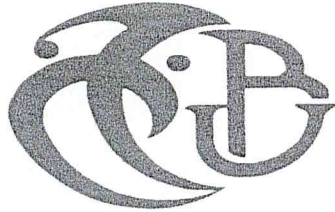


11A-004-512-1

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahlab Blida



Faculté des sciences

Département d'informatique

Mémoire Présenté par :

Mr. Walid BAKIRI

En vue d'obtenir le diplôme de master

Filière : Informatique

Option : Génie des Systèmes Informatiques

Sujet

L'Authentification du visage sur les téléphones mobiles

Sous environnement difficile(MOBIO)

Mme.Rachida REZOUG
Mme. Sofian FERFERA
Mme. Nadjia BENBLIDIA_
Mr. Messaoud BENGHERABI.

Président
Examineur
Promotrice
Encadrant

MA-004-512-1

Promotion
2016 / 2017

Remerciement



Je tiens à remercier la force divine, grâce à laquelle je pu être guidés vers la bonne destination de croyance et de volonté. Je tiens à remercier chaleureusement Monsieur BENGHERABI MESSAOUD pour sa confiance à moi sur ce travail et sa collaboration et son aide au cours du stage. Je tiens également à remercier Madame BENBLIDIA Nadja d'avoir bien voulu être notre promotrice et pour ses conseils tout au long de la rédaction de ce mémoire. Je n'oublie pas de remercier en particulier tous nos amis qui ont joué un rôle dans l'accomplissement de ce travail. De plus, nos remerciements seraient incomplets, si je ne fais pas mention de nos parents pour leur soutien, patience et sacrifice et que dieu le tout puissant les protègera.

Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents :

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A ma sœurs karima et Soumia et à mon frère Mohamed et foued.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes professeurs : Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues : Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

RESUMER

Afin de répondre aux besoins en sécurité qui deviennent de plus en plus importants avec les avancements des techniques, les développements des systèmes de contrôle d'accès physique ou biométrique ne cessent de croître. Plusieurs modalités biométriques peuvent être utilisées et chacune présente un intérêt particulier suivant l'application visée.

Motivé par la prolifération d'authentification biométrique dans le téléphone portable MOBIO (Mobile Biometric), nous visons ce projet de concevoir un système de reconnaissance du visage très robuste et de tester sur une vraie donnée mobile.

Depuis la question de la performance n'est pas toujours le but ultime de l'authentification biométrique sur des appareils portables, de base choisit algorithme donnant le meilleur compromis entre les taux de décision et la complexité des algorithmes sera mise en œuvre sur les plateformes mobiles, pour cela dans notre travail on a utilisé deux algorithmes les plus reconnus et le plus performants dans le domaine de la reconnaissance de visage qui sont l'Analyse en Composantes Principales (PCA « Principal Component Analysis » en anglais) et l'Analyse discriminante linéaire (LDA « Linear Discriminant Analysis » en anglais), Afin d'obtenir de bons résultats de l'utilisation ces deux algorithmes on les combine avec la transformée en cosinus discret (DCT discrete cosine transform en anglais) qui fait la compression sur les images qui sont souhaitables pour réduire l'exigence de stockage.

Dans ce travail, on a développé un système mobile de reconnaissance de visages basé sur la combinaison DCT-PCA et DCT-LDA et on la teste sur la base de données ORL. Connaissance d'être une forte référence pour déterminer la performance des systèmes de reconnaissance de visage.

Les Mors Clés : Biométrie, reconnaissance du visage, MOBIO (Mobile Biometric), PCA, LDA, DCT.

ABSTRACT

In order to meet the security needs that are becoming increasingly important to the advancement of technology, the development of physical or biometric access control systems are growing. Multiple biometric modalities can be used and each is of particular interest following the intended application.

Motivated by the proliferation of biometric authentication in the mobile phone MOBIO (Mobile Biometric), we aim this project to design a robust face recognition system and to test on a real mobile data.

Since the issue of performance is not always the ultimate goal of biometric authentication on mobile devices, giving basic algorithm chooses the best compromise between the rate decision and complexity of the algorithms will be implemented on mobile platforms for this in our work the most recognized and most used two performance algorithm in the field of face recognition are the Principal Components Analysis (PCA) and Linear Discriminant Analysis (LDA), in order to get good results using these two algorithms are combined with the discrete cosine transform (DCT) that the compression on the images that are desirable to reduce the storage requirement.

In this work, we developed a mobile system of face recognition based on the combination and DCT DCT-PCA-LDA and the test on the database ORL knowledge to be a strong reference for determining the performance of the recognition systems face.

Keywords: biometric, face recognition, MOBIO (Mobile Biometric), PCA, LDA, DCT.

ملخص

من أجل تلبية الاحتياجات الأمنية التي أصبحت ذات أهمية متزايدة مع تقدم التكنولوجيا، أصبح تطوير تقنيات المادية او البيومترية امر دائم النمو، هنالك عدة طرائق القياس الحيوي يمكن استخدامها ولكل منها أهمية خاصة وفقا للتطبيق المقصود.

بدافع من توفير التوثيق البيومترية في الهاتف المحمول(بيومتري المحمول) ،نهدف في هذا المشروع إلى تصميم نظام قوي للتعرف على الوجه واختبار على البيانات المتنقلة الحقيقية. ان الهدف من برنامجنا ليس فقط توثيق التعريفية على الأجهزة المحمولة فقط ، بل البحث على خوارزميات قوية تعطي نتائج افضل في تحليل المكونات، من اجل هذا استخدمنا في عملنا خوارزميتين الأكثر شهرة من حيث الفعالية في مجال التعرف على الوجوه. ، التي توفق بين مدة اتخاذ القرار ومدى تعقد الخواريزمية في بيئة الهواتف النقالة هي تحليل المكون الرئيسي(PCA في اللغة الإنجليزية)، وتحليل التمايز الخطي (LDA في اللغة الإنجليزية) من أجل الحصول على نتائج جيدة قمنا باستخدام هتين الخوارزميات جنباً إلى جنب مع تحول جيب تمام المنفصل(DCT في اللغة الإنجليزية)التي تجعل الضغط على الصور حتى تكون مرغوبة ،للحد من متطلبات التخزين.

في هذا العمل، قمنا بتطوير نظام المحمول من التعرف على الوجه على أساس الجمع DCT-PCA و-DCT.

LDA

و لمعرفة مدى فاعلية البرنامج قمنا بتجربته على قاعدة بيانات معروفة بكونها بيئة مرجعية تقاس عليها أنظمة التعرف على الوجه.

مفتاح الكلمات: البيومترية، تحليل المكون الرئيسي، تحليل التمايز الخطي، وتحليل التمايز الخطي.

Sommaire

Liste des Figures

LIST DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE	1
PROBLEMATIQUES	4
OBJECTIFS	4
CHAPITRE I :BIOMETRIE ET RECONNAISSANCE DES FORMES	
I.1. INTRODUCTION.....	6
I.2. INTRODUCTION A LA BIOMETRIE	6
I.2.1. Définition	6
I.2.2. Origine de la Biométrie	6
I.2.3. Domaine d'Application	6
I.3. LES SYSTEMES BIOMETRIE	7
I.3.1. Architecteur d'un Système Biométrie.....	7
I.3.1.1. Apprentissage.....	8
I.3.1.2. La Reconnaissance.....	8
I.1.3.2. Panorama des Différentes Modalités Biométrie.....	9
I.3.2.1. Technologies Portant sur l'Analyse Morphologiques	9
I.3.2.1.a. Les Empreintes Digitales.....	9
I.3.2.1.b. Le Visage	10
I.3.2.1.c. La Rétine.....	11
I.3.2.1.d. L'iris	12
I.3.2.1.e. La Géométrie de la Main	14
I.3.2.2. Technologies Portant sur l'Analyse Comportementale	15
I.3.2.2.a. Dynamique des Frappes au Clavier	15
I.3.2.2.b. Dynamique des Signatures	15
I.3.2.2.c. La Voix.....	16
I.3.2.3. Technologies Portant sur l'Analyse Biologique	17
I.3.2.3.a. L'Analyse de l'ADN	17
I.3.2.3.b. Les Groupes Sanguins.....	17
I.3.2.3.c. Les Cheveux et les Poils.....	17
I.3.2.4. Les Autres Techniques.....	19

I.4. CONCLUSION	19
------------------------------	-----------

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUE DE DETECTION DE VISAGE

II.1. INTRODUCTION	21
---------------------------------	-----------

II.2. HISTORIQUE.....	21
------------------------------	-----------

II.3. POUR QUOI CHOISIR LE VISAGE	22
--	-----------

II.4. PRINCIPALE CONTRAINTE DE LA RECONNAISSANCE FACIALE.....	22
--	-----------

II.5. ARCHITECTEUR D'UN SYSTEME DE RECONNAISSANCE VISAGE	22
---	-----------

II.6. LES METHODES DE RECONNAISSANCE FACIALE	23
---	-----------

II.6.1. Les Méthodes Globales	23
--	-----------

II.6.1.a. Analyse en Composante Principale (PCA ou Eigen Faces).....	23
---	-----------

II.6.1.b. Analyse Discriminante Linéaire (LDA)	24
---	-----------

II.6.1.c. Machine à Vecteurs de Support (SVM)	25
--	-----------

II.6.1.d. Réseaux de Neurones	25
--	-----------

II.6.2. Les Méthodes Locales	25
---	-----------

II.6.2.a. Weber Local Descripteur (WLD):.....	26
--	-----------

II.6.2.b. Motif Binaire Local (LBP)	26
--	-----------

II.6.3. Les Méthodes Hybride.....	27
--	-----------

II.7. CONCLUSION.....	27
------------------------------	-----------

CHAPITRE III : CARACTERISTIQUE ET CLASSIFICATION EN IMAGE FACIAL

III.1. TRANSFORMEE EN COSINUS DISCRETE(DCT)	29
--	-----------

III.1.1. Introduction	29
------------------------------------	-----------

III.1.2. Introduction a La Transformée en Cosinus Discrète(DCT).....	29
---	-----------

III.1.3. Pourquoi la DCT (motivation)	29
--	-----------

III.1.4. Formulation de la DCT	30
---	-----------

III.1.5. Norme de la DCT.....	32
--------------------------------------	-----------

III.1.5.1. Découpage l'Image en Bloc 8x8.....	32
--	-----------

III.1.5.2. Chevauchement des Blocs.....	34
--	-----------

III.1.5.3. La Sélection des Coefficients	34
---	-----------

III.2. ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (PCA)	35
--	-----------

III.2.1. Introduction	35
------------------------------------	-----------

III.2.2. Introduction à l'Analyse en Composantes Principales (PCA)	35
III.2.3. PCA dans la Reconnaissance de Visages	36
III.2.3.1. L'Extraction des Paramètres.....	36
III.2.3.2. Déterminant les Valeurs Propres et Vectrices Propres.....	38
III.2.3.3. La Reconnaissance.....	39
III.2.4. PCA dans le Domaine DCT	41
III.3.ANALYSE DISCRIMINANTE LINEAIRE(LDA)	42
III.3.1. Introduction	42
III.3.2. Introduction à l'Analyse Discriminante Linéaire (LDA).....	42
III.3.3. LDA dans la Reconnaissance de Visages.....	43
III.3.3.1. L'Extraction des Paramètres.....	43
III.3.3.2. La Classification sur les Images de la Base d'Apprentissage.....	43
III.3.3.3. Matrices de Dispersion	44
III.3.3.4. La Reconnaissance	45
III.4. LDA DANS LE DOMAINE DCT	46
III.5. CONCLUSION	46
CHAPITRE IV : REALISATION ET TESTS	
IV.1.INTRODUCTION	48
IV.2.CONCEPTION ET REALISATION	48
IV.2.1. Introduction	48
IV.2.2. Conception.....	48
IV.2.2.1. Identification des Acteurs de Système	48
IV.2.2.2. Cas d'Utilisation (Use case).....	48
IV.2.2.3. Diagramme de Classe	51
IV.2.2.4. Diagramme de Séquence	51
IV.2.3. Réalisation	54
VI.2.3.1. Environnement de Travail.....	54
VI.2.3.2. Outils de Développement	55
VI.2.3.2.1. Eclipse.....	55
VI.2.3.2.2. Java	56
VI.2.3.2.3. XML.....	56
VI.2.3.2.4. Android.....	57
VI.2.3.2.5. OpenCV	58

VI.2.3.2.6. Introduction à OpenCV pour Java	59
IV.2.3.3.Présentation de l'application	60
IV.2.3.3.1.L'authentification de la reconnaissance biométrique de visage	60
IV.2.3.3.2. Services d'application sécurisée	61
IV.2.3.3.3. La reconnaissance	62
IV.2.3.3.4. Apprentissage.....	65
IV.2.4.Tests et résultats.....	65
IV.2.4.1. Base de données.....	65
IV.2.4.1.1 ORL.....	65
IV.2.4.2.Résultat de test de l'identification de la PCA.....	66
IV.2.4.3. Résultat des tests de l'identification l'LDA	66
IV.2.4.4. Résultat des tests de l'identification la DCT-PCA.....	66
IV.2.4.5. Résultat des tests de l'identification la DCT-LDA	67
IV.2.5. Conclusion	68
Conclusion Générale	
CONCLUSION GENERALE	70
BIBLIOGRAPHIE	
BIBLIOGRAPHIE.....	72

Liste des Figures

Figure I.1. Architecteur d'un système biométrie	8
Figure I.2. Les minuties des empreintes digitales	10
Figure I.3. Reconnaissance visage	11
Figure I.4. La Rétine	12
Figure I.5. L'iris	13
Figure I.6. La géométrie de la main.....	14
Figure I.7. Frappe au clavier.....	15
Figure I.8. La signature dynamique	15
Figure I.9. Le Voix	16
Figure I.10. Morceaux ADN	17
Figure I.11. Les groupes sanguins	18
Figure I.12. Profil d'un cheveu et poil.....	18
Figure I.13. L'oriel	19
Figure II.1 Architecteur d'un système de reconnaissance visage.....	23
Figure II.2. La reconnaissance visage utilisé les méthodes Globale	23
Figure II.3 La reconnaissance visage utilisé les méthodes Locales.....	26
Figure II.4. Exemple de calcul de LBP.....	27
Figure III.1. Générique processus 1-D DCT.....	30
Figure III.2. Générique processus 2D DCT.....	32
Figure III.3. L'ordre l'application la DCT sur les blocks	33
Figure III.4. Application DCT par Block	33
Figure III.5. Méthodes de Chevauchement des Blocks.....	34
Figure III.6. Zigzag scanning.....	35
Figure III.7. Images des visages d'apprentissage.....	36
Figure III.8. Représentation l'image comme une seule vectrice.....	37
Figure III.9. La représentation vectrice des images.....	37
Figure III.10. Image moyenne et les 15 Eigenfaces.....	40
Figure III.11. Extraction de caractéristiques dans la DCT-PCA	42
Figure III.12. Déférence entre l'Algorithme PCA et LDA.....	43
Figure III.13. La classification d'images d'apprentissage.....	44
Figure IV.1. Cas d'utilisation global du système.....	49
Figure IV.2. Cas d'utilisation de l'administrateur.....	50
Figure IV.3. Cas d'utilisation d'un client de test.	50
Figure IV.4. Diagramme de classe de système.....	51
Figure IV.5. Diagramme de séquence d'authentification.....	52
Figure IV.6. Diagramme de séquence d'Apprentissage.	52
Figure IV.7. Diagramme de séquence de Vérification.....	53
Figure IV.8. Diagramme de séquence d'identification.	53
Figure IV.9. Diagramme de séquence de la Gestion Services d'application.....	54
Figure IV.10. L'authentification de la reconnaissance biométrique de visage.....	60
Figure IV.11. L'accueil de la reconnaissance biométrique de visage	61

Figure IV.12. Liste des services sécurisés.....	61
Figure IV.13. La reconnaissance	62
Figure IV.14. La Vérification.....	62
Figure IV.15.1. L'Identification.....	63
Figure IV.15.2. L'Identification.....	63
Figure IV.15.3. L'Identification.....	64
Figure IV.16. Ajouter nouvelle utilisateur.....	64
Figure IV.17. L'apprentissage.....	65
Figure IV.18. Images d'une personne à partir d'ORL base de données.....	65
Figure IV.19. Taux de reconnaissance de la DCT-PCA	67
Figure IV.20. Taux de reconnaissance de la DCT-LDA.....	67

List des Tableaux

Tableau IV.1. Test de l'identification de la PCA.....	66
Tableau IV.2. Test de l'identification de la LDA.....	66
Tableau IV.3. Test de l'identification de la DCT-PCA.....	66
Tableau IV.4. Test de l'identification de la DCT-LDA.....	67

Introduction générale

Introduction Générale

La biométrie est une technique émergente pour l'identification humaine automatique et vérification à l'aide des caractéristiques biologiques uniques. Par rapport aux méthodes d'identification et de vérification traditionnels, la biométrie est plus pratique pour les utilisateurs, réduit la fraude, et est plus sûre. Il devient un allié important de la sécurité, du renseignement, de l'application de la loi, et le commerce électronique.

Il est donc devenu nécessaire d'être intégrés dans différents types de technologie moderne qui représente un élément essentiel dans la vie de l'homme.

Parmi les différentes techniques biométries, la reconnaissance de visage c'est la plus couramment technique utilisés pour l'authentification des personnes, cette moyenne de reconnaissance est fait à partir d'une image numérique, tel que requis dans plusieurs installations de sécurités et de surveillance. Le processus d'identification est effectué en comparant les caractéristiques faciales extraites d'une image avec celles préalablement stockées dans une base de données du visage.

Les téléphones mobiles est devenu très puissantes machines de course de taille moyenne où le niveau de l'application, il ya beaucoup de demande qui sont en cours d'exécution et de nombreuses données qui sont stockées. En raison de le problème de la sécurité le besoins de l'authentification biométrique dans le téléphone portable devenu une chose Indispensable, très important.

Alors que la réalisation des systèmes de reconnaissance de visage sur les téléphones mobile nécessité des bons algorithmes pour l'implémentation, à cause des caractéristiques de cette technique biométrique qui est sensible à l'environnement (éclairage, position, expression du visage...) et aux changements (barbe, moustache, lunette, chirurgie...) on va prendre les deux algorithmes PCA et LDA quels a prouvé leur efficacité dans les systèmes de reconnaissance faciale.

Notre travail est consisté à réaliser un système d'authentification de visage sur des téléphones mobiles, ce système est pour le but de protéger les données et les applications personnelles de tout utilisateur non externes autorisé.

Notre mémoire est organisé en quatre chapitres :

CHAPITRE I : Dans ce chapitre on va parler sur la biométrie et sa différente technique utilisait dans plusieurs applications.

CHAPITRE II : Ce chapitre représenter les différents algorithmes utiliser dans l'implémentation des systèmes de la reconnaissance de visage.

CHAPITRE III : On va présenter dans ce chapitre les techniques qui on a utilisé dans la réalisation de notre système.

CHAPITRE IV : Ce chapitre illustre la réalisation et les tests de notre projet.

En dernier, nous terminons notre mémoire par une conclusion générale.

Problématiques

- Depuis la question de la performance ne sont pas toujours le but ultime de l'authentification biométrique sur des appareils portables, de base choisi algorithme donnant le meilleur compromis entre les taux de vérification et la complexité des algorithmes sera mis en œuvre sur les plateformes mobiles.
- Réalisation un système de vérification du visage très robuste et de tester sur une vraie donnée mobile Dans un environnement non contrôlés (éclairage, position, expression du visage... etc).

Objectifs

- Motivé par la prolifération d'authentification biométrique dans le téléphone portable MOBIO (Mobile Biométrie), nous visons à ce projet de concevoir un système de vérification du visage très robuste et de tester sur une vraie donnée mobile.

Chapitre I : Biométrie et reconnaissance des formes

I.1. Introduction

Dans ce chapitre on va parler sur la technique biométrique, par détailler sa méthode de travail utilisée au domaine d'application, on va expliquer aussi ses différentes technique et citer leurs avantages et inconvénients.

I.2. Introduction à la Biométrie

I.2.1. Définition

La biométrie regroupe l'ensemble des techniques informatiques visant à reconnaître automatiquement un individu à partir de ses caractéristiques physiques, biologiques, voire comportementales. Les données biométriques ont la particularité d'être uniques et permanentes. Elles permettent de ce fait le "traçage" des individus et leur identification certaine [1].

Pour que les caractéristiques, propre à chaque individu, puissent être qualifiées de modalités biométriques, elles doivent être :

- **universelles** (existent chez tous les individus),
- **uniques** (possibilité de différencier un individu par rapport à un autre),
- **permanentes** (peuvent évoluer dans le temps),
- **enregistrables** (possibilité d'enregistrer les caractéristiques d'un Individu avec son accord),
- **mesurables** (possibilité de comparaisons futures).

La biométrie apparaît comme l'une des meilleures parades contre la fraude à l'identité, beaucoup plus fréquente qu'on ne le pense dans les sociétés modernes.

I.2.2. Origine de la Biométrie

La biométrie est l'héritière de l'anthropométrie, inventée en 1882 par le criminologue français Alphonse Bertillon, permettant la reconnaissance des personnes arrêtées et condamnées sur la base de photos et d'informations signalétiques (mensurations osseuses, signes particuliers). Adopté par la plupart des services de police européens et américains, ce système a été ensuite abandonné en raison de son manque de précision.

I.2.3. Domaine d'Application

L'évolution des techniques biométriques (maturité technique, coûts en baisse) permet aux professionnels qui œuvrent dans les domaines de la sécurité et de la sûreté de déployer des solutions qui bénéficient d'une plus-value technique et commerciale accrue. Les différents domaines dans lesquels s'exercent ces professionnels sont :

- la gestion de titres identitaires : carte nationale d'identité, permis de conduire, carte de séjour,
- l'immigration : contrôle aux frontières ;
- les transports : contrôle des titres de transport,
- la gestion des accès physiques : contrôle d'accès, gestion des horaires (locaux sensibles d'entreprises, laboratoires, centres serveur, télécommunications, centres de commandement, zones réservées d'aéroports, prisons, etc.) ,
- la gestion des accès logiques : PC, serveurs, bases de données,
- le verrouillage des équipements de communication : téléphones portables, PDA,
- le verrouillage des véhicules :...

