

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté de génie électrique et d'informatique

Département Informatique

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme master deux en informatique

Option : Ingénierie des Systèmes d'Informations (ISI)

Thème :

Conception et réalisation d'un système automatique de reconnaissance par l'iris

Proposé et dirigé par :

Mm : F. Oughlis

Présenté et Réalisé par :

M^{elle} : Selmane Nadia

M^{elle} : Sidali Malika

Promotion 2012

Résumé

L'authentification des personnes est une tâche qui suscite un intérêt grandissant dans la société cybernétique d'aujourd'hui. Le but étant de restreindre les accès aussi bien physiques que logiques (web sécurisé, accès distant).

Les facteurs d'authentification ont été placés dans trois catégories distinctes, mais qui peuvent être utilisés de façon disjointe ou bien conjointe : ceux basés sur ce que nous connaissons (mots de passe), ceux basés sur ce que nous possédons (carte à puce, etc.) et ceux basés sur ce que nous sommes (Biométrie). La biométrie, par rapports aux deux autres modes, présente des avantages de confidentialité et de non répudiation. Cependant, son caractère indéterministe délimite sa fiabilité.

Le but de ce travail est d'arriver à un système d'authentification (et identification) robuste en termes de fiabilité et de sécurité qui utiliserait l'iris comme modalité biométrique. La reconnaissance par iris est considérée comme le système d'identification biométrique le plus fiable et le plus efficace qui soit disponible.

Mots clés : Authentification, identification, iris, biométrie, reconnaissance de forme.

Sommaire

Partie 1 : Etat de l'art

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la biométrie.....2

1. Introduction	3
2. Définition	4
3. Fonctionnement de la biométrie.....	5
3.1 Système biométrique:.....	5
3.1.1 Définition.....	5
3.1.2 Architecture du système biométrique	5
3.1.2 Fonctionnement du système biométrique	7
3.2 Fiabilité des systèmes biométriques.....	11
3.2.1 Test de vérification	11
3.2.2 Test d'identification	12
4. Les techniques de la biométrie.....	13
4.1 Empreintes digitales	14
4.2 Le visage	16
4.3 La géométrie de la main.....	17
4.4 Reconnaissance de l'iris:.....	18
4.5 La rétine :.....	18
4.6 Reconnaissance de la voix	19
4.7 La thermographie	20
4.8 Configuration des veines (vein pattern-scan)	20
4.9 La signature dynamique	20
4.10 La dynamique de la frappe (au clavier)	21

5. Domaine d'utilisation de la biométrie	24
6. Conclusion	25

Chapitre II : L'iris.....25

1. Introduction	26
2. Historique.....	27
3. Anatomie de l'œil	27
4. L'iris.....	30
4.1 Définition	30
4.2 Les caractéristiques de l'iris	30
4.3 Les avantages et les inconvénients	30
5. Conception générale d'un système de reconnaissance par l'iris.....	32
5.1 Module d'acquisition	32
5.2 Module segmentation	32
5.3 Module normalisation	32
5.4 Module d'extraction du gabarit de l'iris	33
5.5 Module mise en correspondance	33
6. Fonctionnement d'un système de reconnaissance d'iris	33
6.1 Principe générale	33
6.1.1 Système d'acquisition	34
6.1.2 Traitement des données	34
6.2 Fonctionnement du système	35
6.2.1 La phase d'enrôlement (inscription)	37
6.2.2 La phase d'appariement.....	37
6.2.3 Phase d'identification.....	38
7. Niveau de décision dans une vérification d'iris.....	38
8. Techniques de reconnaissance par iris.....	40
9. Quelques méthodes connues de reconnaissance par iris	41
9.1 Méthode de John Daugman.....	41

9.2 Méthode de <i>Wildes</i>	41
9.3 Méthode de <i>Boles</i>	42
9.4 Méthode de <i>Sanchez-Reillo & Al.</i>	42
9.5 Méthode de <i>Y. Wang & Al.</i>	43
9.6 L'approche IriTech : L'utilisation de l'ondelette de Haar.....	43
10. Conclusion	44

Chapitre III: La conception algorithmique.....

1. Introduction	45
2. Structure modulaire du système	45
2.1 Modules du processus d'apprentissage	47
2.1.1 Modules d'acquisition des images de l'œil	47
2.1.2 Modules de prétraitement des images	47
2.1.3 Modules de détection des coordonnées de la pupille et de l'iris.....	49
2.1.4 Module de normalisation de l'iris.....	57
2.1.5 Module d'extraction des caractéristiques	60
2.2 Modules du processus d'identification	63
2.1.1 Modules de calcul des distances	63
2.1.2 Modules d'identification	63
2.3 Modules du processus de vérification	63
2.1.2 Modules de prise de décision	63
3. Conclusion	64

Partie 2 : Mise en œuvre le système :

Chapitre IV : Analyse et Conception

1. Introduction	65
2. Etapes de cycle de vie d'une application	65
2.1 Définition	65
2.2 L'architecture d'une RUP	66
2.2.1 La phase initialisation	66
2.2.2 La phase Analyse	66
2.2.2 La phase Conception	66
2.2.2 La phase réalisation	66
3. Application de la démarche RUP sur notre projet	67
3.1 Phase initialisation	67
3.1.1 Étude de l'existant.....	67
3.1.2 Identification des tâches.....	69
3.1.3 Spécification des cas d'utilisation	69
3.2 Phase d'analyse	72
3.2.1 Diagramme de séquence	72
3.2.2 Diagramme de collaboration	79
3.3 Phase de conception.....	82
3.3.1 Diagramme de classe	82
3.3.2 Conception de la base de données	86
4. Conclusion.....	88

Chapitre V : Réalisation

1. Introduction	89
2. Diagramme de déploiement.....	89
3. Outils de développement	90
3.1 JAVA	90
3.2 Pourquoi choisir java ?	90

3.3 Netbeans..	90
3.4 Image J ()	91
3.5 Java Advanved Imaging (JAI)	92
3.6 Postgres.....	92
3.6.1 Définition.....	92
4. Présentation des bases d'images.....	94
4.1 Base de données BATH.....	94
4.2 Base de données ICE	94
4.3 Base de données MMU	95
4.4 Base de données UPOL	95
4.5 Base de données WVU	95
3.6 Base de données UBIRIS	96
5. Structure de données et implémentation.....	96
6. Présentation de l'application	100
6.1 Page d'accueil	100
6.2 Page enrôlement	100
6.3 Page d'identification.....	101
6.4 Page recherche personne	104
7. Conclusion	105
Conclusion générale	106

Annexes

Annexe A : Lexique biométrique.....	107
Annexe B : UML.....	112
Annexe C : Traitement d'image.....	123

Liste de figures

Figure I.1 Evolution du marché international de la biométrie	3
Figure I.2 Système de vérification biométrique général.....	6
Figure I.3 Principe de fonctionnement d'un système biométrique.....	8
Figure I.4 Courbe du point d'équivalence des erreurs dans un système biométrique.....	12
Figure I.5 Courbe DE.....	13
Figure I.6 Courbe CMC	12
Figure I.7 Quelques modalités biométriques et leurs dispositifs d'acquisition.	14
Figure I.8 Une Empreinte digitale.....	15
Figure I.9 Acquisition d'une image au visage	16
Figure I.10 Scanner la forme de la main	17
Figure I.11 Une capture de l'image de l'œil	18
Figure I.12 Détail de l'œil	19
Figure I.13 les biométries les plus utilisées en fonction de cout et la pression.....	22
Figure I.14 Parts des technologies utilisées dans le secteur de la biométrie estimé par l'International Biometric Group	23
Figure II.2 : Description générale de l'œil.....	28
Figure II.3 : Le fonctionnement de l'œil.....	29
Figure II.4 : Images de 4 différents types de texture d'iris.....	31
Figure II.5 : Conception un système biométrique basé sur l'iris.....	33
Figure III.6 : Schéma général d'un système de reconnaissance par iris.....	33
Figure II.7 : Fonctionnement d'un système de reconnaissance d'iris.....	36
Figure II.8 : La courbe ROC.....	39

Figure II.9 : Illustration du relief de l'iris.....	40
Figure II.10 : Le découpage de l'iris en secteurs par Iritech.....	44
Figure III.1 : Image capturé.....	45
Figure III.2 : Application du filter moyennneur sur l'image.....	46
Figure III.3 Exemple d'un filtre moyennneur de dimension 3x3.....	47
Figure III.4 : Application de filtre de Gausse avec un radius =3.0.....	48
Figure III.6 : Image lisse puis passe au filtre de sobel.....	50
Figure III.7 : Application de filtre de canny.....	52
Figure III.8 Traçage d'une droite en fonction d'un contour.....	52
Figure III.9 Traçage d'une droite dans l'accumulateur.....	53
Figure III.10 Centre d'un cercle dans un accumulateur.....	53
Figure III.11 Traçage de lignes dans l'accumulateur en fonction de l'image de Canny et de la matrice de directions.....	54
Figure III.12 Application d'un seuil dans l'accumulateur.....	55
Figure III.13 : Accumulateur de Hough en trois dimensions.....	56
Figure III.14 : Traçage des cercles avec l'image de contours.....	56
Figure III.15 : Application de transformé de Hough.....	57
Figure III.16 : Modèle de transformation polaire rectangulaire de <i>John Daugman</i>	58
Figure III.17 : Résultat du processus de normalisation de l'iris avec une résolution.....	58
Figure III.18 : Illustration du procédé de normalisation de l'image d'un iris après localisation De l'iris et de la pupille.....	60
Figure IV.1 : Architecture générale d'un système de vérification biométrique.....	68
Figure IV.2.: Diagramme du cas d'utilisation générale.....	72

Figure IV.3: diagramme de séquence du cas d'utilisation « extraction des caractéristiques ».....	73
Figure IV.4: Digramme de séquence de cas d'utilisation : authentification administrateur...	74
Figure IV.5: diagramme de séquence de cas d'utilisation « changer login ».....	75
Figure IV.6: diagramme de séquence de cas d'utilisation « Identification d'un client».....	76
Figure IV.7 : diagramme de séquence de cas d'utilisation inscription d'un client.....	77
Figure IV.8 : Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Rechercher une personne ».....	78
Figure IV.9: Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « extraction caractéristique ».....	79
Figure IV.10: Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « authentification de l'administrateur ».....	80
Figure IV.11 : Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « Identification d'un client ».....	80
Figure IV.12 : Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « Inscription d'un client »	81
Figure IV.14: Diagramme de classe du cas d'utilisation « Changer login ».....	82
Figure IV.15: Diagramme de classe du cas d'utilisation « extraction des caractéristiques ».....	83
Figure IV.16: Digramme de classe du cas d'utilisation « authentification administrateur »....	84
Figure IV.17: Digramme de classe du cas d'utilisation « Identification d'un client ».....	85
Figure IV.18 : Diagramme de classe du cas d'utilisation « Rechercher une personne ».....	86
Figure IV.19: le modèle E/A.....	87
Figure V.1 : diagramme de déploiement.....	89
Figure V.2 : interface de Netbeans	91
Figure V.3 : interface de PostgreSQL.....	93
Figure V.4 : Exemples d'images d'iris de la base de données BATH.....	94
Figure V.5 : Exemples d'images d'iris de la base de données ICE.....	94
Figure V.6 : Exemples d'images d'iris de la base de données MMU.....	95
Figure V.7 : Exemples d'images d'iris de la base de données UPOL.....	95

Figure V.8 : Exemples d'images d'iris de la base de données WVU.....	98
Figure V.9 : Exemples d'images d'iris de la base de données UBIRIS.....	98
Figure V.10 : la page d'accueil.....	100
Figure V .11 : page inscription client.....	100
Figure V.12 : interface extraction iris.....	101
Figure V.13 : page enregistrement client.....	101
Figure V.14 : page Identification client.....	102
Figure V.15 : page extraction iris.....	102
Figure V.16 : interface de validation de l'identité client.....	103
Figure V.17 : page confirmation de l'identification (fiche personnel).....	103
Figure V.18 : page saisir code client pour l'authentifier.....	104
Figure V.19 : page authentification client.....	104
Figure V.20 : Page chercher personne.....	105
Figure V.21 : interface fiche personnelle client.....	105

Introduction générale

La sécurité est devenue aujourd'hui une préoccupation majeure au niveau international. L'identification des personnes constitue un élément clé dans les systèmes de sécurité. Cependant, les systèmes classiques de sécurité présentent des lacunes facilitant l'usurpation de l'identité d'une autre personne. La biométrie est une technologie émergente qui peut résoudre certaines anomalies inhérentes aux systèmes classiques de vérification de l'identité.

La biométrie est un terme dont on entend de plus en plus parler dans notre vie quotidienne. Cependant, la biométrie n'est pas vraiment récente. En effet, son apparition remonte au 19ème siècle. Dès lors, plusieurs modalités biométriques ont été étudiées pour la vérification de l'identité. De nos jours, les modalités les plus employées comprennent le visage, la voix, l'empreinte, la signature manuscrite, iris etc.

De nombreux systèmes biométriques sont envisagés dans les futurs systèmes en relation avec la sécurité. Particulièrement, un déploiement à large échelle des passeports et des cartes d'identités biométriques pour le contrôle de l'identité est prévu pour les années à venir au niveau mondial. Des délais sont alors imposés par les gouvernements pour la mise en place de ces systèmes. Dans notre pays, par exemple, il est prévu de généraliser le passeport biométrique vers 2015.

Notre travail consiste à concevoir un système d'authentification (et identification) qui utiliserait l'iris comme modalité biométrique. La reconnaissance biométrique de l'iris est une technologie extrêmement fiable en terme de résultat car l'iris est unique et extrêmement complexe (On peut distinguer jusqu'à 244 points de comparaison). La probabilité de rejet ou de fausse acceptation est proche de zéro, c'est pour cela qu'elle est considérée comme la technique d'identification biométrique la plus précise à ce jour.

Organisation des documents :

Pour faire, ce travail se déclinera sous deux aspects, l'un théorique, l'autre applicatif. Il sera présenté relativement aux chapitres suivants :

- Le **Chapitre I** : est un tour d'horizon sur la biométrie en général.
- Le **Chapitre II** : mettra l'accent sur la modalité de l'iris, nous expliquerons ainsi l'architecture d'un système de vérification par l'iris ainsi que les principales méthodes d'authentification par l'iris.
- Le **chapitre III** : La conception algorithmique
- Le **chapitre V** : Analyse et conception.
- Le **chapitre IV** : concerne la réalisation de notre système en illustrant la représentation modulaire du système et les différents outils de développement.

Liste des abréviations :

AFIS: Automatic Fingerprint Identification System

ADN: Acide Désoxyribo Nucléique

BDD: Base De Données

CNIL: Commission National de l'Informatique et des Libertés

CASIA: Institute of Automation Chinese Academy of Sciences Iris Image Database

EER: Equal Error Rate

FA: Fausse Acceptation (False Acceptance)

FAR: False Acceptance Rate

FFT: Fast Fourier Transform

FR: Faux Rejet (False Rejection)

FRR: False Rejection Rate

PIN: Personal Identification Number

ROC: Receiver Operating Characteristics



Chapitre I

1. Introduction :

Depuis quelques décennies, l'explosion de l'informatique et des réseaux de communication a fait augmenter de manière significative le besoin d'identification des personnes. Jusqu'à présent, les méthodes usuelles d'identification étaient basées sur ce que l'on possède (carte d'identité, carte à puce, badge magnétique) ou sur ce que l'on sait (mot de passe, code PIN). Mais ces méthodes posent de gros problèmes de fiabilité (oubli de son code, décryptage du mot de passe via des logiciels spécifiques, etc). Depuis l'accroissement de la cybercriminalité, une identification fiable des personnes est devenue un problème majeur pour des raisons de sécurité (contrôle aux frontières, accès aux données protégées, etc). Tous ces problèmes ont ainsi provoqué un développement accru des techniques biométriques d'identification comme en témoigne l'étude des perspectives du marché de la biométrie (Figure I.1) :

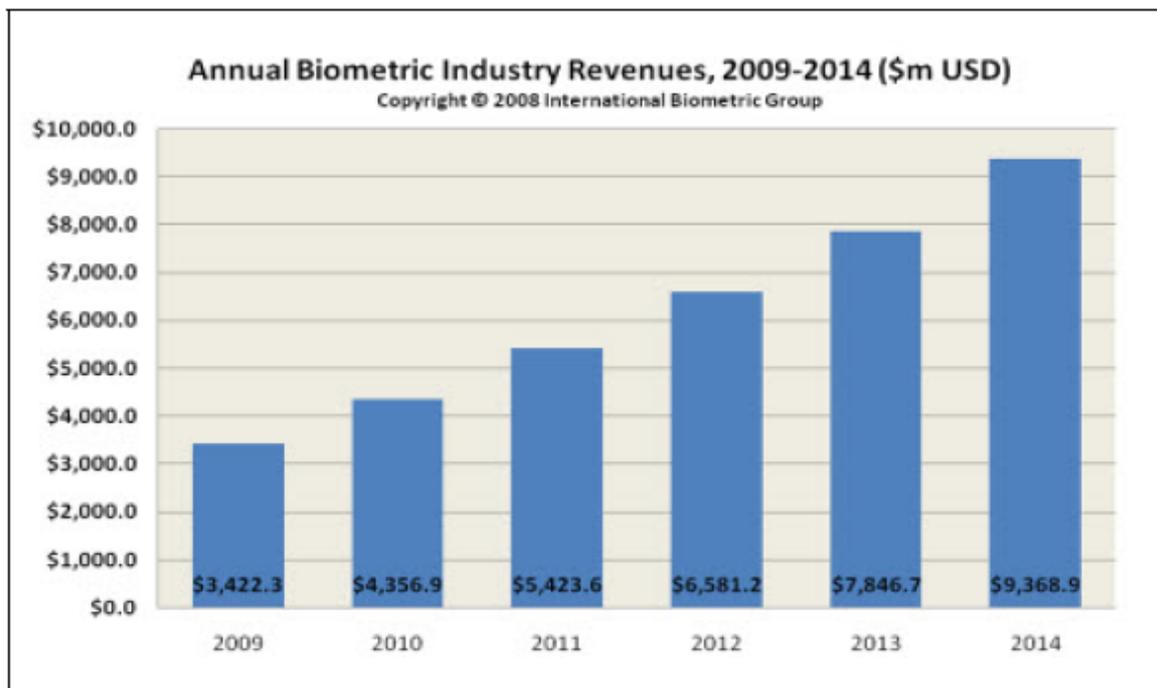


Figure I.1 Evolution du marché international de la biométrie. [1]

La biométrie consiste en l'analyse mathématique des caractéristiques biologiques d'une personne et a pour objectif de déterminer son identité de manière irréfutable. Contrairement à *ce que l'on sait* ou à *ce que l'on possède* la biométrie est basée sur *ce que l'on est* et permet ainsi d'éviter la **duplication**, le **vol**, l'**oubli** ou la **perte**.

2. Définition [1]:

Le mot Biométrie peut revêtir plusieurs significations ;Il désigne généralement l'étude quantitative des êtres humains, Ce terme trouve ses origines dans le grec ancien : il est composé de « *bios* », qui signifie vie, et « *metron* », la mesure. Lorsqu'il sera fait mention de biométrie dans la suite de cette présentation, le terme sera utilisé dans un sens plus restrictif : la biométrie est une science portant sur l'identification des personnes en fonction des caractéristiques biologiques qui leurs sont propres. Plus précisément, il s'agit de l'étude des méthodes pour la reconnaissance d'être humains basées sur un ou plusieurs aspects physiques ou comportementaux uniques à l'individu.

Les méthodes d'authentification biométriques reposent sur deux étapes :

1. la collecte d'un échantillon de référence, appartenant à l'utilisateur,
2. la comparaison d'un échantillon de test à l'échantillon de référence.

La mesure de la correspondance entre les deux échantillons permet de déterminer une décision d'authentification. Deux modes de fonctionnement existent en authentification biométrique : l'identification et la vérification.

Il apparait instructif de comparer les mérites et les démérites de la biométrie et des systèmes bases sur des mots de passe/ des clés cryptographiques. Le tableau I.1 donne un résumé de cette comparaison :

Authentification biométrique	Authentification par mot de passe / clé
<ul style="list-style-type: none">- basée sur des mesures physiologiques ou des traits comportementaux.- authentifie l'utilisateur.- le caractère est attaché à l'utilisateur de façon permanente.- L'échantillon biométrique peut varier dans le temps, il est incertain.- utilise une comparaison probabiliste.	<ul style="list-style-type: none">- basée sur quelque chose que l'utilisateur "possède" ou "sait".- authentifie la clé.- il peut être emprunté, perdu ou volé.- l'identificateur ne varie pas, il est sûr.- nécessite une comparaison exacte pour l'authentification.

Tableau I.1. : Comparaison entre l'authentification biométrique et l'authentification par les moyens classiques.

➤ Les caractéristiques biométriques[3]

Il peut y avoir plusieurs types de caractéristiques physiques, les unes plus fiables que les autres, mais toutes doivent être :

- Universelles : exister chez tous les individus
- Uniques : permettre de différencier un individu par rapport a un autre),
- Permanentes : autoriser l'évolution dans le temps
- Mesurables : autoriser une comparaison future
- Enregistrables : collecter les caractéristiques d'un individu avec l'accord de celui-ci.

3. Fonctionnement d'un système biométrique :

3.1 Système biométrique :

3.1.1 Définition :

Un système biométrique est essentiellement un système de reconnaissance de formes qui fonctionne en acquérant des données biométriques à partir d'un individuel, extrayant un ensemble de caractéristiques à partir des données acquises, et comparant ces caractéristiques contre la signature dans la base de données.

3.1.2 Architecture des systèmes biométriques :

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*.

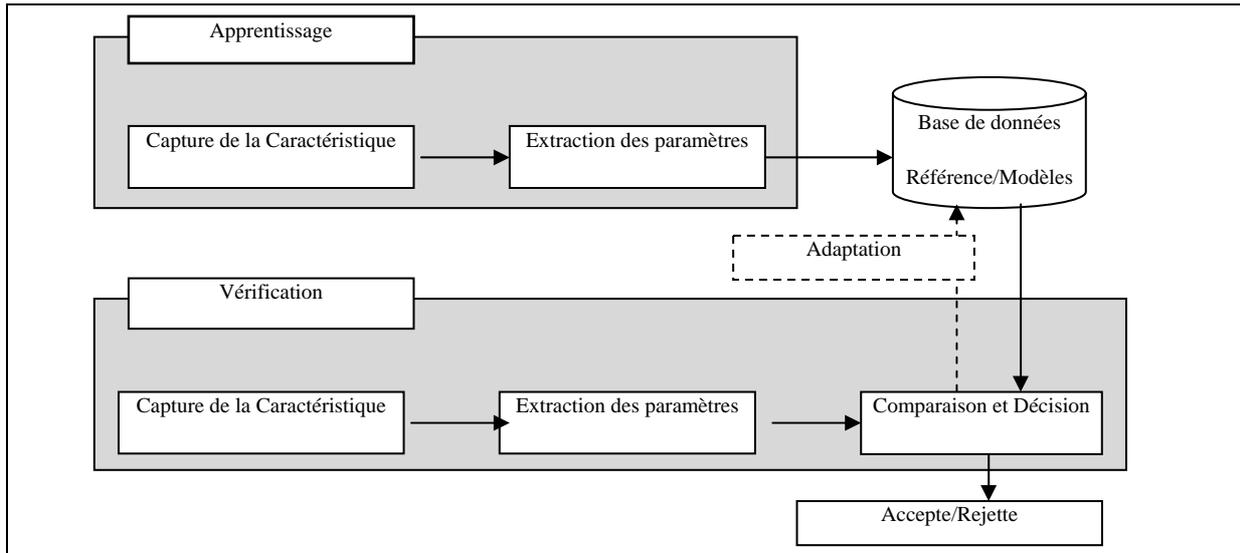


Figure I.2: Système de vérification biométrique général

La figure I.2 présente un système de vérification biométrique typique. Le module d'apprentissage capture les caractéristiques de la personne. Pourtant, seulement les paramètres les plus représentatifs sont extraits et stockés dans la base de données.

Le module d'apprentissage : pendant l'apprentissage, le système va acquérir une ou plusieurs mesures biométriques (échantillons) qui serviront à construire un modèle de l'individu. Le modèle est une représentation compacte du signal qui permet de faciliter la phase de reconnaissance. Le modèle peut être stocké dans une base de données ou sur une carte à puce.

Le module de reconnaissance : au cours de la reconnaissance, la caractéristique biométrique est mesurée et un ensemble de paramètres est extrait comme lors de l'apprentissage. La suite de la reconnaissance sera effectuée différemment suivant le mode opératoire du système :

- En *mode identification* : elle permet d'établir l'identité d'une personne. Il répond donc à une question de type (qui suis-je?) à partir d'une base de données, il s'agit d'une comparaison du type "un, contre plusieurs".
- En *mode vérification* ou *authentification* : également appelé authentification, consiste à confirmer ou infirmer l'identité d'une personne, le système doit répondre à une question du type : (suis-je celui que je prétends être?). Il s'agit d'une comparaison du type "un contre un"; les caractéristiques de l'individu sont comparées à celles présentées dans un enregistrement de référence.

Il suffit donc de comparer le gabarit avec un seul des modèles présents dans la base de données.

Le module d'adaptation: pendant la phase d'apprentissage, le système biométrique ne capture souvent que quelques instances d'un même attribut afin de limiter la gêne pour l'utilisateur. Il est donc difficile de construire un modèle assez général capable de décrire toutes les variations possibles de cet attribut (comme des conditions d'acquisition différentes); ce qui explique l'utilité de ce module. [11]

3.1.3 Fonctionnement d'un système biométrique :

Le processus biométrique se décompose en deux grandes étapes, enrôlement et le contrôle :

a. Enrôlement (apprentissage) :L'enrôlement des personnes est la phase initiale de création du gabarit biométrique et de son stockage en liaison avec une identité déclarée. Les caractéristiques physiques sont transformées en un gabarit représentatif de la personne et propre au système de reconnaissance, Durant cette phase, des données additionnelles propres à la personne qui s'enrôle sont enregistrées comme par exemple son nom et prénom et un identifiant personnel (PIN), Cette étape n'est effectuée qu'une seule fois.

b. Contrôle (vérification / identification) : C'est l'action de contrôle des données d'une personne afin de procéder à la vérification de son identité déclarée ou, dans une investigation, à la recherche de l'identité de cette personne, Cette étape se déroule à chaque fois qu'une personne se présente devant le système. Soit pour faire la vérification ou bien l'identification

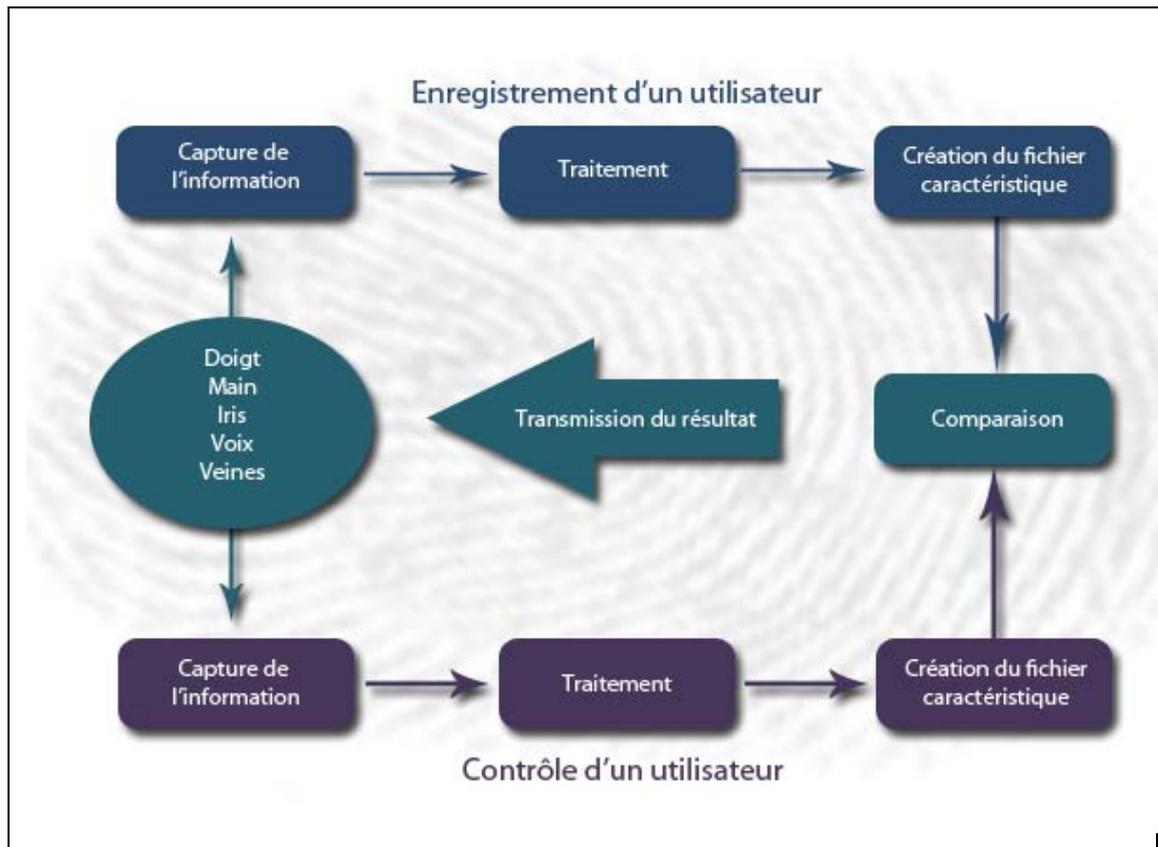


Figure I.3: Principe de fonctionnement d'un système biométrique

1) Processus détaillés :

Chaque système biométrique utilise des spécificités liées à la caractéristique physique analysée (empreinte, iris, forme de la main, etc.) et également liées à la technologie du système. Il est néanmoins possible d'identifier une série d'étapes ou de composantes génériques au processus.

a. Collecte [capture] des données d'identification :

C'est l'étape de saisie des données d'identification de la personne et en particulier de ses caractéristiques physiques par l'intermédiaire d'un capteur spécialisé, correspondant à la caractéristique physique analysée.

Les données saisies peuvent être selon le système :

- Les données sur l'identité prétendue (PIN, nom, identifiant, etc..). La collecte des données d'identité se fait à l'aide d'un lecteur approprié (PINpad, clavier, lecteur de carte, etc.).
- Les données physiques personnelles (biologique, comportementale, morphologique). La collecte des données physiques se fait à l'aide d'un capteur approprié.

b. Système de transmission :

Le système de transmission sert à transporter les données entre les différents sous-systèmes du système biométrique. En particulier il est possible que le sous-système de collecte et le sous-système de comparaison soient distants l'un de l'autre.

Le système de transmission qui peut être local (interne à un boîtier) ou distant (liaison Ethernet, réseau ouvert, etc.) doit être clairement identifié afin d'en assurer la protection contre des écoutes ou des manipulations de données.

Que ce soit dans le processus initial d'enrôlement ou dans celui de capture, il faut que l'identification et l'authentification soient garanties en termes d'intégrité.

Le premier type de transmission intéresse la partie capteur : généralement cette partie capteur comprend une partie analogique (empreinte, voix, morphologie signature..) qui est digitalisée par la suite.

Ces signaux se trouvent généralement très proches du système de numérisation. Le problème est principalement un problème d'intégrité : cette intégrité est obtenue par un échantillonnage du signal adéquat. Le cas le plus général est la transmission entre le capteur et la base de données où se trouve le gabarit de référence.

Si la transmission utilise un réseau (local ou public) des mesures de sécurité adéquates doivent être utilisées afin de protéger les données échangées en intégrité (des données et des flux).

c. Transformation en un gabarit biométrique :

Le capteur des caractéristiques physiques transmet les données capturées à un système d'analyse qui a pour rôle de les transformer en un gabarit, selon un algorithme approprié à la caractéristique physique analysée. (Empreinte, iris, forme de la main, etc.)

Cette technique permet de diminuer les données stockées ainsi que faciliter la phase de vérification, Parfois, les données de la phase de vérification déjà authentifiées sont utilisées pour ajuster les paramètres du modèle de l'utilisateur.

d. Comparaison à une référence :

Le gabarit calculé doit être ensuite rapproché du gabarit de référence afin de vérifier l'identité de la personne ou de l'identifier.

Ce processus se compose de :

- La recherche de la référence pour la comparaison :

- Via les données d'identification pour accéder à la référence stockée pour une vérification
 - Via la comparaison directe du gabarit calculé à la valeur de référence stockée pour une identification
- La comparaison du gabarit calculé à une valeur de référence : à cette étape intervient une analyse qui est propre à la technologie du système développé. La comparaison fait généralement intervenir un calcul de score qui permet de considérer la comparaison en succès ou en échec selon que le score calculé est à l'intérieur ou à l'extérieur d'une plage d'acceptation.

e. Prise de décision

Le sous-système de décision reçoit le résultat du score calculé de rapprochement au gabarit stocké. En fonction d'une politique de décision liée à une analyse de risque propre à l'application utilisatrice du système biométrique, le sous-système de décision décide des actions à suivre

Le sous-système de décision peut considérer la vérification ou l'identification :

- En succès et rendre une réponse positive au système applicatif utilisateur
- En échec complet et rendre une réponse négative au système applicatif utilisateur
- En indécision : dans certains cas de systèmes plus sophistiqués, le système peut demander une re-saisie voire la saisie d'une autre caractéristique physique (ex : autre doigt pour l'analyse d'empreinte).

2) Système de stockage :

Le système de stockage permet de maintenir le gabarit de référence des personnes enregistrées dans le système. Il permet de créer, modifier, supprimer des gabarits dans le système en relation avec des données d'identification de la personne.

Ce système est principalement lié à l'application utilisatrice. En particulier, selon que le but final de l'application est de vérifier l'identité d'une personne ou au contraire de l'identifier au sein d'une population, le mode de stockage sera différent.

Dans le premier cas, en raison de la réglementation sur la protection des personnes et des données personnelles, le système pourra mettre en œuvre un contrôle *un-pour-un*, le gabarit de référence étant stocké dans un support portable en possession de l'utilisateur.

Dans le second cas, seul un stockage centralisé dans une base de données peut répondre au besoin. Là encore, la réglementation nationale peut ou non permettre une telle utilisation

3.2 Fiabilité des systèmes biométriques:

Afin de mesurer la fiabilité d'un système biométrique en mode de vérification et/ou d'identification, deux principaux tests sont utilisés :

3.2.1 Test de vérification

Dans la tâche de vérification, un utilisateur final doit faire une demande d'authentification de son identité. Par exemple : il proclame "je suis Mr Enrico", alors le système biométrique doit déterminer si l'identité proclamée par l'utilisateur est acceptée ou rejetée.

Deux taux sont alors calculés :

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

On peut formuler le test de vérification de la façon suivante [7] :

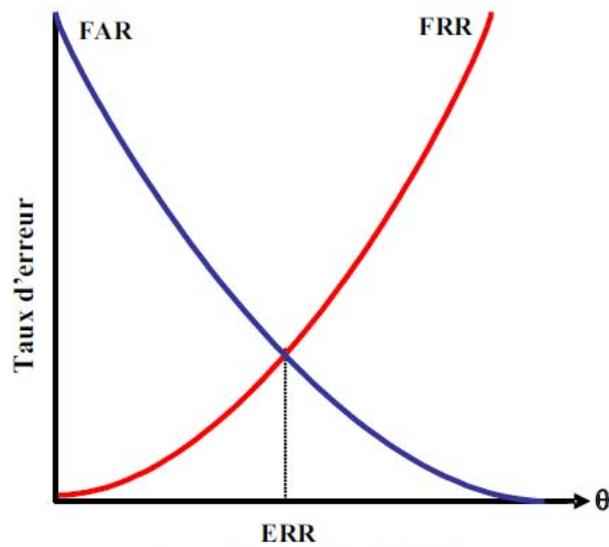
Soient X_Q le vecteur de caractéristiques de la personne proclamée I , X_t le vecteur de caractéristiques de la personne I stockée dans la base de données, $S(X_Q, X_t)$ la fonction de similarité entre le vecteur X_Q et X_t . La fonction S donne le score de similarité entre les mesures biométriques de la personne de la base de données et la personne proclamée.

Le test de vérification est alors défini par la fonction (I, X_Q) , telle que

$$(I, X_Q) = \begin{cases} W_1 & \text{si } S(X_Q, X_t) > \theta \\ W_2 & \text{sinon} \end{cases}$$

Où w_1 indique que la personne proclamée est vraie et w_2 qu'elle est un imposteur. Le choix du seuil de similarité θ est important car il influe directement sur les performances du système.

Un seuil θ trop petit entraîne l'apparition d'un grand nombre de faux rejets, tandis qu'un seuil θ trop grand engendre un taux important de fausses acceptations. La statistique la plus simple pour mesurer la performance d'un algorithme dans le contexte de la vérification est de calculer le *point d'équivalence des erreurs* (Equal Error Rate - EER). Le point d'équivalence des erreurs, ou taux d'exactitude croisée, est déterminé par le point d'intersection entre la courbe du taux de fausses acceptations et la courbe du taux de faux rejets. Un exemple de courbes d'erreurs croisées est donné à la figure (I.4).



Source: Mansfield, T. et al. (2001),
 "Biometric Product Testing Final Report"

Figure I.4 Courbe du point d'équivalence des erreurs dans un système biométrique.

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

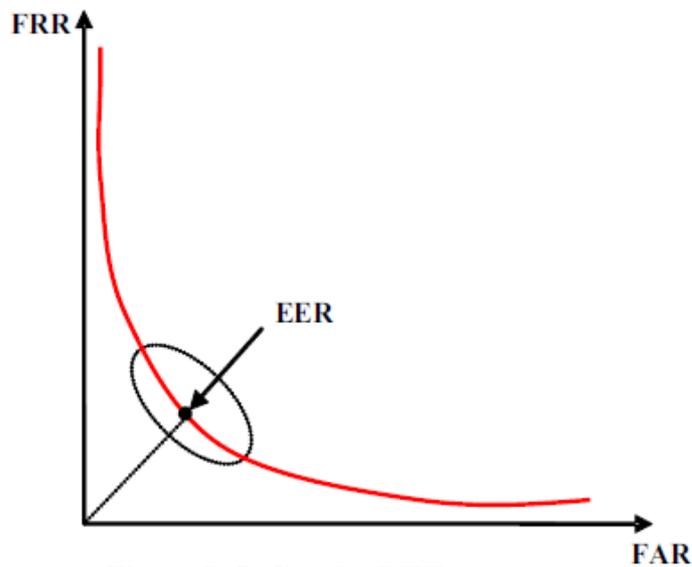


Figure I. 5. Courbe DET

3.2.2. Test d'identification :

On peut formuler le test d'identification de la façon suivante:

Soient X_Q le vecteur de caractéristiques, pour déterminer l'identité $I_k, k \in \{1, 2, \dots, N, N+1\}$,

on calcule la fonction (I, X_Q) définie par :

$$(I, X_Q) = \begin{cases} I_k & \text{si } \max \{ |X_Q - X_{I_k}| \geq \theta, k=1, \dots, N \} \\ I_{N+1} & \text{Sinon} \end{cases}$$

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

Le *test d'identification* représente la mesure la plus couramment utilisée, mais il n'est pas toujours suffisant. En effet, en cas d'erreur, il peut être utile de savoir si le bon choix se trouve parmi les N premières réponses du système. On trace alors la courbe *Cumulative Match Characteristics* (CMC) qui représente la probabilité que le bon choix se trouve parmi les N premiers [8]. Comme l'illustre la figure I.6.

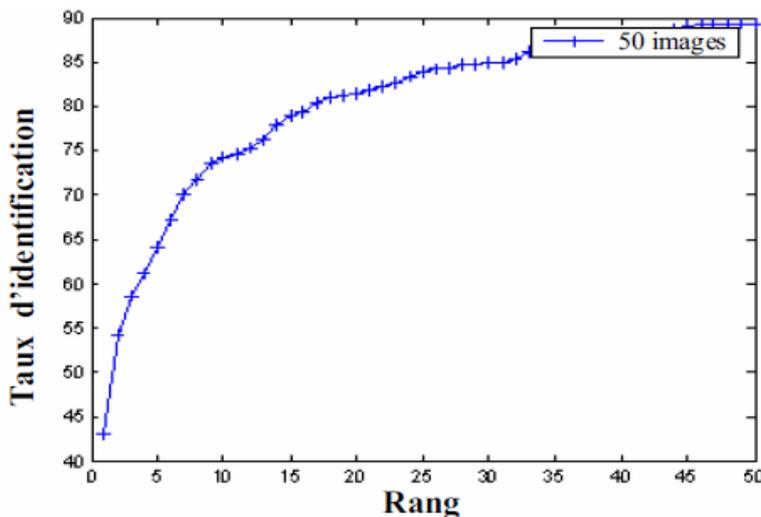


Figure I.5 : Courbe CMC.

4. Les techniques de la biométrie :

Les systèmes biométriques sont généralement classés par l'industrie dans deux grandes catégories : la *biométrie morphologique* ou *physiologique* (en anglais : *physiological*) et la *biométrie comportementale* (en anglais : *behavioral*).

- la *biométrie comportementale* (en anglais : *behavioral*). Les techniques d'analyse du comportement: il s'agit d'un type de biométrie caractérisées par un trait d'attitude qui est appris et acquis au fil du temps, Par exemple la dynamique de la signature, La façon d'utiliser un clavier d'ordinateur, etc...).

- Les techniques d'analyse de la *morphologie* humaine: il s'agit d'un type de biométrie défini par les caractéristiques physiques (empreintes digitales, forme de la main, forme du visage, dessin du réseau veineux de l'œil, la voix, etc...)

À l'instar de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) de France, il convient d'ajouter à ces deux catégories l'étude des traces biologiques regroupant de façon non exhaustive l'analyse de l'ADN, du sang et des odeurs.

