

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 – Guelma -

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



Mémoire de Fin d'études Master

Filière : Informatique

Option : Système Informatique

Thème :

**Reconnaissance de visage basée sur une approche
triangulaire**

Encadré Par :

Mr. Hallaci Samir

Présenté par :

Bouzit Dhikra

Juillet 2019

Remerciement

"الشكر و الحمد لله"

Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Je tiens à remercier vivement mon encadreur,

Mr Samir Hallaci de m'avoir encadré pour réaliser ce travail, pour ses précieux conseils et de m'avoir donné le meilleur de son savoir et aide.

Je remercie également les membres de jury de nous faire l'honneur de juger mon travail. Je remercie profondément toutes **les profs de département d'informatique** et toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Finalement, je remercie ma grande famille, mes amies, mes collègues de l'université **08 mai 1945** Guelma et toute la promotion 2019 de l'informatique.

Dhikra

Dédicace

Je dédie ce Travail :

A Mon dieu

A mon père, qui m'a apporté et m'a appris et me sauver tout.

A ma mère, pour son soutien et encouragement durant mes études.

A ma famille frère, sœur, tantes, oncles, cousins et cousines

Mes amies que

*Enfin je le dédie à tous mes amies que je n'ai pas citées et à toute ma promo et
collègues d'informatiques E8.*

Résumé

Dans ce mémoire nous présentons les différentes approches de la détection de visage et l'extraction des caractéristiques, ainsi que les approches de la reconnaissance faciale.

Dans notre projet on s'y intéresse sur l'approche de détection de visage basé sur la couleur de la peau par les différents espaces de couleurs ainsi que des hybridations entre ces espaces afin de déduire une meilleure détection de visage (skinmap), le résultat de la détection de visage va passer par un processus d'extraction des caractéristiques pour le but de confirmer la détection de visage, les composantes clés du visage sur lesquels on se base sont (les yeux, la bouche, le nez, l'iris), nous nous sommes basés sur les composants de luminance et de chrominance pour l'extraction des caractéristiques (les yeux par eyemap, la bouche par mouthmap); et la composante de luminance pour l'extraction de l'iris. Le but de l'extraction de l'iris est de normaliser l'image visage (rotation, échelle), la dernière phase de notre système est la phase de reconnaissance et dans cette étape nous avons utilisé le Template matching, afin de vérifier l'identité de l'individu dans l'image visage, en la comparant avec notre base de visages déjà enregistrés et normalisés colorimétriquement et géométriquement.

Mots-clés :

Reconnaissance de visage, Détection de visage, extraction des caractéristiques de visage, la peau, les espaces de couleurs, la compensation d'éclairage.

Table des matières

Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
Introduction générale	6
1. Introduction	8
2. Pourquoi la détection de visage	9
3. Évolution de la détection de visage	9
4. Défis de la détection de visage	9
4.1. Variations de l'éclairage	10
4.2. Différents groupes ethniques	10
4.3. Conditions d'imagerie	10
4.4. Montage et reproduction d'images	10
4.5. Maquillage	10
4.6. Vieillessement (Age)	10
4.7. Fond complexe	10
5. Les Approches de détection de visage	10
5.1. Approche basée sur l'apparence	11
5.1.1. Eigenface	11
5.1.2. Réseaux de neurones	12
5.1.3. Support vector machine (SVM)	13
5.2. Approche basée sur les connaissances acquises	13
5.3. Template-matching	14
5.4. Approches basées sur des caractéristiques invariantes	15
5.4.1. Basée sur les caractéristiques du visage	15
5.4.2. Les Méthodes Basées sur l'analyse de la couleur de la peau	17
6. Comparaison entre les différentes Approches de détection de visage	17
7. Présentation de quelques travaux de détection faciale	18
8. La Peau Humaine	19
9. Domaine d'application	19
10. Les espaces de couleur pour la détection de la peau	20
11. Les Méthodes de détection de peau	20
11.1. Méthodes explicites	21
11.2. Méthodes non paramétriques	21
11.3. Méthodes paramétriques	21
12. Les travaux réalisés par les différentes méthodes de détection de peau	21
13. Les travaux réalisés par les différentes méthodes de détection de peau	22

14. Les Base de données	24
15. Post-traitement	25
15.1. <i>La normalisation géométrique</i>	26
15.2. <i>Normalisation photométrique.....</i>	26
16. Conclusion	26
1. Introduction.....	27
2. Définition de la reconnaissance faciale	27
3. Les Défis de la reconnaissance faciale.....	27
3.1. Changements physique	27
3.2. Changements de géométrie d'acquisition.....	27
3.3. Changements d'éclairage.....	27
4. Les approches de reconnaissance faciale	28
4.1. Méthode Globale (holistiques).....	28
4.1.1. Analyse en composants principales (ACP)	29
4.1.2. Analyse discriminante linéaire (LDA).....	29
4.2. Méthode Locale.....	30
4.2.1. Les Méthodes basées sur les caractéristiques locales	30
4.2.2. Les Méthodes basées sur l'apparence locale	31
4.3. L'Approche Hybride.....	31
6. La nouvelle tendance de la reconnaissance faciale (Deep Face Recognition).....	33
6.1. Concepts de base	33
6.2. Composantes de la reconnaissance faciale.....	33
6.2.1. Traitement du visage	34
6.2.2. Extraction en profondeur	34
6.2.3. Correspondance des visages par des traits profonds	35
6.3. Les travaux existant	35
7. Les Bases de données.....	36
8. Conclusion	37
1. Introduction.....	38
2. La Phase de détection de visage	40
2.1. Prétraitement	41
2.1.1. Compensation d'éclairage (CE).....	41
2.1.2. Le lissage par filtre gaussien.....	42
2.2. Détection de visage.....	42
2.2.1. Caractéristique globale	42
2.2.2. Etiquetage	49
2.2.3. Ratio	50

2.2.4. Surface.....	50
2.3. Confirmation de visage.....	51
3. Extraction des caractéristiques	51
3.1. Détection de bouche (Mouthmap)	52
3.2. Détection des yeux (EyeMap)	53
3.3. Localisation d'Iris.....	54
3.4. Localisation du Nez	55
4. Sélection de caractéristiques	56
4.1. Caractéristiques globales	56
4.2. Caractéristiques locales.....	56
5. La Normalisation.....	56
5.1. Normalisation Photométriques	57
5.2. Normalisation Géométrique	57
1. Environnement de développement.....	59
1.1. Environnement matériel.....	59
1.2. Environnement Logiciel	59
1.2.1. JAVA.....	59
1.2.2. Netbeans	59
1.2.3. Opencv.....	59
2. Base de données	61
3. Tests et résultats	61
a. Temps d'exécution	68
b. Test Détection des caractéristiques	68
c. Test de reconnaissance	68
4. Discussion sur les résultats obtenus	69
a. Points faibles.....	69
b. Points Fort.....	69
5. Conclusion	69
Conclusion générale et Perspectives	70
Bibliographie	72

Liste des Figures

Figure 1: Représentation d'un système de reconnaissance faciale	8
Figure 2: Les approches de détection de visage	11
Figure 3: Principe de détection de visage en utilisant les réseaux de neurones	12
Figure 4: Modèle de réseaux de neurones de Rowley et al	12
Figure 5: Modèle d'un visage composé en 16 régions et 23 directions	14
Figure 6: Classification des approches principales utilisées en reconnaissance faciale.....	28
Figure 7: Une représentation d'évolution des bases de données, les jaunes représentent les jeux de données d'apprentissage, l'autre couleur représente les jeux de données de test avec différentes tâches et scènes.	36
Figure 8 : Système de reconnaissance de visage	38
Figure 9 : Conception générale de notre projet	39
Figure 10 : Notre méthode pour la détection de visage.....	40
Figure 11 : RGB OR YCbCr , RGB AND YCbCr AND HSV	46
Figure 12 : Hybridation des espaces de couleur RGB, RGB_N et YCbCr	47
Figure 13: Représentation principe étiquetage	50
Figure 14 : Résultat de l'application de ratio	50
Figure 15 : Résultat de l'application de surface	50
Figure 16 : Méthode d'extraction des caractéristiques.....	52
Figure 17 : Détection de la Bouche.....	53
Figure 18 : Détection de yeux (EyeMap, EyeMapC, EyeMapL)	54
Figure 19 : Localisation d'iris	55
Figure 20 : Comparaison entre les deux détecteurs de contours	55
Figure 21 : Localisation du Nez	56
Figure 22 : Les caractéristiques globales et Locales	56
Figure 23 : Normalisation de l'image visage.....	57
Figure 24: Environnement Netbeans	60
Figure 25 : Extension d'opencv	60
Figure 26 : Interface de notre Système	60
Figure 27 : Chargement de l'image	62
Figure 28 : Application des prétraitements	62
Figure 29: Segmentation de la peau.....	63
Figure 30: Détection des visages candidats	63
Figure 31: Confirmation de visage	63
Figure 32 : Détection de la Bouche.....	64
Figure 33 : Détection des yeux et localisation d'iris	64
Figure 34 : Localisation du Nez	64
Figure 35 : Sélection des caractéristiques	65
Figure 36 : Normalisation de visage et de caractéristiques	65
Figure 37 : Reconnaissance de visage.....	65
Figure 38: Test avec la barbe.....	66
Figure 39 : Test avec des lunettes	66
Figure 40 : Sans prétraitement et éclairage sombre	66
Figure 41 : Test de la détection d'iris avec et sans prétraitement.....	67
Figure 42 : Test de reconnaissance faciale	67
Figure 43 : Le cas où la personne n'existe pas dans la base de données	67
Figure 44 : Test de reconnaissance avec résultat	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Représente les avantages et les inconvénients de chaque méthode	17
Tableau 2: Travaux réalisé par l'utilisation des différentes méthodes de détection de visage	18
Tableau 3 : Domaine d'application de la détection de visage	19
Tableau 4 : Les espaces couleur utilisée	20
Tableau 5 : Les travaux existant par les différentes méthodes de détection.....	22
Tableau 6 : Les travaux existant de la détection de visage basée sur la couleur de la peau	24
Tableau 7 : Les différent base de donnée utilisée	25
Tableau 8 : Avantage et l'inconvénient de chaque approche	31
Tableau 9 : Comparaison des approches basées sur les caractéristiques locales et les caractéristiques globales en fonction des critères de variation	32
Tableau 10 : quelques travaux de recherches sur la reconnaissance de visage.	33
Tableau 11 : Tableau représente quelque travail réalisé	35
Tableau 12 : Résultat de compensation d'éclairage.....	42
<i>Tableau 13 : illumination uniforme et sous lampe de poche.....</i>	<i>43</i>
Tableau 14 : Segmentation de la peau par les différents espaces de couleur avec les prétraitements ...	45
Tableau 15 : Le résultat final de la segmentation	46
Tableau 16 : Elimination de bruit par l'application des filtres morphologiques	49
Tableau 17 : Tableau de temps d'exécution.....	68
Tableau 18 : Tableau de test d'extraction des caractéristiques	68
<i>Tableau 19 : Test de reconnaissance de visage.....</i>	<i>68</i>

Introduction générale

La sécurité est un critère primordial dans notre vie quotidienne dans divers secteurs, et divers utiles. Le contrôle d'accès aux utiles informatiques, opération bancaire, l'e-commerce, ... etc, se base essentiellement sur deux méthodes traditionnelle d'identification, la première basée sur les connaissances a priori de l'utilisateur « *knowledge-based* » telle que le code PIN (Mot de passe), mais cette technique n'est pas fiable a cent pourcent parce que le mot de passe peut-être oublier par l'utilisateur. La seconde technique est basée sur la possession d'un objet "*token-based*", tels que les clefs, carte bancaire, badge, etc. les faiblesses de cette technique est que les clefs ou les cartes peuvent être volé ou perdu. En effet le contrôle d'accès par les méthodes traditionnelles d'identification n'est pas fiable et il n'assure pas une haute sécurité.

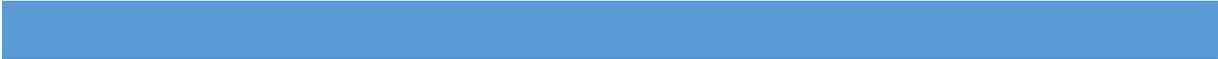
Aujourd'hui des nombreuses recherches ont été développées dans le domaine de la biométrie pour trouver des solutions alternatives aux deux méthodes d'identification précédente, la technique basée sur les caractéristiques biométriques plus puissante et fiable que les autres techniques, L'avantage des caractéristiques biométriques est d'être universelles et unique dans tous les individus et aussi permanente ce qui signifie qu'elles ne varient pas avec le temps. Et son point fort est qu'il est impossible de les volés. L'avantage de l'utilisation des caractéristiques biométrique est de faciliter le mode vie et le mode d'utilisation, ainsi éviter la fraude.

Le visage est l'un des caractéristiques biométriques utilisé pour l'identification, La reconnaissance faciale est une méthode d'identification elle est devenus ces dernières années l'une des branches de la vision par ordinateur qui remporte un grand succès et qui est en perpétuel développement.

Un système de reconnaissance de visage permet de contrôler l'accès à partir d'une vérification d'identité des individus. Mais avant de vérifie l'identité il faut d'abord détecter le visage et extraire les composantes faciales nécessaire pour la procédure de reconnaissance.

Plusieurs méthodes de détection de visage ont été développées, dans notre projet on a utilisé une méthode de détection basée sur la couleur de la peau humaine, le résultat de la détection de peau sera passé par un processus d'extraction des caractéristiques.

L'extraction des caractéristiques se fait sur l'image visage est non pas sur l'image entière, Les caractéristiques nécessaire dans notre projet pour la procédure de reconnaissance



sont : Les yeux, La bouche, Le nez. Le résultat de cette extraction sera normalisé et envoyé au processus de classification.

Finalement la classification permet de vérifier l'identité des individus, si la personne existe dans la base de donnée ou non.

Organisation du mémoire

Nous avons choisi d'articuler notre étude au tour de deux chapitres principaux.

Chapitre 01 : Détection et Reconnaissance faciale

Partie 01 : Etat de l'art de détection de visage

Partie 02 : Etat de l'art de reconnaissance de visage

Visé à une analyse détaillée de différentes approches et techniques de détection et de reconnaissance de visage au cours de ces dernières années.

Chapitre 02 : Conception et Implémentation

Partie 01 : Conception

Partie 02 : Implémentation

Dans ce chapitre nous détaillons les différentes étapes de système que nous avons élaborées. Aussi, nous présentons les résultats expérimentaux obtenus.

Et nous terminerons avec une *Conclusion générale*, qui résume nos contributions et donnera quelques perspectives sur les travaux futurs.

1. Introduction

L'intelligence artificielle permet d'améliorer la vie des humains par les progrès dans la technologie de l'ordinateur, la vision par ordinateur sert à reproduire la vision humaine, en effet le développement actuel de la vision par ordinateur se dirige et vise vers des domaines plus généraux d'apprentissage tel que la reconnaissance et la détection.

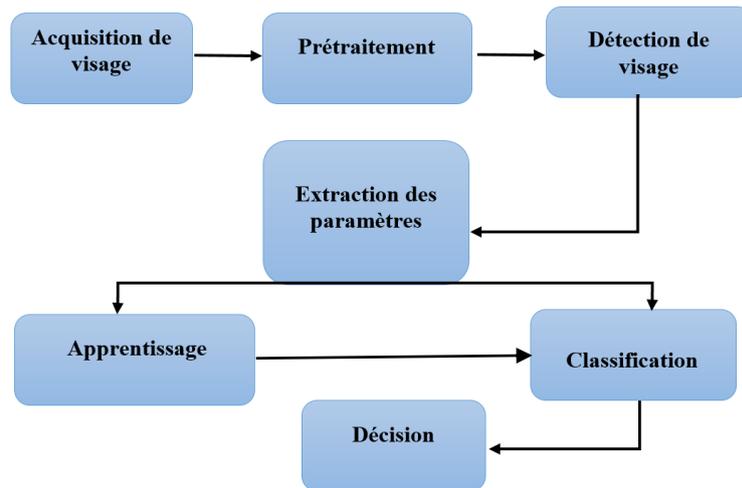


Figure 1: Représentation d'un système de reconnaissance faciale

Le visage est une structure 3D qui possède une configuration « externe » qui représente le contour de la face modelé par les saillies osseuses et souligné par les cheveux où s'inscrit une configuration « interne » formée par l'assemblage des traits, plus des autres caractéristiques tel que la couleur de la peau et la texture, etc.

La première étape dans un système de reconnaissance faciale est la détection de visage, dans cette phase le système doit localiser et isoler les différents visages dans l'image ou la séquence de vidéo par l'application de la segmentation, l'extraction et la vérification, les grands problèmes de cette phase c'est le fond encombrer et complexe, la luminance, la position de visage (l'orientation), et la distance de caméra.

Les systèmes actuels de détection de visage sont devisés en deux grandes approches :

- Approche basée sur les traits de visage.
- Approche basée sur l'image.

2. Pourquoi la détection de visage

La détection de visage est une étape indispensable et importante dans les systèmes de reconnaissance faciale et ce dernier ne pourra pas être automatique s'il n'a pas été passé par une étape de détection efficace, L'étape de détection commence par une capture de la scène contenant un visage puis extrait le visage à partir de l'image capturée par l'une des méthodes de détection afin de garder une région qui contient les composant du visage (les yeux, le nez, la bouche,...) qui sera par la suite affinée par une procédure de prétraitement.

3. Évolution de la détection de visage

La première recherche dans le domaine de la détection de visage était en 1972 par l'utilisation de technique heuristiques et anthropométriques simple [1]. Mais ces techniques étaient très faibles à cause de l'arrière plan et la position du visage, une simple variation d'éclairage ou de la position frontale du visage entraîne un ajustement total du système, Malgré ces problèmes, l'évolution et la recherche se poursuivent jusqu'aux années 1990 où les systèmes de détection et de reconnaissance faciale commencent à voir un succès, beaucoup des recherches ont été fait dans le domaine de détection de visage et des nombreux algorithmes de segmentation ont été présentées par utilisation de la couleur et les information générale pour la détection. Dans les environnements complexes ils ont utilisé des algorithmes statistiques et les réseaux de neurones. En effet le concept d'extraction des traits a été avancé par des nombreuses recherches telles que le contour actif et les modèles déformables afin de localiser et extraire les traits facials [19].

Les techniques de détection de visage sont divisées en deux approches parce qu'ils exigent des informations appropriées du visage, [20] pour les techniques de la premier approche utilisent une méthodologie classique de détection dans laquelle les traits de bas niveau doivent être dérivé avant l'analyse de connaissance et les propriétés de la couleur de peau et la géométrie du visage sont exploiter dans toute la procédure du système de détection, ces techniques appartiennent à l'approche basé sur les traits. [21]

4. Défis de la détection de visage

Avec la diversité des types et des sources d'images, la couleur de la peau humaine peut varier considérablement, ce qui rend la détection précise de la peau difficile.

Les défis associés à la détection de la peau peuvent être attribués aux facteurs suivants :

- 4.1. Variations de l'éclairage** : la variation de l'éclairage est un problème très important qui dégrade les performances de la segmentation. Le changement dans la répartition de la source lumineuse ou dans le niveau d'éclairage provoque un changement de la couleur de la peau [112].
- 4.2. Différents groupes ethniques** : L'apparence de la couleur de la peau varie d'une personne à l'autre en raison des différences physiques entre les groupes raciaux humains.
- 4.3. Conditions d'imagerie** : Lorsque l'image est formée, des facteurs tels que les caractéristiques de l'appareil photo (réponse du capteur, objectifs) affectent l'apparence de la peau. En général, différentes caméras couleur ne produisent pas nécessairement les mêmes apparences de couleur pour la même scène dans les mêmes conditions d'imagerie [113].
- 4.4. Montage et reproduction d'images** : Certaines images ont déjà été capturées à l'aide de filtres couleur. Cela rend encore plus difficile le traitement des informations de couleur.
- 4.5. Maquillage** : Affecte l'apparence de la couleur de la peau. [114]
- 4.6. Vieillesse (Age)** : La peau humaine varie d'une peau fraîche et élastique à une peau sèche rugueuse avec des rides.
- 4.7. Fond complexe** : Un autre défi provient du fait que de nombreux objets dans le monde réel ont une couleur semblable à celle de la peau. La diversité des arrière-plans est pratiquement illimitée. Cela provoque la détection de fausses détections par le détecteur de peau. [114]

5. Les Approches de détection de visage

Plusieurs approches sont développées pour la détection de visage qui sont divisés en quatre catégories, certaines utilisent la forme, ou qui sont basés sur la couleur (couleur de peau), et l'autre se base sur l'apparence faciale, ou la dernière est une combinaison entre toutes les approches précédentes [16]. Les quatre subdivisions des approches de détection faciale sont :

- Approche basée sur les connaissances acquises.
- Template-matching.
- Approche basée sur l'apparence.
- Approche basée sur des caractéristiques invariantes.

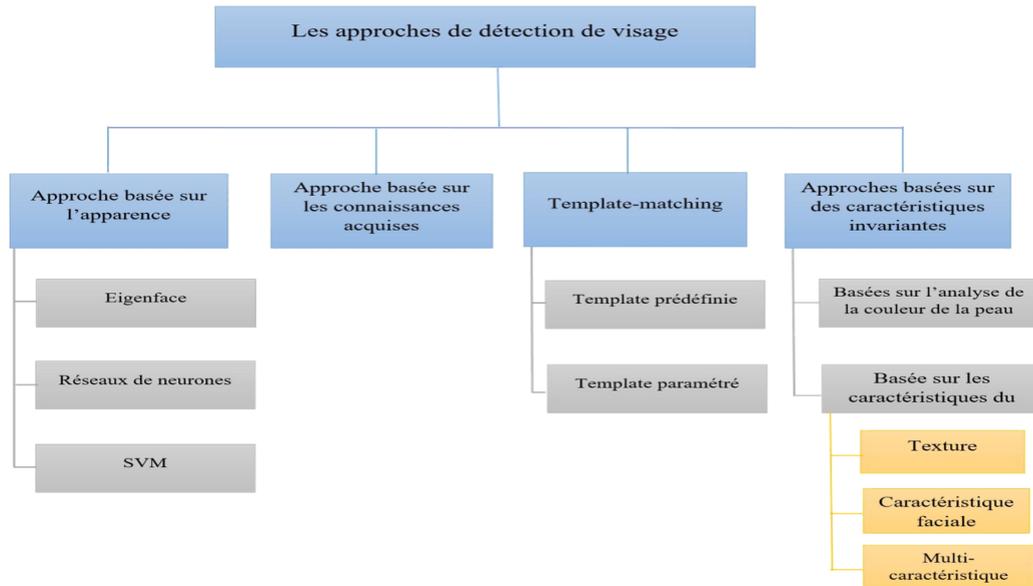


Figure 2: Les approches de détection de visage

5.1.Approche basée sur l'apparence

Les méthodes de cette approche se basent généralement sur les techniques d'apprentissage automatique, l'apprentissage des modèles qui sont utilisé plus tard pour la détection de visage se fait à l'aide ou plutôt par l'utilisation d'un ensemble d'image qui représente la variation de l'espace facial [12].

Le problème de la détection de visage pour cette approche est considéré comme un problème de classification entre deux classes : Classe visage et Classe non-visage.

Les méthodes de l'approche basées sur l'apparence se basent sur des techniques d'analyse statistique et l'apprentissage automatique pour trouver les caractéristiques appropriées des images de visage et des images de non-visage.

Plusieurs techniques ont été utilisé pour cette approche telles que : (Eigenface, Réseaux de neurone et Support vecteur machine « SVM »).

5.1.1. Eigenface

Turk et pentland [74] ont été les premiers qui ont développés la méthode en 1991, Eigenface qui sera ensuite l'une des méthodes les plus connue de la détection de visage. Le principe de cette méthode est de projeter une image dans un espace puis on calcule la distance euclidienne entre l'image original et sa projection, le codage d'une image dans un espace sert à

dégrader l'information contenue dans l'image, Après l'évaluation de la distance que l'on compare à un seuil fixé a priori si la perte d'information est plus grand cela applique que l'image n'est pas bien représenter dans l'espace et elle ne contient pas une zone de visage : une classe non visage. [16]

L'avantage de cette méthode est qu'elle donne des résultats très encourageants, mais le calcul prend beaucoup de temps.

5.1.2. Réseaux de neurones

Le principe de détection de visage par une classification basée sur les réseaux de neurones est d'utilisé deux ensemble des images un pour les images de visage et autre pour les images non visage pour former le réseau de neurones, une fenêtre interchangeable balaye toute l'image en entrée. Cette fenêtre introduite au réseau sera classifiée en deux classes : classe visage et classe non-visage. [16]



Figure 3: Principe de détection de visage en utilisant les réseaux de neurones [16]

La technique de détection de visage basée sur les réseaux de neurones Pour Rowley et al [75] est divisée en deux étapes :

- La localisation des visages en utilisant un réseau de neurones.
- La vérification des résultats obtenus.