I.3. Les systèmes Biométrie

Un système biométrique est essentiellement un système qui acquiert des données biométriques d'un individu, extrait un ensemble de caractéristiques à partir de ces données, puis le compare à un ensemble de données stocké au préalable dans une base de données pour pouvoir enfin exécuter une action ou prendre une décision à partir du résultat de cette comparaison [2].

I.3.1. Architecteur d'un Système Biométrie

Il existe toujours au moins deux modules dans un système biométrique : le module d'apprentissage et celui de reconnaissance. 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. Le modèle pourra être réévalué après chaque utilisation grâce au module d'adaptation [3].

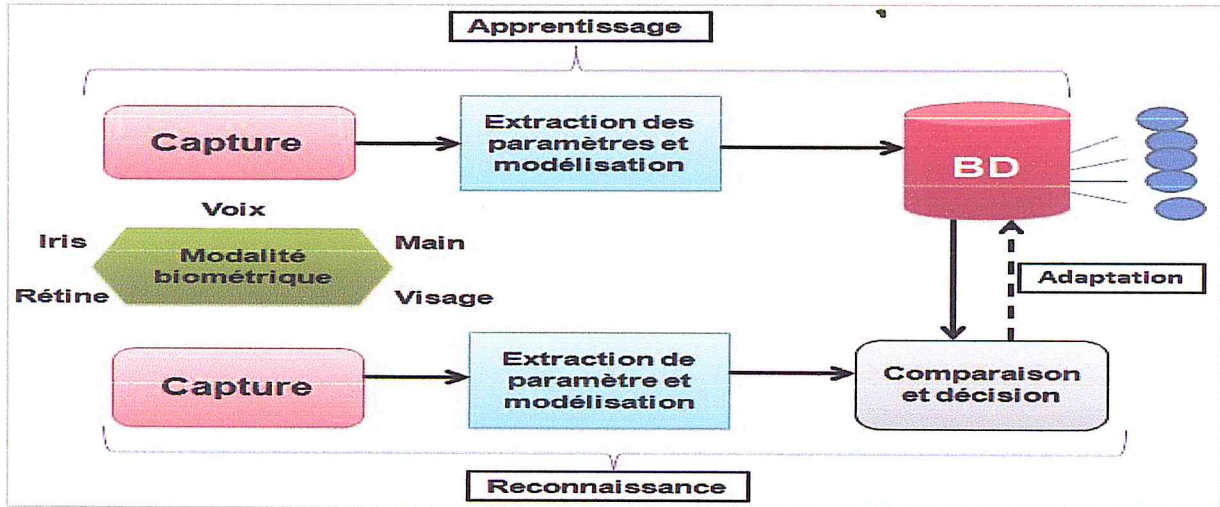


Figure I.1. Architecteur d'un système biométrie

I.3.1.1. Apprentissage

Le modèle est une représentation compacte du signal qui permet de faciliter la phase de reconnaissance et de diminuer la quantité de données à stocker dans la base de données. Cette phase d'apprentissage comporte deux principaux modules :

1. module de capteur :

Au cours de l'apprentissage, la caractéristique biométrique est tout d'abord mesurée grâce à un capteur ; on parle d'acquisition ou de capture: un appareil photo, un lecteur d'empreintes digitales, une caméra de sécurité,... etc.

2. module d'extraction des paramètres

En général, cette capture n'est pas directement stockée et des transformations lui sont appliquées. En effet, le signal contient de l'information inutile à la reconnaissance et seuls les paramètres pertinents sont extraits afin de former une nouvelle représentation des données qui va être modélisée.

Cette nouvelle représentation (modèle) est censée être unique pour chaque individu. Et d'être stocké dans une base de données comme représenté sur là où sur une carte de type carte à puce.

I.3.1.2. La 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 du capteur 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 :

En mode identification

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 du type 1 : n). En général, lorsque l'on parle d'identification, on suppose que le problème est fermé, c'est-à-dire que toute personne qui utilise le système possède un modèle dans la base de données.

En mode vérification :

Le système doit répondre à une question de type : « Suis-je bien la personne que je prétends être ? ». C'est le module de décision, L'utilisateur propose une identité au système et le système 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). En mode vérification, on parle de problème ouvert puisque l'on suppose qu'un individu qui n'a pas de modèle dans la base de données (imposteur) peut chercher à être reconnu.

I.1.3.2. Panorama des Différentes Modalités Biométrie

Les techniques biométriques sont des techniques qui confirment automatiquement l'identité des personnes en comparant leurs caractéristiques avec des modèles informatiques numériques qui ont prouvé leur fiabilité et leurs performances et d'autres qui sont toujours en cours d'évolution.

Il existe plusieurs techniques biométriques utilisés dans plusieurs applications et secteurs, on peut on désigne on 3 grandes catégories:

I.3.2.1. Technologies Portant sur l'Analyse Morphologiques

I.3.2.1.a. Les Empreintes Digitales

L'une des techniques les plus connues du grand public, elle est centenaire, la plus employée à travers le monde. Et on voit fleurir des solutions de plus en plus abordables et performantes. C'est grâce aux travaux d'Alphonse Bertillon, dans les années 1880, que l'on a commencé à pouvoir identifier des récidivistes sans avoir recours au marquage ou à la mutilation. L'idée d'en faire un instrument d'identification à part entière s'est imposé avec les recherches du Britannique Galton, qui démontra la permanence du dessin de la naissance à la mort, son inaltérabilité et son individualité.

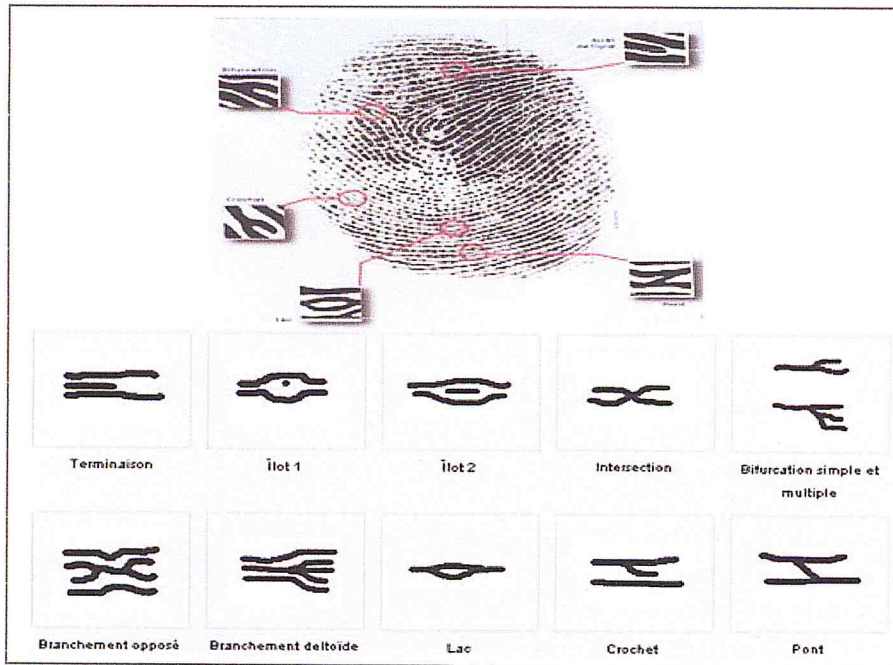


Figure I.2. Les minuties des empreintes digitales

La minutie, selon Galton, c'est l'arrangement particulier des lignes papillaires formant des points caractéristiques à l'origine de l'individualité des dessins digitaux. Arrêts de lignes, bifurcations, lacs, îlots, points, la combinaison des minuties est pratiquement infinie. Dans la pratique judiciaire des pays développés, il faut de 8 à 17 points (mais le plus souvent 12 suffisent) sans discordance pour qu'on estime établie l'identification.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La technologie la plus éprouvée techniquement et la plus connue du grand public. • Petite taille du lecteur facilitant son intégration dans la majorité des applications (téléphones portables, PC). • Traitement rapide. 	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin de la coopération de l'utilisateur (pose correcte du doigt sur le lecteur). • Manque d'hygiène, les traces de doigts se succèdent sur ce lecteur et ainsi les microbes se dispersent sur tout le lecteur ce qui rend celui-ci très sale.

I.3.2.1.b. Le Visage

Un système de reconnaissance facial est une application logicielle visant à reconnaître une personne grâce à son visage de manière automatique.

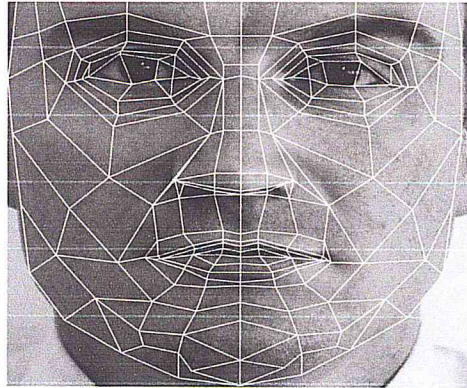


Figure I.3. Reconnaissance visage

La reconnaissance visage semble être la technologie biométrique la plus naturelle puisque nous nous reconnaissons en regardant notre visage. Les systèmes de reconnaissance faciale sont des systèmes automatisés capables d'identifier des individus en fonction des caractéristiques de leur visage telles que l'écartement des yeux, des arêtes du nez, des commissures des lèvres, des oreilles, menton, etc. Ces caractéristiques sont analysées puis comparées à une base de données existante afin d'identifier une personne ou de vérifier son identité.

Des améliorations sont régulièrement apportées à cette technologie qui évolue rapidement. On notera, par exemple, le développement de capteurs 3D, la reconnaissance de visages en mouvement, le traitement de visages vus de profil et le développement de modèles que l'on peut vieillir.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Très bien accepté par le public. • Ne demande aucune action de l'utilisateur (peu intrusive), pas de contact physique • Système en constant progrès : le système peut reconnaître des artifices (masques...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie sensible à l'environnement (éclairage, position, expression du visage...) • Les vrais jumeaux ne sont pas différenciés • Sensible aux changements (barbe, moustache, lunette, chirurgie...)

I.3.2.1.c. La Rétine

La rétine est la paroi interne et opposée de l'œil sur laquelle se projettent les images que nous voyons. Cette paroi est tapissée par un réseau de vaisseaux sanguins, qui forment un motif unique pour chaque individu.

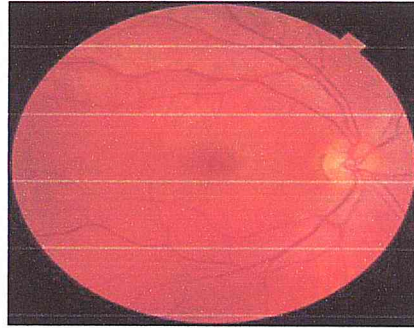


Figure I.4. La Rétine

Les difficultés liées à la capture de l'image d'une rétine sont autant psychologique que médicale et technique. Pour obtenir une image d'une rétine, il est nécessaire d'éclairer le fond de l'œil à l'aide d'un faisceau lumineux ; à travers la pupille et le corps vitreux. Ce faisceau est de très faible intensité pour ne pas gêner l'utilisateur ; il est sans danger et de plus faible intensité que sur les dispositifs ophtalmologiques. Un système de caméra très précis vient ensuite récupérer l'image de la rétine. Des lecteurs de rétine sont disponibles, et permettent d'obtenir un très haut niveau de sécurité.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La fiabilité est une des plus élevées au monde : le taux d'erreur est de moins de 1 sur 10 millions. • La rétine est stable durant la vie d'une personne. • L'empreinte rétinienne est peu exposée aux blessures (coupure, brûlure). 	<ul style="list-style-type: none"> • Système intrusif, il faut placer l'œil près du capteur. • Mauvaise acceptation du public (l'œil est un organe sensible). • Coût plus important que d'autres technologies.

I.3.2.1.d. L'iris

La reconnaissance de l'iris pour l'identification d'une personne était proposée à l'origine en 1936 par l'ophtalmologue Frank Burch. Dans les années 1980, l'idée réapparut avec les films sur James Bond, mais cela restait toujours de la science-fiction. En 1987 les ophtalmologues Aran Safir et Léonard Flom ont fait breveter cette idée et en 1989 ils ont demandé à John Daugman (alors enseignant à l'université d'Harvard), d'essayer de créer des algorithmes pour l'identification par l'iris. Ces algorithmes (méthode basée sur les ondes de Gabo), que Daugman a faite brevetés en 1994, sont la base de tous les systèmes d'identification par l'iris.

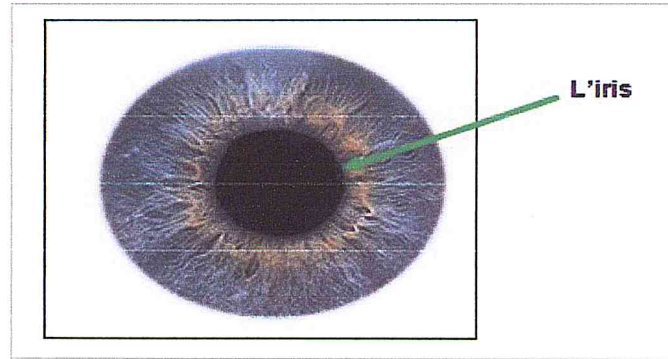


Figure I.5. L'iris

La personne qui cherche à se faire identifier doit simplement fixer l'objectif d'une caméra qui récupère instantanément le dessin de son iris. L'iris est un motif très dense et qui n'est pas dicté par les gènes. Chaque œil est unique. Dans toute photographie de l'iris, on compte plus de 200 variables indépendantes, ce qui fait une probabilité très faible de confondre 2 individus. On doit cette méthode à quelques ophtalmologues qui ont remarqué dès les années 80, que la couleur de l'iris peut varier, mais rarement son motif. Cette méthode d'identification évoluera certainement avec le temps, probablement autant que les empreintes digitales, au moins autant que l'évolution des caméras.

Pour capturer l'image de cette membrane colorée, pas besoin d'éclairer la rétine. Par contre, l'éclairage de l'iris pose un problème de reflets, on utilise souvent un éclairage artificiel (diodes DEL) calibré tout en atténuant le plus possible l'éclairage ambiant. L'éclairage est d'autant mieux toléré qu'il peut-être infrarouge, peu visible pour l'œil.

La biométrie par l'iris est une des technologies (avec la rétine) qui assure un haut niveau de sécurité. L'iris procure une unicité très élevée (1 sur 10^{72}) et sa stabilité est étendue jusqu'à la mort des individus, d'où une fiabilité extraordinaire.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La technique reste extrêmement fiable même à travers des lunettes ou des lentilles. • Vrais jumeaux non confondus. 	<ul style="list-style-type: none"> • La prise de vues n'est pas très simple : la taille de l'iris est très variable suivant la lumière ambiante ou l'état de fatigue, et les utilisateurs ont tendance à bouger. • la fiabilité diminue proportionnellement à la distance entre l'œil et la caméra.

I.3.2.1.e. La Géométrie de la Main

La technique de reconnaissance biométrique qui utilise la mesure de la main (handicap) en est un des plus répandus à ce jour. La « mesure » de la main est en fait constituée de plusieurs mesures telles que les dimensions des doigts, les caractéristiques des articulations, la paume et la forme de la main. Un tel système d'identification étudie en moyenne 90 traits de la main pour reconnaître un individu x.

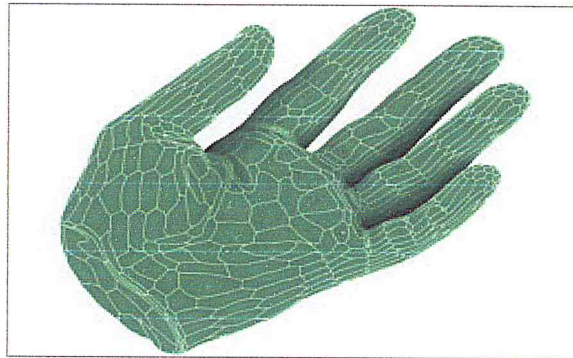


Figure I.6. La géométrie de la main

En général, une caméra infrarouge prend l'image de la main sous deux angles différents pour obtenir les trois dimensions. L'image scannée est convertie en modèle numérique et associée à un code. Quand une personne passe son badge devant le lecteur, celle-ci cherche le code dans la base de données et procède à la comparaison.

Comme pour les empreintes digitales, on vérifie la validité de la mesure par la conductivité ou la température de la main. On peut aussi l'associer à l'empreinte du réseau veineux.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Bonne acceptation des usagers. • Très simple à utiliser • Blessures (brûlures ou coupures), humidité et propreté des doigts n'affectent pas le contrôle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le volume de la main n'est pas une donnée qui est perdu dans le temps, celle-ci peut changer pour diverses raisons : prise ou perte de poids, changement des articulations... • Risque de fausse acceptation pour des jumeaux ou des membres d'une même famille.

I.3.2.2. Technologies Portant sur l'Analyse Comportementale

I.3.2.2.a. Dynamique des Frappes au Clavier

La dynamique de la frappe est propre à chaque individu. Il s'agit en quelque sorte de la graphologie des temps modernes car nous écrivons plus souvent avec un clavier qu'avec un stylo.

Les éléments analysés sont : vitesse de frappe, suite de lettres, temps de frappe, pauses...



Figure I.7. Frappe au clavier

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Non intrusif, geste naturel pour un individu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépende de l'état générale de l'individu (physique, émotion, fatigue...)

I.3.2.2.b. Dynamique des Signatures

Chaque personne a un style d'écriture unique. On peut donc définir, à partir de la signature d'une personne, un modèle qui pourra être employé pour effectuer une identification. De plus, la signature est utilisée dans beaucoup de pays comme élément juridique ou administratif. Elle permet de la confondre devant des documents signés.



Figure I.8. La signature dynamique

Le grand avantage des systèmes biométriques à base de signature réside dans la reconnaissance de cette méthode comme une forme acceptable juridiquement pour l'identification des personnes. Cependant, en raison des grandes variations de signature pour

une même personne, pour des systèmes tant à base d'analyse statique que dynamique, il est difficile d'atteindre une très haute exactitude d'identification.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La signature écrite sur un document peut être conservée des certains documents. • Action qui implique (responsabilité) le demandeur 	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin d'une tablette graphique. • Sensible aux émotions de l'individu.

La première application en sécurité de la reconnaissance d'un individu par sa voix remonte aux années 1970 et à son utilisation par les pilotes de chasse de l'armée américaine.

I.3.2.2.c. La Voix



Figure I.9. Le Voix

De nombreux paramètres permettent de discriminer les personnes par l'analyse de leur voix. Contrairement aux technologies abordées jusqu'ici, la reconnaissance du locuteur relève de données comportementales et non plus morphologiques comme c'est le cas pour l'iris ou les empreintes digitales.

Les caractéristiques constituant le gabarit sont une combinaison de facteurs comportementaux (vitesse, rythme, etc.) et physiologiques (tonalité, âge, sexe, fréquence, accent, harmoniques...).

Un imitateur, aussi habile soit-il, ne doit pas en principe pouvoir tromper le logiciel, l'imitation ne se limitant qu'aux caractéristiques les plus simples et évidentes à reproduire. L'identification se fait soit sur la base de la lecture d'un texte prédéterminé, aléatoire ou d'un message défini librement par la personne. Une phrase fixe expose toutefois au risque que l'authentification soit contournée par un enregistrement vocal.

Le contrôle d'accès par la voix peut souffrir de faux rejets et de fausses acceptations en nombre élevé, notamment en raison de l'état émotionnel (stress, joie), d'une maladie comme

un simple rhume, ou encore de la qualité d'acquisition (conditions sonores) et du matériel utilisé.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Il est plus facile de protéger le lecteur que dans les autres techniques. • Impossible d'imiter la voix. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible à l'état physique et émotionnel de l'individu. • Sensible aux bruits ambiants • Taux de faux rejet et la Fausse acceptation élevée.

I.3.2.3. Technologies Portant sur l'Analyse Biologique

Intrusive: un échantillon physique doit être pris, tandis que d'autres systèmes biométriques utilisent seulement une image ou d'un enregistrement.

I.3.2.3.a. L'Analyse de l'ADN

L'analyse des empreintes génétiques est une méthode extrêmement précise d'identification, issue directement de l'évolution de la biologie moléculaire.

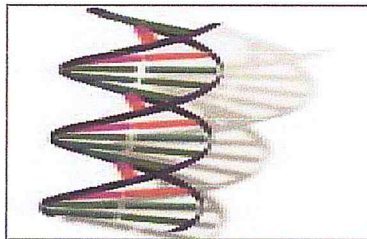


Figure I.10. Morceaux ADN

Les humains ont 23 paires de chromosomes contenant leur plan d'ADN. Un membre de chaque paire de chromosomes vient de leur mère, l'autre vient de leur père. Chaque cellule dans un corps humain contient une copie de cet ADN. La grande majorité de l'ADN ne diffère pas de personne à personne, mais de 0,10% de tout le génome d'une personne serait propre à chaque individu.

La technique est basée sur les stries longitudinales des ongles, qui dépendent de la structure de l'épiderme sous-jacent. On peut révéler le relief de l'ongle grâce à un interféromètre, et le cartographier.

I.3.2.3.b. Les Groupes Sanguins

Karl Landsteiner, pathologiste américain d'origine autrichienne, découvrit pour la première fois l'existence de groupes sanguins chez l'être humain en 1900. Il mit en évidence le système ABO, dont le premier test de reconnaissance fut développé en 1915 puis amélioré jusqu'en

1931. Landsteiner découvrit également les groupes P et MN ainsi que le facteur rhésus et fut lauréat du prix Nobel pour ses travaux en 1930. Ses travaux furent par la suite utilisés à des fins judiciaires, premier exemple d'application directe de travaux scientifiques à la criminalistique. Cependant, il est à noter que l'utilisation de ces marqueurs biologiques a plus d'intérêt dans l'exclusion d'une personne que dans l'identification de celle-ci.