La figure I.7 illustre les exemples de techniques biométriques :

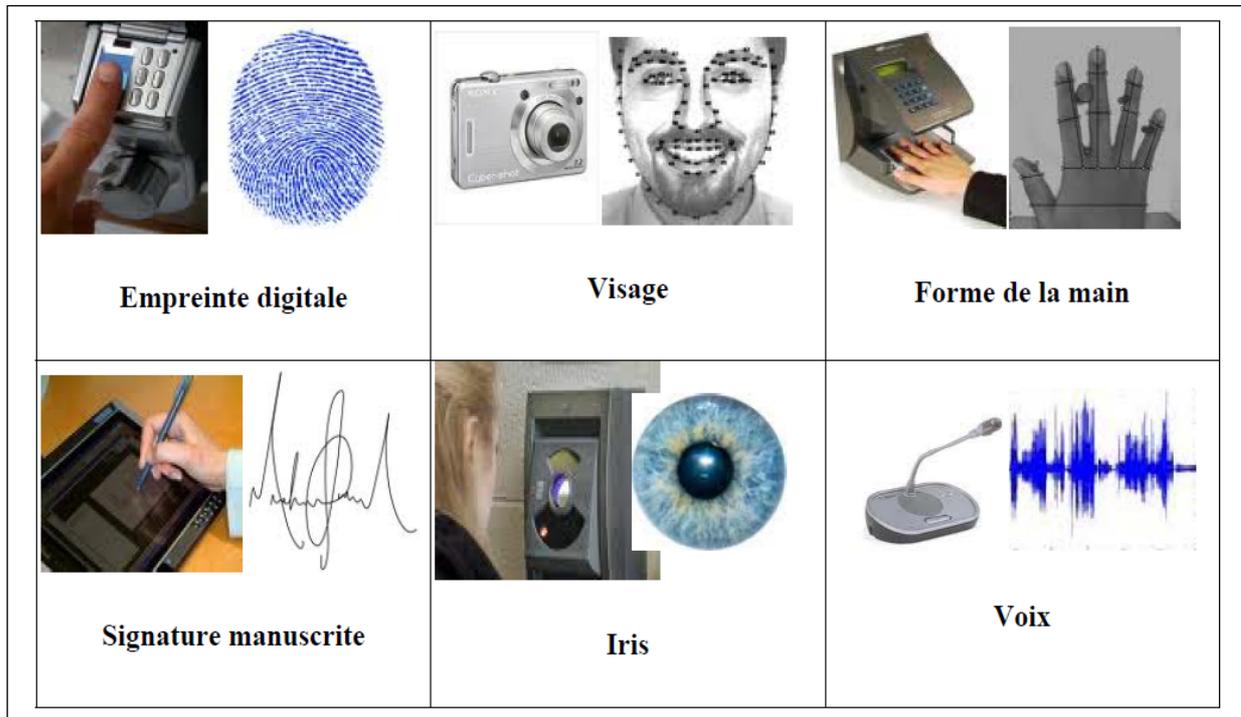


Figure I.7: Quelques modalités biométriques et leurs dispositifs d'acquisition.

4.1 Empreintes digitales : 50% du marché.

L'empreinte digitale est la caractéristique d'un doigt. Chaque personne a ses propres empreintes digitales avec l'unicité¹ éternelle. Ainsi l'utilisation des empreintes digitales est la méthode d'identification biométrique la plus utilisée, elle a été développée vers la fin du 19ème siècle par Alphonse Bertillon, fondateur de la police scientifique en France

¹ En effet, dès 1892, il a été démontré que l'empreinte digitale est unique pour chaque individu et ne change pas au cours de la vie.



Figure I.8 Une Empreinte digitale. [6]

Comment ça marche ? Un capteur prend une image de la main, un logiciel repère les coordonnées des points pertinents - le niveau de précision peut aller jusqu'à 80 points -. La carte des empreintes digitales est gardée en mémoire pour pouvoir être comparée à une autre carte d'empreinte.

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). • Faible coût des lecteurs grâce aux nouveaux capteurs de type "Chip silicium". • Traitement rapide • Bon compromis entre le taux de faux rejet et le taux de fausse acceptation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Image "policrière" des empreintes digitales. • Besoin de la coopération de l'utilisateur (pose correcte du doigt sur le lecteur). • Certains systèmes peuvent accepter un moulage de doigt ou un doigt coupé (la détection du doigt vivant permet d'éviter ce type d'usurpation).
Application	
<ul style="list-style-type: none"> • En théorie, toutes les applications d'authentification peuvent utiliser les empreintes digitales. Toutefois, le lecteur (capteur) reste exposé à une éventuelle dégradation dans les applications de contrôle d'accès accessible au grand public (distributeur de billets, accès extérieur à des locaux ...). • Contrôle d'accès physique (locaux, machines, équipements spécifiques), contrôle d'accès logique (systèmes d'information). 	

4.2 Le visage : 15% du marché

Le visage est certainement la caractéristique biométrique que les humains utilisent le plus naturellement pour s'identifier entre eux, ce qui peut expliquer pourquoi elle est en général très bien acceptée par les utilisateurs. La reconnaissance à partir du visage se base sur les caractéristiques jugées significatives comme l'écart entre les yeux, la forme de la bouche, le tour du visage, la position des oreilles, etc.



Figure I.9 : Acquisition d'une image au visage

La plupart des systèmes d'identification du visage utilisent du matériel classique du marché : un ordinateur et une caméra pour capturer l'image. Le problème de cette méthode vient des possibles perturbations pouvant transformer le visage (maquillage, faible luminosité, présence d'une barbe ou de lunettes, expression faciale inhabituelle, changement avec l'âge, chirurgie esthétique, environnement (condition d'éclairage), etc.).

Avantage	Inconvénient
<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 • Technique peu coûteuse 	<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, percing, chirurgie...)
Application	
<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle d'accès à faible niveau de sécurité • Technologie pouvant être associée avec une autre technologie pour la compléter 	

4.3 La géométrie de la main : 10% du marché.

L'identification biométrique de la main se présente sous deux formes : soit par une empreinte palmaire, équivalente de l'empreinte digitale mais sur toute la surface de la main, soit par une image en 3D de la main. La première technique procède de façon similaire à la prise d'empreintes digitales; pour la deuxième, quelques traits caractéristiques comme la taille et la largeur des doigts ou l'espace entre les différentes parties de la main sont gardés en mémoire. Ces deux techniques, bien que focalisées sur la même partie du corps, sont moins contraignantes que la reconnaissance d'empreintes digitales : la surface numérisée est plus grande et donc la saleté ou les petites coupures n'empêchent pas l'identification



Figure I.10 Scanner la forme de la main

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Bonne acceptation des usagés • Très simple à utiliser • Le résultat est indépendant de l'humidité et de l'état de propreté des doigts • Fichier "gabarit" de petite taille 	<ul style="list-style-type: none"> • Trop encombrant pour un usage sur le bureau, dans une voiture ou un téléphone • Risque de fausse acceptation pour des jumeaux ou des membres d'une même famille • De plus la forme de la main évolue beaucoup avec l'âge.
Application	
<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle d'accès à des locaux • Parloirs de prison 	

4.4 L'iris : 6% du marché.

C'est la mesure qui obtient la meilleure précision, les taux d'erreur sont de l'ordre de 10^{-4} . Notre iris est extrêmement complexe : jusqu'à 244 points de comparaison peuvent être distingués. Les iris sont uniques et les deux iris d'un même individu sont différents. L'acquisition de l'iris est effectuée au moyen d'une caméra pour pallier aux mouvements inévitables de la pupille. La prise de vue est relativement désagréable pour l'utilisateur car l'œil doit rester grand ouvert. Il est de plus éclairé par une source lumineuse pour assurer un contraste correct.



Figure I.11 Une capture de l'image de l'œil.

La fraude étant néanmoins possible en utilisant des lentilles. De plus, ce système est mal accepté psychologiquement par l'utilisateur à cause des problèmes d'hygiène et des contraintes de prise de vue (coopération du sujet). Les Contraintes d'éclairage risquent aussi de perturber la phase d'acquisition.

4.5 La rétine :

Il existe également une autre possibilité de biométrie par l'œil, en inspectant la rétine. La rétine, couche sensorielle de l'œil, est parcourue de nombreux vaisseaux sanguins qui présenteraient une diversité aussi grande que l'empreinte digitale. De plus l'empreinte rétinienne est peu exposée aux blessures et la position respective des vaisseaux reste inchangée durant toute la vie de l'individu (sauf en cas de maladies vasculaires). Ainsi une caméra va examiner le fond de l'œil à l'aide d'un rayon lumineux.

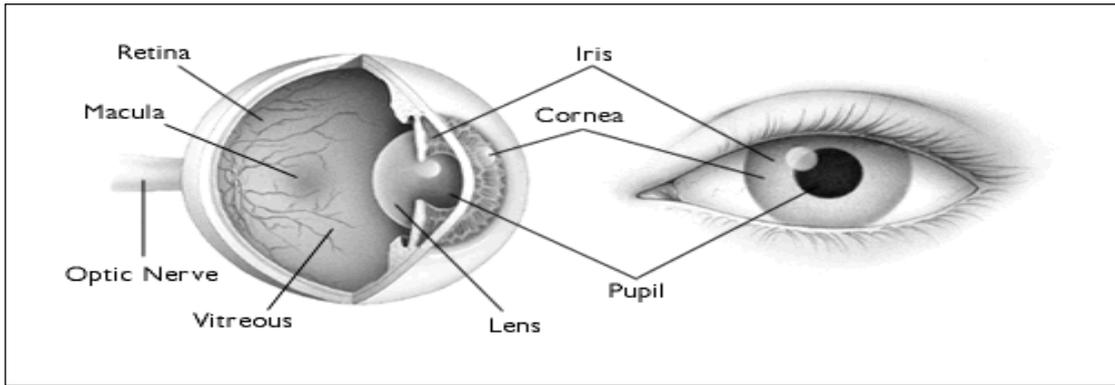


Figure I.12 Détail de l'œil [5]

4.6 La voix :

C'est en 1962 que Lawrence Kersta un ingénieur du Bell Laboratories, établit que la voix de chaque personne est unique et qu'il est possible de la représenter graphiquement. La voix est constituée de composantes physiologiques et comportementales. Initialement, une table de référence de la voix d'une personne doit être construite. Pour ce faire, celle-ci doit lire une série de phrases ou de mots à plusieurs reprises. Plusieurs caractéristiques de la voix sont alors extraites comme le débit, la force (pitch), la dynamique et la forme des ondes produites. Un individu ne parle pas toujours de la même manière, ce qui nécessite l'application d'une méthode permettant d'éliminer certaines de ces variations.

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Il est plus facile de protéger le lecteur que dans les autres technologies • Seule information utilisable via le téléphone • Impossible d'imiter la voix • Pas intrusif 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible à l'état physique et émotionnel de l'individu • Fraude possible par enregistrement • Sensible aux bruits ambiants • Taux de faux rejet et fausse acceptation élevés
Application	
<ul style="list-style-type: none"> • C'est le seul moyen pour s'identifier via une liaison téléphonique. • Dans un immeuble d'habitation, on pourra facilement protéger un micro derrière une grille anti-vandalisme. 	

4.7 La thermographie :

Une caméra thermique est utilisée pour réaliser un cliché infrarouge du visage. Cela permet de faire apparaître une répartition de la chaleur unique à chaque individu, voire de cartographier le réseau veineux du visage invisible à l'œil nu. L'avantage est que l'on peut distinguer de vrais jumeaux. Très cher, ce système reste expérimental.

4.8 Configuration des veines (vein pattern-scan) :

Il s'agit ici d'analyser le dessin formé par le réseau des veines sur une partie du corps d'un individu (la main) pour en garder quelques points caractéristiques.

4.9 La signature dynamique :

A handwritten signature in black ink that reads 'Anoop'. The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath.

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 justifier de la bonne foi d'une personne ou de la confondre devant des documents signés.

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.

➤ Fonctionnement :

Les systèmes à signatures dynamiques utilisent un logiciel spécifique qui fonctionne en adéquation avec le stylo électronique. Les mouvements du marqueur magique sont enregistrés par le logiciel qui procède à l'analyse de l'écriture à partir d'une dizaine de facteurs, comme :

- la vitesse de calligraphie,
- le rythme des variations du stylo,
- la pression exercée,
- et même le calcul de la distance de la plume suspendue entre deux lettres au-dessus de la tablette

Chaque petite manie est ainsi stockée, puis encryptée.

Trois spécimens de signature sont préalablement enregistrés par le logiciel qui est ensuite capable d'en reconstituer tout seul les variations. Le tout prend place, en fin de parcours, au sein d'un serveur qui intègre précieusement chaque tracé dans une énorme base de données, chargée par la suite de certifier la signature. [4]

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none">• La signature écrite sur un document peut être conservée dans 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• Pas utilisable pour du contrôle d'accès en extérieur par exemple
Application	
<ul style="list-style-type: none">• Documents administratifs, bancaires, assurance...	

4.10 La dynamique de la frappe (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 lettre, temps de frappe, pauses...

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none">• Non intrusif, geste naturel pour un individu	<ul style="list-style-type: none">• Dépend de l'état (physique, émotion, fatigue...)
Application	
<ul style="list-style-type: none">• Documents administratifs, bancaire, assurance...	

Il existe d'autres méthodes biométriques telles celles basées sur l'A.D.N., l'odeur corporelle, la forme de l'oreille, la forme des lèvres, la démarche, Les groupes sanguins, Les cheveux et les poils, la géométrie de l'oreille, etc. Il est important de noter qu'il n'existe aucune

caractéristique biométrique idéale. A chaque application correspondent une ou plusieurs mesures biométriques appropriées. La figure (I.13) montre une comparaison des techniques biométriques en fonction du cout et de la précision

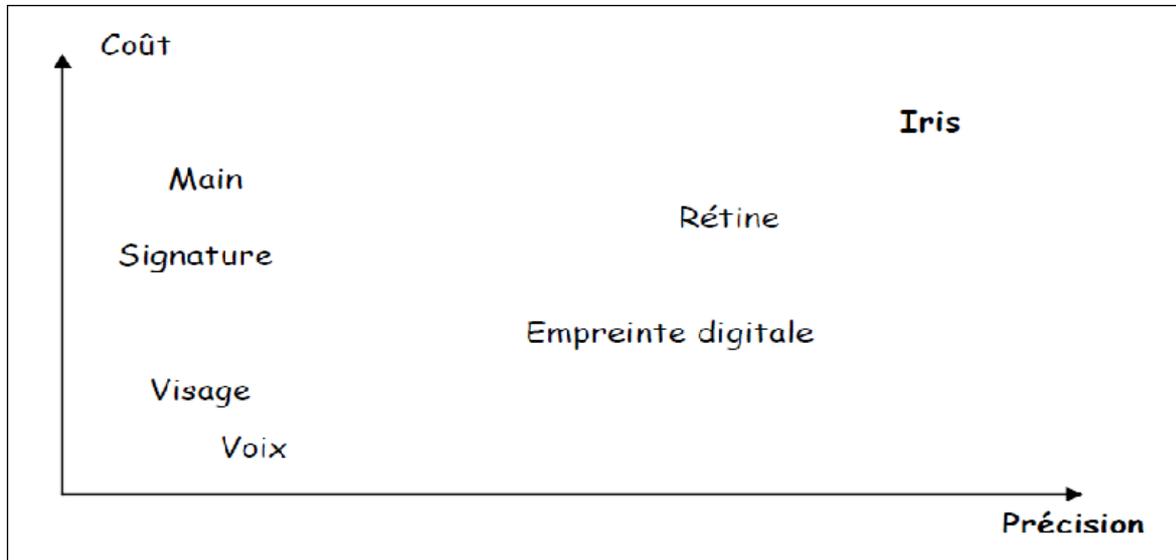


Figure I.13: les biométries les plus utilisées en fonction de cout et la pression [9]

Il est aussi important de noter que la plupart des biométries sur-citées ne sont pas admissibles en termes de loi. Seule exception faite pour les empreintes digitales qui sont utilisée dans les milieux juridiques. La signature est aussi légalement acceptable, mais elle se situe loin derrière les empreintes vus les problèmes engendres par l'oubli et la variabilité comportementale des individus. Par voie de comparaison nous concluons par le fait que les empreintes réalisent un compromis intéressant entre précision et coût.

Remarque :

1) Le marché de la biométrie : [1]

Le grand gagnant de la biométrie est d'abord la reconnaissance d'empreintes digitales, qui à elle seule représente près de 50% du marché.

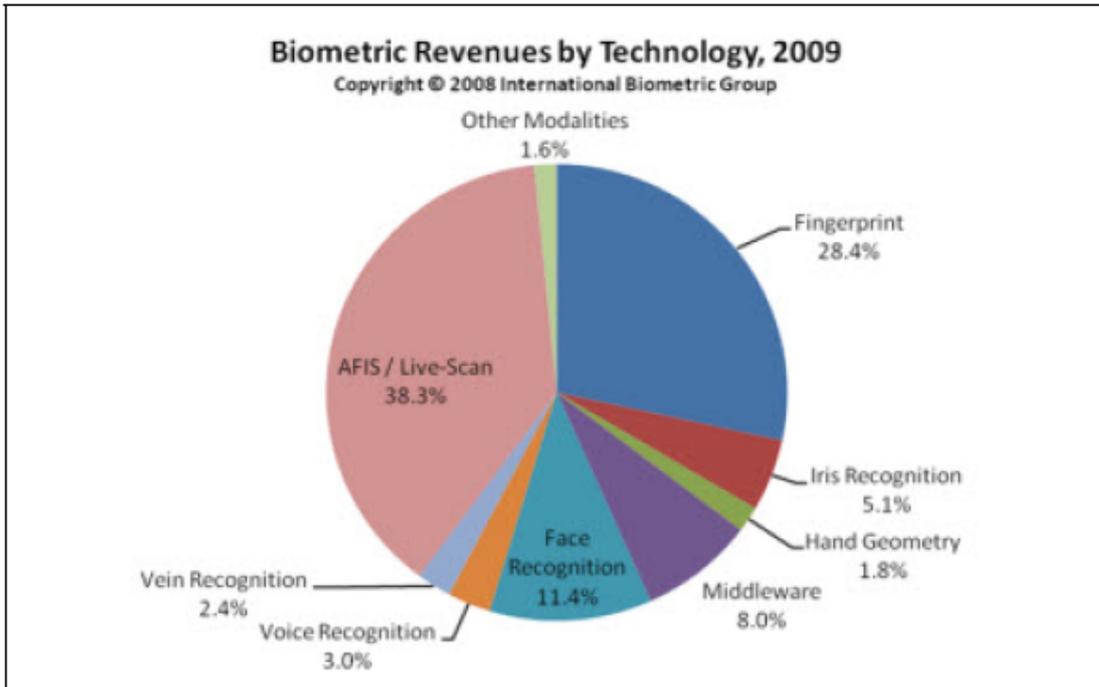


Figure. 1.14: Parts des technologies utilisées dans le secteur de la biométrie estimé par l'International Biometric Group [1]

2) **La multimodalité** : La multi modalité est une solution qui permet d'améliorer dans toute situation la précision et l'efficacité d'un système.

Depuis les dix dernières années, il a été démontré que la multi-modalité est une alternative qui permet d'améliorer les performances par rapport aux dispositifs ne faisant appel qu'à une seule modalité. Il existe différentes formes de multi modalité :

1. *Systèmes multiples biométriques* : par exemple, combiner reconnaissance de visage avec reconnaissance d'empreintes digitales.
2. *Systèmes multiples d'acquisition* : par exemple, deux scanners différents (optique et thermique pour la reconnaissance d'empreintes digitales).
3. *Mesures multiples d'une même unité biométrique* : par exemple, faire la reconnaissance des 10 doigts d'un même individu.
4. *Instances multiples d'une même mesure* : faire une capture répétée du même attribut biométrique avec le même système d'acquisition.
5. *Algorithmes multiples* : utiliser différents algorithmes de reconnaissance sur le même signal d'entrée.

5. Domaine d'utilisation de la biométrie [10] :

On peut distinguer quatre grands types d'applications de la biométrie : le contrôle d'accès, l'authentification des transactions, la répression (law enforcement) et la personnalisation. Le tableau1. Résume ces applications :

Applications	Exemples	Systèmes réels
Contrôle d'accès	L'accès à des lieux sécurisés L'accès aux réseaux d'ordinateurs et aux sites web.	Le système INSPASS (Immigration and Naturalization Service Passenger Accelerated Service System) dans les aéroports américains utilisant la géométrie de la main. L'intégration par « Apple » dans son système d'exploitation (MAC OS 9) d'un module de reconnaissance du locuteur pour protéger les fichiers partagés.
Authentification des transactions	Les paiements par carte bancaire Le e-commerce.	La technologie de Nuance Vérifier pour les clients de Home Shopping Network.
Personnalisation	Personnaliser les appareils que nous utilisons tous les jours.	Siemens propose d'utiliser la reconnaissance des empreintes digitales pour personnaliser les voitures.
Répression	Criminologie	« T-Netix » pour le suivi des individus en liberté surveillée.

Tableau I.2. : Applications de la biométrie.

Aujourd'hui le marché de la biométrie a le vent en poupe. Plusieurs entreprises dédiées à ce domaine font une montée fulgurante, elles rivalisent notamment par la qualité de leurs capteurs. Bien que de nos jours il existe des techniques biométriques extrêmement fiables

telles que la reconnaissance de la rétine et de l'iris, elles sont coûteuses et en général mal acceptées par le grand public et ne peuvent donc être réservées qu'à des applications de très haute sécurité. Pour les autres applications, des techniques telles que la reconnaissance du visage ou de la voix sont très bien acceptées mais ont des performances encore trop peu satisfaisantes. La multimodalité peut être vue comme une alternative qui permettrait d'améliorer de façon systématique la performance de tels systèmes. Il est donc possible de tirer profit de la complémentarité existante entre les différentes technologies biométriques.

6. Conclusion :

La biométrie est un secteur connaissant un succès croissant au fur et à mesure que les techniques d'identification par la biométrie évoluent. Le nombre de produits utilisant des technologies issues de la biométrie sera de plus en plus important.

Dans ce chapitre, nous avons montré c'est quoi la biométrie, d'où elle vient, les différentes technologies biométriques et les domaines d'applications de ces techniques. Bien que certaines technologies biométriques sont utilisées depuis plus d'un siècle pour identifier des individus, d'autres technologies plus innovantes ne sont encore qu'à un stade purement expérimental.

Et dans le deuxième chapitre on va présenter les techniques biométriques basées sur l'iris.



Chapitre II

1. Introduction :

L'utilisation de la technologie de l'iris en reconnaissance d'individus est relativement récente, Ceci explique sûrement le faible nombre de publications de recherche dans le domaine. Mais c'est le système biométrique le plus fiable en terme de résultat de ceux proposés aujourd'hui car La probabilité de rejet ou de fausse acceptation est proche de zéro et une recherche rapide dans la base de données [1]. Ainsi comme il est bien connu que l'iris d'un individu est unique¹ et interchangeable durant toute sa vie .Voici une comparaison entre les modalités : iris, reconnaissance faciale, empreintes digitales [2].

Iris	Empreintes digitales	Reconnaissance faciale
- taux de faux rejets (TFR) < 0.001% pour identification à grande échelle avec une base de données d'1million de personnes	TFR = 0.1% pour identification à grande échelle avec une base de données d'1 million d'identités (avec 2 doigts)	-Une biométrie très naturelle et bien acceptée
-Une biométrie très précise avec un taux élevé d'échec à l'acquisition	-Forte influence de la qualité de l'image (d'acquisition) sur la précision	-Taux d'erreur est égale à 25% sur des grandes bases de données d'images dégradées

Tableau II.1 : Comparaison entre les différentes modalités

¹La probabilité de trouver 2 iris suffisamment identiques est 1 sur 10 puissance 72.

Ce chapitre est consacré à la définition de l'iris et ses caractéristiques, à l'architecture d'un système d'authentification et d'identification ainsi que les méthodes de reconnaissance de l'iris (le vocabulaire lié à l'iris).

2. Historique :

Le mot iris qui veut dire arc en ciel vient d'IRIS, messagère d'Héra et de Zeus, personnification de l'arc en ciel. « Plutarque », un philosophe grec, suggère quant à lui que le mot Iris vient de la langue égyptienne et signifie: l'œil du ciel. Quelle que soit son origine, l'iris désigne la partie colorée de l'œil humain.

L'iris est historiquement utilisé en Iridologie pour diagnostiquer l'état de santé ou la maladie d'une personne à partir de la couleur ou de la location des tâches de pigment, selon l'hypothèse étrange que chaque partie du corps est représentée par une zone correspondante dans l'iris de l'œil. Mais aucun iridologue n'a réussi jusqu'à ce jour d'examen scientifique prouvant la fiabilité de cette théorie. L'iris est retenu pour la première fois pour des fins d'identification personnelle par l'ophtalmologiste américain *Frank Burch* en 1936. En 1986, les deux ophtalmologistes *Aran Safir* et *Leonard Flom* brevètent cette idée (Brevet N° WO8605018A1), mais il faudra attendre 1991 pour que le professeur *John Daugman* de l'Université d'Harvard développe le premier système biométrique d'identification de personnes basé sur l'iris [3].

3. Anatomie de l'œil :

L'œil est l'organe de la vue qui permet de voir les détails d'un environnement. L'œil est représenté par un globe oculaire composé de différents éléments.

L'œil est principalement composé de :

- la **cornée** : couche transparente externe qui protège l'œil ;
- du **cristallin** : lentille biconvexe remplie d'un liquide qui a la forme ovale d'un ballon de rugby. Comparable à l'objectif d'un appareil photo. La forme du cristallin est ajustée par les muscles situés de chaque côté du cristallin. La modification de la forme du cristallin est nécessaire pour ajuster la netteté d'un objet observé ;
- l'**iris** : muscle qui se comporte comme un diaphragme, soit en se contractant soit en se dilatant, pour s'adapter à la luminosité environnante. La couleur de l'iris définit la couleur des yeux.

- la **pupille** : orifice de couleur noire par lequel la lumière entre dans l'œil. La taille de la pupille est contrôlée par l'iris ;
- la **rétine** : tissu cellulaire couvrant le fond de l'œil. Cette surface de cellules est sensible à la lumière et se comporte comme le film d'un appareil photo. On distingue les cônes, cellules sensibles aux couleurs, aux bâtonnets, cellules sensibles au contraste de noir et blanc. Les images sont formées sur la rétine avant d'être traitées par le cerveau.[4]

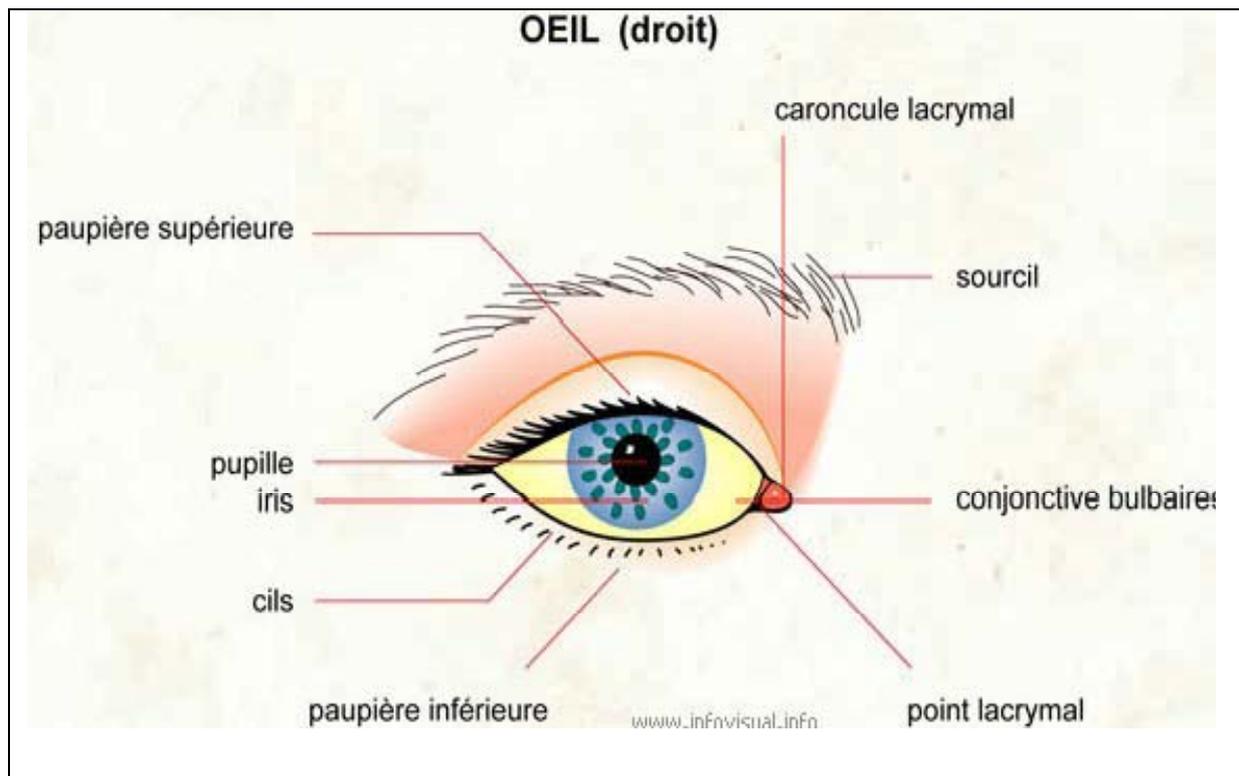


Figure II.2 : Description générale de l'œil.

- **Le nerf optique** : Il représente la deuxième paire de nerfs crâniens : le nerf optique, 35 à 55 mm de long, s'étend de la papille au chiasma (croisement en X, total ou partiel des fibres des 2 nerfs optiques). Il comporte environ un million de fibres réparties en un grand nombre de faisceaux séparés. Son rôle est de transmettre
- **L'humeur aqueuse** : C'est un liquide transparent, continuellement filtré et renouvelé qui, avec le vitré, maintient la pression et la forme du globe oculaire.
- **Le vitre ou corps vitré**: Liquide gélatineux qui donne à l'œil sa forme et sa consistance. Il représente 90% du volume de l'œil. [5]

➤ Le fonctionnement de l'œil humain :

Grâce à la cornée de l'iris (qui en se fermant permet de doser la quantité de lumière), une image se forme sur la rétine. Celle-ci est composée de petits **bâtonnets** (en anglais *rods*) et de **cônes** (en anglais *cones*).

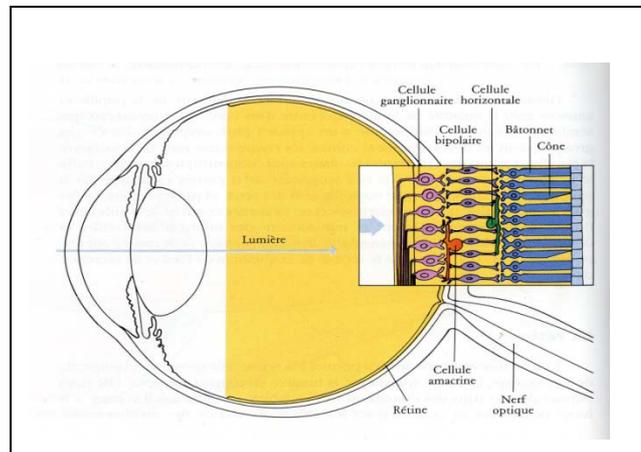


Figure II.3 : Le fonctionnement de l'œil. [6]

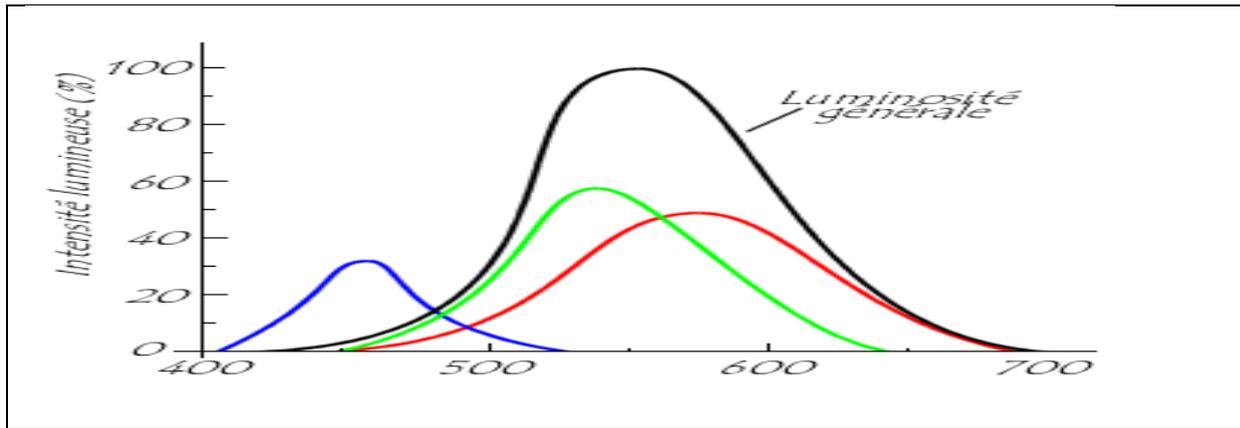
Les bâtonnets, formés d'une pigmentation appelée *rhodopsine*, situés en périphérie de la rétine, permettent de percevoir la luminosité et le mouvement (vision scotopique), tandis que les cônes, situés dans une zone appelée *fovéa*, permettent de différencier les couleurs (vision photopique). Il existe en réalité trois sortes de cônes :

- une sorte pour le rouge (570 nm), appelée **erythrolabes**
- une sorte pour le vert (535 nm), appelée **chlorolabes**
- une sorte pour le bleu (445 nm), appelée **cyanolabes**

Ainsi, lorsqu'un type de cône fait défaut, la perception des couleurs est imparfaite, on parle alors de *daltonisme* (ou *dichromasie*). On distingue généralement les personnes présentant cette anomalie selon le type de cône défectueux :

- Les protanopies sont insensibles au rouge
- Les deutéranopies sont insensibles au vert
- Les tritanopies sont insensibles au bleu

D'autre part il est à noter que la sensibilité de l'œil humain aux intensités lumineuses relatives aux trois couleurs primaires est inégales. [6]



4. L'iris :

4.1 Définition :



L'iris est la partie colorée de l'œil [7]. La couleur de l'iris est déterminée par la présence d'un pigment, la **mélanine**, le même composé chimique qui donne aussi leur couleur aux cheveux et à la peau.

L'iris est bleu si la mélanine est peu concentrée, il est plus foncé quand la concentration augmente. Tous les nouveaux-nés ont les yeux bleus parce que la mélanine est enfouie profondément dans le tissu de l'iris. Quelques mois plus tard cependant, ce composé peut se rapprocher de la surface de l'iris et modifier sa teinte [8].

4.2 Les caractéristiques de l'iris :

La formation de l'iris pour un œil humain commence au troisième mois de gestation, les structures qui créent les éléments distinctifs sont terminées lors du huitième mois et la pigmentation se poursuit dans les premières années suivant la naissance : la formation de l'iris est chaotique, on a donc des motifs avec de fortes variabilités. On recèle environ 244 caractéristiques pour un motif. En effet, la texture de l'iris ou ce que l'on appelle le motif de l'iris, comprend de nombreuses caractéristiques. Celles les plus souvent utilisées dans la biométrie, sont la collerette (on l'appelle ainsi car elle forme le dessin d'une collerette autour de la pupille), les tâches pigmentaires (comme les tâches de rousseur ou les grains de beauté), les cryptes (ce sont des petits creux), la couronne ciliaire (ou zone ciliaire, enchevêtrement de tubes fins formant un petit renflement), les sillons ou la pupille qui eux sont contrôlés suivant leur taille.

Ces éléments de l'iris restent fixes, ils ne varient que très peu durant toute une vie : chaque motif est stable et unique (la probabilité de similitude est de 1 sur 10 puissance 72). De plus,

le motif de l'iris n'est pas relié aux gènes, c'est-à-dire à l'ADN (Acide Désoxyribonucléique), cela signifie que ce n'est pas en fonction des gènes du père et de la mère que le motif de l'iris est formé contrairement à la couleur des yeux. Donc deux individus, même s'ils sont parents, peuvent avoir la même couleur mais jamais le même motif. Par ailleurs, les vrais jumeaux non plus ne sont pas confondus, il y a assez de caractéristiques dans l'iris pour que l'on puisse les distinguer. L'organe iridien est relativement à l'abri des lésions. S'agissant d'un tissu interne, l'iris est protégé par la cornée et l'humeur aqueuse. Étant donné que ces deux barrières sont transparentes, l'iris peut être facilement identifié à plus d'un mètre. On peut donc facilement photographier l'iris, qui n'est pas pourtant exposé à d'éventuels dommages.

Cependant comme l'iris occupe une petite surface, le matériel utilisé actuellement pour l'observer ne permet pas une étude précise au niveau des éléments du motif : on a seulement les contours macroscopiques. Ce problème reste temporaire car la précision des capteurs augmente de plus en plus et l'iris est suffisamment varié pour qu'il ne soit pas indispensable de recueillir toutes les informations qu'il contient. [9]



Figure II.4 : Images de 4 différents types de texture d'iris. [10]

4.3 Les avantages et les inconvénients :

➤ Avantages :

- Organe interne de l'œil très bien protégé
- Visible à distance
- Haut degré d'aléatoire dans sa formation
- 244 degrés de liberté
 - entropie: 3.2 bits par millimètre carré
 - Unicité obtenue par une grande complexité combinatoire
 - Distincts même pour de vrais jumeaux (phénotypiques)
- morphogénèses Pré-natal (7th mois de gestation)

- Patterns apparemment stables au long de la vie

➤ **Inconvénients :**

- Petite cible (1 cm) à acquérir à une distance de 1 m)
- Cible mouvante
- Localisée sur une surface courbe, humide et réfléchissante
- Occlusions possibles par les cils, les lentilles et la réflexion
- Partiellement masqué par la paupière, souvent tombante
- Déformation non-élastique quand la pupille change de taille
- Illumination gênante [11]

5. Conception générale d'un système de reconnaissance par l'iris :

Un système de reconnaissance de l'iris est un système automatique de reconnaissance de formes qui se peut composer de plusieurs modules comprenant:

5.1 Module d'acquisition : L'iris sera capturé et stocké sous forme d'image.

5.2 Module segmentation : L'image de l'œil qui est acquise ne comporte pas uniquement l'information de l'iris. Il est alors nécessaire de segmenter et isoler cette information du reste de l'image. Ce qui revient à isoler l'iris du blanc de l'œil et des paupières, ainsi qu'à détecter la pupille à l'intérieur du disque de l'iris. Généralement, l'iris et la pupille sont approximés par des cercles et les paupières par des ellipses.

5.3 Module normalisation : L'iris est un disque percé à l'intérieur par un autre disque plus petit, la pupille. Les deux cercles que constituent les frontières de l'iris avec le blanc de l'œil, ainsi que les frontières de la pupille avec l'iris ne sont pas parfaitement concentriques. De plus, avec les contractions et les dilatations de l'iris ainsi que la variation des distances d'acquisition entre les personnes et l'objectif, la taille du disque de l'iris n'est pas toujours constante. (La normalisation permet de transformer le disque irrégulier de l'iris en une image rectangulaire de taille constante).

5.4 Module d'extraction du gabarit de l'iris : Il s'agit d'extraire de l'image normalisée de l'iris des points, des vecteurs ou des coefficients caractéristiques de la personne.

5.5 Module de mise en correspondance : Les caractéristiques acquises sont comparées avec les caractéristiques stockées dans une base de données et à partir du résultat de cette comparaison une décision est prise. [3]

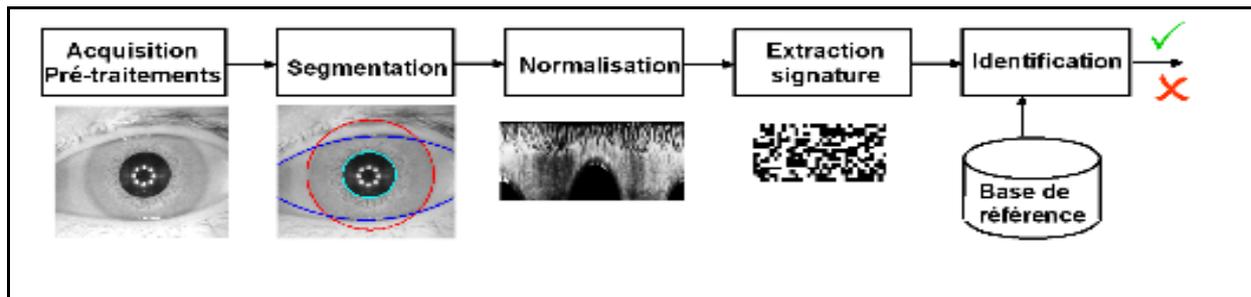


Figure II.5 : Conception d'un système biométrique basé sur l'iris [12]

6. Fonctionnement d'un système de reconnaissance d'iris :

6.1 Principe général :

Un système automatique de vérification de l'iris est une chaîne de processus qui à partir de l'œil d'un utilisateur en entrée renvoie un résultat en sortie, permettant ainsi à l'utilisateur d'accéder ou non à des éléments nécessitant une protection. La réalisation d'un tel système a fait l'objet de très nombreuses recherches et des méthodes très différentes de traitement ont été proposées. Un système de reconnaissance par iris peut se décomposer en deux unités principales (Figure III.4) :

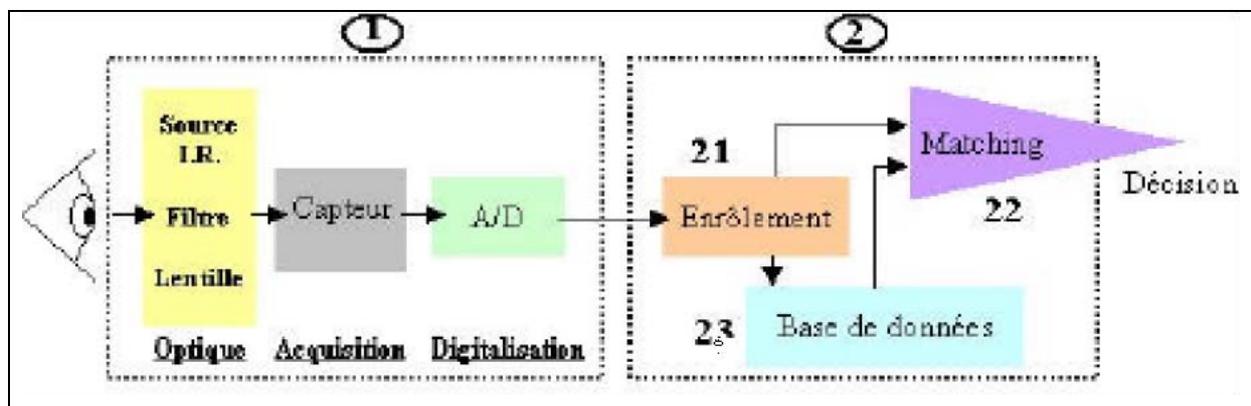


Figure III.6 : Schéma général d'un système de reconnaissance par iris. [10]

1. une unité optique de capture de l'image de l'iris (dispositif de vision),
2. une unité de traitement des données (extraction et comparaison des informations discriminantes avec celles stockées préalablement lors de l'enrôlement).