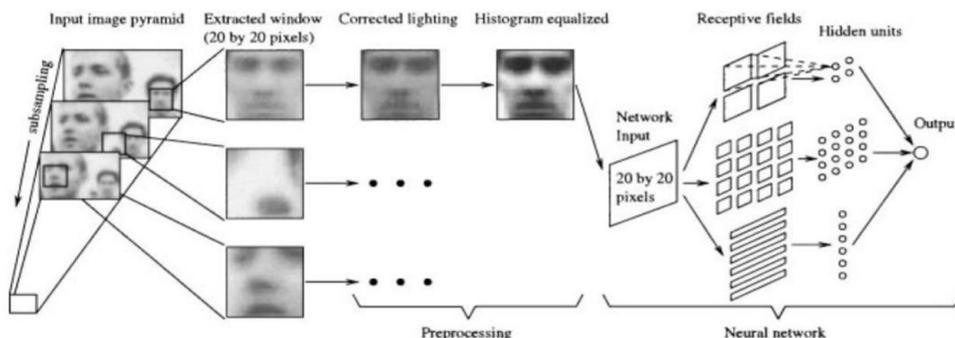


Figure 4: Modèle de réseaux de neurones de Rowley et al [75]

5.1.3. Support vector machin (SVM)

L'une des premières méthodes statistiques basée sur la théorie d'information pour la détection de visage, SVM est considéré comme un nouveau modèle de classifieur d'apprentissage de fonction polynomial, réseau de neurones ou radial basis fonction (RBF).

La plupart des classifieur d'apprentissage citer précédemment sont basé sur la minimisation de l'erreur d'apprentissage « l'erreur empirique », SVM opère avec un autre principe appelé « structural risk minimisation » qui a pour but de minimiser les sauts supérieurs sur les erreurs généralisées probables.

Pendant l'apprentissage pour chaque paire de pixels dans l'ensemble d'apprentissage un histogramme est utilisé pour créer des fonctions de probabilité pour les classes visage et les classes non visage parce que les valeurs des pixels dépendent sur les valeurs de leurs voisins, Pour l'apprentissage Colmenarez et Huang [73] ils ont utilisé un grand ensemble d'image de taille 11*11 pixels de visage et non visage, les résultat d'apprentissage se forme un ensemble Look up Table (LUT) avec des rapports de probabilité, pour le but d'améliorer les performances.

5.2. Approche basée sur les connaissances acquises

Cette approche se base sur les différents composants du visage et les relations entre eux, ainsi là Ainsi, les positions relatives de différents éléments clés la bouche, le nez et les yeux ...etc, sont mesurées pour servir ensuite à la classification en classe visage ou classe non visage. Le problème dans ce type de méthode est qu'il est difficile de bien définir d'une manière unique le visage. Mais si la définition est plus détaillée, certains visages seront ratés en revanche que si la description est trop générale le taux de faux positifs augmentera [12].

Le but principal de cette approche est la localisation de visage, en 1997 Kotropoulous et Pitas [214] ont utilisés une technique baser sur des règles bien définie pour localiser les caractéristiques de visage à l'aide d'utilisation d'une méthode de projection, [71] cette dernier été développer en 1973 par Kanade [72] pour détection les contours de visage.

Yang et Huang [2] ont développé une méthode hiérarchique pour la détection de visage qui se base sur l'observation suivante "Quand la résolution d'une image d'un visage est faible la zone du visage devient uniforme.

Le processus commence par une image à faible résolution et un ensemble des règles, en déduit un ensemble de candidat de visage après l'application du l'ensemble des règles sur

l'image à faible résolution, les candidats de visage permettant de vérifier l'existence des traits de visage grâce au calcul des minimas locaux. Malheureusement le nombre des fausses détections de cette méthode est grand.

5.3. Template-matching

Elle permet de détecter un visage ou une partie de visage à travers un apprentissage d'un exemple standard du visage. L'idée de cette approche est de calculer la corrélation entre les visages candidats (chaque partie de l'image d'entrer) et le Template, Les Template peuvent être définis manuellement ou paramétrés à l'aide des fonctions. Bien que toutes les visages ayant la même structure mais la distance, la position et taille de visage pose des problèmes robustesse pour cette approche qui sont liés aux variations de lumière et de d'échelle.

La procédure de détection de visage pour cette méthode se fait en deux étapes :

Première étape : La détection des régions candidats du visage.

Deuxième étape : s'occupe de l'examinassions des détails pour la détermination des caractéristiques nécessaire du visage.

Selon Sinha [70] L'utilisation d'un ensemble d'invariants afin de décrire un modèle de visage pour déterminer les invariants aux changements de luminosité permet de caractériser les différents composant du visage telles que les yeux, le front ... etc. L'algorithme utiliser, calcul le rapport de luminance entre les différentes régions du visage et il respect la direction de ces rapports.

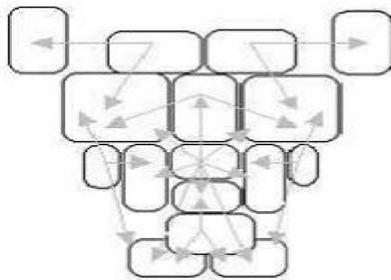


Figure 5: Modèle d'un visage compose en 16 régions et 23 directions [12]

Ce modèle prédéfinie est décomposé en 16 régions et 23 relations, Qui se divise en deux groupes, un groupe se compose de 11 relation est qui représente les relations essentielles et l'autre groupe se compose de 12 relation qui représente les relations de confirmation.

Chaque flèche dans le modèle représente une relation entre deux régions, une relation entre deux régions est vérifier si et seulement si le degré de correspondance dépasse un seuil défini

Le visage ne peut pas être déterminé ni localiser sauf si et seulement si le nombre des relations essentielles et de confirmation lui aussi dépasse un seuil défini.

Contrairement à la technique de Sinha [70], Yuille et al [69] ont utilisé un Template déformable pour modéliser les caractéristiques de visage, ils ont créé un modèle de Template élastique adaptatif aux caractéristiques de visage comme les yeux, la bouche...etc. Le Template paramétré de cette technique permet de décrire les caractéristiques de visage. D'après ces deux expériences on peut déduire deux techniques de détection de visage appartenant à l'approche de détection basée sur le Template matching qui sont :

- Template prédéfinie
- Template déformable ou élastique

5.4. Approches basées sur des caractéristiques invariantes

L'objectif principal de cette approche est la localisation de visage, Les algorithmes de cette approche visent à trouver et chercher les caractéristiques structurales (de visage) dans des conditions variées telles que l'éclairage, le changement de la position faciale, changement d'expression...etc. Après ils étudient les caractéristiques invariantes pour localiser le visage humain, L'algorithme développé par D. Silva et al [68], est un exemple typique des méthodes basées sur les caractéristiques.

Les Algorithmes de cette approche on peut les diviser en deux familles qui sont :

- Basée sur les caractéristiques du visage
- Basée sur l'analyse de la couleur de la peau

5.4.1. Basée sur les caractéristiques du visage

Les algorithmes de cette famille utilisent en première étape une hypothèse sur la position du haut du visage ensuite l'algorithme de recherche parcourt le visage de haut en bas afin de trouver l'axe des yeux caractérisé par une augmentation soudaine de la densité de contours (mesurée par le rapport noir/blanc le long des plans horizontaux). La longueur entre le haut du visage et le plan de l'œil est alors utilisée comme une longueur de référence pour construire un Template. Ce Template couvrant des caractéristiques telles que les yeux et la bouche est initialisé à partir de l'image d'entrée. La forme initiale du Template est obtenue en utilisant la longueur anthropométrique en respectant la longueur de référence. Le Template flexible est

alors ajusté par rapport aux positions finales des caractéristiques en utilisant un algorithme de réglage fin qui emploie une fonction de coût basée contour. Bien que ces algorithmes réussissent à détecter les caractéristiques d'ethnies différentes puisqu'ils ne se basent pas sur les informations de niveaux de gris et de couleur, ils n'arrivent pas cependant à détecter correctement ces caractéristiques si l'image du visage contient des lunettes ou bien si les cheveux couvrent le front. [16]

Les techniques les plus connues pour cette famille sont : (Par Texture, Les caractéristiques faciales, Multi-caractéristiques)

5.4.1.1. Texture

La texture de l'être humain est distinctive et peut être utilisée pour séparer les visages par rapport à d'autres objets. Augusteijn et Skufca [56] ont développé une méthode de détection de visages sur une image en se basant uniquement sur la texture. Le calcul de la texture se fait en utilisant les caractéristiques de second ordre sur des sous- images de $16 * 16$ pixels. Dans cette méthode trois types de caractéristiques sont pris en considération : la peau, les cheveux et le reste des composants de visage.

5.4.1.2. Les caractéristiques faciales

Cette technique utilise les plans d'arrêtes et des heuristiques pour supprimer tous les groupes d'arrêtes sauf celles qui représentent les contours du visage. Une ellipse est déduite comme frontière entre l'arrière-plan et le visage. Celle-ci est décrite comme étant formée des points de discontinuité dans la fonction de luminance (intensité) de l'image. Le principe de base consiste à reconnaître des objets dans une image à partir de modèles de contours connus aux préalables. Pour réaliser cette tâche, deux méthodes seront présentées : la transformée de Hough (permettant d'extraire et de localiser des groupes de points respectant certaines caractéristiques, équation d'une forme bien déterminée), et la distance de Hausdorff (vise à mesurer la distance entre deux ensembles de points séparés).

5.4.1.3. Multi-caractéristiques

Nombreuses méthodes qui combinent plusieurs caractéristiques faciales pour localiser ou détecter des visages. La plupart utilisent des propriétés globales comme la couleur de la peau, la taille et la forme du visage pour trouver les candidats. Elles vérifient en suite ces candidats en utilisant les caractéristiques locales telles que les sourcils, le nez, et les lèvres.

5.4.2. Les Méthodes Basées sur l'analyse de la couleur de la peau

Les méthodes de détection basées sur l'analyse de la couleur de la peau sont des méthodes efficaces et rapides. Elles réduisent l'espace de recherche de la région visage dans l'image. De plus, la couleur de la peau est une information robuste face aux rotations aux changements d'échelle et aux occultations partielles. Plusieurs espaces couleur peuvent être utilisés pour détecter la peau humaine, dans l'image, les pixels qui ont la couleur de la peau. L'efficacité de la détection dépend essentiellement de l'espace couleur choisi. [16]

6. Comparaison entre les différent Approche de détection de visage

Approche	Avantages	inconvénients
Approches basées sur l'apparence	-Eigenface donne des bons résultats. -Les réseaux de neurones robustes au bruit	-Beaucoup temps de calcul -difficiles à construire. -phase d'apprentissage difficile à mener
Approches basées sur les connaissances acquis	-réduire le temps de calcul nécessaire par l'utilisation d'images sous-échantillonnées	-occasionne de nombreuses fausses détections - difficiles de traduire les connaissances humaines en des règles bien définies
Template-matching	-Simple au niveau de processus de détection. -Donne des résultats assez encourageant.	Mise à jour à chaque changement d'orientation
Approches basées sur des caractéristiques invariantes	-Résiste contre les petits changements d'éclairage et la position de visage - la couleur de peau réduit la zone de recherche.	- L'utilisation de la méthode basée sur la couleur de la peau nécessite des processus pour compléter la détection de visage.

Tableau 1 : Représente les avantages et les inconvénients de chaque méthode

7. Présentation de quelques travaux de détection faciale

Auteurs	Année	Approche	Tête de pose	Tête de pose	BDD de test	Taille de visage
Féraud et al [57]	2001	Les réseaux de neurones	Motion, Couleur, Texture	Frontal et profile	Sussex, CMU, images web	15*20
Maio et al [58]	2000	Modèles de visage, transformé de hough	Images directionnelles de texture	Frontal	Image statique	20*27
Garcia et al [59]	1999	Analyse statistique en ondelettes	Couleur, coefficient d'ondelettes	Frontale à presque frontale	MPEG vidéo	80*48
Wu et al [60]	1999	Fuzzy color models ; Template matching	Couleur	Frontale au profil	Image couleur fixe	20*24
Rowley et al [61]	1998	Les réseaux de neurones	Texture	Frontale	CMU; FERET; Web images	20*20
Sung et al [62][67]	1998	Learning	Texture	Frontale	CCD pictures; newspaper scans	19*19
Yang et al [63]	1998	Segmentation multiéchelle, modèle de couleur	Couleur de peau, intensité	Frontale	Color pictures	NA
Colmenar z et al [64]	1997	Learning	Processus de markov	Frontale	FERET	11*11
Yow et al [65]	1997	Traits	Traits du visage géométriques	Frontale au profile	CMU	60*60
Lew et al [66]	1996	Champ aléatoire de Markov, DFFS	Le pixel le plus informatif	Frontale	MIT, CMU, Leide	23*32

Tableau 2: Travaux réalisés par l'utilisation des différentes méthodes de détection de visage.

8. La Peau Humaine

La détection de visage basée sur l'analyse de la détection de la peau permet de réduire l'espace de recherche de la région des visages candidats dans l'image en entrée.

La peau c'est un élément robuste face aux rotations, aux changements d'échelle. Plusieurs espaces de couleur peuvent être utilisés pour détecter la peau humaine ou autrement dit la détection des pixels de peau [16]. La segmentation de la peau humaine dans une image consiste à séparer les pixels de peau des pixels non-peau dans l'image d'entrée. Ainsi, cette dernière doit être en couleur, le rôle d'un détecteur de la peau se résume à fournir une image binaire discriminant les pixels de la peau des autres pixels. L'image en sortie possède les mêmes dimensions que celles de l'image en entrée, et elle est appelée « masque ».

9. Domaine d'application

La détection de la peau est la première étape de nombreux systèmes automatisés associés à des applications de traitement d'images telles que : reconnaissance de visage, la reconnaissance de geste, la vidéo surveillance, ...etc.

Domaine	Auteur
La détection et la reconnaissance de visage	Xiaohua et al 2009 [3] Verma et al 2014 [4] Pujol et al 2017 [5]
Systèmes de vidéo surveillance	Kim et al 2005 [6] Barbu 2014 [7] Chaichulee et al 2017 [8]
détection d'images nues	Carlsson et al 2008 [9] Chin 2008 [10] Sevimli et al 2010 [13] Perez et al 2017 [14]
la récupération d'images basée sur le contenu	Ma et Zhang 1999 [15] Albiol et al 2000 [17]
la reconnaissance des gestes de la main	Ruijsscher 2006 [76] Jalab et Omer 2015 [77] Rautaray et Agrawal 2015 [78]

Tableau 3 : Domaine d'application de la détection de visage

10. Les espaces de couleur pour la détection de la peau

En vision par ordinateur, l'imagerie numérique consiste à transformer les couleurs en chiffres en utilisant soit la physique des ondes lumineuses, soit la façon dont l'œil perçoit les couleurs, soit la manière dont l'encre crée les couleurs. Le modèle qui représente ces nombres est appelé modèle colorimétrique ou espace colorimétrique [132] [133].

Dans le domaine de la détection de la peau, les espaces colorimétriques les plus largement utilisés sont classés comme suit [134] :

- Espaces colorimétriques de base (RGB, RGB normalisé).
- Espaces colorimétriques perceptuels (HSI, HSV, HSL, TSL).
- Espaces colorimétriques orthogonaux (YCbCr, YIQ, YUV, YES).
- Espaces colorimétriques perpétuellement uniformes (CIE-Lab, CIE-XYZ et CIE-Luv).

Espaces de couleur	Travaux existants
RGB	[23] [26] [27] [33] [37] [38] [43] [47] [48] [50] [51] [111] [112][113][114] [115] [116][117]
RGB_N	[24] [115] [118] [119] [120]
CIE-XYZ	[117] [118] [119]
HSI, HSV, HSL	[29] [40] [46] [36] [111] [114] [115] [116] [118] [119] [120] [121] [122]
YUV	[35] [30]
TSL	[28] [123] [124] [125] [126]
YCbCr	[32] [42] [54] [111] [114] [118] [119] [127] [128] [129] [130] [131]
CIE-Lab, CIE-Luv	[25] [117] [118] [119]
Hybridation	[55] [53] [52] [49] [44] [41]

Tableau 4 : Les espaces couleur utilisée

11. Les Méthodes de détection de peau

Les méthodes de détection du visage basées sur la couleur de la peau humaine peuvent être classifiées en trois catégories [16] :

11.1. Méthodes explicites

Ces Méthodes de classification, consistent à définir explicitement via un ensemble de règles les frontières de la région peau dans un espace de couleur précisé.

Pour classifier un pixel dans une image et de décider qu'il s'agit d'un pixel de peau il faut vérifier le critère d'apparence au seuil qui se diffère d'un espace à l'autre.

$$Seuil_Sup < couleurPeau < Seuil_Inf$$

L'avantage de cette méthode c'est la simplicité et la rapidité pour analyser un pixel.

11.2. Méthodes non paramétriques

Les méthodes non paramétriques déterminent les distributions des classes en se basant que sur les observations issues des différents échantillons des classes sans introduire aucune hypothèse sur les formes des distributions.

Parmi les techniques utiliser dans cette méthode en trouve : classifier bayésien couplé à l'histogramme, réseaux bayésiens, etc.

11.3. Méthodes paramétrique

Ces méthodes permettent de modéliser les distributions de la classe peau et la classe non peau, en ajoutant des hypothèses sur les natures de ces distributions contrairement des méthodes non-paramétrique, pour attendre les deux distributions il faut calculer des paramètres de moyenne et de variance, etc., de la technique utiliser.

Parmi ces techniques en trouve : simple gaussienne, mélange de gaussiennes, etc.

12. Les travaux réalisés par les différentes méthodes de détection de peau

Méthode	Auteur
Histogramme	Tan et al 2012 [79], Fernandez et al 2012 [141], Nadian-Ghomsheh 2016[142], Varma and Behera 2017 [143]
Table de recherche	Nadian-Ghomsheh 2016 [142] Naji et al 2012 [144]
Segmentation basée sur la distance	Storring et al. 2003[215], Terrillon et al. 2000 [216] Ahlberg et al. 1999 [217]

Bayes naïf	Nadian-Ghomsheh 2016 [51], Santos et Pedrini 2015 [158], Roheda 2017 [145], Osman et al 2016 [47] and Kawulok et al 2014 [160]
Distribution gaussien	Tan et al 2012 [45], Yuetao et Nana 2011 [161], Ghazali et al 2012 [162]
Plus proche voisin	Roheda 2017 [145]
Réseaux de neurones	Taqa et Hamid 2010 [146], Razmjoooy et al 2013 [147], Kim et al 2017 [148], Al-Mohair et al 2014 [149]
SVM	Han et al 2009 [150]
Logique floue	Moallem et al 2011[151], Pujol et al 2017 [152]
Essai et erreur	Gupta et Chaudhary 2016 [153] , Chauhan et Farooqui 2016 [154], Hajraoui et Sabri 2014 [155]
Ajustement automatique	Chen and Wang 2007 [156]
Seuillage adaptative	Hsieh et al 2012 [157], Santos et al 2016 [158]
Région en croissance	Chen and Wang 2007 [156]
Segmentation des bassins versants	Liu et al 2005 [159]

Tableau 5 : Les travaux existant par les différentes méthodes de détection

13. Les travaux réalisés par les différentes méthodes de détection de peau

De nombreux travaux ont été réalisés pour détecter le visage sur la base de la couleur de la peau et par l'utilisation des différents espaces de couleur, le tableau suivant résume quelques travaux réalisés en utilisant cette technique :

Année et Auteur	Espace de couleur	Méthode de détection de peau	Base de données de test	Différent types de peau	Différent l'illumination	Faut positif	Faut négatif	précision générale
1997 oliver et Al[23]	RGB	GMM	NA	Oui	Oui	NA	NA	NA
1998 Yang J et Waibel[24]	RGBN	SGM	NA	Oui	Oui	NA	NA	NA
1998 Yang M et Ahuja[25]	CIE-LUV	GMM	NA	Oui	Non	NA	NA	NA

DETECTION

1999 Peer et Solina[26]	RGB	Thresholding	M2VTS+PI CS	NA	NA	NA	NA	NA
2000 Bergasa et Al[27]	RGB	SGM	NA	Oui	Oui	NA	NA	NA
2001 Brown [28]	TSL	SOM	AP+IC	NA	NA	NA	NA	94.00%
2001 Cho et Jang [29]	HSV	Thresholding Adaptive	379 images	Oui	Oui	NA	NA	86.9- 93.8%
2001 Phung et Al [32]	YCbCr	ANN	NA	NA	Non	4.5	4.3	91.6%
2002 Jones et Rehg[33]	RGB	Basé sur l'histogramme	Compaq	Oui	Oui	8.50%	NA	80%
2002 Lee et Yoo[34]	Multi	Modèle elliptique	Compaq	Non	Non	35.7%	NA	90.00%
2003 Kovac et Peer[35]	YUV	Modèle elliptique	40+60 images	NA	Oui	NA	NA	NA
2004 Sigal et Sclaroff[36]	HSV	Bayes	Compaq	Oui	Oui	NA	NA	86.84%
2004 Sebe et Al[37]	RG	Réseaux bayésien	Compaq	Non	Non	10%	NA	87.66- 98.32%
2005 Zaquot et Al[38]	RGB	LUT	PICS	Non	Non	17.31 %	NA	94.17%
2007 Chen et Wang[39]	RGB	Basé sur les region + Thresholding	3000	Oui	Oui	6.17%	NA	92.67%
2007 DO et Al[40]	HSV	Thresholding	PBFD	Non	Oui	27.40 %	17.30%	82.70%
2008 Vadakkepat[41]	YUV+Y CbCr	Thresholding	NA	Oui	Non	NA	NA	NA
2009 Han et Al[42]	YCbCr	SVM	ECHO	Oui	Non	0.96%	NA	86.34%
2010 Taqa, Jalab[43]	RGB	ANN	NA	Non	Non	0.87%	NA	95.61%
2011 Yuetao et Al [44]	YCbCr+ RGB	SGM+ Thresholding	100 Images	Non	Non	NA	NA	NA
2012 Tan et Al[45]	LO	SGM	ETHZ PASCA+ Stotting+ Pratheepan	Oui	Non	5.77%	34.20%	65.80%
2013 Naji et Al[46]	HSV	LUT+ Thresholding	FEI + CVL+LFW +FSKTM	Oui	Oui	2.04%	0.63%	98.51%
2013 Osman et Hitam[47]	RGB	Basé sur les régions+LDA	TDSD+UCh ile+Sldb	Oui	Non	13.4%		98.35%

DETECTION

2013 Razmjooy et Al[48]	RGB	ANN	Bao	Non	Non	25%	4.16%	70.84%
2014 Al-Mohair et Al[49]	RGB+Y IQ+L*a *b+YCb Cr	ANN	humanae	oui	non	NA	NA	93.02%
2014 Hajraoui et Al [50]	RGB	thresholding+ bassin versant	Caltech+ 200 Web.	Non	Non	NA	NA	97.27%
2015 Siddiqui et Wasif[51]	RGB	Thresholding	NA	Non	Non	14.20 %		88.30%
2016 Al-Ameri et Saber[52]	RGB+Y CbCr+H SV	Thresholding	FEI	Oui	Non	NA	NA	96.25%
2016 Nadian-Ghomsheh[53]	YCbCr+ HSV YUV+ XYZ+ RGBN	Histogramme	Compaq	Oui	Oui	14.48 %	NA	95%
2017 Mahmoodi et al [54]	YCbCr	Thresholding+ La diffusion	SDD	Non	Non	NA	NA	98.00%
2017 Varma et Al [55]	HSV+Y CbCr	Histogramme+ GMM	ETHZ PASCAL Partheepan+ SFA	Non	Non	NA	NA	93.41%
2017 Kim et AL[56]	RGB	Convolutionnel	ECU+prthee pan+VT- AAST	Non	Non	NA	NA	92.49%
2018 ThaoNguyen-Trang[30]	YUV	Bayésien+ Composant connecté	NA	Oui	NA	0.16%	0.78%	82.27%

Tableau 6 : Les travaux existant de la détection de visage basée sur la couleur de la peau

14. Les Base de données

La Base	Description
Compaq	Se compose de 13.640 photos. Ces photos sont classées en deux groupes(les photos avec ou sans peau) [218]

ECU	Composé de 4000 images avec leurs images de vérité du terrain qui sont préparées manuellement à des fins de segmentation de la peau et de détection des visages.[219]
UCI machine learning repository dataset	L'ensemble de données skin est collecté en échantillonnant de manière aléatoire des valeurs RVB à partir d'images de visage issues de la base de données FERET et de la base de données PAL. La taille totale de l'échantillon d'apprentissage est de 245 057; dont 50 859 sont les échantillons de peau et 194 198 sont des échantillons de non-peau[220]
SFA	A été construit à partir d'images de visages de bases de données FERET (876images) et AR (242 images), à partir desquelles des échantillons cutanés et non cutanés et les vérités au sol de la détection cutanée ont été récupérées [221]
Feeval	Composé de 8991 images avec leurs images de vérité de terrain [222]
TDSD	Composé de 554 images pour la détection de la peau avec 24 millions de pixels de peau et 75 millions de pixels de peau. Toutes les images ont été choisies dans la région Web. L'étiquetage de la peau a été réalisées manuellement à l'aide de Photoshop [223]
Face détection / recognition	Ces bases de données ont été développées à l'origine pour les chercheurs en détection / reconnaissance. De nombreux chercheurs sur le terrain ont utilisé ces bases de données pour résoudre des problèmes de détection cutanée tels que FERET, CVL, LFW, RA-Face, Yale, AT & T, MIT, WIDER FACE, etc. [31]
Humanae	Contient un large éventail d'images de personnes de sexe, de race et d'âge différents. Outre la diversité, les images du jeu de données Humanae sont d'une résolution assez élevée par rapport au jeu de données Compaq.