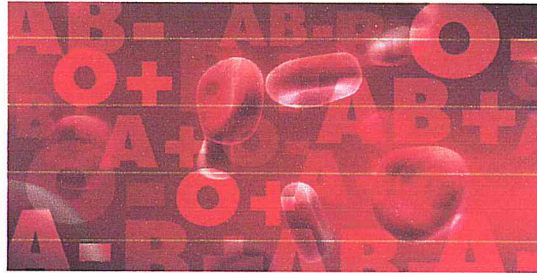


Figure I.11. Les groupes sanguins

Le groupage sanguin est une méthode de dire que ce type spécifique de sang que vous avez. Comment peut-on savoir à quel type de groupe sanguin appartient-il ? Il y a certaines protéines, appelées antigènes, sur vos globules rouges.

Le sang est souvent regroupé selon le système ABO des groupes sanguins. Cette méthode permet de les différencier en quatre types: (A, B, O, AB).

Votre type de sang (ou le groupe sanguin) dépend des types qui ont été transmis à vous de vos parents.

L'analyse ADN - L'analyse des empreintes génétiques est devenue en quelques années l'un des outils majeurs de la criminalistique, la science de l'identification des indices matériels. L'analyse de l'ADN est couramment utilisée en criminologie pour identifier une personne à partir d'un morceau de peau, d'un cheveu ou d'une goutte de sang. Souvent les échantillons d'ADN trouvés sur le lieu du crime sont trop infimes pour être analysés. Mais il existe des appareils d'amplification en chaîne par polymérase (PCR) qui utilisent le même procédé naturel que l'ADN pour recopier et amplifier. Ils procurent ainsi aux criminalistes des brins d'ADN répliqués et exploitables.

I.3.2.3.c. Les Cheveux et les Poils

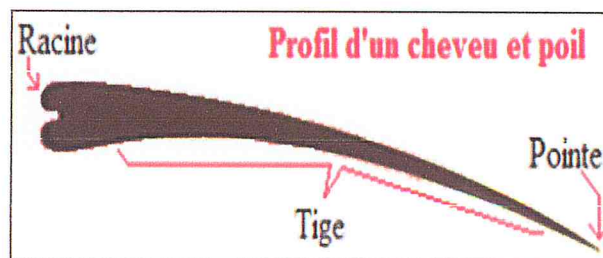


Figure I.12. Profil d'un cheveu et poil

Rudolf Virchow, médecin et anthropologue allemand, étudia pour la première fois en 1869 des poils humains. En 1910, V. Balthazard, professeur de médecine à la Sorbonne, et M. Lambert publièrent la première étude approfondie. En effet, l'examen de cheveux ou de poils permet d'identifier certaines caractéristiques propres à chaque individu, et d'apporter des éléments d'identification intéressants.

I.3.2.4. Les Autres Techniques

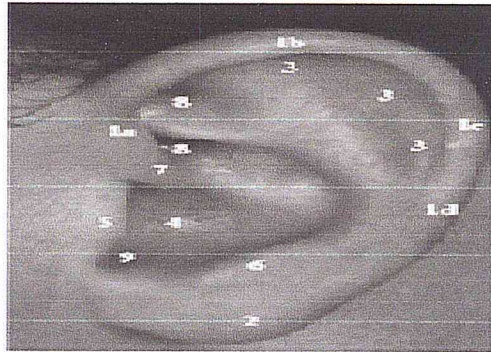


Figure I.13. L'oreille

Comme l'iris, le visage ou la voix, d'autres techniques ont été développées ces 20 dernières années dans le but spécifique d'effectuer l'authentification ou l'identification d'une personne. Ses recherches ont permis de mettre sur le marché des dispositifs de reconnaissance de la rétine, de la signature, ou encore de la dynamique de frappe au clavier. Mais d'autres champs restent à explorer et certaines de nos caractéristiques sont encore à l'étude dans divers laboratoires.

Parmi les systèmes à l'étude, on peut citer : la géométrie de l'oreille (ce principe peut être parfois utilisé par la police pour identifier un individu à partir d'une photo prise sur le lieu d'un délit), la démarche, la denture, le dessin des lèvres, l'odeur corporelle, les battements du cœur, l'analyse des pores de la peau, la salive, l'irrigation sanguine et bien d'autres.

Les recherches dans le domaine de la biométrie ne sont donc pas encore terminées. Toutefois, il est encore trop difficile de leur prédire lesquelles de ces technologies auront un usage industriel.

I.4. Conclusion

À la fin de ce chapitre on a pu déterminer les différentes techniques de la biométrie utilisé au défi domaine d'application,

Parmi ces techniques on va parler dans le chapitre suivant sur la technique de la reconnaissance de visage qu'on a choisi pour l'utiliser dans notre projet.

Chapitre II : Caractéristique de détection de visage

II.1. Introduction

Dans ce chapitre on va clarifier notre choix de visage dans notre travail et expliquer différents méthodes utilisées pour appliquer cette technique.

II.2. Historique

La reconnaissance faciale automatique est un concept relativement nouveau. Développé dans les années 1960, a reconnaissance nécessaire à l'administrateur de localiser des caractéristiques.

❖ **Premier système semi-automatisé(1960) :**

Les premiers programmes semi-automatiques reconnaissance faciale ont été créés par Woody Bledsoe, Helen Chan Wolf, et Charles Bisson.

- **Fonctionnalité :** Leurs programmes est nécessaires à l'administrateur de localiser des fonctionnalités telles que les yeux, les oreilles, le nez et la bouche sur la photo. Il calcule ensuite les distances et les ratios à un point de référence commun qui a ensuite été comparé aux données de référence.

❖ **Goldstein, Harmon, and Lesk(1970) :**

- **Fonctionnalité :** utilise 21 marqueurs subjectifs spécifiques, tels que la couleur des cheveux et de l'épaisseur des lèvres, pour automatiser la reconnaissance. Les mesures et les emplacements nécessaires pour être calculées manuellement, en utilisant le programme d'exiger beaucoup de temps de travail.

❖ **Kirby and Sirovich(1988) :**

- **Fonctionnalité :** Appliqué l'analyse principe des composants(DCT), une technique d'algèbre linéaire standard(LDA), le problème de la reconnaissance des visages. Considéré comme un jalon, car il a montré que moins d'une centaine de valeurs ont été nécessaires pour coder avec précision un visage aligné et normalisé approprié.

❖ **Turk and Pentland(1991) :**

- **Fonctionnalité:** Découvert que tout en utilisant les techniques d'eig en faces (PCA technique) l'erreur résiduelle pourrait être utilisée pour détecter les visages dans les images, une découverte qui a permis à des systèmes automatisés de reconnaissance de visages en temps réel fiables. Bien que l'approche ait été limitée par des facteurs environnementaux, il a créé un intérêt significatif pour promouvoir le développement des techniques de reconnaissance faciale automatisée.

Depuis, avec le développement technologique plusieurs techniques de reconnaissance des visages ont été proposées.

II.3. Pour quoi Choisir le Visage

Il y a nombre de raisons de choisir la reconnaissance du visage. Cela comprend les éléments suivants :

- il ne nécessite aucune interaction physique pour le compte de l'utilisateur.
- il est précis et permet des taux d'inscription et de vérification élevés.
- il ne nécessite pas un expert pour interpréter le résultat de la comparaison.
- il peut utiliser l'infrastructure de votre matériel existant, les caméras existantes et des dispositifs de capture d'image ne fonctionneront sans aucun problème
- il est le seul biométrique qui vous permet d'effectuer l'identification passive dans un à. De nombreux environnements (par exemple : identifier un terroriste dans un terminal de l'aéroport occupé.

II.4. Principale Contrainte de la Reconnaissance Faciale

Malgré les privilèges nécessaires disponibles a la technique de reconnaissance faciale elle est reste encore quelques défis qui a besoin à développer des techniques pour y faire face.

Parmi les obstacles les plus importants auxquels est confrontée la reconnaissance faciale sont :

- ❖ **Eclairage** : Parce que l'image est principalement composée a des pixels, d'éclairage est devenu l'une des plus grandes préoccupations qui affectent sur le fonctionnement des systèmes de reconnaissance faciale, où la bonne étude des pixels disposition d'un éclairage approprié lorsque on capture l'image qui se contribue à appliquer les différentes techniques de reconnaissance visage dans les meilleures conditions.
- ❖ **Position de visage** : Les systèmes de reconnaissance faciale nécessitent d'un bon capteur image, pour cela il a besoin de prendre quelques échantillons d'une personne par prendre des capteurs sur différentes positions visage.

II.5. Architecteur d'un Système de Reconnaissance Visage

Toutes les techniques d'identification ou d'authentification fonctionnent en utilisant ces étapes suivantes :

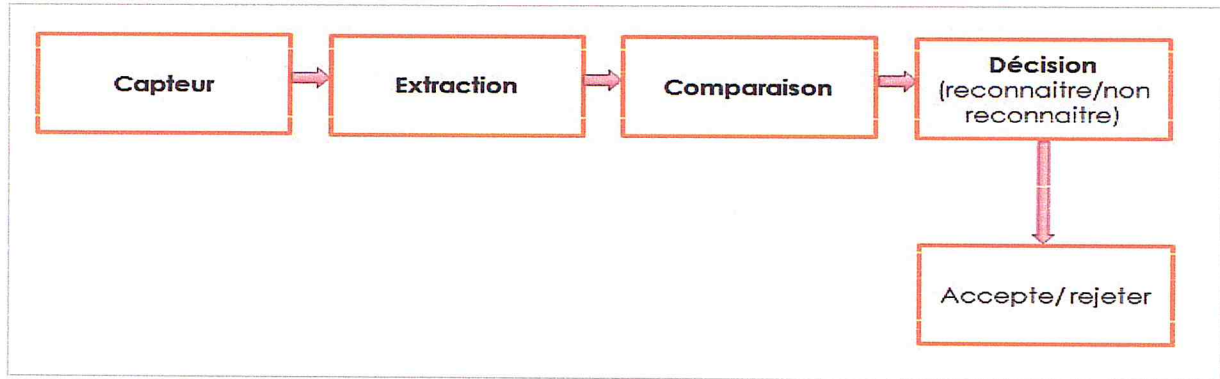


Figure II.1 Architecteur d'un système de reconnaissance visage

- a. **Capture:** Capture: un échantillon physique ou comportemental est capturé par le système lors de l'inscription et également dans le processus d'identification ou de vérification.
- b. **Extraction:** donnée unique est extraite de l'échantillon et un gabarit est créé.
- c. **Comparaison:** le modèle est ensuite comparé à un nouvel échantillon.
- d. **Décision:** le système décide si les caractéristiques extraites des nouveaux échantillons sont d'un match ou d'un match de non.

II.6. Les Méthodes de Reconnaissance Faciale

II.6.1. Les Méthodes Globales

Ce type de méthodes extrait généralement des caractéristiques de l'image entière du visage.

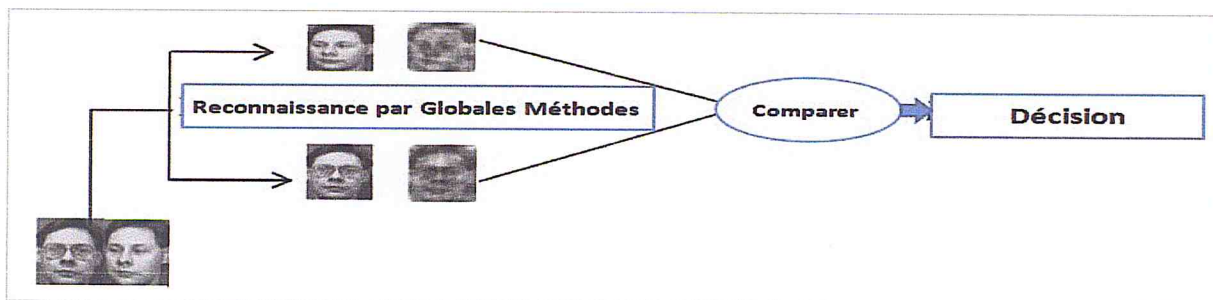


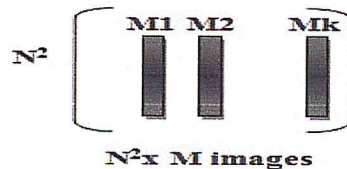
Figure II.2. La reconnaissance visage utilisé les méthodes Globale

II.6.1.a. Analyse en Composante Principale (PCA ou Eigen Faces)

Analyse en composante Principale (PCA), Il est aussi connu sous le nom d'Eigenfaces car il utilise des vecteurs propres et des valeurs propres (respectivement Eigenvectors et Eigenvalues en anglais) ; fait référence à une approche basée sur l'apparence à la reconnaissance du visage qui cherche à capturer la variation dans une collection d'images de visage et d'utiliser ces informations pour coder et comparer des images de visages dans une approche Globale [4].

L'idée d'utiliser des composants principaux pour représenter des visages humains a été développée par Sirovich et Kirby (Sirovich et Kirby 1987) et utilisé par Turk et Pentland (Turk et Pentland 1991) pour la détection des visages et la reconnaissance.

L'idée principale est de représenter chaque M image du visage de forme $N \times N$ pixels en sous-forme de vecteur N^2 ($N \times N$. Pixels) \times M (images).



Cette nouvelle représentation des images représente des vecteurs propres de la matrice de covariance de l'ensemble des images de visages, où une image de $N \times N$ pixels est considérée comme un point (ou vecteur) dans un espace à N dimensions.

L'approche PCA est considérée par beaucoup comme un a des premières techniques qui utilisent dans le domaine reconnaissance faciale en travaillant, et il a servi de base pour l'un des meilleurs produits de la technique de reconnaissance des visages commerciaux, il considère comme une méthode de comparaison de référence pour démontrer l'efficacité minimale d'un tel système.

La motivation de l'utilité de la technique PCA est de:

- L'extraire des informations financières pertinentes, qui peuvent ou peuvent ne pas être directement lié à l'intuition humaine des traits du visage comme les yeux, le nez et les lèvres. Une façon de le faire est de capturer la variation statistique entre les images de visage.
- Représenter les images de visage efficace. Afin de réduire la complexité de calcul et de l'espace, chaque image de visage peut être représentée à l'aide d'un petit nombre de paramètres.

II.6.1.b. Analyse Discriminante Linéaire (LDA)

Ce principe de cette méthode est de trouver une combinaison linéaire de fonctions qui caractérise ou sépare deux ou plusieurs classes d'objets ou d'événements. La combinaison résultante peut être utilisée comme un classificateur linéaire ou, plus couramment, pour la réduction de dimensionnalité avant la classification ultérieure.

Après la construction de l'ensemble des modèles (images de visage), où chaque individu représenté par k modèles, on doit représenter Chaque individu par une classe

Le but de cette classification est de trouver une projection optimale W qui maximise la dispersion intra-classe, tout en minimisant la dispersion interclasse.

Ce Dispersion entre les classes (individus) donnée un meilleur avantage dans le domaine de la reconnaissance de visage, étant donné que la bonne séparation entre les individus facilite l'identification et la vérification d'un système de reconnaissance faciale.

II.6.1.c. Machine à Vecteurs de Support (SVM)

SVM (Machine à Vecteurs de support) a été développés dans les années 1990 à partir des considérations théoriques de V. Vapnik sur le développement d'une théorie statistique de l'apprentissage.

Les machines à vecteurs de support (SVM) sont l'une des techniques les plus utiles dans les problèmes de classification, et que la reconnaissance faciale est un problème de classe K . où K est le nombre d'individus, en reformulant le problème de la reconnaissance des visages et l'interprétation de la sortie du classificateur SVM .

Le problème de la reconnaissance du visage est formulé comme un problème dans l'espace de différence, qui modélise dissemblances entre deux images faciales. Dans l'espace de différence, on représente la reconnaissance du visage comme un problème à deux classes. Les classes sont: les similitudes entre les visages de la même personne, et dissemblances entre les visages de personnes différentes.

II.6.1.d. Réseaux de Neurones

Le réseau de neurones appelé réseau de reconstruction, réalise une projection non linéaire du visage présenté en entrée sur un sous-espace et puis reconstruit un visage de référence choisie au préalable. Cette approche, inspirée des travaux de Duffner et Garcia [5].

Cette technique envisagée utilise des réseaux de neurones comme Engin d'apprentissage et de reconnaissance. Pour débiter, une image brute (ou prétraitée) de dimensions fixe constitue habituellement la source d'entrer des réseaux. Les dimensions doivent être établies au préalable car le nombre de neurones sur la couche d'entrée en dépend.

Cela étant dit, plus les dimensions de l'image sont élevées, plus la complexité et le temps d'apprentissage augmentent.

II.6.2. Les Méthodes Locales

Ces méthodes divisent généralement l'image du visage en plusieurs composants à partir desquels peuvent extraire des caractéristiques séparément (Figure III.3).

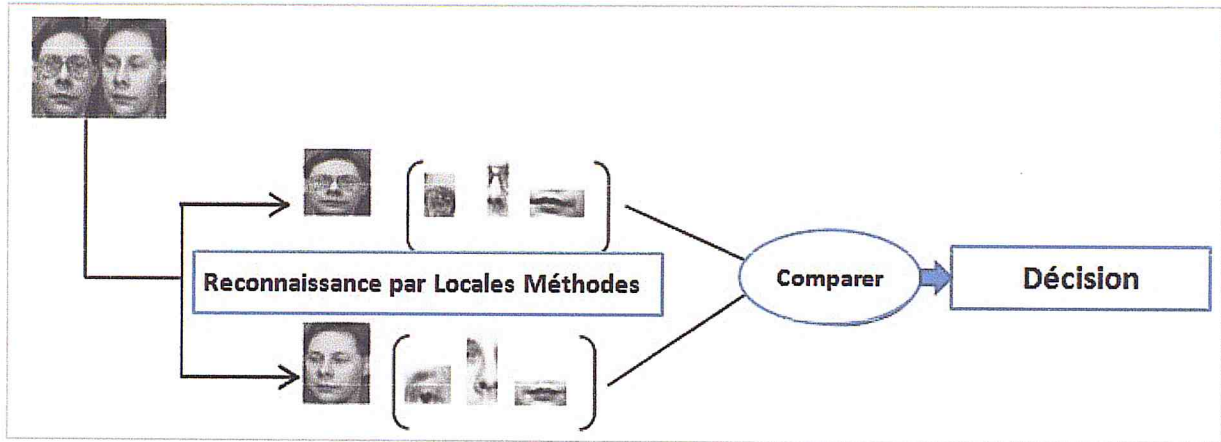


Figure IV.3 La reconnaissance visage utilisé les méthodes Locales

II.6.2.a. Weber Local Descripteur (WLD):

Elle est basée sur le fait que la perception humaine d'un modèle dépend non seulement de la variation d'un stimulus (par exemple, son, lumière), mais aussi de l'intensité initiale du stimulus. Plus précisément, WLD se compose de deux éléments: excitation et d'orientation différentielle. La composante d'excitation différentielle est une fonction du rapport entre les deux termes: l'un est la différence d'intensité relative d'un pixel courant par rapport à ses voisins, et l'autre est l'intensité du pixel courant. Le composant d'orientation est l'orientation du gradient du pixel courant. Pour une image donnée.

La loi de Weber suggère que le rapport entre le seuil d'incrément et de perception de l'intensité d'arrière-plan est une constante, et il peut être défini comme étant l'équation :

$$\frac{\Delta I}{I} = k$$

Où I est l'intensité d'arrière-plan, ΔI est le seuil d'augmentation de la perception, et k est une constante, qui est habituellement considérée comme fraction de weber.

II.6.2.b. Motif Binaire Local (LBP)

Motif binaire local (LBP) caractéristiques sont rentré dans diverses applications, y compris la classification de texture et segmentation, la recherche d'images et d'inspection de surface.

L'opérateur de LBP originale marque les pixels d'une image par seuillage du quartier 3 par 3 de chaque pixel avec la valeur de pixel central et considérant le résultat comme un nombre binaire.

On applique la formule suivante:

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^7 s(i_n, i_c) 2^n$$

où i correspond à la valeur du pixel central (y, y) , et i à la valeur des huit pixels qui l'entourent, et la fonction s'est définie comme :

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

La figure 2 montre un exemple de calcul de la lombalgie.

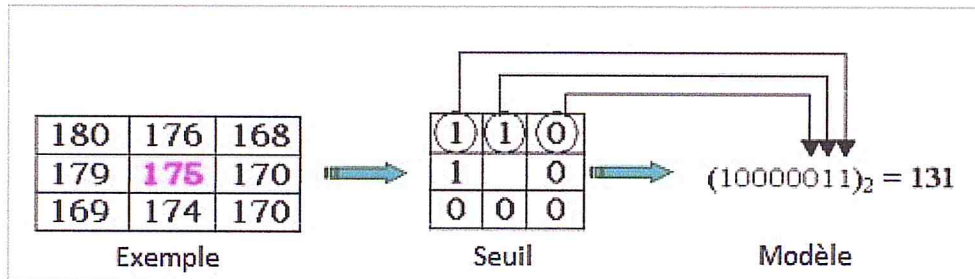


Figure II.4. Exemple de calcul de LBP

Les 256-bin histogrammes des étiquettes calculées sur une image peuvent être utilisés en tant que descripteurs de texture. Chaque bac d'histogramme (LBP Code) Peut-être considéré comme un microtexte ou primitive locale qui sont codifiés par ces bacs comprennent différents types de bords arrondis, des taches, des zones plates, etc. [6]

II.6.3. Les Méthodes Hybride

C'est la combinaison entre les deux méthodes Globales et Local, il doit utiliser à la fois des caractéristiques locales et de la région du visage entier pour que reconnaître un visage. Cette méthode pourrait offrir le meilleur des deux types de méthodes [7].

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents algorithmes utilisés dans la reconnaissance de visage par expliquer ses caractéristiques et leur méthodologie de travail,

Pour assurer l'utiliser d'une bonne méthode de reconnaissance de visage on va voir dans la partie suivant notre technique qu'on la défini dans notre projet.

Chpitre III: Caractéristique de Detection de visage

III.1. Transformée en Cosinus Discrète(DCT)

III.1.1. Introduction

Après l'étude de différentes techniques qui implémentent les systèmes de la reconnaissance de visage, on va présenter dans ce chapitre notre technique qui on a choisi d'utiliser pour le développement de notre système mobile.

On connaîtra dans le domaine du traitement d'image que ce dernier représenté par énorme quantité de pixels, pour cela la compression d'images de visage doit être une phase essentielle avant de l'appliquer dans les techniques de la reconnaissance de visage. Dans ce chapitre on va expliquer une des méthodes de la compression des images la DCT.