Le terminal biométrique (1) qui permet la saisie des images d'iris a fait l'objet de nombreux développements et recherches [13] [14] [15] [16] [17] [18]. La partie algorithmique de traitement des données (2) est constituée des processus suivants :

D'enrôlement (2.1) par lequel l'identité d'une personne et son image biométrique (image de l'iris) sont utilisées pour constituer une base de données (2.3), de matching (2.2) qui quantifie la ressemblance entre deux gabarits (signatures numériques dont l'une provient de la base de données et l'autre créée au cours de l'enrôlement présent).

6.1.1 Système d'acquisition :

L'acquisition s'effectue généralement avec une caméra monochrome dans le domaine du proche infrarouge (entre 650 nm et 900 nm, non visible, donc non éblouissant pour l'utilisateur). Idéalement, le diamètre de l'iris au sein de l'image acquise doit être approximativement compris entre 200 et 300 pixels pour s'assurer d'un minimum de détail au cœur même de l'iris. Notre étude porte davantage sur la partie algorithmique de traitement des données (2), constituées des processus suivants :

(i) apprentissage par lequel l'identité d'une personne et son image biométrique (image de l'iris) sont utilisées pour constituer une base de données, et (ii) comparaison qui quantifie la ressemblance entre deux gabarits (signatures numériques dont l'une provient de la base de données et l'autre créée au cours de l'apprentissage présent). [19]

6.1.2 Traitement des données :

Toutes les méthodes proposées de reconnaissance de l'iris reposent sur le même principe :

- (i) localisation de l'iris au sein de l'image.
- (ii) normalisation des dimensions des données.
- (iii) extraction des caractéristiques discriminantes.
- (iv) comparaison des informations. On constate que l'étape (iii) est un élément clef du traitement, dans la mesure où le choix des procédés à employer pour les autres étapes est souvent fixé par la manière de coder l'information [19].

6.2 Fonctionnement du système:

En général, la vérification biométrique consiste en deux étapes : *inscription* (enrôlement) et *authentification*. Durant l'inscription, la biométrie de l'utilisateur est capturée (acquisition) et les caractéristiques extraites (Template ou signature) sont sauvegardées sur une base de données. Durant l'authentification, la biométrie de l'utilisateur est de nouveau capturée et les attributs extraits sont comparés avec ceux qui existent déjà dans la base de données pour déterminer la correspondance. L'enregistrement spécifique choisit pour la comparaison est déterminé en fonction de l'identité acclamée par l'utilisateur. (Figure II.7)

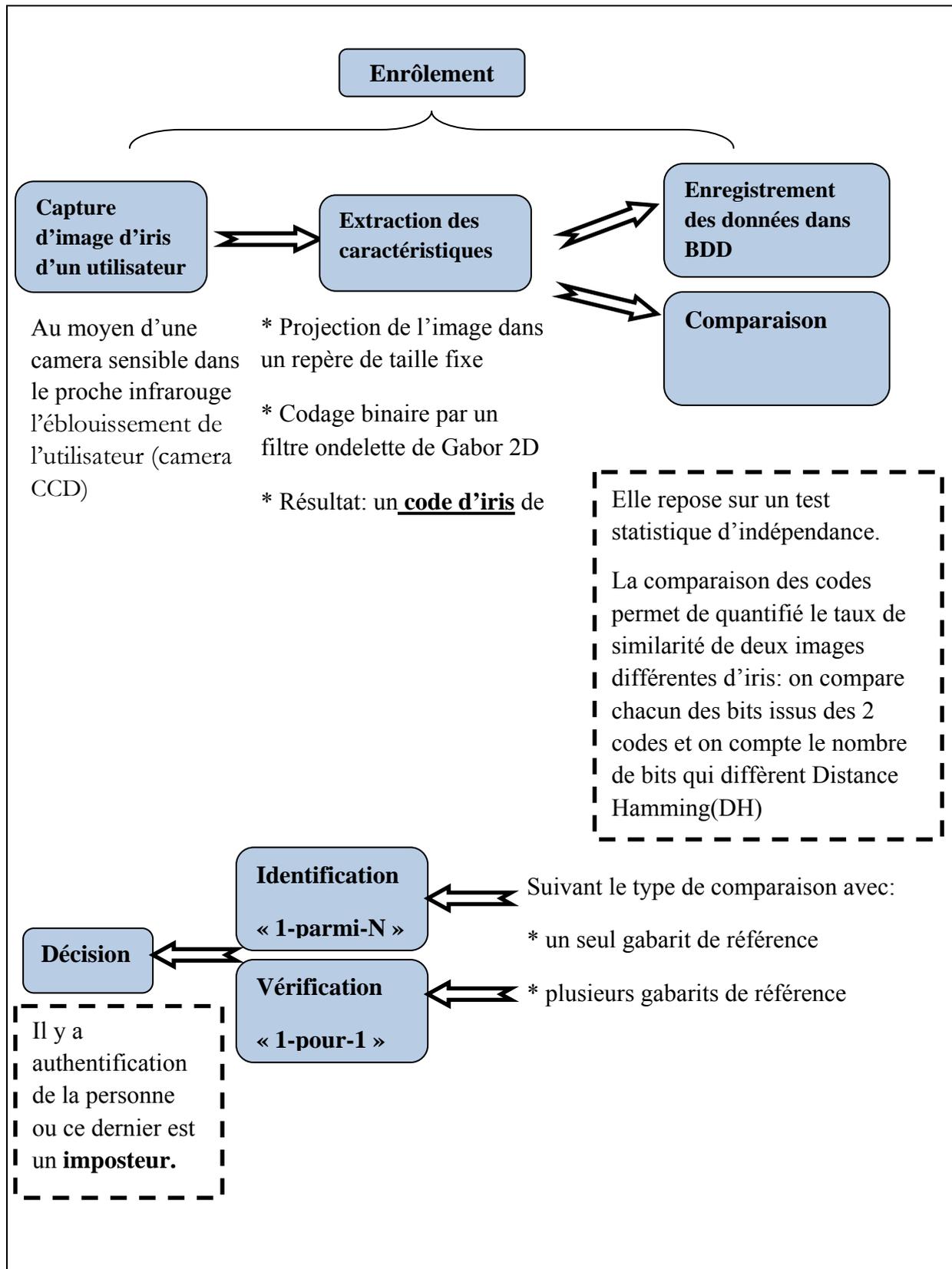


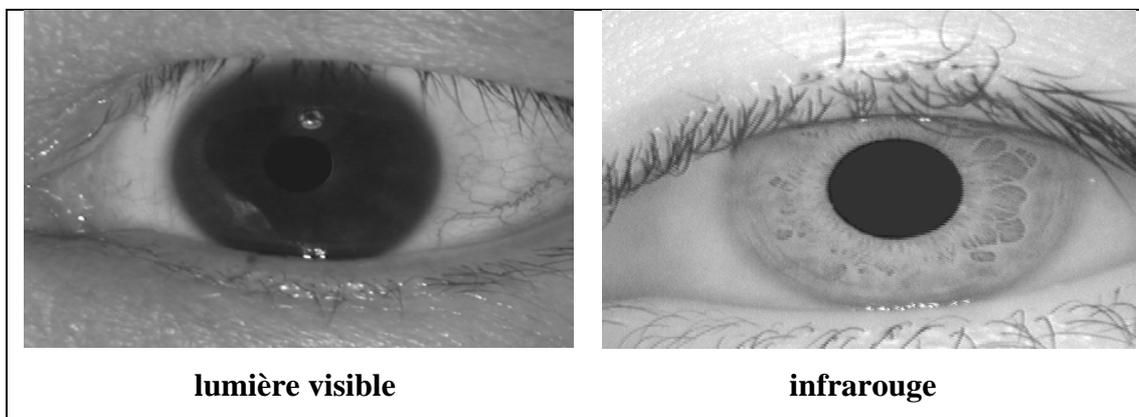
Figure II.7 : Fonctionnement d'un système de reconnaissance d'iris. [10]

6.2.1 La phase d'enrôlement (inscription) [20]:

Au cours de l'enrôlement, la caractéristique biométrique est tout d'abord mesurée grâce au dispositif d'acquisition. Cette capture n'est pas directement stockée, des transformations lui sont appliquées. En effet, le signal contient de l'information inutile à la reconnaissance et seuls les paramètres pertinents sont extraits. Le modèle (gabarit, signature), ainsi extrait, est une représentation discriminative compacte du signal qui permet de faciliter la phase de reconnaissance, mais aussi de diminuer la quantité de données à stocker. Le modèle peut être *stocké* dans une base de données ou de façon distribuée sur un support telle une carte à puce.

Lors de l'acquisition de l'iris, l'image obtenue contient souvent beaucoup de parasites ayant des origines diverses :

- L'environnement où se produit l'acquisition (la distance entre la personne et le capteur de l'iris).
- La présence de mascara.
- L'orientation de l'œil lors de l'acquisition.
- La personne peut mettre des lunettes ou des lentilles.
- Les différentes captures utilisées durant l'acquisition de l'image (Utilisation d'une caméra infrarouge ou bien d'une caméra traditionnelle) .



Pour permettre une reconnaissance fiable, un prétraitement est alors nécessaire pour extraire l'information utile de l'image permettant d'éliminer de possibles fausses informations.

6.2.2 La phase d'appariement[21]:

La phase d'appariement est *l'étape critique* du système. Elle reçoit en entrée deux signatures issues de deux acquisitions différentes de l'iris et renvoie en sortie un résultat binaire indiquant si oui ou non les deux signatures proviennent du même iris. Bien entendu deux iris provenant de la même personne ne seront jamais identiques en raisons (sont décrits dans le paragraphe 6.2.1). Ceci est caractéristique des systèmes biométriques. La phase d'appariement va donc calculer le degré de similarité (*taux d'appariement*) entre les deux signatures et *décider* si elles peuvent être considérées identiques en fonction d'une valeur seuil.

6.2.3 Phase d'identification :

L'identification d'un utilisateur fournit un échantillon biométrique qui va être comparé à tous les échantillons biométriques contenus dans la base de données biométriques du système. Si l'échantillon correspond à celui d'une personne de la base, on renvoie son numéro d'utilisateur (ainsi ses informations personnelles), sinon l'identification échoue.

7. Niveau de décision dans une vérification d'iris :

Le problème de vérification peut être formulé comme suit :

Soit la représentation de l'iris de la base de données par **T** (pour template) et celle à identifier par **I** (pour input) on aura les hypothèses suivantes :

- $H_0 : I \neq T$; l'iris en entrée n'existe pas dans la base de données.
- $H_1 : I = T$; l'iris en entrée existe dans la base de données.

Les décisions associées respectivement seront les suivantes :

- D_0 : la personne est un imposteur
- D_1 : la personne est véritable

L'appariement entre T et I utilisera, bien sur, les mêmes métriques, si le score d'appariement MS (matching score) et au dessous d'un seuil S on décidera D_0 , sinon c'est D_1 .

Les hypothèses formulées ici nous mènerons à deux types d'erreurs :

- Fausse acceptation : D_1 est décidé quand H_0 est vrai, qui nous donnera le taux de fausse acceptation (TFA)
- Faut rejet : D_0 est décidé quand H_1 est vrai, qui nous donnera le taux de faux rejets TFR.

Les différentes applications peuvent avoir de différentes restrictions sur ces taux d'erreurs TFA et TFR, qui sont réunis dans une courbe réceptrice de caractéristiques de fonctionnement

ROC (Receiver Operating Characteristics) elle trace le TFR contre TFA dans différents seuils de décision.

Remarque : TEE Taux d'Erreur Egal \Rightarrow TFR = TFA, sur le graphe c'est l'intersection de la première bissectrice avec la courbe. Il est fréquemment utilisé pour donner un aperçu de la performance d'un système.

Le seuil S doit donc être ajusté en fonction de l'application ciblé : haute sécurité, basse sécurité ou compromis entre les deux.

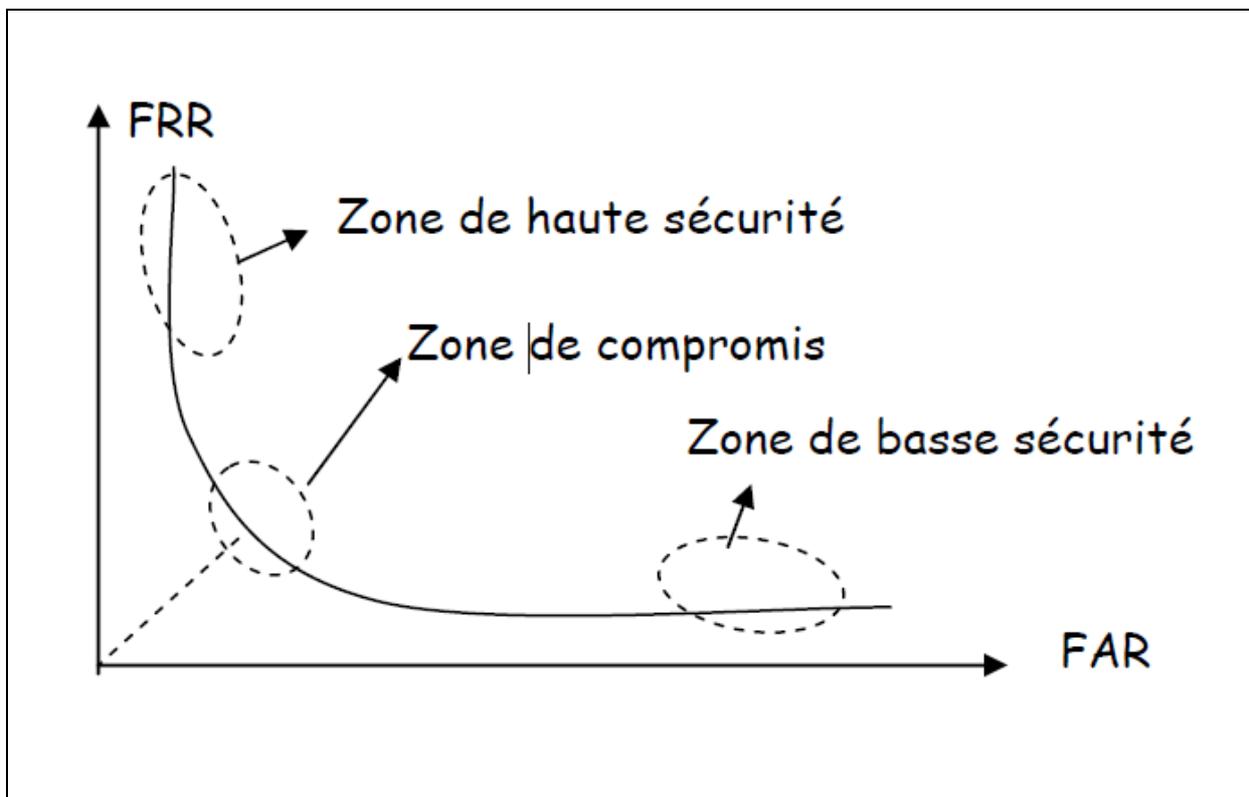


Figure II.8 : La courbe ROC

8. Techniques de reconnaissance par iris :

Le caractère exceptionnel de la texture de l'iris réside dans le fait que les processus de génération de ces textures sont complètement aléatoires mais stable. En conséquence, dans le but d'utiliser l'iris comme un outil biométrique, l'extraction des caractéristiques doit être capable de capturer et d'encoder cette particularité aléatoire présente dans la texture de l'iris. Les méthodes de traitement algorithmique reposent donc sur une analyse du relief et de strie de l'iris (Figure III.6).

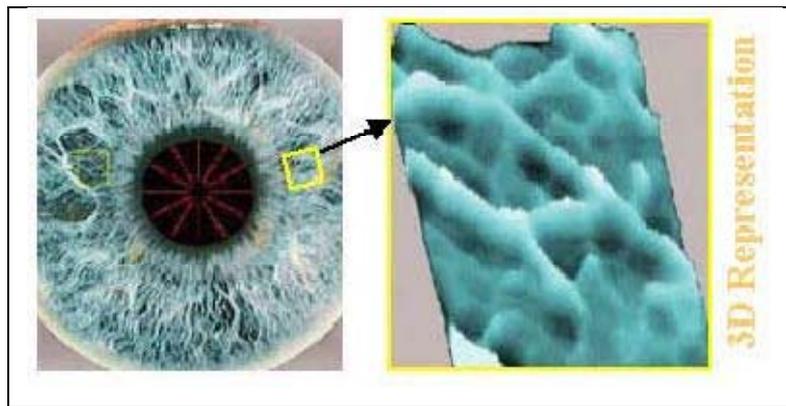


Figure II.9 : Illustration du relief de l'iris.

Nous avons classifié les systèmes de reconnaissance par iris en trois catégories selon la technique par laquelle les caractéristiques sont extraites de la texture de l'iris pour des buts de comparaisons. Ces trois catégories sont : les techniques basées sur l'apparence, les techniques basées sur la texture et les techniques basées sur l'extraction des caractéristiques.

- Les techniques basées sur l'apparence [22] [23] font usage d'approches statistiques classiques telles que l'analyse en composantes principales (ACP) ou l'analyse en composantes indépendantes (ACI) pour représenter les images d'iris.
- Les techniques basées sur la texture [24] [25] [26] [27] [28] font quant à elles usage de filtres pour le traitement des images et l'extraction de quelques propriétés des images filtrées afin de quantifier les images d'iris données.
- Les techniques basées sur l'extraction des caractéristiques [29] font usage des caractéristiques locales présentes dans l'image (blocs ou taches) et enregistrent leurs localisations et caractéristiques (propriétés) pour distinguer les différentes images. Les différentes approches de reconnaissance par iris sont détaillées ci-dessous.

9. Quelques méthodes connues de reconnaissance par iris :

9.1 Méthode de *John Daugman* :

En 1992, *J. Daugman* [30] fut le premier à publier ses recherches sur la mise au point d'un procédé d'analyse de texture de l'iris. Il repose sur la détection précise des centres et rayons respectifs de l'iris et de la pupille par des opérateurs intégro-différentiels sur des arcs de cercle, exploitant le fort contraste aux frontières de la pupille et de l'iris, une conversion de l'image circulaire de l'iris en un équivalent rectangulaire (conversion polaire à angle constant), le codage binaire de la phase locale extraite par un banc de filtres passe-bande en quadratures (filtres de *Gabor*), dont certaines zones où se situent le reflet de la diode et la paupière sont supprimées et le calcul du taux de similarité entre deux codes d'iris par comptage de la proportion de bits qui diffèrent (opération du type XOR).

L'implémentation de l'algorithme sur SUN Sparc-Station en code entier optimisé requiert 100ms pour déterminer un iris-code de 256 octets [31]. A partir d'une base de données d'environ 1770 images (3 images de 592 yeux) fournie par l'Ophtalmology Associates of Connecticut, le taux EER est estimé à 1/128 000 par extrapolation des distributions des imposteurs et authentiques relevées. Cependant lors de l'évaluation des algorithmes de *J. Daugman* dans des conditions réelles d'utilisation pour leur commercialisation par la société IriScan, The Sandia National Laboratories [32] présentait des résultats beaucoup plus modestes : avec 199 yeux enrôlés provenant de 122 personnes, on enregistrait un FRR de 10% (878 essais d'identification en groupe fermé) et un temps moyen d'identification de 14 secondes.

9.2 Méthode de *Wildes* :

Près de 2 ans plus tard, *R.P. Wildes* [33] propose un système concurrent. Les pourtours de l'iris sont extraits par transformée de *Hough*, appliquée à la détection de cercle sur les contours de l'image, et les paupières sont modélisées par des arcs paraboliques. L'alignement spatial entre deux images d'iris à comparer (rotation et adaptation d'échelle) est réalisé par une technique de registration d'image (résolution par une procédure de minimisation itérative). Ensuite la texture de l'iris est représentée par une pyramide *Laplacienne*, comparable à une décomposition en ondelettes (4 bandes) par des filtres passe-bande isotropes (filtres gaussiens). L'étape de comparaison est basée sur le calcul d'un facteur normalisé de corrélation par sous-bloc de 8 x 8 pixels. Pour chaque bande fréquentielle on

conserve une seule valeur via la médiane : le score est donc représenté par une série de 4 indices de similitudes.

La décision finale est prise par un classificateur du type discriminant linéaire de *Fisher*. La vérification d'un individu prend approximativement 10 secondes [34] sur SUN Sparc-Station 20, avec un code C non-optimisé. Le test du système proposé par *R.P.Wildes* n'a produit aucune erreur de faux rejet ou de fausse acceptation sur une base de données comprenant 60 iris de 40 personnes.

9.3 Méthode de *Boles* :

En 1996, *W.W.Boles* [35] introduit une nouvelle technique basée sur une transformée en ondelettes monodimensionnelles. Le traitement commence par localiser le centre de la pupille par détection des contours circulaires, puis de la même manière le diamètre extérieur de l'iris. En fonction du ratio entre le diamètre de l'iris de référence et celui de l'iris à identifier, on définit un ensemble de n cercles virtuels de centre celui de la pupille, sur lesquels on extrait n signaux caractéristiques du relief de l'iris (signaux normalisés à 256 points par souséchantillonnage).

Une représentation zero-crossing est alors générée par une transformée en ondelettes (décomposition sur 8 niveaux, mais on conserve uniquement les 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème}). Il s'agit en fait d'un codage des points d'inflexion des n signatures de l'iris pour différents niveaux de résolution ; ce codage est obtenu en utilisant une onde mère spécifique du type dérivée seconde d'une fonction de lissage [36]. Enfin la comparaison est traitée par quatre fonctions de dissimilitude (par exemple : mesure de différence d'énergie, coefficient normalisé de corrélation croisée) entre 2 représentations zero-crossing. Le score final est la moyenne des résultats fournis par ces fonctions de dissimilitude. Mais l'efficacité de cette technique n'a toujours pas été démontrée sur plus de 2 iris différents [37].

9.4 Méthode de *Sanchez-Reillo & Al.* :

En 1999, l'approche de *Sanchez-Reillo & Al.* [38] reprend dans l'ensemble celle de *J.Daugman*. La texture de l'iris est partiellement transformée en un équivalent rectangulaire, puis codée en rendant binaires les résultats de filtrage avec la partie imaginaire de filtres complexes de *Gabor*. La comparaison consiste à calculer la distance de *Hamming* entre deux codes. A partir d'une base de données de plus de 200 images (au moins 10 images de 20

yeux), l'étude de *Sanchez-Reillo & Al.* montre que leur système atteint un EER de 3.6% pour une taille de code d'iris de 1860 bits.

9.5 Méthode de Y. Wang & Al. :

La même année, *Y. Wang & Al.* [39] [40] brevètent une nouvelle méthode d'extraction des caractéristiques à partir de la représentation rectangulaire de l'iris (proposée par *J. Daugman*). On commence par filtrer l'image rectangulaire d'iris soit par filtrage de *Gabor* suivant 4 directions et pour 6 fréquences différentes, soit par transformée en ondelettes 2D (ondelettes de *Daubechies* du 4^{ème} ordre) sur 5 niveaux de faible résolution uniquement. On obtient alors n images résultats ($n = 24$ pour le cas, et $n = 13$ pour le cas). La signature d'un iris est alors constituée de la série de n vecteurs [moyenne écart type], extraits de ces n images. Pour effectuer la comparaison, *Y. Wang & Al.* suggèrent la distance euclidienne pondérée. Sur 160 images (10 images de 16 yeux), le meilleur taux de classification (identification en groupe fermé) est de 93.8%. En 2002, une amélioration [41] au système est apportée : le vecteur caractéristique comprend 384 valeurs, qui correspondent à l'écart absolu moyen (somme sur l'image des différences entre l'intensité des pixels et la moyenne de l'image) de 384 blocs de 8x8 pixels appartenant à la texture de l'iris (texture préalablement filtrée par un filtre passebande symétrique circulaire) ; un classificateur plus avancé (Nearest Feature Line [42]) est utilisé pour la comparaison. Lors de nouvelles expérimentations sur une population de 134 iris (de 7 à 25 images par oeil), le taux de classification atteint 99,85% (ou FAR=0.1% et FRR=0.83% en mode vérification).

9.6 L'approche IriTech : L'utilisation de l'ondelette de Haar :

La société Iritech est l'un des rares concurrents de la société Iridian à avoir proposé une solution alternative à la méthode Daugman . L'approche utilise l'ondelette de Haar comme un moyen d'analyse mutli-résolution. 1024 coefficients de Haar sont calculés sur différentes zones de l'iris comme indiqué sur la figure 3-6. Les coefficients sont comparés entre eux en calculant une différence entre les coefficients des hautes fréquences et ceux des basses fréquences qui n'ont pas été générés par des paupières ou des cils.[3]

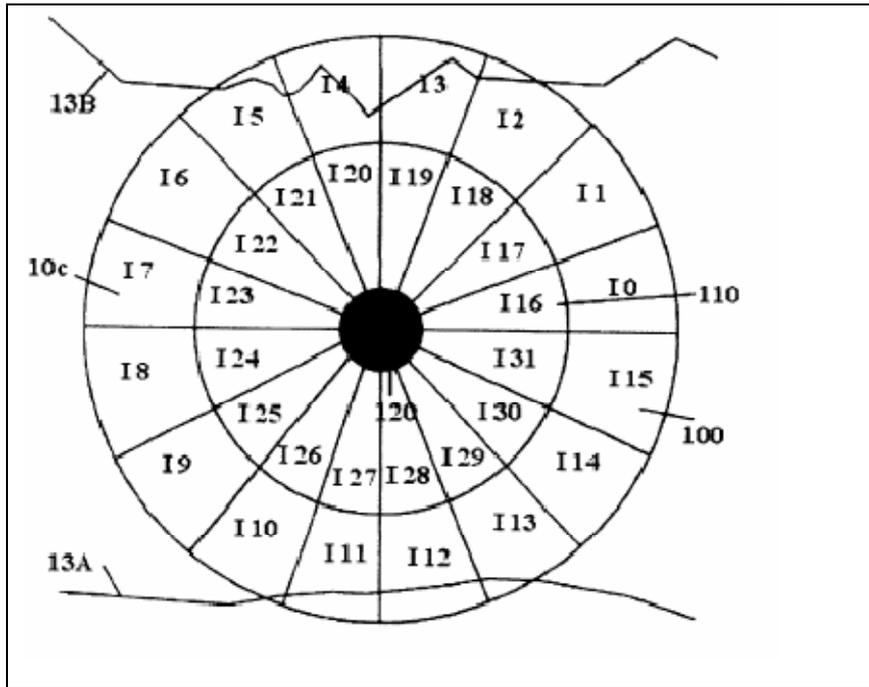


Figure II.10 : Le découpage de l'iris en secteurs par Iritech. [3]

10. Conclusion :

La biométrie par l'iris est la technologie la plus fiable à travers le monde. Et on voit fleurir des solutions de plus en plus abordables et performantes.

Les informations stockées ne sont jamais les images d'origines de l'iris mais un modèle mathématique des éléments qui distinguent l'échantillon biométrique d'un autre. Ce modèle est appelé un " gabarit " ou " signature ". De cette manière, on obtient alors des fichiers de très petite taille.



Chapitre III

1. Introduction :

La conception d'un système biométrique peut être projetée sur deux niveaux différents : la conception du système et la conception des algorithmes implantés sur le système. La plupart des difficultés recensées lors de la conception du système sont en relation avec le choix de la biométrie la plus adaptée à l'environnement concerné, l'architecture générale du système, le port de l'information biométrique (base de données ou carte à puce ?), Ayant les spécifications du système et les exigences expérimentales, les tâches principales lors de la conception des algorithmes sont : (i) l'extraction des caractéristiques et (ii) l'appariement.

2. Structure modulaire du système:

On s'intéresse dans cette partie à décrire avec précision la structure interne du système, ses composantes (ses modules) et les interactions entre celles-ci.

2.1 Modules du processus d'apprentissage :

2.1.1 Module d'acquisition des images de l'œil:

Le rôle de ce module est de récupérer les images d'iris que le capteur prend automatiquement à chaque enclenchement de la fonction de capture.

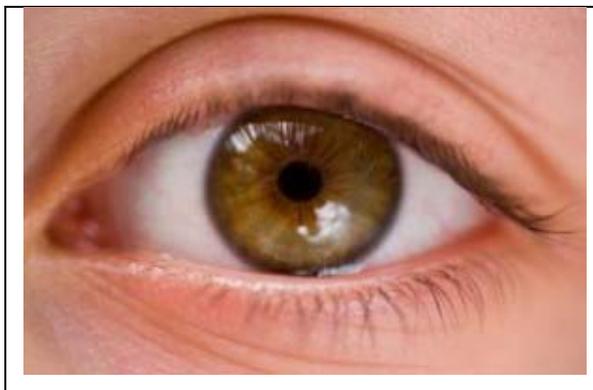


Figure III.1 : Image capturée.

2.1.2 Module de prétraitement des images :

L'image capturée d'un œil n'est pas exploitable telle quelle, un des buts de cette étape est de l'améliorer afin qu'on puisse plus facilement détecter les points qui nous intéressent.

A. Lissage :

➤ Le filtre de convolution médiane (moyenneur) :

Après que l'image soit capturée, la première étape de pré-traitement consiste à réduire le bruit occasionné par le capteur et à toute l'électronique de transfert. Pour ce faire, on appliquera un filtre moyenneur sur l'image. L'application d'un tel filtre entraînera malheureusement l'altération des contours de l'image. [1]



Figure III.2 : Application du filtre moyenneur sur l'image

Le filtre moyenneur est un filtre passe-bas. Un filtre passe bas a la propriété de laisser passer les fréquences spatiales faibles, mais supprime les fréquences hautes. L'analogie la plus simple à faire pour ce type de filtre est la diminution du niveau des hautes fréquences sur une chaîne stéréo. On peut aussi constater que les filtres passe-bas possèdent des noyaux de convolution dont tous les coefficients sont positifs.

Son application réside à l'attribution, au pixel d'intérêt, d'une valeur moyenne en considérant le voisinage du pixel. La valeur de gris d'un pixel est modifiée en tenant compte des valeurs de gris des pixels voisins.

Cela est obtenu en appliquant une matrice de calcul appelée noyau de convolution qui définit le nombre de voisins concernés et la pondération à appliquer sur leur valeur de gris.

La figure III.3 illustre un filtre moyenneur simple de noyau de convolution 3x3 qui implique les 8 voisins immédiats d'un pixel d'intérêt et permet d'affecter au pixel concerné le neuvième de la somme des valeurs de gris de lui-même ainsi que de ses voisins. [2]

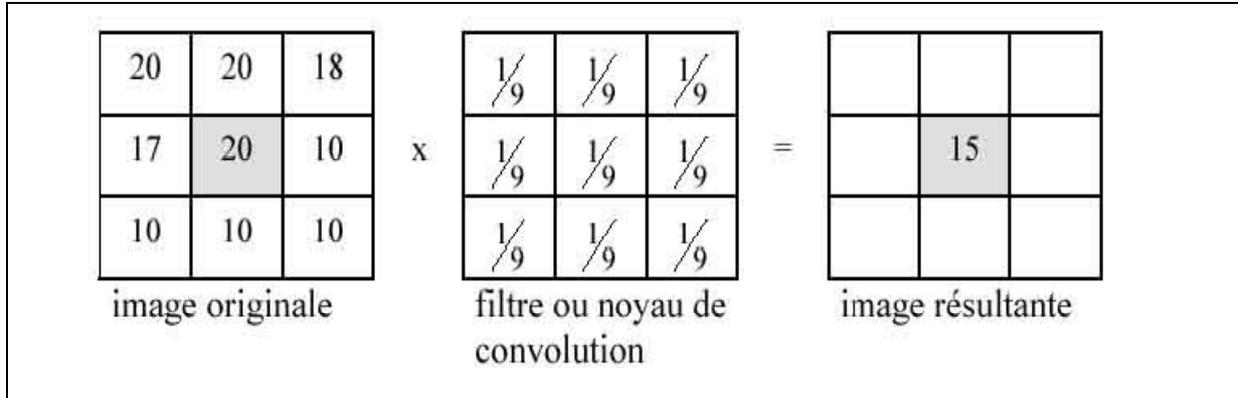


Figure III.3 Exemple d'un filtre moyenneur de dimension 3x3

Ainsi, pour un noyau de convolution de grandeur n x n, le pixel concerné prendra la valeur de

$$\frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n}$$

Formule III.1 Exprimant la moyenne d'un pixel d'intérêt.

Où x_i représente le $i^{\text{ème}}$ voisin du pixel.

N : (dans l'exemple on choisi N=9)

Il est à noter que plus la dimension du noyau de convolution est élevée, plus l'adoucissement engendré par le traitement sera prononcé.

Dans notre implémentation, le choix de dimension du noyau de convolution du filtre moyenneur a été fixé à 3x3 dans la plupart des cas. [3]

B. Le filtre de Gausse :

C'est un filtre basé sur la convolution médiane et qui utilise la formule suivante :

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}}$$

Formule III.2 Représentation du filtre gaussien.

- (X,Y) : Les paramètres de filtre de Gausse(chaque pixel de l'image capturé)
- σ : cansante définit par l'utilisateur (on a utilisé pixel/3.0).[2]

L'échelle spatiale, ou la résolution à laquelle une image peut être observée, dépend du paramètre Y . La convolution du noyau gaussien de résolution Y sur une image I peut être obtenue de la façon suivante.

$$I_{\sigma}(x, y) = G_{\sigma}(x, y) * I(x, y)$$

Formule III.3 Convolution d'un filtre gaussien sur une image.

$G_{\sigma}(x,y)$: le résultat obtenu après l'application de la fonction de Gausse (Formule III.3)

$I(x,y)$: Matrice de convolution

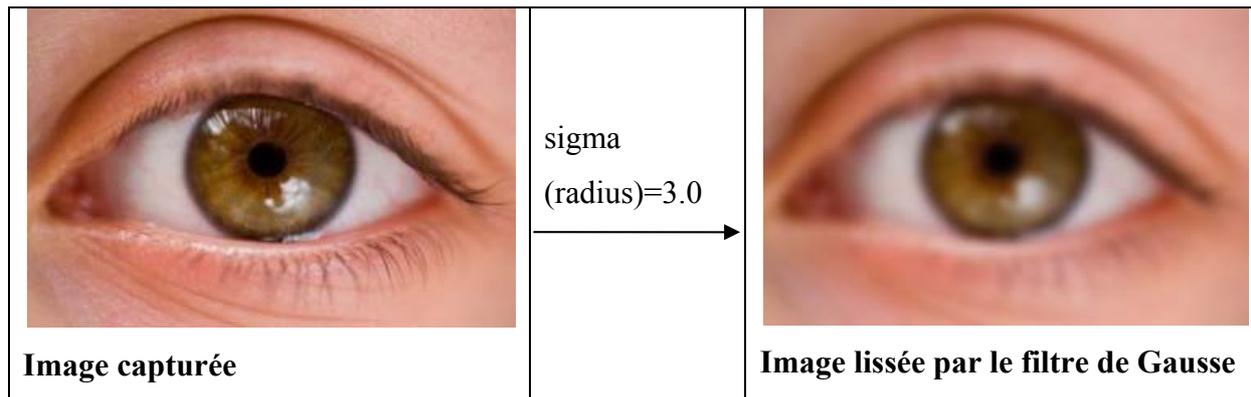


Figure III.4 : Application de filtre de Gausse avec un radius =3.0

B. Conversion en niveau gris :

La seconde étape de pré traitement est nécessaire afin de convertir l'image adouci RGB en image en niveaux de gris. Cette conversion permet de tirer profit de la rapidité des différents algorithmes subséquents, car ils ne sont pas basés sur la couleur, mais sur les niveaux de gris. Puisque un pixel de teinte grise quelconque possède ses trois composantes RGB de même valeur, une manière simple de convertir chaque pixel couleur en niveaux de gris serait simplement d'appliquer une moyenne sur la somme des composantes RGB du pixel, comme ceci : [4]

$$Y[x, y] = 0.299 \times R[x, y] + 0.578 \times G[x, y] + 0.114 \times B[x, y]$$

Formule III.4 : Conversion en niveau gris d'un pixel RGB

Avec **R** : rouge, **G** : vert, **B** : bleu.

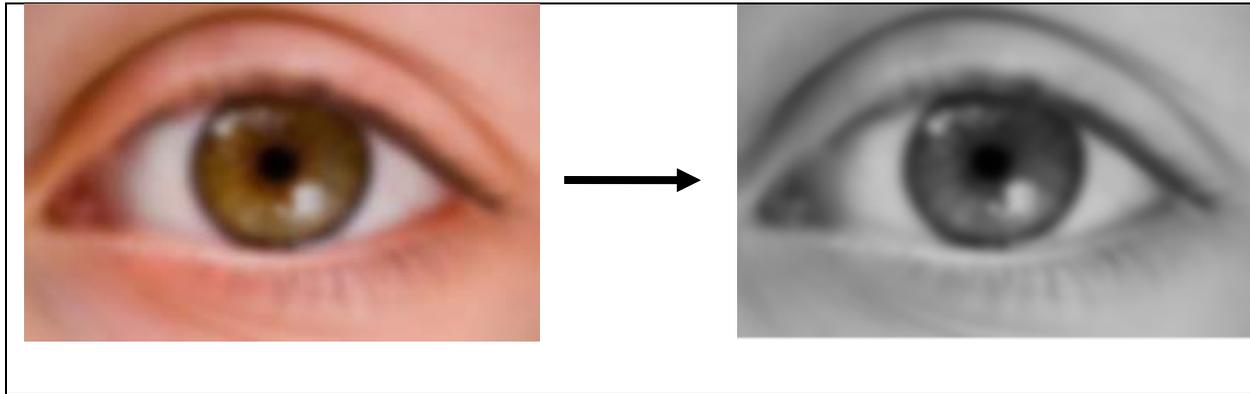


Figure III.5 : Transformation en niveaux gris.

2.1.3 Modules de détection des coordonnées de la pupille et de l'iris :

Les modules de détection des coordonnées de l'iris et de la pupille comprennent les étapes suivantes :

A. Détection de Bord :

➤ Filtre de Sobel[1] :

Est un algorithme utilisé pour le traitement d'image dans le but de détecter les contours. C'est une matrice de convolution 3x3 dont la formule est :

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

Puis ensuite :

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Formule III.5: Le filtre de sobel

G : est la valeur du pixel retournée.

A : la matrice donc l'image obtenue après lissage

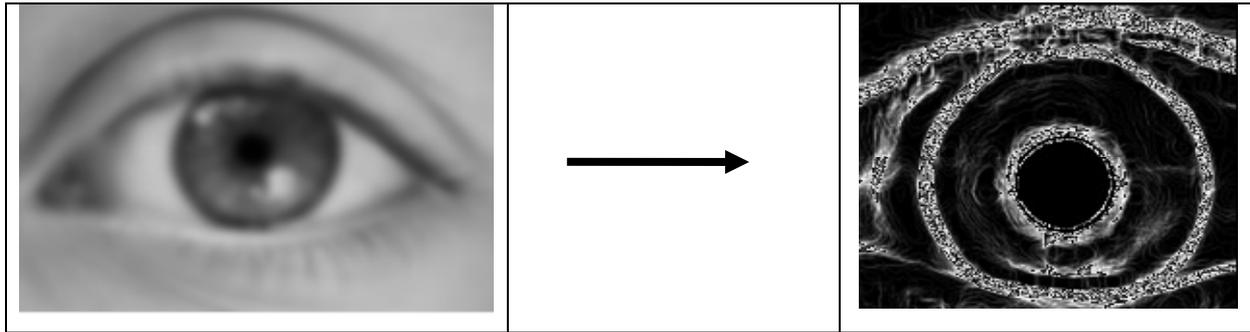


Figure III.6 : Image lissée puis passe au filtre de sobel

On constate bien que les contours sont bien détectés, mais dans ce cas quels contours renvoient à l'iris et quels renvoient à la pupille ? Et pour répondre à cette question on va appliquer le filtre de canny qu'on va le décrire ci-dessous:

✓ **Directions des contours :**

La direction des gradients est obtenue en calculant l'arc tangente entre la matrice des points atteints par la convolution du filtre de Sobel en Y ainsi que la matrice des points touchés par le filtre de Sobel en X. Il est important de garder le résultat des convolutions dans une matrice afin de s'assurer de conserver la possible négativité des opérations.

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right) \quad \text{Si } (G_x \text{ et } G_y \neq 0)$$

Formule III.6 Arc tangente des filtres de Sobel.

Remarque :

Si $G_x = 0$ ou $G_y = 0$:

Si $G_x = 0$ alors $\theta = \pi/2$

Si $G_y = 0$ alors $\theta = \pi \times 2$

B. Détection du Bord d'iris et de la pupille :

➤ **Filtre de canny : [1]**

Ce filtre est complexe puisqu'il offre le meilleur compromis possible entre la réduction de bruit et la localisation des contours, A titre indicatif, notons qu'une réduction de bruit masque certains contours intéressants, mais qu'une utilisation en résulterait par la localisation des contours qui ne sont pas significatifs.

L'algorithme de canny se sectionne en plusieurs phases :

1. La phase de réduction des bruits s'effectue par la convolution d'un filtre passe_bas Gaussien. Qui utilise la matrice de convolution suivante :

$$\begin{pmatrix} a & a & a \\ a & 1.0f/5.0f & a \\ a & a & a \end{pmatrix}$$

$$a = 1.0f/9.0f$$

f=Floue

En entrée on a l'image obtenue par le filtre de sobel ,

En sortie une image convole par le filtre de Gausse passe-bas

2. Détection de bord de la pupille :

Utiliser un filtre de convolution dont la matrice est la suivante :

$$\begin{pmatrix} 0.0f & -1.0f & 0.0f \\ -1.0f & 9.0f & -1.0f \\ 0.0f & -1.0f & 0.0f \end{pmatrix}$$

En entrée : L'image convolé par le filtre de gausse

En sortie : image filtrée

3. Détection de bord de l'iris :

Utiliser un filtre de convolution dont la matrice est la suivante :

$$\begin{pmatrix} 0.0f & -1.0f & 0.0f \\ -1.0f & 9.0f & -1.0f \\ 0.0f & -1.0f & 0.0f \end{pmatrix}$$

En entrée : L'image convolé par le filtre de gausse

En sortie : image filtrée

4. **Seuillage** : le seuillage n'est rien de plus binarisation de l'image. Le principe ici est de mettre à 0 un pixel inférieur à notre seuil et 1 sinon.

Des seuils devraient être intelligemment calculés basés sur le pourcentage noir au pixel blanc pour pouvoir sélectionner l'iris ou la pupille.

