye}}, D_{\text{nose}}, D_{\text{eye-nose}}, D_{\text{mouth}}, D_{\text{nose-mouth}}].$$

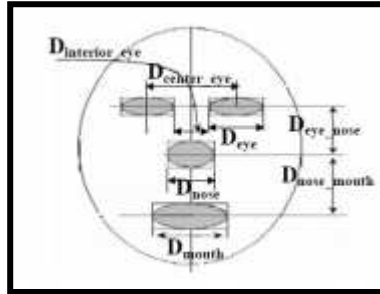


Figure III.1. Mesures géométriques réalisées sur le visage [21].

Brunelli et **Poggio** proposent une technique qui extrait automatiquement un ensemble de 35 caractéristiques géométriques d'une image de visage (voir la **figure III.2.(a)**). Ces ensembles de caractéristiques sont ensuite comparés deux à deux via la distance de **Mahalanobis** pour réaliser la reconnaissance [15].

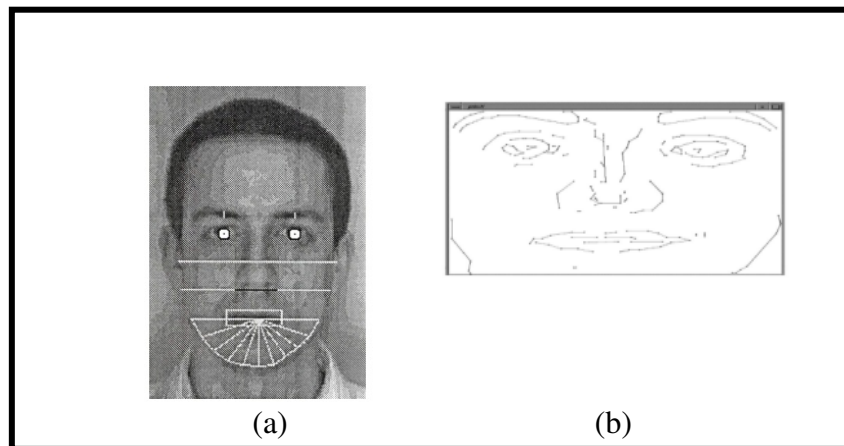


Figure III.2. (a) Localisation des caractéristiques géométriques [15].

(b) Cartes de contours [15].

Une autre approche géométrique a été proposée par **Takacs**. Des cartes binaires de contour sont extraites des images de visage via un filtre de **Sobel**. La similarité entre deux contours est ensuite calculée en utilisant une variante de la distance de Hausdorff. Cette approche a été étendue par **Gao et al.** qui ont transformé les cartes de contours en cartes de lignes de contours (ou **LEM** pour **Line Edge Maps**) contenant des listes de segments (voir la **figure III.2.(b)**). La distance utilisée pour mesurer la similarité est la même que celle de **Takacs** [15].

L'approche de **Heisele et al.** commence par détecter la région contenant le visage dont dix points caractéristiques sont extraits. Les zones autour de ces points sont ensuite extraites

(voir la **figure III.3**), et concaténées pour former le vecteur caractéristique du visage. La classification est finalement réalisée grâce à l'utilisation d'une machine à vecteurs de support (ou **SVM** pour « **Support Vector Machine**»). **Price** et **Gee** proposent également une méthode se basant sur des zones extraites du visage. Ici, trois régions sont considérées : une bande rectangulaire comprenant les yeux et le nez, une deuxième bande rectangulaire ne contenant que les yeux, et enfin une région contenant le visage entier [15].



Figure III.3. Approche proposée par **Heisele et al.** [15].

III.3. Système de reconnaissance faciale

Un système de reconnaissance faciale doit pouvoir identifier des visages présents dans une image ou une vidéo de manière automatique. Le système peut opérer dans les deux modes suivants : authentification ou identification. On peut également noter qu'il existe un autre type de scénario de reconnaissance faciale mettant en jeu une vérification sur une liste de surveillance, où un individu est comparé à une liste restreinte de suspects. Le principe de fonctionnement de base d'un système de reconnaissance faciale peut être résumé en trois étapes après l'acquisition [15].

Les méthodes appliquées dans les modules formant le système dépendent essentiellement de la technique d'acquisition d'images de visage. En effet, s'il s'agit d'un scanner tridimensionnel ou d'un système d'acquisition stéréoscopique, la détection de visages et l'extraction de signatures reposent sur des techniques de traitement **3D**. Cette thématique est actuellement en pleine expansion. Elle met en évidence l'information de profondeur qui enrichit les données utilisées aussi bien dans la phase d'enrôlement que dans la phase d'identification. Toutefois, elle est limitée par le prix élevé de l'appareil d'acquisition (s'il s'agit d'un scanner **3D**) et la difficulté d'installation (s'il s'agit d'un système stéréoscopique) [15].

Cette limite laisse le traitement **2D** des images de visages plus accessible et encore très exploré, tant dans le domaine académique que dans le milieu industriel. Le système comporte deux modules qui appliquent les mêmes traitements dans les deux modes de fonctionnement [15].

Le premier module permet de détecter le visage dans l'image brute captée par le système d'acquisition, il fournit ainsi au second module une image contenant seulement le visage. À partir de celle-ci, le second module extrait la signature discriminante. Elle sera soit

stockée soit utilisée pour la classification. En mode hors-ligne (enrôlement), elle sera étiquetée et stockée dans une base de données dédiée. En mode en ligne (identification), elle servira comme entrée à un troisième module qui s'occupe de la classification de cette signature et de fournir la décision finale : personne inconnue ou personne connue [15].

III.3.1. Acquisition de l'image

La capture est la première étape dans le processus. Il faut réussir à capter l'information pertinente sans bruit. Dans la reconnaissance de visage on peut utiliser les capteurs **3D** par exemple pour s'affranchir des problèmes de pose. Mais leur prix excessif ne permet pas une utilisation à grande échelle. Les capteurs en proche infrarouge sont utilisés pour éliminer les problèmes de l'illumination. Le codage consiste en l'acquisition d'image et sa digitalisation, ce qui donne lieu à une représentation bidimensionnelle au visage. L'image dans cette étape est dans un état brut ce qui engendre un risque de bruit qui peut dégrader les performances du système et donne lieu à une représentation **2D** (la matrice des niveaux de gris) pour un objet **3D** (le visage) [15].

III.3.2. Détection de visage et prétraitement

III.3.2.1. Détection

La détection de visage peut se faire par la couleur de la peau, la forme de la tête ou par des méthodes détectant les différentes caractéristiques du visage. Cette étape est autant plus délicate quand l'image acquise contient plusieurs objets de visage ou un fond non uniforme qui crée une texture perturbant la bonne segmentation du visage. Cette étape est dépendante de la qualité des images acquises [15].

Dans la littérature scientifique, le problème de localisation de visages est aussi désigné par la terminologie "détection de visages". Les performances globales de tout système automatique de reconnaissance dépendent amplement de celles de la détection de visages. Dans l'étape de détection, on identifie et on localise le visage dans l'image acquise au départ, indépendamment de la position, de l'échelle, de l'orientation et de l'éclairage. C'est un problème de classification où on assigne l'image à la classe visage ou à la classe non visage [15].

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, la présence ou absence des composantes structurales (la barbe, la moustache et les lunettes), les occultations et les conditions d'illumination [15].