Ensuite On va expliquer les différentes étapes d'implémentation la techniques PCA et LDA dans la reconnaissance de visage.

III.1.2. Introduction a La Transformée en Cosinus Discrète(DCT)

La transformée en cosinus Discrète(DCT) est une technique populaire dans l'imagerie et la vidéo compression, qui a été appliqué d'abord dans l'image compression en 1974 par Ahmed et al. En 1992, la première standard internationale pour la compression d'image, connu le joint Photographie Experts Groupe (JPEG), était établi avec l'encodeur et le décodeur DCT [dct88].

La transformation en cosinus discrète (DCT) est une inversible transformation linéaire qui peut exprimer une séquence finie des données des points en fonction d'une somme de fonctions cosinus oscillant à des fréquences différentes. Le signal d'origine est converti en le domaine fréquentiel en appliquant la transformée de DCT directe et il est possible de reconverter le signal transformé au domaine d'origine en appliquant la transformation inverse DCT.

III.1.3. Pourquoi la DCT (motivation)

Ce type de transformée en fréquence est réel, orthogonal et séparable, et des algorithmes pour son calcul se sont révélés informatiquement efficaces. En fait, la DCT a été utilisée comme traitement principal outil de compression de données / décompression image internationale et de codage vidéo normes (Rao et Hwang 1996).

Parmi ces avantages :

- faire la compression sur les images pour réduire l'exigence traitement.
- est un bon compromis entre l'énergie capacité d'emballage et de la complexité calculatoire.

À l'inverse, la fonction de définition de l'DCT est donnée par:

$$f(u) = a(u) \sum_{x=0}^{N-1} F(x) \cdot \cos \left[\frac{\pi(2x+1)u}{2N} \right] \quad (4)$$

➤ **DCT 2Dimonsion :**

La transformation en cosinus discret est l'une des nombreuses transformations qui prend son entrée et le transforme en une combinaison linéaire de fonctions de base pondérées. Ces fonctions de base sont souvent sous la forme des composants de fréquences. Le 2-D DCT est calculé en 1-D DCT appliquée deux fois, une fois dans la direction x, et encore une fois dans la direction y. La discrète est transformée en cosinus d'un f N x M de l'image (x, y) est défini par:

$$F(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} a(u) a(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \cdot \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2M} \right] \quad (5)$$

Avec :

$$a(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}} & \text{pour } n = 0 \\ 1 & \text{pour } n > 0 \end{cases}$$

La transformation inverse est définie par:

$$f(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} a(u) a(v) C(u, v) \cdot \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2M} \right] \quad (6)$$

Dans le calcul du 2-D DCT, factorisation réduit le problème de l'application d'une série de 1-D calculs DCT. Les deux étapes interchangeables dans le calcul de la 2-D DCT sont:

Étape 1: Appliquer 1-D DCT (verticalement) pour les colonnes.

Étape 2: Appliquer 1-D DCT (horizontalement) pour donner de l'étape 1.

Étant donné la Figure III.2 est une représentation visuelle de la façon dont le 2-D DCT fonctionnent.

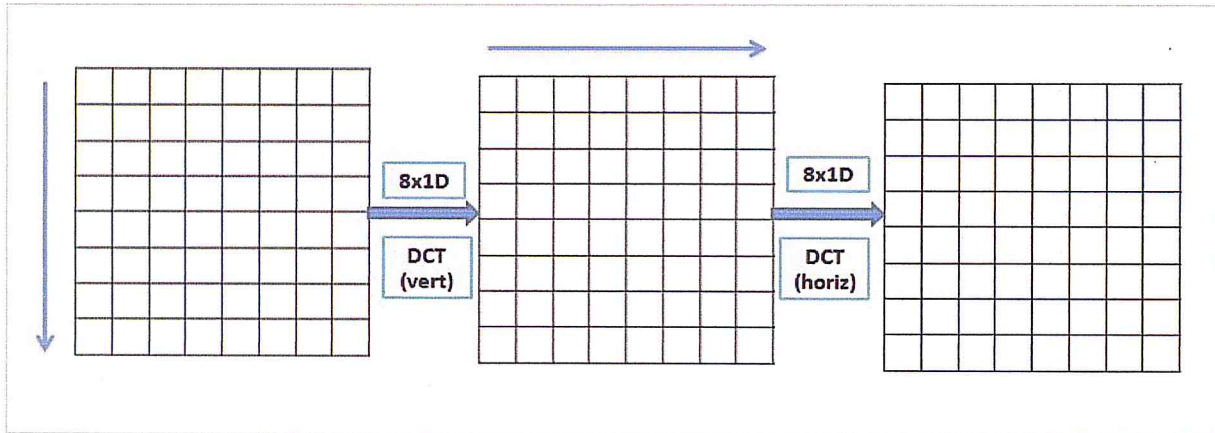


Figure III.2. Générique processus 2D DCT.

Dans la plupart des systèmes de compression tels que JPEG et MPEG, typiquement un 8×8 ou 16×16 sous-images, ou bloc, de pixels (8×8 est optimale pour un compromis entre la compression l'efficacité et la complexité des calculs) est utilisé pour appliquer le 2-D TCD. Le DCT permet de séparer l'image en parties (ou sous-bandes spectrales) des différentes importances (par rapport à la qualité visuelle de l'image). DCT transforme l'entrée en combinaison linéaire de fonctions de base pondérées. Ces fonctions de base sont la fréquence les composantes des données d'entrée. Pour la plupart des images, une grande partie de l'énergie du signal se trouve au bas les fréquences (correspondant à de grandes magnitudes de coefficients DCT); ceux-ci sont transférés au coin supérieur gauche de la DCT. À l'inverse, les valeurs inférieures droites de la matrice DCT représentent des fréquences plus élevées, et se révéler moins grande ampleur, d'autant plus qu' u et v approche de la largeur et la hauteur de sous-image, respectivement.

III.1.5. Norme de la DCT

III.1.5.1. Découpage l'Image en Bloc 8×8

Avant de commencer, il convient de noter que l'image en gris des valeurs de pixel (niveaux de gris) allant de 0 à 255 en étapes de 1, où le noir pur est représenté par 0. et blanc pur par 255. Ainsi, on peut voir comment une photo, illustration, etc. peut être représenté avec précision par ces 256 nuances de gris.

Dans le concept des images que nous le connaissons est constitué d'une énorme quantité de pixels, et en raison de performance et complexité de calcul qui ce conviennent plus grand de temps pour le traitement des images, on va traiter une image par diviser ce dernier a des blocks ou chaque block est de 8×8 de pixels qu'est-ce que 64 pixels par un block,

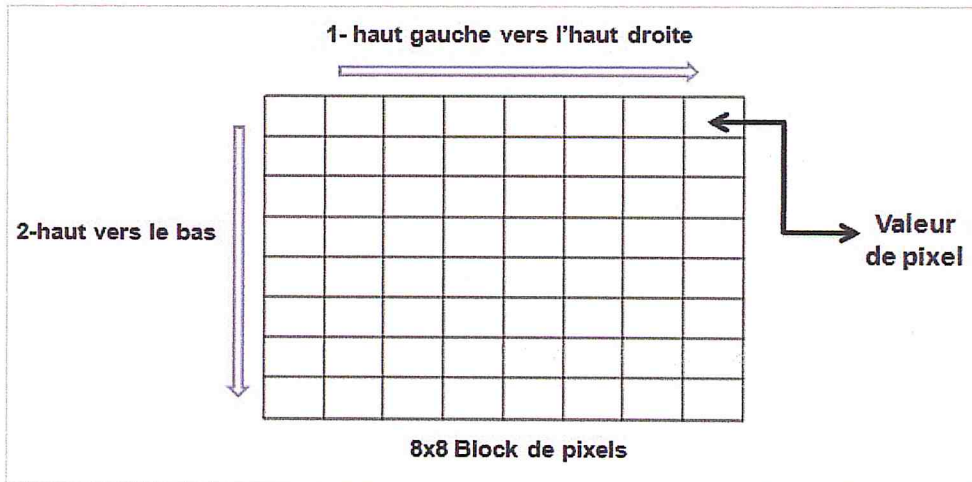


Figure III.3. L'ordre l'application la DCT sur les blocks

Cette matrice de bloc se compose désormais de 64 coefficients DCT, C_{ij} où i et j allant de 0 à 7.

Voici un schéma expliquant les étapes de l'application de la DCT par bloc sur une Image :

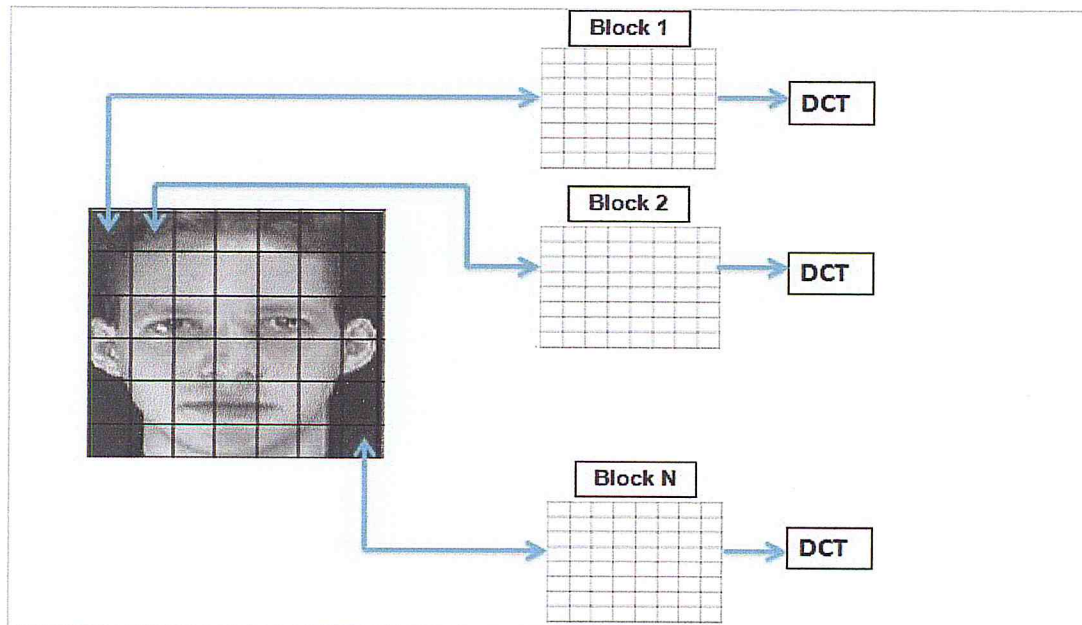


Figure III.4. Application DCT par Block

Cette Figure (Figure III.2.) montre que qu'un bloc de pixels d'image est fait pour chacun d'eux, dans l'ordre précédemment spécifié, on commence par haut gauche vers le haut droite et on continue de faire ça de haut vers le bas

III.1.5.2. Chevauchement des Blocs

En divisant l'image en plusieurs Blocs et appliquent la DCT à chaque bloc séparément affaiblir la relation entre les pixels de l'image, pour éviter ce discontinuité on applique la méthode de chevauchement horizontal et verticale.

Exemple :

On va Appliquer le chevauchement de 50% :

On applique la DCT sur un bloc b_i ensuite Au lieu de faire la même procédure pour le block voisin b_{i+1} on va prendre le 50% de pixels de block b_i et la 50% pixel de block b_{i+1} ca nous donne un block de 100% pixels (8x8) Appliquez-le la DCT, on continue à faire le chevauchement sur les blocks de l'image horizontale et vertical.

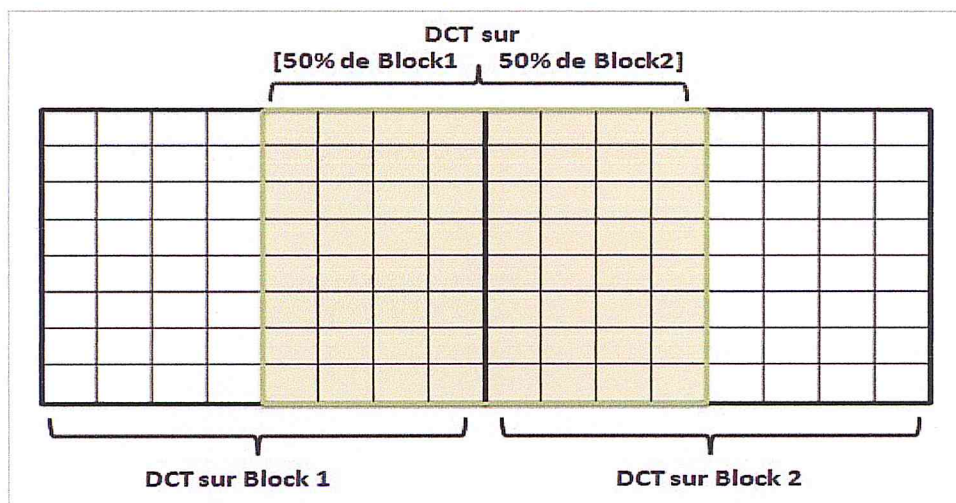


Figure III.5. Méthodes de Chevauchement des Blocks

Cette figure représente les étapes d'application la DCT sur les Blocks on utilise le Chevauchement des blocks :

1-appliquer la DCT sur le block1.

2-appliquer la DCT sur le block qui est construit par le 50% de pixels de block1 et 50% de pixels de block2.

3-appliquer la DCT sur le block2.

III.1.5.3. La Sélection des Coefficients

L'étape finale de la compression d'image est appelé "codage entropique", ce qui est le mécanisme de la manière dont les coefficients de la matrice finale sont encapsulés.

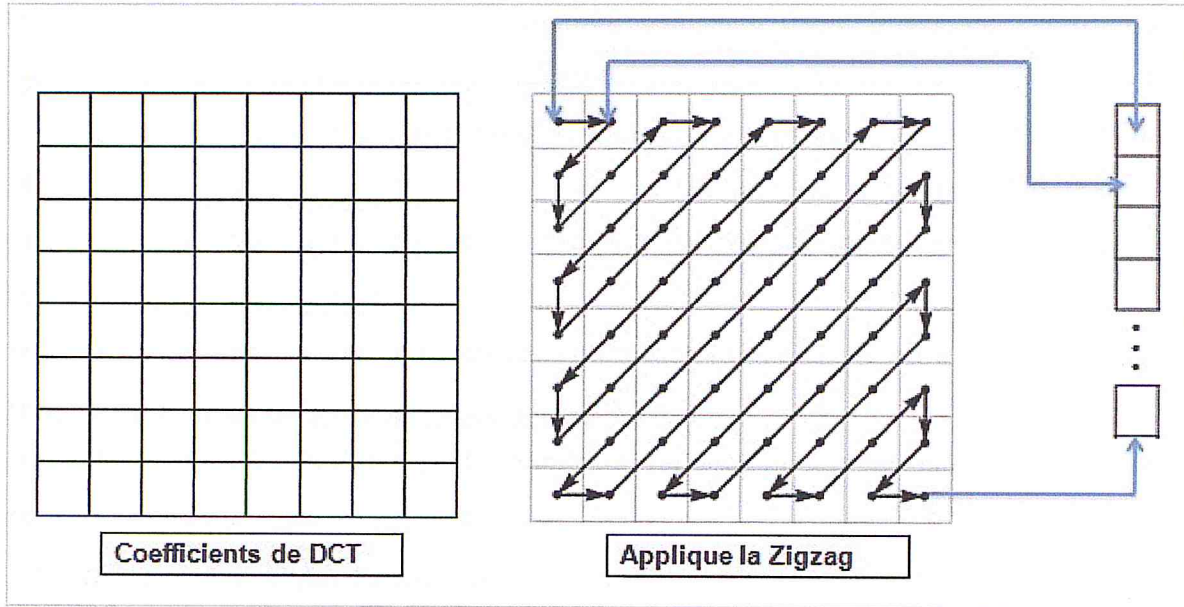


Figure III.6. Zigzag scanning

La technique utilisée est un algorithme fait la compression de la matrice, car il est souvent redondance des multiples occurrences de valeurs répétées. Cela fonctionne particulièrement bien parce que, plutôt que de lire simplement les valeurs dans un format traditionnel, la grille, le flux d'entrée à la compression en **Zigzag** à travers la matrice en partant du coin supérieur gauche, et se terminant en bas à droite.

III.2. Analyse en Composantes Principales (PCA)

III.2.1. Introduction

Parmi les différentes techniques de la reconnaissance de visage qu'on a vu dans le chapitre II, on a choisit les deux techniques PCA (l'Analyse en Composantes Principales) et LDA (l'Analyse discriminante linéaire) dans notre système vu que elles soient classés comme des techniques les plus performantes au domaine de la reconnaissance de visage.

on va commencer par expliquer la technique PCA (l'analyse en Composantes Principales) et défini ses différentes étapes d'implémentation.

III.2.2. Introduction à l'Analyse en Composantes Principales (PCA)

Dans le domaine de la reconnaissance faciale, la dimension des images du visage est très élevée et nécessite beaucoup de temps de calcul pour la classification. La classification et le temps de la reconnaissance ultérieure peut être réduit en réduisant la dimension des données d'image.

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes populaires utilisées pour l'extraction de caractéristiques et de représentation des données. Il permet non seulement de réduire la dimension de l'image, mais conserve également certaines des variations dans les

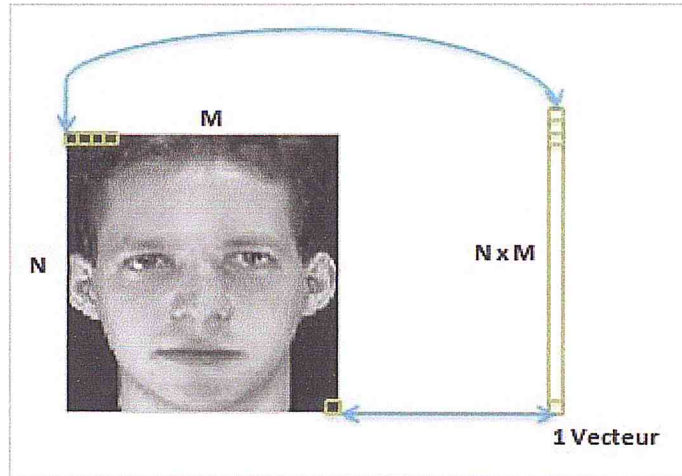


Figure III.8. Représentation l'image comme une seule vectrice.

À la fin on aura une matrice de $(N \times M) \times K$ images.

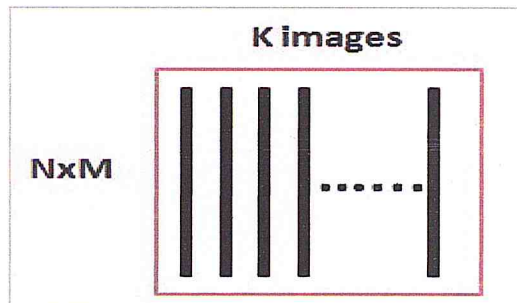


Figure III.9. La représentation vectrice des images.

Etape 3 : Calculer le visage moyen vecteur Ψ :

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \quad (7)$$

❖ **Exemple** : comme on a vu dans l'étape 2 on prend en compte comme un exemple 3 images de 3x2 dimensions ensuite on converti chaque image comme un vecteur de 6x1 dimensions.

image 1	image2	image3		
6	4	8		6
15	7	2		8
2	10	9		7
1	2	3	=	2
1	9	5		5
Γ_1	Γ_2	Γ_3		Ψ

Etape 4 : Soustraire de chaque vectrice image Γ_i le visage moyen vecteur Ψ

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi$$

image1	image2	image3				
6	4	8				
15	7	2				
2	10	9	-			
1	2	3				
1	9	5				
Γ_1	Γ_2	Γ_3				
6	8	7				
8	7	2				
7	2	5	=			
0	-2	2				
7	-1	-6				
-5	3	2				
-1	0	1				
-4	4	0				
Ψ	Φ_1	Φ_2	Φ_3			

III.2.3.2. Déterminant les Valeurs Propres et Vectrices Propres

Afin de nous construire notre base des données d'apprentissage on passe à la partie où on va déterminer les valeurs propres et vectrices propres, cette partie se déroule sur 2 étapes (étape 5,6) qui agrémentent les étapes de partie L'extraction des paramètres :

Etape 5 :

Calculer la matrice de covariance C:

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \Gamma_n^T = AA^T \tag{8}$$

Où $A = [\Phi_1 \ \Phi_2 \ \dots \ \Phi_n]$ (9)

0	-2	2				
7	-1	-6				
-5	3	2				
-1	0	1	x			
-4	4	0				
A						
0	7	-5	-1	-4		
-2	-1	3	0	4		
2	-6	2	1	0		
			A^T			
2.66	-3.33	-0.66	0.66	-1.33		
-3.33	28.66	-16.6	-4.3	-10.6		
-0.66	-16.6	12.6	2.3	10.6		
0.66	-4.33	2.33	0.6	1.33		
-2.66	-10.6	10.6	1.33	10.6		
			AA^T			

Etape 6 :

Cette étape consiste à calculer les vecteurs propres et les valeurs propres de cette matrice de covariance AA^T de taille $(N \times N)$, c'est-à-dire de l'ordre de la résolution d'une image. Le problème est que cela peut parfois être très difficile et très long de calculer les vecteurs propres et les valeurs propres ! En effet, si $N > M$ (si la résolution est supérieure au nombre d'images), il y aura seulement $M - 1$ vecteurs propres qui contiendront de l'information (les vecteurs propres restants auront des valeurs propres associées nulles). Par exemple, pour 100 images de résolution 320×240 , nous pourrions résoudre une matrice $A^T A$

de 100×100 au lieu d'une matrice AA^T de 76800×76800 pour ensuite prendre les combinaisons linéaires appropriées des images Φ_i . Le gain de temps de calcul serait considérable ! Typiquement, nous passerions d'une complexité de l'ordre du nombre de pixels dans une image à une complexité de l'ordre du nombre d'images.