Dans notre application on a choisi un seuil= 50 pour l'iris et 150 pour la pupille.[1]

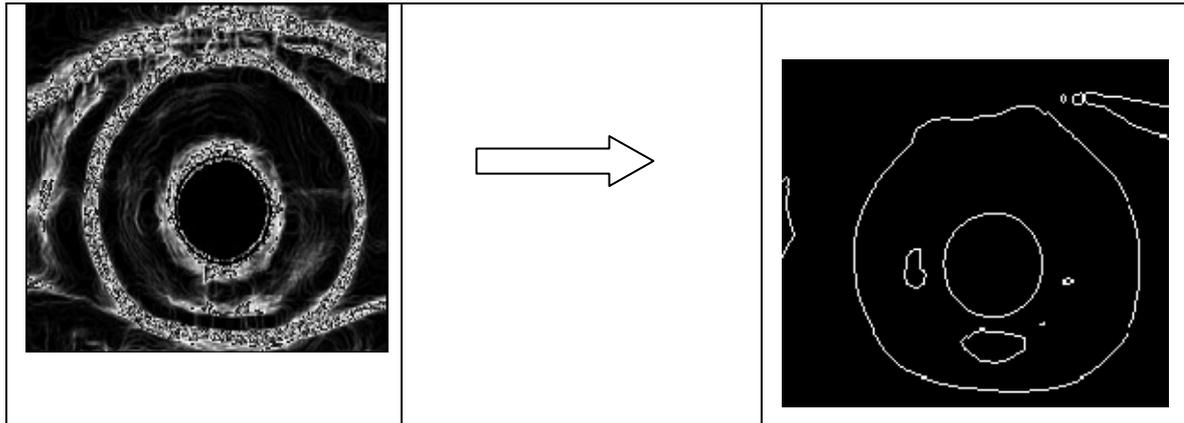


Figure III.7 : Application de filtre de canny

Les contours sont très distincts ici on va donc exploiter cette image mais il faut un algorithme qui détecte les cercles, c'est a partir de la qu'entre en jeu la transformée de Hough.

c. Détection des centres :

La détection des centres repose sur les résultats des deux dernières étapes. Pour chaque point de contours de l'image de Canny, on trace une droite en fonction de la direction calculée par le biais de l'application des filtres de Sobel à l'étape précédente (θ).

On trace une droite dans l'accumulateur en fonction des points de contours de l'image de Canny tel qu'elle est exposé dans la figure III.8. [3]

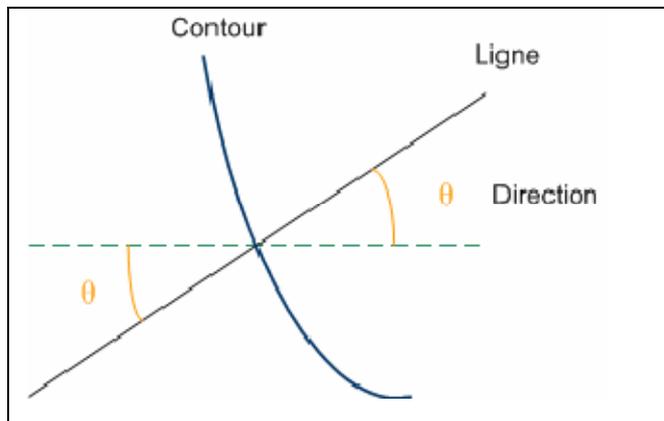


Figure III.8 Traçage d'une droite en fonction d'un contour.

Tracer une droite dans un accumulateur revient à incrémenter chaque cellule d'une matrice de un aux endroits où elle passe.

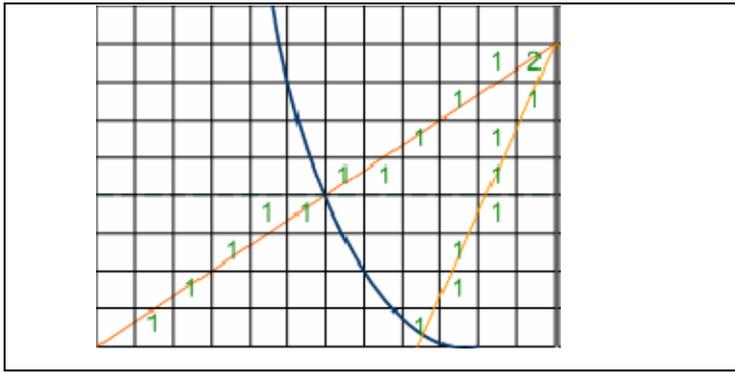


Figure III.9 Traçage d'une droite dans l'accumulateur.

Le fait de tracer deux droites en fonction des directions des gradients dans l'accumulateur incrémente de un chacune des cellules touchées. Ainsi, comme on peut le voir dans la figure III.10, la rencontre de deux droites produit un résultat supérieur à un (1 + 1).

L'utilisation de cette méthode est très utile dans notre cas puisque les valeurs maximales dans l'accumulateur identifieront les centres des cercles potentiels. Ainsi, si on trace des droites perpendiculaires au contour d'un cercle, le point de rencontre de ces droites identifiera nécessairement le centre de celui-ci. La figure¹ III.10 illustre ce propos. [3]

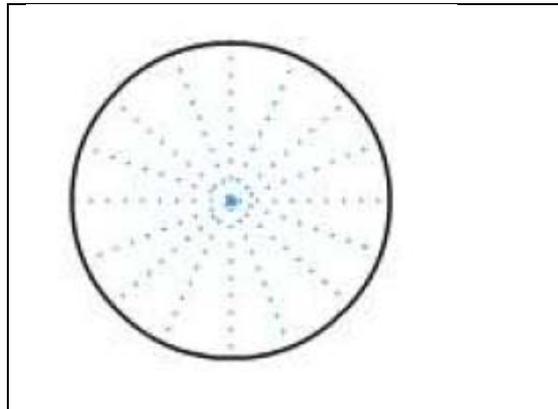


Figure III.10 Centre d'un cercle dans un accumulateur.

La figure III.11 synthétise la théorie énoncée

¹ Source : <http://www.vieartificielle.com/article/index.php?action=article&id=188>

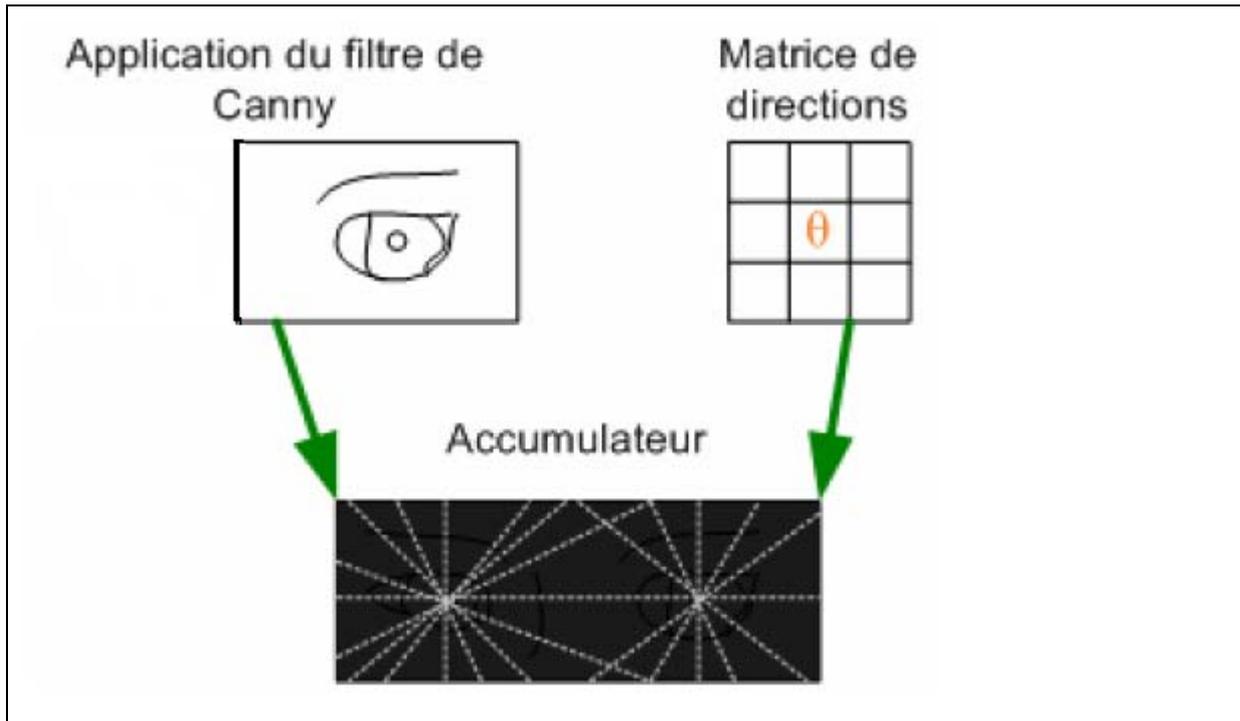


Figure III.11 Traçage de lignes dans l'accumulateur en fonction de l'image de Canny et de la matrice de directions.

4. Seuillage :

L'application d'un seuil permet de se débarrasser de toutes les informations superflues qui engorgent notre accumulateur. Ainsi, pour une valeur de seuil donnée, tous les pixels ayant une valeur inférieure seront mis à zéro pour préserver uniquement l'information d'intérêt, soit les centres potentiels. L'application d'un tel seuil a été automatisée de façon à la fixer à la moitié de la valeur maximale d'une cellule dans l'accumulateur. [3]

$$(\text{valeur (pixel actuel)} > 0.5 * \max (\text{valeur (pixels de l'image)}))$$

Ainsi, à partir de l'accumulateur, l'application d'un seuil aura pour effet de conserver uniquement les cellules comportant des valeurs maximales, telles qu'elles indiquées par la figure III.12.

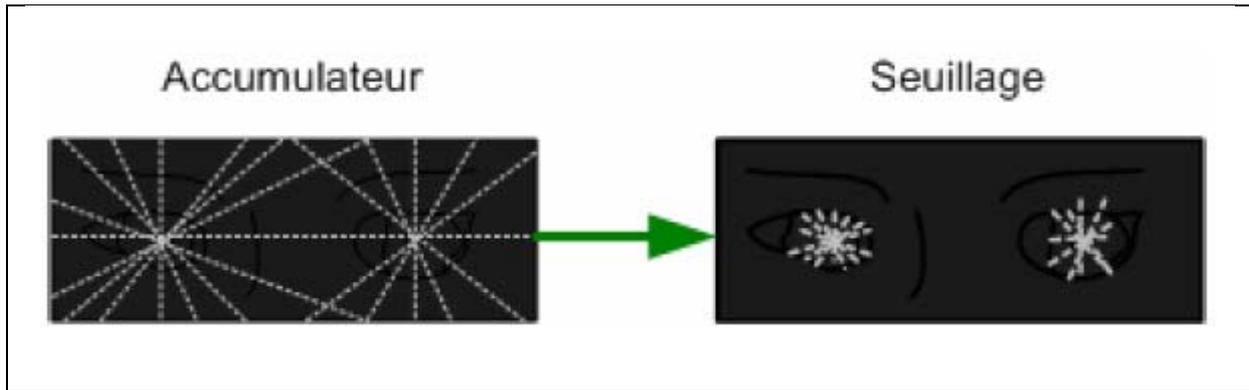


Figure III.12 Application d'un seuil dans l'accumulateur

5. Isoler les centres potentiels :

Afin d'isoler les points correspondant le plus au centre des cercles, la combinaison d'un filtre Gaussien (formule 4.3) avec un filtre Laplacien sera effectuée. C'est grâce à la linéarité ainsi que l'invariabilité de ces filtres qu'une combinaison est possible. [3]

$$\nabla^2 G_{\sigma}(r) = \frac{-1}{2\pi\sigma^4} \left(2 - \frac{r^2}{\sigma^2} \right) e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$

Formule III.7 Représentation d'un Laplacien de Gaussien.

C. Recherche des cercles : [3]

La dernière étape repose sur les coordonnées des centres potentiels identifiés dans l'accumulateur ainsi que les contours localisés par l'application du filtre de Canny. Pour ce faire, l'utilisation des transformées de Hough² a été jumelée avec les informations dont nous disposons sur les coordonnées des centres potentiels.

La transformée de Hough s'appuie sur un principe d'accumulateurs, analogue à l'étape de détection des centres potentiels des cercles. Pour un cercle de rayon inconnu, l'utilisation d'accumulateurs en trois dimensions sera de mise. Les deux premières dimensions expriment les coordonnées du cercle tandis que la troisième lie ces coordonnées à un rayon r .

La figure III.13 nous donne un exemple.

² La transformée de Hough est une technique de reconnaissance de formes inventée en 1962 par Paul Hough. Cette technique nous permet de reconnaître les lignes (droite), les cercles ou n'importe quelle forme présente dans une image. http://www2.ifi.auf.org/rapports/stages-promo12/stage-phan_viet_anh.pdf

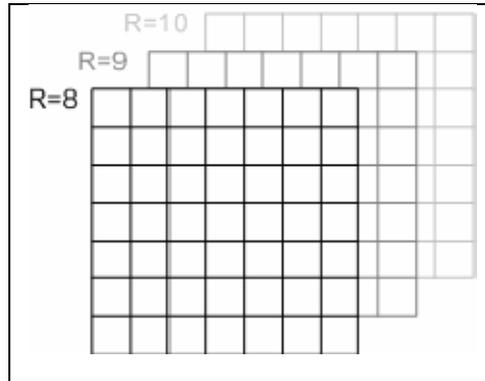


Figure III.13 : Accumulateur de Hough en trois dimensions. [3]

Si nous voulons trouver des cercles de rayons de 8, 9 et 10 unités, nous aurons à construire un accumulateur comprenant trois niveaux, chacun en deux dimensions.

Une fois nos accumulateurs de Hough initialisés, à partir de l'image de contours de Canny, on trace littéralement des cercles dans un des accumulateurs en faisant le centre du cercle avec les coordonnées du pixel de contour pour un rayon donné. Afin de tracer les cercles le plus efficacement possible dans l'accumulateur de Hough.

Comme on peut l'observer dans la figure III.14, plusieurs cercles sont tracés (dans un accumulateur de rayon r) en suivant les contours (cercle gris foncé) de l'image de Canny. Une fois tous les cercles tracés dans les accumulateurs, on réalise que les cellules qui contiennent des valeurs maximales, sont des centres potentiels.

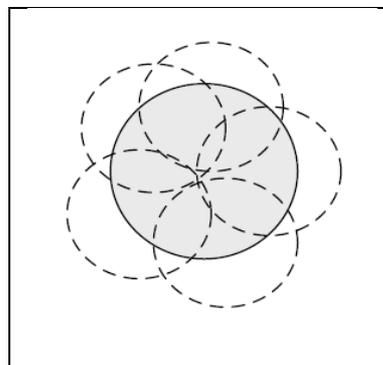


Figure III.14 : Traçage des cercles avec l'image de contours. [3]

Enfin, on divise la tâche finale en deux parties. Cette fission est établie en fonction des dimensions de la région d'intérêt à analyser. Cette région d'intérêt représente une partie du

visage qui arbore les yeux du sujet. Afin de localiser le mieux possible les iris et pupilles du sujet.

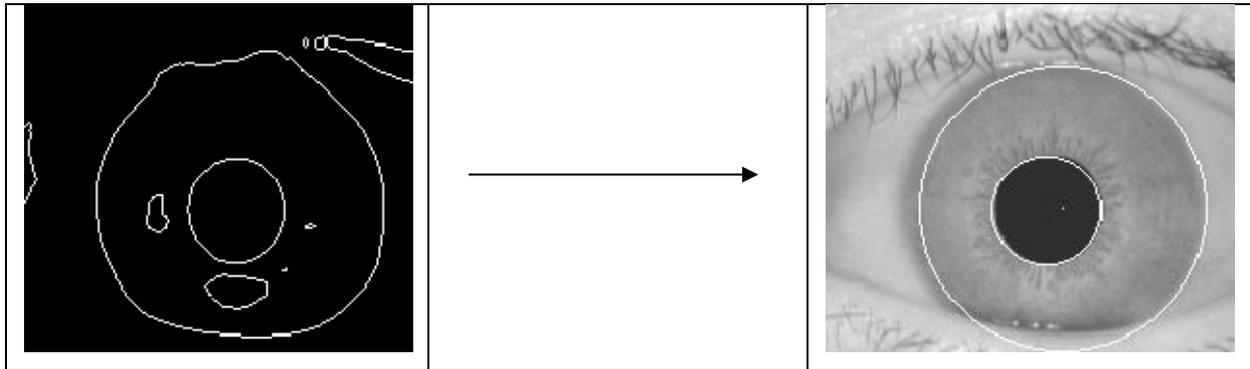


Figure III.15: Application de transformée de Hough

Pour chacune de ces parties, on applique un seuil permettant de conserver uniquement les coordonnées et rayons de centres potentiels de cercle et on s'assure en même temps qu'ils font parti de l'accumulateur de cercles potentiels identifiés à une étape antérieure.

En terminant, on fait la moyenne des positions et des rayons des cercles restants et on identifie, à gauche et à droite, les cercles entourant les iris et pupilles. On isole les cercles les plus petits qui s'avèrent être les pupilles.

2.1.4 Module de normalisation de l'iris :

Le dépliage de l'iris s'effectue comme suit :

-Découpage de l'iris en zones circulaires, le nombre de cercles dépend de la taille en pixels de l'image d'iris et de celle des zones circulaires, à titre d'exemple : 32 zones circulaires sur les images de taille 280 x 320 pixels.

-Choix d'un nombre de points fixes équidistants dans chaque cercle (à titre d'exemple : 240 points), sur lesquels une interpolation linéaire est appliquée. Cette transformation est faite conformément au modèle de normalisation de *John Daugman* [4]. Elle permet le passage d'une représentation par coordonnées cartésiennes vers une représentation polaire (r, θ) où r est dans l'intervalle $[0,1]$ et θ est dans l'intervalle $[0,2\pi]$. [4]

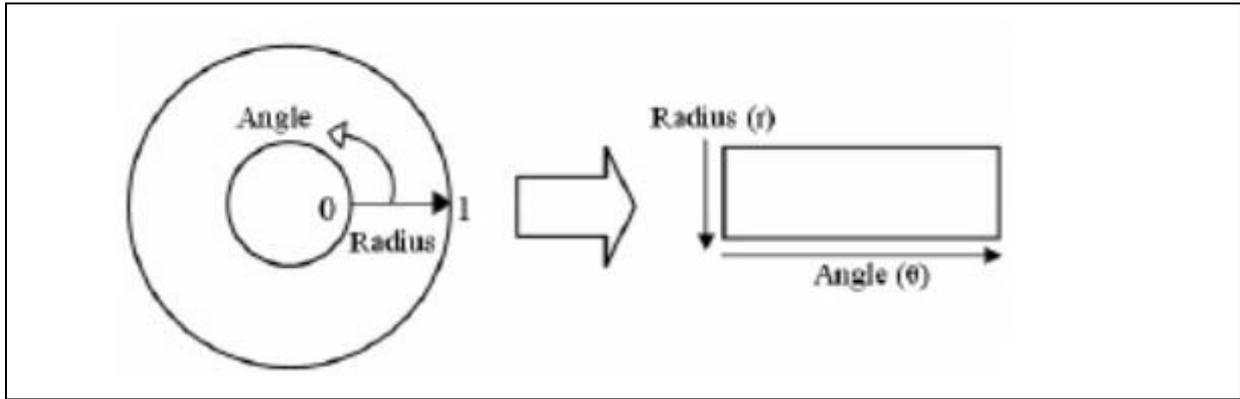


Figure III.16 : Modèle de transformation polaire rectangulaire de John Daugman. [5]

Le passage de la représentation cartésienne à la représentation polaire rectangulaire est modélisé par la formule :

$$I(x(r,\theta), y(r,\theta)) \rightarrow I(r, \theta)$$

$$x : (r, \theta) = (1 - r)x_p(\theta) + rx_i(\theta), \quad y(r, \theta) = (1 - r)y_p(\theta) + ry_i(\theta)$$

Avec

Où $I(x,y)$ est la région de l'image d'iris, (x, y) sont les coordonnées cartésiennes initiales, (r, θ) sont leurs coordonnées polaires correspondantes dans l'image normalisée, x_p, y_p et x_i, y_i sont les coordonnées des contours de la pupille et de l'iris respectivement le long de la direction θ .

$$r' = \sqrt{\alpha\beta} \pm \sqrt{\alpha\beta^2 - \alpha - r_i^2}$$

$$\text{Avec } \alpha = o_x^2 + o_y^2, \quad \beta = \cos\left(\pi - \arctan\left(\frac{o_x}{o_y}\right) - \theta\right)$$

Où le déplacement du centre de la pupille par rapport au centre de l'iris est donné par o_x, o_y, r' , la distance entre le contour de la pupille et celui de l'iris dans une certaine direction θ autour de la région d'iris et le rayon de l'iris.

$$\begin{aligned} C_i &= O_Y \\ C_p &= O_x \end{aligned}$$

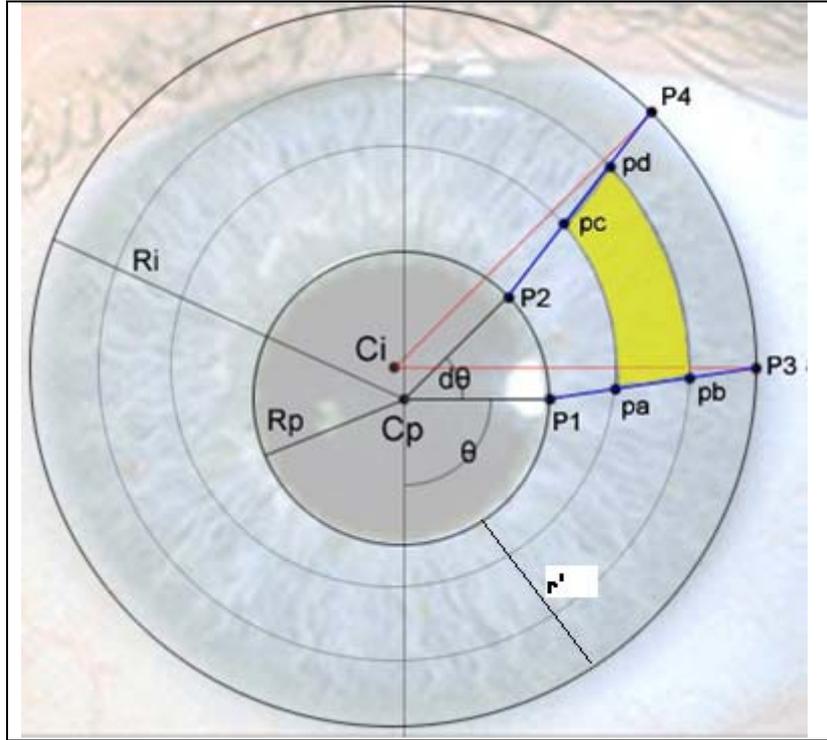


Figure III.17 : Résultat du processus de normalisation de l'iris avec une résolution angulaire de 40 pixels et une résolution radiale de 10 pixels.[1]

Ci : centre iris

Cp : centre pupille

P1 et P2 : des points de la pupille

P3 et P4 : des points de l'iris

Le principe est consiste à créer pour chaque point de la pupille (P1), un point de l'iris (P3) correspondant. Il suffit ensuite d'extraire tous les points qui sont sur la ligne formée par ces deux points et de les recopier non pas sur une ligne mais sur une colonne de l'image cible.

Donc en sortie on obtient la matrice suivante :

$$\begin{pmatrix} p1 & p \\ pa & pc \\ pb & pd \\ p3 & p4 \end{pmatrix}$$

On obtient le résultat suivant :



Figure III.18 : Illustration du procédé de normalisation de l'image d'un iris après localisation De l'iris et de la pupille.

2.1.5 Module d'extraction des caractéristiques [4] :

Plusieurs approches sont susceptibles d'être utilisées dont celle basée sur la texture, qui consiste en une quantification statistique de l'information texturale présente dans la zone d'intérêt. Les critères statistiques calculés constitueront une identité statistique pour chaque image d'iris. L'intérêt d'une telle approche est d'arriver à substituer l'image de l'iris normalisée par un vecteur dont les valeurs caractérisent d'une manière plus ou moins précise l'agencement des différents pixels de l'image d'iris, l'avantage est donc d'arriver à compresser les valeurs de *pixels* de l'image, et à ne manipuler qu'un maximum de 10% de l'ensemble de départ, et ce dans un but de discrimination entre individus.

➤ **Etapes de calcul du vecteur caractéristique d'une image d'iris :**

Les étapes de calcul de ce vecteur sont différentes selon la méthode d'analyse que l'on choisit, la première est celle de l'analyse statistique directe, c'est-à-dire une analyse opérant directement sur l'ensemble des pixels représentant l'image normalisée de l'iris. Cette méthode prend en considération tous les détails d'une image d'iris normalisée, y compris l'information inutile pour un problème tel que la discrimination, d'où la nécessité d'analyse approfondie. La deuxième méthode découle naturellement de l'inconvénient de la première méthode : le filtrage de l'image normalisée. Ce traitement permettra de ne garder que l'information essentielle pour la discrimination. C'est pour cela qu'on utilise la deuxième méthode qui est nommée le filtre de Gabor (Gabor Wavelets).

✓ **Filtre de gabor2D :**

J. Daugman, le Père de l'iriscode a trouvé un algorithme adapté à l'extraction des caractéristiques de l'iris. Cet algorithme se nomme le filtre de Gabor a pour but de mettre en valeur les zones intéressantes de l'iris normalise.

• **Les paramètres de filtre de Gabor :**

Ce filtre est constitué de plusieurs composants ainsi ce filtre fait parti de la famille des ondelettes. Une ondelette est une courbe ayant plusieurs propriétés et formes bien spécifiques. Elles sont souvent utilisées dans le domaine audio afin de caractériser des fréquences / sons, mais elles sont aussi usitées en imagerie.

La formule de Gabor peut se définir comme suit : [6]

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \psi\right)$$

Formule III.6 : la formule de Gabor

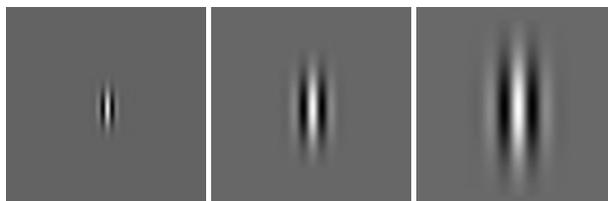
$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

Où **x et y** correspondent à chaque point de l'image de l'iris normalise (Matrice de normalisation de l'iris)

Cette fonction que nous avons implémentée possède cinq paramètres qui sont :

- **λ**: représente la longueur d'onde En modifiant cette variable, on joue sur la taille de notre filtre.



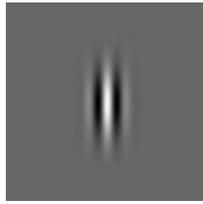
λ:5

λ:10

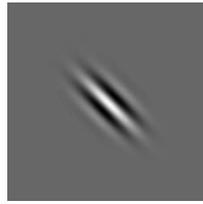
λ:15

- **θ** représente l'orientation

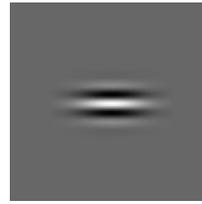
En modifiant cette variable on va changer la direction du filtre.



$\theta = 0 \text{degre}$



$\theta = 45 \text{degre}$



$\theta = 90 \text{degre}$

- ϕ représente la phase ϕ représente la phase En modifiant cette variable on va changer la variation des paramètres du filtre
- γ représente le ratio : En modifiant ce paramètre, on va changer le ratio spatial du filtre

Pour extraire les caractéristiques de l'iris, nous allons donc jouer sur ces paramètres et appliquer une convolution par ce filtre (filtre de gabor), La réponse impulsionnelle d'un filtre de Gabor est complexe (Pour rappel, un nombre complexe est composé d'une partie réelle et d'une partie imaginaire) qu'il serait judicieux d'exploiter en s'intéressant à la phase des coefficients de l'image filtrée. C'est cette idée qui a été proposée par Daugman, nous allons coder la phase des coefficients complexes de l'image filtrée. Le cercle trigonométrique est divisé en quatre quarts auxquels sont affectés les codes binaires 00, 01, 10 et 11. En fait, cette opération revient à coder les signes de la partie réelle et de la partie imaginaire des coefficients de Gabor obtenus. Cette opération est appliquée sur plusieurs points d'analyse situés sur 9 cercles équidistants autour de la pupille, suivant plusieurs résolutions et orientations des filtres de Gabor. Ceci fournit un vecteur de signature composée de 2240 bits. En plus de ce code, chaque iris admet un code masque qui indique, pour chaque bit, s'il faut ou non le prendre en considération. Les bits ignorés proviennent généralement des points d'analyse couverts par les paupières et les cils.

2.2 Modules du processus d'identification :

2.2.1 Module de calcul des distances[6] :

La comparaison de deux iris revient à comparer leurs vecteurs de signatures obtenues après l'extraction des caractéristiques. Nous avons utilisé la distance de Hamming.

$$\mathbf{HD} = \frac{(\text{CodeA} \otimes \text{codeB})(\text{maskA} \cap \text{maskB})}{\text{mskA} \cap \text{maskB}}$$

- **codeA et codeB** : sont deux codes calculés à partir de deux images d'iris par le procédé précédemment décrit
- **maskA et maskB** : représentent leurs masques associés.

2.2.2 Module d'identification :

- Calcul la distance de hamming entre le modèle de chaque individu avec le vecteur à identifier.
- Choix de la classe dont la distance calculée est la plus petite.
- Si le modèle de chaque individu doit se calculer lors de la phase d'identification, alors on calculera le modèle de chaque individu au moyen du vecteur à identifier. Ensuite, on récupérera la classe correspondante à la distance minimale trouvée

2.3 Modules du processus de vérification :

2.3.2 Module de prise de décision :

Ce module permet de se « prononcer » sur la véracité de l'identité présumée d'un individu.

- Calcul de la distance entre le modèle construit grâce à l'image de référence dont l'identité doit être vérifiée et une image de l'identité proclamée.
- Comparaison avec le seuil de décision de l'individu dont le modèle a été construit précédemment

- Une personne est identifiée si la distance de Hamming de la comparaison des deux images capturées de l'œil (iris) est comprise entre 0 et 0,39. Au delà de ce nombre, on considère que les deux iris appartiennent à des individus différents. [7]

3. Conclusion:

Pour l'instant nous avons défini tous les concepts de base utiles dans le domaine d'authentification et identification biométrique basé sur la modalité de l'iris. Ces concepts nous aideront durant l'analyse et la conception ainsi que la réalisation de notre système.



Chapitre IV

1. Introduction :

Après avoir abordé dans les chapitres précédents les différents concepts nécessaires à l’accomplissement de notre travail, nous passons à présent à la partie conception du système. Pour une meilleure organisation et une bonne maîtrise d’un projet informatique, il est important de suivre une méthodologie rigoureuse, nous avons choisi comme langage de modélisation *UML* (Unified Modeling Language), en raison de son formalisme relativement simple. Le but de la conceptualisation est de comprendre et de structurer les besoins. UML est un bon langage qui permet une meilleure compréhension du système et qui désigne l’interface entre les différents acteurs d’un projet commun.

2. Etapes du cycle de vie d'une application :

Afin de mettre en œuvre un logiciel, il faut d’abord étudier son cycle de vie (en anglais *software lifecycle*), qui désigne toutes les étapes du développement d'un logiciel, de sa conception à sa disparition. L'objectif d'un tel découpage est de permettre de définir des jalons intermédiaires permettant la validation du développement logiciel, c'est-à-dire la conformité du logiciel avec les besoins exprimés, et la vérification du processus de développement, c'est-à-dire l'adéquation des méthodes mises en œuvre. Notre conception et réalisation sera conforme à la *démarche RUP*.

2.1 Définition [1] :

Rational Unified Process (RUP) Fondé en 1999 par la société IBM Rational Software, RUP (Rational Unified Process) est un processus de conception/développement de logiciel qui se base sur le langage UML et qui comprend quatre phases que l’on décrit ci dessous :

2.2 L'architecture RUP [1] :

2.2.1 Phase Initialisation : dans cette étape on définit :

- l'étendue du projet c'est t-a dire Poser le problème : Quel est le système dont l'utilisateur a besoin ?
- Identifier les acteurs : utilisateurs, gestionnaires du système, plates-formes, interfaces avec autres applications
- Identifier les cas d'utilisations : Préciser les cas d'utilisation les plus importants, en Fonction du risque, sous forme de scénarios (itération sur les scénarios)

2.2.2 Phase Analyse : qui comprend :

- Analyse du domaine : Modèle Objet statique (Diagramme de séquences)
- Définition de l'Architecture : L'architecture est la façon d'organiser les objets pour qu'ils réalisent les fonctionnalités de l'application par leurs collaborations
- Planification du Développement Vue Cas d'utilisation : Décrit le système comme un ensemble de transactions du point de vue de l'utilisateur Créée lors de la phase d'initialisation (diagramme de collaboration).

2.2.3 Phase conception : La conception a pour but de définir l'architecture du système par :

- Une Vue Logique : Contient une collection de conteneur, classes et associations Créée lors de la phase d'analyse et raffinée lors de la phase de développement (diagramme de classe).

2.2.4 Phase réalisation : Le déploiement (réalisation) consiste à :

- représenter les éléments de réalisation (fichiers, modules, composants, ...).
- décrire l'environnement d'exécution et le déploiement du code exécutable.
- UML propose pour modéliser le déploiement : Des diagrammes de composants et Des diagrammes de déploiement qui montrent la disposition physique des différents nœuds qui le composent.[1]

Remarques :

- RUP est L'ensemble des activités de modélisation du système développé s'appuie sur UML.
- Dans la démarche RUP :
 - ✓ Les objets (et donc leur classes), comme les méthodes, sont découverts en documentant les scénarios
 - ✓ C'est une démarche guidée par les scénarios.
- Nous avons vu qu'une méthode (de type Unified Process *UP*) qui s'appuie sur UML, permettait d'avoir une démarche d'analyse et de conception qui nous amène de manière continue du problème du client, vers le système qu'il désire.[1]

3. Application de la démarche RUP sur notre projet :

3.1 Phase initialisation :

3.1.1 Étude de l'existant:

A. Analyse des besoins :

L'étape d'initialisation commence par l'étude des cas d'utilisation et de leurs scénarios ainsi que Les besoins fonctionnels du système (ce que le système doit faire en réponse à une requête d'un utilisateur), qui aboutira à un ensemble de diagrammes représentant le modèle d'analyse.

B. Problématique :

On distingue deux manières classiques d'authentification (et identification). La première est basée sur une connaissance comme un mot de passe, alors que la deuxième est basée sur une possession comme un badge. Ces deux méthodes présentent quelques inconvénients. En effet, le mot de passe peut être oublié ou espionné et un badge risque d'être volée ou perdue. En outre, ces deux méthodes ne permettent pas de différencier entre un client authentique et un imposteur.

c. L'objectif de notre application

Le principal objectif de notre application est de concevoir une application de reconnaissance biométrique par l'iris, qui comprend :

- (i) Inscription.
- (ii) Authentification

Durant l'inscription, la biométrie de l'utilisateur est introduite (capturée) et les caractéristiques extraites (template) sont sauvegardées sur une base de données. Durant l'authentification, la biométrie de l'utilisateur est de nouveau introduite (capturée) et les attributs extraits sont comparés avec ceux qui existent déjà dans la base de données pour déterminer la correspondance. La figure IV.1 suivante montre l'architecture d'un système de vérification biométrique

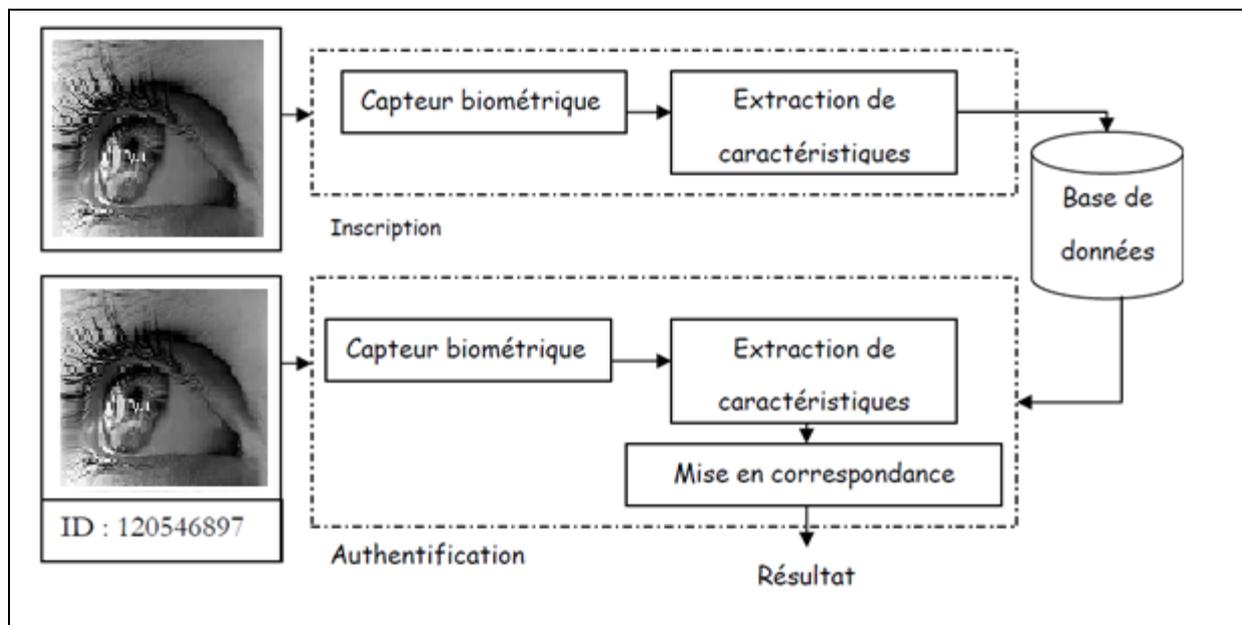


Figure IV.1: Architecture générale d'un système de vérification biométrique.

D. Identification des acteurs :

Un acteur représente l'abstraction d'un rôle joué par des entités externes qui interagissent directement avec le système étudié. Les différents acteurs que nous avons pu identifier dans ce système.

- **Administrateur :** C'est celui qui gère l'application.

- **Client** : toute personne qui interagit avec notre système en chargeant une image capturée de son iris et en lançant les traitements : localisation, normalisation, segmentation, extraction des caractéristiques.....

3.1.2 Identification des tâches:

Chacun des acteurs que nous avons définis précédemment, effectuent un certain nombre de tâches :

Acteur	Tâches
Client	Le client peut faire : <ul style="list-style-type: none">• Une demande d'inscription.• Une demande d'identification.• Une demande d'authentification
Administrateur	L'administrateur a pour mission de : <ul style="list-style-type: none">• Exécuter une demande d'inscription (enrôlement).• Exécuter une demande d'identification.• Authentification• La gestion de la base de données y compris les tables (iris, client.....).• Recherche une personne

Tableau IV.1 : Tableau des répartitions des tâches.

3.1.3 Spécification des cas d'utilisation :

Un cas d'utilisation est une narration qui décrit un scénario appliqué à une utilisation particulière, dans lesquels un acteur fournit des entrées et pour lequel le système produit une sortie observable.

Un cas d'utilisation doit exprimer ce que le système doit faire, sans préjuger de la façon dont cela sera fait .il décrit le comportement du système vue de l'extérieure.

A. Représentation textuel :

✓ Identification d'un Client

Description du cas d'utilisation identification d'un client

Titre : Identification d'un client

Acteur : administrateur.

Résumé : Ce cas d'utilisation permet à un client d'identifier. Dans cette phase le client introduit l'image de son œil (image capturée), Le modèle biométrique de l'iris introduite est généré et une comparaison avec les modèles stockés sur la base de données s'effectue. Une prise de décision d'acceptation ou de rejet est alors retournée par le système.

✓ Inscription d'un client (Enrôlement) :

Description du cas d'utilisation inscription d'un client (Enrôlement)

Titre : inscription d'un client

Acteur : administrateur.

Résumé : Ce cas d'utilisation permet à l'administrateur d'ajouter un nouveau client. Lors de cette phase le client introduit l'image de son œil, le modèle biométrique du client est généré à partir de ses caractéristiques extraites de son iris et les enregistrer dans la base de donnée ainsi Les informations personnelles (nom, prénom, adresse, photo d'identité...)

✓ Gérer les clients :

Description du cas d'utilisation gérer les clients

Titre : gérer les clients.

Acteur : l'administrateur.

Résumé : Ce cas d'utilisation permet à l'administrateur de faire la suppression et la consultation de la liste des clients existant dans la base de données ainsi l'ajout de nouveaux clients.

✓ Changer login :

Description du cas d'utilisation changer login

Titre : changer login administrateur.

Acteur : l'administrateur.

Résumé : Ce cas d'utilisation permet à l'administrateur de modifier son login.

✓ Authentification de client :

Description du cas d'utilisation authentification de l'administrateur

Titre : authentification de client.

Acteur : l'administrateur.

Résumé : Ce cas d'utilisation permet à l'administrateur d'authentifier un client. Lors de cette Phase le client effectuer une demande d'authentification de son identité : proclame son code d'inscription, alors le système biométrique doit déterminer si l'identité proclamé par le client est accepter ou rejeter.

✓ Rechercher un client :

Description du cas d'utilisation rechercher un client

Titre : rechercher un client.

Acteur : l'administrateur.

Résumé : Ce cas d'utilisation permet à l'administrateur de rechercher un client selon certains critères.

B. Diagramme de cas d'utilisation générale :

• La relation include :

Une relation inclusion d'un cas d'utilisation A par rapport à un cas d'utilisation B, signifie

Qu'une instance de A contient le comportement décrit dans B, le cas d'utilisation A Ne pas être utilisé seul.

• Relation extend :

Une relation d'extension d'un cas d'utilisation A par rapport à un cas d'utilisation B, signifie

qu'une instance de A peut être étendue par le comportement décrit dans B.