On peut diviser les approches de détection en quatre catégories : les méthodes basées sur la connaissance où on code la connaissance humaine du visage, les méthodes de correspondance de masques, les méthodes à caractéristiques invariables où on utilise la couleur, les textures et les contours et finalement les méthodes les plus répandues et qui sont ceux basées sur l'apprentissage ou les statistiques comme ACP, SVM, Graph matching ...etc [15].

a) 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'Eigenface. Elle consiste à projeter l'image dans un espace et à calculer la distance euclidienne entre l'image et sa projection [7].

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 [7].

b) 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. **Kotropoulos** 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 [7]:

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

Formule III.1. Projections horizontale et verticale de l'image [7].

c) Approches basées sur le « Template-matching »

Les Templates 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. **Sinha** 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) [7].

d) 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 méthode appartenant à cette approche: les méthodes basées sur la couleur de la peau et les méthodes basées sur les caractéristiques de visage [7].

III.3.2.2. Prétraitement

Dans le monde physique, il y a trois paramètres à considérer : l'éclairage, la variation de posture et l'échelle. La variation de l'un de ces trois paramètres peut conduire à une distance entre deux images du même individu, supérieure à celle séparant deux images de deux individus différents. Le rôle de cette étape est d'éliminer les parasites causés par la qualité des dispositifs optiques ou électroniques lors de l'acquisition de l'image en entrée, dans le but de ne conserver que les informations essentielles et donc préparer l'image à l'étape suivante. Elle est indispensable car on ne peut jamais avoir une image sans bruit à cause du fond (background) et de la lumière qui est généralement inconnue. Il existe plusieurs types de traitement et d'amélioration de la qualité de l'image, telle que : la normalisation, l'égalisation d'histogramme, le filtrage, la correction gamma ou par des méthodes plus complexes tel que le lissage anisotropique ou la méthode retinex [15].

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 [7].

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 [7].

a) 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 quatre normalisations présentées ci-dessous sont les plus utilisées dans la reconnaissance du visage et font partie de ces deux catégories [7].

Il s'agit de [7]:

- **L'égalisation d'histogramme:** le but de cette normalisation est de répartir uniformément les niveaux de gris de l'image afin d'améliorer son contraste.
- **La correction Gamma:** cette normalisation permet de réduire l'écart entre les zones sombres et claires du visage par une transformation non linéaire des niveaux de gris.
- **Le MultiScale-Retinex :** l'objectif de cette méthode est d'estimer la partie luminance de l'image pour en déduire la réflectance.
- **Le lissage anisotropique :** cette approche estime aussi la luminance de l'image mais en se basant sur l'anisotropie de la réflectance.

b) 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 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 [7].

III.3.3. Extraction des caractéristiques

Cette étape représente le cœur du système de reconnaissance, on extrait de l'image les informations qui seront sauvegardées en mémoire pour être utilisées plus tard dans la phase de décision. Le choix de ces informations utiles revient à établir un modèle pour le visage, elles doivent être discriminantes et non redondantes. L'analyse est appelée indexation, représentation, modélisation ou extraction de caractéristiques. L'efficacité de cette étape a une influence directe sur la performance du système de reconnaissance de visage [15].

III.3.4. Comparaison des caractéristiques (classification) et décision

Elle consiste à modéliser les paramètres extraits d'un visage ou d'un ensemble de visages d'un individu en se basant sur leurs caractéristiques communes. Un modèle est un ensemble d'informations utiles, discriminantes et non redondantes qui caractérise un ou plusieurs individus ayant des similarités, ces derniers seront regroupés dans la même classe, et ces classes varient selon le type de décision [15].

Selon les caractéristiques extraites précédemment, les algorithmes de comparaison diffèrent. On trouve dans la littérature plusieurs approches dont la plus simple est le calcul de distance (recherche de similarité) comme la méthode des KPPV. D'autres méthodes se basent sur la classification des caractéristiques par un seul classifieur (SVM, classifieur bayésien, réseau de neurones RN etc.) ou par plusieurs classifieurs (Adaboost). L'apprentissage consiste donc à mémoriser les représentations calculées dans la phase analyse pour les individus

connus. Généralement les deux étapes d'analyse et d'apprentissage sont confondues et regroupées en une seule étape [15].

- **Décision**

C'est l'étape qui fait la différence entre un système d'identification d'individus et un système de vérification. Dans cette étape, un système d'identification consiste à trouver le modèle qui correspond le mieux au visage pris en entrée à partir de ceux stockés dans la base de données, il est caractérisé par son taux de reconnaissance. Par contre, dans un système de vérification il s'agit de décider si le visage en entrée est bien celui de l'individu (modèle) proclamé ou il s'agit d'un imposteur. Pour estimer la différence entre deux images, il faut introduire une mesure de similarité [15].

III.4. Classification supervisée par la méthode des K Plus Proches Voisins « KPPV »

III.4.1. Classification supervisée

En quelques mots, la classification supervisée, dite aussi discrimination est la tâche qui consiste à discriminer des données, de façon supervisée (c -à- d avec l'aide préalable d'un expert), un ensemble d'objets ou plus largement de données, de telle manière que les objets d'un même groupe (appelé classes) sont plus proches (au sens d'un critère de (dis) similarité choisi) les uns aux autres que celles des autres groupes. Généralement, on passe par une première étape dite d'apprentissage où il s'agit d'apprendre une règle de classification à partir de données annotées (étiquetées) par l'expert et donc pour lesquelles les classes sont connues, pour prédire les classes de nouvelles données, pour lesquelles (on suppose que) les données sont inconnues.

La prédiction est une tâche principale utilisée dans de nombreux domaines, y compris l'apprentissage automatique, la reconnaissance de formes, le traitement de signal et d'images, la recherche d'information, etc [22].

III.4.2. K Plus Proches Voisins « KPPV »

Le KPPV est un des algorithmes de classification les plus simples basés sur une approche simple et directe. Elle ne nécessite pas d'apprentissage mais simplement le stockage des données d'apprentissage. Le seul outil dont on a besoin est une distance entre les éléments que l'on veut classifier [23]. Une initialisation est faite en choisissant le nombre de classes, la valeur de k, les exemples initiaux et la mesure de similarité, ensuite une distance est calculée entre le vecteur à classer et tous les vecteurs déjà classés, puis les k vecteurs pour lesquels la distance est la plus petite sont déterminés, après détermination de la classe la plus représentée parmi ces k vecteurs, le vecteur est affecté à cette dernière [24].

III.4.3. Choix de classes

En gros, une classe (ou groupe) est un ensemble de données formé par des données homogènes (qui “se ressemblent” au sens d’un critère de similarité (distance, densité de probabilité, etc.)). Par exemple, une classe peut être une région dans une image couleur, un événement particulier dans un signal sonore, la classe spam et classe non spam dans le cas de détection de spams dans un mail, etc.

Le nombre de groupes (qu’on notera K) en prédiction est supposé fixe (donné par l’utilisateur). C’est le cas par exemple si l’on s’intéresse à classer des images de chiffres manuscrits (nombre de classes = 10 : 0, ..., 9) ou de lettres manuscrites (nombre de classes = nombres de caractères de l’alphabet), etc [22].

III.4.4. Choix de distance

Le choix de la distance est primordial au bon fonctionnement de la méthode. Les distances les plus simples permettent d’obtenir des résultats satisfaisants (lorsque c’est possible) [24]. Le tableau suivant décrit les propriétés de la distance :

Tableau III.1. Propriétés de la distance [24].