Voici comment procéder pour accélérer les calculs : considérons les vecteurs propres e_i de $C = AA^T$, Associe aux valeurs propres λ_i . On a :

$$Ce_i = \lambda_i e_i \quad (9)$$

Les vecteurs propres V_i de $L = A^T A$, associés aux valeurs propres μ_i sont tels que :

$$LV_i = \mu_i V_i \quad (10)$$

Soit : $A^T AV_i = \mu_i V_i$ En multipliant à gauche par A des deux côtés de l'égalité, nous obtenons:

$$A (A^T AV_i) = A (\mu_i V_i) \quad (11)$$

Puisque $C = AA^T$, nous pouvons simplifier : $C(AV_i) = \mu_i(AV_i)$

De (12) et (13), nous voyons qu' AV_i et μ_i sont respectivement les vecteurs propres et les valeurs propres de C :

$$\begin{cases} e_i = AV_i \\ \lambda_i = \mu_i \end{cases}$$

Nous pouvons donc trouver les valeurs propres de cette énorme matrice C en trouvant les valeurs propres d'une matrice L beaucoup plus petite. Pour trouver les vecteurs propres de C, il suffit juste de pré-multiplier les vecteurs propres de L par la matrice a. Les vecteurs propres sont trouvé ensuite ordonnés selon leurs valeurs propres correspondantes, de manière décroissante. Plus une valeur propre est grande, plus la variance capturée par le vecteur propre est importante. Cela implique que la majeure partie des informations est contenue dans les premiers vecteurs propres.

III.2.3.3. La Reconnaissance

Après la détermination des valeurs propres et vectrices propres on passe à la dernière partie qui est la reconnaissance de visages.

Étape 7 :

Cette étape est divisée en 3

- 1-la projection d'images de départ sur les eigenfaces.
- 2-la projection de l'image de test sur les eigenfaces.
- 3- déterminé la distance euclidienne entre les deux projections.

1-la projection d'images de départ sur les eigenfaces :

Nous allons maintenant projeter nos images de départ Φ_i (les images Γ_i soustraire le visage moyen vecteur Ψ) sur E_V . Une image Γ_i est alors transformée en ses composantes Eigenfaces par une simple opération de projection vectorielle :

$$\omega_k = e_k^T (\Gamma_i - \Psi) \quad (12)$$

avec $k = 1, \dots, M$ eigenface et $i=1, \dots, K$ images

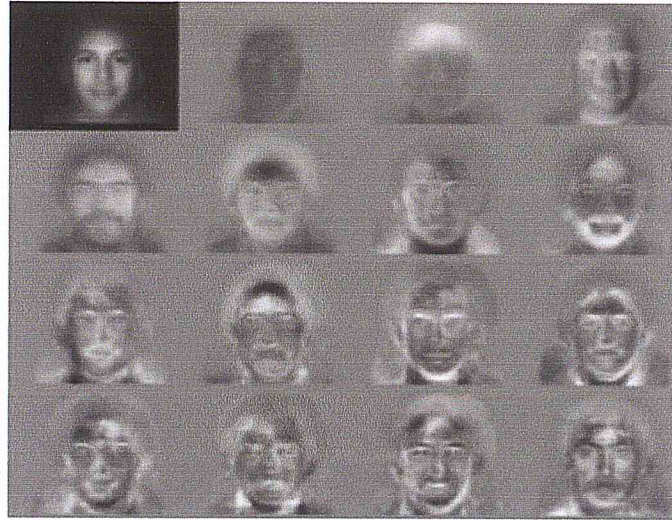


Figure III.10. Image moyenne et les 15 Eigenfaces.

Les vecteurs ω_k sont appelé poids et forment une matrice $\Omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M]$ qui décrit la contribution de chaque eigenface dans la représentation de l'image d'entrée. La matrice Ω est alors utilisée pour trouver quelle est, parmi un nombre prédéfini de classes, celle qui décrit le mieux une image d'entrée.

2 - la projection de l'image de test sur les eigenfaces :

C'est la même procédure comme on a fait avec le projection d'images de départ sur les eigenfaces,

Une image Φ (l'image de test Γ Soustrayait Le visage moyen vecteur Ψ de toutes les images de départ) projetées sur les eigenfaces par une simple opération de projection vectorielle :

$$\omega_T = e_k^T (\Gamma_T - \Psi) \quad (13)$$

avec $k = 1, \dots, M$ eigenface

3-déterminer la distance euclidienne entre les deux projections.

C'est la méthode la plus simple pour déterminer quelle classe de visage fournit la meilleure description d'une image d'entrée et de trouver la classe de visage k qui minimise la distance Euclidienne.

$$\epsilon_k^2 = \|\Omega_T - \Omega_K\|^2 \quad (14)$$

Où Ω_K est un vecteur qui décrit la k classe de visage.

Un visage est classifié comme appartenant à la classe k lorsque le minimum ϵ_k est inférieur à un certain seuil choisi θ_c , sinon le visage est classifié comme inconnue.

θ_c , est la moitié de la plus grande distance entre deux images de visage:

$$\theta_c = (1/2) \max_{j,k} \|\Omega_T - \Omega_K\|; \quad j, k = 1, \dots, M \quad (15)$$

Nous devons trouver la distance ϵ Entre l'image originale de test Γ et il est l'image reconstruite à partir de l'Eigenface Γ_f

$$\epsilon^2 = \|\Gamma - \Gamma_f\| \quad \text{Où} \quad \Gamma_f = \mathbf{e}_k * \Omega + \Psi \quad (16)$$

Si $\epsilon \geq \theta_c$ alors l'image d'entrée n'est même pas une image de visage et non reconnu.

Si $\epsilon < \theta_c$ et $\epsilon_k \geq \theta$ pour tout k alors l'image d'entrée est une image de visage, mais il est reconnu comme visage inconnu.

Si $\epsilon < \theta_c$ et $\epsilon_k < \theta$ pour tout k puis images d'entrée sont l'image individuelle du visage Associée au vecteur de classe.

III.2.4. PCA dans le Domaine DCT

Le visage est une structure multidimensionnelle complexe et nécessite de bonnes techniques de calcul pour la reconnaissance. Nos gâteries d'approche face à la reconnaissance comme un problème de reconnaissance à deux dimensions. Dans ce projet on va appliquer la PCA directement aux coefficients DCT.

L'espace de visage est défini par Eigenfaces qui sont vecteurs propres de l'ensemble des faces. Dans l'approche DCT nous prenons transformer l'image dans le domaine fréquentiel et extraire la caractéristique de celui-ci par diviser l'image de visage en blocs et prendre les coefficients DCT de chacun des blocs et ensuite extraire le vecteur de caractéristique d'eux. (Figure IV.5)

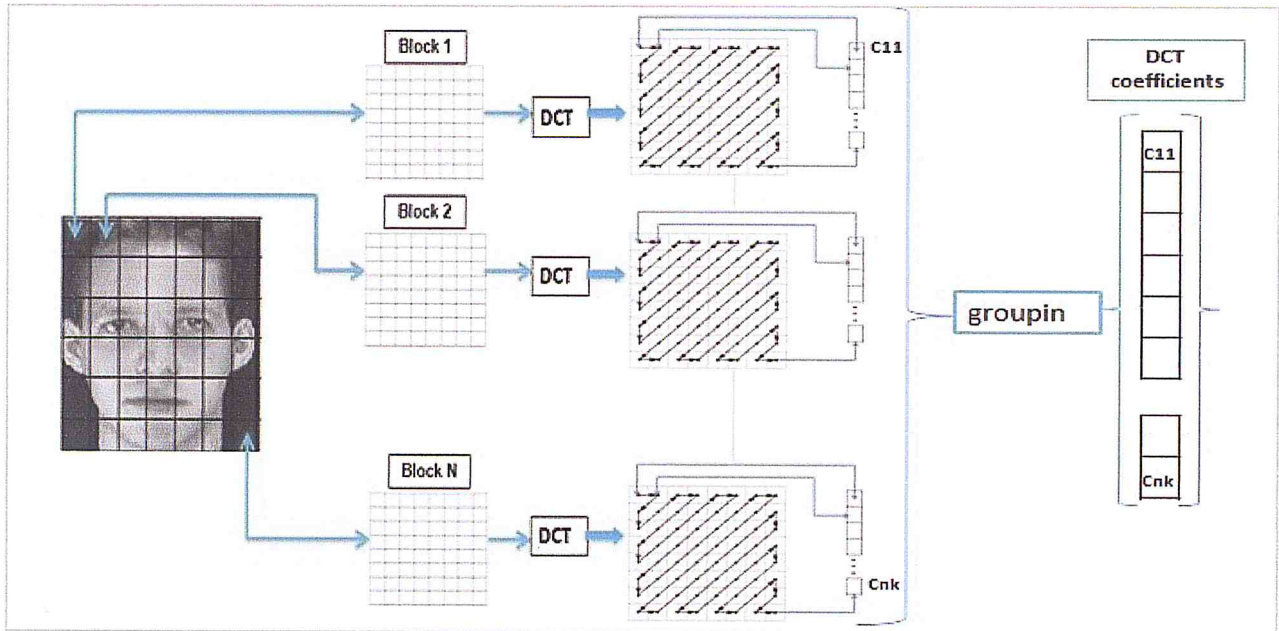


Figure III.11. Extraction de caractéristiques dans la DCT-PCA

III.3. Analyse discriminante linéaire (LDA)

III.3.1. Introduction

Dans cette phase on va définir la technique LDA (l'Analyse discriminante linéaire) et expliquer ces différentes étapes d'implémentation dans la reconnaissance de visage.

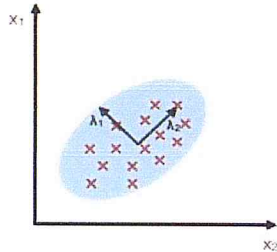
III.3.2. Introduction à l'Analyse Discriminante Linéaire (LDA)

L'algorithme LDA est né des travaux de Belhumeur et al. de la Yale Université (USA), en 1997. Il est aussi connu sous le nom de Fisherfaces.

Contrairement à l'algorithme PCA, l'algorithme LDA effectue une véritable séparation de classes (Figure V.1).

PCA:

Axes de composants qui maximisent la variance



LDA:

Maximale du composant axes pour la séparation de classes

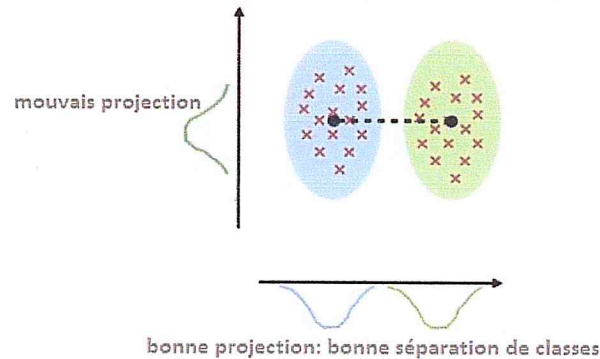


Figure III.12. Différence entre l'Algorithme PCA et LDA.

Pour pouvoir l'utiliser, il faut donc au préalable organiser la base d'apprentissage d'images en plusieurs classes : une classe par personne et plusieurs images par classe. Le LDA analyse les vecteurs propres de la matrice de dispersion des données, avec pour objectif de maximiser les variations inter-classes tout en minimisant les variations intra-classes.

III.3.3. LDA dans la Reconnaissance de Visages

Dans cette section, on va décrire les étapes d'utilisation LDA dans la reconnaissance visage.

III.3.3.1. L'Extraction des Paramètres

Cette partie se déroule sur 2 étapes (étape1, 2):

Etape 1 :

Tout comme dans le PCA (étape1 et 2), on rassemble les images de la base d'apprentissage dans une grande matrice d'images Γ où chaque colonne représente une image Γ_i .

Etape 2 :

Calculer le visage moyen vecteur Ψ :

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \tag{17}$$

III.3.3.2. La Classification sur les Images de la Base d'Apprentissage

Dans cette partie (étape 3,4) on va représenter le principe de la technique LDA qui se base sur la classification des données

Etape 3 :

On va appliquer cette classification à notre matrice d'images Γ de la base d'apprentissage ce qui est un ensemble des modèles (images de visage), où chaque individu représenté par k modèles, on doit représenter Chaque individu par une classe (figure class)

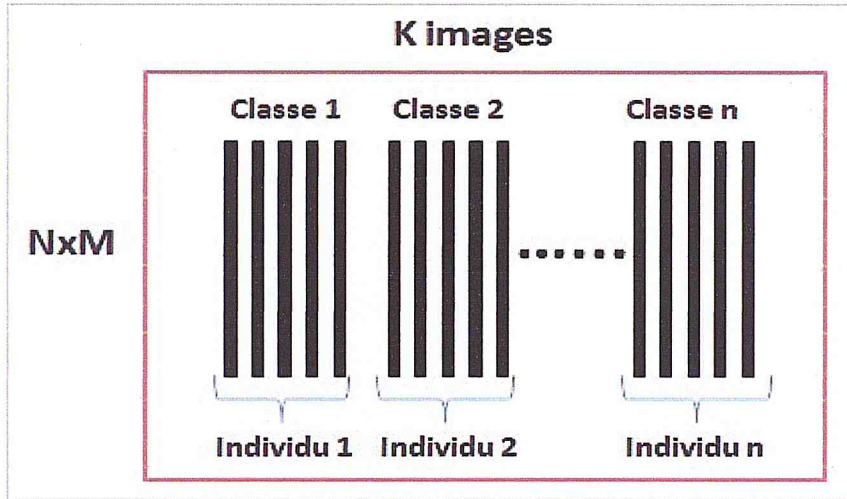


Figure III.13. La classification d'images d'apprentissage.

Etape 4 :

Ensuite, pour chaque classe C_i , on calcule le visage moyen vecteur Ψ_{C_i} :

$$\Psi_{C_i} = \frac{1}{q_i} \sum_{k=1}^{q_i} \Gamma_k \quad (18)$$

Après on va recentrer chaque image Γ_i par rapport au visage moyen vecteur Ψ_{C_i} :

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi_{C_i} \quad (19)$$

III.3.3.3. Matrices de Dispersion

À fin nous applique la classification sur notre image de la base d'apprentissage on va calculer maintenant dans cette partie (représenté par l'étape5) les matrices de dispersions intra-classe (S_w) et inter-classe (S_b).

Etape 5 :

On notera C le nombre total de classes (nombre d'individus), et M le nombre d'images pour chaque classe.

1. La Matrice de Dispersion Intra-Classe (S_w)

$$S_w = \sum_{i=1}^c \sum_{\Gamma_k \in C_i}^M (\Gamma_k - \Psi_{C_i})(\Gamma_k - \Psi_{C_i})^T \quad (20)$$

2. La Matrice de Dispersion Inter-Classe (S_b)

$$S_b = \sum_{i=1}^c (\Gamma_i - \Psi)(\Gamma_i - \Psi)^T \quad (21)$$

II.3.3.4. La Reconnaissance

Une fois ces matrices de projections calculées, nous devons trouver une projection optimale W qui maximise la dispersion intra-classe, relative à la matrice S_w , tout en minimisant la dispersion inter-classe, relative à la matrice S_b .

$$J(w) = \frac{\|W^T S_w W\|}{\|W^T S_b W\|} \quad (22)$$

On obtint la projection optimale W après a calculé valeurs propres la matrice S_b/S_w .

$$S_b W = \lambda S_w W \Leftrightarrow S_b * (S_w)^{-1} W = \lambda W$$

Une fois W trouvée, on applique même principe de projection de PCA:

1- projeter l'image centrée par rapport à la moyenne de classe Φ_i sur W .

$$g(\Phi_i) = W^T \Phi_i \quad (23)$$

2-la projection de l'image de test sur W .

-Tout d'aborde calculer center de l'image Test, où Ψ visage moyen vecteur Global :

$$\Phi_T = \Gamma_T - \Psi \quad (24)$$

-Fait la projection :

$$g(\Phi_T) = W^T \Phi_T \quad (25)$$

3-déterminer la distance euclidienne entre les deux projections.

$$\epsilon_k^2 = \|g(\Phi_T) - g(\Phi_i)\|^2 \quad (26)$$

III.4. LDA dans le Domaine DCT

Comme on a vu pour la technique PCA, on doit l'appliquer directement aux coefficients DCT pour obtenir une réduction de la dimension, puis transformation LDA est effectuée sur l'espace inférieur pour extraire les caractéristiques (**Figure IV.2.5**)

III.5. Conclusion À travers ce chapitre, on a parlé sur la technique DCT et on a vu son importance dans le processus de la compression des images,

Ensuite nous avons conclu la différence existées entre les deux techniques PCA et LDA par expliquer le principe de classification des données utilisera dans la technique LDA et montre son étape de mise en œuvre dans le domaine de reconnaissance de visage.

Chapitre IV: Réalisation et Tests

IV.1.Introduction

Ce chapitre représente la plus importante étape dans la réalisation de notre projet on va commencer par détailler la conception et la réalisation de notre système et on va voir à la fine les résultats de tests la performance de ce système dans un environnement réel.

IV.2.Conception et Réalisation

IV.2.1. Introduction

Cette phase est consacré à la partie conception et réalisation de notre système.

On va commencer par la conception permettre de formaliser les étapes préliminaires du développement d'un système afin de rendre ce développement plus fidèle aux besoins du client.

Après on va passer à la partie réalisation de notre système, cette étape représenter l'implémentation du système à l'aide des outils de développement.

IV.2.2. Conception

UML est une moyenne de définir la notation standard pour la modélisation des systèmes construits à l'aide d'objets qui sont représentés l'aide de différents types de diagrammes qui décrivent des aspects complémentaires mais non disjoints du système modélisé.

Dans ce chapitre, on va spécifier l'interprétation des acteurs au système, et les modéliser à l'aide d'UML par des diagrammes (use Case, classe, séquence) pour mieux comprendre le système à développer et limiter les ambiguïtés.

IV.2.2.1. Identification des Acteurs de Système

Administrateur :

Il est responsable de la protection des applications et des données privées par l'interdiction des utilisations de non autorisent, il doit :

- construire un point d'entrée solide à des services sécurisé par le système de reconnaissance faciale.
- Ajouter des personnes autorisées à utiliser les services interdites par le système.
- Ajouter l'application à sécuriser.

Client de test :

Est un individu qui doit passer sur le système de reconnaissance faciale qui traiter lui comme un intrus non autorisé a des services d'application pour assurer leur identification

IV.2.2.2. Cas d'Utilisation (Use case)

Les diagrammes des cas d'utilisation représentent simplement toutes les interactions des utilisateurs avec le système.

Son rôle principale consiste à :

- définir simplement les exigences des utilisateurs et les fonctionnalités du système ;
- limitation du système ;
- montrer les fonctions du système avec les utilisateurs

Pour plus d'information, on a donné une vue globale sur notre système, ainsi que les cas d'utilisation de chaque acteur

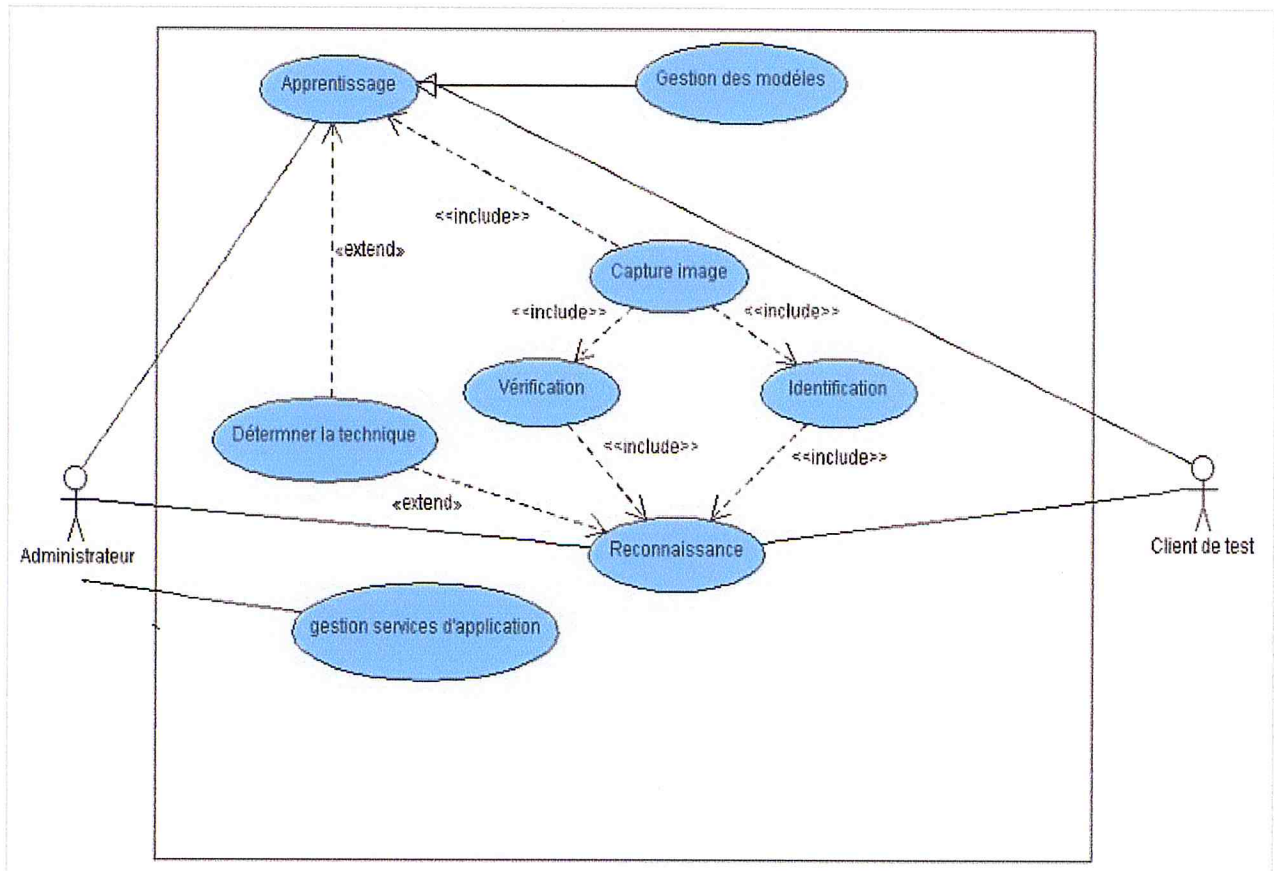


Figure IV.1. Cas d'utilisation global du système.