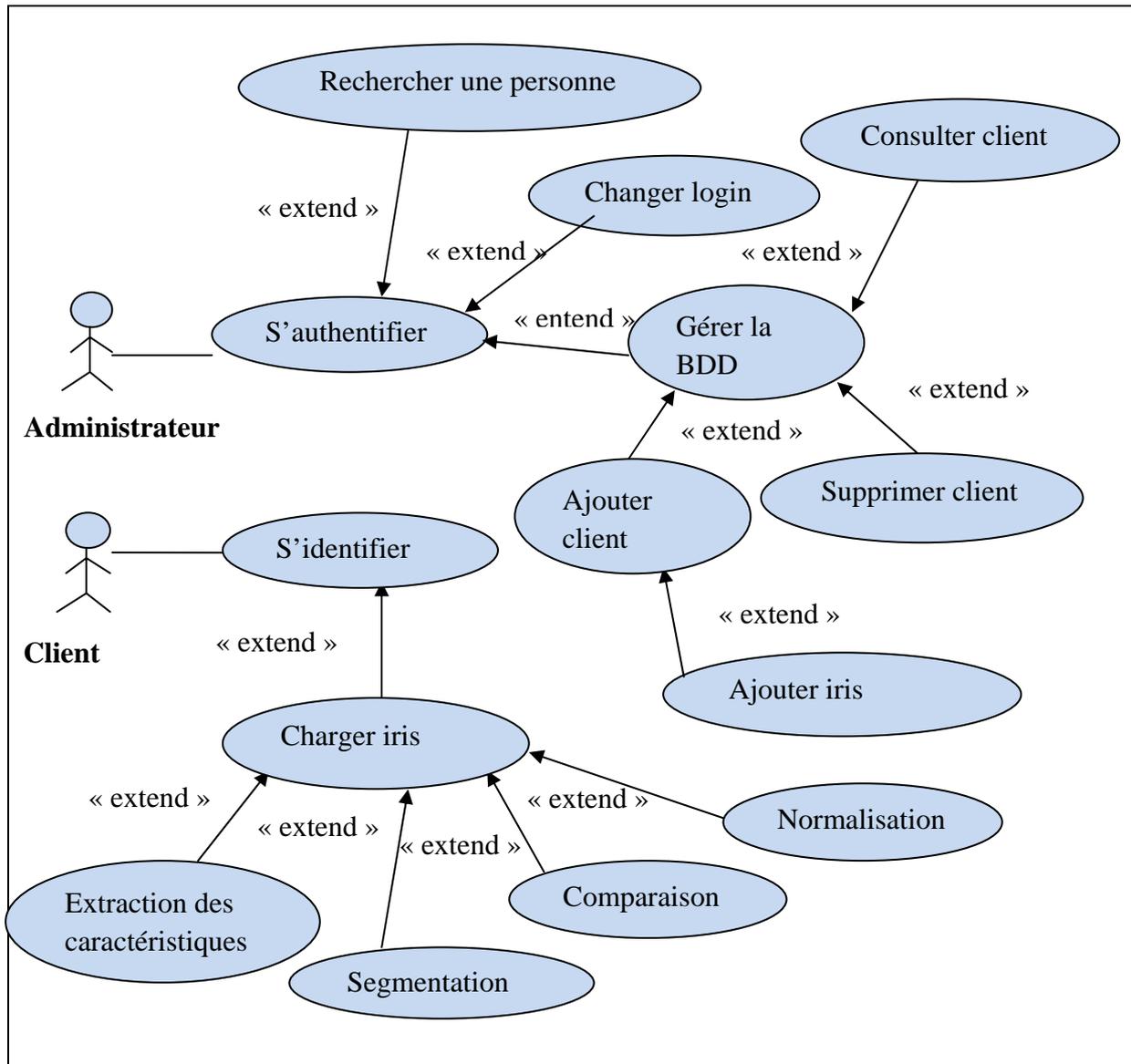


Figure IV.2.: Diagramme du cas d'utilisation générale

3.2 Phase analyse : permet de détailler les cas d'utilisation et procéder à une première répartition de comportement de système entre divers objet on utilisant les diagrammes de séquence et de collaboration.

3.2.1 Diagramme de séquence :

Les diagrammes de séquences sont la représentation graphique d'une interaction entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique, ces interactions sont décrite dans le cadre d'un scenario d'un diagramme de cas d'utilisation.ces diagrammes sont :

✓ Extraction des caractéristiques :

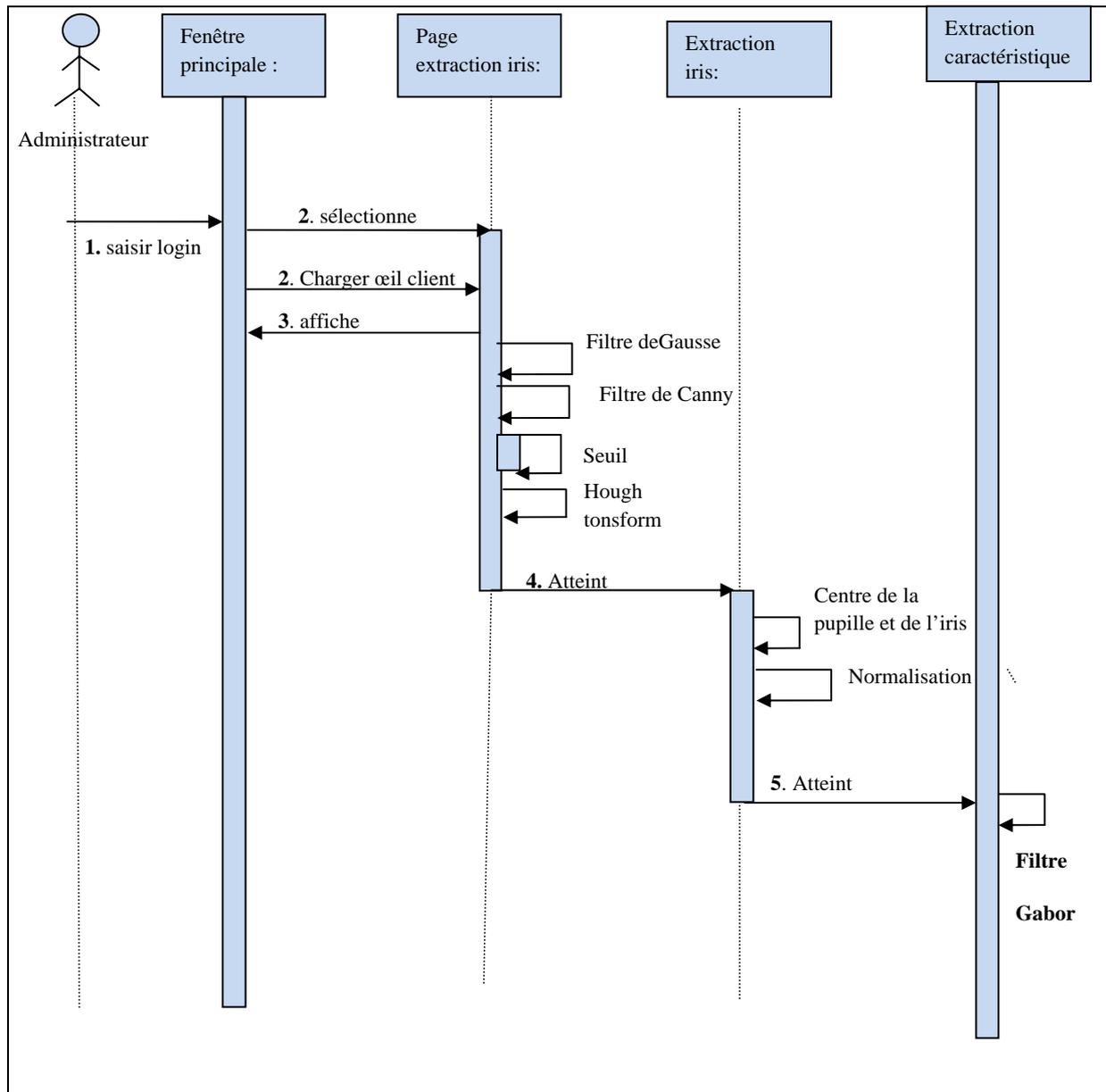


Figure IV.3: diagramme de séquence du cas d'utilisation « extraction des caractéristiques »

Description des Scénarios :

1. L'administrateur atteint l'interface de l'application et s'authentifie par la saisie de son login et le mot de passe.
2. L'administrateur sélectionne le lien charger œil et introduit l'image de l'œil de client et clique sur le lien extraction iris.
3. Le système affiche la page charger iris et effectue l'extraction de l'iris par utilisation des filtres (gausse,canny)et un seuillage ainsi transformé de Hoogh pour la détection des cercles.
4. L'extraction de l'iris est effectuée, les centres de l'iris et de la pupille sont affichés ce qui permet au système d'effectuer une normalisation.
5. Le système extrait les caractéristiques de l'iris par l'utilisation du filtre de Gabor.

✓ Authentification client :

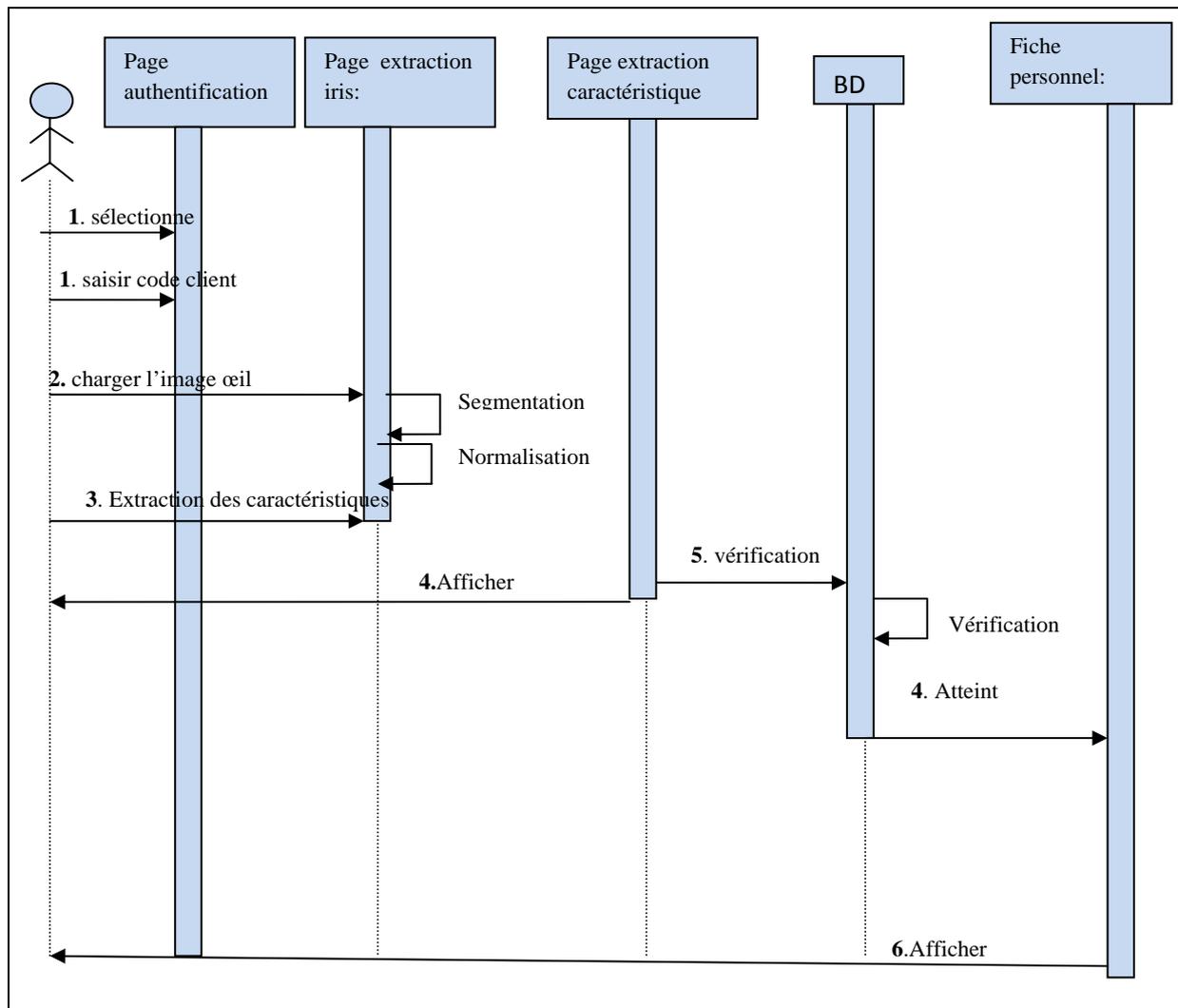


Figure IV.4: Digramme de séquence de cas d'utilisation : authentification client.

Description des Scénarios :

1. L'administrateur atteint la page authentification et saisir le code du client a authentifier
2. L'administrateur atteint la page extraction iris et clique sur le lien charger œil, pour introduire l'image de son œil .le système effectuer la segmentation et la normalisation de l'iris.
3. L'administrateur clique sur le lien extraction caractéristiques.
4. La page extraction caractéristiques sera affichée.
5. Le système compare le code de l'iris à ceux qui présente dans la base de données.
6. Si l'image de l'œil (code de l'iris) est conforme a celle présente dans la base alors le client et authentifier et la fiche personnel seras afficher.

✓ changer login :

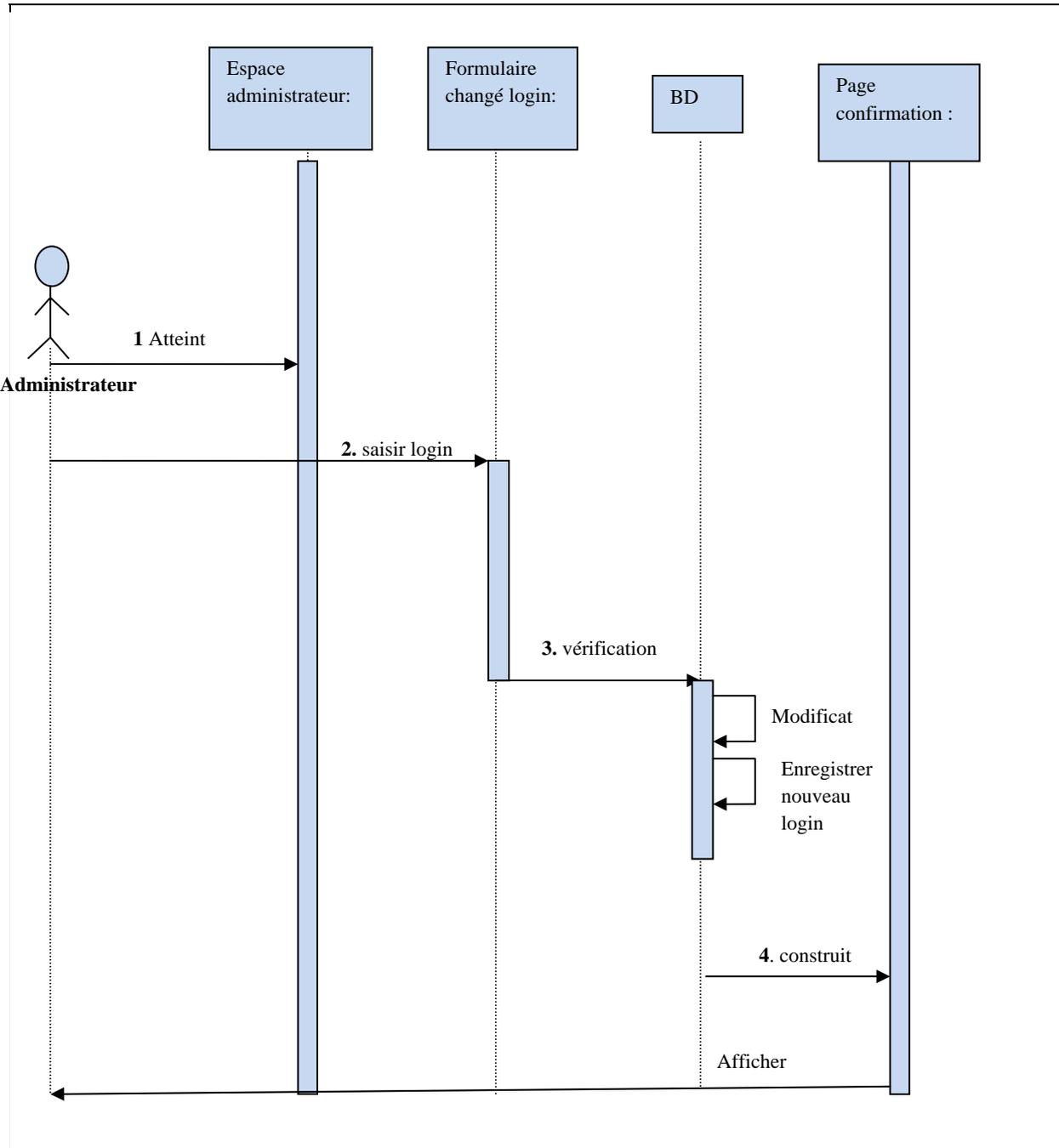


Figure IV.5: diagramme de séquence de cas d'utilisation « changer login »

Description des Scénarios :

1. L'administrateur accède à son interface.
2. L'administrateur sélectionne le formulaire de changer le login et saisit le nouveau login.
3. Le système modifie le login dans la base de données.
4. Le système affiche un message de confirmation.

✓ Identification d'un client :

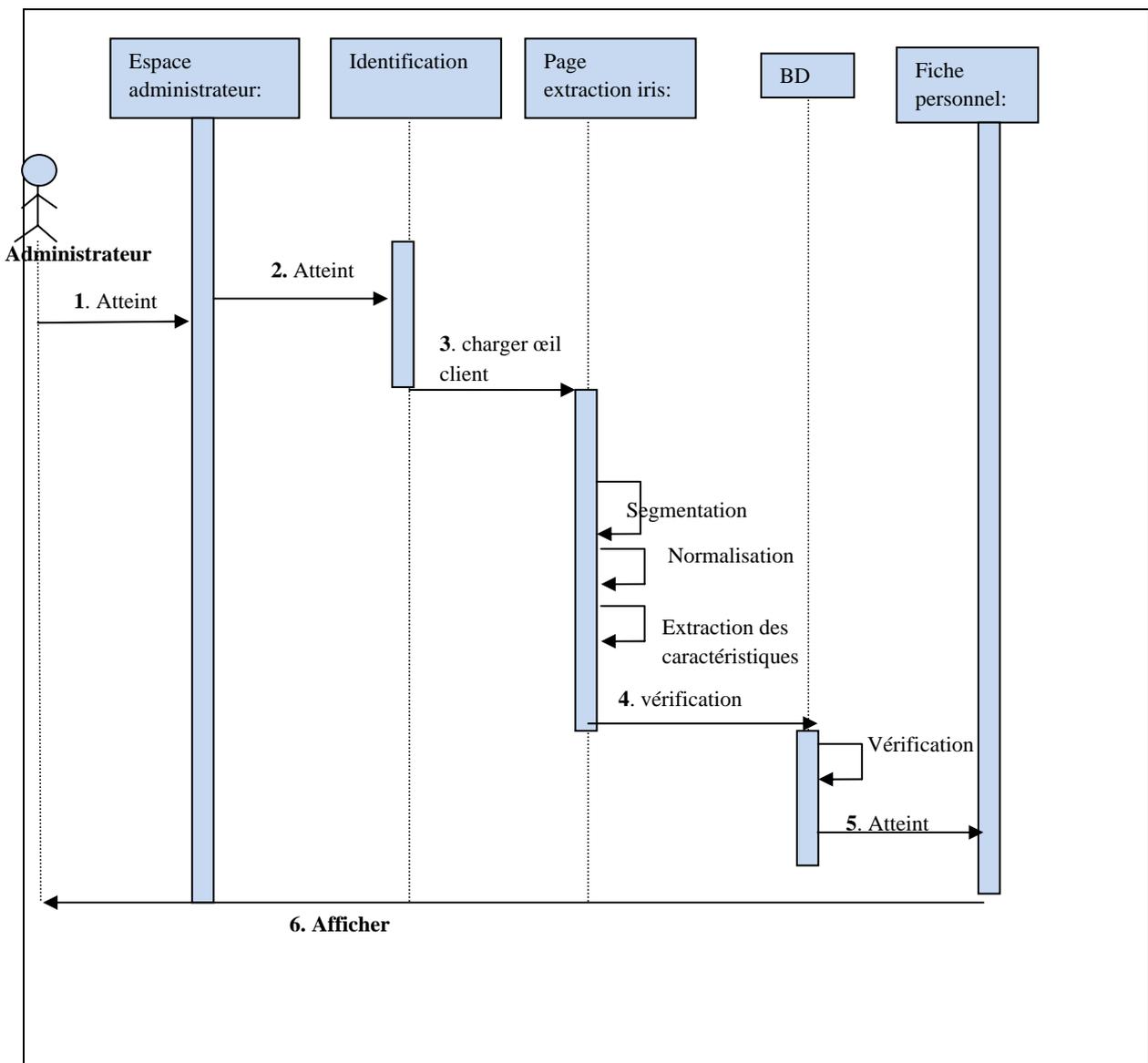


Figure IV.6: diagramme de séquence de cas d'utilisation « Identification d'un client »

Description des Scénarios :

1. L'administrateur accède à son interface.
2. L'administrateur sélectionne le lien identification.
3. L'administrateur sélectionne le lien pour le chargement l'image d'œil du client.
4. Le système effectuer une vérification entre le modèle biométrique extraire de l'image de l'œil introduite et les modèles biométriques enregistre dans la base de données
5. . Si l'identification est réussite alors une page de confirmation sera affichée ainsi la fiche personnel de la personne.

✓ Inscription d'un client (Enrôlement):

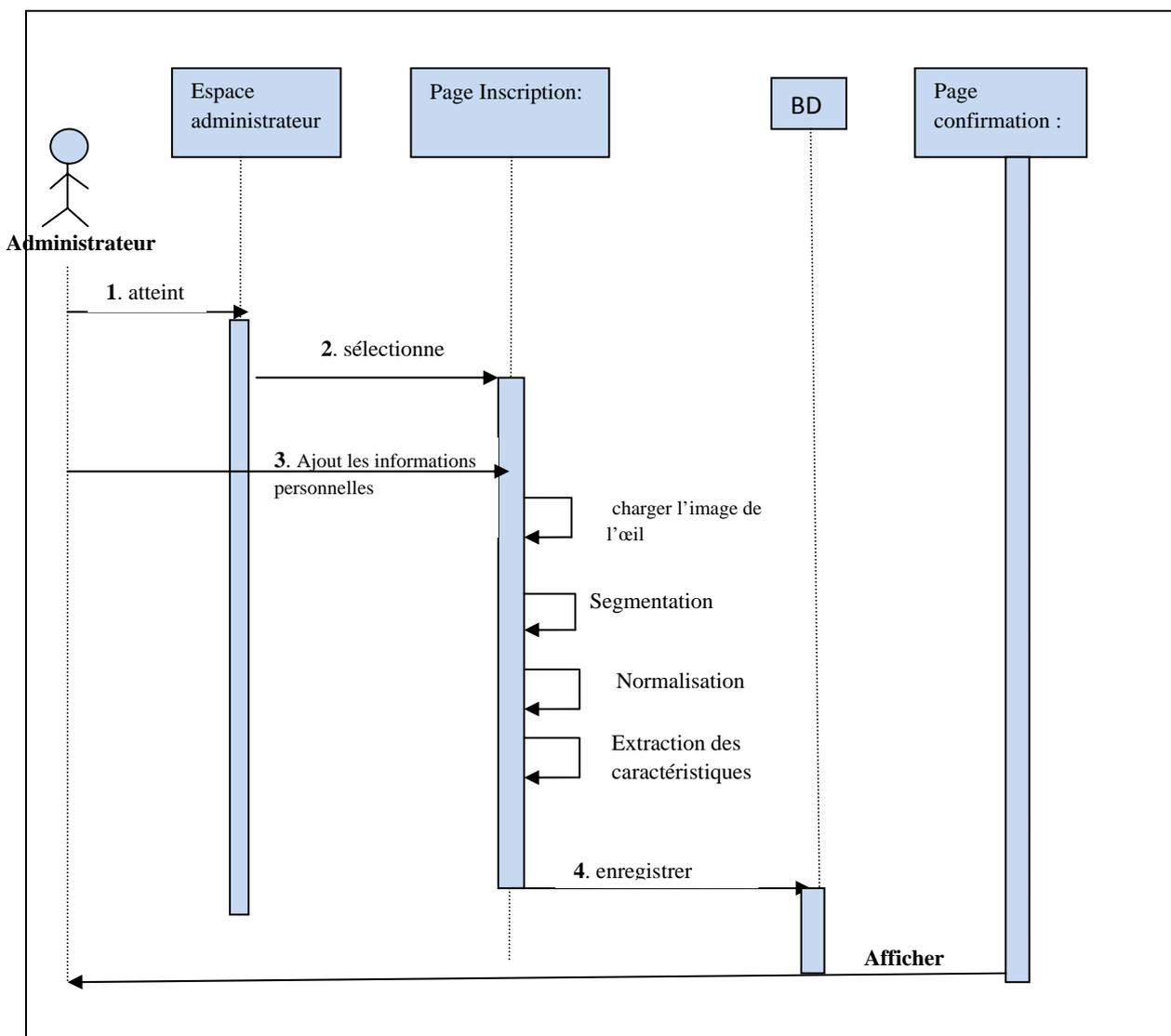


Figure IV.7 : diagramme de séquence de cas d'utilisation « inscription d'un client »

Description des Scénarios :

1. L'administrateur accède à son interface.
2. L'administrateur sélectionne le lien inscription.
3. Un formulaire sera affiché, ce dernier est rempli par l'administrateur qui contient au plus des informations relatives au client : un lien pour le chargement de l'image de son œil et sa photo d'identité.
4. Le système extrait le modèle biométrique de l'image de l'œil en suite ,l'enregistre dans la base de données ainsi les informations personnelles de client.
5. Un message de confirmation sera affiché.

✓ Rechercher une personne :

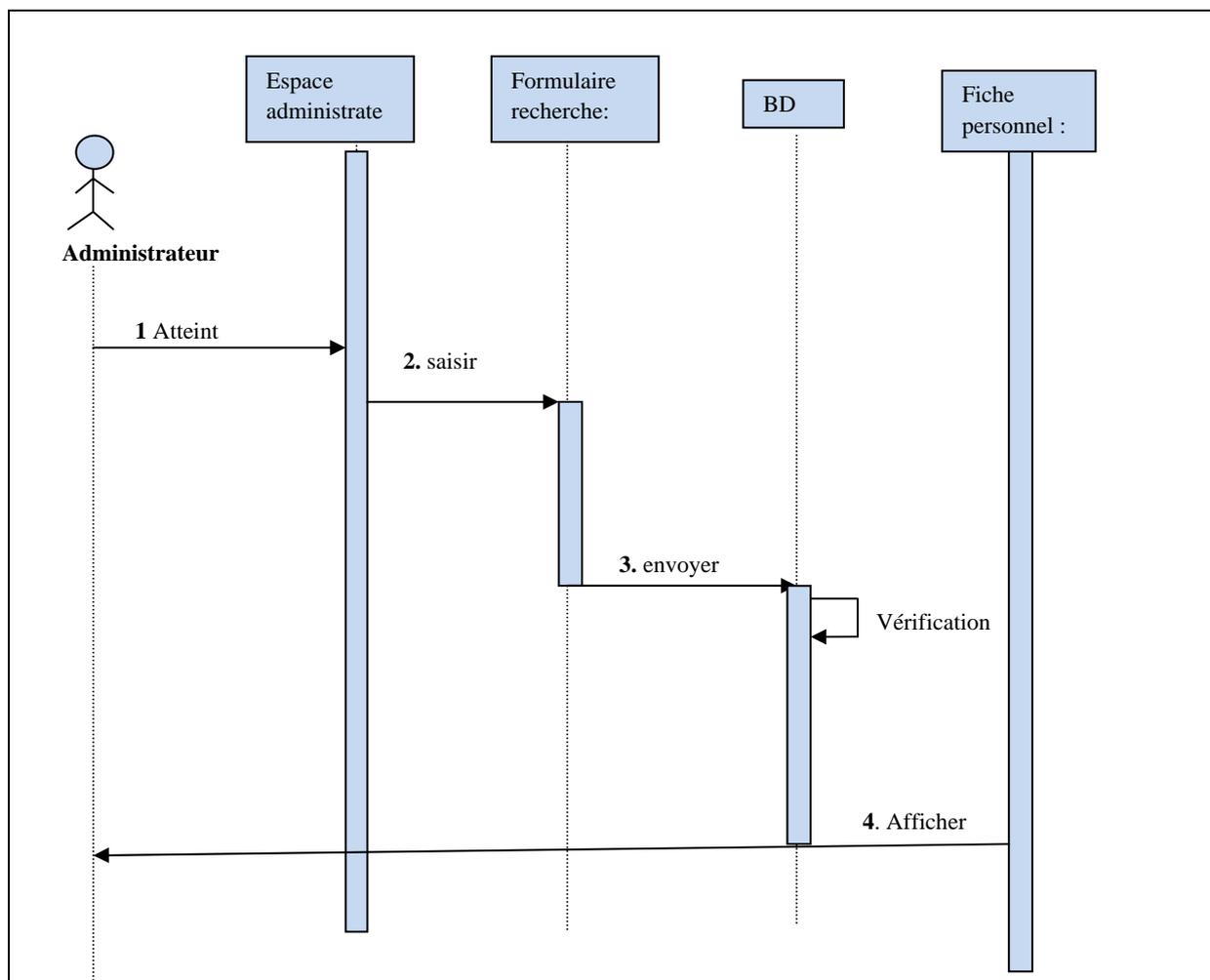


Figure IV.8 : Diagramme de séquence du cas d'utilisation « Rechercher une personne »

Description des Scénarios :

1. L'administrateur accède à son espace.
2. L'administrateur clique sur le bouton recherche et saisit un formulaire selon certains critères.
3. Le système lance une recherche sur la personne.
4. Le système affiche le résultat de la recherche.

3.2.2 Diagramme de collaboration :

Si l'un des diagrammes d'interaction UML utilisé pour illustrer comment les objets interagissent entre eux en échangeant des messages.

✓ extraction des caractéristiques

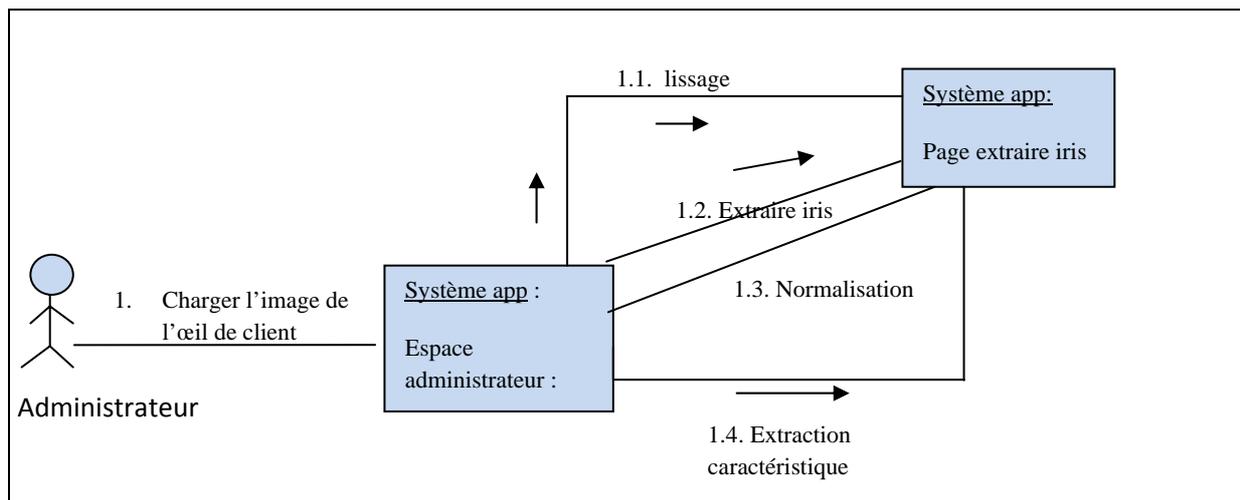


Figure IV.9: Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « extraction caractéristique »

✓ **Authentification client :**

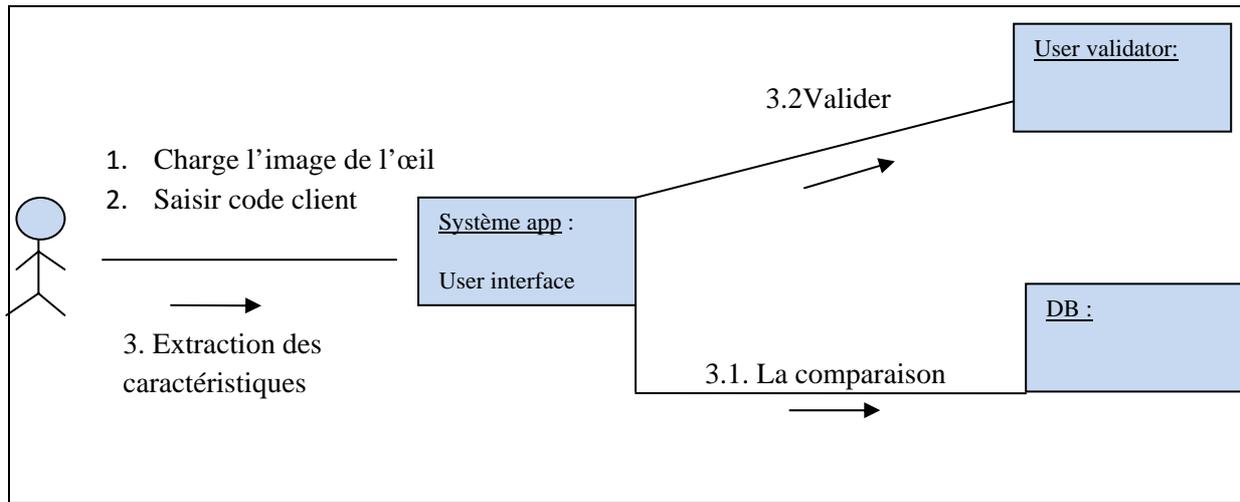


Figure IV.10: Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « authentification de client »

✓ **Identification d'un client :**

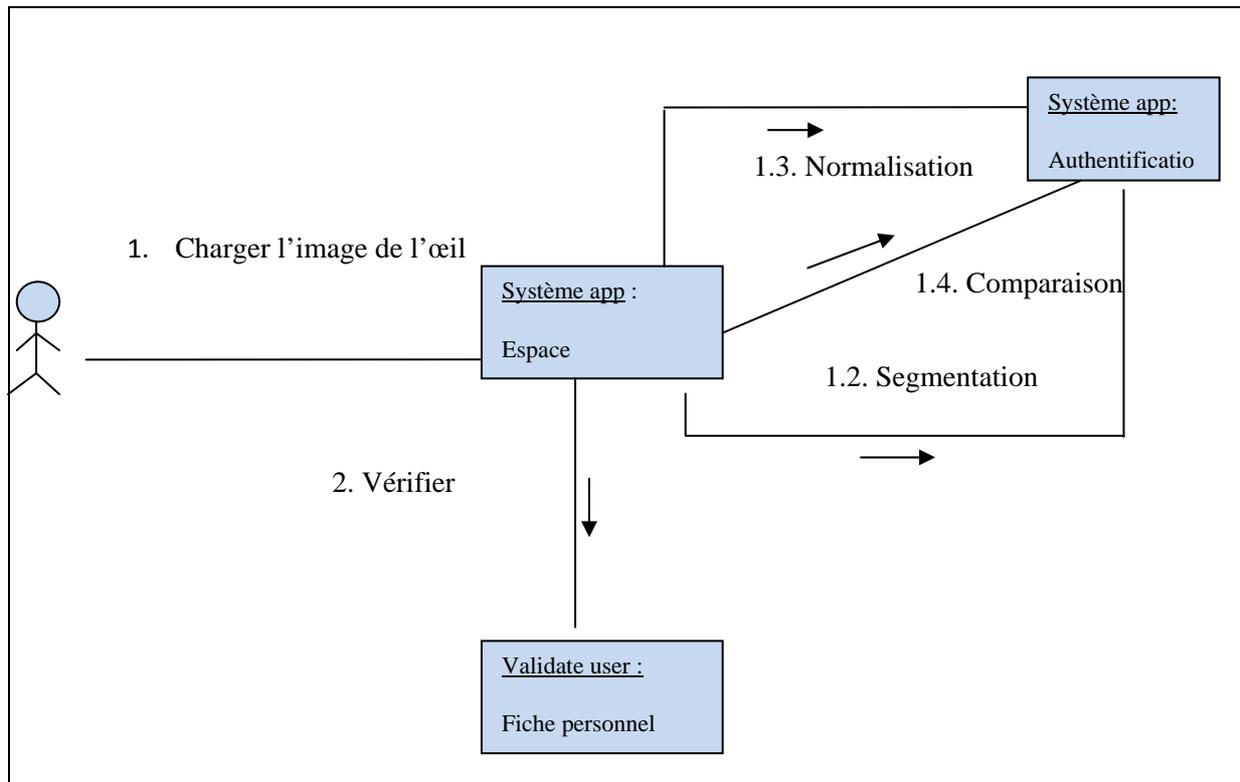


Figure IV.11 : Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « Identification d'un client »

✓ Inscription d'un client :

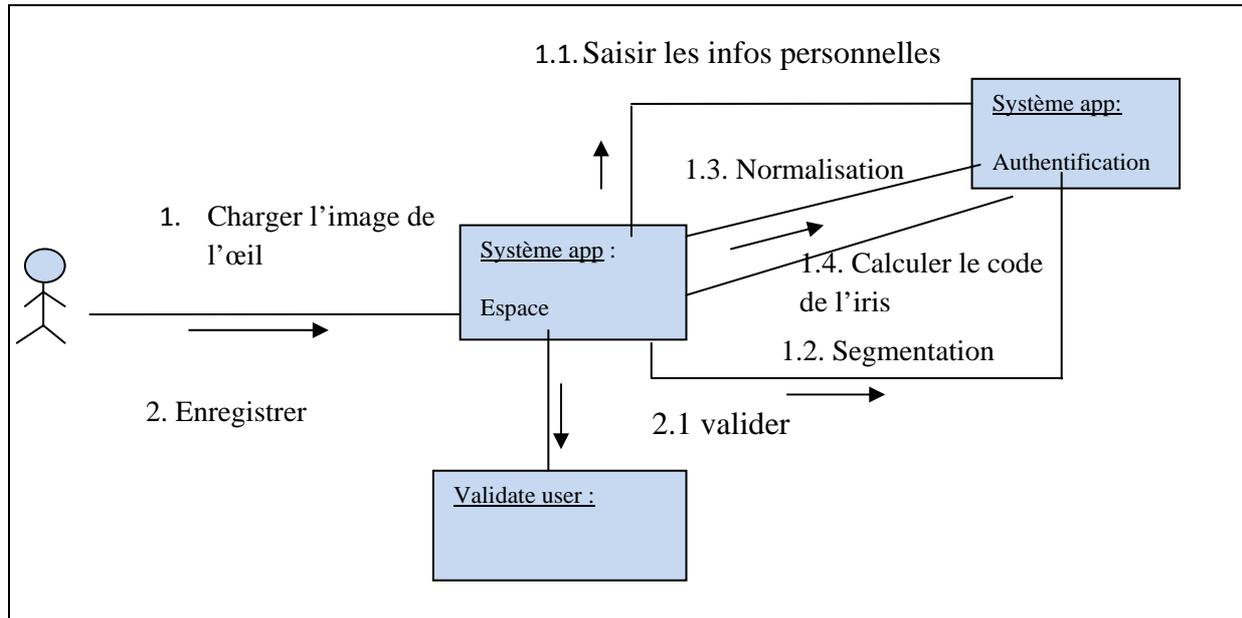


Figure IV.12 : Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « Inscription d'un client »

✓ Recherche d'un client :

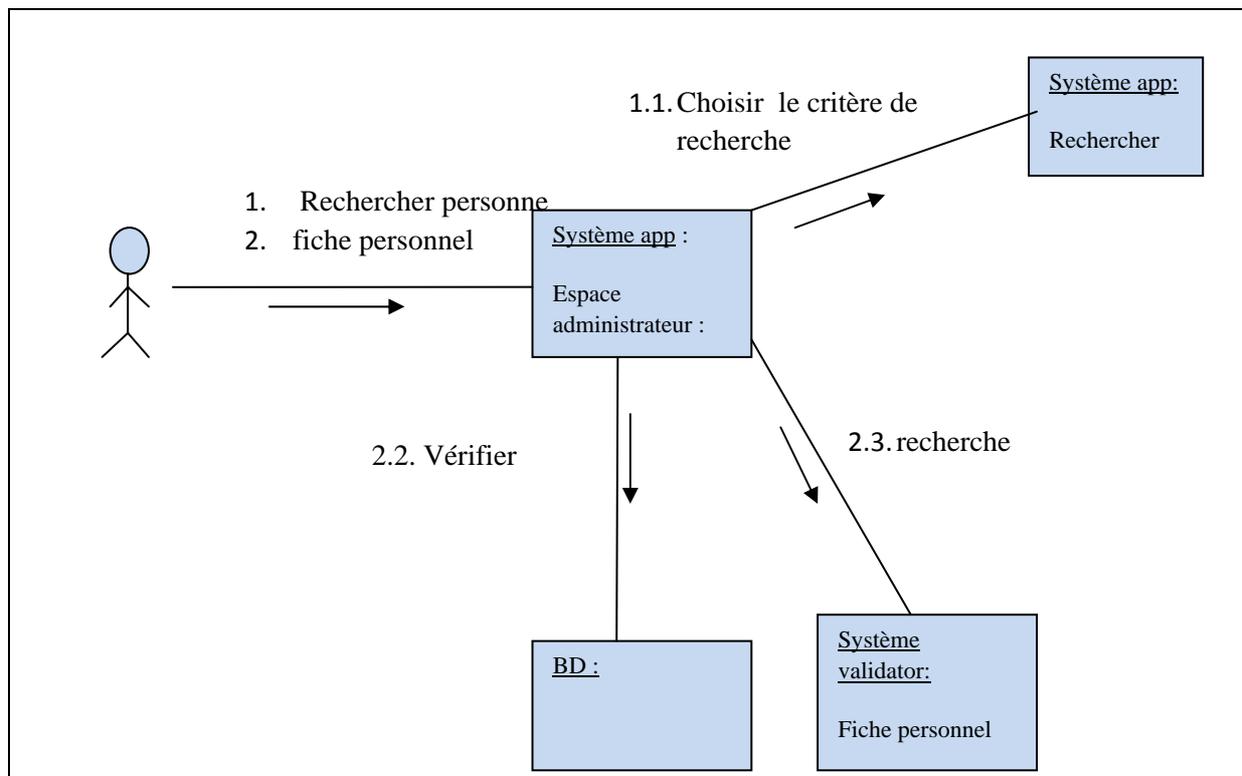


Figure IV.13: Diagramme de collaboration du cas d'utilisation « recherche d'un client »