Tableau 7 : Les différent base de donnée utilisée

15. Post-traitement

La phase de post-traitement vient après la phase de détection. Elle permet de préparer l'image du visage de telle sorte qu'elle soit exploitable dans la phase d'enrôlement. Elle s'appelle aussi la phase de normalisation puisqu'elle ramène à un format prédéfini. Elle consiste généralement en un centrage du visage dans l'image et une élimination des zones non informatives. Il est important que toutes les images soient de taille identique, à la même échelle

et au même format concernant les couleurs pour garantir la bonne performance du système de reconnaissance de visages. Ceci améliore incontestablement le fonctionnement de l'étape d'extraction [18].

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

15.1. La normalisation géométrique : est nécessaire parce que la taille du visage à l'intérieur de l'image acquise peut varier en fonction de la distance entre le module d'acquisition et la personne. Le visage doit donc être extrait à partir de l'image et une transformation géométrique, pour obtenir une taille fixe, est appliquée. L'approche standard consiste à définir l'emplacement des centres des yeux dans une position constante au sein de l'image de sortie.

15.2. Normalisation photométrique : tente d'éliminer ou de réduire les effets de l'illumination de l'image.

16. Conclusion

Dans cette partie du chapitre, nous avons présenté les notions de base de la détection de visage ainsi que tous les approches et les nouvelles tendances utilisées ces dernières années, et à quoi elle sert, ensuite nous avons présenté les difficultés de la détection ainsi les différentes approches de détection de visage et les avantages et les inconvénients de chacun par la suite on a présenté quelques travaux qui ont été développés pour la détection faciale, après nous avons fait une comparaison entre les différentes approches de détection, ainsi nous avons présenté la détection de la peau et les différentes techniques utilisées. Finalement on a présenté en bref le processus intermédiaire entre la détection de visage et la reconnaissance faciale.

Cette étude nous a permis de constater que la détection de visage est une étape très importante dans un système de reconnaissance de visage. Car elle présente plusieurs challenges et verrous technologiques. Nous avons mis en évidence les différentes difficultés inhérentes à la détection automatique de visages, ce qui nous a permis de bien définir les problématiques traitées dans cette mémoire, notamment l'invariance à l'illumination. Parmi les différentes caractéristiques invariantes du visage utilisées pour la détection, la couleur de la peau paraît parmi les plus prometteuses. En effet, les méthodes basées sur la couleur de la peau sont robustes aux occultations ainsi qu'aux variations de la pose, de l'échelle, et de l'expression. Ces méthodes restent cependant peu robustes au changement d'éclairage. Dans la partie suivante, nous présentons différentes méthodes et techniques pour la reconnaissance faciale.

1. Introduction

Le système de la reconnaissance faciale est devenu un besoin très demandé parce que c'est un système qui assure la sécurité et la protection des individus, un système de sécurité basé sur la reconnaissance de visage est fiable par rapport aux autres systèmes qui nécessitent un code PIN ou d'autres techniques d'accès qui peuvent être volées où pirater facilement ; car il se base sur un compensant principale d'identification chez l'être humain qui est le visage, en revanche la reconnaissance faciale assure pour les individus que personne ne peut accéder à leur compte, de plus ce sont des systèmes très facile à utiliser.

La reconnaissance c'est l'étape qui suit l'étape de détection de visage afin d'identifier les personnes. Plusieurs approches ont été développées afin d'améliorer les systèmes de la reconnaissance des formes qui sont subdivisées en trois grandes approches : globales, locales et hybrides.

2. Définition de la reconnaissance faciale

La reconnaissance de visage est un domaine de la vision par ordinateur consistant à identifier automatiquement des personnes à partir de son visage [135] ,C'est un sujet particulièrement étudié en vision par ordinateur, avec de très nombreuses publications et brevets, et des conférences spécialisées.

3. Les Défis de la reconnaissance faciale

La reconnaissance des visages définit un nombre considérable de problèmes complexes et qui ne peuvent être évités, et qui affectent négativement sur le résultat final. Andrew W. Senior et al [81] a catégorisé les problèmes de la reconnaissance automatique du visage en trois catégories, ce sont :

- 3.1. Changements physique :** le changement des expressions faciales, vieillissement, l'apparence personnelle (maquillage, des lunettes, coiffure, déguisement...).
- 3.2. Changements de géométrie d'acquisition :** changement d'échelle, localisation et la rotation du visage.
- 3.3. Changements d'éclairage :** la variation de l'éclairage, les variations de la caméra, caractéristiques du canal (spécialement dans la l'image compresser).

4. Les approches de reconnaissance faciale

Plusieurs approches de reconnaissance de visage ont été proposées car ce domaine est devenu un axe de recherche qui attire les chercheurs ce qui explique la diversité de la littérature dans ce domaine, selon Tana et al [224] on peut classer ou classer les approches de reconnaissance faciale en trois grandes familles qui sont :

- Approche de reconnaissance globale.
- Approche de reconnaissance locale.
- Approche de reconnaissance hybride.

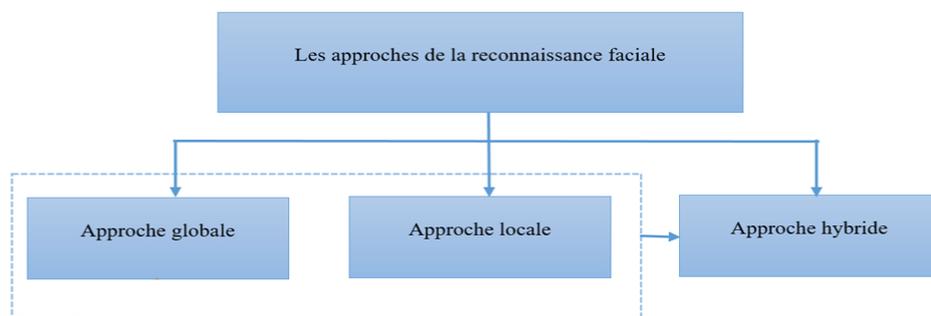


Figure 6: Classification des approches principales utilisées en reconnaissance faciale

4.1. Méthode Globale (holistiques)

Dit aussi l'approche holistique, Le principe de cette approche selon O'Toole et al [105] est de représenter l'image du visage par un seul vecteur de grande dimension $n \times m$, en concaténant les niveaux de gris de tous les pixels du visage [16], il n'est pas nécessaire de repérer certains points caractéristiques du visage locaux comme les yeux, la bouche et le nez.

L'un des avantages de ces méthodes est qu'elle conserve implicitement toutes les informations de texture et de forme utiles pour reconnaître le visage. Aussi, elle peut tenir compte des aspects d'organisation structurelle globaux du visage. Mais, l'inconvénient majeur réside dans la dimension très grande de l'espace de l'image ce qui reflétera négativement sur la classification [137]. En revanche, elles sont très sensibles aux variations d'éclairage, de pose et d'expression faciale.

Xiao guang Lu [136] a distingué deux types de techniques parmi les méthodes globales, les techniques linéaires et les techniques non linéaires.

Les techniques les plus populaires de l'identification de visage de cette approche : ACP, LDA.

4.1.1. Analyse en composants principales (ACP)

Présentation : Dite aussi Eigenfaces une méthode très populaire dans le domaine de reconnaissance proposé par Turk et Pentland [74]. Une méthode mathématique utilisée pour simplifier et réduire les dimensions d'un ensemble de données et pour représenter des images de visage qui peuvent être reconstruites à partir d'un visage standard et un ensemble des points.

Le principe : Il s'agit de trouver l'ensemble des composants principaux de visage dans un ensemble d'images de visages.

- Chaque exemple de visage décrit par une combinaison linéaire des vecteurs propres.
- Transformation des visages en vecteurs.
- Détermination de la matrice de covariance.
- Détermination des vecteurs propres de la matrice de covariance formée par l'ensemble des images exemple.
- Chaque élément dans le vecteur correspond à l'intensité lumineuse d'un pixel.

L'ACP est une technique simple, populaire et rapide, propose des bons résultats dans les systèmes d'identification, ainsi que la projection est optimale pour la reconstruction d'une base de dimension réduite. Les problèmes ou plutôt les inconvénients de cette technique sont la sensibilité aux problèmes d'éclairage, expression faciale et la pose.

4.1.2. Analyse discriminante linéaire (LDA)

Connu aussi sous le nom « Fisherfaces » Belhumeur et al [108] sont les premiers qui ont introduit cet algorithme en 1997, il effectue une séparation de classes et pour pouvoir l'utiliser il est nécessaire d'organiser une base d'apprentissage d'images en plusieurs classes, une classe par personne et plusieurs images par classe.

La 'LDA' détermine les directions de projection, et pour cela elle maximise les variations entre les images des individus différents « inter-classe » avec la minimisation des variations entre les images d'un même individu « intra-classe ». Si le nombre d'individus à traiter est plus faible que la résolution de l'image cela rend les performances de LDA faibles par rapport à Eigenface [107] pour résoudre ce problème beaucoup d'autres méthodes basées sur LDA ont été développées telles que : U_LDA, O_LDA, N_LDA [16].

4.2. Méthode Locale

C'est une approche qui se base sur les caractéristiques locales de visage pour la reconnaissance faciale, tels que : le nez, la bouche et les yeux, dans cette approche contrairement à l'approche globale le visage est représenté par un ensemble de vecteurs de caractéristiques de faible dimension. (Rappel : l'approche globale utilise un vecteur de très grande dimension) [16]. L'approche locale peut être subdivisée en deux catégories :

- *Catégorie 01* : Les méthodes basées sur les caractéristiques locales :

L'extraction et la localisation des points caractéristiques.

- *Catégorie 02* : Les méthodes basées sur l'apparence locale :

La division de l'image visage en zones caractéristiques.

4.2.1. Les Méthodes basées sur les caractéristiques locales

Ces méthodes sont aussi subdivisées en deux groupes : Les techniques géométriques et les techniques basées sur les graphes.

4.2.1.1. Les Techniques géométriques

Ces techniques se basent sur l'extraction et la localisation des caractéristiques composantes du visage (les yeux, la bouche, le nez) ils utilisent principalement les coins et les points d'intérêt de ces caractéristiques.

Les techniques géométriques présentent des inconvénients qui sont :

- La difficulté d'extraction des caractéristiques géométriques dans les conditions complexes telles que la variation d'illumination.
- Les caractéristiques géométriques seules ne sont pas suffisantes pour la représentation du visage.

4.2.1.2. Les Techniques basées sur les graphes

C'est une représentation graphique des caractéristiques locale du visage, ces techniques formulent le problème de reconnaissance faciale comme un problème de mise en correspondance des graphes, Man en 1992 [109] a validé l'efficacité de cette technique sur une base de donnée de 86 images qui contient des variations des expressions faciales et de pose le résultat est représenté par un taux de reconnaissance de 90% en moyenne. [16]

Une fois le graphe topologique construit il ne peut pas être changé, en revanche les images de visage en entrant est variée en terme de changement d'expressions, de pose, etc. Pour résoudre ce problème plusieurs techniques ont été développées tels que : Elastic Graph Matching (EGM), Elastic Buch Graph Matching (EBGM), ... etc [16].

4.2.2. Les Méthodes basées sur l'apparence locale

Ces méthodes se basent principalement sur les différentes régions du visage, le modèle global est défini à partir de la combinaison des modèles locaux ce qui n'influence pas sur les régions faciales par les différentes variations, tels que : le sourire, le port des lunettes...etc.

Il existe deux paramètres pour définir les régions locales du visage : La Frome et La Taille et les caractéristiques de ces régions locales sont déterminées à l'aide d'une analyse des valeurs de niveaux gris. [110] et cette dernière représente ou préserve les informations de texture.

4.3.L'Approche Hybride

Cette approche c'est un résultat d'une combinaison ou d'une fusion entre deux autres approches : Approche holistique ou Global et l'approche Locale afin d'améliorer les performances des systèmes de reconnaissance, en effet les caractéristiques locales et globales sont complètement différentes, Mais chacune de ces méthodes a ses inconvénients, mais l'une peut être complémentaire de l'autre pour le but d'améliorer la classification.

Approche	Avantage	Inconvénient
Globale	<ul style="list-style-type: none"> - Le problème de la reconnaissance faciale automatique est transformé en un problème d'analyse de sous-espaces de visages. - Applicables à des images basses résolutions ou de mauvaises qualités. - Méthode simple et facile à appliquer. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite de disposer suffisamment de données représentatives des visages. - Sensible aux variations de (pose, éclairage)
Local	<ul style="list-style-type: none"> - Robustes aux variations d'illumination, de pose et d'expression. - Le modèle construit possède des relations intrinsèques bien définies avec le visage réel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite des images de bonne qualité. - La difficulté d'extraction des points d'intérêt des caractéristiques.

Tableau 8 : Avantage et l'inconvénient de chaque approche

RECONNAISSANCE

Facteur de variation	Caractéristiques locales	Caractéristiques globale
Illumination	Très sensible	Sensible
Expression	Pas sensible	Sensible
Pose	Sensible	Très sensible
Bruit	Très sensible	Très sensible

Tableau 9 : Comparaison des approches basées sur les caractéristiques locales et les caractéristiques globales en fonction des critères de variation [11]

5. Quelques travaux sur les approches de la reconnaissance

Approche	Travail représentatif	
Globale		
ACP	L. Sirovich, M. Kirby	[82]
Faces propres	Craw et Cameron	[83]
	Kirby et sirovich	[82]
	Turk et Pentland	[74]
Faces propres probabilistes	Moghaddam et pentland	[84]
SVM	Phillips	[85]
LDA	Etemand et chellapa	[86]
LDA	Zhao et AL	[87]
fisherfaces	Wang et AL	[88]
Locale		
Méthode géométrique pure	Kanade	[89]
	Kelly	[90]
	Cox et autre	[91]
	Manjunath et Al	[92]
Architecture à liens dynamique	Okada et AL	[93]
	Wiskott et Al	[94]
Modèles cachés Markov	Nefian et Hayes	[95]
	Samaria	[96]
	Samaria et Young	[97]
Réseaux de neurones de convolution	Lawrence et AL	[98]

Hybride		
Faces propres modulaires	Pentland et AL	[99]
A formes normalisées (Modèle Actif d'Apparence)	Lanitis et Al	[100]
LFA Hyride	Penev et Atck	[101]
Basée sur les composantes	Huang et Al	[102]

Tableau 10 : quelques travaux de recherches sur la reconnaissance de [103].

6. La nouvelle tendance de la reconnaissance faciale (Deep Face Recognition)

L'apprentissage en profondeur (Deep Face Recognition) applique plusieurs couches de traitement pour apprendre des représentations de données avec plusieurs niveaux d'extraction de caractéristiques. Cette technique émergente a remodelé le paysage de la recherche en reconnaissance faciale depuis son appréciation en 2014, lancée par les percées de la méthode Deepface. Depuis lors, la technique RF profonde, qui s'appuie sur une architecture hiérarchique pour assembler les pixels en une représentation invariante des visages, a considérablement amélioré les performances de pointe et favorisé le succès des applications du monde réel.

6.1. Concepts de base

Il y a trois modules nécessaires pour l'ensemble du système [138] :

- Tout d'abord un détecteur de visages est utilisé pour localiser les visages dans les images ou les vidéos.
- Deuxièmement, avec le détecteur de repères faciaux, les visages sont alignés sur des coordonnées canoniques normalisées.
- Troisièmement, le module RF est implémenté avec ces images de visage alignées.

6.2. Composantes de la reconnaissance faciale

Un module de reconnaissance de visage se compose d'un traitement de visage, d'une extraction en profondeur des caractéristiques et d'une adaptation de face, et il peut être décrit comme suit [138] :

$$M [F(P_i(I_i)), F(P_j(I_j))]$$

Où I_i et I_j sont deux images de visages, respectivement ;

P représente le traitement des visages pour traiter les variations intra-personnelles, telles que les poses, les illuminations, les expressions et les occlusions ;

F représente l'extraction de caractéristiques, qui code les informations d'identité.

M représente un algorithme de correspondance des visages utilisé pour calculer les scores de similarité.

6.2.1. Traitement du visage

Bien que les approches basées sur l'apprentissage en profondeur aient été largement utilisées en raison de leur représentation puissante, Ghazi et al [139] ont prouvés que diverses conditions, telles que les poses, les illuminations, les expressions et les occlusions, affectent toujours la performance de l'RF en profondeur et que le traitement du visage y bénéficie, particulièrement pour les poses. Puisque la variation de la pose est largement considérée comme un défi majeur dans les applications automatiques, D'autres variations peuvent être résolues par des méthodes similaires. Les méthodes de traitement du visage sont classées en deux catégories : « augmentation one to many » et « normalisation de many to one »

- Augmentation d'un à plusieurs : générer de nombreux patchs ou images de la variabilité de la pose à partir d'une seule image pour permettre aux réseaux profonds d'apprendre des représentations invariantes de la pose.
- Normalisation de plusieurs à un : récupération de la vue canonique d'images de visage à partir d'une ou plusieurs images d'une vue non frontale ; ensuite, la RF peut être réalisée comme si elle l'était dans des conditions contrôlées.

6.2.2. Extraction en profondeur

Les architectures peuvent être classées en réseaux fédérateurs et réseaux assemblés, Inspirées par l'extraordinaire succès remporté par le défi ImageNet, les architectures typiques de CNN, telles que AlexNet, VGGNet, GoogleNet, ResNet et SENet, sont présentées et largement utilisées comme modèle de base en RF (directement ou légèrement modifié). En plus du courant dominant, il existe encore quelques architectures nouvelles conçues pour RF afin d'améliorer les performances. De plus, lorsqu'on adopte les réseaux de base comme blocs de base, les méthodes de RF forment souvent des réseaux assemblés avec des entrées multiples ou des tâches multiples. Un réseau est destiné à un type d'entrée ou à un type de tâche. Hu et al [140] montrent qu'il permet d'augmenter les performances après accumulation des résultats des réseaux assemblés.

6.2.3. Correspondance des visages par des traits profonds

Une fois que les réseaux profonds sont formés avec des données massives et une fonction de perte appropriée, chacune des images de test est passée à travers les réseaux pour obtenir une représentation en profondeur des caractéristiques. Une fois les caractéristiques profondes extraites, la plupart des méthodes calculent directement la similarité entre deux caractéristiques à l'aide de la distance cosinus, ensuite le plus proche voisin (PPV) et la comparaison de seuil sont utilisés pour les tâches d'identification et de vérification [138].

6.3. Les travaux existant

Auteur	Année	Méthode	architecture	nombre de réseaux
Y. Taigman et al[193]	2014	DeepFace	Alexnet	3
Y. Sun et al[194]	2014	DeepID2	Alexnet	25
Y. Sun et al[195]	2015	DeepID3	VGGNet-10	50
F. Schroff et al [196]	2015	FaceNet	GoogleNet-24	1
J. Liu et al [197]	2015	Baidu	CNN-9	10
M. Parkhi et al[198]	2015	VGGface	VGGNet-16	1
X. Wu et al[199]	2015	light-CNN	light CNN	1
Y. Wen et al [200]	2016	Center Loss	Lenet+-7	1
W. Liu et al [201]	2016	L-softmax	VGGNet-18	1
X. Zhang et al [202]	2016	Range Loss	VGGNet-16	1
R. Ranjan et al [203]	2017	L2-softmax	ResNet-101	1
F. Wang et al [204]	2017	Normface	ResNet-28	1
Y. Liu et al [205]	2017	CoCo loss	-	1
M. Hasnat et al [206]	2017	vMF loss	ResNet-27	1
J. Deng et al [207]	2017	Marginal Loss	ResNet-27	1
W. Liu at al [208]	2017	SphereFace	ResNet-64	1
X. Qi et L. Zhang [209]	2018	CCL	ResNet-27	1
F. Wang et al [210]	2018	AMS loss	ResNet-20	1
H. Wang et al [211]	2018	Cosface	ResNet-64	1
J. Deng, J. Guo, et S. Zafeiriou [212]	2018	Arcface	ResNet-100	1
Y. Zheng et al [213]	2018	Ring loss	ResNet-64	1

Tableau 11 : les travaux réalisés par l'apprentissage en profondeur

7. Les Bases de données

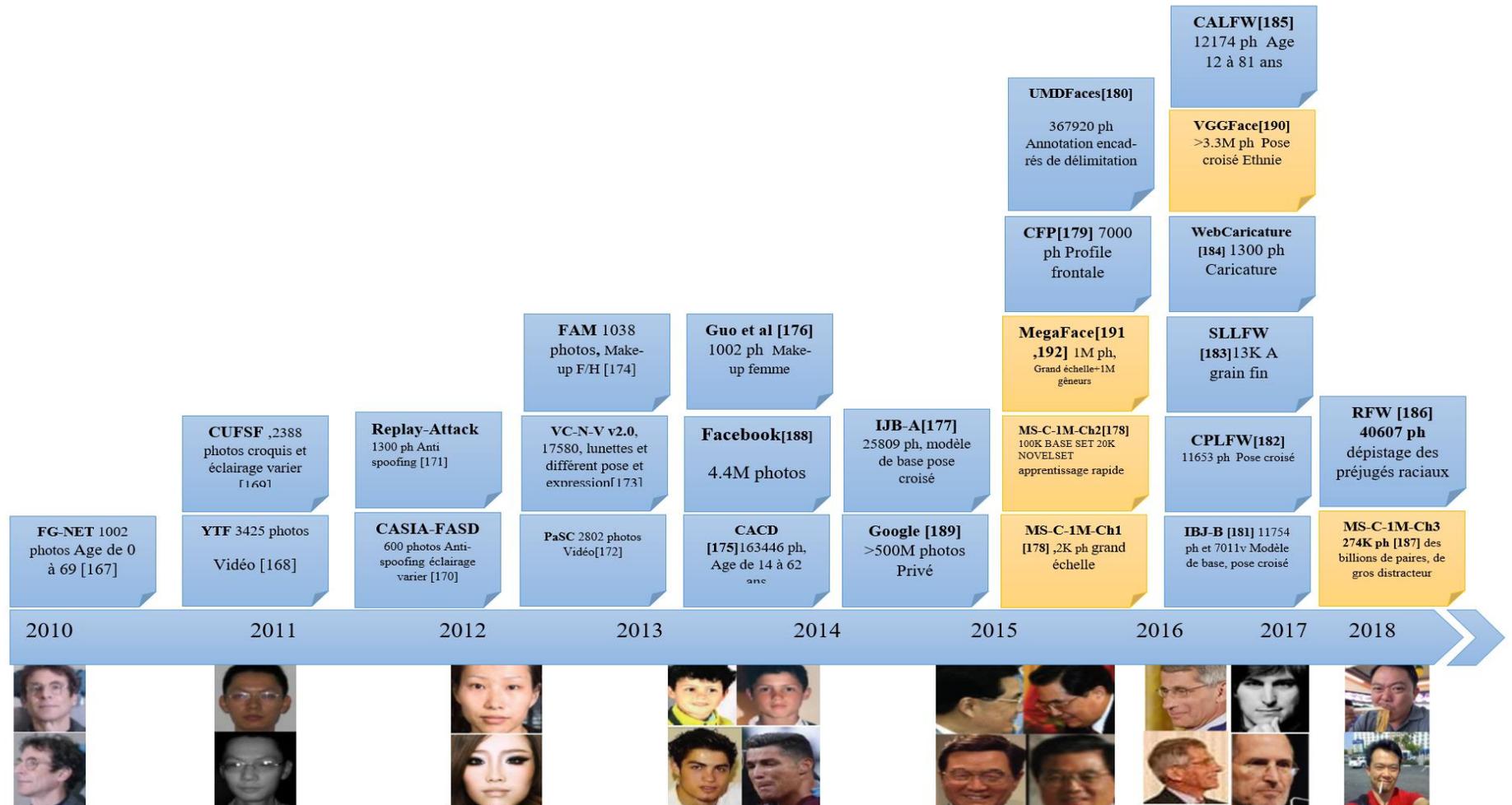


Figure 7: Une représentation d'évolution des base de donnée, les jaunes représentent les jeux de données d'apprentissage l'autre couleur représentent les jeux de données de test avec différentes tâches et scènes.