Apprentissage : cette étape comporte deux principaux modules le capteur d'image visage sur une séquence vidéo et la gestion de modèle qui se représente par 5 images de d'apprentissage qui ne sont pas directement enregistrées sur la base de données (Sd Carte interne de téléphone mobile) avant que l'extraction de leurs paramètres afin de former une nouvelle représentation de modèle.

Reconnaissance : représentée par deux opérations l'identification et la vérification

Détermination de la technique : c'est la technique choisie soit pour l'apprentissage ou la reconnaissance, les techniques sont la PCA, LDA, DCT-PCA, DCT-LDA.

Gestion des services d'application : sont des services que notre système va sécuriser par l'authentification de visage.

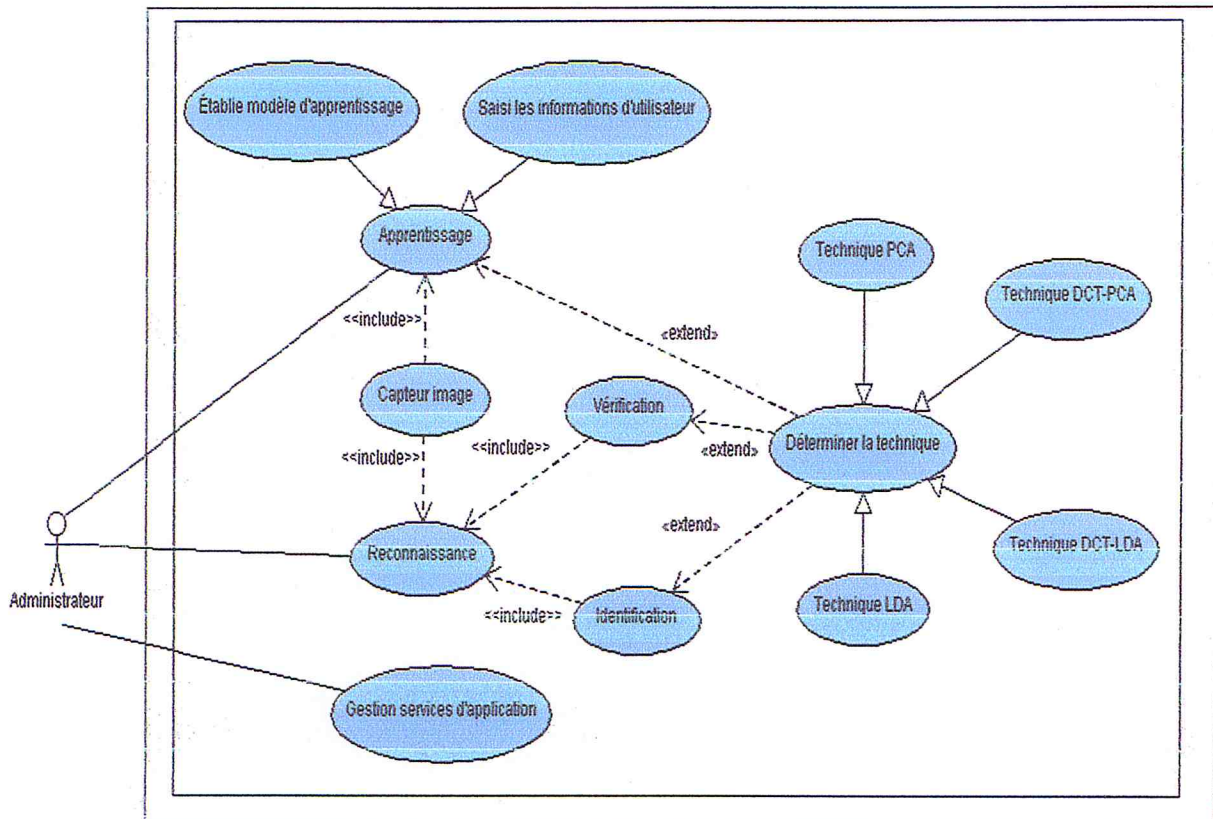


Figure IV.2. Cas d'utilisation de l'administrateur.

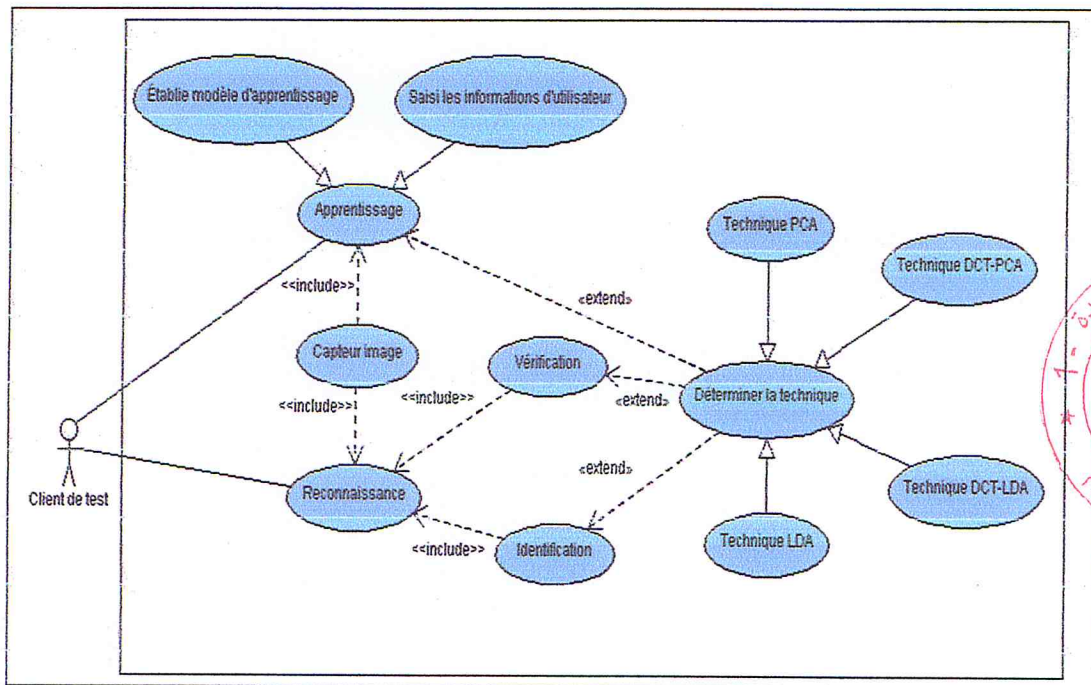
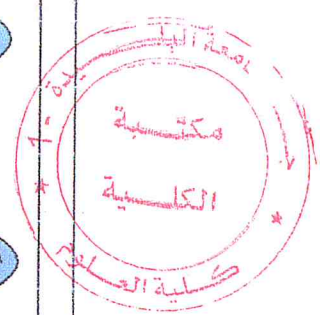


Figure IV.3. Cas d'utilisation d'un client de test.



IV.2.2.3. Diagramme de Classe

Un diagramme de classes fournit une vue globale d'un système en présentant ses classes, interfaces et collaborations, et les relations entre elles. ils affichent ce qui interagit mais pas ce qui se passe pendant l'interaction.

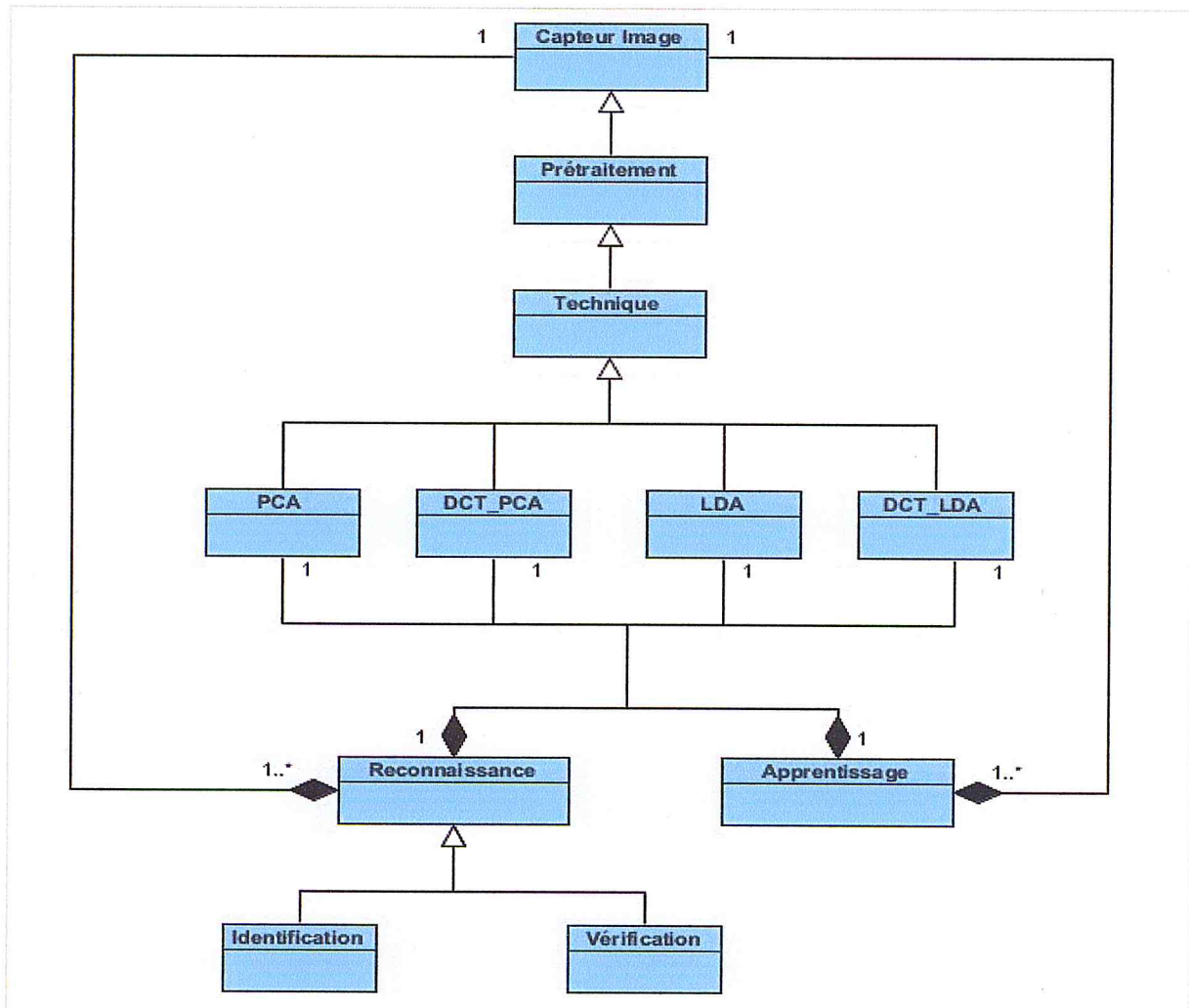


Figure IV.4. Diagramme de classe de système.

IV.2.2.4. Diagramme de Séquence

C'est la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique dans la formulation *Unified Modeling Language*.

Il indique les objets que l'acteur va manipuler et les actions qui font passer d'un objet à l'autre, par la modélisation de l'exécution des différents messages en fonction du temps.

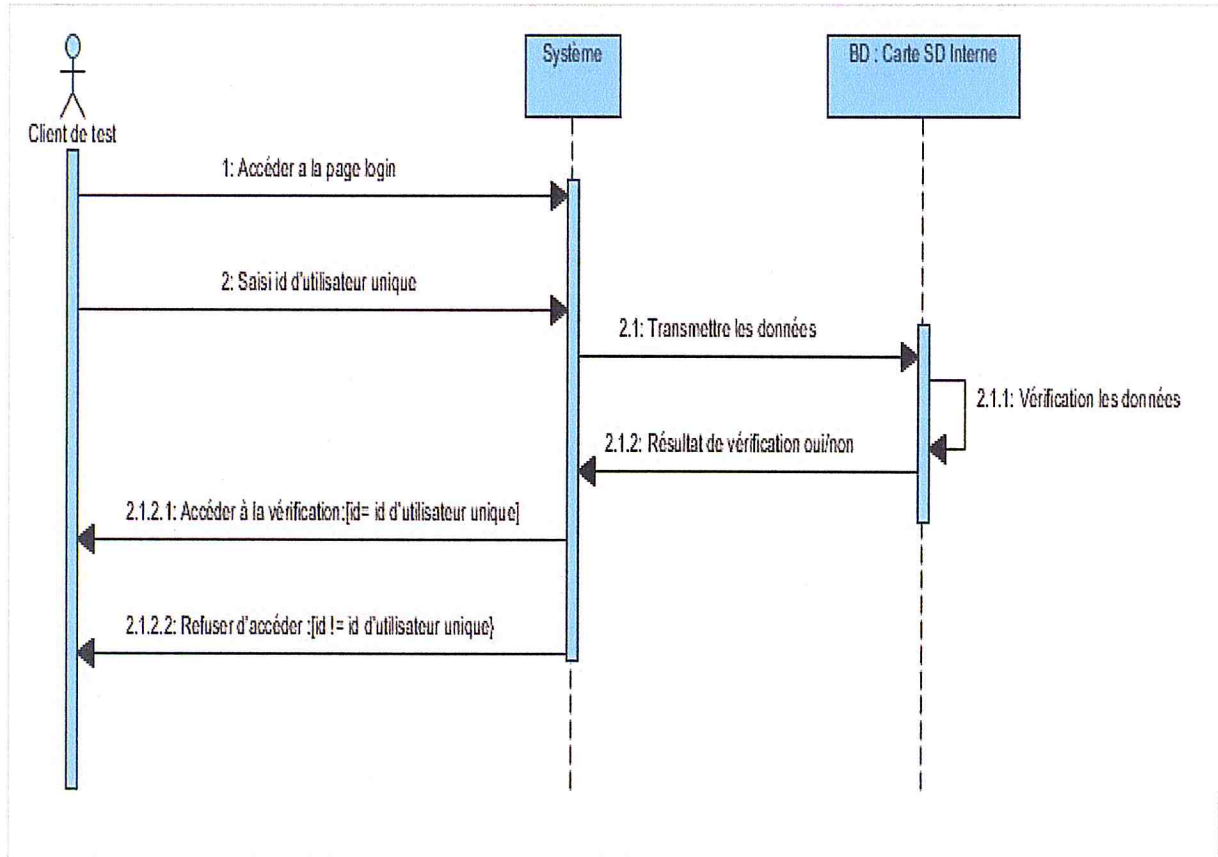


Figure IV.5. Diagramme de séquence d'authentification.

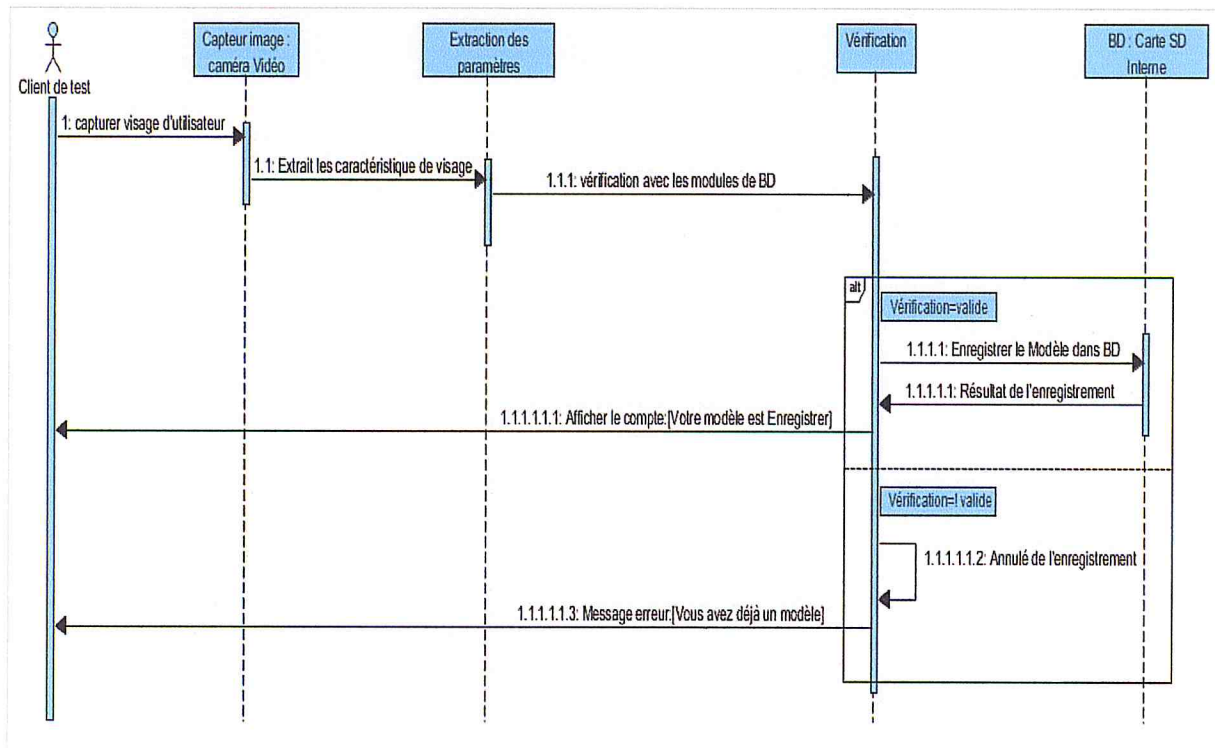


Figure IV.6. Diagramme de séquence d'Apprentissage.

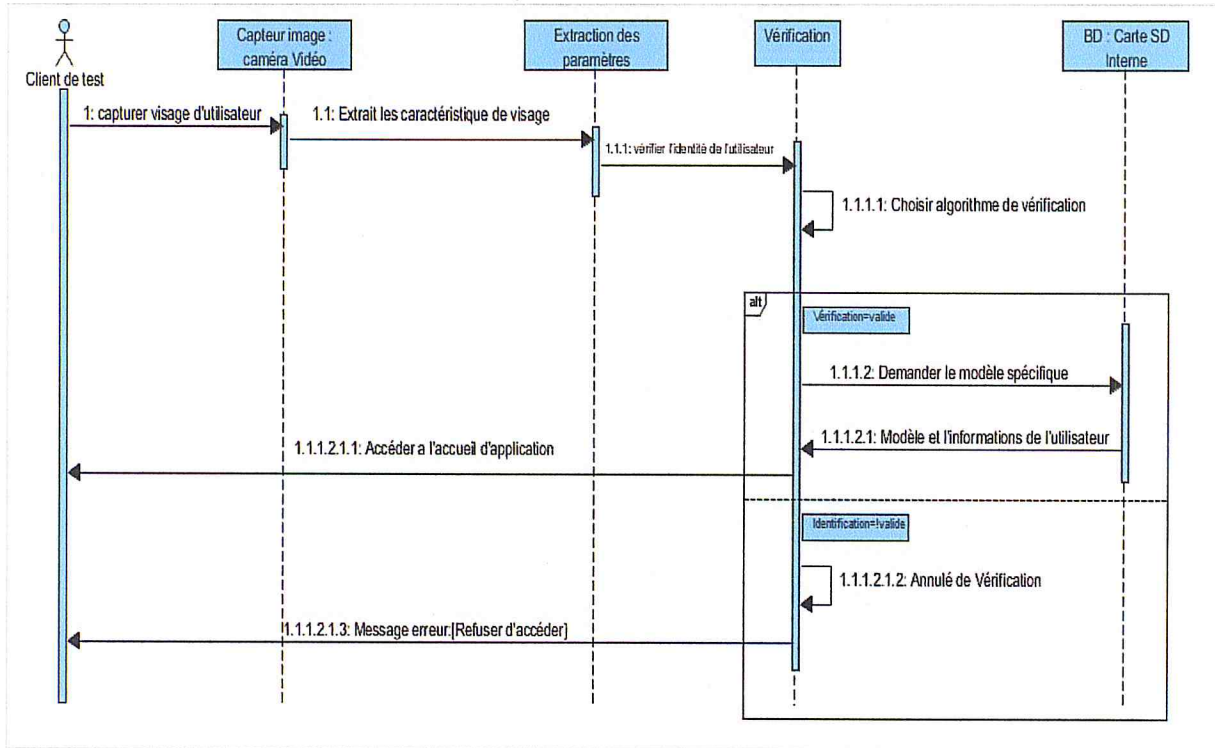


Figure IV.7. Diagramme de séquence de Vérification.

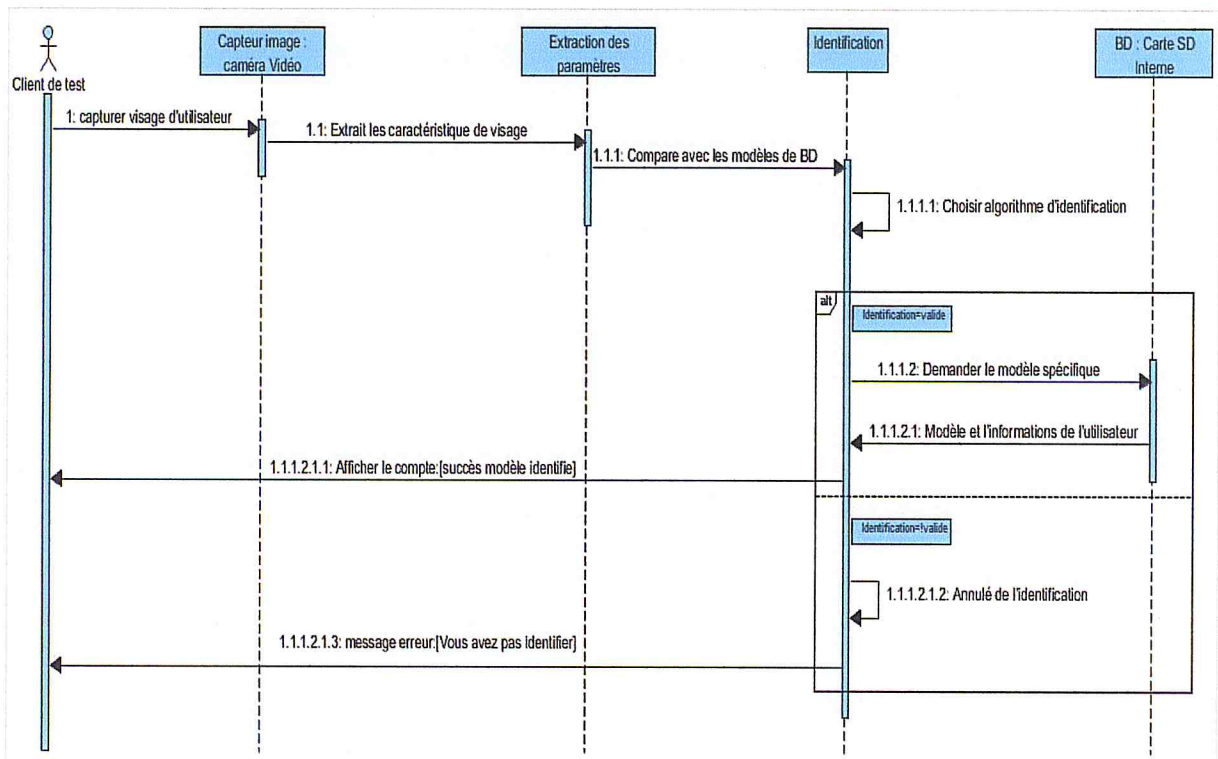


Figure IV.8. Diagramme de séquence d'identification.