Propriété	Formule
Positivité	$d(A,B) \geq 0$
Réflexivité	$d(A,A) = 0$
Symétrie	$d(A,B) = d(B,A)$
Inégalité de triangle	$d(A,B) \leq d(A,C) + d(B,C)$

Il y a en général pas mal de choix possibles pour ces distances, partant de la simple distance usuelle (Euclidienne) en allant jusqu’à des mesures plus sophistiquées pour tenir compte si nécessaire de paramètres non numériques comme la couleur, la nationalité, etc. Citons quelques distances [24] (prenons x et y des coordonnées d’un point dans un espace cartésien) :

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Formule III.2. Distance Euclidienne [24].

$$d(x, y) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{1/p}$$

Formule III.3. Distance de Minkowsky [24].

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

Formule III.4. Distance de Manhattan « City-Block » [24].

$$d(x, y) = \max_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

Formule III.5. Distance de Tchebychev « Queen-wise » [24].

III.4.5. Organigramme de la méthode KPPV

Soient \mathbf{x}' un vecteur d'apprentissage, \mathbf{x} un vecteur dont on souhaite déterminer la classe, n le nombre de classes et D la distance de mesure.

La méthode peut se résumer comme le montre la figure ci-dessous :

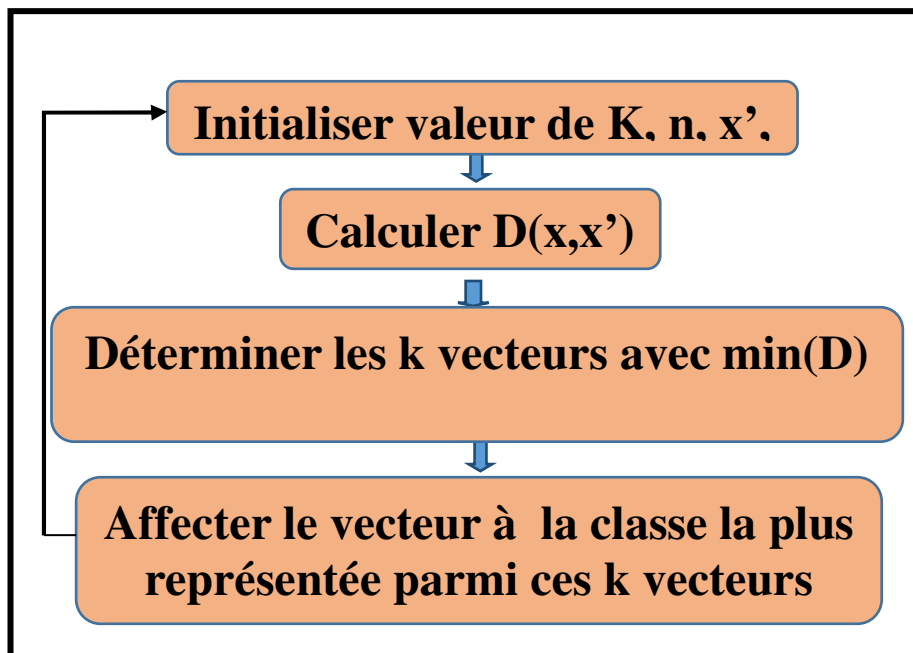


Figure III.4. Organigramme de l'algorithme KPPV.

III.5. Conclusion

L'avantage des méthodes géométriques est qu'elles prennent en compte la particularité du visage en tant que forme naturelle à reconnaître, et un nombre réduit de paramètres (de 9 à 14 distances au maximum à considérer) en exploitant les résultats de la recherche en neuropsychologie et psychologie cognitive sur le système visuel humain.

Dans ce chapitre, nous avons donné une importance aux approches géométriques puisqu'elles seront notre sujet de travail, ensuite nous avons détaillé le processus de reconnaissance faciale et nous avons terminé avec la présentation de l'algorithme des K Plus Proches Voisins « KPPV » comme étant une méthode adoptée dans la phase de comparaison incluse dans le système de reconnaissance.

IV.1. Introduction

Après avoir survolé la littérature de la reconnaissance de visage, il s'agit maintenant de mettre en œuvre les étapes explicitées dans les chapitres précédents pour obtenir une application de « reconnaissance faciale par géométrie de visage ». Ce chapitre porte sur la construction d'une application qui permet de reconnaître un visage en utilisant la géométrie de visage et la classification en se basant sur l'algorithme des K plus proches voisins en exploitant des outils qui ont permis d'accomplir ce dernier, par la suite, on présente les résultats de l'ensemble des tests effectués sur la base de données qu'on a créée.

IV.2. Environnement matériel et logiciel

IV.2.1. Ressources utilisées

Les ressources physiques utilisées sont :

- Processeur Intel® Core™ i5-4210U d'une fréquence de 2.40 GHz.
- Une mémoire vive d'une capacité de 4 GO.
- Une carte graphique NVIDIA GeForce de 820 MB.

Et pour ce qui est côté logiciel (Soft) :

- Système d'exploitation: Windows 8 Professionnel.
- Langage de programmation: C++.

IV.2.2. Langage de programmation

Le langage de programmation choisi dans notre travail est le **C++** qui reste un des langages les plus utilisés dans le domaine de la reconnaissance des formes. Cela est dû au fait que le langage C possède un compilateur très performant permettant de générer un code très rapide et qu'il comporte des structures et des instructions de haut niveau.

Le **C++** est le descendant du langage C. Ces deux langages, bien que semblables au premier abord, sont néanmoins différents. Le **C++** propose de nouvelles fonctionnalités comme la **Programmation Orientée Objet (POO)**. Elles en font un langage très puissant qui permet de programmer avec une approche différente du langage C. Ainsi, un programme écrit en C en respectant la norme **ANSI** est portable (sans changements) sur n'importe quel système d'exploitation disposant d'un compilateur C : Windows, Unix, MAC OS, etc.

Le **C++** permet la programmation sous de multiples paradigmes comme la programmation procédurale, la programmation générique et la POO [25].

IV.2.3. Borland C++ Builder 6

Borland C ++ Builder offre un moyen pratique et facile de créer des applications informatiques pour les systèmes d'exploitation Microsoft Windows. Il utilise le langage **C ++** de l'ordinateur comme sa syntaxe de base et de la logique de programmation, en adhérant à la

norme **ANSI** avec beaucoup d'améliorations d'éléments personnalisés de la bibliothèque **Win32**.

Tout d'abord **C++** est un outil **RAD (Rapid Application Development)**, c'est à dire tourné vers le développement rapide d'applications sous Windows. En un mot, **C++ Builder** permet de réaliser de façon très simple l'interface des applications et de relier aisément le code utilisateur aux événements Windows, quelle que soit leur origine (souris, clavier, événement système, etc.). Pour ce faire, **C++ Builder** repose sur un ensemble très complet de composants visuels prêts à l'emploi. La quasi-totalité des contrôles de Windows (boutons, boîtes de saisies, listes déroulantes, menus et autres barres d'outils) y sont représentés, regroupés par famille.

Leurs caractéristiques sont éditables directement dans une fenêtre spéciale intitulée éditeur d'objets. L'autre volet de cette même fenêtre permet d'associer du code au contrôle sélectionné. Il est possible d'ajouter à l'environnement de base des composants fournis par des sociétés tierces et même d'en créer soit même [26].