8. Conclusion

Dans cette partie du chapitre, nous avons présenté la reconnaissance de visage et les défis de la reconnaissance de visage ensuite nous avons présenté les différentes approches de la reconnaissance faciale, ainsi leurs méthodes avec les avantages et les inconvénients de chacune, par la suite on a présenté quelques travaux qui ont été développés pour la reconnaissance faciale, après nous avons présenté la nouvelle tendance de la reconnaissance de visage basée sur la technique DeepFace avec quelques travaux réalisés et les bases de données.

Dans cette étude nous avons classifié les techniques de reconnaissance de visages en trois grandes catégories : les approches globales, les approches locales et les approches hybrides. Nous avons souligné que l'ACP permet de réaliser un processus de reconnaissance même si l'on ne possède qu'une seule image d'une personne, ce qui n'est pas possible avec des méthodes telles que l'analyse discriminante linéaire (LDA) ou le Support Vector Machine (SVM). Toutefois, nous avons soulevé la difficulté de l'ACP, et de ses différentes extensions, à gérer les occultations et les variations de poses, d'illumination et d'expressions. Les approches locales ont prouvé leur efficacité dans le cas d'un seul exemple d'apprentissage, mais elles souffrent d'un manque de robustesse aux occultations. Enfin, les approches hybrides semblent intéressantes pour résoudre le problème de la robustesse.

Dans le chapitre suivant, nous présentons notre méthode de détection et l'extraction des caractéristiques ainsi que la reconnaissance de visage.

1. Introduction

Notre projet est un système qui permet de détecter le visage et localiser les caractéristiques du visage détecté et de reconnaître ce visage (identification), dans notre projet on s'intéresse un la peau humaine pour la détection de visage, combiner avec plusieurs méthodes pour extraire les traits du visage (yeux par eyemap, la bouche par mouthmap et ainsi que l'iris et le nez) et la méthode Template matching pour la reconnaissance de visage.

Ce chapitre est dédié à la conception et le développement d'un système de vision par ordinateur orienter reconnaissance de visage. Dans ce qui suit, nous détaillerons les différentes étapes de la conception et de la réalisation de notre système, ainsi que les différents résultats obtenus, ainsi les difficultés dans les différentes étapes de développement.

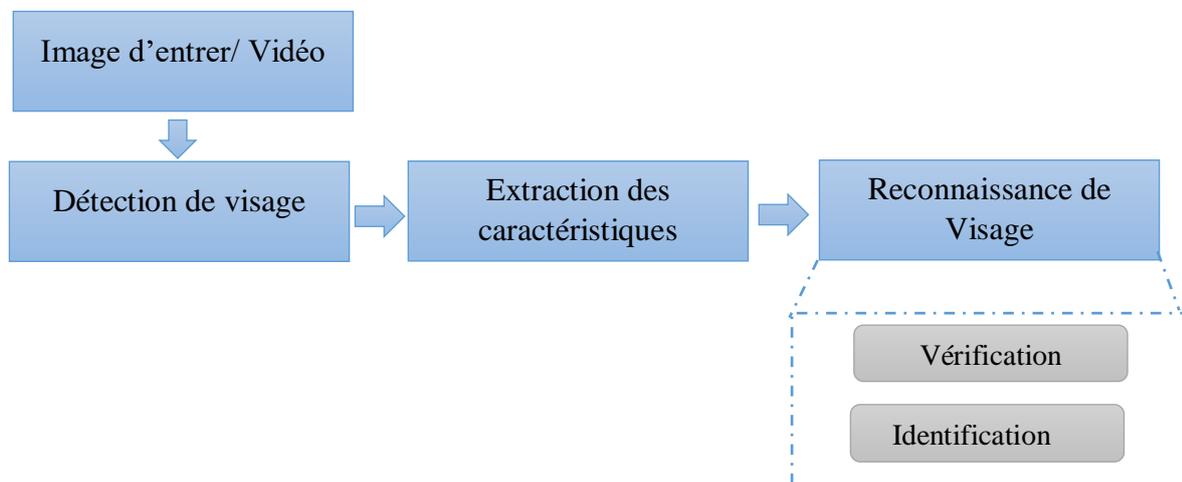


Figure 8 : Système de reconnaissance de visage

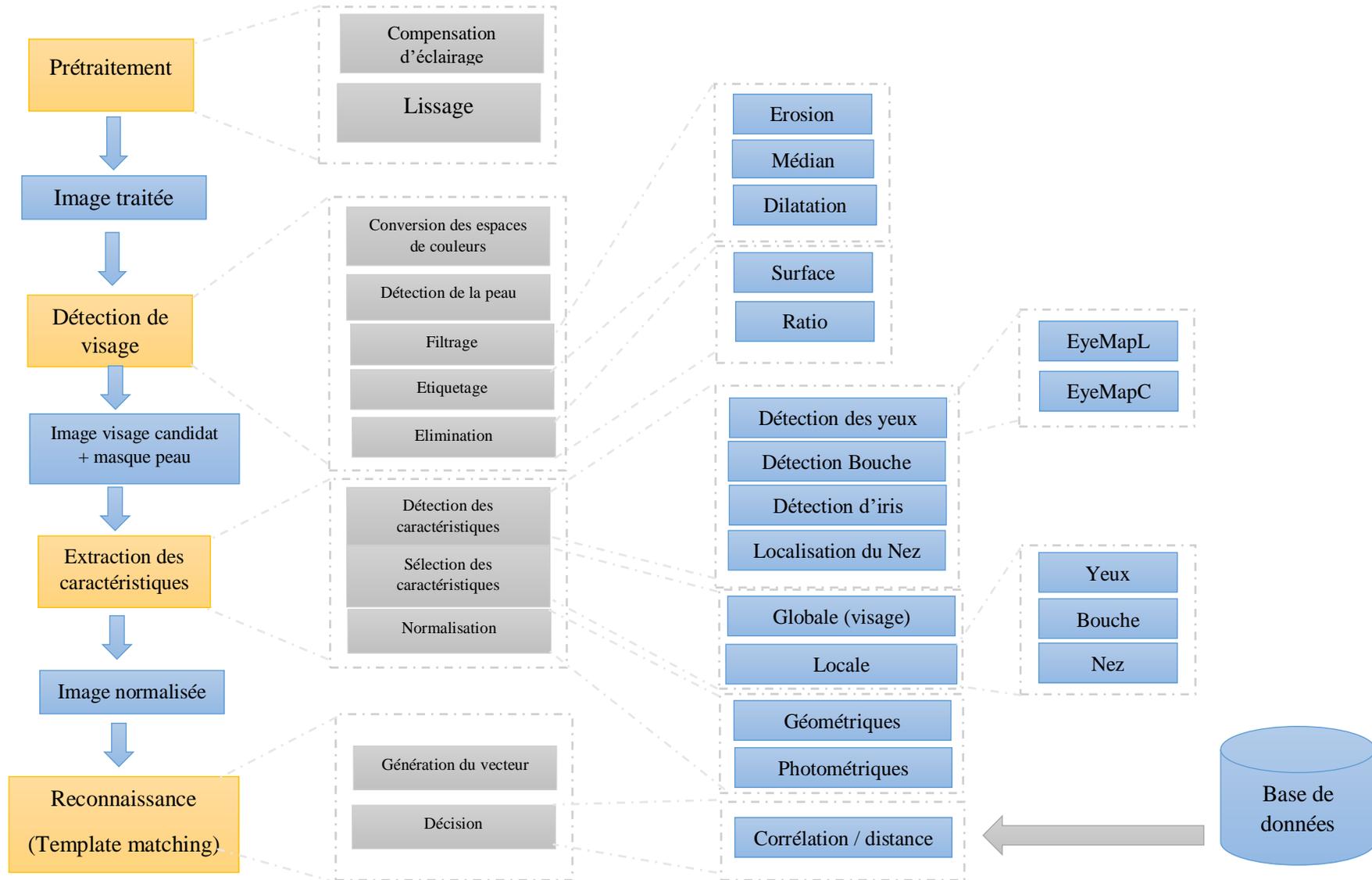


Figure 9 : Conception générale de notre projet

2. La Phase de détection de visage

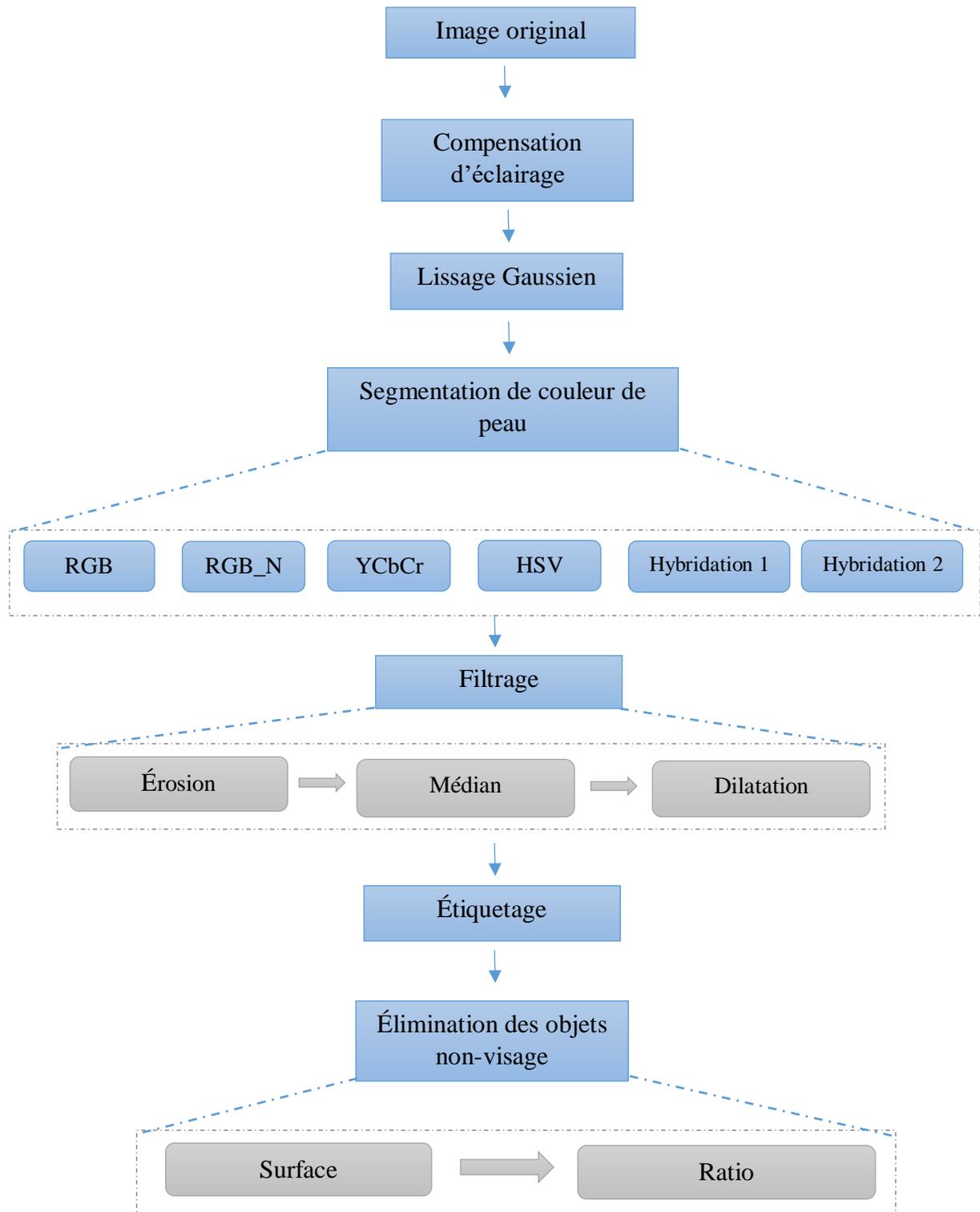


Figure 10 : Notre méthode pour la détection de visage

2.1. Prétraitement

2.1.1. Compensation d'éclairage (CE)

Le changement d'éclairage est un problème complexe dans le domaine de la vision par ordinateur, causé par la luminance complexe de l'environnement dans le monde réel.

Le problème dans la détection de visage basée sur la couleur de la peau est qu'il est très sensible à la variation d'éclairage, et les effets sont de plus en plus graves, parce que l'apparition de la couleur de peau dépend des conditions d'éclairage.

L'algorithme de compensation d'éclairage (LC) est très efficace pour améliorer et restaurer les couleurs naturelles dans les images qui sont prises dans des conditions d'éclairage difficiles. Par conséquent des nombreux de recherches ont prouvé que l'utilisation de la compensation d'éclairage est indispensable pour la détection de visage sur la base de la couleur de peau.

Ça puissance apparaît lorsqu'une image de mauvaise qualité est introduit surtout lorsque la couleur jaune est forte. L'algorithme de Compensation d'éclairage est comme suite : [165]

$$Sc = \frac{Cstd}{Cavg}$$

$$Cavg = \frac{\sum_{i=1}^m (Ci) \quad ci > 0}{\sum_{i=1}^m (1) \quad ci > 0}$$

$$Cstd = \frac{\sum_{i=1}^m [\max(R, Gi, Bi) + \min(Ri, Gi, Bi)]}{2 * n}$$

$$n = m = \sum_{i=1}^m (1) (Ri = Gi = Bi = 0)$$

Où

- Sc représente le facteur d'échelle pour un canal spécifique de R, G ou B.
- Cstd et Cavg tiennent en compte séparément des valeurs de gris moyen standard du canal spécifique et la valeur moyenne des pixels non noirs dans le même canal.
- m Représente le nombre des pixels dans l'image,
- n représente le nombre des pixels non noir dans l'image.

En calculant la moyenne du pourcentage maximum et minimum canal, une valeur adaptative moyenne de gris de l'ensemble de l'image est acquise.



Tableau 12 : Résultat de compensation d'éclairage

2.1.2. Le lissage par filtre gaussien

Permet de supprimer le bruit basique de l'image, il est rapide et robuste, mais leur inconvénient principal c'est qu'il applique un flou sur l'image mais son effet sera faible sur les contours, car la taille du masque appliqué est : 3×3 .

2.2. Détection de visage

Dans cette phase du système on va prendre plusieurs caractéristiques composent de visage pour détecter le visage, On commence par les caractéristiques globales : la couleur de la peau humaine, la taille et la forme, et on termine par les caractéristiques locales : les yeux et l'iris et la bouche le nez.

2.2.1. Caractéristique globale

2.2.1.1. Segmentation de la couleur de peau

On a utilisé cette étape comme un premier pas pour détecter les visages candidats dans l'image d'entrée. Elle consiste à classer chaque pixel indépendamment de ses voisins (pixel-peau ou non-peau) par la définition des coordonnées de l'intervalle de la couleur peau dans un espace de couleur approprié.

Les principaux avantages de cette méthode sont : la simplicité, la rapidité et la facilité de la mise en œuvre, ainsi, elle ne nécessite pas un apprentissage préalable.

Pour classer un pixel comme étant un pixel peau ou non-peau on s'intéresse à l'information couleur du pixel indépendamment de l'information luminance de ce dernier, ce qui permet à notre système de détecter ou reconnaître les visages candidats indépendamment de la variation de luminosité, et pour cela il faut choisir des espaces de couleur avec des modèles ou des intervalles de distribution de la couleur peau.

On a essayé plusieurs cas de test pour extraire les caractéristiques globales dans le système de détection de visage. On a opté pour les espaces colorimétriques (RGB, RGBN, YCbCr, HSV) pour leur diversité et que chacun est puissant dans des cas particuliers où l'autre est faible. Ce qui nous a ramené à faire une hybridation et on a pu avoir le meilleur de chacun.

2.2.1.1.1. RGB

Pour l'espace de couleur RGB nous avons utilisé l'intervalle de couleur de peau introduit par Peer et al [35]

Le cas d'illumination uniforme du jour (R1)	Le cas sous lampe de poche ou la lumière du jour (R2)
$(R > 95) \wedge (G > 40) \wedge (B > 20) \wedge$ $((\text{Max}\{R, G, B\} - \text{Min}\{R, G, B\}) > 15) \wedge$ $(R - G > 15) \wedge (R > G) \wedge (R > B)$	$(R > 220) \wedge (G > 210) \wedge$ $(B > 170) \wedge (R - G \leq 15) \wedge$ $(R > B) \wedge (G > B)$

Tableau 13 : illumination uniforme et sous lampe de poche

Nous avons utilisé les deux cas, après le calcul de luminance de l'image une décision est validée automatiquement.

2.2.1.1.2. RGB Normalisé

Cet espace de couleur est une extension de l'espace RGB mais celui-là est forme indépendamment d'éclairage on peut l'obtenir à partir de l'ensemble des formules suivant :

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad g = \frac{G}{R + G + B} \quad b = \frac{B}{R + G + B}$$

Vladimir V et al [3] dit que, le troisième composant (Bleu) ne tient aucune information significative et peut être omis, ce qui engendre une réduction de la dimensionnalité de l'espace.

La formule utilisée dans notre système pour détecter la couleur de peau est la suivante :

$$\frac{r}{g} > 1.185 \wedge \frac{r * b}{(r + g + b)^2} > 0.107 \wedge \frac{r * g}{(r + g + b)^2} > 0.112$$

2.2.1.1.3. YCbCr

Les informations de luminance et de chrominance sont séparées dans cet espace. Où Y : porte l'information de luminance, Cb, Cr : portent les informations de chrominance.

Selon Hsu R et al [163] la distribution de peau dans nous avons trouvé les intervalles de Cr et Cb qui permet de déterminer la carte de la peau dans cette espace, aussi après un ensemble

des tests nous trouvons que les intervalles suivant est le meilleur pour une bonne détection de peau. Dans notre système on a utilisé l'intervalle suivant pour une meilleure détection de la peau, après un ensemble de testes :

$$85 \leq Cb \leq 140 \wedge 133 \leq Cr \leq 175$$

2.2.1.1.4. HSV

HSV (Hue, Saturation, Value) Ou TLS (Teinte, Luminance, Saturation), Cet espace décompose la couleur selon des caractéristiques plus intuitives proches du vocabulaire courant pour décrire une couleur. Il se base sur la décomposition de la couleur en une couleur pure. [166]

L'intervalle de la distribution utilisé pour la détection de la peau pour l'espace HSV est le suivant : [163]

$$0 \leq H \leq 0.15 \quad \wedge \quad 0.1 \leq S \leq 0.68$$

2.2.1.1.5. Hybridation RGB-H-CbCr

C'est une hybridation proposée par Nusirwan et al [164] consiste à combiner trois espaces couleurs (RGB, H, CbCr) selon trois règles qui sont :

- Règle 01 : $R1 \vee R2$
- Règle 02 :

$$(Cr \leq 1.5862 * Cb + 20) \wedge (Cr \geq 0.3448 * Cb + 76.2069) \wedge$$

$$(Cr \geq -4.5652 * Cb + 234.5652) \wedge (Cr \leq -1.15 * Cb + 301.75) \wedge Cr \leq (-2.2857 * Cb + 432.85)$$

- Règle 03 : $(H < 25) \vee (H > 230)$

Finalement les trois règles (Règle 01, Règle 02, Règle 03) seront combinées entre eux avec un ET.

$$R\grave{e}gle\ 01 \wedge R\grave{e}gle\ 02 \wedge R\grave{e}gle\ 03$$

2.2.1.1.6. Hybridation RGB-RGBN-CbCr

C'est la combinaison entre trois espaces couleur (RGB \wedge RGB_N \wedge YCbCr). L'inconvénient de cette hybridation est l'effet des fausses détections de chaque espace de couleur sur les positives détections.

2.2.1.1.7. Hybridation RGB-RGBN-YCbCr

Trois espaces de couleurs sont utilisés dans cette hybridation ils ont les plus reconnais pour la détection de la peau humain (RGB, RGBN et YCbCr) cette hybridation assure une bonne

détection de peau malgré le changement des conditions d'éclairage, Cette hybridation fonction comme suite :

$$(RGB \wedge RGBN) \vee (RGB \wedge YCbCr) \vee (YCbCr \wedge RGBN)$$

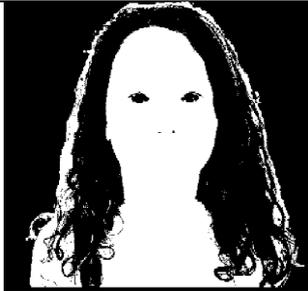
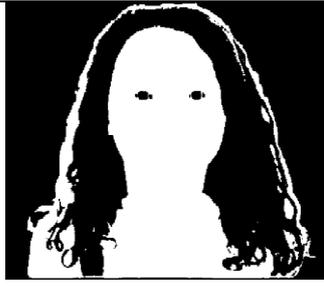
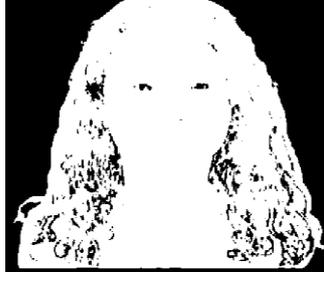
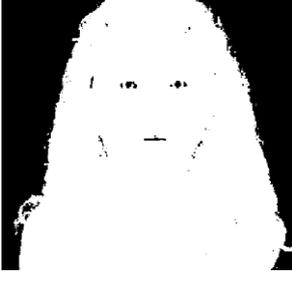
Espace	Résultat de détection de peau sans traitement	Avec LC	Avec Lissage
RGB			
RGB_N			
HSV			
YCbCr			

Tableau 14 : Segmentation de la peau par les différents espaces de couleur avec les prétraitements

Résultat finale de détection de peau après le LC et le Lissage

	
RGB	RGB_N
	
YCbCr	HSV

Tableau 15 : Le résultat final de la segmentation

Les Hybridation

RGB OR YCbCr



RGB AND YCbCr AND HSV

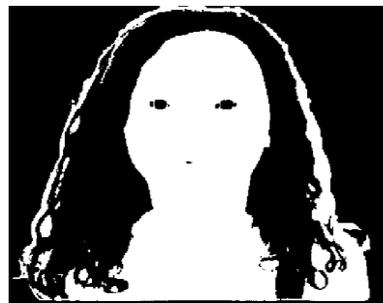


Figure 11 : RGB OR YCbCr , RGB AND YCbCr AND HSV

CONCEPTION

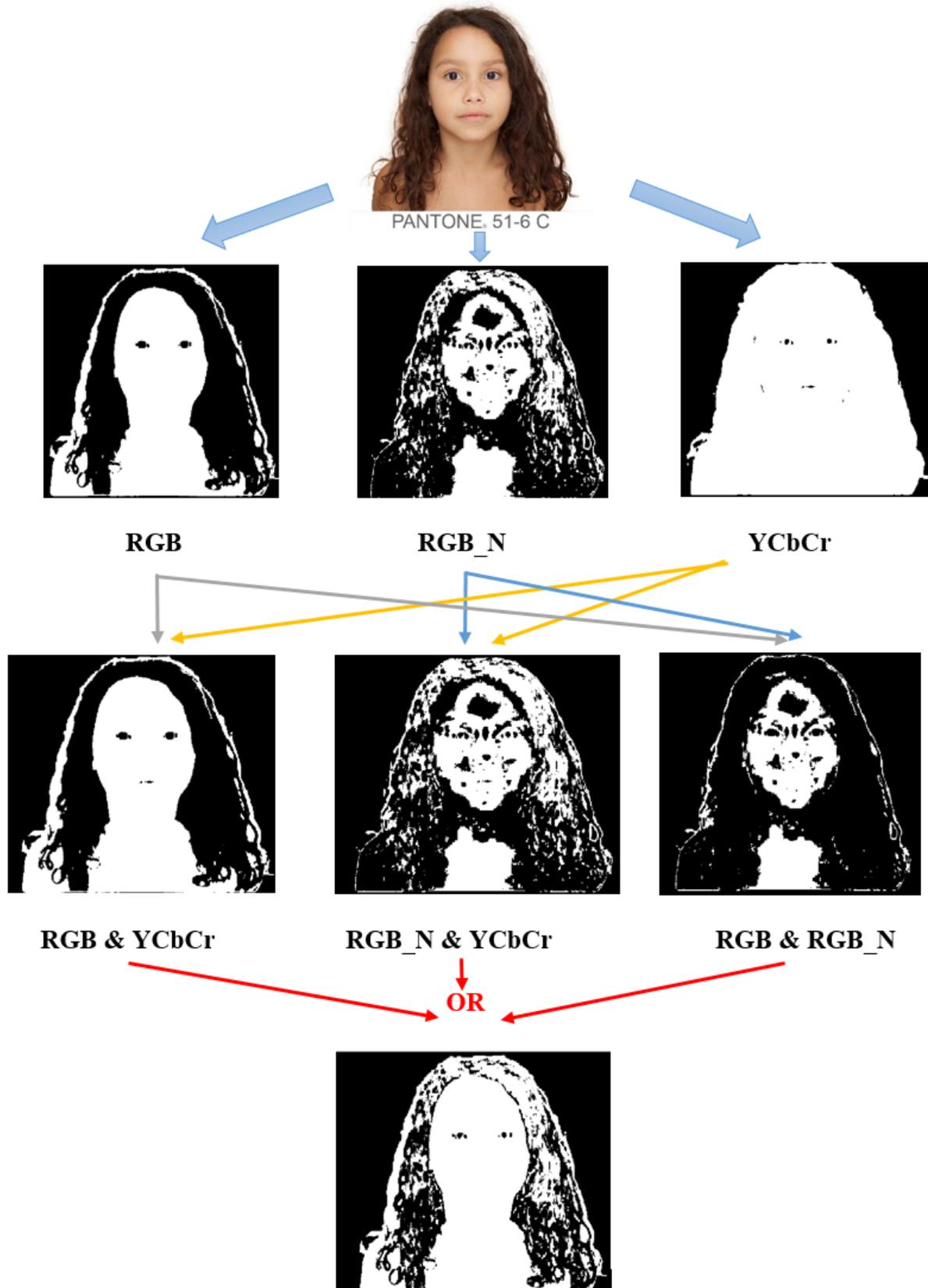


Figure 12 : Hybridation des espaces de couleur RGB, RGB_N et YCbCr

Cette étape de détection de peau combiner avec la compensation d'éclairage et le lissage est l'étape clé pour le reste de système de détection de visage, parce qu'elle permet de ne garder que les zones de visage candidat pour réduire la région de travail pour la seconde étape de la détection.