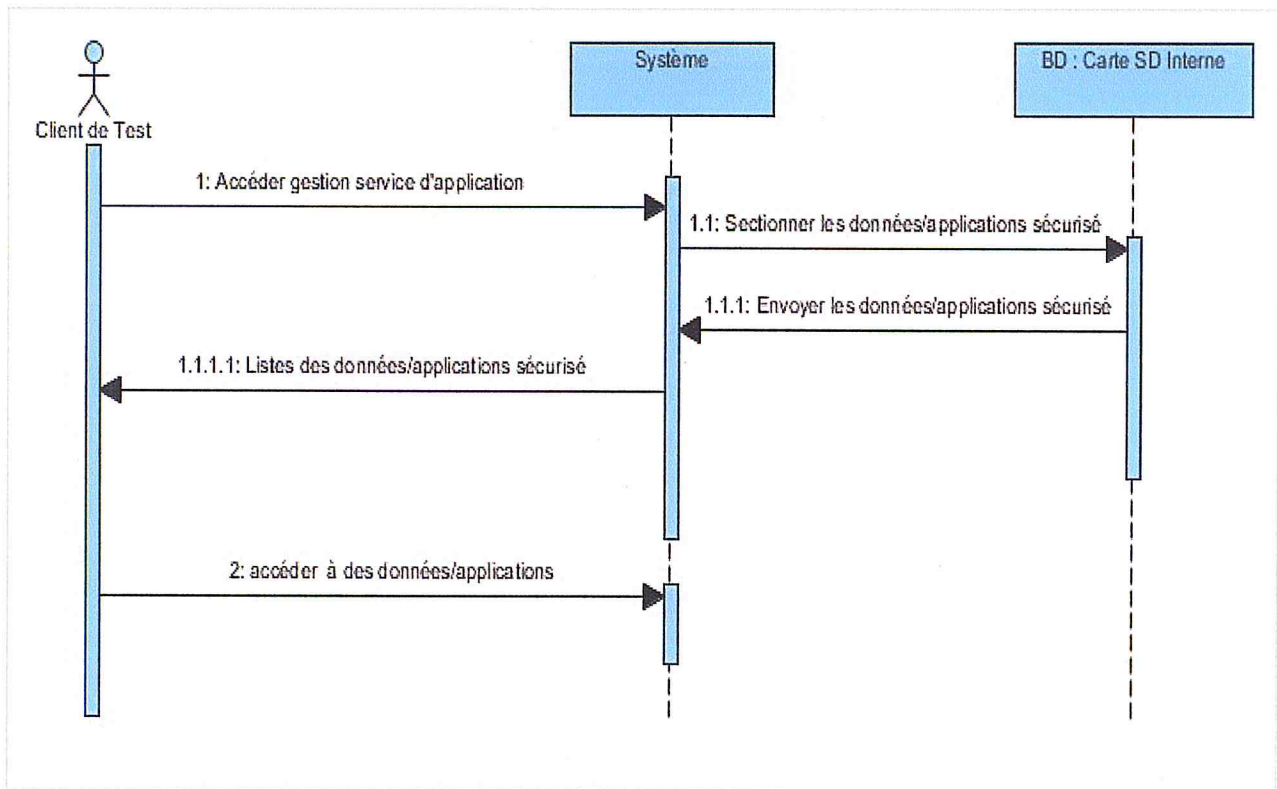


Figure IV.9. Diagramme de séquence de la Gestion Services d'application.

IV.2.3. Réalisation

Après la phase conception, nous arrivons à la phase de développement et de réalisation de l'application qui doit respecter les directives de la conception.

Au cours de ce phase, on va présenter l'environnement de travail matériel les outils de développements de notre système.

VI.2.3.1. Environnement de Travail

On a utilisé :

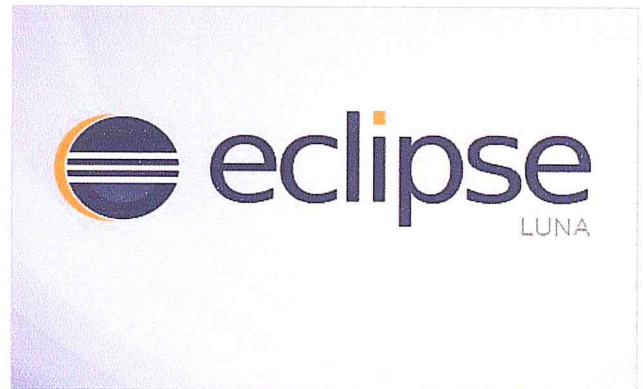
- Un ordinateur portable utilisé comme un serveur
 - 4 GO ram
 - 512 GO DDR
 - Intel® Core(TM) i5-2410M CPU 2.30 GHz
 - Système: win7 64bit
- Téléphone mobile
 - Dimension : 137 x 70,6 x 8,6 mm
 - Système d'exploitation (OS) : Android 4.0 Ice Cream Sandwich
 - Processeur : Samsung Exynos 4412 - 1.4 GHz

- Taille (diagonale) : 4,8 pouces
- Résolution : 1280 x 720 pixels
- Appareil photo : 8 mégapixels avec Flash LED + Auto Focus
- Mémoire : interne 16 GO
- Ram : 1 GO

VI.2.3.2. Outils de Développement

VI.2.3.2.1. Eclipse

La plate-forme Éclipse est une fondation générique environnement de développement intégré (IDE) sans un langage de programmation spécifique. La plate-forme contient une fonctionnalité IDE et est construite avec des composants de créer des applications en utilisant des sous-ensembles de composants. Les développeurs créent, partager et éditer des projets génériques et des fichiers dans la plate-forme, tout en participant au sein d'un multiple développement de l'équipe environnement du dépôt.



La fonction principale de la plateforme est de fournir des mécanismes et des règles pour les fournisseurs de logiciels, ce qui permet une intégration harmonieuse du logiciel entre les différents fournisseurs.

La conception et la structure de la plate-forme possède les fonctions suivantes:

- Construction d'outils de développement d'applications variées
- Soutien des sans restriction ensemble de fournisseurs d'outils, tels que les éditeurs de logiciels indépendants (ISV)
- Manipulation des types de contenu, tels que HyperText Markup Language (HTML), Java,,Android, C, JavaServer Pages (JSP), Enterprise Java Beans (EJB), Extensible Markup Language (XML) et le format graphique d'échange (GIF)
- Facilitation de l'intégration d'outils transparents des différents types de contenu et les fournisseurs
- Soutien des environnements de développement pour l'interface utilisateur graphique (GUI) et les applications non-GUI
- Exécution dans les systèmes d'exploitation variés, y compris Windows, Linux Tm, Mac OS X, Solaris, AIX et HP-UX

- Utilisation du langage de programmation Java

VI.2.3.2.2. Java

Java est un langage de programmation et une plate-forme informatique qui ont été créés par Sun Microsystems en 1995. Beaucoup d'applications et de sites Web ne fonctionnent pas si Java n'est pas installé et leur nombre ne cesse de croître chaque jour. Java est rapide, sécurisé et fiable. Défini à l'origine comme un langage, Java a évolué



au cours du temps pour devenir une technologie, qui intègre une bibliothèque complète pour exécuter ou développer une multitude d'applications. La particularité principale de Java est que les applications écrites dans ce langage sont très facilement portables sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que l'UNIX, Windows, Mac OS ou GNU/Linux, avec peu ou pas de modifications. C'est la plate-forme qui garantit la portabilité des applications développées en Java.

La technologie Java regroupe aujourd'hui :

- La plate-forme d'exécution JRE (Java Runtime Environment) des programmes écrits dans ce langage Environnement d'exécution Java.
- la plate-forme de développement JDK (Java Development Kit) (Kit de développement Java).
- le greffon permettant d'exécuter des programmes spéciaux écrits dans ce langage pour les navigateurs internet.

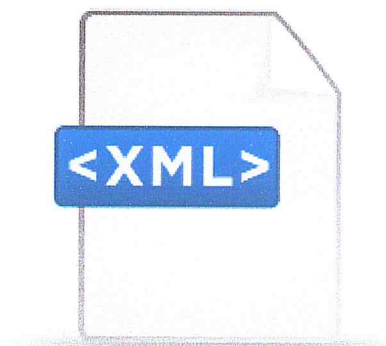
Le tout forme un ensemble cohérent quoique modulaire, et selon vos besoins, vous installerez certains composants et pas d'autres. Dans la plupart des cas et si vous ne souhaitez pas développer en Java, l'installation de la plate-forme d'exécution des programmes JRE et le greffon pour les navigateurs internet suffisent[9].

Pour notre système on a utilisé la version LUNA d'éclipse comme un environnement de développement.

VI.2.3.2.3. XML

❖ Qu'est-ce que XML?

- XML signifie eXtensible Markup Language.
- XML est un langage de balisage peu comme HTML.
- XML a été conçu pour décrire les données, ne pas afficher les données.
- Les balises XML ne sont pas prédéfinies.



Vous devez définir vos propres balises.

- XML est conçu pour être auto-descriptif.
- XML est une recommandation du W3C.

❖ La différence entre XML et HTML:

XML ne remplace pas pour HTML.

XML et HTML ont été conçus avec des objectifs différents:

- XML a été conçu pour décrire les données, en mettant l'accent sur les données est
- HTML a été conçu pour afficher des données, en mettant l'accent sur la façon dont les données regards

HTML est sur l'affichage des informations, alors que XML est de transporter des informations.

Nous pouvons dire que le document XML ne fait rien. Il est juste de l'information enveloppée dans les tags. Quelqu'un doit écrire un morceau de logiciel pour envoyer, recevoir ou afficher.

VI.2.3.2.4. Android

Android est un système d'exploitation mobile développé par Google. Il est utilisé par plusieurs smartphones et tablettes. Les exemples incluent le Sony Xperia, le Samsung Galaxy, et le google Nexus One. Le système d'exploitation Android (OS) est basé sur le noyau Linux. Contrairement à Apple Ios, Android est open source, ce qui signifie les développeurs peuvent modifier et personnaliser le système

d'exploitation pour chaque téléphone. Par conséquent, différents téléphones basés sur Android ont souvent des interfaces utilisateur graphique GUIs même si elles utilisent le même système d'exploitation.

les téléphones Android sont généralement livrés avec plusieurs applications intégrées et prennent également en charge des programmes tiers. Les développeurs peuvent créer des programmes pour Android en utilisant le kit de développement logiciel Android gratuitement (SDK). programmes Android sont écrits en Java et passent par une JVM Java de la machine virtuelle qui est optimisée pour les appareils mobiles.



VI.2.3.2.5. OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) est une bibliothèque proposant un ensemble de plus de 2500 algorithmes de vision par ordinateur, accessibles au travers d'API pour les langages C, Java, Android, C++, et Python. Elle est distribuée sous une licence BSD (libre) pour les plate-formes Windows, GNU/Linux, Android et MacOS.

Afin de mieux vous présenter son étendue et ce qu'elle permet de faire, jetons un œil aux principaux modules accessibles au travers de son API C.

- **core** : les fonctionnalités de base.

Cette bibliothèque permet de manipuler les structures de

- base, réaliser des opérations sur des matrices, dessiner sur des images, sauvegarder et charger des données dans des fichiers XML...

- **imgproc** : traitement d'image.

Nous entrons dans le cœur du sujet. Les fonctions et structures de ce module ont trait aux transformations d'images, au filtrage, à la détection de contours, de points d'intérêt...

- **features2d** : descripteurs.

Ce module concerne principalement l'extraction de descripteurs selon deux approches courantes (SURF et StarDetector), que nous aborderons lorsque nous nous intéresserons à la caractérisation d'images.

- **objdetect** : détection d'objets.

Cette bibliothèque permet de faire de la reconnaissance d'objets dans une image au moyen de l'algorithme Adaboost (Viola & Jones, 2001). Nous y reviendrons lorsque nous parlerons d'apprentissage et de reconnaissance de formes.

- **video** : traitement de flux vidéo.

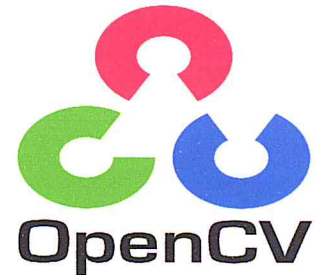
Ces fonctions servent à segmenter et suivre les objets en mouvement dans une vidéo.

- **highgui** : entrées-sorties et interface utilisateur.

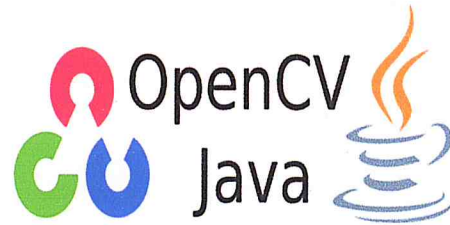
OpenCV intègre sa propre bibliothèque haut-niveau pour ouvrir, enregistrer et afficher des images et des flux vidéo. Celle-ci contient aussi un certain nombre de fonctions permettant de réaliser des interfaces graphiques très simples, mais largement suffisantes pour tester nos programmes.

- **calib3d** : calibration, estimation de pose et stéréovision.

Ce module contient des fonctions permettant de reconstruire une scène en 3D à partir d'images acquises avec plusieurs caméras simultanément.



VI.2.3.2.6. Introduction à OpenCV pour Java



OpenCV soutenu Java et toute langue JVM qui INTEROPS avec Java, l'API Java existant pour Android a été récemment étendu pour supporter Java Desktop ainsi [10]. Contrairement au projet de JavaCV populaire, ces liaisons sont générées automatiquement en analysant les en-têtes OpenCV C ++.

IV.2.3.3. Présentation de l'application

Dans cette partie on va présenter la mise en œuvre de notre application en se basant sur des illustrations.

Le projet est organisé comme suite :

IV.2.3.3.1. L'authentification de la reconnaissance biométrique de visage

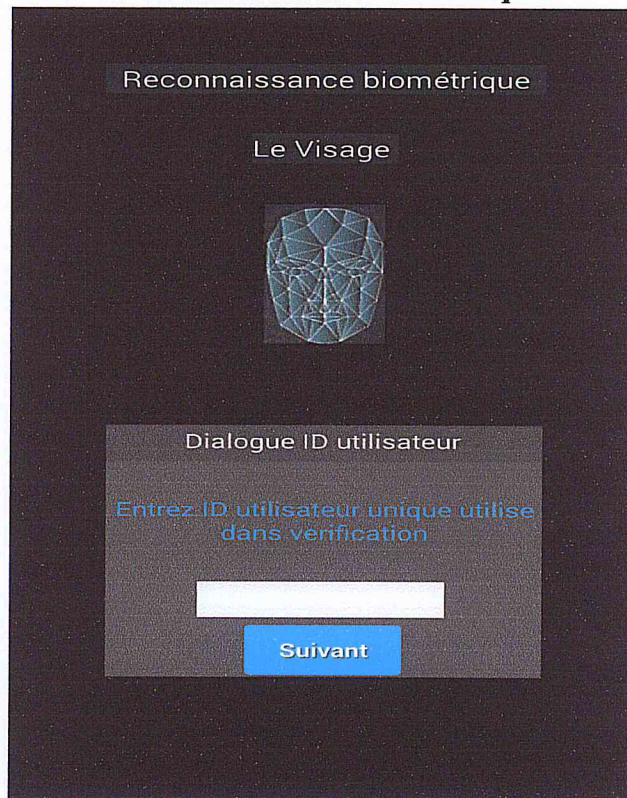


Figure IV.10. L'authentification de la reconnaissance biométrique de visage.