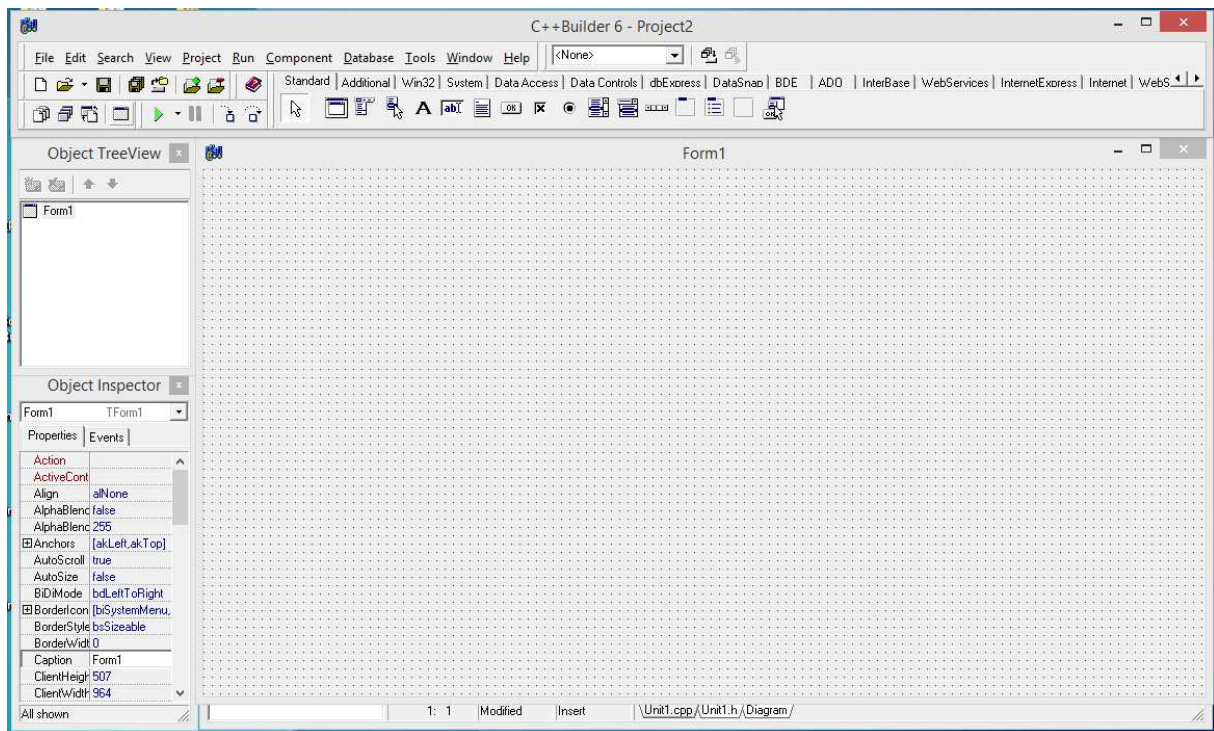


Figure IV.1. Interface de Borland C++ Builder 6.

IV.3. Le Système Eye.On.You

Pour nommer notre système nous avons pris de l'inspiration de sa nature et type de fonctionnement qui se résume dans la sécurité et la surveillance d'où le nom « **Eye.On.You** ». **Eye.On.You** est destiné à une certaine catégorie de public, les enquêteurs sont leur utilisateurs typiques, il peut les assister dans l'identification de suspects en disposant d'une base d'images

des visages des personnes recherchées. *Eye.On.You* reçoit en entrée l'image du visage par appareil photo numérique (présence de l'individu à reconnaître).

L'image acquise est ensuite affichée sur l'écran pour que l'opérateur puisse à l'aide de la souris localiser les points caractéristiques choisis dans le modèle. Ensuite, *Eye.On.You* effectuera la reconnaissance et affichera le résultat obtenu. Le système *Eye.On.You* possède les caractéristiques suivantes :

- Ne traite que la vue de face du visage (ne gère pas le problème de variation de posture).
- Indifférent aux expressions faciales (tant que la bouche n'est pas totalement couverte ni trop ouverte).
- Invariant au port de chapeau, casquette, foulard, de lunettes (tant que ça ne cache pas les yeux). Le maquillage n'a pas d'influence non plus.
- L'image peut contenir un nombre quelconque de couleurs.
- Le problème posé par les conditions d'éclairage ou la variation de distance entre le capteur et le visage peut être contourné en procédant à une mise à jour du contenu de la base à chaque Faux Rejet.

IV.3.1. Architecture d'Eye.On.You

La **Figure IV.2** montre le schéma des blocs du système avec ses deux modes de fonctionnement : Apprentissage et Identification. Il est constitué de trois parties, les sous-systèmes de : traitement d'images, d'identification et de base de données. Le dernier sous-système est intégré dans le deuxième.

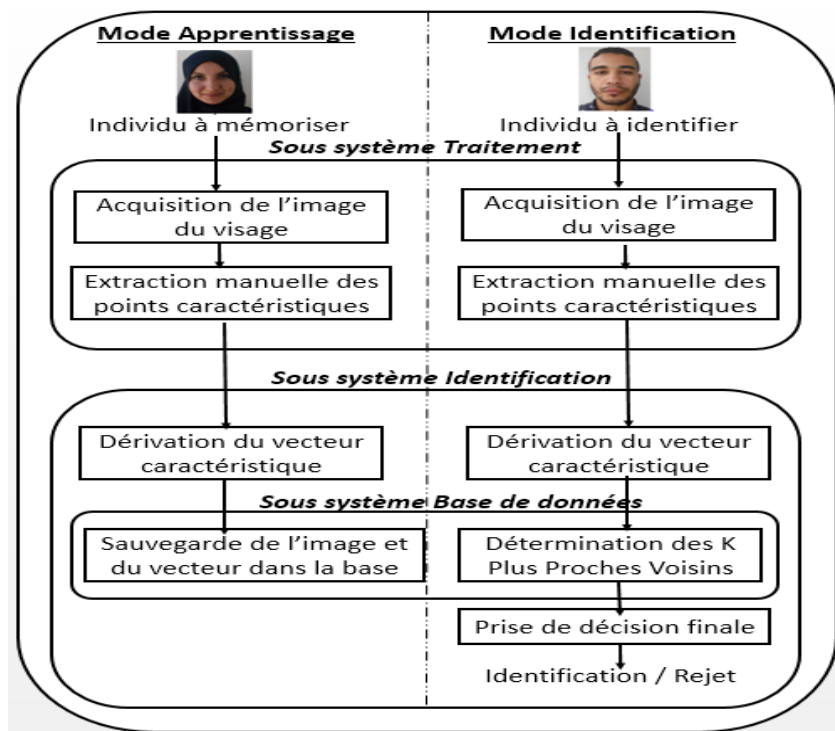


Figure IV.2. Schéma des blocs du système Eye.On.You.

IV.3.1.1. Sous système de traitement d'images

L'image contient en chaque point l'intensité lumineuse perçue par un appareil photo (ou tout autre système d'acquisition) dont le rôle est de procéder à une conversion analogique-numérique pour rendre cette image exploitable par la machine. L'image est prise comme étant une grille de points dans un système d'axes.