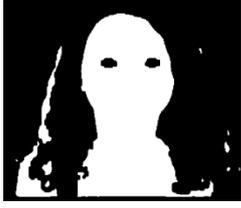
2.2.1.2. Le Filtrage morphologique

On utilise ce filtrage pour éliminer les zones non pertinentes extraites dans l'étape de segmentation, les filtres morphologiques utilisés dans notre système sont : Erosion et Dilatation avec un filtre médian entre les deux filtres.

On a commencé par l'utilisation de l'érosion de taille 7*7, après le filtre médian de taille 7*7, et on termine par la dilatation de taille 7*7.

- Erosion : Pour éliminer les zones non pertinentes et négligeables et pour séparer les objets connexes
- Médian : il réduit le bruit et conserve les contours de l'image.
- Dilatation : elle remplit les vides dans chaque objet et le remet à sa taille initiale.

Elimination de Bruit (Erosion-Médian-Dilatation)

Espace	Après Erosion	Après Médian	Après la Dilatation
RGB			
RGB_N			
YCbCr			

HSV			
RGB OR YCbCr			
RGB AND YCbCr AND HSV			
Hybridation			

Tableau 16 : Elimination de bruit par l'application des filtres morphologiques

Nous remarquons que le résultat de détection de peau après l'élimination du bruit se diffère d'un espace à l'autre. Ainsi que l'étape d'élimination de bruit n'est pas suffisante pour extraire le visage et pour cela on est besoin d'une étape pour éliminer les candidats non-visage par l'application de l'étiquetage ainsi élimination par rapport à la surface et la ration.

2.2.2. Etiquetage

L'étiquetage est une application algorithmique de la théorie de graphes, où un sous ensemble de composants connectés est étiqueté de façon unique en se basant sur une heuristique donnée. L'étiquetage ne doit pas être confondu avec la segmentation d'images. L'étiquetage est utilisé en vision par ordinateur afin de détecter les régions contiguës dans une image binaire. Ces régions peuvent être comptées, filtrées et suivies. Dans notre système en prend en considération la possibilité de l'existence de plus d'un visage dans l'image ou la présence des mains. Pour cela, nous devons déterminer le nombre de régions de la peau dans l'image, en associant à chaque région une valeur entière appelée étiquette. Mais, cette étape n'est pas satisfaisante pour reconnaître la région de peau, il existe d'autres étapes importantes qui permettent d'extraire les caractéristiques des régions (ratio et surface) on va détailler dans ce qui suit.



Figure 13: Représentation principe étiquetage

2.2.3. Ratio

C'est le rapport entre la largeur et la hauteur de la région. Il est défini comme suit :

$$\text{Ratio} = \frac{\text{hauteur}}{\text{largeur}}$$

Dans le cas des visages, ce rapport ne dépasse pas un certain intervalle, donc tous les segments qui ont un ratio qui ne fait pas partie de cet intervalle seront éliminés. L'intervalle convenable utilisé est le suivant :

$$0.8 < \text{ratio} < 1.8$$



Figure 14 : Résultat de l'application de ratio

2.2.4. Surface

Elle consiste à compter le nombre de pixels de peau appartenant à une zone donnée :

$$\text{Surface} = \sum_i^m \sum_j^n I(i,j)$$

La contrainte de surface vérifie que les régions extraites par l'étiquetage doivent être supérieure ou égale à un certain seuil. Dont la surface de la région détecter s'occupe plus de 21% et moins de 90% de l'espace globale de l'image.

Après toutes ces étapes on obtient des régions candidat des visages et ne sont pas des vrais visages, c'est pour cela on est besoin d'autre étapes pour confirmer que ces régions sont des vrais visages.



Figure 15 : Résultat de l'application de surface

2.3. Confirmation de visage

Après les étapes de détection de visage basée sur la segmentation de la couleur de la peau on obtient des candidats de visage ces candidats ils doivent être confirmés. Et puisque la plupart des algorithmes suivent tel que tracer la position exacte du visage ainsi que l'extraction des caractéristiques liée à une bonne détection des pixels supposés être peau.

La confirmation se fait par un système de classification basé sur l'extraction des caractéristiques de visage dans chaque région candidate, si la région candidate contient les caractéristiques faciales, elle est donc classée comme visage, sinon la région est dans la classe non-visage.

Les caractéristiques les plus utilisées pour la confirmation de la détection faciale sont deux caractéristiques importantes dans le visage qui sont : les yeux et l'iris d'une part et la bouche d'autre part. Pour confirmer un visage parmi les candidats visage détectés il suffit de trouver le triangle qui relie entre les yeux et la bouche pour dire que la région candidate est un visage sinon elle sera classée comme une région externe et non-visage. Pour trouver ce triangle il faut d'abord extraire ces caractéristiques (la détection et la localisation des yeux, iris et de la bouche dans le visage candidat) nous allons bien détailler cette étape dans la section suivante.

3. Extraction des caractéristiques

Cette étape consiste à extraire les caractéristiques de visage (les Yeux, l'iris, la bouche et le nez) pour les utiliser par la suite dans l'étape de reconnaissance. Le processus d'extraction des caractéristiques faciales se fait comme montre le schéma suivant :

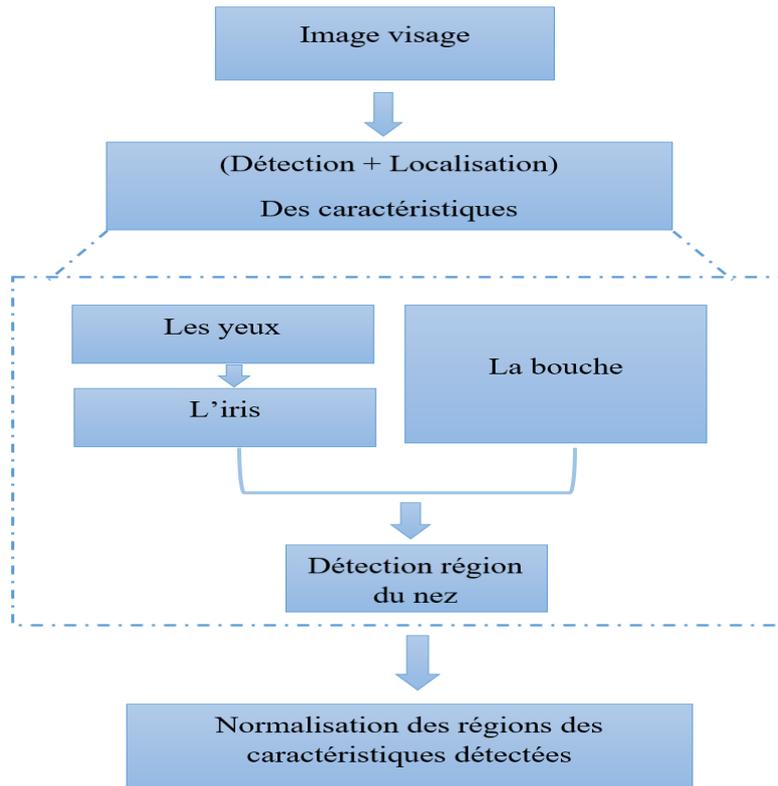


Figure 16 : Méthode d'extraction des caractéristiques

3.1. Détection de bouche (Mouthmap)

Selon Hsu R et al [163] la région de la bouche contient plus de rouge que d'autres régions du visage par rapport à la couleur bleue, par conséquent, la composante de chrominance Cr, est plus grande que Cb, près des zones buccales, la bouche a une réponse relativement plus faible dans la caractéristique Cr/Cb, mais une réponse élevée en Cr². Par conséquent, la différence entre Cr² et Cr/Cb peut concentrer sur les régions de la bouche.

$$\text{Avec Mouthmap} = Cr^2 * (Cr^2 - \eta * (Cr/Cb))^2 \quad \eta = 0.95 * \frac{\frac{1}{3}\sum Cr^2}{\frac{1}{3}\sum Cr/Cb}$$

Où η représente la taille spatiale de la boîte englobante de visage.

Finalement nous avons appliqué un seuillage Otsu suivi par une ouverture de forme elliptique pour agrandir et confirmer la région de la bouche après on applique un masque de peau pour confirmer que la zone de la bouche détection appartient à la région peau qui a été détecter auparavant.

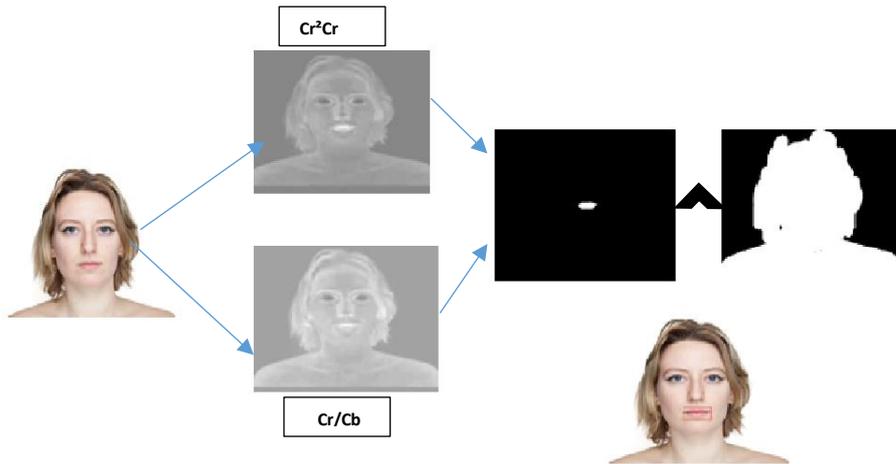


Figure 17 : Détection de la Bouche

3.2. Détection des yeux (EyeMap)

L'extraction des yeux est une étape très importante dans un système de reconnaissance faciale à cause de l'importance des yeux dans ce dernier. Par analyse des composants de chrominance on peut indiquer que des valeurs élevées de Cb et de Cr se trouvent autour des yeux. De plus, les yeux contiennent généralement des pixels sombres et lumineux dans le composant luminance. Sur la base de ces observations des opérateurs morphologiques peuvent être conçus pour mettre en valeur les pixels plus sombres dans la composante luminance autour des régions des yeux. Selon l'algorithme de Hsu [163] On construit d'abord deux cartes distinctes de l'œil, l'une à partir des composantes de chrominance (EyeMapC) et l'autre à partir de la composante de luminance (EyeMapL). Ces deux cartes sont ensuite combinées en une seule carte à œil. EyeMapC est basée sur l'observation que l'on trouve autour des yeux de fortes valeurs de Cb et de Cr, elle est construite à partir de Cb et l'inverse de Cr et le rapport de Cb/Cr.

$$EyeMapC = 1/3\{(Cb^2) + \neg(Cr)^2 + \left(\frac{Cb}{Cr}\right)\}$$

Comme les yeux contiennent généralement des pixels sombres et des pixels clairs dans la composante luminance, les opérateurs morphologiques en niveaux de gris peuvent être conçus pour mettre en évidence des pixels plus clairs et plus sombres dans la composante luminance entourant les régions des yeux, ces opérations ont été utilisées pour construire la carte des yeux de la luminance (EyeMapL), elle est décrite par l'équation suivante :

$$EyeMapL = \frac{Y(x,y) \oplus g(x,y)}{Y(x,y) \ominus g(x,y) + 1}$$

Où \oplus et une dilatation et \ominus une érosion, Y est l'image en niveau de gris (Luminance), et g est l'élément structurant des opérations morphologiques.

Les deux résultats EyeMapC et EyeMapL sont normalisés en l'intervalle [0,255], et ensuite sont combiné entre eux avec l'opérateur « AND » et en fin on applique une normalisation sans l'intervalle [0,255], EyeMap est construite par la formule suivante :

$$\text{EyeMap} = \text{EyeMapC} \text{ AND } \text{EyeMapL}$$

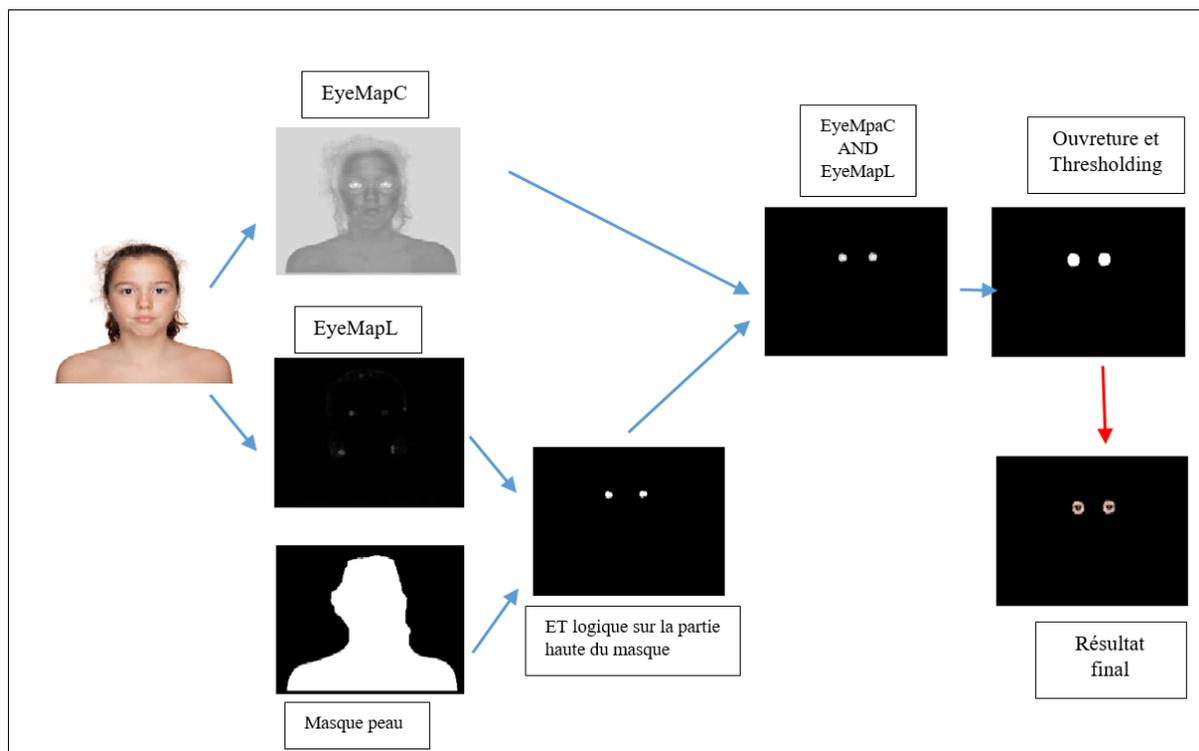


Figure 18 : Détection de yeux (EyeMap, EyeMapC, EyeMapL)

3.3. Localisation d'Iris

La localisation d'iris est une étape très importante dans le processus d'extraction des caractéristiques, c'est une étape qui suit l'étape d'extraction des yeux.

Après l'extraction des régions des yeux en applique un processus de détection de contour, suivi par le transformé de hough pour détecter les cercles (après l'extraction des régions des yeux les cercles détecter par le processus de détection de contour et le transformé de hough représentent les Iris). Le processus de Détection d'Iris est comme suite :

Comme on a discuté précédemment les régions des yeux contiennent des zones sombres et d'autres claires, qui ont un contraste remarquable et important dans le composant de

luminance, basé sur cette observation l'inverse de la luminance briller les régions d'iris et les rendre plus remarquable, pour cela nous avons utilisé les composant de luminance dans les espaces YCbCr et HSV, Et la formule est la suivante :

$$L = (255 - Y) * (255 - H) = \bar{Y} * \bar{H}$$

A partir des informations d'éclairage et son inverse on peut extraire le contour.

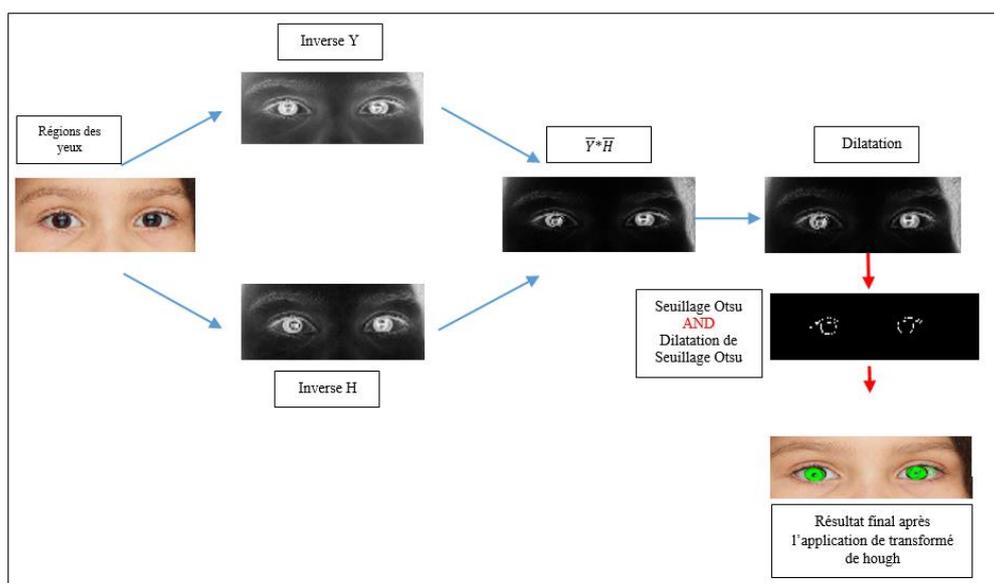


Figure 19 : Localisation d'iris



Figure 20 : Comparaison entre les deux détecteurs de contour

3.4. Localisation du Nez

Le nez est un composant se trouve au centre du visage, entre les régions des yeux et la bouche, L'étape de localisation du nez vienne après la détection des yeux et de la bouche, pour que nous puissions prendre la région qui se trouve entre ces deux composant.

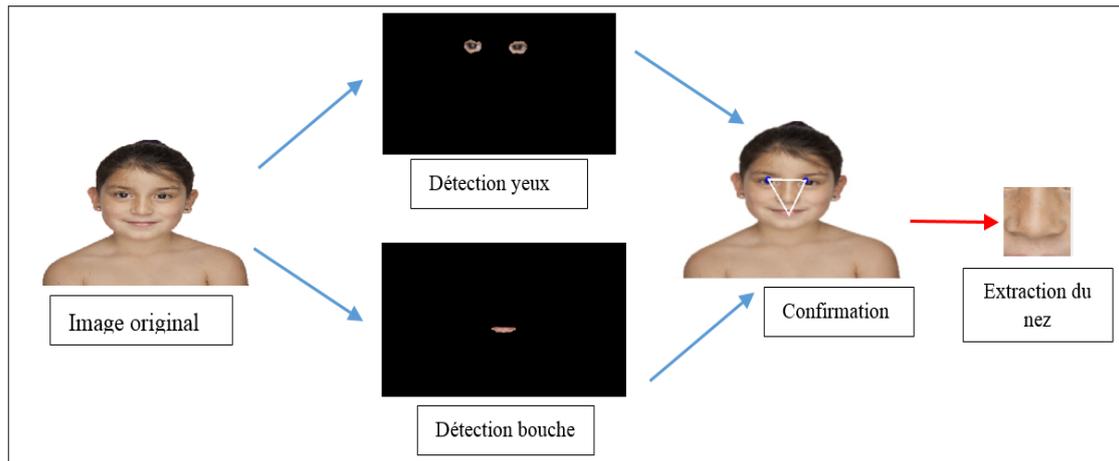


Figure 21 : Localisation du Nez

4. Sélection de caractéristiques

4.1. Caractéristiques globales : les caractéristiques globales dans notre système c'est le masque total du visage après application de la détection de peau.

4.2. Caractéristiques locales : sont les compensant locales de visage (La bouche, le nez, les yeux ; l'iris).



Caractéristiques globales



Caractéristiques locales

Figure 22 : Les caractéristiques globales et Locales

5. La Normalisation

La normalisation de visage est la dernière étape dans cette phase, Est une étape très importante pour le processus de classification, elle consiste à appliquer des post-traitements sur l'image visage avant de la fournir au système de reconnaissance (Classifier), Le but de ces traitements est de garder la même taille du visage en entrant avec celle de la base de données, ainsi la position (les yeux doivent être dans le même niveau (rotation et échelle)). Et la position de la lumière.

Les étapes de normalisation sont comme suite :

5.1. Normalisation Photométriques : Transformation de image visage couleur en image niveau de gris.

5.2. Normalisation Géométrique : Rotations le l'image visage, de manière que l'axe interoculaire (l'axe reliant les yeux) soit horizontal, cela fait après la localisation de l'iris, Et a partir du segment entre les deux iris on calculons l'angle d'inclinaison et la direction d'inclinaison, puis on fait une rotation avec l'angle d'inclinaison calculé auparavant. Puis on fait une normalisation des distances géométriques de visage, dans cette étape on applique un redimensionnement de l'image à une taille standard. Pour que tous les visages ont les meme dimensions. 40 pixels pour la distance entre les yeux. 46 pixels pour la distance entre les yeux et la bouche.

Par la suite élimination des informations non importante (les restes des composent tels que l'arrière plan, les habilles,... etc). Afin d'améliorer les performances du système.

La **Résolution** : est aussi prise en considération d'où nous avons choisi les résolution des composent comme suite : 70*76 pour le visage, 32*16 pour les yeux, 16*32 pour nez. Pour améliorer les performances en terme du temps et de précision.