3.3 Phase de conception : Définit la structure statique du système sous forme de sous système classes et interfaces.

3.3.1 Diagramme de classe :

Le diagramme de classe a pour objet de mettre en évidence les classes d'un système avec les relations qui les associent. En se basant sur ce qui précède, une solution conforme aux besoins exprimés et aux objectifs déjà fixés se résume dans un diagramme composé des classes suivantes :

✓ Changer login :

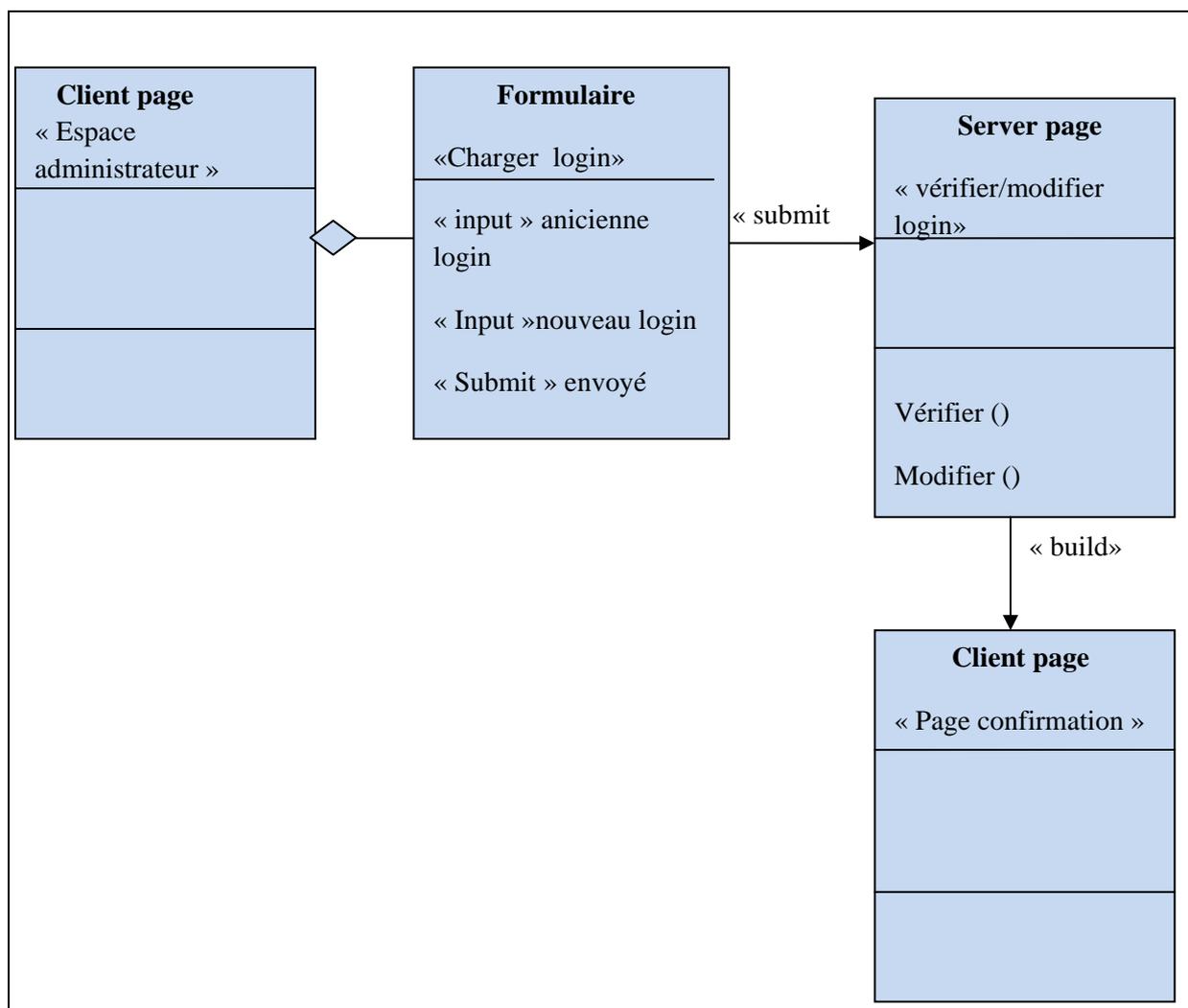


Figure IV.14: Diagramme de classe du cas d'utilisation « Changer login »

✓ Extraction des caractéristiques :

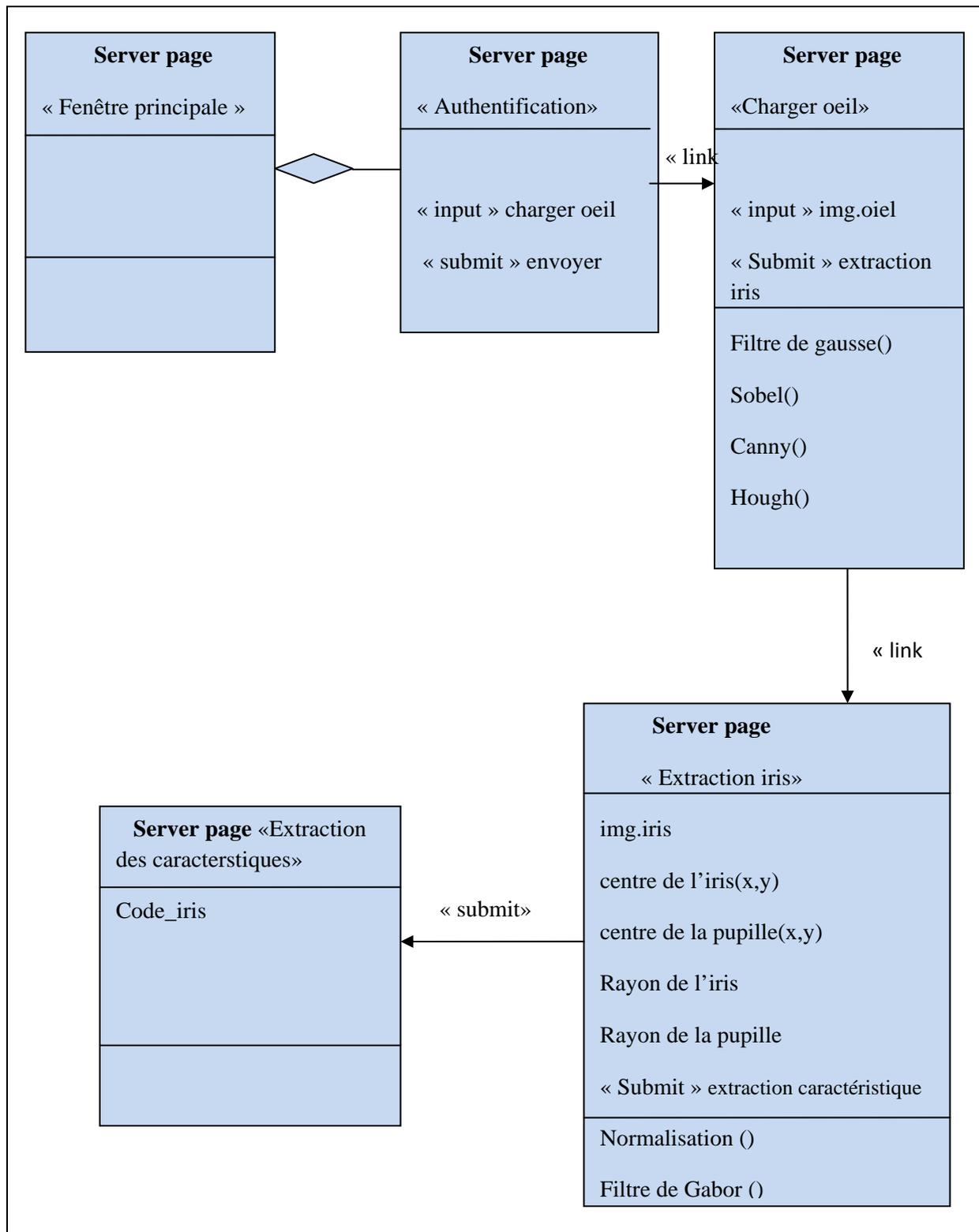


Figure IV.15: Diagramme de classe du cas d'utilisation « extraction des caractéristiques »

✓ **Authentification client :**

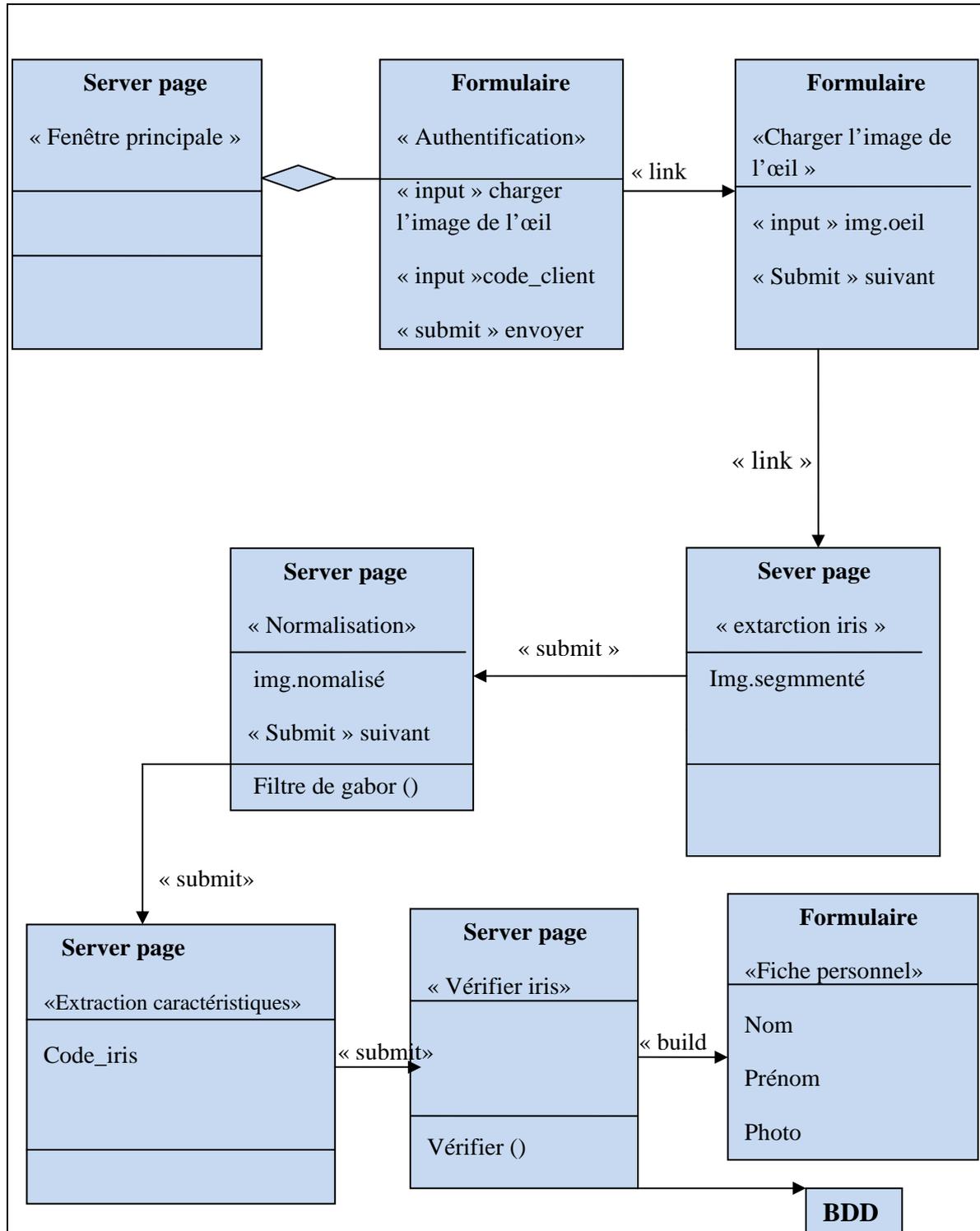


Figure IV.16 : diagramme de classe « authentification client »

✓ Identification d'un client

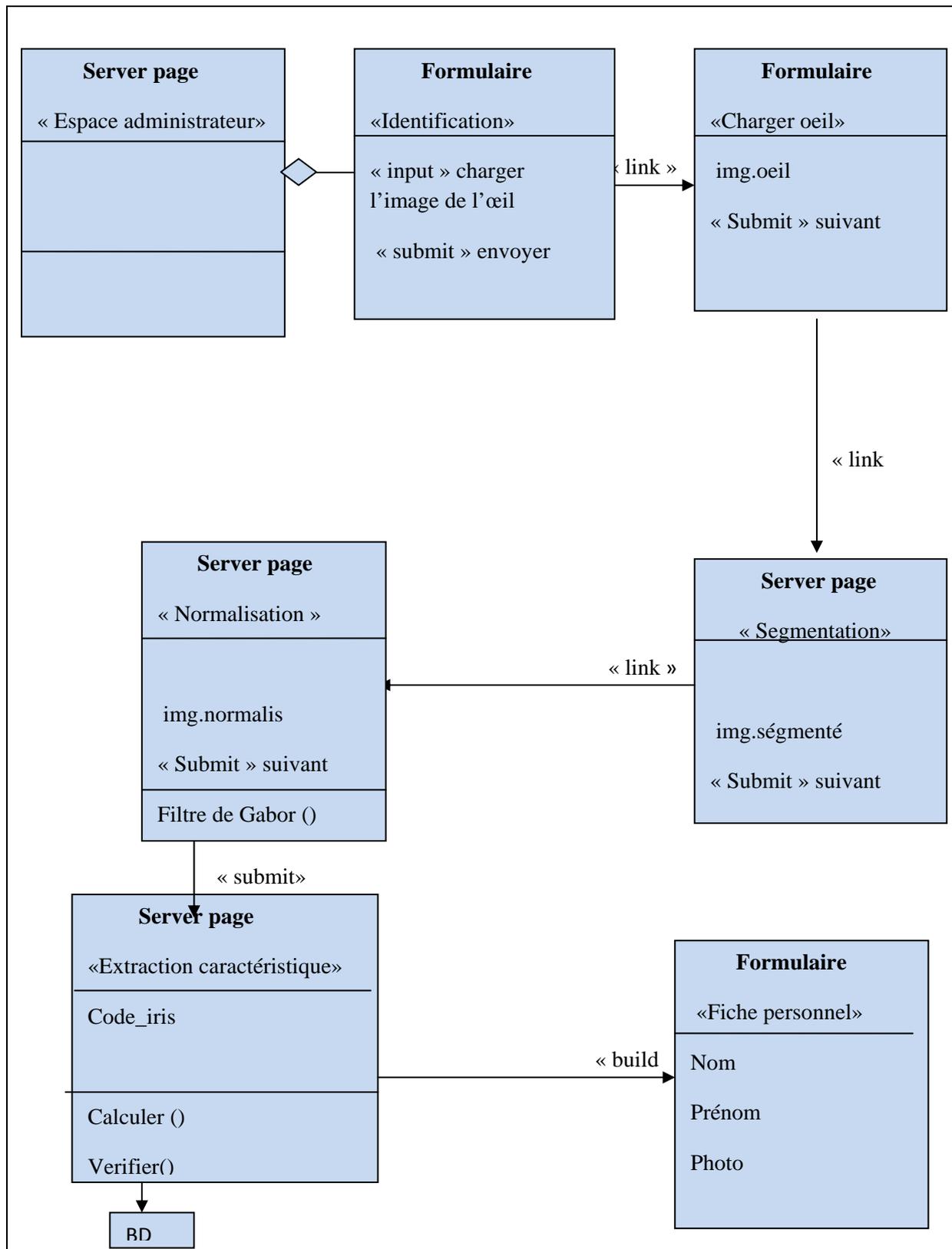


Figure IV.17: Diagramme de classe du cas d'utilisation « Identification d'un client »

✓ Rechercher une personne

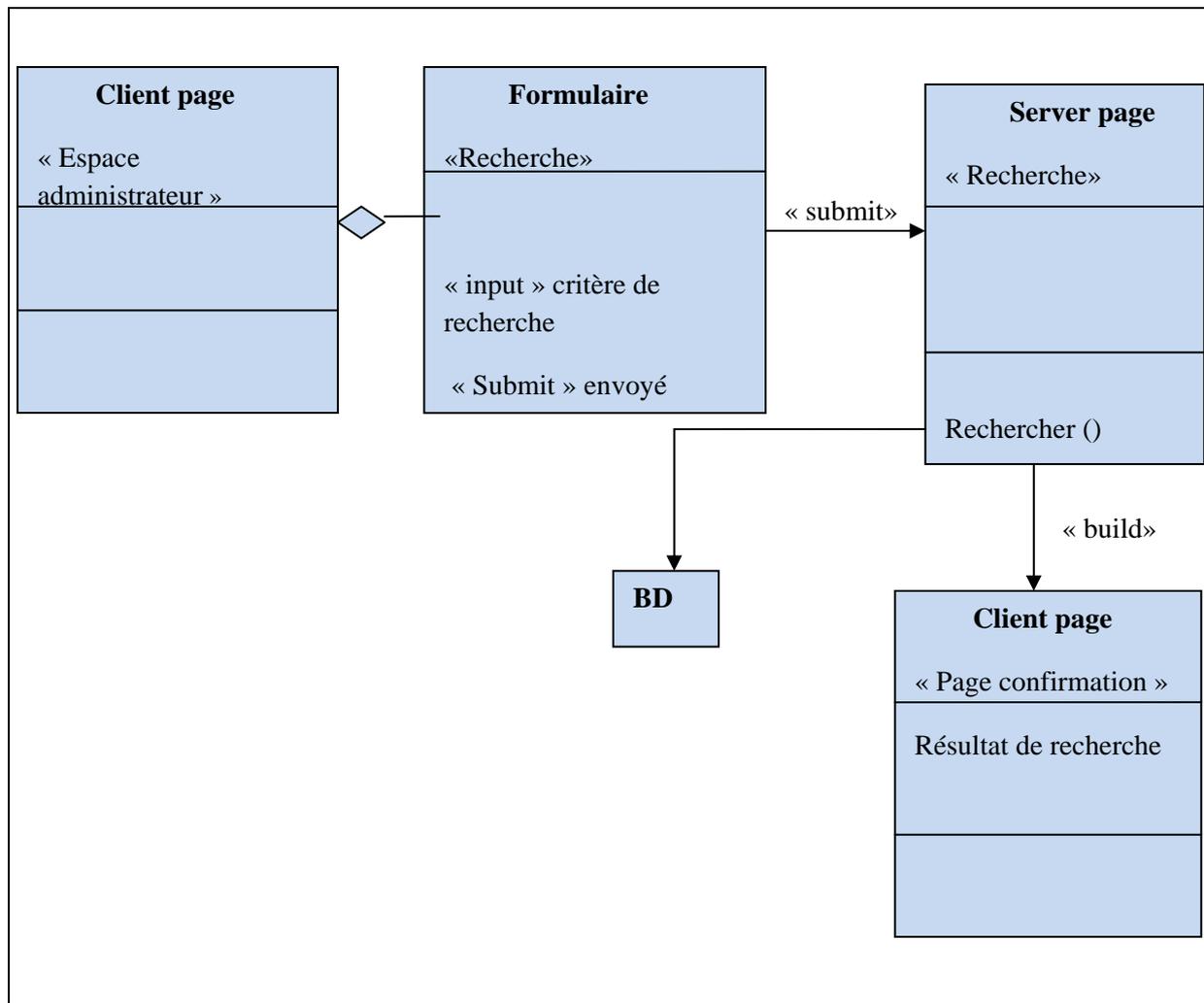


Figure IV.18 : Diagramme de classe du cas d'utilisation « Rechercher une personne »

3.3.2 Conception de la base de données :

A. Le Modèle conceptuel (le modèle E/S):

Le modèle conceptuel de données est une représentation statique qui met en Évidence sa sémantique. Il a pour but d'écrire de façon formelle les données. Il s'agit donc d'une représentation des données facilement compréhensibles.

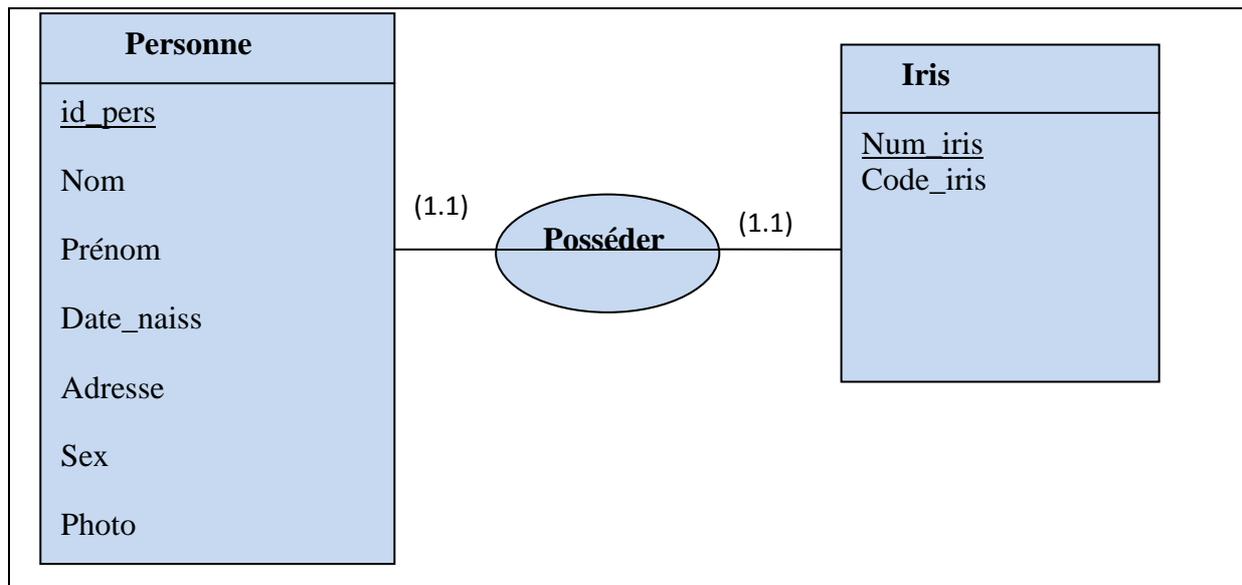


Figure IV.19: le modèle E/A

B. Le modèle relationnel :

Les tables:

L'application dans tous ces cas d'utilisation manipule des données stockées dans la base de données et elle contient les tables suivantes :

✓ **La table administrateur :**

Nom de champ	Type de donnée	description	clef
Login	Varchar(15)	Login d'administrateur	
Password	Varchar(20)	Mot de passe	
Num_iris	entier	L'identifiant iris	Etrangère

✓ **La table client :**

Nom de champ	Type de donnée	description	Clef
Id_clt	Décimal (20,0)	CIN	Primaire
Nom	Varchar(15)		
Prénom	Varchar(15)		
Sexe	Varchar(15)		
Sit.Fam	Varchar(15)		
Date_Nais	Varchar(10)		
Adresse	Varchar(50)		
Num_iris	entier	L'identifiant iris	Étrangère

✓ La table iris :

Nom de champ	Type de donnée	description	clef
Num_iris	Varchar(15)	Login d'administrateur	primaire
Code_iris	Tableau entier []	Code_iris	

4. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre l'étude conceptuelle du futur système en suivant la démarche RUP qui s'appuie sur le langage de modélisation UML pour spécifier les cas d'utilisation, concevoir les diagrammes de séquence et élaborer les diagrammes de classes. A la fin de ce chapitre, nous avons défini les différentes tables de la base de données avec leurs relations ainsi que le schéma conceptuel de données.

Dans ce qui va suivre, nous entamerons la phase de réalisation où nous exposerons nos choix concernant la technologie qui a servi à la réalisation de notre système (environnement de développement).



Chapitre V

1. Introduction :

Après avoir présenté dans les chapitres précédents les différentes étapes nécessaires à la réalisation de notre système. Dans cette partie, nous mettrons en évidence les raisons de nos choix techniques (langage de programmation et les outils utilisés). Ensuite, nous allons citer les principales classes développées et décrire les différentes fenêtres de l'application.

2. Diagramme de déploiement :

Le diagramme de déploiement permet de représenter l'environnement de développement d'une application. Notre solution se base sur une architecture client/serveur qui compose de deux niveaux :

Le premier est le niveau applicatif (logique applicative) qui se compose de langage java implémenté par Netbeans.

Le deuxième niveau, qui fournit au niveau intermédiaire les données dont il a besoin, est pris en charge dans notre cas par le SGBD Postgre.

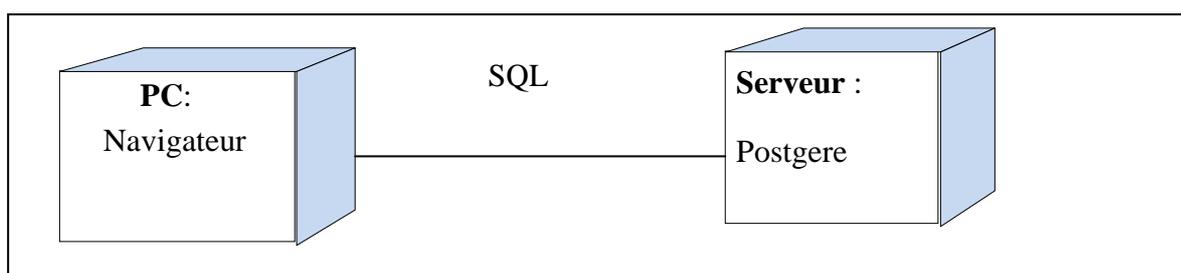


Figure V.1 : diagramme de déploiement

3. Outils de développement :

Le choix du bon environnement de programmation est très important pour le développement des projets. Cela se fait suivant plusieurs facteurs: la puissance de compilation, la facilité d'utilisation, la disponibilité de plusieurs fonctionnalités, la communication avec d'autres environnements, etc.

A fin de réaliser notre système et ses interfaces, Nous avons eu recours aux outils :

3.1 Java :

Java est un langage développé par Sun. L'objectif de Java est d'offrir : un langage permettant une exécution «standardisée» des programmes sans réécriture ni recompilation, ainsi qu'une maintenance «simplifiée» des programmes écrits.

3.2 Pourquoi choisir JAVA :

Le choix d'un outil de programmation est une tâche critique sur laquelle repose le bon déroulement de l'étape de conception. Pour la réalisation de ce projet, nous avons choisi la plate-forme de développement Java. Ce choix est justifié par le fait que ce langage :

- ✓ utilise le concept orienté objet ;
- ✓ portable sur plusieurs systèmes d'exploitation ;
- ✓ intègre des bibliothèques standard qui simplifient la création des interfaces graphique.(IJ...ect)
- ✓ En plus de sa portabilité, Java offre d'innombrables paquetages permettant par exemple de se connecter à une base de données, de communiquer avec un réseau IP, de réaliser des interfaces graphiques, etc. c'est pourquoi nous avons choisi Java comme langage de programmation notre application.

3.3 Netbeans:

NetBeans est un environnement de développement intégré (EDI), placé en Open Source par Sun. En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme C, C++, JavaScript, PHP, HTML ... Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web).

Conçu en Java, NetBeans est disponible sous Windows, Linux, Solaris, Mac OS X ou sous une version indépendante des systèmes d'exploitation (requérant une machine virtuelle Java). Un environnement Java Développement Kit (JDK) est requis pour les développements en Java., L'IDE Netbeans s'enrichit à l'aide de plugins.

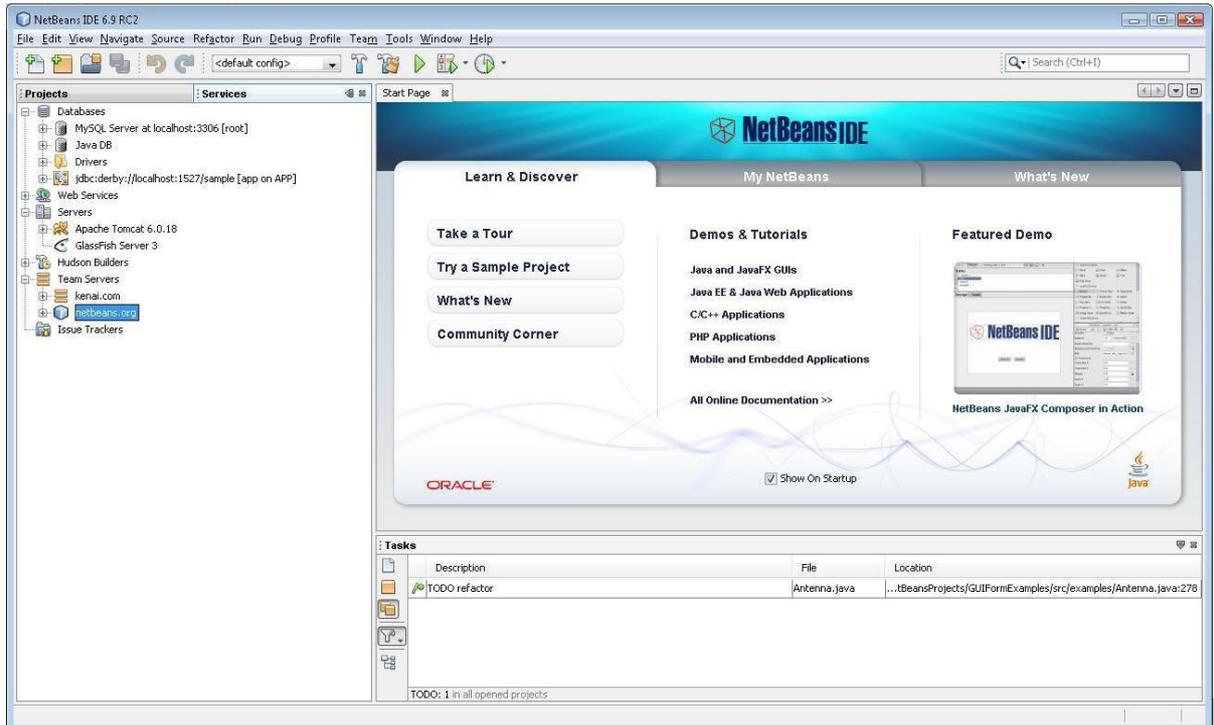


Figure V.2 : interface de Netbeans

3.4 Image J (IJ):

ImageJ est un logiciel libre de traitement d'images écrit en Java par le National Institute of Health (NIH).

ImageJ fonctionne selon deux modes:

- en tant qu'applet dans un navigateur web,
- en tant qu'application sur n'importe quelle plate-forme supportant Java.

(On peut le télécharger à partir du site <http://rsb.info.nih.gov/ij/download.html>)

La première version, NIH-image, écrite en langage Pascal a été développée pour le système d'exploitation Macinstosh.

- ImageJ est maintenant écrit en Java et est multiplateforme (Mac, Windows, Linux).
- C'est un logiciel du domaine public («disponible gratuitement» ; «domaine public» est un terme légal qui signifie que le logiciel n'est pas «soumis au copyright»). [1]

3.5 Java Advanced Imaging (JAI):

Java Advanced Imaging est une solution de traitement d'images pour Java, maintenue par SUN (le créateur de Java). La bibliothèque semble assez lourde à utiliser, mais certains plugins ImageJ sont développés avec.[2]

3.6 Postgres :

3.6.1 Définition :

PostgreSQL est un système de gestion de bases de données relationnelles objet (ORDBMS) fondé sur POSTGRES, Ce dernier a été développé à l'université de Californie au département des sciences informatiques de Berkeley. POSTGRES est à l'origine de nombreux concepts qui ne seront rendus disponibles au sein de systèmes de gestion de bases de données commerciales bien plus tard.

PostgreSQL™ est un descendant OpenSource du code original de Berkeley. Il supporte une grande partie du standard SQL tout en offrant de nombreuses fonctionnalités modernes :

- requêtes complexes
- clés étrangères
- triggers
- vues
- intégrité transactionnelle
- contrôle des versions concurrentes (MVCC ou multiversion concurrency control).

De plus, PostgreSQL™ peut être étendu par l'utilisateur de multiples façons. En ajoutant, par exemple :

- de nouveaux types de données ;
- de nouvelles fonctions
- de nouveaux opérateurs ;
- de nouvelles fonctions d'agrégat ;
- de nouvelles méthodes d'indexage ;
- de nouveaux langages de procédure.

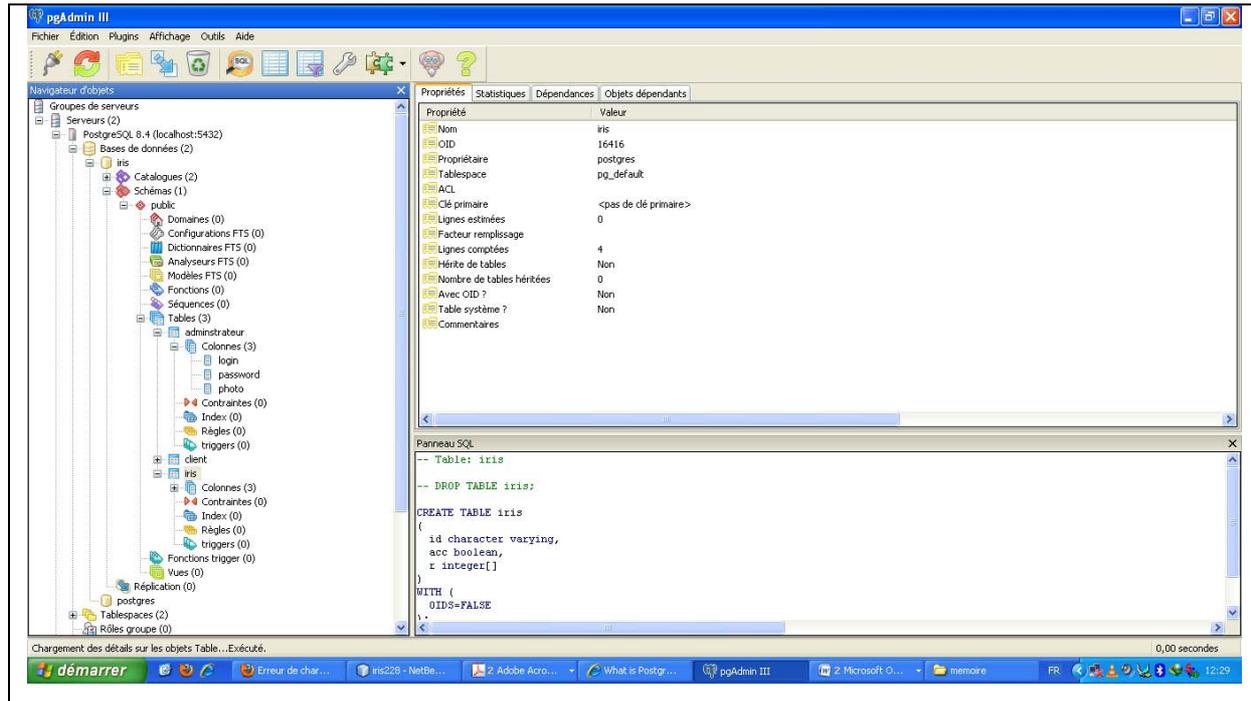


Figure V.3 : interface de PostgreSQL

4. Présentation des bases d'images:

La reconnaissance par iris a été un sujet de recherche actif de l'Institut d'Automatisation de l'Académie Chinoise de Sciences (CASIA) [1]. Afin de pallier le manque des images d'iris pour le test d'algorithmes, la base de données CASIA a été développée. En plus du fait qu'elle est la plus ancienne, cette base est la plus connue, elle est largement utilisée par la majorité des chercheurs. Elle présente peu de défauts (images prises sous lumière proche infrarouge, pas de reflet sur l'image, etc.) et des caractéristiques très proches et homogènes.

CASIA-IrisV3 inclut trois bases nommées CASIA-IrisV3-Interval, CASIA-IrisV3-Lamp et CASIA-IrisV3-Twins. CASIA-IrisV3 contient un total de 22051 images d'iris prises à partir de plus de 700 individus. Toutes les images d'iris sont au format JPEG Gray-level 8 bits, Presque tous les individus sont chinois sauf quelques-uns de la base CASIA-IrisV3-Interval.

[3]

Concernant le domaine de reconnaissance par iris, il y a actuellement, six bases de données publiques d'images d'iris disponibles.

4.1 Base de données BATH :

La base de données des images d'iris de l'université BATH [1] est en constante évolution et à présent contient plus de 16000 images d'iris prises à partir des deux yeux de 400 personnes. Il résulte d'un projet qui vise à construire une ressource d'images d'iris de haute qualité. La majorité de la base de données comprend des images prises d'étudiants et du personnel de l'Université Bath.

Les images sont de très haute qualité, prises avec un appareil photo professionnel, et montées sur un appareil d'ajustement de position d'hauteur réglable. [4]

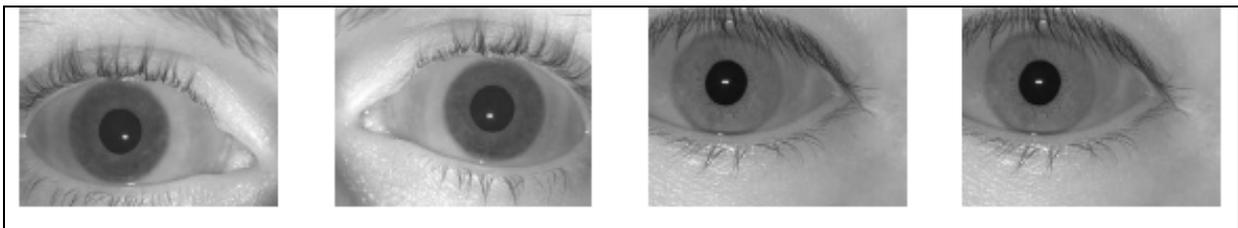


Figure V.4 : Exemples d'images d'iris de la base de données BATH.

4.2 Base de données ICE :

La base de données ICE (The Iris Challenge Evaluation (ICE)) [5] est composée de 2954 images, avec un nombre variable d'images par personne. De la même façon que les bases de données d'iris publiques restantes, ses images ont été capturées, avec comme préoccupation principale la qualité des images, celle-ci simule clairement la coopération des utilisateurs dans l'image capturée. En conséquence, les facteurs de bruit que la base de données ICE contient sont liés presque exclusivement avec les obstructions de la mauvaise position de l'iris par rapport au capteur. D'autant plus qu'il y a quelques images qui ont délibérément subi des rotations et d'autres ont été partiellement capturées.

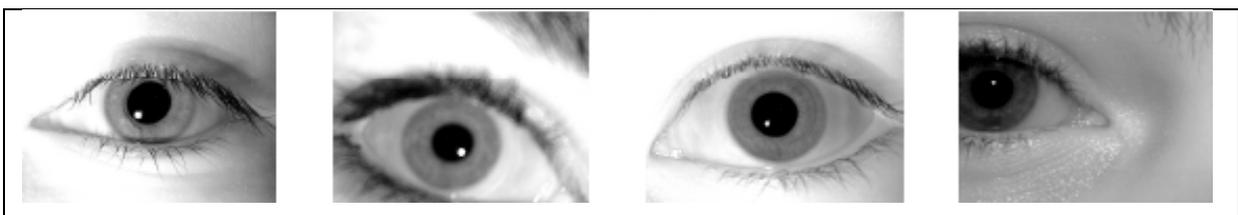


Figure V.5 : Exemples d'images d'iris de la base de données ICE.[5]

4.3 Base de données *MMU* :

The Multimedia University a développé une petite base de données (MMU) [6] composée de 450 images d'iris.

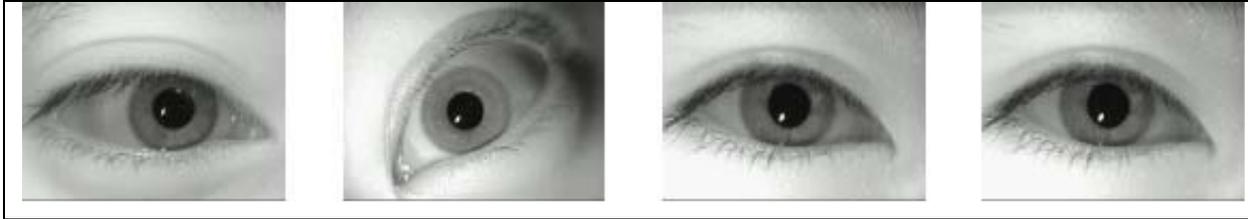


Figure V.6 : Exemples d'images d'iris de la base de données MMU.[6]

4.4 Base de données *UPOL* :

La base de données d'images d'iris UPOL [7] a été construite au sein de l'Université de Palacki. Olomuc. La base de données contient 384 images extraites des deux yeux de 64 personnes (trois images par oeil). Comme illustré dans la figure V.4, ses images sont d'une homogénéité maximale et la segmentation est facilitée. Evidemment, ces caractéristiques font de cette base de données la moins appropriée pour la recherche biométrique dans le cas non coopératif.

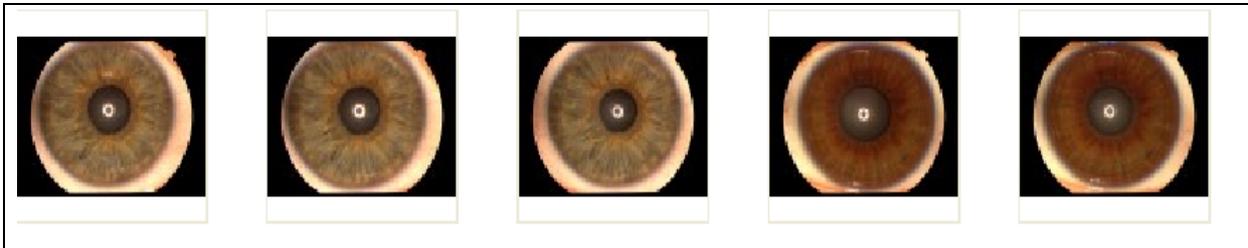


Figure V.7 : Exemples d'images d'iris de la base de données UPOL.[7]

4.5 Base de données *WVU* :

The West Virginia University a développé une base de données d'images d'iris (WVU) composée de 1852 images de 380 yeux différents. Le nombre d'images capturées de chaque oeil est compris entre trois et six. Les images de la base de données WVU ont été capturées dans des conditions de prise d'images peu contraignantes, d'où, la mauvaise qualité d'images comportant des obstructions de l'iris, mauvaise localisation de l'iris dans l'image avec une position angulaire fermé, quelques unes complètement affectées par le reflet des paupières et des cils, ce qui leur vaut d'être les images les plus hostiles au processus de reconnaissance.