- **Modèle géométrique**

Les points caractéristiques (à extraire) sont ceux définis par le modèle géométrique développé pour le système, et qui est basé sur celui proposé par **Kamel et al.**

Le choix des points caractéristiques est basé sur les résultats des recherches de la psychologie cognitive concernant le système visuel humain. Notamment le fait que la région des yeux, celle du nez et celle de la bouche soient importantes pour l'identification, les points qu'on utilise couvrent l'ensemble des trois régions, ils sont au nombre de 12 : 10 points (A à J) extraits manuellement et 2 autres (S et M) déduits à partir des 10 premiers [27].

Il s'agit, tel qu'illustré par la **Figure IV.3**, de :

- Les quatre coins des yeux : A, B, C, et D.
- Le point S centre de gravité de A, B, C et D (milieu de la tête).
- Le point G à la base du nez.
- Les points extrême droit et extrême gauche du nez : E et F.
- Le point H milieu du contour supérieur de la lèvre supérieure.
- Les deux coins de la bouche I et J.
- Le M à l'intersection des droites (SG) et (IJ) représentant le milieu de la bouche.

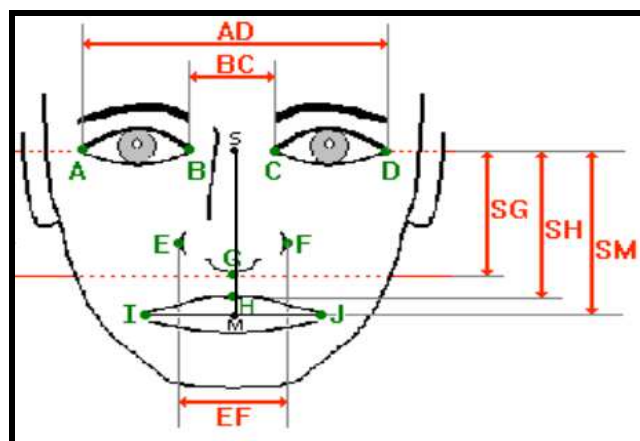


Figure IV.3. Modèle géométrique du visage utilisé dans le système [27].

A part le fait que la bouche de l'individu ne doit pas être trop ouverte, ce qui correspond aux conditions normales, les points choisis permettent au modèle d'être invariant aux expressions du visage (sourire, colère, tristesse...), ceci s'explique par le fait que la plus part de ces points sont liés à la structure osseuse sous-jacente (le crâne) et qu'on a ignoré les

caractéristiques qui varient selon l'expression du visage comme la forme des sourcils et la largeur de la bouche.

Concernant notre système, dans un premier temps nous nous sommes intéressés à l'obtention d'un meilleur taux de reconnaissance pour l'identification d'un individu parmi un groupe plus important et avec un coût de calculs minimal, ceci dépend du choix des points caractéristiques nécessaires et par conséquent dépend des informations utiles dérivées de ces points et qui vont représenter l'individu en question.

IV.3.1.2. Sous système d'identification

En plus des composantes du vecteur caractéristique, il y a des distances normalisées entre les 12 points extraits. Comme les informations choisies pour modéliser le visage doivent être discriminantes, compactes et non redondantes, nous avons sélectionné 6 distances entre les 12 points, à raison de 2 distances pour chaque région du visage :

- **Région des yeux** : Généralement l'œil gauche a la même taille que l'œil droit et donc les points A et B sont symétriques aux points C et D par rapport à S, pour éviter la redondance d'information ($AB = CD$ et $AC = BD$) nous n'avons utilisé que les 2 distances AD et BC pour coder la région des yeux.
- **Région du nez** : La hauteur du nez est représentée par la distance SG, et la largeur par la distance EF.
- **Région de la bouche** : Etant donné que la lèvre supérieure est liée à la mâchoire supérieure qui est immobile (contrairement à la mâchoire inférieure), on peut dire que la distance SH est invariante, et de même pour la distance verticale SM puisque dans la plupart des cas la bouche n'est pas trop ouverte.

IV.3.1.3. Sous système de base de données

Pour que le système puisse identifier une personne, il doit avoir sauvegardé son vecteur caractéristique ainsi que son image, cette sauvegarde peut être faite dans un fichier. Chaque enregistrement du fichier contient alors : l'identité de la personne, les points caractéristiques et le vecteur caractéristique calculé.

IV.3.2. Méthode de reconnaissance

Avec le système *Eye.On.You*, on attribue une identité à un individu ou on le déclare inconnu. La méthode de reconnaissance adoptée est celle des K Plus Proches Voisins (KPPV).

Les distances utilisées sont la distance euclidienne et celle de la somme des valeurs absolues appelée aussi distance de **Minkowski de degré 1** ou distance **City-Block** (à ne pas confondre avec les distances AD, BC, ..., SM).

Dans les formules suivantes nous allons utiliser quelles que notions spécifiques afin de faciliter la compréhension, définies comme suit :

- I_r représente l'image requête et V_r son vecteur d'attributs ;
- I_p représente l'image de la base et V_p son vecteur d'attributs.

- **Distance Euclidienne**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$d(I_r, I_p) = \sqrt{\sum_{i=1}^N |V_r(i) - V_p(i)|^2}$$

Formule IV.1. Formule de calcul Euclidienne [25].

- **Distance de Manhattan**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$d(I_r, I_p) = \sum_{i=1}^N |V_r(i) - V_p(i)|$$

Formule IV.2. Formule de calcul de Manhattan [25].

Avec la méthode des KPPV, si N est le nombre de personnes dans la base alors il faut calculer les N distances D_i (distances City-Block ou euclidienne) entre les points caractéristiques P_i (A, B, ..., M) ou les vecteurs caractéristiques V_i (AD, BC, ..., SM) de la personne à identifier et chaque vecteur de la base.

Quand toutes les distances D_i sont calculées, un tri sera effectué sur ces dernières pour ensuite récupérer les K distances minimales, si les images correspondantes à ces distances ressemblent à celle de la personne à identifier alors le candidat est reconnu. Une distance non nulle peut exister entre deux images de visage du même individu, à cause des variations des paramètres suivants :

- L'éclairage.
- Le vieillissement.
- Le port de lunettes, de barbes, de moustaches...
- La variation de posture : Même si on ne considère que les vues de faces il est pratiquement impossible, dans des conditions normales, de prendre deux photos d'une même personne avec la même position de la tête ou le même angle de prise de vue, même si on peut fixer l'appareil photo ce n'est pas toujours évident pour la tête, ceci donne lieu à une petite déformation des distances (composantes de V).

IV.3.3. Décision d'identification finale

Les images des K individus qui ressemblent à l'individu test sont affichées sur écran dans un ordre croissant (de haut en bas) en commençant par le plus ressemblant. L'utilisateur peut alors décider s'il s'agit de l'individu à identifier ou non. Si ce dernier ne figure pas dans la liste alors il s'agit d'un inconnu (non enregistrée dans la base) qui ressemble au K candidats de la liste.