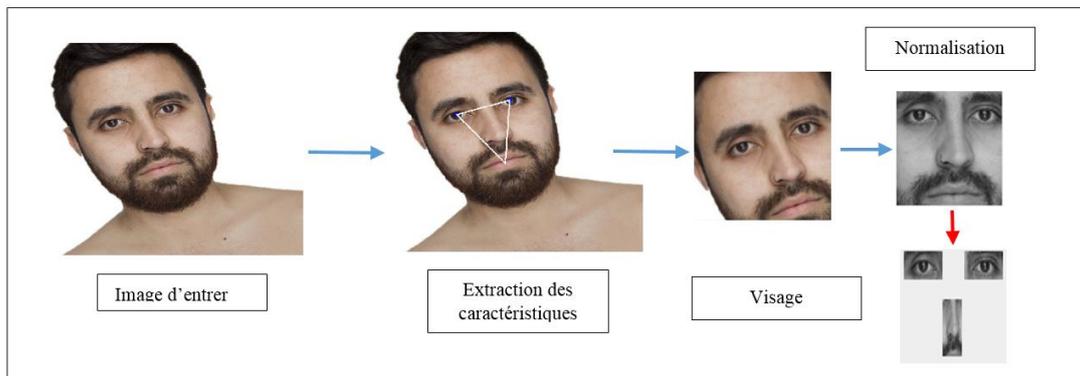


Figure 23 : Normalisation de l'image visage

6. Reconnaissance

C'est la dernière étape de notre système, dans cette étape nous avons utilisé le fameux processus de reconnaissance il s'agit de Template Matching. Étant donné que nos images sont bien normalisées, et que la base aussi a été traité de tel sort qu'elle a subi tous les traitements qu'a subi l'image à reconnaître, donc il nous reste pour la décision que de faire un parcours de toute la base de données et chercher la correspondance maximale en utilisant le Template Matching en se basant sur la distance de correspondance NCC (Normalized Cross Correlation). Nous avons utilisé un seuil de 0.80 de ressemblance pour la décision, Si la valeur maximale de

correspondance supérieur ou égale au seuil fixé alors c'est la même personne, sinon ce n'est pas la même personne.

Les exigences Pour utiliser efficacement la méthode de reconnaissance de visage les conditions suivantes sont nécessaires pour être remplies :

- L'image doit être suffisamment éclairée.
- La personne doit être face à la caméra.
- Le visage ne peut pas être couvert

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (I'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} I'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}}$$

Partie 02 : Implémentation

Dans cette section on va présenter l'environnement de développement ainsi les logiciels utilisés pour développés notre application.

1. Environnement de développement

1.1. Environnement matériel

Nous avons utilisé un ordinateur qui à les caractéristiques suivants :

Type : PC/ Microsoft surface Pro 4.

Processeur : Intel® Core™i5-6300 CPU @ 2.40GHz 2.50GHz.

Mémoire installée (RAM) : 4.00Go.

Type Système : Système d'exploitation 64bits, processeur x64.

Caméra : avant de 5,0 Mpx, Caméra arrière de 8,0 Mpx.

1.2. Environnement Logiciel

On a implémenté l'application en langage JAVA sous l'environnement Netbeans 8.2.

1.2.1. JAVA : Java est un langage de programmation orienté objet et un environnement d'exécution, développé par Sun Microsystems. Il fut présenté officiellement en 1995. Java surgit sur la grande scène d'Internet et obtient immédiatement un énorme succès. La prétention de Java est de constituer la colle universelle capable de connecter les utilisateurs aux informations, que celles-ci proviennent de serveurs web de bases de données, de fournisseurs d'informations ou de toute autre source imaginable.

1.2.2. Netbeans : est un environnement de développement intégré (IDE) a une forte orientation pour le Java bien que le logiciel, qui continue à évoluer, permette également de gérer des développements en JavaScript, Python, XML, C et C++ ainsi qu'en PHP et HTML5.

1.2.3. Opencv : OpenCV (Open Source Computer Vision Library) traitement et analyse d'images et vidéos en langage C/C++, et Linux. Avec des interfaces pour les principaux langages de programmation C, C++, Java, C#, Python. Cette bibliothèque propose manipulation et acquisition de vidéos, de données utilitaires variées, traitement d'images, analyse d'images, vision, reconnaissance de forme, interface graphique.

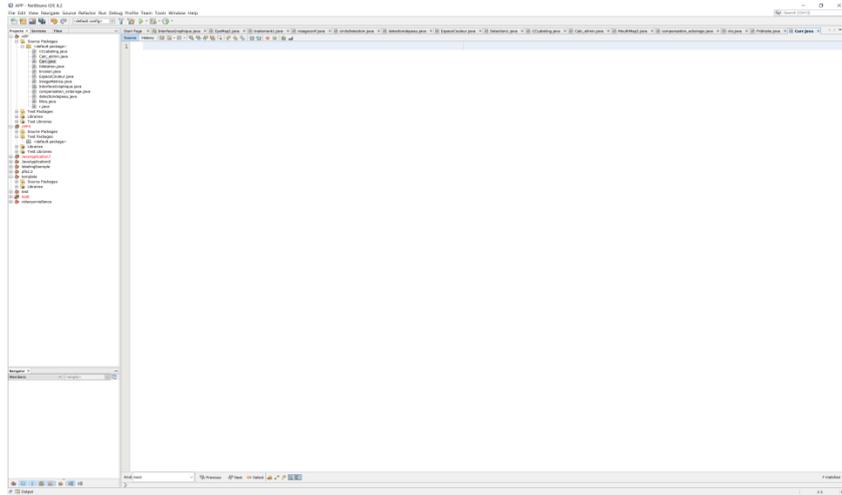


Figure 24: Environnement Netbeans



Figure 25 : Extension d'opencv

Interface de l'application

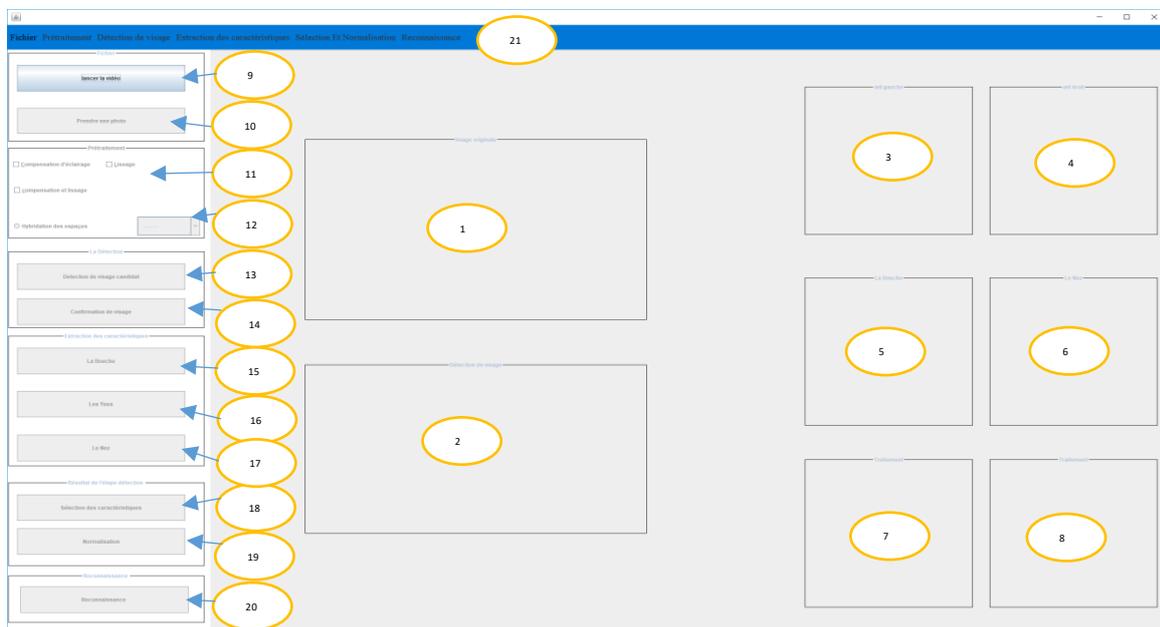


Figure 26 : Interface de notre Système

- 1 : Affichage de l'image d'entrer
- 2 : Affichage image résultat
- 3 : Affichage de l'œil gauche + iris

- 4 : Affichage de l'œil droite + iris
- 5 : Affichage bouche
- 6 : Affichage l'extraction du nez
- 7,8 : Affichage les étapes de traitement
- 9 : Bouton pour le lancement de la vidéo
- 10 : Bouton pour capturé une image
- 11 : Zone pour les prétraitements (compensation d'éclairage + lissage)
- 12 : Pour la segmentation de la couleur de peau
- 13 : Bouton pour la détection des visages candidats
- 14 : Bouton pour la confirmation des visages détectés
- 15 : Bouton pour la détection de la bouche
- 16 : Bouton pour la détection des yeux et L'iris
- 17 : Bouton pour la localisation du nez
- 18 : Bouton pour permet de sélectionner les caractéristiques faciales
- 19 : Bouton pour la normalisation
- 20 : Bouton pour la reconnaissance
- 21 : Le menu

2. Base de données

Nous avons fait notre base des images combinées avec une partie de la base de données Humane pour tester notre système de reconnaissance, notre base contient 51 personnes pour le test. Ces images sont normalisées et au niveau de gris.

3. Tests et résultats

Dans ce qui suit, on va présenter l'ensemble des captures d'écran, et des tests et des résultats de notre système dans les différents cas.