IV.2.3.3.2. Services d'application sécurisée

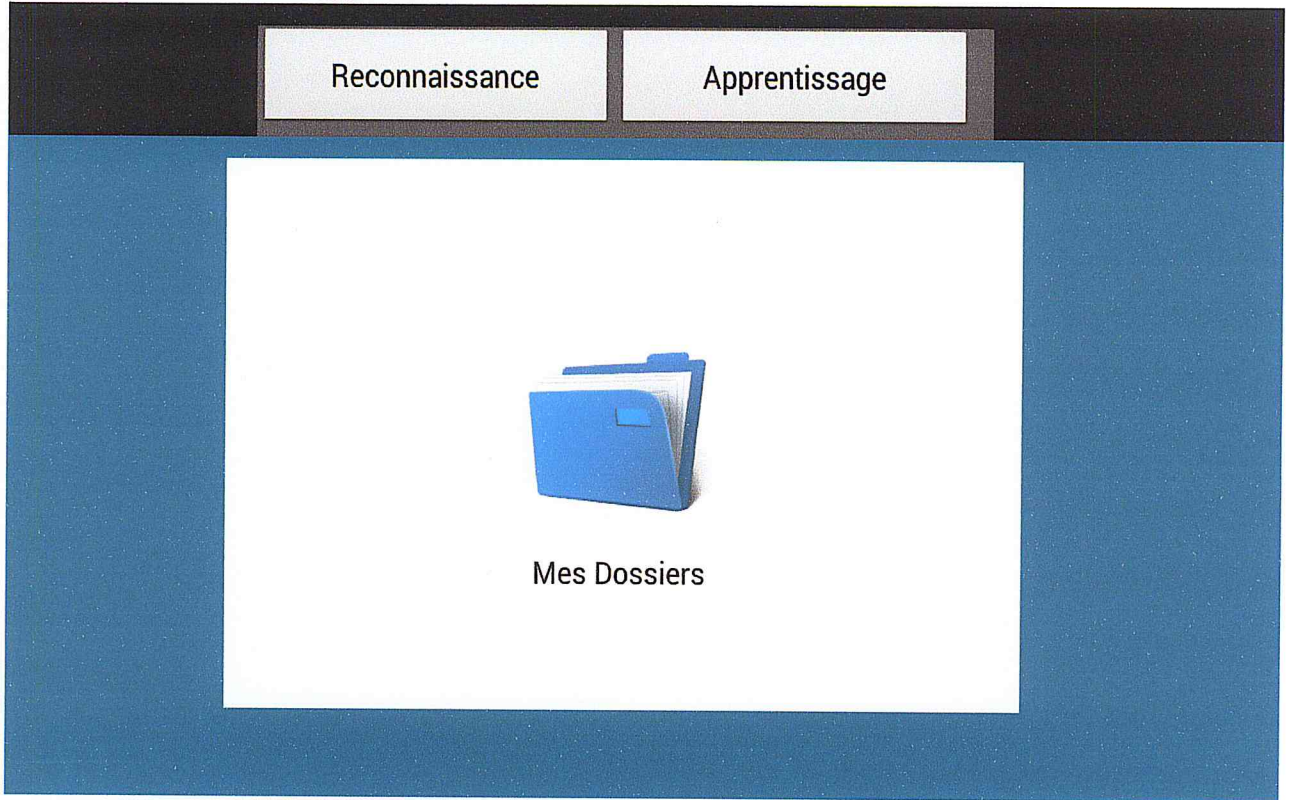


Figure IV.11. L'accueil de la reconnaissance biométrique de visage



Figure IV.12. Liste des services sécurisés

IV.2.3.3.3. La reconnaissance



Figure IV.13. La reconnaissance

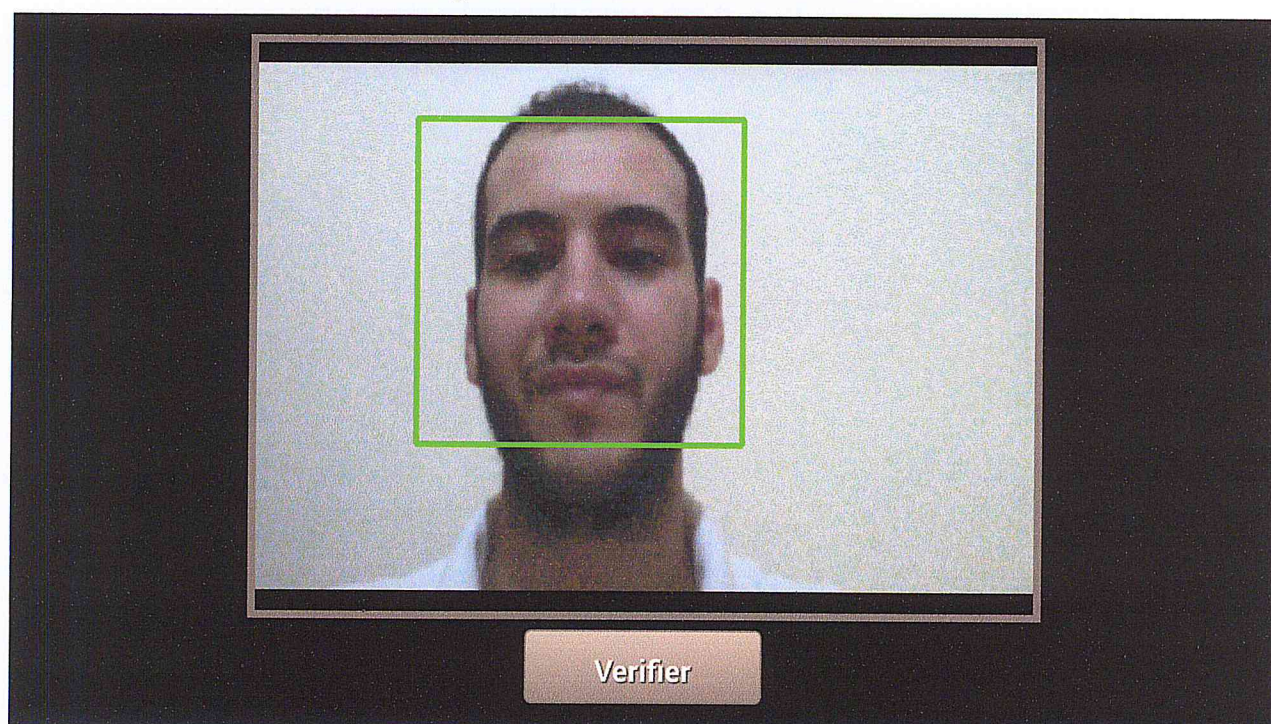


Figure IV.14. La Vérification

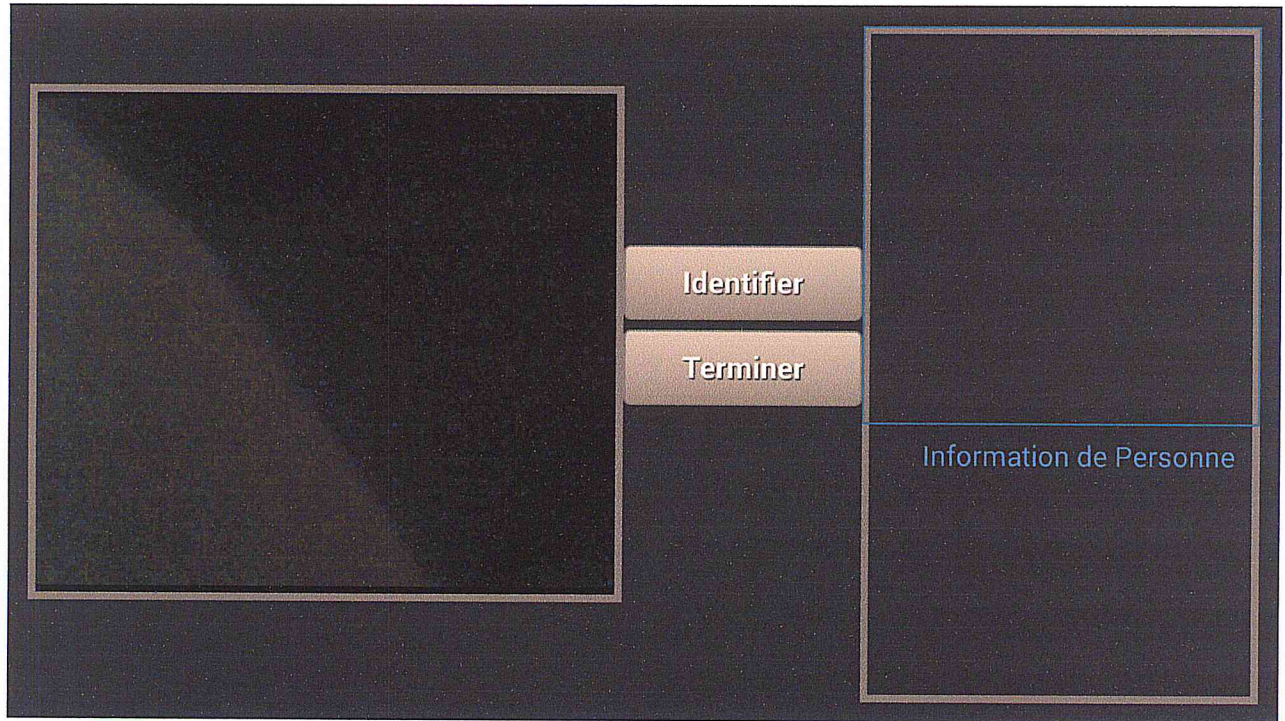


Figure IV.15.1. L'Identification

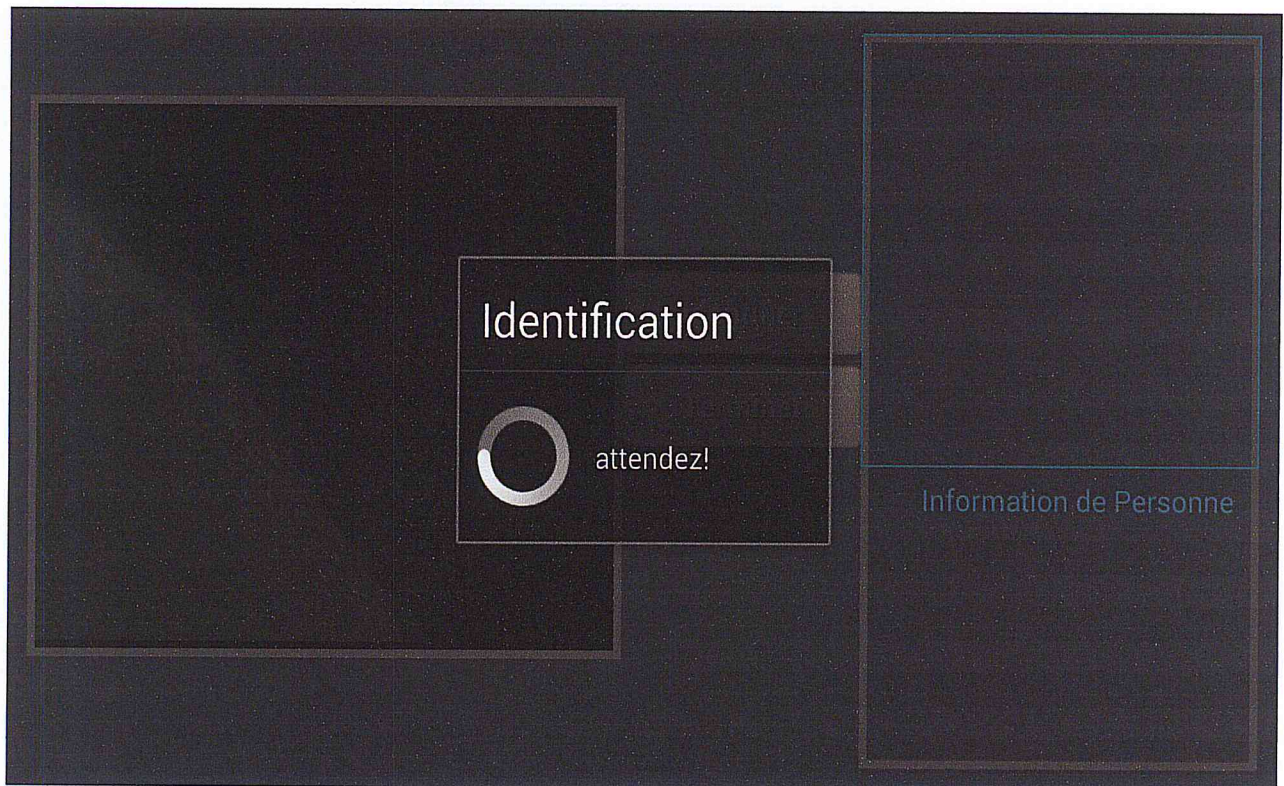


Figure IV.15.2. L'Identification

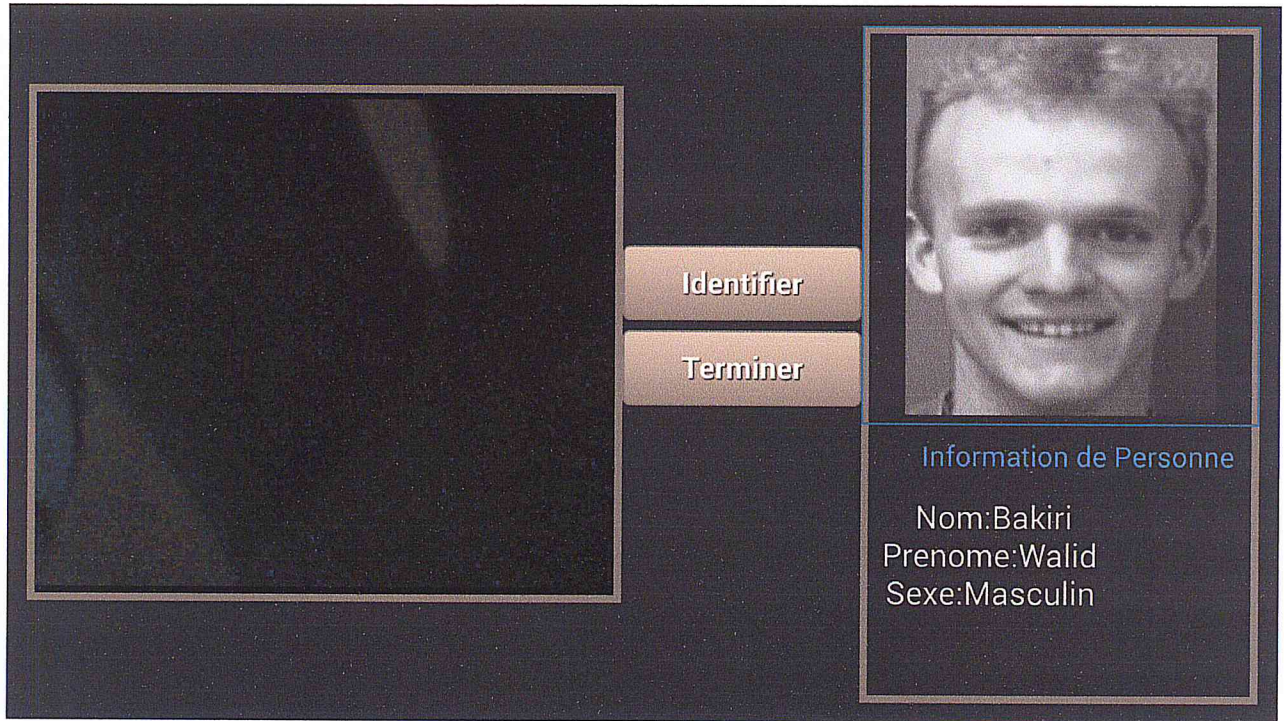


Figure IV.1.15.3. L'Identification

Nom :

Bakiri

Prénom :

Walid

ID :

.....|

Homme Femme

Suivant

Figure IV.1.16. Ajouter nouvelle utilisateur

IV.2.3.3.4. Apprentissage

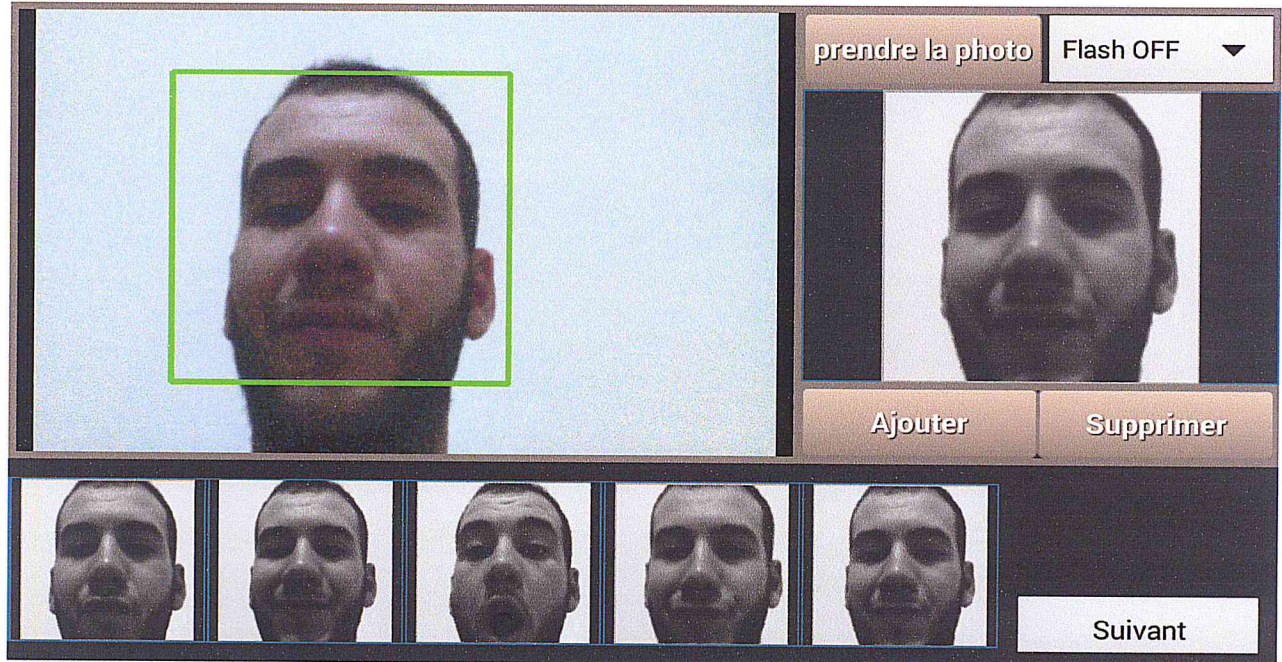


Figure IV.17. L'apprentissage

IV.2.4. Tests et résultats

Pour déterminer la performance de notre système on a choisi une vraie base de données qui est recommandés d'utiliser un ensemble de données de test standard dans le domaine de la reconnaissance visage.

IV.2.4.1. Base de données

IV.2.4.1.1 ORL

Conçu par groupe de Discours, Vision et Robotique du département d'ingénierie de l'Université de Cambridge en Angleterre. Cette base de donnée d'images de contient 400 image de 40 individus avec 10 images pour chaque individu à la résolution de 112 x92 pixels, les images de la même personne a été pris à en différents moments, sous légèrement différentes conditions d'éclairage et avec différentes expressions faciales, certaines personnes sont capturées avec ou sans lunettes, la tête des gens dans les images sont légèrement incliné et tourné. . La base ORL est publique sur le lien : <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>.



Figure IV.18. Images d'une personne à partir d'ORL base de données

Pour chaque test de performance de notre système qui est mesurée on calcule le taux de reconnaissance, ce dernier augmenté lorsqu'on obtint une bonne identification de personne, et diminue lors de la mauvaise identification de personne.

IV.2.4.2. Résultat de test de l'identification de la PCA

On prendre : nombre de personnes : 40, nombre images d'apprentissage : 5, nombre d'images de tests : 5, nombre de composantes principales : 199.

Technique	Taux de reconnaissance
PCA	90.00%

Tableau IV.1. Test de l'identification de la PCA

IV.2.4.3. Résultat des tests de l'identification l'LDA

On prendre : nombre de personnes : 40, nombre images d'apprentissage : 5, nombre d'images de tests : 5, nombre de Ficher : 39.

Technique	Taux de reconnaissance
LDA	89.50%

Tableau IV.2. Test de l'identification de la LDA

IV.2.4.4. Résultat des tests de l'identification la DCT-PCA

On prendre : nombre de personnes : 40, nombre images d'apprentissage : 5, nombre d'images de tests : 5, nombre de composantes principales : 199.

Technique	Taux de reconnaissance
DCT-PCA	89.50%
DCT-PCA chevauchement de 50%	89.50%

Tableau IV.3. Test de l'identification de la DCT-PCA

Ce courbe représenter le changement de taux de reconnaissance de technique DCT-PCA selon la les valeurs de coefficients DCT

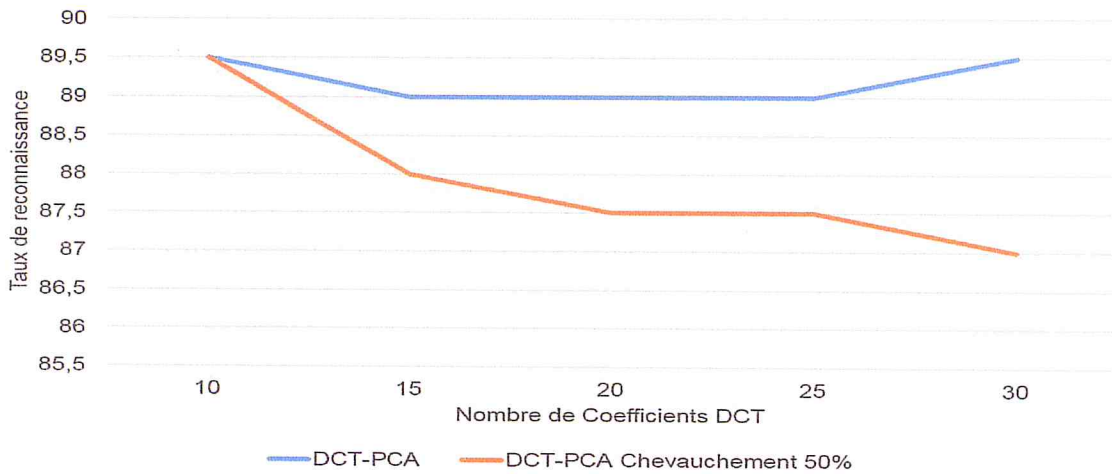


Figure IV.19. Taux de reconnaissance de la DCT-PCA

IV.2.4.5. Résultat des tests de l'identification la DCT-LDA

On prendre : nombre de personnes : 40, nombre images d'apprentissage : 5, nombre d'images de tests : 5, nombre de composantes principales : 199.

Technique	Taux de reconnaissance
DCT-LDA	89.50%
DCT-LDA chevauchement de 50%	89.50%

Tableau IV.4. Test de l'identification de la DCT-LDA

Ce courbe représenter le changement de taux de reconnaissance de technique DCT-LDA selon la les valeurs de coefficients DCT

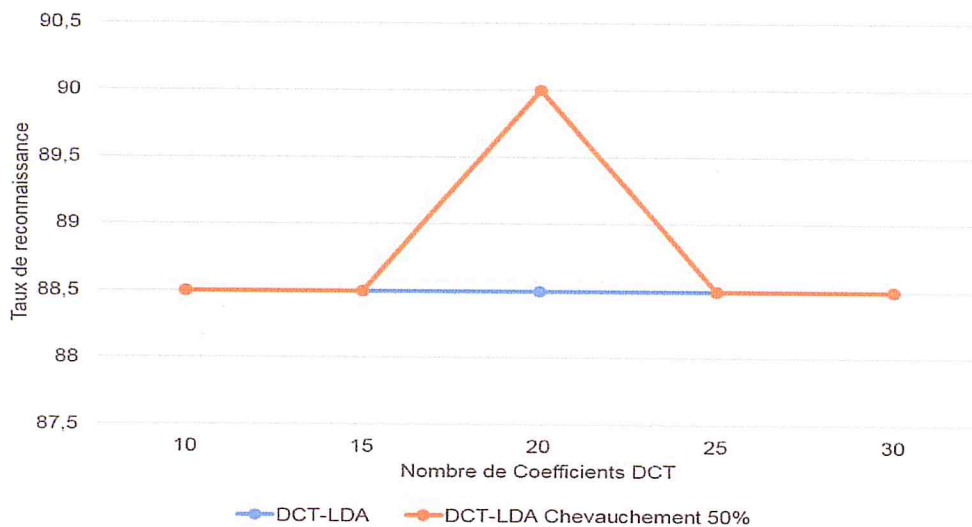


Figure IV.20. Taux de reconnaissance de la DCT-LDA

IV.2.5. Conclusion

A la fin de ce chapitre, on obtient une vue presque complète de notre application du côté réalisation à partir de la conception UML. Et nous avons expliqué l'efficacité du système en soumettant diverses expériences sur un environnement de teste puissante.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans le cadre de ce projet nous avons réalisé un système de reconnaissance facial dans le téléphone mobile.

Pour des raisons de la sécurité notre système permis d'authentifier des utilisateurs de mobile à partir d'une séquence vidéo de capteur d'images, ce système est implémenté par des algorithmes PCA et LDA et la combinaison de technique de compression des images DCT avec ces deux derniers algorithmes.

Notre système qu'on a réalisé comporte plusieurs phases il commence par la vérification d'autorisation d'accès d'un utilisateur à partir de la détention de son visage, cette détection prendre juste les caractéristiques de visage d'utilisateur, ensuite le système va extraire ces paramètres d'image de visage selon la technique (PCA, LDA/DCT-PCA/DCT-LDA) qu'on a choisie à utiliser pour faire la comparaison avec l'ensemble des modèles existés dans la base de données SdCarde Interne de mobile.

Cette autorisation d'accès au système permet au utilisateur d'accéder a ces données, ces applications qui sont sécuriser par notre système.

Pour connaitre la performance de notre système on a testé sur la base des données ORL qui est connu comme la base des données appropriée pour les tests des systèmes de la reconnaissance visage.

Enfin et à partir de ce mémoire, nous espérons que notre travail serait une plateforme de réflexion et perspective pour les futurs étudiants.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] <https://www.cnil.fr/fr/biometrie-des-dispositifs-sensibles-soumis-autorisation-de-la-cnil> ,Biométrie : des dispositifs sensibles soumis à autorisation de la CNIL,(Avril 2011)
- [2] Anil, K. Jain, P. Flynn, A. Ross, Handbook of Biometrics (July 2007)
- [3] S. Boudjellal. Détection et identification d'individus par méthode biométrique. Thèse de doctorat. Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou.
- [4] S.Zhang, M.Turk, Eigenfaces. Scholarpedia, vol. 3, no 9, p. 4244, (2008).
- [5]DUFFNER, Stefan et GARCIA, Christophe. Face recognition using non-linear image reconstruction. In : Advanced Video and Signal Based Surveillance. AVSS 2007. IEEE Conference on. IEEE, 2007. p. 459-464.(2007)
- [6]C.YEON, Jo. Face Detection using LBP features. Final Project Report, vol. 77.(2008)
- [7]CHADHA, R.Aman , VAIDYA, P. Pallavi., et M.ROJA,. Mani. Face recognition using discrete cosine transform for global and local features. In: Recent Advancements in

Electrical, Electronics and Control Engineering (ICONRAEeCE), 2011 International Conference on. IEEE. p. 502-505,(2011).

[8]SHARKAS, Maha. Application of DCT blocks with principal component analysis for face recognition. In : Proceedings of the 5th WSEAS international conference on Signal, speech and image processing. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS),. p. 107-111.(2005)

[9] L.René, oizo , <https://doc.ubuntu-fr.org/java> , (consulté le 20-05-2016)

[10]E.Christiansen de Willow Garage, A.Pavlenko et A.Kamaev de Itseez,OpenCV now supports Desktop java,(2016)