IV.4. Organigramme de la reconnaissance

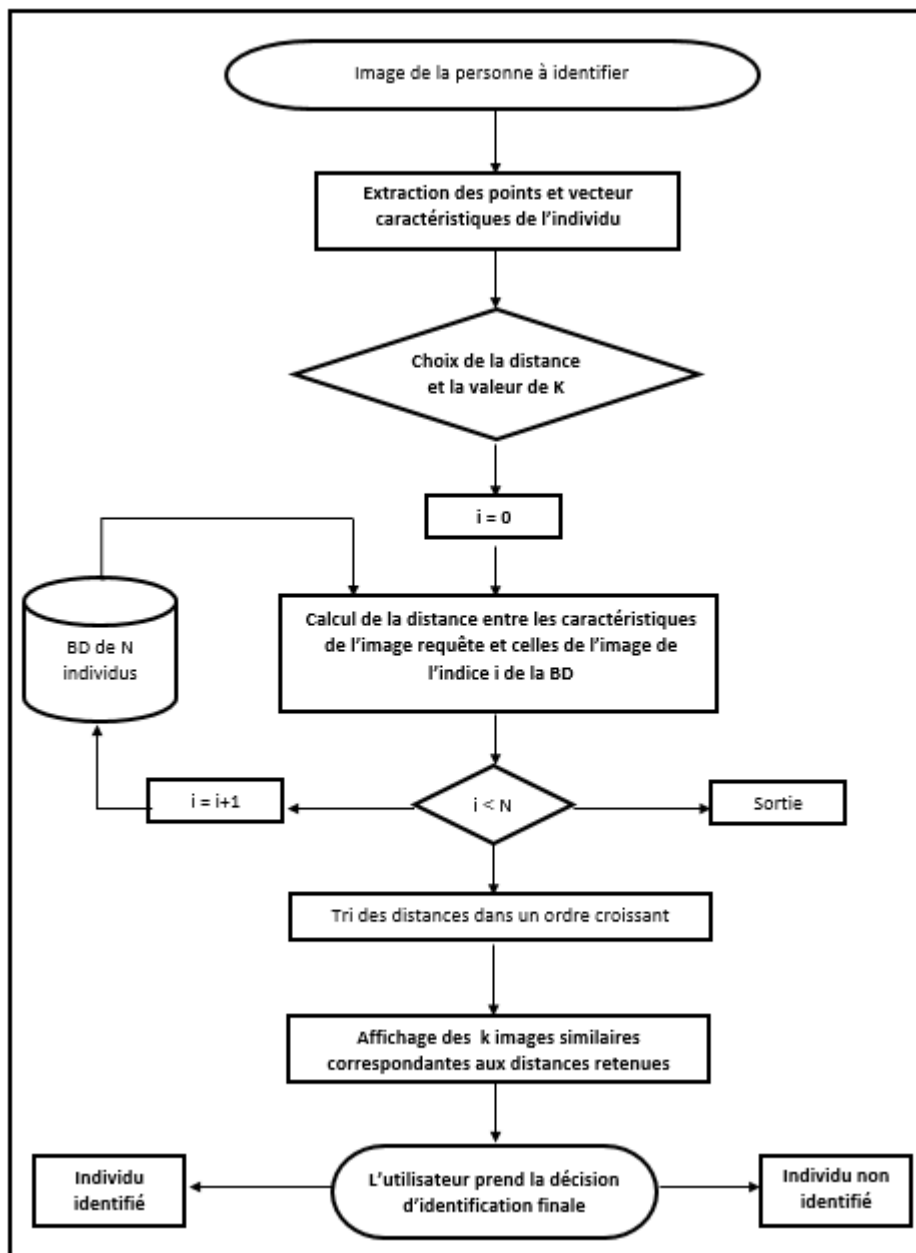


Figure IV.4. Organigramme du processus de reconnaissance.

IV.5. Description du travail réalisé

IV.5.1. Base de données

Notre base de données contient des images de visage de 20 personnes, avec 3 images pour chacune. Les 3 images ont été prises à la même heure et avec la même condition d'éclairage en se basant sur une expression faciale normale, mais toujours sur un fond clair avec une couleur blanche. La taille d'image est **350 * 472**, et comme format d'image on a opté pour le choix **Bmp**.

IV.5.2. Capture

La capture des images a été obtenue avec un appareil photo numérique marque FUJIFILM (14 Mp, 5x Optical Zoom) montré ci-dessous :



Figure IV.5. L'appareil photo utilisé.

IV.5.3. Prétraitement

Nous avons choisi de faire une extraction du visage de façon manuelle en utilisant l'outil Paint qui nous a permis d'accomplir cette étape.

Toutes les images qu'on a utilisées ont été obtenues avec le même appareil photo, elles sont de très bonne qualité et nous avons jugé qu'il est inutile de développer des procédures d'élimination de bruit puisqu'il n'y en a pas, les performances de notre méthode sont pratiquement les mêmes dans un contexte d'utilisation plus variable car les points caractéristiques (voir **Figure IV.3**) sont extraits par l'opérateur de façon manuelle.

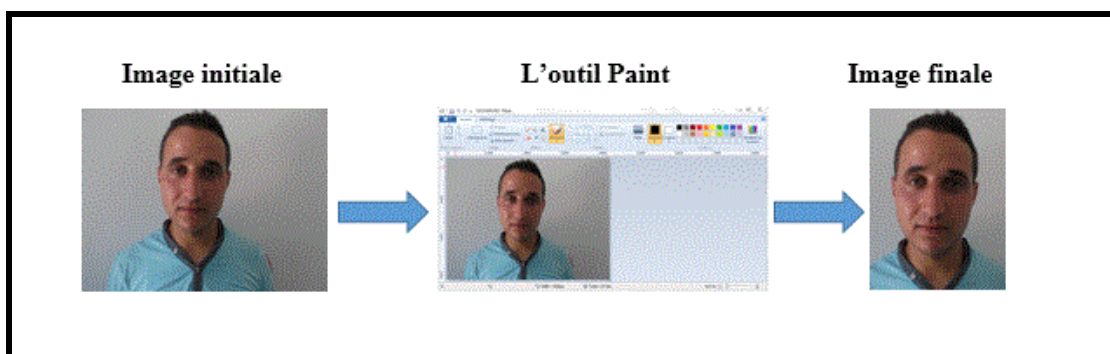


Figure IV.6. Extraction du visage.

Le problème de localisation de la tête dans l'image n'a pas été pris en charge étant donné que l'extraction des points caractéristiques se fait de façon manuelle.

IV.5.4. Présentation de l'application

On présente dans cette section les différents aspects du système de reconnaissance.

IV.5.4.1. Interface principale

C'est une interface destinée aux utilisateurs, elle est simple et permet d'illustrer les principaux traitements du système *Eye.On.You* (Ajout d'une nouvelle personne, Identification). Ces opérations sont effectuées sur la base de données décrite ci-dessus.



Figure IV.7. Interface principale d'Eye.On.You.

Cette fenêtre est composée de deux grandes parties, la première concerne le mode d'ajout qui permet d'ajouter une image de visage dans la base de données utilisée, et la deuxième concentre sur le mode de classification, en se basant sur deux distances « **Euclidian** » ou « **Manhattan** ».

IV.5.4.2. Acquisition de l'image et Ajout

Le bouton **Open** permet d'ouvrir une image dont on veut ajouter à la base, pour ensuite extraire les points d'intérêts en cliquant sur le visage suivant le modèle utilisé. Ces points seront stockés dans un fichier « `Extracted_Points.txt` ».



Figure IV.8. Interface d'ajout d'Eye.On.You.

IV.5.4.3. Reconnaissance par classification

Dans le cadre d'une méthode supervisée (les modèles doivent être connus à priori) pour l'identification de personnes par leurs visages.