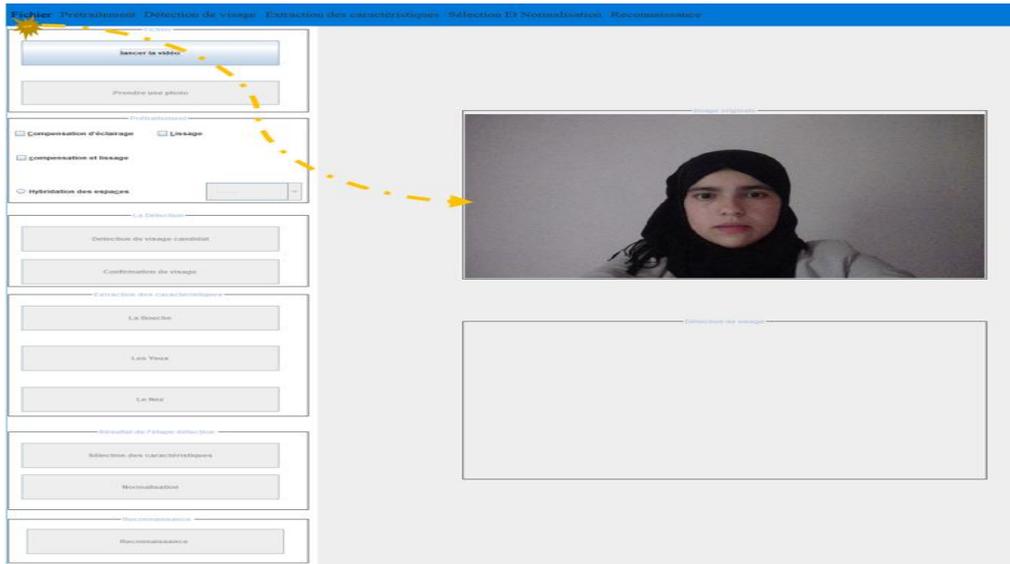


Figure 27 : Chargement de l'image

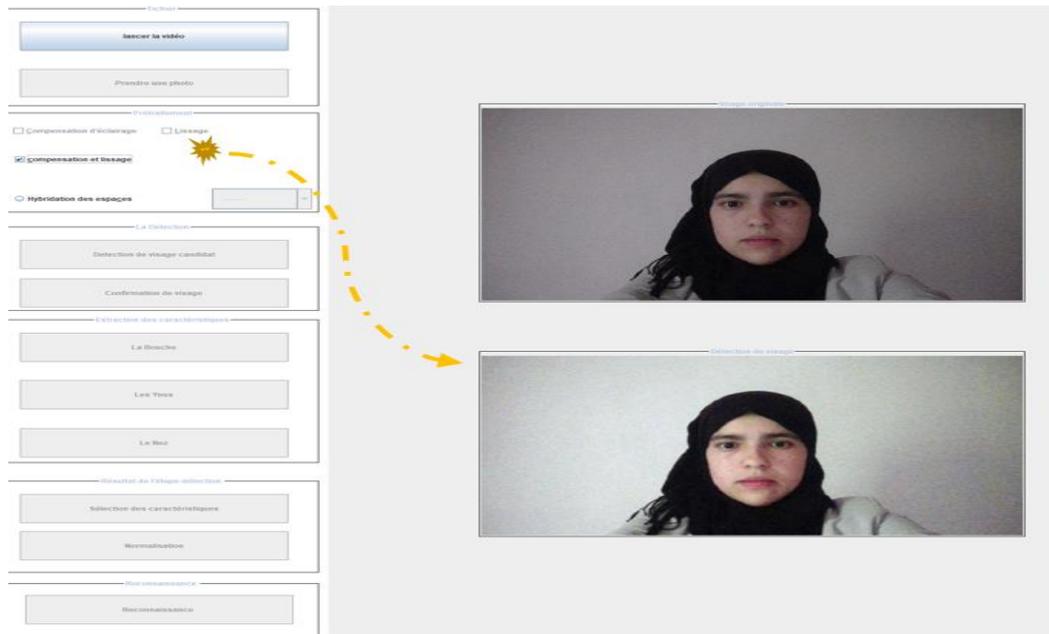


Figure 28 : Application des prétraitements

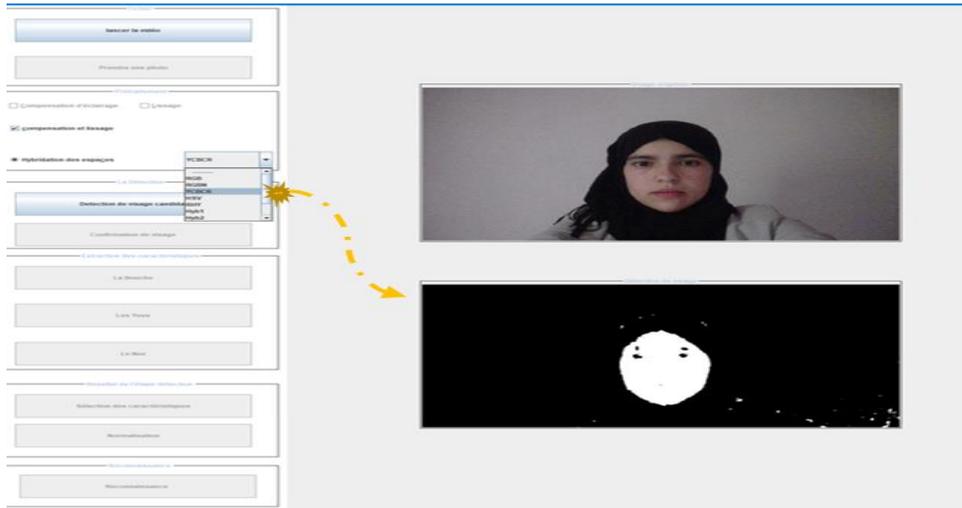


Figure 29: Segmentation de la peau

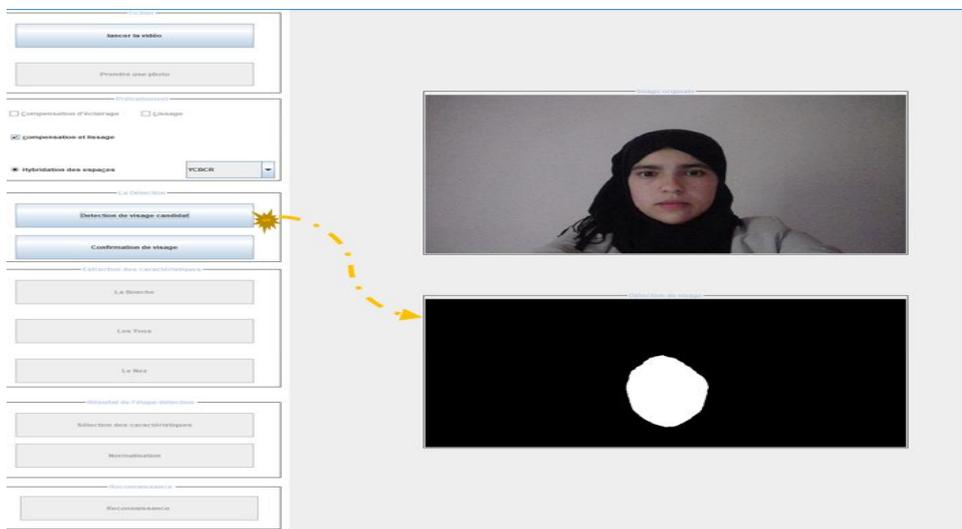


Figure 30: Détection des visages candidat

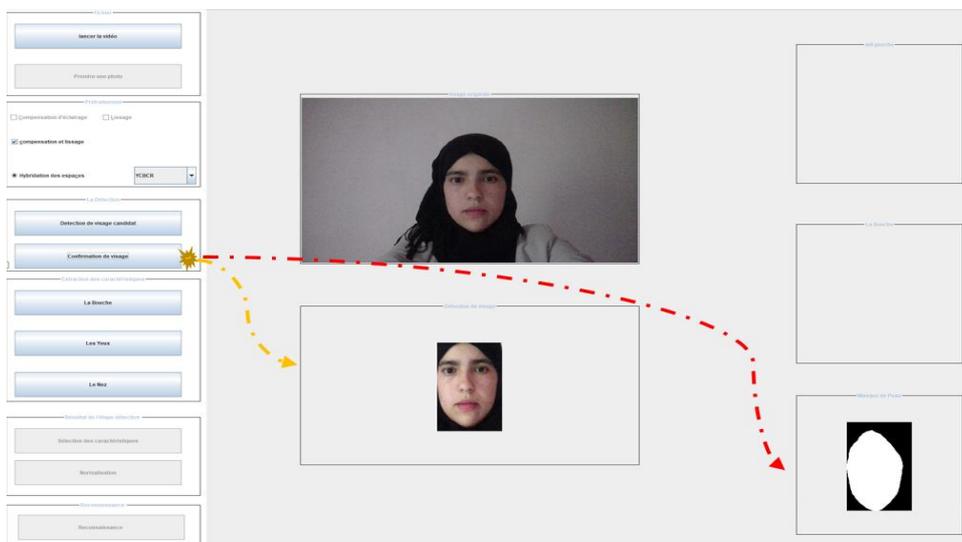


Figure 31: Confirmation de visage

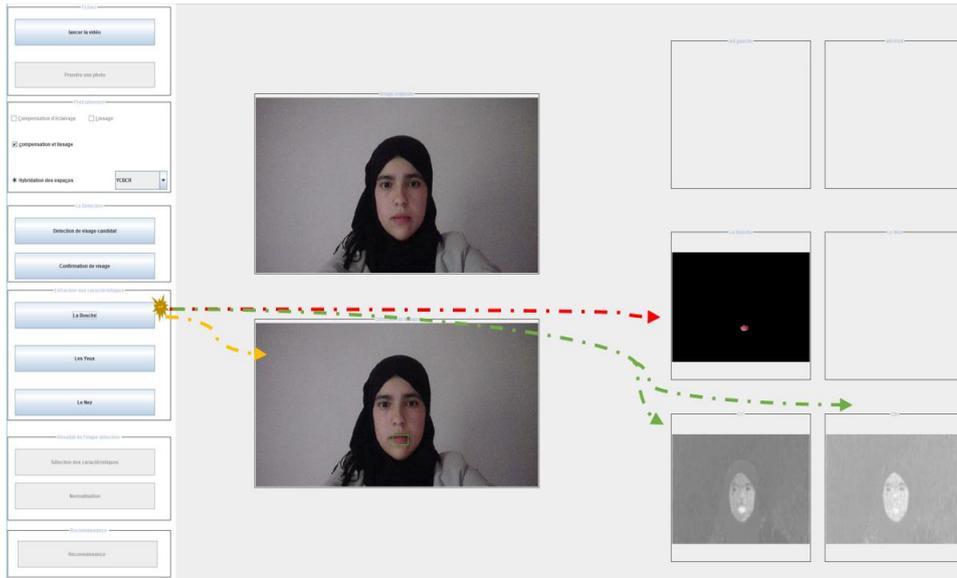


Figure 32 : Détection de la Bouche

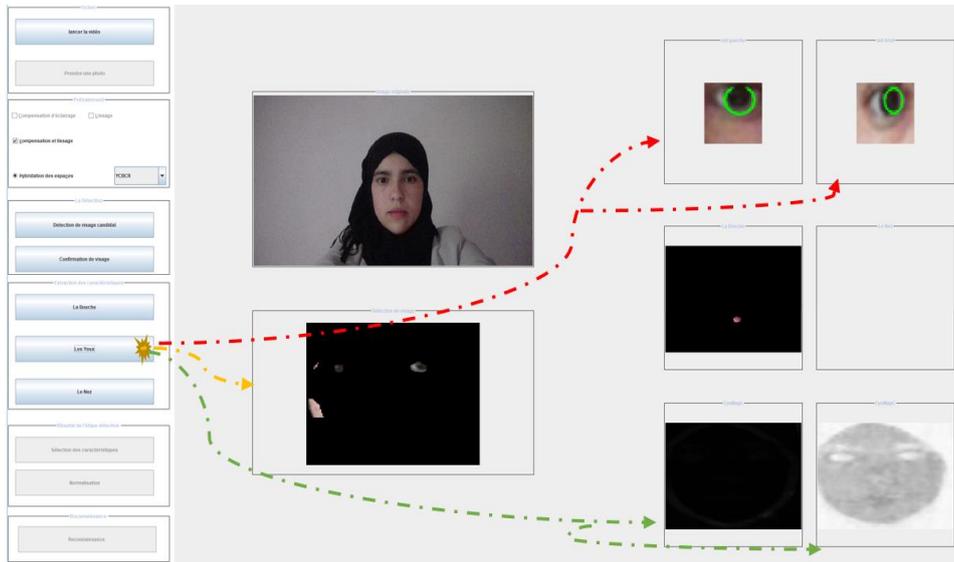


Figure 33 : Détection des yeux et localisation d'iris

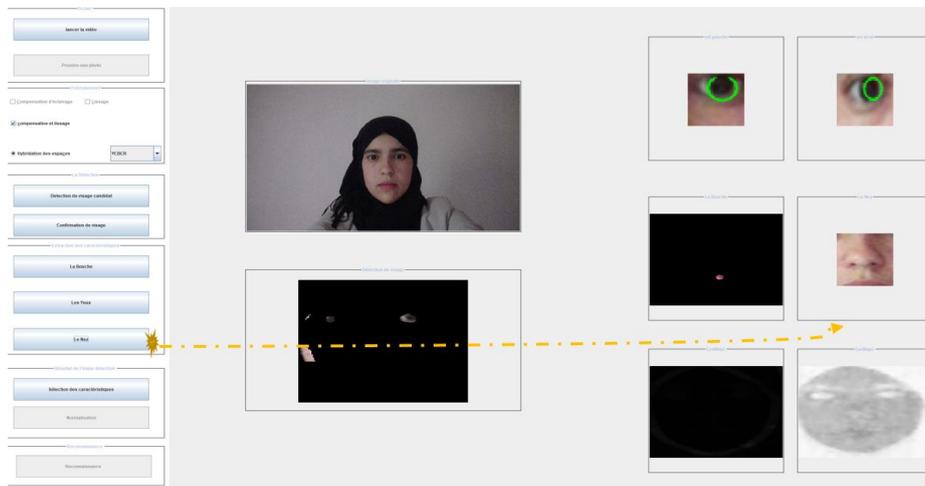


Figure 34 : Localisation du Nez

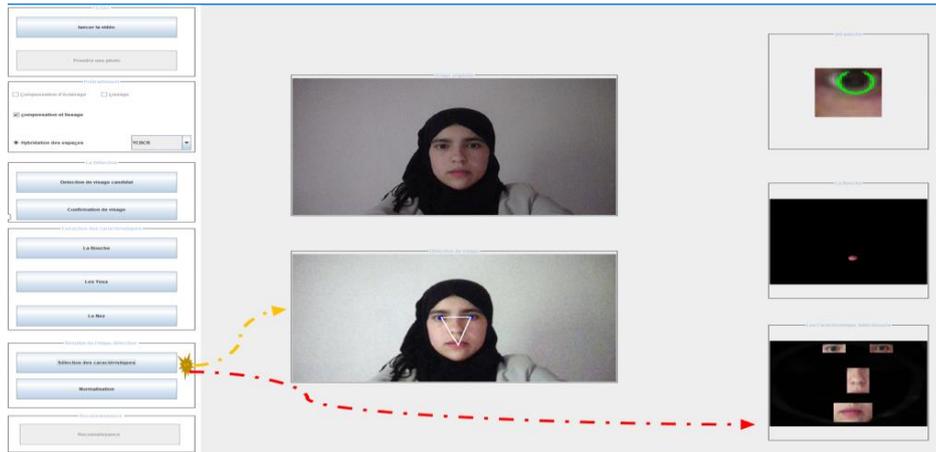


Figure 35 : Sélection des caractéristiques

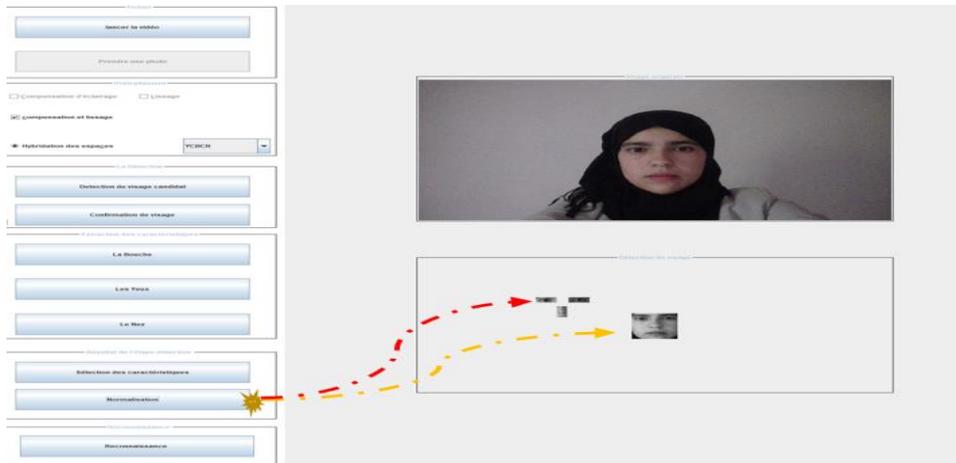


Figure 36 : Normalisation de visage et de caractéristiques

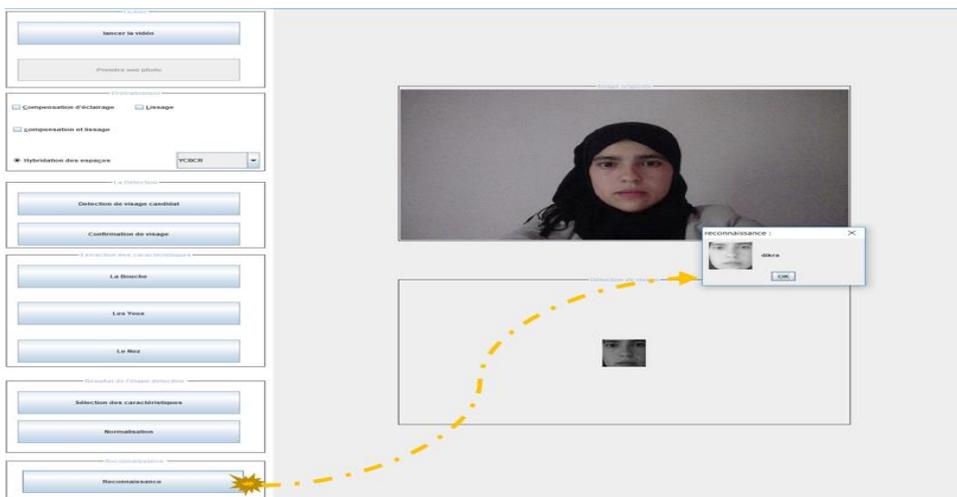


Figure 37 : Reconnaissance de visage

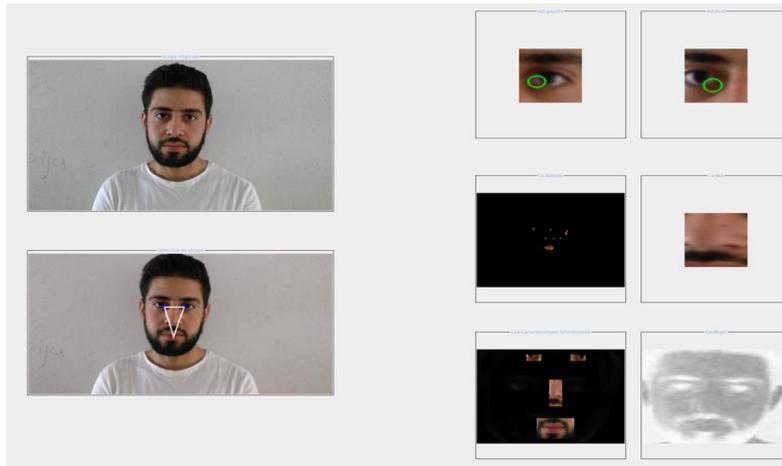


Figure 38: Test avec la barbe

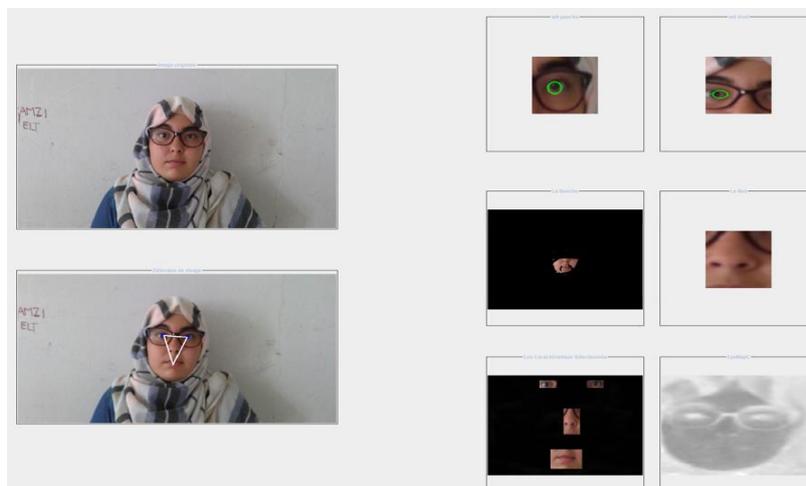


Figure 39 : Test avec des lunettes

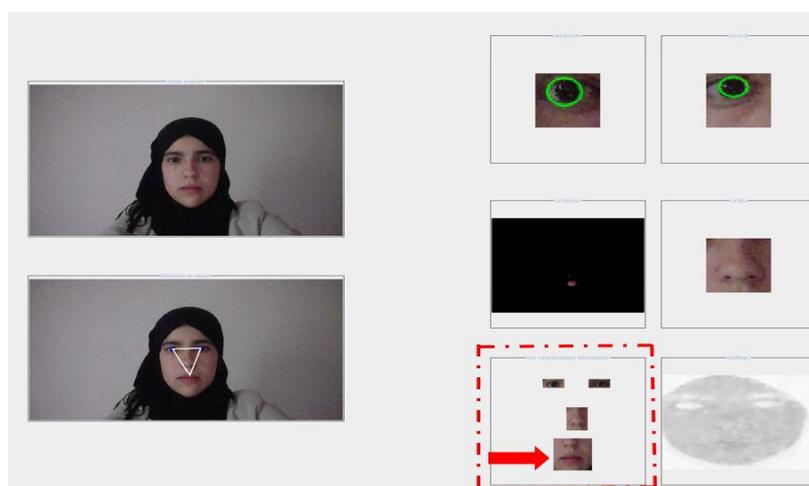
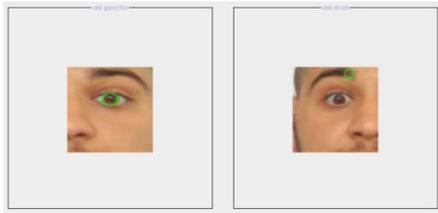


Figure 40 : Sans prétraitement et éclairage sombre

IMPLEMENTATION



Avec prétraitement de lissage



Sans prétraitement le lissage

Figure 41 : Test de la détection d'iris avec et sans prétraitement

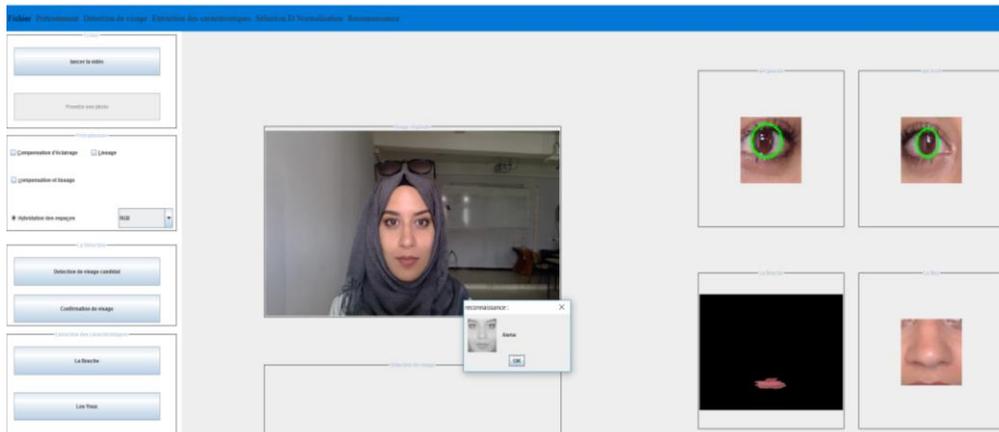


Figure 42 : Test de reconnaissance faciale

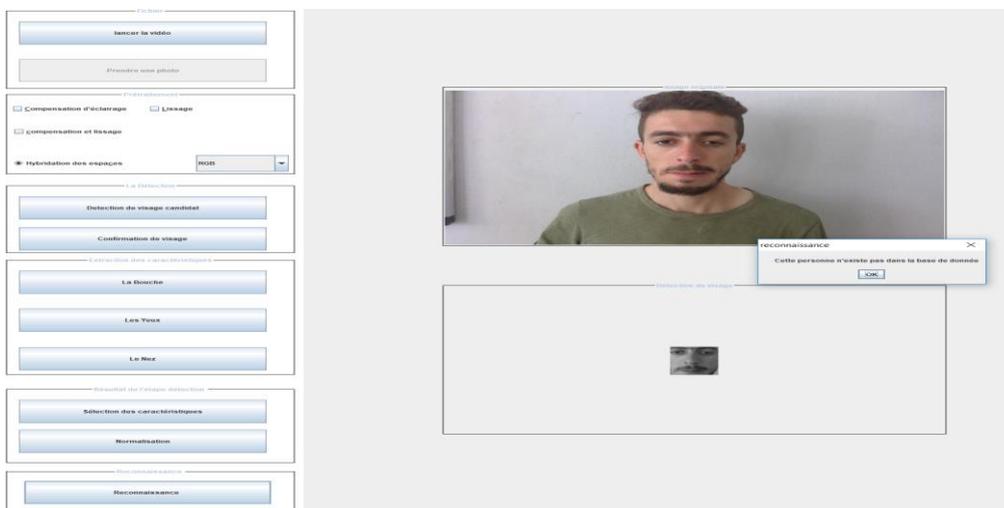


Figure 43 : Le cas où la personne n'existe pas dans la base de données

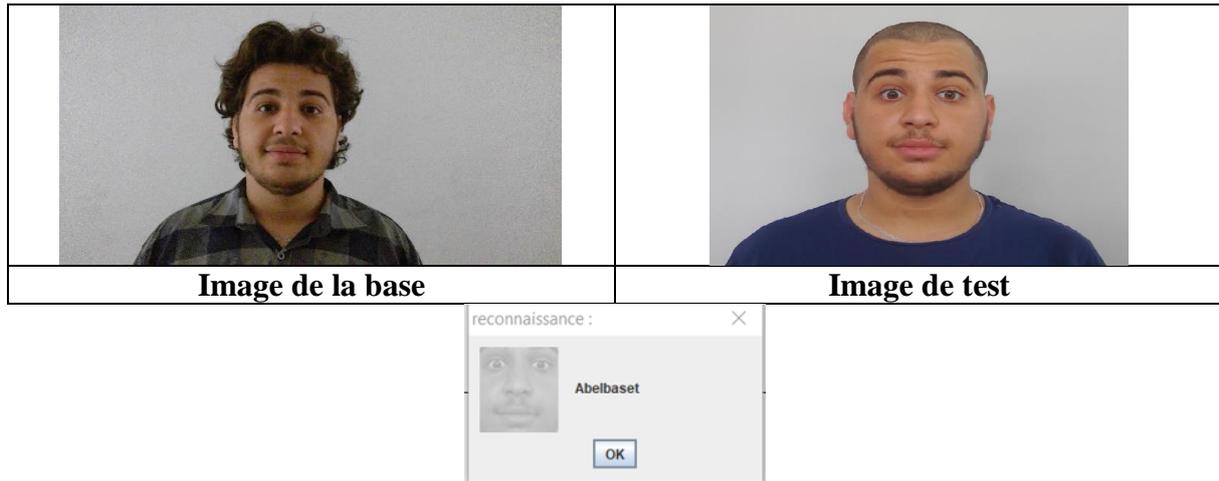


Figure 44 : Test de reconnaissance avec résultat

a. Temps d'exécution

La tache	Temps d'exécution
Compensation d'éclairage	126.24 ms
Lissage	330.83 ms
Segmentation de la peau	Au pire des cas 139.36 ms
Détection visage candidat	903 ms
Confirmation	192 ms
Détection yeux	69.66 ms
Détection bouche	25 ms
Localisation du Nez	1.2 ms
Sélection des caractéristiques	34.35 ms
Normalisation	41.17 ms
Reconnaissance	207.201 ms
Le temps total d'exécution est	2 075,63 ms

Tableau 17 : Tableau de temps d'exécution

b. Test Détection des caractéristiques

Caractéristique	Taux sur Notre base
Yeux	94%
Bouche	95%
Iris	92%
Nez	97%

Tableau 18 : Tableau de test d'extraction des caractéristiques

c. Test de reconnaissance

	Taux
Bonne reconnaissance	62.90%
Fausse reconnaissance	27,55 %
Confusion	9.55%

Tableau 19 : Test de reconnaissance de visage

4. Discussion sur les résultats obtenus

a. Points faibles :

- Les prétraitements utilisés pour améliorer la détection de la peau peuvent influencer négativement sur l'extraction des caractéristiques.
- Le mauvais éclairage affecte l'extraction des caractéristiques.
- Les images très petites (visage loin) affectent beaucoup négativement sur l'extraction des traits, ce qui influence sur tout le système.
- Dans certain cas le Template Matching n'est pas satisfaisante pour la reconnaissance.

b. Points Fort :

- Une bonne détection des visages même avec barbe, avec moustache ou portant des lunettes.
- La détection donne des bons résultats dans l'éclairage faible.
- Le système est très puissant quel que soit l'ethnie, le sexe ou l'Age des personnes.
- On a poussé le processus de de détection de peau à un stade de détection très élevée dans des conditions d'éclairage complexes (avec l'hybridation des détecteurs de peau).
- Le système est entièrement automatique, dans l'extraction des traits essentiels du visage.
- Le système permis de normaliser les visages détectés géométriquement « échelle, rotation, et position » et chrominance « niveau de gris » (sur l'image d'entrer ou les images de la base) pour faciliter la reconnaissance.
- La base pour la reconnaissance ne demande pas beaucoup de variétés des classes puisque on a réglé la plupart des cas avant de commencer la reconnaissance.
- Le temps de calcule est très satisfaisant, pour une éventuelle mise en temps réels.

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la conception de notre système en détail et les algorithmes conçus, les approches implémentées, ainsi que les interfaces de notre application et quelques résultats de tests dans les différents cas.

Nous pouvons dire que le programme réalisé permet de détecter et reconnaître les visages.

Conclusion générale et Perspectives

Au terme de ce travail nous avons traité une problématique majeure dans le domaine de la sécurité biométrique, il s'agit de la reconnaissance de visage, par la détection de la peau et l'extraction des caractéristiques faciales.

Pour la détection de visage nous avons utilisé un ensemble des caractéristiques invariantes dans le visage humain tels que : les caractéristiques globales et les caractéristiques locales.

Pour les caractéristiques globales nous avons choisi la couleur de peau, suivi par un processus de vérification de forme et de surface. Les résultats où les visages candidats de ce processus sont vérifier par la suite en utilisons les caractéristiques locales telles que les yeux, la bouche et le nez.

La variation d'éclairage est toujours un problème pour les méthodes de détection basée sur la luminance ou la chrominance, et qui a un impact négatif, qui sera très influente sur le reste du travail. Pour cela on a essayé de corriger ce problème par une compensation d'éclairage d'une part ; et d'autre part de tester des différents espaces de couleur, ainsi que des hybridations pour garder le meilleur et éliminer le maximum des fausses détections de chaque espace.

Nous avons utilisé une méthode basée sur la luminance et la chrominance pour l'extraction des caractéristiques locales de visage (Yeux et bouche).

Ensuite, l'extraction d'iris nous permet de résoudre le problème de normalisation de visage, par réglage automatique de l'orientation horizontal des yeux. Nous avons utilisé un processus de détection de contours pour la localisation d'iris.

Pour l'extraction du nez on a juste pris la zone entre les yeux et la bouche. Après toutes ces processus, le visage sera normalisé (rotation, chrominance et échelle) le résultat de cette phase sera suivi par un processus de reconnaissance.

Pour la phase de reconnaissance on a utilisé le Template Matching, afin de vérifier l'identité de la personne en entrant.

Nous estimons avoir réalisé un système répondant à l'objectif que nous nous sommes fixées au départ, à savoir la mise en œuvre d'un système permettant de détecter les visages dans des conditions complexes, d'extraire les traits et les caractéristiques locales et globales du

visage, puis normaliser en se basant sur ces derniers, et à la fin faire une reconnaissance d'individus.

Les perspectives de ce travail sont nombreuses : dans un premier temps, nous souhaitons améliorer le module d'extraction automatique de visage et de ses caractéristiques. Et d'ajouter un classifieur de Deep Learning au processus de reconnaissance pour améliorer le résultat, enrichir la base, choisir un domaine d'application réel, et aussi faire marcher tout le système en temps réels.

Enfin, le programme implémenté peut être utilisé dans le domaine de vidéosurveillance pour l'identification des personnes, l'accès, en d'autre terme dans la sécurité en générale. Cependant, et comme tout modèle, des améliorations restent toujours à apporter sur ce travail.

Bibliographie

- [1] T.Sakai et al, « Computer analysis and classification of human faces », in Proc, First USA-Japan Computer Conference, p. 27, 1972.
- [2] G. Yang and T. S. Huang. "Human Face Detection in Complex Background," Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp. 53-63, 1994.
- [3] L. Xiaohua et al « Face detection using simplified gabor features and hierarchical regions in a cascade of classifiers ». Pattern Recognit Lett 30:717–728, 2009.
- [4] A. Verma et al « Face detection using skin color modeling and geometric feature ». International conference on informatics, electronics and vision (ICIEV). IEEE, pp 1–6, 2014.
- [5] F.A. Pujol et al « Face detection based on skin color segmentation using fuzzy entropy ». Entropy 19:26, 2017.
- [6] M. Kim, et al « New fuzzy skin model for face detection ». Adv Artif Intell 3809:557–566, 2005.
- [7] T. Barbu « Pedestrian detection and tracking using temporal differencing and HOG features ». Comput Electr Eng 40:1072–1079, 2014.
- [8] S. Chaichulee et al « Multi-task convolutional neural network for patient detection and skin segmentation in continuous noncontact vital sign monitoring ». In: 12th IEEE international conference on automatic face and gesture recognition, 2017.
- [9] A. Carlsson et al « Automatic detection of images containing nudity ». Master Thesis In intelligent systems design, 2008.
- [10] T. Chin, « Fuzzy skin detection. Thesis, Master of Science », Universiti Teknologi Malaysia, 2008.
- [11] H. Zedadra et al « Réalisation d'un système de reconnaissance de visage basée sur les caractéristiques biométriques (SkinMap, EyeMap, MouthMap) : application de la vidéosurveillance. » Mémoire Master informatique, Université 8 mai 1945 Guelma, 2016.
- [12] B. Soufiane, « Détection et Identification de Personne par la Méthode Biométrique », Mémoire de Magister en Electronique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO).
- [13] H. Sevimli et al, « Adult image content classification using global features and skin region detection ». In: Proceedings of the 25th international symposium on computer and information sciences. London, UK, pp 253–258, 2010.
- [14] M. Perez, et al, « Video pornography detection through deep learning techniques and motion information ». Neurocomputing 230:279–293, 2017.

- [15] H.MaW « Content based image indexing and retrieval ». In : Handbook of Multimedia Computing . CRC Press, pp 227–254,1999.
- [16] S.GUERFI « Authentification d'individus par reconnaissance de caractéristiques biométriques liées aux visages 2D/3D » THÈSE Doctorat ,l'Université Evry Val d'Essonne Spécialité: Sciences de l'Ingénieur, octobre 2008
- [17] A .Albiol et al,« A simple and efficient face detection algorithm for video database applications ». In: International conference on image processing, vol 2. IEEE, Vancouver, BC, Canada, pp 239-242,2000.
- [18] B.Khefif « Mise au point d'une application de reconnaissance faciale » Mémoire de Master en Informatique,Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen, 2012/2013
- [19] R.Chellappa et al « Human and machine recognition of faces : A survey, Proc IEEE 83,5, 1995
- [20] Brunelli et al « Face recognition : Feature versus templates», IEEE Trans,Pattern Anal,Mach,Intell,15,1042-1052,1993.
- [21] Valentin et al « Connectionist models of face processing : A survey » , Pattern Recog,27 , 1209-1230,1994 .
- [22] Demirel et al « Adaptive automatic facial feature segmentation» , IEEE Proc,277-282,1996.
- [23] N.Oliver et al, «LAFTER: A real-time face and lips tracker with facial expression recognition». Pattern Recognit 33:1369–1382, 2000.
- [24] J.Yang et al «Skin-Color Modeling and Adaptation» , Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA 15213, USA, 1998
- [25] MH.Yanget al «Detecting human faces in color images» . In : IEEE international conference on image processing. IEEE, Chicago, Illinois, USA, pp 127–130,1998
- [26] P.Peer et al «An automatic human face detection method» . In : Proceedings of computer vision winter workshop. pp 122–130,1999
- [27] LM .Bergasa et al , «Unsupervised and adaptive gaussian skin-color model. Image Vis Comput 18:987–1003, 2000
- [28] D.Brown et al « A som based approach to skin detection with application in real time systems». In: Proceedings of the british machine vision conference. Citeseer, pp 491–500, 2001.
- [29] KM .Choet al« Adaptive skin-color filter», Pattern Recognition 34:1067–1073, 2001.
- [30] T.Trang « A New Efficient Approach to Detect Skin in Color Image Using Bayesian Classifier and Connected Component Algorithm » Mathematical Problems in Engineering Volume 10 pages Article ID 5754604, 2018.

- [31] S.Naji Hamid et al « A survey on skin detection in colored images » Computer Science and Information Technology, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia, 2018.
- [32] D .Chaïet al , «Skin color detection for face localization in human-machine communications». In: Sixth international symposium on signal processing and its applications. IEEE, pp 343–346, 2001.
- [33] MJ .Jones et al, « Statistical color models with application to skin detection». *Int J Comput Vis* 46(1):81–96, 2002 .
- [34] JY .Lee et al «An elliptical boundary model for skin color detection». In : Proceedings of the international conference on imaging science, systems, and technology, 2002
- [35] J.Kovac et al, «Human skin colour clustering for face detection». In: *The IEEE region computer as a tool*, vol 2. pp 144–148, 2003.
- [36] L .Sigal, et al «Skin color-based video segmentation under time-varying illumination». *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 26:862–877, 2004.
- [37] N .Sebe et al, «Skin detection: a bayesian network approach. In: Proceedings of the 17th international conference on pattern recognition». IEEE, Cambridge, UK, pp 903–906, 2004.
- [38] I .Zaqout et al «Human face detection in color images». *Adv Complex* 7:369–383, 2004.
- [39] WC .Chen et al «Region-based and content adaptive skin detection in color images». *Int J Pattern Recognit Artif Intell* 21:831, 2007.
- [40] HC .Doet et al, «Skin color detection through estimation and conversion of illuminant color under various illuminations». *IEEE Trans Consum Electron* 53:1103–1108, 2007.
- [41] P .Vadakkapat et al « Multimodal approach to human face detection and tracking». *IEEE Trans Ind Electron* 55:1385–1393, 2008.
- [42] J .Han et al, «Automatic skin segmentation and tracking in sign language recognition». *Comput Vis IET* 3:24–35, 2009.
- [43] AY .Taqa et al «Increasing the reliability of skin detectors». *Sci Res Essays* 5:2480–249, 2010.
- [44] D .Yuetao et al «Research of face detection in color image based on skin color». *Energy Proc* 13:9395–9401, 2011.
- [45] W .Tan et al «A fusion approach for efficient human skin detection». In : *IEEE transactions on industrial informatics*. pp 1–1, 2012.
- [46] SA .Naji, «Human face detection from colour images based on multi-skin models, rule-based geometrical knowledge and artificial neural network». Ph.D. Thesis, University Of Malaya, Malaysia, 2013.