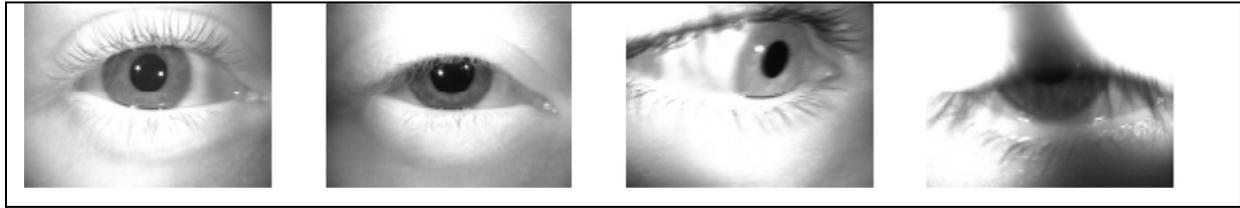


Figure V.8 : Exemples d’images d’iris de la base de données WVU.[8]

4.6 Base de données UBIRIS :

La base de données UBIRIS [6] est composée de 1877 images recueillies à partir de 241 personnes au sein de l’Université de Beira Interior, elle est scindée en deux sessions distinctes. Sa caractéristique principale est le fait qu’à l’heure actuelle c’est la base de données publique et gratuite (CASIA et UPOL) la plus large qui existe, elle comporte des images avec plusieurs facteurs de bruit, permettant ainsi l’évaluation de la robustesse des méthodes de reconnaissance de l’iris.

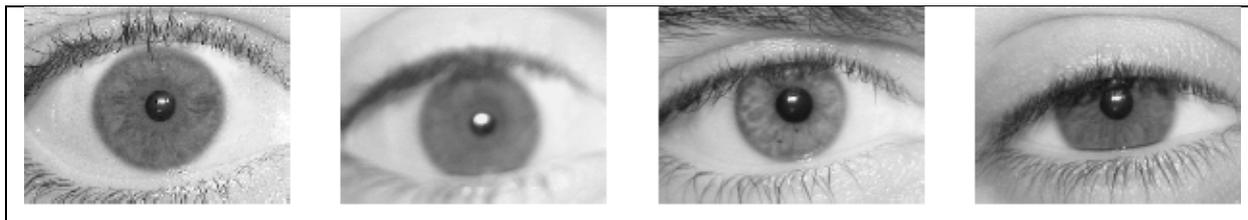


Figure V.9 : Exemples d’images d’iris de la base de données UBIRIS. [9]

5. Structure de données et implémentation :

Notre système fait appel à plusieurs classes décrites dans le tableau ci-dessous :

Classes	Signification et rôle
Normalisation	Permet d’effectuer la transformation polaire rectangulaire nécessaire à la standardisation des images en dimensions.
Identification	Permet de déterminer l’identité d’un individu grâce à ses images d’iris.
Vérification	Permet de se prononcer sur la véracité d’une identité présumée.

Tableau VI.1 : Les différentes classes composant notre système

Acumulateur : permet de générer des cercles pour les ajouter (Coordonnées et rayons de l'iris et de la pupille) à l'espace de Hough suivant la transformée de Hough.

Entrées :

- `h` : tableau de 2 dimensions représentant l'espace de Hough.
- `c` : coordonnées $[x, y]$ du centre d'un cercle.
- `radius` : le rayon du cercle.

Sortie :

- `h` : espace de Hough mis à jour.

canny() : permet la détection des contours de « canny » dans une image.

Entrées :

- `im` : image à traiter.
- `sigma` : écart type du filtre Gaussien de lissage (généralement égale à 1).
- `scaling` : facteur de réduction de l'image en entrée par :
- `vert` : poids pour les gradients verticaux.
- `horz` : poids pour les gradients horizontaux.

Sorties :

- `gradient` : amplitudes des contours de l'image.
- `or` : orientation de l'image (en degrés de 0 à 180, sens positif des aiguilles).

CircleList : prend la carte des contours d'une image et exécute la transformée de Hough pour la détection des cercles dans une image.

Entrée :

- `edgeim` : la carte des contours d'une image à traiter.
- `rmin, rmax` : les valeurs minimales et maximales des rayons des cercles à rechercher.

Sortie :

- `h` : la transformée de Hough.

IrisFinder : retourne les coordonnées d'un cercle dans une image en utilisant la transformée de Hough et l'algorithme de détection des contours de Canny pour la création de la carte des contours.

Entrées :

- image : l'image contenant des cercles à repérer.
- lradius : le rayon le plus petit du cercle à rechercher dans l'image.
- uradius : le rayon le plus grand du cercle à rechercher dans l'image.
- sigma : amplitude du lissage Gaussien à appliquer pour la création de la carte des contours.
- hithres : seuil pour la création de la carte des contours.
- lowthres : seuil pour la connexion des contours.
- vert : indice de contribution du contours vertical (0-1).
- horz : indice de contribution du contours horizontal (0-1).

Sorties :

- circleiris : coordonnées du centre et le rayon des limites de l'iris détecté.
- circlepupil : coordonnées du centre et le rayon des limites de l'iris détecté.

UnWrapper :

Exécute la normalisation de la région d'iris en transformant les pixels choisis d'une représentation circulaire vers une représentation en bloc rectangulaire de dimensions constantes.

Entrées :

- image : l'image d'iris en entrée dont les informations sur la région d'iris doivent être extraites.
- x_iris : les abscisses des contours du cercle de l'iris.
- y_iris : les ordonnées des contours du cercle de l'iris.
- r_iris : le rayon du cercle de l'iris.
- x_pupil : les abscisses des contours du cercle de la pupille.
- y_pupil : les ordonnées des contours du cercle de la pupille.
- r_pupil : le rayon du cercle de la pupille.
- eyeimage_filename : le nom initial de l'image de l'oeil en entrée
- unwrWidth: la résolution radiale qui fixe la dimension verticale de la représentation normalisée.
- unwrHeight : résolution angulaire qui fixe la dimension horizontale de la représentation normalisée.

Sorties :

- unwrapped: un tableau de 2 dimensions représentant la forme normalisée de l'iris.

6. Présentation de l'application :

6.1 Page d'accueil :

Pour accéder à la page d'accueil de notre application, il suffit de saisir le login et le mot de passe, Dans la page suivante



Figure V.10 : Page d'accueil.

6.2 La page enrôlement :

Cette interface permet à l'administrateur d'inscrire un nouveau client par la saisie d'un formulaire qui contient les informations relatives du client, ainsi l'extraction de l'iris du client et les enregistrer :

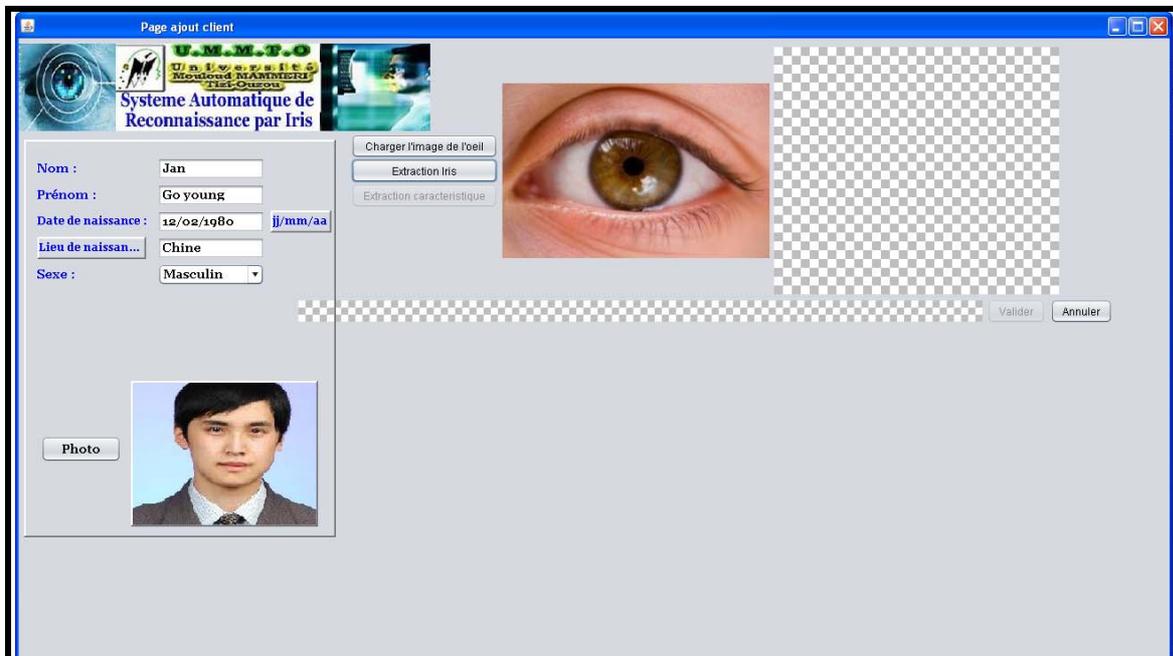


Figure V .11: page inscription client

Ensuite clique sur le bouton extraction iris pour extraire l'iris

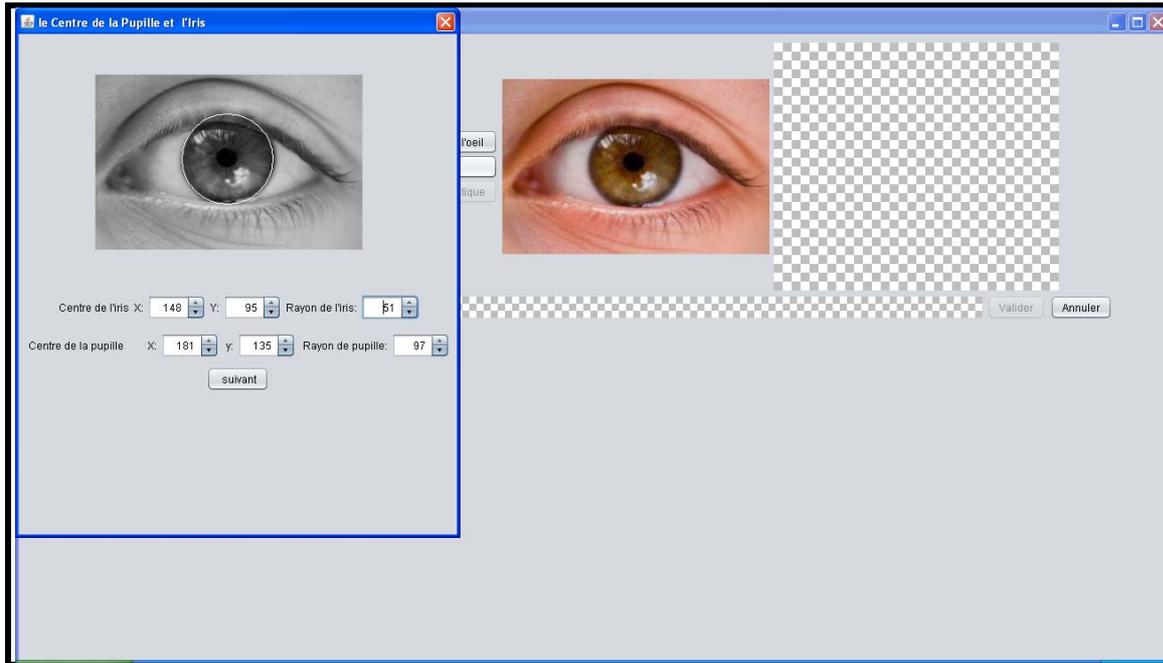


Figure V.12 : interface extraction iris

Pour extraire les caractéristiques cliquer sur le bouton extraction caractéristique ensuite sur valider pour enregistrer le formulaire inscription ainsi le vecteur iris.

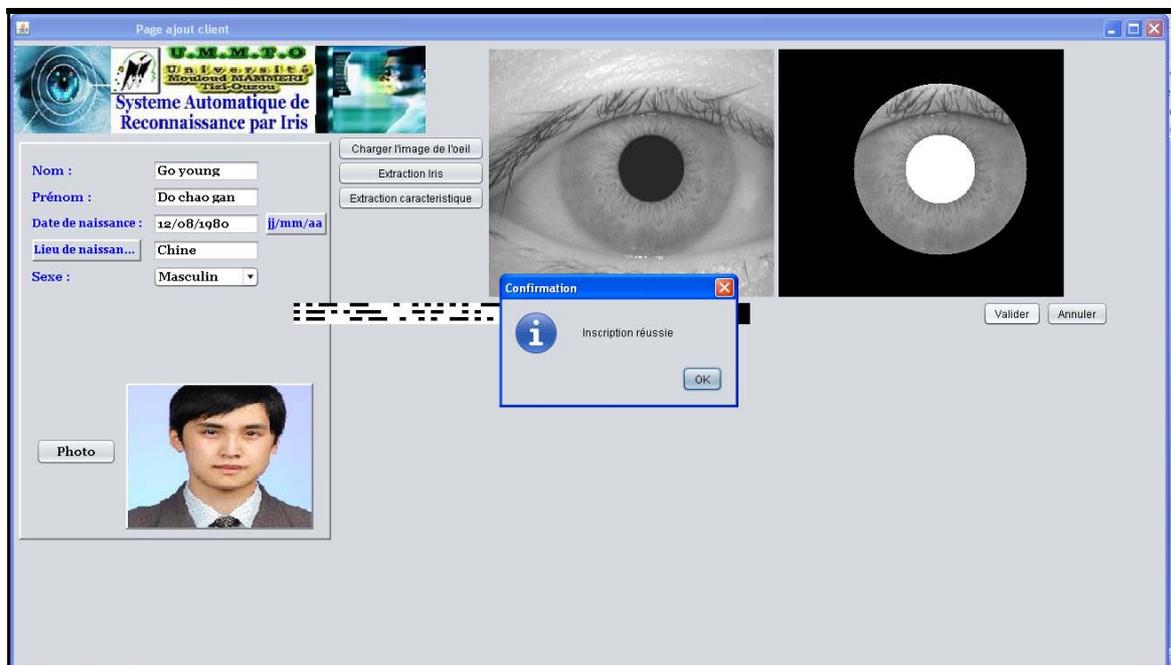


Figure V.13 : page enregistrement client

6.3 La page identification :

Cette page permet à un administrateur de vérifier l'identité d'un client par la comparaison de son iris avec tout les iris stoker dans la base de données (comparaison de type 1_N).par l'utilisation de la distance de hamming :

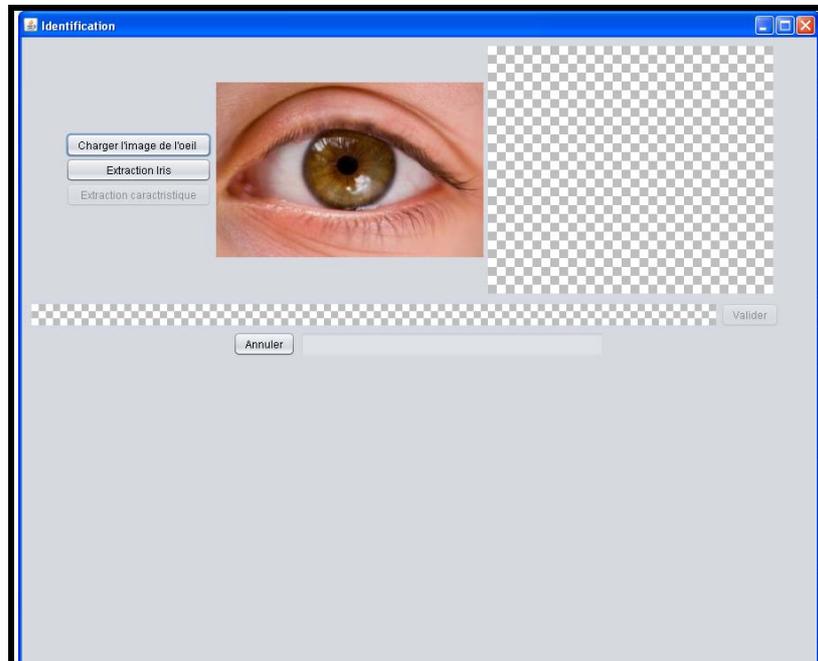


Figure V.14 : Page identification client

Cliquer sur le bouton extraction de l'iris :

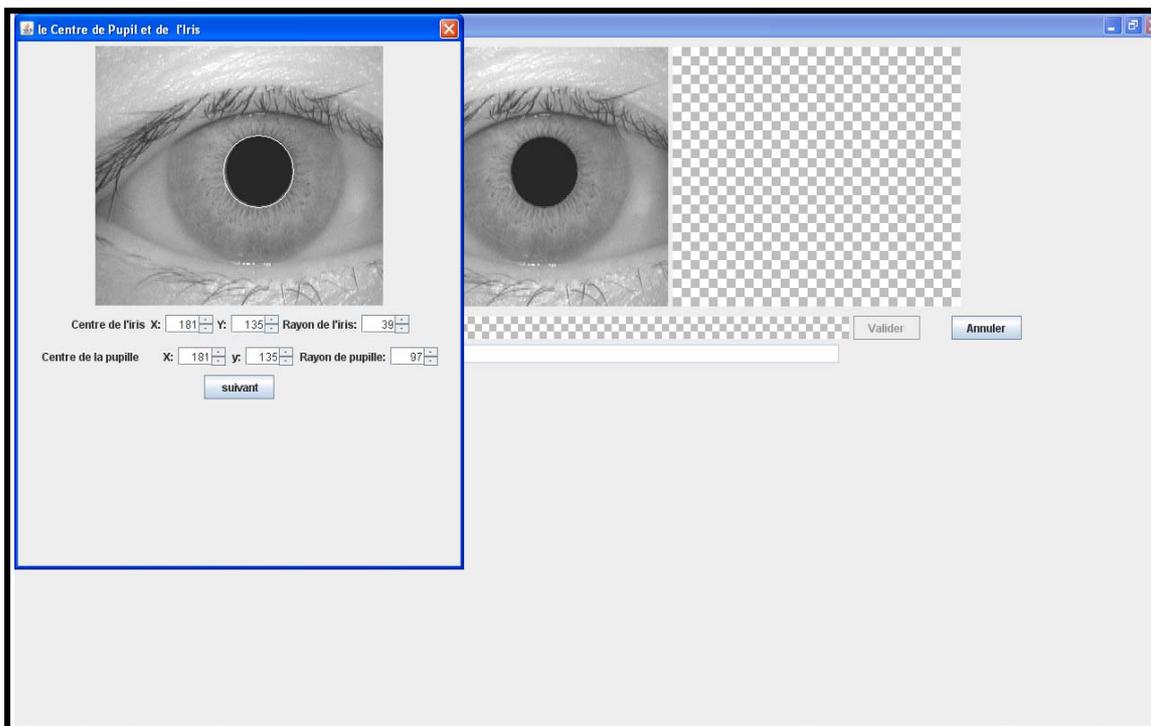


Figure V.15: page extraction iris

Cliquer sur valider pour vérifier l'identité :

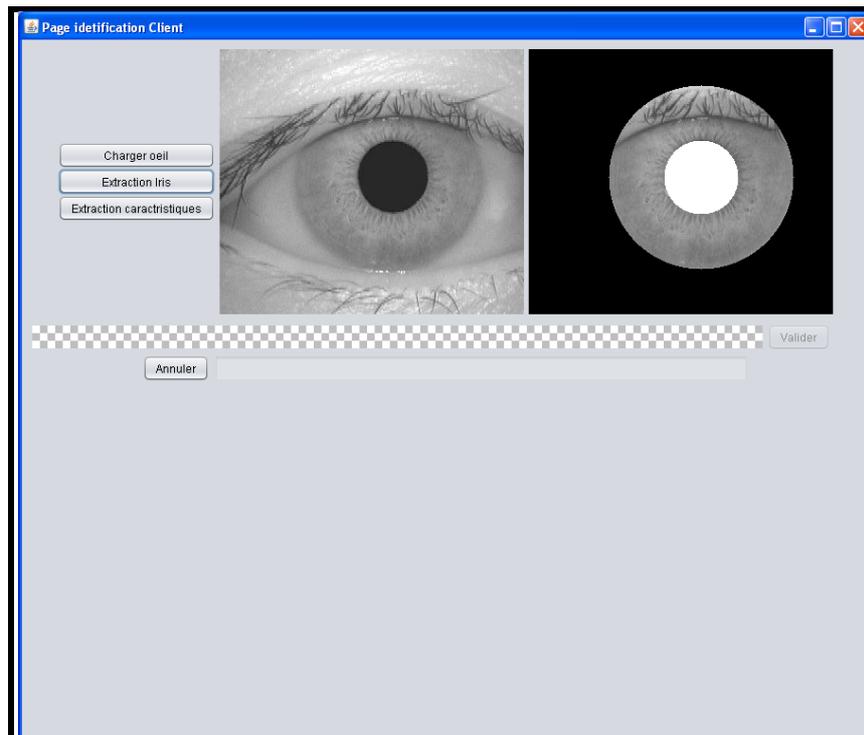


Figure V.16 : interface de validation de l'identité client

Après la validation la page suivante sera affichée :

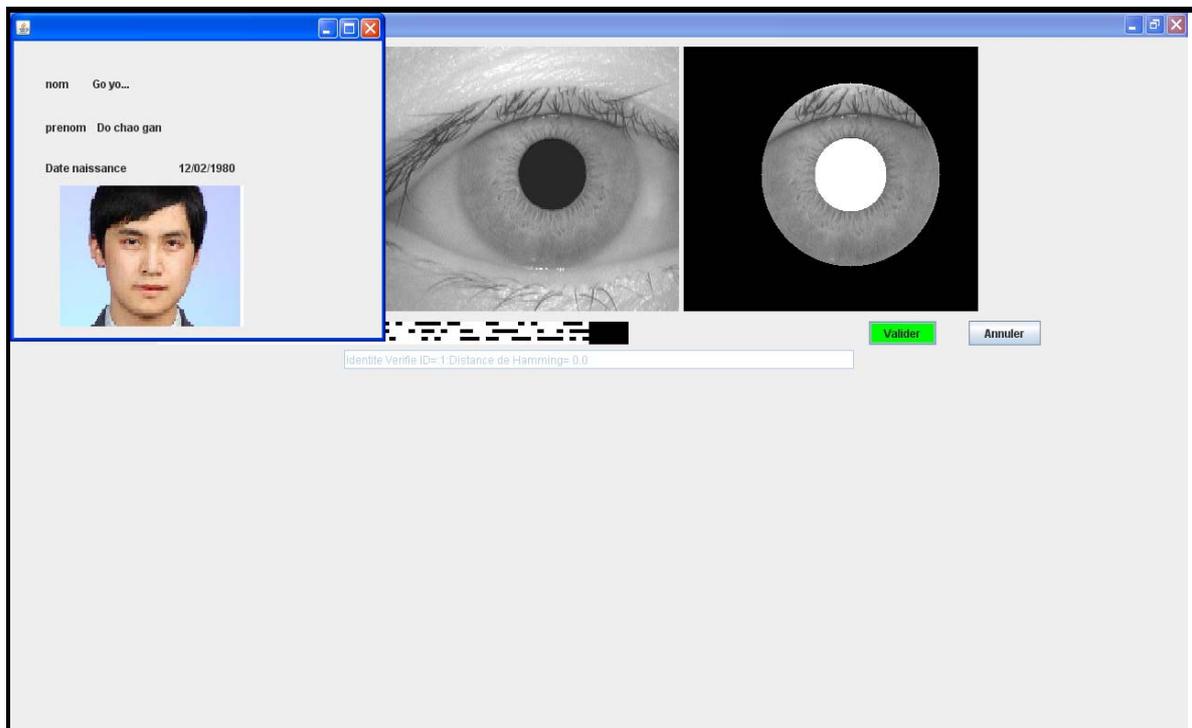


Figure V.17 : page confirmation de l'identification (fiche personnelle)

On regarde que le système a retourné la distance de hamming (calculer entre le code d'iris de client identifier et les autres codes stockés dans la BD), ici $hd=0$ ce qui indique que l'identification est réussie 100%. En plus la fiche personnelle du client sera affichée.

6.4. Page authentification client:

Cette page permet à l'administrateur d'authentifier un client par la saisie de son code d'inscription. Le système ensuite compare le code d'iris du client à authentifier à celui existant dans la BD (comparaison de type 1-1) :

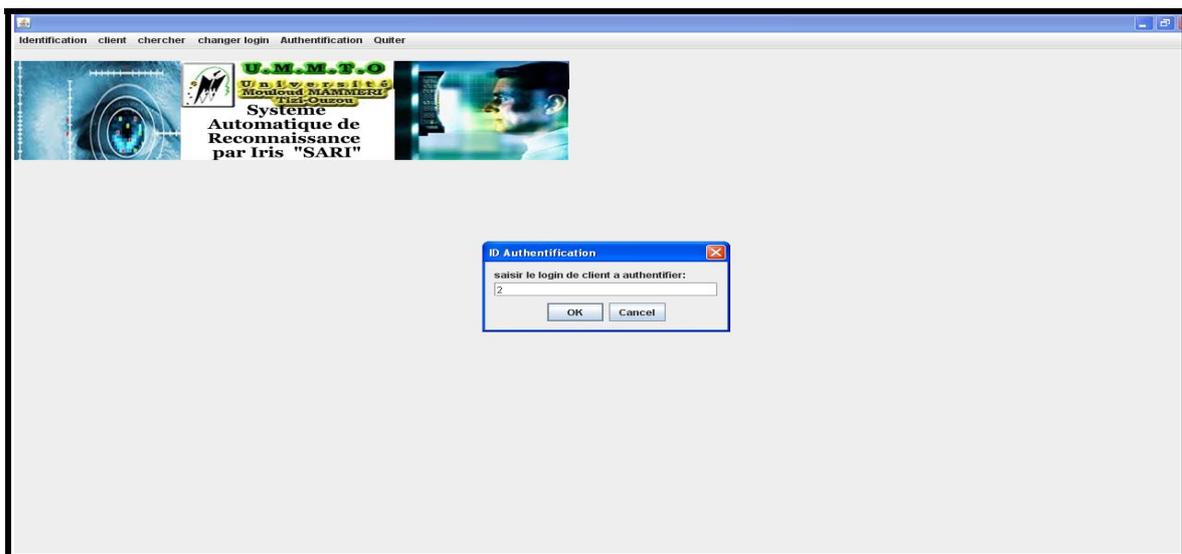


Figure V.18: page saisir code client pour l'authentifier

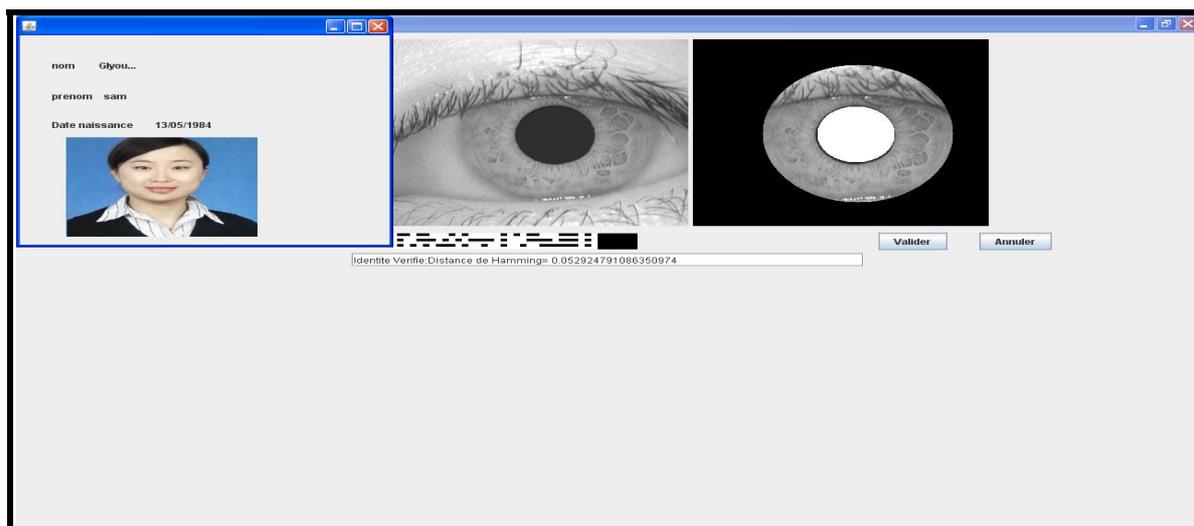


Figure V.19: Authentification client

Cette page permet à l'administrateur de trouver un client par la saisie de son code :

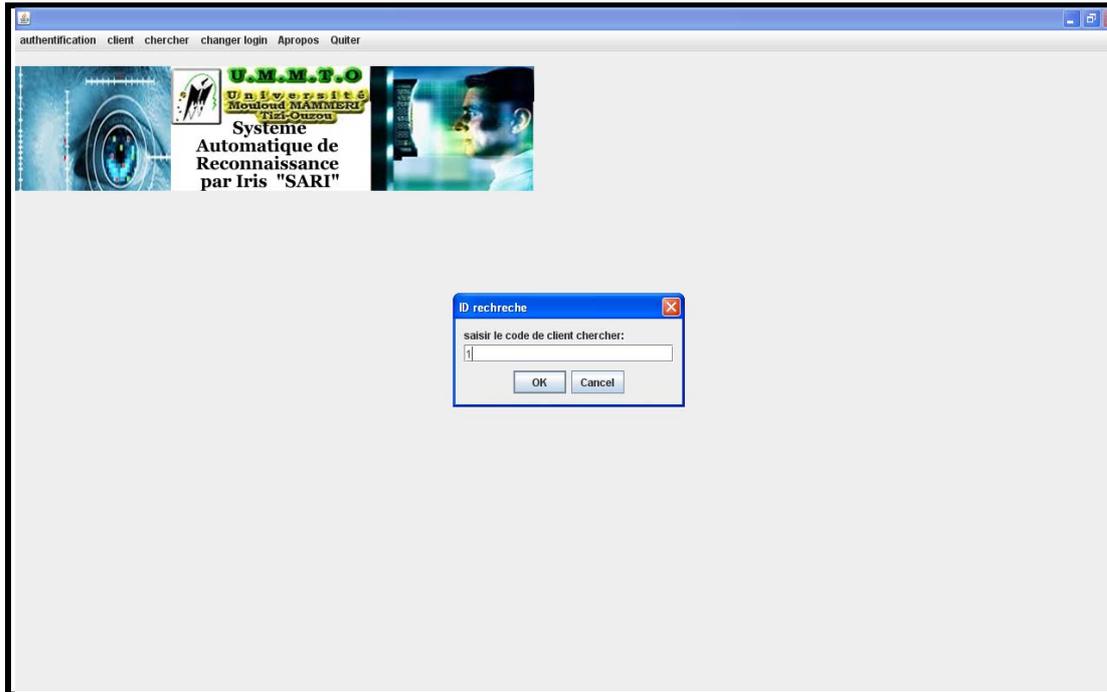


Figure V.20: Page chercher personne

La fiche personnelle sera affichée :

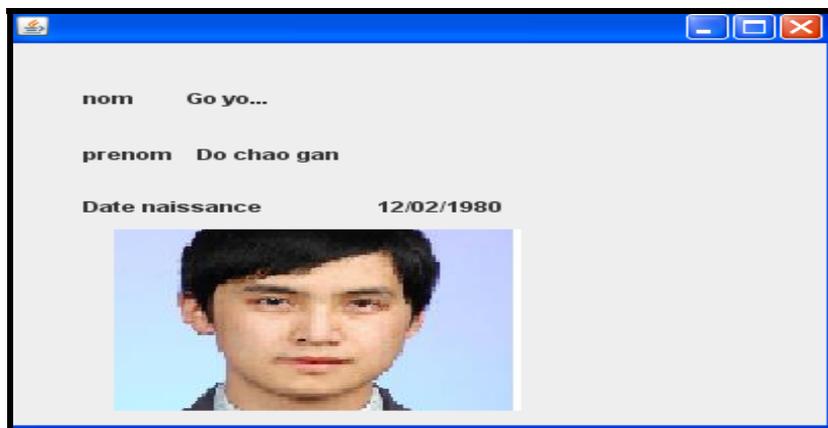


Figure V.21 : interface fiche personnelle client

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons, en premier lieu, présenté les différents outils et langages que nous avons utilisé pour implémenter notre application. Par la suite, nous avons présenté quelques interfaces de l'application.

Conclusion générale

L'objectif de notre travail était la conception et la réalisation d'un système automatique de reconnaissance par l'iris

Pour mener à terme notre application, nous avons donné un aperçu général sur la biométrie et plus précisément l'iris ainsi que les méthodes qui permet de détecter l'iris et l'extraction des caractéristiques de l'iris.

Les critiques du système :

- **Interface simple et rapide :**

C'est une interface que toute personne ayant peu de connaissances sur la biométrie peut utiliser. Un autre avantage : la rapidité des opérations d'identification.

- **Absence d'un système d'acquisition des images :**

Faute de la disponibilité d'un système d'acquisition, les seules données utilisées par le système proviennent des bases. Cela rend les opérations d'identification et de vérification de simples simulations.

Les perspectives :

Le fait d'utiliser Java™ comme outil principal de développement a affecté directement les performances globales du système. Il est impensable de considérer une implémentation en temps réel sur cette plateforme. Il aurait été particulièrement agréable de voir la différence avec une implémentation en C++.

Beaucoup de recherches sont encore effectuées aujourd'hui dans ce domaine. Plusieurs d'entre elles utilisent moins d'étapes (donc moins de temps de calcul) que l'algorithme présenté. L'intégration de celles ci au projet présenté permettrait sûrement une nette amélioration de la précision et performance.

Annexe A

Lexique de la biométrie :

Les deux types d'accès :

- L'accès physique qui désigne tout ce qui est physiquement accessible comme un bâtiment, une salle de laboratoire, un bureau...
- L'accès logique qui désigne tout ce qui est virtuellement accessible comme un site internet, un fichier informatique, une application informatique... [anexe]

AFIS : Automated Fingerprint Identification System. Système automatisé de recherche d'empreintes utilisé principalement pour des applications policières

Authentification :(1 contre 1) Procédé permettant de vérifier l'identité d'une personne. Il comprend deux étapes :

1. L'utilisateur fournit un identifiant « Id » au système de reconnaissance (par exemple un numéro d'utilisateur)
2. L'utilisateur fournit ensuite un échantillon biométrique qui va être comparé à l'échantillon biométrique correspondant à l'utilisateur « Id » contenu dans la base de données biométrique du système. Si la comparaison correspond, l'utilisateur est authentifié

Identification : (1 contre N) Procédé permettant de déterminer l'identité d'une personne. Il ne comprend qu'une étape :

1. L'utilisateur fournit un échantillon biométrique qui va être comparé à tous les échantillons biométriques contenus dans la base de données biométriques du système. Si

l'échantillon correspond à celui d'une personne de la base, on renvoie son numéro d'utilisateur. Sinon l'identification échoue.

CIP/NIP : Code/Numéro d'Identification Personnel. En anglais PIN « Personal Identification Number ». Combinaison de chiffres et/ou de lettres destinés à l'identification d'une personne. Le CIP est unique ; il ne peut qualifier qu'un seul individu.

Capteur biométrique : Dispositif d'acquisition permettant d'obtenir une représentation numérique d'un élément du corps humain

Capture : méthode de collecte d'un échantillon biométrique d'un utilisateur

Caractéristique Biométrique : La plupart des systèmes biométriques ne compare pas directement les données acquises (image, son, etc.). On utilise plutôt différentes méthodes mathématiques pour extraire une quantité de données moins importante, mais contenant l'essentiel de l'information permettant de différencier deux individus (par exemple les minuties dans le cas de l'empreinte digitale). Ces données sont des éléments caractéristiques.

Classification : Ce procédé permet d'affecter une donnée biométrique à une classe donnée. La classification est utilisée par exemple par certains systèmes de reconnaissance d'empreintes digitales (avec des classes telles que : boucles, arches ou tourbillons), dans le but d'accélérer les identifications. En effet, la séparation des données en plusieurs classes permet de réduire la taille de la base de recherche et donc d'accélérer le processus

Comparaison : Processus d'évaluation de correspondance d'un échantillon biométrique avec un ou plusieurs modèle(s) de référence précédemment stocké(s)

Donnée biométrique : Information extraite d'un échantillon biométrique et utilisé soit pour construire un modèle de référence ou pour comparer à des modèles existants

Échantillon biométrique : Représentation sous forme numérique d'un élément du corps humain. On obtient un échantillon biométrique à l'aide d'un capteur biométrique

Enrôlement : Étape initiale au cours de laquelle sont capturées les données biométriques qui serviront de références lors des authentications ou identifications futures. C'est aussi lors de cette étape qu'un identifiant est associé aux données biométriques de chaque personne. Un soin tout particulier doit être apporté à cette première capture, car c'est sa qualité qui déterminera les performances futures du système

Échec à l'enrôlement : Événement ayant lieu lorsqu'une personne ne réussit pas à s'enrôler. Ceci inclut les cas où la personne ne peut pas fournir l'échantillon biométrique demandé, les cas où la qualité de l'échantillon est insuffisante, etc

Taux d'échec à l'enrôlement : Evaluation statistique de la partie de la population ne pouvant pas être enrôlée sur un système donné. Ce taux dépend de la méthode de capture, du capteur et de l'algorithme utilisé ainsi que des caractéristiques de la population étudiée

Extraction : Processus de conversion d'un échantillon biométrique capturé en donnée biométrique pouvant être comparée au modèle de référence

Gabarit : En anglais : Template. Modèle initial créé au cours de l'enrôlement. Modèle mathématique décrivant certaines caractéristiques physiques ou comportementales d'un individu. On comparera par la suite les demandes de reconnaissance à ce modèle

Matching (Algorithme de) : Procédé mathématique permettant d'effectuer la comparaison de deux échantillons biométriques

Moteur biométrique : Ensemble d'algorithmes permettant l'enrôlement, le matching, ainsi que toutes les étapes intermédiaires du procédé de reconnaissance d'un élément biométrique (amélioration des images, détermination de la qualité, extraction des caractéristiques discriminantes, etc)

ROC Curve (Receiver Operating Characteristics curve) : Dans le cadre biométrique, cette courbe représente l'évolution du FRR en fonction du FAR. L'étude de cette courbe permet de déterminer les performances d'un système biométrique

Fausse Acceptation : Événement ayant lieu lorsqu'un système biométrique accepte une personne alors qu'elle n'est pas dans sa base d'utilisateurs. Cet événement doit être le plus rare possible pour assurer la sécurité d'un système biométrique

Faux Rejet : Événement ayant lieu lorsqu'un système biométrique refuse une personne alors qu'elle est dans sa base d'utilisateurs. Cet événement est souvent dû à une mauvaise acquisition des données biométriques et est perçu comme une gêne par l'utilisateur

TFA - Taux de fausse acceptation : Indique la probabilité qu'un utilisateur inconnu soit identifié comme étant un utilisateur connu. Ce taux définit la sécurité du système biométrique

TFR - Taux de faux rejet : Indique la probabilité qu'un utilisateur connu soit rejeté par le système biométrique. Ce taux définit en partie le confort d'utilisation du système biométrique

Seuil de décision : L'acceptation ou rejet d'une donnée biométrique dépend du passage du score de correspondance au-dessus ou au-dessous du seuil. Ce dernier est ajustable pour rendre le système biométrique plus ou moins strict, cela dépend des éléments requis par tout système application biométrique

Seuil de rejet : Score minimum en dessous duquel un algorithme biométrique rejettera une authentification/identification

Seuil d'acceptation : Score au dessus duquel un algorithme biométrique acceptera une authentification/identification

Système Biométrique : Dispositif automatisé permettant de :

1. Acquérir des données biométriques
2. Extraire des informations discriminantes à partir de données
3. Comparer ces informations avec celles contenues dans un ou plusieurs gabarits servant de référence.
4. Décider s'ils correspondent
5. Indiquer à l'utilisateur si l'authentification ou l'identification a réussi ou échoué

Système multimodal : Système utilisant différents moyens d'authentification (biométriques ou non) pour vérifier l'identité d'une personne

Temps de réponse : Période temporelle requise par un système biométrique pour retourner une décision sur l'authentification d'un échantillon biométrique

Utilisateur : Personne interagissant avec un système biométrique pour enregistrer ou faire vérifier son identité (différent de l'opérateur).

Annexe B

UML (unified modeling language) :

1. Historique :

C'est à la fin de l'année 1994 que James Rembauche et Grady Booch décident de travailler ensemble à l'élaboration d'une méthode unifiée d'analyse et de conception objet.

En 1995, Ivar Jacobson les rejoint en apportant notamment le concept des cas d'utilisation, les premières bases d'UML résultent de l'union de trois méthodes OMT (James Rembauche), OOD (Grady Booch) et OOSE (Ivar Jacobson). [2]

2. Définition :

UML (Unified Modeling Language) est un langage unifié pour la modélisation dans le cadre de la conception orientée objet. Il s'agit d'un langage graphique de modélisation objet permettant de spécifier, de construire, de visualiser et de décrire les détails d'un système logiciel. Il est issu de la fusion de plusieurs méthodes dont « Bootch » et « OMT » et adapté à la modélisation de tous types de systèmes. Il devint aujourd'hui un standard dans le domaine d'analyse et de conception orientée objet. [1]

3. Présentation des modèles et diagrammes d'UML :

UML définit plusieurs modèles pour la représentation des systèmes :

- **Le modèle des classes** : le modèle de classe n'est plus utile c'est un formalisme pour représenter les concepts.
- **Le modèle des cas d'utilisation** : le modèle de cas d'utilisation décrit les besoins des utilisateurs.
- **Le modèle des états** : le modèle des états permet de représenter la dynamique des objets.

- **Le modèle d'interaction** : il représente de point de vue dynamique l'évolution des objets au cours de temps.
- **Le modèle de réalisation** : ce modèle moins important que les autres modèles d'UML, il montre les unités du travail.
- **Le modèle de déploiement** : il précise la préparation des processus.

Remarque :

Les modèles sont regarder et manipule par les utilisateurs au moyen de vues graphique, a chaque vue correspondant un ou plusieurs diagrammes. UML définit neuf diagrammes :

➤ **Vue statique :**

- Les diagrammes de classes
- Les diagrammes D'objet
- Les diagrammes De cas d'utilisation
- Les diagrammes De composants
- Les diagrammes De déploiement

➤ **Vue dynamique :**

- Les diagrammes de séquence
- Les diagrammes de collaboration
- Le diagramme d'état de transition
- Les diagrammes d'activités

4. Les diagrammes d'UML :

Un diagramme UML donne à l'utilisateur un moyen de visualiser et manipuler des éléments de modélisation. UML définit neuf sorte de diagramme pour représenter les différents points de vue de modélisation.