Figure IV.9. Interfaces de classification par distance euclidienne et de Manhattan.

Après l'ouverture de l'image de la personne à identifier ;

- on introduit la valeur de K , $1 \leq k \leq 3$;

- on lance l’algorithme de reconnaissance en choisissant un des trois types de classification : points, distances ou leur fusion.

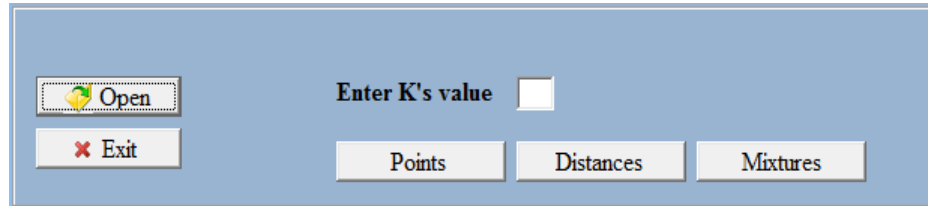


Figure IV.10. Panel des paramètres.

Selon ces paramètres et le mode choisi dans l’interface principale, des distances sont calculées entre le vecteur descripteur de l’image et tous les vecteurs stockés dans la base.

Les images correspondantes aux K distances minimales seront affichées (du haut en bas) en commençant par l’image qui ressemble le plus à celle de la personne à identifier ou bien l’image de la personne elle-même.

IV.6. Résultats de l’apprentissage et discussion

Pour les tests on a utilisé tout l’ensemble d’apprentissage de notre base de données (20 personnes avec 3 images par personne) et deux bases de test. La première base (**Base1**) avec 5 images de visage appartenant à la base d’apprentissage, et 5 n’appartenant pas, et la deuxième base (**Base2**) avec 10 images de visage appartenant à la base d’apprentissage, et 5 n’appartenant pas. Le tableau ci-dessous montre un échantillon des statistiques collectées lors de la reconnaissance :

Tableau IV.1. Echantillon des statistiques de la reconnaissance sur les bases de test.

Images	K = 1			K = 2			K = 3		
	P	D	M	P	D	M	P	D	M
Image 1	F	V	V	FF	VV	VV	FFF	VVV	VVV
Image 2	F	V	V	FV	VV	VV	FVF	VVV	VVF
Image 3	V	V	V	VV	VV	VV	VVF	VVV	VVV
Image 4	V	V	V	VV	VV	VV	VVV	VVV	VVV
Image 5	V	V	V	VF	VV	VF	VFF	VVF	VFV

Où :

- P : Points, D : Distances, M : Mixture ;
- V: Vrai, F: Faux.

Le taux de reconnaissance : est la probabilité avec laquelle une personne enregistrée dans la base de données est correctement reconnue.

Pour évaluer la performance du système on introduit les pourcentages suivants :

- Taux < 50 %, le système est jugé moins performant (MP).
- 50% <= Taux <= 80 %, le système est jugé performant (P).
- Taux > 80 %, le système est jugé très performant (TP).

IV.6.1. Taux de reconnaissance sur la Base1

Les tableaux suivants illustrent les taux de reconnaissance effectuée sur la première base de tests ;

Tableau IV.2. Taux de reconnaissance par distance euclidienne.

Valeurs de K	1	2	3	Taux Moyen	Observation
Points	70%	60%	70%	66,66%	P
Distances	70%	70%	80%	73,73%	P
Mixtures	70%	60%	80%	70%	P

Tableau IV.3. Taux de reconnaissance par distance de Manhattan.

Valeurs de K	1	2	3	Taux Moyen	Observation
Points	60%	50%	50%	53,33%	P
Distances	80%	70%	80%	76,66%	P
Mixtures	70%	60%	80%	70%	P

IV.6.2. Taux de reconnaissance sur la Base2

Les tableaux suivants illustrent les taux de reconnaissance effectuée sur la deuxième base de tests ;

Tableau IV.4. Taux de reconnaissance par distance euclidienne.

Valeurs de K	1	2	3	Taux Moyen	Observation
Points	73%	67%	73%	71%	P
Distances	73%	73%	80%	75,33%	P
Mixtures	73%	67%	80%	73,33%	P

Tableau IV.5. Taux de reconnaissance par distance de Manhattan.

Valeurs de K	1	2	3	Taux Moyen	Observation
Points	73%	67%	73%	71%	P
Distances	80%	73%	80%	77,66%	P
Mixtures	73%	67%	80%	77,33%	P

- **Discussion**

L'ensemble des tests effectués nous a permis de constater que le taux est dépendant de la taille de la base de tests sur laquelle la reconnaissance est faite, tel que : plus la taille augmente, plus le taux augmente et le système affiche plus de bons résultats. Ainsi, la valeur paire de k peut poser une ambiguïté si les images affichées sont demi-Vrai et demi Faux, quant à la valeur impaire qui offre au système le bon calcul et affichage des images similaires.

On peut conclure, qu'avec l'algorithme KPPV basé sur la distance Euclidienne ou celle de Manhattan et avec une bonne valeur de k permet d'obtenir des performances optimales.

Cette méthode offre à la fois la rapidité, la simplicité, ainsi de bonnes performances de classification.

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les étapes de la conception du système de reconnaissance *Eye.On.You*, l'environnement matériel et logiciel, ainsi les détails de réalisation de notre système et l'interface développée. En vue de ce qui a été fait dans la conception et la réalisation, on peut dire que :

- *Eye.On.You* est très interactif, en effet en plus de la reconnaissance avec ces deux modes, il permet aussi d'ajouter de nouvelles personnes à la base d'apprentissage et même d'ajouter la personne non reconnue par décision finale de l'utilisateur.
- *Eye.On.You* est performant en raison des bons taux de reconnaissances.
- Son interface est simple que toute personne ayant peu de connaissances sur la biométrie peut utiliser.
- La reconnaissance est très rapide, vu que notre base de données n'est pas volumineuse.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressées au problème de la reconnaissance faciale. Notre travail consiste à la mise au point d'une application destinée à reconnaître un individu par la géométrie de son visage en utilisant la méthode des K Plus Proches Voisins (KPPV). Le KPPV est l'une des méthodes la plus simple pour classifier les visages vu qu'elle ne nécessite pas un apprentissage mais simplement un simple stockage de ses données.

Tout d'abord, nous avons fait un bref bilan sur les différentes techniques de reconnaissance développées au cours de ces dernières années, et cela pour mettre en évidence la reconnaissance faciale avec ses différentes approches, par la suite nous nous focalisons sur l'approche géométrique. Cette dernière étant une méthode adéquate avec le fait que le visage peut être vu comme un ensemble intéressant de nombreux points d'intérêts ce qui est offert par la géométrie du visage.

Vu la naissante nécessité d'utiliser des applications de contrôle d'accès, la reconnaissance de visages a émergé comme un secteur actif de recherches, enjambant des disciplines telles que le traitement d'image, l'identification de modèles, et la vision par ordinateur. L'existence d'autres méthodes biométriques n'empêche pas que la reconnaissance faciale restera un outil puissant et beaucoup plus utilisé, en raison que cette dernière possède beaucoup plus d'avantages tels que, la facilité d'utilisation, l'acceptation par l'utilisateur (car elle est non intrusive) et le faible coût.

L'algorithme des K Plus Proches Voisins reste une des approches les plus fiables et les plus simples offrant une bonne performance de classification des personnes connues. Malgré tous les progrès qui ont été réalisés, les problèmes de pose, d'éclairage, et d'identification ; dans des environnements extérieurs ; restent des challenges qui susciteront les efforts des chercheurs.

Les perspectives de ce travail sont nombreuses : dans un premier temps, nous souhaitons développer un module de détection de visage et améliorer l'extraction de ses caractéristiques pour qu'elle soit automatique. Du fait que notre système ne traite que les vues de face ; qui représentent un domaine fixe ; il serait intéressant de définir un domaine variable portant sur la variété de conditions d'éclairage, de postures et d'expressions faciales. Une troisième perspective serait de rendre le processus de reconnaissance un système en temps réel.

RÉFÉRENCES ET WEBOGRAPHIE

- [1] A.Z. Aghiles, « Segmentation d'Image Appliquée en Biométrie : Cas des Images de l'Iris », Mémoire de Magister en Electronique, Faculté de Génie Electronique et de l'Informatique, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Soutenu le 27 Juin 2013.
- [2] S. Liu and M. Silverman, « A practical Guide to Biometric Security Technology », IEEE Computer Society, IT Pro-Security, January-February 2001.
- [3] F. Massicotte, « La Biométrie, sa Fiabilité et ses Impacts sur la Pratique de la Démocratie Libérale », Mémoire présenté comme Exigence Partielle de la Maîtrise en Sciences Politiques, Université de Québec, Montréal, Canada, Novembre 2007.
- [4] S.G. Ababsa, « Authentification d'Individus par Reconnaissance de Caractéristiques Biométriques Liées aux Visages 2D/3D », Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Université Evry Val d'Essonne, Spécialité de l'Ingénieur, Université d'Evry Val d'Essonne, Soutenu le 03 Octobre 2008.
- [5] A.K. Jain, L. Hong et S. Pankanti, « Biometrics: Promising Frontiers for Emerging Identification Market », Communications d'ACM, Février 2000, pp. 91-98.
- [6] F. Perronnin et J.-L. Dugelay, « Introduction à la Biométrie : Authentification des Individus par Traitement Audio-Vidéo », l'Institut Eurocom, Département des Communications Multimédia, Revue Traitement du Signal, Vol. 19, No. 4, 2002.
- [7] S. Boudjellal, « Détection et Identification de Personne par Méthode Biométrique », Mémoire de Magister en Electronique, Option : Télédétection, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Soutenu le 06 Juin 2012.
- [8] D.H. Vu, « Biométrie pour l'Identification », Projet Final du TIPE, Institut de la Francophonie pour l'Informatique, Hanoï, Vietnam, Soutenu en Juillet 2005.
- [9] « Futura High-Tech », <http://www.futura-sciences.com/magazines/high-tech/infos/actu/d/informatique-frappe-clavier-outil-biometrique-prometteur-41010/>, Consulté le 29 Décembre 2014 à 10h27.
- [10] Commission Technique de Sécurité Physique, « Techniques de Contrôle d'Accès par Biométrie », Dossier Technique, Club de la Sécurité des Systèmes d'Information Français, Juin 2003.
- [11] « La Biométrie par Fabrice Garac », <http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2004/fgarac/>, Consulté le 28 Décembre 2014 à 22h02.
- [12] P.V. Doanh, « Reconnaissance de Visages en Utilisant le Descripteur POEM (Patterns of Oriented Edge Magnitudes) », Mémoire de Fin d'Etudes, Promotion 14, Institut de la Francophonie pour l'Informatique, Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 1 Avril-30 Septembre 2010.

- [13] A. Chaari, « Reconnaissance de Visages par Réseaux d'Ondelette de Gabor », Thèse de Doctorat, Discipline : Automatique, Génie Informatique, Traitement du Signal et des Images, Université Lille 1, France, Université Sfax, Tunisie, Soutenue le 08 Décembre 2009.
- [14] W. Hizem, « Capteur Intelligent pour la Reconnaissance de Visages », Thèse de Doctorat, Option : Informatique/Electronique, Institut National des Télécommunications et Université Pierre et Marie Curie, Paris, 2009.
- [15] M. Belahcene, « Authentification et Identification en Biométrie », Thèse pour obtenir le titre de Docteur en Sciences en Automatique, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département de Génie Electrique, Université Mohamed Khider, Biskra, Soutenue le 14 Janvier 2013.
- [16] A. Mellakh, « Reconnaissance des Visages en Conditions Dégradées », Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Institut National des Télécommunications, Ecole Doctorale SITEVERY, Spécialité de Traitement d'Image et de Signal, Département d'Électronique et de Physique, Université D'Evry-Val d'Essonne, Soutenue le 07 Avril 2009.
- [17] F. Hajjem, « Apprentissage des Réseaux d'Ondelettes Bêta Basé sur la Théorie des Frames : Application à la Détection de Visages », Mémoire de Master, Université de Gabes, Soutenu le 13 Novembre 2008.
- [18] M. Fedias, « Combinaisons de Données d'Espaces Couleurs et de Méthodes de Vérification d'Identité pour l'Authentification de Visages », Thèse pour obtenir le titre de Docteur en Sciences en Automatique, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département de Génie Electrique, Université Mohamed Khider, Biskra, Soutenue le 21 Février 2013.
- [19] T. Rawlinson, A. Bhalerao and L. Wang, « Principles and Methods for Face Recognition and Face Modelling », Warwick Warp Ltd, Coventry, Department of Computer Science, University of Warwick, United Kingdom, February 2009.
- [20] M.T. Laskri, Dj. Chefrou, « Who_Is : Système d'Identification des Visages Humains », Département d'Informatique, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, Vol. 1, 2002.
- [21] Y. B. Jemaa et S. Khanfir, « Automatic Gabor Features Extracted for Face Recognition using Neural Networks », In Proceedings of the International Workshops on Image Processing Theory, Tools and Applications (IP-TA'08), Sousse, Tunisia, November 2008.
- [22] F. CHAMROUKHI, « Projet 1 : Classification Supervisée : Les K-Plus Proches Voisins », Support de Cours, Module : Langage C, Option : Licence 2 Sciences Pour l'Ingénieur, Université du Sud Toulon - Var, France, 2013.
- [23] «L'Algorithme des K-Plus Proches Voisins », https://interstices.info/encart.jsp?id=c_41867&encart=3&size=600,500, Consulté le 28 Janvier 2015 à 20h15.
- [24] C. M. Bentaouza, « Les K-Plus Proches Voisins », Support de Cours, Module : Fondements de l'Apprentissage Machine, Option : Ingénierie des Systèmes d'Information,

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique, Département de Mathématiques et d'Informatique, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2014.

[25] A. Beloudane et S. Benkerdagh, « Indexation d'une Base de Données MultiMédia Spécialisée (Visages) », Mémoire de Master, Option : Ingénierie des Systèmes d'Information, Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique, Département de Mathématiques et d'Informatique, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2012.

[26] ISIMA, « Introduction à C++ Builder », Ours Blanc Des Carpathes, 1988-1999.

[27] N.D. Besbes, « Indexation en Intervenant d'un Document Vidéo par Identification du Visage », Mémoire en vue de l'obtention du Master Recherche, Option : Image, Information, Hypermédia, Ecole Doctorale Informatique et Télécommunications, Université Paul Sabatier Toulouse III, France, Soutenu le 26 Juin 2007.