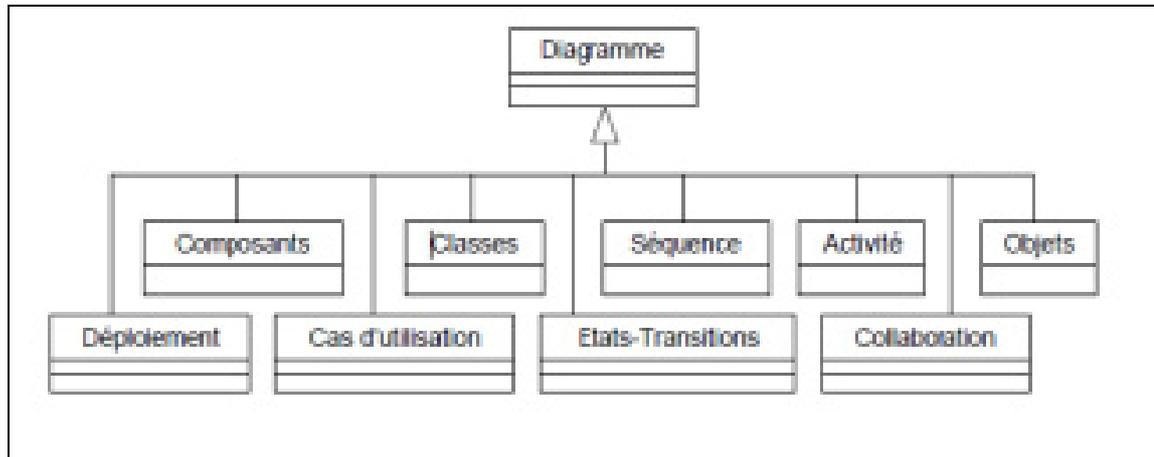


Figure B.1 : Les diagrammes d'UML

Voici les différents diagrammes :

4.1 Diagramme des cas d'utilisation :

4.1.1 Définition :

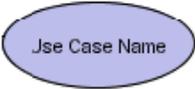
Les diagrammes des cas d'utilisation identifient les fonctionnalités fournies par le système (cas d'utilisation), les utilisateurs qui interagissent avec le système (acteurs), et les interactions entre ces derniers. Les cas d'utilisation sont utilisés dans la phase d'analyse pour définir les besoins de "haut niveau" du système.

Les objectifs principaux des diagrammes des cas d'utilisation sont:

- fournir une vue de haut-niveau de ce que fait le système.
- Identifier les utilisateurs ("acteurs") du système.
- Déterminer des secteurs nécessitant des interfaces homme-machine.

Les cas d'utilisation se prolongent au delà des diagrammes imagés. En fait, des descriptions textuelles des cas d'utilisation sont souvent employées pour compléter ces derniers et représentent leurs fonctionnalités plus en détail.

4.1.2 Représentation Graphique : Les composants de base des diagrammes des cas d'utilisation sont l'acteur, le cas d'utilisation, et l'association.

	Définition	Représentation
Acteur	un acteur est un utilisateur du système, et est représenté par une figure filaire. Le rôle de l'utilisateur est écrit sous l'icône, Les acteurs ne sont pas limités aux humains, Si le système communique avec une autre application, et effectue des entrées/sorties avec elle, alors cette application peut également être considérée comme un acteur	
Cas d'utilisation	un cas d'utilisation représente une fonctionnalité fournie par le système, typiquement décrite sous la forme Verbe+objet, <i>Les</i> cas d'utilisation sont représentés par une ellipse contenant leur nom.	
Association	les associations sont utilisées pour lier des acteurs avec des cas d'utilisation. Elles indiquent qu'un acteur participe au cas d'utilisation sous une forme quelconque. Les associations sont représentées par une ligne reliant l'acteur et le cas d'utilisation. L'image suivante montre comment ces trois éléments de base collaborent pour former un diagramme de cas d'utilisation.	

4.1.3 Représentation textuelle : Chaque cas d'utilisation, est associé à une série d'actions représentant la fonctionnalité voulue, ainsi que les stratégies à utiliser dans l'alternative où la validation échoue, ou des erreurs se produisent, Ces actions peuvent être également définies dans la description de cas d'utilisation il n'y a donc aucune norme pour représenter ces cas textuellement. Cependant, il y a quelques règles communes que vous pouvez suivre:

4.1.4 Règles communes de description textuelle des cas d'utilisation:

- Lister deux colonnes comprenant d'une part les actions de l'acteur et d'autre part les réponses du système.

- Utiliser un patron identifiant les acteurs, les conditions préalables, les post conditions, les scénarios principaux de réussite du processus, .etc.
- Rappelez-vous, le but du processus de modélisation est de pouvoir illustrer le mieux possible.
- les besoins du système, aussi n'hésitez pas à employer toutes les méthodes qui permettront une meilleurs compréhension des membres du projet.

4.2 Diagramme des Classes :

4.2.1 Définition :

Le diagramme des classes identifie la structure des classe d'un système, y compris les propriétés et les méthodes de chaque classe. Le diagramme des classes est le diagramme le plus largement répandu dans les spécifications D'UML.

4.2.2 Représentation : Les éléments d'un diagramme des Classes sont les classes et les relations qui les lient.

	Définition	Représentation
Classes	les classes sont les modules de base de la programmation orientée objet. Une classe est représentée en utilisant un rectangle divisé en trois sections. La section supérieure est le nom de la classe. La section centrale définit les propriétés de la classe.	
Association	une association est une relation générique entre deux classes. Elle est modélisée par une ligne reliant les deux classes. Cette ligne peut être qualifiée avec le type de relation, et peut également comporter des règles de multiplicité (par exemple un à un, un à plusieurs, plusieurs à plusieurs) pour la relation.	
Composition	si une classe ne peut pas exister par elle-même, mais doit être un membre d'une autre classe, alors elle possède une relation de composition avec la classe contenant. Une relation de composition est indiquée par une ligne avec un "diamant" rempli.	

Dépendance	quand une classe utilise une autre classe, par exemple comme membre ou comme paramètre d'une de ces fonctions, elle "dépend" ainsi de cette classe. Une relation de dépendance est représentée par une flèche pointillée.	
Agrégation	les agrégations indiquent une relation de contenant contenu. Elle décrite par une relation "possède". Une relation d'agrégation est représentée par une ligne avec un "diamant" creux.	
Généralisation	Une relation de généralisation est indiquée par une flèche creuse se dirigeant vers la classe "parent".	

4.3 Diagramme des Objets :

4.3.1 Définition :

Les diagrammes des objets modélisent des exemples de classes. Ce type de diagramme est Employé pour décrire le système à un instant particulier

4.3.2 Représentation : Souvent, le diagramme des objets utilise une notation plus simple que le diagramme des classes correspondant, se focalisant sur les instances des objets et non sur les relations entre leurs classes (héritage compris). Beaucoup de diagrammes des objets représentent seulement les objets et les associations.

	Définition	Représentation
Objet	des objets sont identifiés en plaçant le nom d'instance suivi des deux points (:) devant le nom de la Objet des objets sont identifiés en plaçant le nom d'instance suivi des deux points (:) devant le nom de la classe. Les valeurs de propriété sont écrites comme des paires " nom=valeur ". L'icône représentant un objet est un rectangle divisé en sections.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e6e6fa;"> John: User FirstName = John LastName = Smith Role = Administrator HireDate = 1/1/2002 </div>
Association	le diagramme des objets peut contenir également des associations. Souvent, les contraintes, le détail des relations et les règles de multiplicité trouvées dans le diagramme de classe ne sont pas représentés pour ne se	

	concentrer que sur les objets et leurs propriétés. Les associations entre les objets sont représentées simplement en utilisant une ligne les joignant.	
--	--	--

4.4 Diagramme des composants :

4.4.1 Définition :

Le diagramme des composants est principalement employé pour décrire les dépendances entre les divers composants logiciels tels que la dépendance entre les fichiers exécutables et les fichiers source.

4.4.2 Représentation :

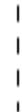
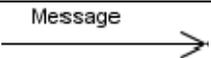
	Définition	Représentation
Composant	un composant représente une entité logicielle d'un système. (Fichier de code source, programmes, documents, fichiers de ressource .etc.). Un composant est représenté par une boîte rectangulaire, avec deux rectangles dépassant du côté gauche.	
Dépendance	une dépendance est utilisée pour modéliser la relation entre deux composants. La notation utilisée pour cette relation de dépendance est une flèche pointillée, se dirigeant d'un composant donné au composant dont Il dépend	

4.5 Diagramme des séquences :

4.5.1 Définition :

Les diagrammes des séquences documentent les interactions à mettre en œuvre entre les Classes pour réaliser un résultat, tel qu'un cas d'utilisation, UML étant conçu pour la programmation orientée objet, ces communications entre les classes sont reconnues comme Des messages. Le diagramme des séquences énumère des objets horizontalement, et le temps Verticalement. Il modélise l'exécution des différents messages en fonction du temps.

4.5.2 Représentation : Dans un diagramme des séquences, les classes et les acteurs sont énumérés en colonnes, avec leurs lignes de vie verticales indiquant la durée de vie de l'objet.

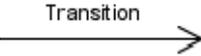
	Définition	Représentation
Objet	les objets sont des instances des classes, et sont rangés horizontalement. La représentation graphique pour un objet est similaire à une classe (un rectangle) précédée du nom d'objet (facultatif) et d'un point-virgule (:).	
Acteur	les acteurs peuvent également communiquer avec des objets, ainsi ils peuvent eux aussi être énumérés en colonne. Un acteur est modélisé en utilisant le symbole habituel: Stick man.	
Ligne de vie	les lignes de vie, LifeLine, identifient l'existence de l'objet par rapport au temps. La notation utilisée pour une ligne de vie est une ligne pointillée verticale partant de l'objet.	
Activation	les activations, sont modélisées par des boîtes rectangulaires sur la ligne de vie. Elles indiquent quand l'objet effectue une action.	
Message	les messages, modélisés par des flèches horizontales entre les activations, indiquent les communications entre les objets.	

4.6 Diagramme d'état :

4.6.1 Définition :

Les diagrammes d'état sont utilisés pour documenter les divers modes ("état") qu'une classe peut prendre, et les événements qui causent une transition d'état.

4.6.2 Représentation :

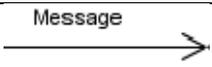
	Définition	Représentation
Etat	la notation de l'état décrit le mode de l'entité. Elle est représentée par rectangle avec les coins arrondie, contenant le nom de l'état.	
Transition	une transition décrit le changement de l'état d'un objet, provoqué par un événement. La notation utilisée pour représenter une transition est une flèche, avec le nom d'événement écrit au-dessus, au-dessous, ou à côté.	
Etat initial	l'état initial est l'état d'un objet avant toutes transitions. Pour des objets, ceci pourrait être l'état lors de leur instanciation. L'état initial est représenté par un cercle plein. Un seul état initial est autorisé sur un diagramme.	
Etat final	l'état final représente la destruction de l'objet que nous modélisons. Ces états sont représentés par un cercle plein entouré d'un cercle.	

4.7 Diagramme de collaboration:**4.7.1 Définition :**

La collaboration est un mécanisme composé d'éléments structurel et comportementaux. Elle englobe deux constructions : une description de contexte statique des objets et une interaction représentée par les messages échanger. [2]

4.7.2 Représentation :

	Définition	Représentation
Objet	les objets, instances des classes, représentent une des entités impliquées dans les communications. La représentation graphique pour un objet est similaire à une classe (un rectangle) précédée du nom d'objet (facultatif) et d'un point virgule(:) .	
Acteur	les acteurs peuvent également communiquer avec des objets, aussi peuvent ils être présents sur des diagrammes de collaborations. Un acteur est modélisé	

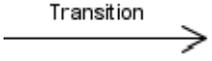
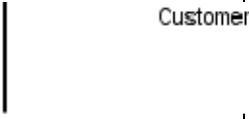
	en utilisant le symbole habituel: Stick man.	
Message	les messages, modélisés par des flèches entre les objets, sont affectés d'un numéro et indiquent les communications entre les objets.	

4.8 Diagramme d'activité :

4.8.1 Définition :

Les diagrammes d'activité sont utilisés pour documenter le déroulement des opérations dans un système, du niveau commercial au niveau opérationnel (de haut en bas).

4.8.2 Représentation :

	Définition	Représentation
Etat d'activité	l'état d'activité marque une action faite par un objet. Il est représenté par un rectangle arrondi.	
Transition	quand un état d'activité est accompli, le traitement passe à un autre état d'activité. Les transitions sont utilisées pour marquer ce passage. Les transitions sont modélisées par des flèches.	
Couloir (Swimlane)	Dans un diagramme d'activité, on peut placer les activités dans des couloirs (<i>Swimlanes</i>) qui représentent des systèmes. Les objets sont énumérés au dessus de la colonne, et les barres verticales séparent les colonnes pour former les swimlanes.	
Etat initial	l'état initial marque le point d'entrée la première activité. Il est représenté, comme dans le diagramme d'état, par un cercle plein. Il ne peut y avoir qu'un seul état initial sur un diagramme.	
Etat final	L'état final marque la fin du déroulement des opérations	
Barre de	Souvent, certaines activités peuvent être faites en	

Synchronisation	parallèle. Pour dédoubler le traitement "Fork", ou le reprendre quand des activités multiples ont été accomplies ("join"), des barres de synchronisation sont utilisées. Celles ci sont modélisées par des rectangles pleins, avec des transitions multiples entrantes ou sortantes.	
------------------------	--	--

5. Conclusion :

UML est un moyen d'exprimer des modèles objet en faisant abstraction de leur implémentation, c'est-à-dire que le modèle fourni par UML est valable pour n'importe quel langage de programmation.

Les différents digrammes d'UML permettent de faire une bonne modélisation pour un projet et une bonne structuration des données.

Annexe c

Traitement d'image :

1. Quelques notions :

1.1 Qu'est-ce que la lumière?

La lumière est une forme d'énergie issue de deux composantes:

- une onde électromagnétique ondulatoire
- un aspect corpusculaire (les photons)

La lumière émise par le soleil se déplace à une vitesse d'environ 300 000 km/s, à une fréquence d'environ 600 000 GHz.[1]

1.2 Notion de couleur :

La couleur de la lumière est caractérisée par sa fréquence, elle-même conditionnée par la longueur d'onde et la célérité de l'onde. On caractérise généralement la longueur d'onde d'un phénomène oscillatoire par la relation:

$\lambda = CT$ où :

- λ désigne la longueur d'onde
- C désigne la célérité de l'onde
- T désigne la période de l'onde (en secondes)

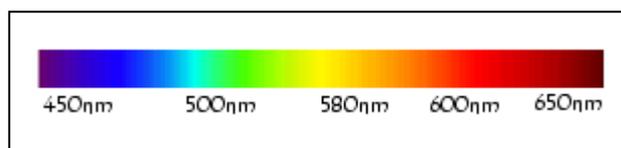
On appelle rayonnement monochromatique un rayonnement comportant une seule longueur d'onde et rayonnement polychromatique un rayonnement qui en contient plusieurs.

L'ensemble des longueurs d'ondes composant un rayonnement polychromatique (et leurs intensités lumineuses respectives) est appelé **spectre**.

Toutefois l'œil humain n'est pas capable de discerner les différentes composantes d'un rayonnement et ne perçoit que la résultante, fonction des différentes longueurs d'ondes qui le composent et de leur intensité lumineuse respective.

Il est possible de décomposer les couleurs spectrales à l'aide d'un prisme en cristal.

L'œil humain est capable de voir des rayonnements dont la longueur d'onde est comprise entre 380 et 780 nanomètres. En dessous de 380 nm se trouvent des rayonnements tels que les ultraviolets, tandis que les rayons infrarouges ont une longueur d'onde au-dessus de 780 nm. L'ensemble des longueurs d'ondes visibles par l'œil humain est appelé « **spectre visible** » :



Il est possible de décomposer les couleurs spectrales à l'aide d'un prisme en cristal.

1.3 Le codage de la couleur :

1.3.1 Les représentations de la couleur :

Afin de pouvoir manipuler correctement des couleurs et échanger des informations colorimétriques il est nécessaire de disposer de moyens permettant de les catégoriser et de les choisir. Ainsi, il n'est pas rare d'avoir à choisir la couleur d'un produit avant même que celui-ci ne soit fabriqué. Dans ce cas, une palette de couleurs est présentée, dans laquelle la couleur convenant le mieux au besoin est choisie. La plupart du temps le produit (véhicule, bâtiment, etc.) possède une couleur qui correspond à celle choisie.

En informatique, de la même façon, il est essentiel de disposer d'un moyen de choisir une couleur parmi toutes celles utilisables. Or la gamme de couleurs possibles est très vaste et la chaîne de traitement de l'image passe par différents périphériques : par exemple un numériseur (scanner), puis un logiciel de retouche d'image et enfin une imprimante. Il est donc nécessaire de pouvoir représenter de façon fiable la couleur afin de s'assurer de la cohérence entre ces différents périphériques

On appelle ainsi «**espace de couleurs**» la représentation mathématique d'un ensemble de couleurs. Il en existe plusieurs, parmi lesquels les plus connus sont :

- Le *codage RGB* (Rouge, Vert, Bleu, en anglais RGB, Red, Green, Blue).
- Le *codage TSL* (Teinte, Saturation, Luminance, en anglais HSL, Hue, Saturation, Luminance).
- Le *codage CMYK*.
- Le *codage CIE*.
- Le *codage YUV*.
- Le *codage YIQ*.

Le spectre de couleurs qu'un *périphérique d'affichage* permet d'afficher est appelé **gamut** ou *espace colorimétrique*. Les couleurs n'appartenant pas au *gamut* sont appelées *couleurs hors-gamme*

✓ **Le codage RGB**

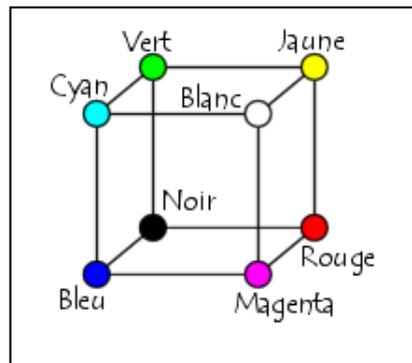
Le codage RGB, mis au point en 1931 par la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) consiste à représenter l'espace des couleurs à partir de trois rayonnements monochromatiques de couleurs :

- rouge (de longueur d'onde égale à 700,0 nm),
- vert (de longueur d'onde égale à 546,1 nm),
- bleu (de longueur d'onde égale à 435,8 nm).

Cet espace de couleur correspond à la façon dont les couleurs sont généralement codées informatiquement, ou plus exactement à la manière dont les tubes cathodiques des écrans d'ordinateurs représentent les couleurs.

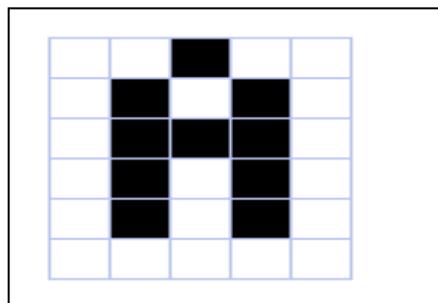
Ainsi, le modèle RGB propose de coder sur un octet chaque composante de couleur, ce qui correspond à 256 intensités de rouge (2^8), 256 intensités de vert et 256 intensités de bleu, soient 16777216 possibilités théoriques de couleurs différentes, c'est-à-dire plus que ne peut en discerner l'œil humain (environ 2 millions). Toutefois, cette valeur n'est que théorique car elle dépend fortement du matériel d'affichage utilisé.

Etant donné que le codage RGB repose sur trois composantes proposant la même gamme de valeur, on le représente généralement graphiquement par un cube dont chacun des axes correspond à une couleur primaire.



1.4 La notion de pixel :

Une image est constituée d'un ensemble de points appelés **pixels** (pixel est une abréviation de *PICTure ELeMent*) Le pixel représente ainsi le plus petit élément constitutif d'une image numérique. L'ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions constituant l'image :



Etant donné que l'écran effectue un balayage de gauche à droite et de haut en bas, on désigne généralement par les coordonnées $[0,0]$ le pixel situé en haut à gauche de l'image, cela signifie que les axes de l'image sont orientés de la façon suivante:

- L'axe X est orienté de gauche à droite.
- L'axe Y est orienté de haut en bas, contrairement aux notations conventionnelles en mathématiques, où l'axe Y est orienté vers le haut

1.5 Définition et résolution :

On appelle **définition** le nombre de points (pixel) constituant l'image, c'est-à-dire sa « dimension informatique » (le nombre de colonnes de l'image que multiplie son nombre de lignes). Une image possédant 640 pixels en largeur et 480 en hauteur aura une définition de 640 pixels par 480, notée *640x480*.

La **résolution**, terme souvent confondu avec la "définition", détermine par contre le nombre de points par unité de surface, exprimé en *points par pouce* (**PPP**, en anglais **DPI** pour *Dots Per Inch*); un pouce représentant 2.54 cm. La résolution permet ainsi d'établir le rapport entre le nombre de pixels d'une image et la taille réelle de sa représentation sur un support physique. Une résolution de 300 dpi signifie donc 300 colonnes et 300 rangées de pixels sur un pouce carré ce qui donne donc 90000 pixels sur un pouce carré. La résolution de référence de 72 dpi nous donne un pixel de 1"/72 (un pouce divisé par 72) soit 0.353mm, correspondant à un *point pica* (unité typographique anglo saxonne).

1.6 Le codage de la couleur :

Une image est donc représentée par un tableau à deux dimensions dont chaque case est un pixel. Pour représenter informatiquement une image, il suffit donc de créer un tableau de pixels dont chaque case contient une valeur. La valeur stockée dans une case est codée sur un certain nombre de bits déterminant la couleur ou l'intensité du pixel, on l'appelle **profondeur de codage** (parfois *profondeur de couleur*). Il existe plusieurs standards de codage de la profondeur :

- **bitmap noir et blanc**: en stockant un bit dans chaque case, il est possible de définir deux couleurs (noir ou blanc).
- **bitmap 16 couleurs ou 16 niveaux de gris**: en stockant 4 bits dans chaque case, il est possible de définir 2^4 possibilités d'intensités pour chaque pixel, c'est-à-dire 16 dégradés de gris allant du noir au blanc ou bien 16 couleurs différentes.
- **bitmap 256 couleurs ou 256 niveaux de gris**: en stockant un octet dans chaque case, il est possible de définir 2^8 intensités de pixels, c'est-à-dire 256 dégradés de gris allant du noir au blanc ou bien 256 couleurs différentes.
- **palette de couleurs (colormap)**: grâce à cette méthode, il est possible de définir une palette, ou table des couleurs, contenant l'ensemble des couleurs pouvant être

contenues dans l'image, à chacune desquelles est associé un indice. Le nombre de bits réservé au codage de chaque indice de la palette détermine le nombre de couleurs pouvant être utilisées. Ainsi en codant les indices sur 8 bits il est possible de définir 256 couleurs utilisables, c'est-à-dire que chaque case du tableau à deux dimensions représentant l'image va contenir un nombre indiquant l'indice de la couleur à utiliser. On appelle ainsi **image en couleurs indexées** une image dont les couleurs sont codées selon cette technique.

- « **Couleurs vraies** » (*True color*) ou « *couleurs réelles* » : cette représentation permet de représenter une image en définissant chacune des composantes (RGB, pour rouge, vert et bleu). Chaque pixel est représenté par un entier comportant les trois composantes, chacune codée sur un octet, c'est-à-dire au total 24 bits (16 millions de couleurs). Il est possible de rajouter une quatrième composante permettant d'ajouter une information de transparence ou de texture, chaque pixel est alors codé sur 32 bits.

1.7 Poids d'une image :

Pour connaître le poids (en octets) d'une image, il est nécessaire de compter le nombre de pixels que contient l'image, cela revient à calculer le nombre de cases du tableau, soit la hauteur de celui-ci que multiplie sa largeur. Le poids de l'image est alors égal à son nombre de pixels que multiplie le poids de chacun de ces éléments.

Voici le calcul pour une image 640x480 en *True color* :

- Nombre de pixels :

$$640 \times 480 = 307200$$

$$24 \text{ bits} / 8 = 3 \text{ octets}$$

- Le poids de l'image est ainsi égal à :

$$307200 \times 3 = 921600 \text{ octets} \quad 921600 / 1024 = 900 \text{ Ko}$$

Voici quelques exemples (en considérant que l'image n'est pas compressée) :

Définition de l'image	Noir et blanc (1 bit)	256 couleurs (8 bits)	65000 couleurs (16 bits)	True color (24 bits)
320x200	7.8 Ko	62.5 Ko	125 Ko	187.5 Ko
640x480	37.5 Ko	300 Ko	600 Ko	900 Ko
800x600	58.6 Ko	468.7 Ko	937.5 Ko	1.4 Mo
1024x768	96 Ko	768 Ko	1.5 Mo	2.3 Mo

Cela met en évidence la quantité de mémoire vidéo que nécessite votre carte graphique en fonction de la définition de l'écran (nombre de points affichés) et du nombre de couleurs. L'exemple montre ainsi qu'il faut une carte ayant au minimum 4 Mo de mémoire vidéo afin d'afficher une résolution de 1024x768 en true color...

1.8 Les type de formats de fichier :

Il existe un grand nombre de formats de fichiers. Parmi les formats de fichiers graphiques voici les plus utilisés :

Format	Dimensions maximales	Nombre de couleurs maximal
BMP	65 536 x 65 536	16 777 216
GIF	65 536 x 65 536	256
IFF	65 536 x 65 536	supérieur à 16 777 216
JPEG	65 536 x 65 536	supérieur à 16 777 216
PCX	65 536 x 65 536	16 777 216
PNG	65 536 x 65 536	supérieur à 16 777 216
TGA	65 536 x 65 536	supérieur à 16 777 216
TIFF/TIF	$2^{32}-1$	supérieur à 16 777 216

2. Traitement d'image :

On désigne par *traitement d'images numériques* l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique dans le but de l'améliorer ou d'en extraire des informations.

2.1 Histogramme :

Un histogramme est un graphique statistique permettant de représenter la distribution des intensités des pixels d'une image, c'est-à-dire le nombre de pixels pour chaque intensité lumineuse. Par convention un histogramme représente le niveau d'intensité en abscisse en allant du plus foncé (à gauche) au plus clair (à droite).

Ainsi, l'histogramme d'une image en 256 niveaux de gris sera représenté par un graphique possédant 256 valeurs en abscisses, et le nombre de pixels de l'image en ordonnées. Prenons par exemple l'image suivante composée de niveaux de gris

2.2 Seuillage :

L'opération dite de "seuillage simple" consiste à mettre à zéro tous les pixels ayant un niveau de gris inférieur à une certaine valeur (appelée *seuil*, en anglais *threshold*) et à la valeur maximale les pixels ayant une valeur supérieure. Ainsi le résultat du seuillage est une image binaire contenant des pixels noirs et blancs, c'est la raison pour laquelle le terme de *binarisation* est parfois employé. Le seuillage permet de mettre en évidence des formes ou des objets dans une image. Toutefois la difficulté réside dans le choix du seuil à adopter.

Voici une image en 256 niveaux de gris et les résultats d'une opération de seuillage avec les valeurs respectives de seuil de 125 et 200 :



2.3 Inversion :

L'opération d'inversion consiste, comme son nom l'indique, à inverser les valeurs des pixels par rapport à la moyenne des valeurs possibles. Le résultat obtenu est appelé *négatif*



3. Les filtres de traitement d'images :

3.1 Filtrage

Le filtrage consiste à appliquer une transformation (appelée *filtre*) à tout ou partie d'une image numérique en appliquant un opérateur. On distingue généralement les types de filtres suivants:

- les [filtres passe-bas](#), consistant à atténuer les composantes de l'image ayant une fréquence haute (pixels foncés). Ce type de filtrage est généralement utilisé pour atténuer le bruit de l'image, c'est la raison pour laquelle on parle habituellement de lissage. Les filtres moyenneurs sont un type de filtres passe-bas dont le principe est de faire la moyenne des valeurs des pixels avoisinants. Le résultat de ce filtre est une image plus floue.
- les [filtres passe-haut](#), à l'inverse des passe-bas, atténuent les composantes de basse fréquence de l'image et permettent notamment d'accentuer les détails et le contraste, c'est la raison pour laquelle le terme de "*filtre d'accentuation*" est parfois utilisé.
- les filtres passe-bande permettant d'obtenir la différence entre l'image originale et celle obtenue par application d'un filtre passe-bas.
- les filtres directionnels appliquant une transformation selon une direction donnée.

On appelle **filtrage adaptatif** les opérations de filtrage possédant une étape préalable de sélection des pixels.

3.2 Qu'est-ce qu'un filtre ?

Un filtre est une transformation mathématique (appelée *produit de convolution*) permettant, pour chaque pixel de la zone à laquelle il s'applique, de modifier sa valeur en fonction des valeurs des pixels avoisinants, affectées de coefficients.

Le filtre est représenté par un tableau (matrice), caractérisé par ses dimensions et ses coefficients, dont le centre correspond au pixel concerné. Les coefficients du tableau déterminent les propriétés du filtre. Voici un exemple de filtre 3 x 3 :

1	1	1
1	4	1
1	1	1

Ainsi le produit de la matrice image, généralement très grande car représentant l'image initiale (tableau de pixels) par le filtre donne une matrice correspondant à l'image traitée

3.3 Notion de bruit :

Le bruit caractérise les parasites ou interférences d'un signal, c'est-à-dire les parties du signal déformées localement. Ainsi le bruit d'une image désigne les pixels de l'image dont l'intensité est très différente de celles des pixels voisins.

Le bruit peut provenir de différentes causes :

- Environnement lors de l'acquisition
- Qualité du capteur
- Qualité de l'échantillonnage

3.4 Lissage :

On appelle "lissage" (parfois *débruitage* ou *filtre anti-bruit*) l'opération de filtrage visant à éliminer le bruit d'une image.

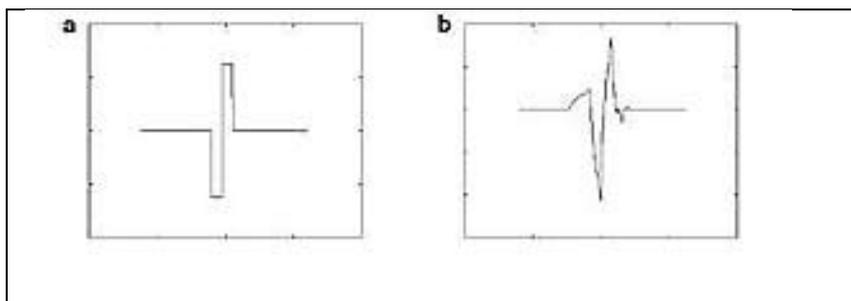
L'opération de lissage spécifique consistant à atténuer l'effet d'escalier produit par les pixels en bordure d'une forme géométrique est appelée *anti-crénelage* (en anglais *anti-aliasing*).

4 Le traitement des images par les ondelettes :

Les ondelettes peuvent être utilisées à des fins différentes dans le traitement des images. Elles peuvent permettre de restaurer des images détériorées par le bruit ou suite à une acquisition, ou encore peuvent permettre de compresser les données.

4.1 La découverte des Ondelettes :

La première utilisation des ondelettes fit apparaître comme des objets mathématiques. Au même titre qu'un sinus, les ondelettes sont des fonctions. Mais des fonctions très particulières pourtant, puisqu'elles doivent remplir de nombreuses conditions afin de pouvoir jouer leur rôle, en quelques sortes, de « sinus amélioré ». Certains noms d'ondelettes reviennent très souvent comme l'ondelette de Daubechies (b) ou encore l'ondelette de Haar (a) représentées ci-dessous :



4.2 Les Ondelettes en imagerie :

Appliqué les ondelettes en imagerie c'est le même principe d'appliqué un filtre à une image, il suffit de multiplier les coefficients de l'ondelette (après l'avoir discrétisée) par la valeur des pixels de l'image à traiter. On notera que l'ondelette peut alors être représentée sous la forme d'un tableau (de dimension 1) de valeurs décimales. En réalité il y a 2 tableaux qui représentent l'ondelette car une ondelette se compose de 2 filtres : un passe-bas et un passe-haut.

Voici ci-dessous les coefficients de l'ondelette de Haar discrétisé ainsi que ceux de l'ondelette de Daubechies :

- **Ondelette de Haar :**

Passe-Bas :

[0.71; 0.71]

Passe-Haut :

[-0.71 ; 0.71]

- **Ondelette de Daubechies :**

Passe-Bas :

[0.027 ; -0.017 ; -0.078 ; 0.267 ; 0.603 ; 0.267 ; -0.078 ; -0.017 ; 0.027]

Passe-Haut:

[0 ; 0 ; 0.046 ; -0.029 ; -0.296 ; 0.558 ; -0.296 ; -0.029 ; 0.046]

Bibliographie chapitre 1 :

[1]: https://www.info.unicaen.fr/M2-RADIS/promo08-09/projets/rapports/rapport_jdespomm.pdf

[2]: <http://www.biontic.com/fr/content/10-la-biometrie>

[3]: <http://Biometrie.online.fr>

[4]: <http://xtremc.kelio.org/dossier-4-biometriques.html>

[5]: <http://www.securiteinfo.com/conseils/biometrie.shtml>

[6]: http://fr.wikipedia.org/wiki/Empreinte_digitale

[7]: A.K. Jain, R. Arun, P. Salil. An Introduction to Biometric Recognition. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics, Vol. 14, No. 1, January 2004.

[8]: P.J. Phillips, H. Hyeonjoon, S. Rizvi, P. Rauss. The FERET Evaluation Methodology for Face-Recognition Algorithms. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vo. 22, No. 10, Octobre 2000.

[9] : D.Mahmoudi « «Biométrie et Authentificatio » Rapport technique, suisse 2000.

[10]: M. Indovina, U.Uludag, R.Snelick, A.Mink, A..Jain. "Multimodal Biometric Authentication Methods : A Cots Approach", Appeared in Workshop on MMUA, December 2003.

[11] : F.Perronnine, J.L. Dugelay. "Introduction à la Biométrie", Revue Traitement du Signal, Vol.19, No. 4, 2002.

Bibliographie chapitre II :

[1] :

<http://www.info.expoprotection.com/?IdNode=1308&Zoom=0e6728f74f9b793a12eb95abc3a64e9e>

[2] :dorzzi ou birn

http://perso.telecom-paristech.fr/~chollet/Projets/Technolangu/TechnoVision/IV2/Rapports/IV2_Rapport_Evaluation.pdf

[3] : http://biometrics.itsudparis.eu/downloads/publications/krichen_PhD.pdf

[4] : <http://lunettes.comprendrechoisir.com/comprendre/oeil>

[5] : <http://tpe-ozarhatorah2011-2012.e-monsite.com/pages/fonctionnement-de-l-oeil.html>

[6] :<http://www.cours-photophiles.com/index.php/le-traitement-dimage/imagerie-numerique.html>

[7] : <http://www.teteamodeler.com/sante/vue/vue6.asp>

[8] : <http://ophtasurf.free.fr/loeil.htm>

[9] :http://lanouettetech.com/Datasheet/Alarme_Securite_CCTV/Controle_Acces_Biometrie_index.pdf

[10] :http://hosting.eila.univ-parisdiderot.fr/~juilliar/termino/cours6_fichiers/Presentation_AudreyRousseau.pdf

[11] : <http://www.edu.upmc.fr/sdi/signal-images/biometrie/Biom%E9trie%20IRIS.ppt>

[12] : <http://www.isep.fr/recherche-academique/projets/113-biometrie>

[13] Brevet US 5016282, ATR COMMUNICATION SYSTEMS, 14 Mai 1991.

[14] Brevet WO 98/08439, SENSAR INC., 19 Octobre 1998.

[15] Brevet JP 11047117, OKI ELECTRIC, 23 Février 1999.

[16] Brevet US 5956122, LITTON SYSTEM, 21 Septembre 1999.

[17] Brevet EP 0973122, MEDIA TECHNOLOGY INC., 19 Janvier 2000.

[18] Brevet WO 00/62239, IRITECH INC., 19 Octobre 2000.

[19] :<http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/2444/03%22Torres+couleur.pdf?sequence=1>

[20] : <http://biometrics.it-sudparis.eu/downloads/downloads/dwn4270b559ba791.ppt>

[21] : N. Yager and A. Amin, "Fingerprint verification based on minutiae features: a review", *Pattern Analysis and Applications*, Vol. 7, No. 1, pp. 94-113, April 2004.

[22]: Kwanghyuk Bae, Seungin Noh, Jaihei Kim, « *Iris feature extraction using independent component analysis* », Proc. 4th Intl. Conf. on Audio and Video Based Biometric Person Authentication (AVBPA 2003), pp. 838-844, 2003.

[23] Vivekanand Dorairaj, Gamal Fahmy, Natalia Schmid, « *Performance evaluation of iris based recognition system implementing pca and ica techniques* », Proc. of SPIE Conf. on Biometric Technology for Human Identification, March 2005.

[24] Richard P. Wildes, « *Iris recognition : An emerging biometric technology* », Proceedings of the IEEE, Vol. 85, N° 9, pp. 1348-1363, September 1997.

[25] Li Ma, Yunhong Wang, Tieniu Tan, « *Iris recognition using circular symmetric filters* », Proc. of 16th Intl. Conf. on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 805-808, 2000.

[26] Li Ma, Yunhong Wang, Tieniu Tan, « *Personal identification based on iris texture analysis* », IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, N° 12, pp. 1519-1533, December 2003.

[27] Vijaya B.V.K. Kumar, C. Xie, J. Thornton, « *Iris verification using correlation filters* », Proc. 4th Intl. Conf. on Audio and Video Based Biometric Person Authentication (AVBPA 2003), pp. 697-705, June 2003.

[28] W.W. Boles, B. Boashash, « *A human identification technique using images of the iris*

and wavelet transform », IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 46, N° 4, pp. 1185-1188, April 1998.

[29] Li Ma, Tieniu Tan, Yunhong Wang, « *Efficient iris recognition by characterizing key local variations* », IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 13, N° 6, pp. 739-750, June 2004.

[30] J. Daugman, « *High confidence personal identification by rapid video analysis of iris texture* », Proc. of the IEEE for the International Conference on Security Technology, 1992.

[31] J. Daugman, « *High confidence recognition of persons by rapid video analysis of iris texture* », Publication of IEE for Conf. on European Convention on Security and Detection, 16-18 Mai, 1995.

[32] F. Bouchier, J.S. Ahrens, G. Wells, « *Laboratory evaluation of the IrisScan prototype biometric identifier* », Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, Tech. Rep. SAND'96-1033, 1996.

[33] R.P. Wildes, « *A system for automated iris recognition* », Proc. of 2nd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 121-128, Décembre 1994.

[34] R.P. Wildes, « *Iris recognition : an emerging biometric technology* », Proc. of the IEEE, Vol. 85, N° 9, Septembre 1997.

[35] W.W. Boles, « *A wavelet transform based technique for the recognition of the human iris* », Proc. of International Symposium on Signal Processing and its Application, Australia, 25-30 Août 1996.

[36] W.W. Boles, « *A security system based on human iris identification using wavelet transform* », Proc. of the 1st International Conf. on Knowledge-based Intelligent Electronic Systems, Adelaide, Australia, 21-23 Mai 1997.

[37] W.W. Boles, B. Boashash, « *A human identification technique using images of the iris and wavelet transform* », IEEE Transactions on signal processing, Vol. 46, N° 4, Avril 1998.

[38] R. Sanchez-Reillo, C. Sanchez –Avila, A. Gonzales-Marcos, « *Improving access control Security using iris identification* », Proc. of the Conf. BMES/EMBS, IEEE Publication, Atlanta, Octobre 1999.

[39] Y. Zhu, T. Tan, Y. Wang, Chinese Patent Application N° 9911025, 1999.

[40] Y. Zhu, T. Tan, Y. Wang, « *Biometric personal identification based on iris patterns* », Proc. of IAPR, International Conf. on Pattern Recognition, Vol. II, pp. 805-808, 2000.

[41] L. Ma, Y. Wang, T. Tan, « *Iris recognition using circular symmetric filters* », Proc. of ICPR'02, Québec city, Canada, 11-25 Août 2002.

[42] S.Z. Li, J. Lu, « *Face recognition using the nearest geature line method* », IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 10, N° 2, pp. 439-443, Mars 1999.

Bibliographie chapitre III :

[1]: <https://portail.info.unicaen.fr/sites/default/files/etu/229/RapportFinal.pdf>

[2]: <http://ftp-developpez.com/slim-boukettaya/tutoriels/traitement-images/java/traitementimagejava.pdf>

[3]: http://pages.videotron.com/jeromesc/files/pd/JPD_RPT.pdf

[4]: www.scribd.com

[5]: <http://www.scribd.com/doc/58227634/C17>

[6]: <http://taima.arts-pi.org.tn/taima2009/articles/taima-reconnaissance-de-l-iris-par-filtrage-de-gabor-et-deux-variantes.pdf>

[7]: http://hvalentin.olympenetwork.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89%3Airis-partie-3&catid=25&Itemid=81

Bibliographie chapitre IV :

[1] : http://www-clips.imag.fr/geod/User/jean.caelen/transparents_fichiers/RUP-fr.ppt

Bibliographie chapitre V :

[1] : <http://ufe.obspm.fr/offreFP/miniMan-IJ.pdf>

[2] : <http://www.pfl-cepia.inra.fr/uploads/docs/softsImage.pdf>

[3] : Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, « *CASIA iris image database* », 2004,

<http://www.biometricgroup.com/reports>

[4] : University of Bath, « *University of Bath iris image database* », 2004,

<http://www.bath.ac.uk/elec-eng/pp./sipg/>

[5]: Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, « *CASIA iris image database* », 2004,

<http://www.biometricgroup.com/reports>

[6]: National Institute of Standards and Technology, « *Iris challenge evaluation* », 2006,

<http://iris.nist.gov/ICE/>

[7] Multimedia University, « *MMU iris image database* », 2004,

<http://pesona.mmu.edu.my/ccteo>

[8] Michal Dobes and Libor Machala, « *UPOL iris image database* », 2004,

<http://phoenix.inf.upol.cz/iris/>

[9] A. Ross, S. Crihalmeanu, L. Hornak, S. Schuckers, « *A centralized web-enabled multimodal biometric database* », In Proceedings of the 2004 Biometric Consortium Conference (BCC), U.S.A, September 2004.

Annexes :

Annexe B :

[1] :(Modéliser un site e_commerce : par : Pascal Roques. Editions Eyrolles. Années d'édition :2002)

[2] :heg 01

Annexe C :

[1] :<http://www.cours-photophiles.com/index.php/le-traitement-dimage/imagerie-numerique-.html>