- [47] MZ .Osman et al, « Towards integrating statistical color features for human skin detection». *World Acad Sci Eng Technol Int J Comput Electr Autom Control Inf Eng* 10:317–321, 2016.
- [48] N .Razmjooy et al, « A hybrid neural network imperialist competitive algorithm for skin color segmentation». *Math Comput Model* 57:848–856, 2013.
- [49] H .Al-Mohair et al, «Color space selection for human skin detection using color-texture features and neural networks». In: *International conference on computer and information sciences (ICCOINS)*, 2014.
- [50] KTA .Siddiqui et al, «Estimation and prediction of evolving color distributions for skin segmentation under varying illumination». In: *Proceedings IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, Hilton Head, SC, USA. pp 152–159, 2015.
- [51] A .Nadian-Ghomsheh « Pixel-based skin detection based on statistical models». *J Telecommun Electron Comput Eng JTEC* 8:7–14, 2016.
- [52] MR .Mahmoodi, « High performance novel skin segmentation algorithm for images with complex background». *arXiv:1701.05588*, 2017.
- [53] SL .Varma et al «Human skin detection using histogram processing and gaussian mixture model based on color spaces». In: *2017 international conference on intelligent sustainable systems (ICISS)*. IEEE, pp 116–120, 2017.
- [54] Y .Kim et al, «Convolutional neural networks and training strategies for skin detection». In: *2017 IEEE international conference on image processing (ICIP)*. IEEE, pp 3919–3923, 2017.
- [55] V .Vladimir et al «A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques», *Graphics and Media Laboratory*, Moscow State University, Moscow, Russia, 2003.
- [56] M.F.Augustejin et al « Identification of human faces through texture based feature recognition and neural network technologie », *Proc. IEEE Conf. Neural Network*, pp. 392-398, 1993.
- [57] R.Féraud et al «Fast and Accurate Face Detection Dased on Neural Network», *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 1,pp. 42-53,Jan 2001.
- [58] D.Maio et al «Real-Time Face Location on Gray-Scale Static ImagePattern », *Recognition*, vol.33, no.9, pp. 1525-1539,sept 2000.
- [59] C.Garcia et al «Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis»,*IEEE Trans. Multimedia* vol. 1, no. 3, pp. 264-277, Sept. 1999.
- [60] H. Wu et al «Face Detection from Color Images Using a Fuzzy Pattern Matching Method», *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, no .6, pp. 557-563, June 1999

- [61] H.A. Rowley et al «Neural Network-Based Face Detection», IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, pp. 2344, Jan 1998.
- [62] H.C Vijay et al « Segmentation Algorithm for Multiple Face Detection in Color Images with Skin Tone Regions using Color Spaces and Edge Detection Techniques ». International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 2, No. 4, August, 2010.
- [63] M.-H. Yang et al, « Detecting Human Faces in Color Images », Proc. IEEE Intel Conf. Image Processing, pp. 127-139, Oct 1998.
- [64] A.J Comenarez et al «Face Detection with Information Based Maximum Discrimination », IEEE Intel Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 782-787, 1997.
- [65] K.C. Yow et al « Feature-Based Human Face Detection », Image and Vision Computing, vol. 15, no. 9, pp. 713-735, Sept. 1997.
- [66] M.S. Lew et al « Information Theory and Face Detection », Proc. Intel Conf. Pattern Recognition, pp. 601-605, Aug 1996.
- [67] K.K. Sung et al « Example-Based Learning for View-Based Human Face Detection » IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, pp. 39-51, Jan. 1998.
- [68] L. De Silva et al » Detection and tracking of facial features by using a facial feature model and deformable circular template, IEICE Trans. Inform. Systems E78–D(9), 1195–1207, 1995.
- [69] AL .Yuille et al »Feature extraction from faces using feformale templates.Int, J.Comput. Vis, 8,99-112,1992.
- [70] P .Sinha, “Processing and Recognizing 3D Forms,” PhD thesis, Massachusetts Inst. of Technology, 1995.
- [71] .Kotropoulos et al « Rule-Based Face Detection in Frontal Views. Proc. Int’l Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 4, pp. 2537-2540, 1997.
- [72] T.Kanade, “Picture Processing by Computer Complex and Recognition of Human Faces,” PhD thesis, Kyoto Univ., 1973.
- [73] J .Colmenarez et al, »Pattern detection with information-based maximum discrimination and errir bootstrapping, in Proc, Of International conference on pattern recognition, 1998.
- [74] M .Turk et al “Eigenfaces for Recognition,” J. Cognitive Neuroscience, vol. 3, no. 1, pp. 71-86, 1991.
- [75] HA .Rowley et al «Neural Network based Face Detection", IEEE Trans, Pattern Anal. Mach, Intell, 23-38, 1998.
- [76] B .Ruijsscher. « FPGA based accelerator for real-time skin segmentation », vol 4. Msc. Thesis, Delft University of Technology, Mekelweg, 2006.

- [77] HA .Jalab et al, « Human computer interface using hand gesture recognition based on neural network ». In: 5th national symposium on information technology: towards new smart world (NSITNSW). IEEE, pp 1–6,2015.
- [78] SS .Rautaray et al «Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey ». *Artif Intell Rev* 43:1–54,2015.
- [79] W .Tan et al« A fusion approach for efficient human skin detection ». In: *IEEE transactions on industrial informatics*. pp 1–1,2012.
- [80] A. S. Tolba et al »Face Recognition : A Literature Review, *international journal of digital processing* vol 2 no2, issn 1304-4494, 2005.
- [81] W .Andrew et al« Face recognition and its applications », IBM T.J.Watson Research Center- USA, 2003.
- [82] M. Kirby et al »Application of the Karhunen-Loeve Procedure for the Characterization of Human Faces, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v.12 n.1, p.103-108, January 1990
- [83] I.Craw et al » Face recognition by computer. In *Proceedings, British Machine Vision Conference*. 489--507. 1996.
- [84] M.Baback et al » Probabilistic Visual Learning for Object Representation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v.19 n.7, p.696-710, July 1997
- [85] I.Biederman et al, » psychophysical analysis of object and face recognition. In *Face Recognition: From Theory to Applications*, H. Wechsler, P. J. Phillips, V. Bruce, F. F. Soulie, and T. S. Huang, Eds. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 1998.
- [86] K.Etemad et al« Discriminant analysis for recognition of human face images. *J. Opt. Soc. Am. A* 14, 1724--1733. 1997.
- [87] W.Zhao et al, «Robust image based 3d face recognition, University of Maryland at College Park, College Park, MD, 1999 .
- [88] K.JieWang et al »Pattern Recognition Letters Selecting discriminant eigenfaces for face recognition Volume 26, Issue 10, Pages 1470-1482,15 July 2005.
- [89] T.Kanade, » Computer recognition of human faces. Birkhauser, Basel, Switzerland, and Stuttgart, Germany, 1973.
- [90] M. Kelly, »Visual identification of people by computer. Tech. rep. AI-130, Stanford AI Project, Stanford, CA. 1970.
- [91] J. Cox et al, » Feature-Based Face Recognition Using Mixture-Distance, *Proceedings of the 1996 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, p.209, June 18-20, 1996

- [92] B. S Manjunath et al “feature based approach to face recognition. In Proceedings”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 373--378. 1992.
- [93] K.Okada et al, “The Bochum/USC Face Recognition System and how it fared in the FERET Phase III Test”. In Face Recognition: From Theory to Applications, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 186--205. 1998.
- [94] L. Wiskott et al »Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v.19 n.7, p.775-779, July 1997.
- [95] A. V.Nefian, et al, »Markov models for face recognition. In Proceedings, International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2721--2724. 1998.
- [96] F.Samaria, « Face recognition using hidden markov models. Ph.D. dissertation. University of Cambridge, Cambridge, U.K. 1994.
- [97] F.Samaria et al, » HMM based architecture for face identification. Image Vis. Comput. 12, 537--583. 1994.
- [98] S.Lawrence et al,» Face recognition: A convolutional neural-network approach. IEEE Trans. Neural Netw. 8, 98--113. 1997.
- [99] A.Pentland et al, »View-based and modular eigenspaces for face recognition. In Proceedings, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1994.
- [100] A. Lanitis et al, » Automatic face identification system using flexible appearance models, Image Vis. Comput. 13 (5) 393–401, 1995.
- [101] P.Penev et al, » Local feature analysis: A general statistical theory for object representation. Netw.: Computat. Neural Syst. 7, 477—500, 1996.
- [102] J.Huang et al, » Component-based face recognition with 3D morphable models. In Proceedings, International Conference on Audio- and Video-Based Person Authentication. 2003.
- [103] W. Zhao,R et al, » Face recognition: A literature survey, Volume 35 Issue 4,Pages 399-458 ,December 2003.
- [104] P. Sinha, et al» Face Recognition by Humans: 19 Results all Computer Vision Researchers Should Know About. Proceedings of the IEEE,1948-1962, 2006.
- [105] A.J. O’Toole et al, » Low-dimensional representation of faces in higher dimensions of the face space, Opt. Soc. Am. 10 (3), 405–411,1993.
- [106] R.P.W. Duin. «Small sample size generalization, in: G. Borgefors (Eds.), SCIA’95, Proceeding of the Ninth Scandinavian Conference on Image Analysis, vol. 2, Uppsala, Sweden, 6–9, pp. 957–964, 1995.

- [107] A. Martinez, et al, »PCA versus LDA. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 23 (2) 228–233, 2001.
- [108] P. Belhumeur et al, »fisherfaces: recognition using class specific linear projection, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 19 (7) 711–720, 1997.
- [109] B.S. Manjunath et al, » A feature based approach to face recognition”, in: Proceedings, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 373–378, 1992.
- [110] S.C. Chen et al « FLDA applicable to face recognition with one sample per person, Pattern Recognition 37 (7), 1553– 1555, 2004.
- [111] L. Wei et al« Comparison of Hand Segmentation Methodologies for Hand Gesture Recognition » Information Technology, ITSIm 2008. International Symposium, Vol 2, 2008.
- [112] M. InayatUllah« Hand Gesture Detection & Recognition System ». Master’s Thesis, Computer Engineering, Dalarna University, Sweden, 2011.
- [113] M.PatilPrajakta et al « Robust Skin Color Detection And Tracking Algorithm », International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 1 Issue 8, October 2012.
- [114] R. Rosalyn et al «Performance of Histogram-Based Skin Colour Segmentation for Arms Detection in Human Motion Analysis Application ». International Journal of Electrical and Computer Engineering 4:15, 2009.
- [115] Kr Sanjay et al « A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm », Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 6, No. 4, pp. 227-234, 2003.
- [116] S. Lam Phung et al « Skin Segmentation Using Color and Edge Information », Proceedings Seventh International Symposium on Signal Processing and Its Applications, vol. 1, 2003.
- [117] A. Abadpour et al « Pixel-Based Skin Detection for Pornography Filtering »; Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering, Vol. 1, No. 3, July 2005.
- [118] D. Zarit et al « Comparison of Five Color Models in Skin Pixel Classification», Proceedings. International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems, 1999.
- [119] J.A. Tomaschitz et al « Skin Detection applied to Multi-racial Images », 16th International Conference on Systems, Signals and Image Processing. IWSSIP, 2009.
- [120] Q.Liu et al « A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm ». 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, 2010.

- [121] A. YahyaDawod et al « A New Method for Hand Segmentation Using Free-Form Skin Color Model », 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010.
- [122] V. Vezhnevets et al « A Comparative Assessment of Pixel-based Skin Detection Methods », Technical report, Graphics and Media Laboratory, Moscow State University, 2005.
- [123] O.Delalleau, « Extraction hiérarchique de caractéristiques pour l'apprentissage à partir de données complexes en haute dimension », Rapport, aout 2008.
- [124] R.Jourani, « Reconnaissance de visage », diplôme des études supérieures approfondies, Université Mohammed V-Agdal de Rabat, 2006.
- [125] G.Shakhnarovich et al « Face Recognition in Subspaces », Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory and Mitsubishi Electric Research Labs, USA, 2011.
- [126] M.Hamiruce « The Impact of Light Compensation on the Performance of Parametric Skin Detection Model ». International Journal of December, 2011.
- [127] A. Garg, « Converting American Sign Language To Voice Using RBFNN », Master's Thesis, Computer Science, Faculty of San Diego State University, Summer 2012.
- [128] L.Xingyan, « Vision Based Gesture Recognition System With High Accuracy », Department of Computer Science, the University of Tennessee, Knoxville, TN 37996-3450, 2005.
- [129] K.Sandeep et al « Human Face Detection in Cluttered Color Images Using Skin Color and Edge Information », Department of Electrical Engineering Indian Institute of Technology – Madras Chennai - 600 036, India, 2011.
- [130] S.Singh et al « Recognizing and Interpreting Sign Language Gesture for Human Robot Interaction », International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Vol.52, No.11, August 2012.
- [131] S.Rajashekar « Composite Feature-Based Face Detection Using Skin Color Modeling and SVM Classification », Master's Thesis, Computer Science, Utah State University, 2012.
- [132] JC .Russ, «The image processing handbook. CRC Press, Boca Raton,2007.
- [133] M .Sonka et al, «Image processing, analysis, and machine vision». Thomson Corporation, Stamford, 2008.
- [134] P. Kakumanu et al, « A survey of skin-color modeling and detection methods. Pattern Recognit 40 : 1106–1122, 2007.
- [135] S. Yessaadi « Un modèle basé Template Matching/ Réseau de Neurones pour la Reconnaissance des visages », Présenté en vue de l'obtention du diplôme de magister, université Badji Mokhtar Annaba, 2006.

- [136] X. Lu, « Image Analysis for Face Recognition », Dept. of Computer Science & Engineering Michigan State University, 2003.
- [137] K. Bouchra, « Mise au point d'une application de reconnaissance faciale », Mémoire pour l'obtention du diplôme de master en informatique, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, novembre 2013.
- [138] M. Wang et al « Deep Face Recognition: A Survey » School of Information and Communication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, China 2019.
- [139] M. Ghazi et al «A comprehensive analysis of deep learning based representation for face recognition. In CVPR Workshops, volume 26, pages 34–41, 2016.
- [140] G. Hu et al, « face recognition meets with deep learning: an evaluation of convolutional neural networks for face recognition. In ICCV workshops, pages 142–150, 2015.
- [141] A. Fernandez et al, « Human body parts contextual and skin color region information for locating human body parts ». J Comput Inf Technol 1(1):1–16,2012.
- [142] N. Ghomsheh et al « Pixel-based skin detection based on statistical models ». J Telecommun Electron Comput Eng JTEC 8:7–14, 2016.
- [143] SL .Varma et al « Human skin detection using histogram processing and gaussian mixture model based on color spaces ». In: 2017 international conference on intelligent sustainable systems (ICISS). IEEE, pp 116–120,2017.
- [144] S . Naji et al « Skin segmentation based on multi pixel color clustering models ». Digit Signal Process 22,933–940,2012.
- [145] S . Roheda, « A multi-scale approach to skin pixel detection ». Electron Imaging 2017:18–23,2017.
- [146] AY. Taqa et al « Increasing the reliability of fuzzy inference system-based skin detector ». Am J Appl Sci 7:1129–1138,2010.
- [147] N . Razmjoooy et al «A hybrid neural network imperialist competitive algorithm for skin color segmentation. Math Comput Model 57:848–856, 2013.
- [148] Y .Kim et al «Convolutional neural networks and training strategies for skin detection. In: 2017 IEEE international conference on image processing (ICIP). IEEE, pp 3919–3923, 2017.
- [149] H.Al-Mohair et al «SA .Suandi, Color space selection for human skin detection using color-texture features and neural networks. In: International conference on computer and information sciences (ICCOINS), 2014.

- [150] J .Han et al « Automatic skin segmentation and tracking in sign language recognition. *Comput Vis IET* 3:24–35,2009.
- [151] P .Moallem et al « A novel fuzzy rule base system for pose independent faces detection ». *Appl Soft Comput* 11:1801–1810, 2011.
- [152] F. Pujol et al« Face detection based on skin color segmentation using fuzzy entropy ». in *Entropy* 19(1):1-22 · January 2017.
- [153] A.Gupta et al «skin segmentation using color spaces witching. *Pattern Recognit Image Anal* 26:61,2016.
- [154] A Chauhan et al, « An inventive approach for face detection with skin segmentation and multi-scale color restoration technique using genetic algorithm. *Int J Res Comput Appl Robot* 4(1):1–8.2016.
- [155] A .Hajraoui et al «Face detection algorithm based on skin detection, watershed method and gabor filters. *Int J Comput Appl* 94:33–39,2014.
- [156] WC .Chen et al « Region-based and content adaptive skin detection in color images. *Int J Pattern Recognit Artif Intell* 21:831,2007.
- [157] C.Hsieh et al, «Enhanced face-based adaptive skin color model. *15:167–176,2012.*
- [158] A .Santos et al, « human skin segmentation using fuzzy fusion based on optimized three sholds by genetic algorithms. In: *Hybrid soft computing for image segmentation. Springer,2016.*
- [159] Z .Liu et al «An efficient face segmentation algorithm based on binary partition tree. *Signal Process Image Commun* 20:295–314, 2005.
- [160] M .Kawulok et al «Spatial-based skin detection using discriminative skin-presence features. *Pattern Recognit Lett* 41:3–13,2014.
- [161] D .Yuetao et al, «Research of face detection in color image based on skin color. *Energy Proc* 13:9395–9401,2011.
- [162] K. Ghazali et al «An innovative face detection based on YCbCr color space. *Phys Proc* 25:2116–2124, 2012.
- [163] R. Lien et al «Face detection in colors images»; *Proccedings international Conference on Image Processing(ICIP)*; October 2001, pp 1046 – 1049.
- [164] A. Nusirwan et al« RGB-HCbCr Skin Colour Model for Human Face Detection », *Proc. of the MMU International Symposium on Information & Communications Technologies (M2USIC 2006)*, 2006.

- [165] R. Hafizur et al « Human Face Detection in Color Images with Complex Background using Triangular Approach»; Global Journal of Computer Science and Technology Graphics & Vision Volume 1 3 Issue 4 Version 1.0, 2013.
- [166] A. Boulemden « Fusion d'approches pour l'indexation d'images » THESE Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba 2016-2017.
- [167] Fg-net aging database. <http://www.fgnet.rsunit.com>. Dernier visite : 26/06/2019.
- [168] D. Wanget al, « Face search at scale: 80 million gallery arXiv:1507.07242, 2015.
- [169] W. Zhang et al, « Coupled information-theoretic encoding for face photo-sketch recognition. In CVPR, pages 513–520. IEEE, 2011.
- [170] Z. Zhang et al, « A face antispoofing database with diverse attacks. In ICB, pages 26–31, 2012.
- [171] I. Chingovska et al, « On the effectiveness of local binary patterns in face anti-spoofing. 2012.
- [172] J. Beveridge, et al. « The challenge of face recognition from digital point-and-shoot cameras. In BTAS, pages 1–8. IEEE, 2013.
- [173] S. Li et al « The casia nir-vis 2.0 face database. In CVPR workshops, pages 348–353. IEEE, 2013.
- [174] J. Hu, et al. « Makeup-robust face verification. In ICASSP, pages 2342–2346. IEEE, 2013.
- [175] B. Chen et al, « Cross-age reference coding for age-invariant face recognition and retrieval. In ECCV, pages 768–783. Springer, 2014.
- [176] G. Guo et al. « Face authentication with makeup changes. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 24(5):814–825, 2014.
- [177] B. Klare, et al, « Pushing the frontiers of unconstrained face detection and recognition: Iarpa janus benchmark a. In CVPR, pages 1931–1939, 2015.
- [178] Y. Guo et al, « Ms-celeb-1m: A dataset and benchmark for large-scale face recognition. In ECCV, pages 87– 102. Springer, 2016.
- [179] S. Sengupta et al, « Frontal to profile face verification in the wild. In WACV, pages 1–9. IEEE, 2016.
- [180] A. Bansal et al, « Umdfaces: An annotated face dataset for training deep networks. arXiv:1611.01484, 2016.
- [181] C. White lamet al, « Iarpa janus benchmark-b face dataset. In CVPR Workshops, pages 592–600, 2017.

- [182] T. Zheng et al, « Cross-pose lfw: A database for studying crosspose face recognition in unconstrained environments. Technical Report 18-01, Beijing University of Posts and Telecommunications, February 2018.
- [183] W. Deng et al, « Fine-grained face verification: Fglfw database, baselines, and human-dcmn partnership. *Pattern Recognition*, 66:63–73, 2017.
- [184] J. Huo et al « Webcaricature: a benchmark for caricature face recognition. arXiv:1703.03230, 2017.
- [185] T. Zheng et al « Cross-age lfw: A database for studying cross-age face recognition in unconstrained environments. arXiv:1708.08197, 2017.
- [186] M. Wang et al, « Racial faces in-the-wild : Reducing racial bias by deep unsupervised domain adaptation. arXiv : 1812. 00194, 2018.
- [187] Ms-celeb-1m challenge 3. <http://trillionpairs.deepglint.com>. Dernier visite : 26/06/2019.
- [188] A. Tran et al, « Regressing robust and discriminative 3d morphable models with a very deep neural network. In *CVPR*, pages 1493–1502. IEEE, 2017.
- [189] F. Schroff, et al, « Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. In *CVPR*, pages 815– 823, 2015.
- [190] O. Parkhi et al. « Deep face recognition. In *BMVC*, volume 1, page 6, 2015.
- [191] I. Kemelmacher et al, « The megaface benchmark: 1 million faces for recognition at scale. In *CVPR*, pages 4873–4882, 2016.
- [192] A. Nech et al, « Level playing field for million scale face recognition. In *CVPR*, pages 3406–3415. IEEE, 2017.
- [193] Y. Taigman et al, « Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In *CVPR*, pages 1701–1708, 2014.
- [194] Y. Sun et al, « Deep learning face representation by joint identification-verification. In *NIPS*, pages 1988– 1996, 2014.
- [195] Y. Sun et al, « Deepid3: Face recognition with very deep neural networks. arXiv:1502.00873, 2015.
- [196] F. Schroff et al, « Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. In *CVPR*, pages 815– 823, 2015.
- [197] J. Liu et al, « Targeting ultimate accuracy: Face recognition via deep embedding. arXiv:1506.07310, 2015.
- [198] O. Parkhi et al. « Deep face recognition. In *BMVC*, volume 1, page 6, 2015.
- [199] X. Wu et al, « A light cnn for deep face representation with noisy labels arXiv:1511.02683, 2015.

- [200] Y. Wen et al, « A discriminative feature learning approach for deep face recognition. In ECCV, pages 499–515. Springer, 2016.
- [201] W. Liu et al. « Large-margin softmax loss for convolutional neural networks. In ICML, pages 507–516, 2016.
- [202] X. Zhang et al, « Range loss for deep face recognition with long-tail. arXiv:1611.08976, 2016.
- [203] R. Ranjan, et al, « L2-constrained softmax loss for discriminative face verification. arXiv:1703.09507, 2017.
- [204] F. Wang et al, « Normface: l_2 hypersphere embedding for face verification. arXiv:1704.06369, 2017.
- [205] Y. Liu et al, « Rethinking feature discrimination and polymerization for large-scale recognition, arXiv:1710.00870, 2017.
- [206] M. Hasnat et al. « von mises-fisher mixture model-based deep learning: Application to face verification. arXiv:1706.04264, 2017.
- [207] J. Deng, Y. Zhou, and S. Zafeiriou. Marginal loss for deep face recognition. In CVPR Workshops, volume 4, 2017.
- [208] W. Liu et al, « Sphereface: Deep hypersphere embedding for face recognition. In CVPR, volume 1, 2017.
- [209] X. Qi et al, « Face recognition via centralized coordinate learning. arXiv:1801.05678, 2018.
- [210]] F. Wang et al, « Additive margin softmax for face verification. arXiv:1801.05599, 2018.
- [211] H. Wang, et al, « Large margin cosine loss for deep face recognition, 2018.
- [212] J. Deng, et al, « Additive angular margin loss for deep face recognition. arXiv:1801.07698, 2018.
- [213] Y. Zheng, et al, « Convex feature normalization for face recognition. In CVPR, June 2018.
- [214] C. Kotropoulos et al, « Rule-Based Face Detection in Frontal Views. Proc. Int'l Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 4, pp. 2537-2540, 1997.
- [215] M. Kocka et al, « Tracking regions of human skin through illumination changes. Pattern Recognit Lett 24,1715–1723, 2003.
- [216] J C. Terrillon et al, « Comparative performance of different skin chrominance models and chrominance spaces for the automatic detection of human faces in color images. In: Fourth IEEE international conference on automatic face and gesture recognition. IEEE, Grenoble, France, pp 54–61,2000.

- [217] J .Ahlberg et al, « Extraction and coding of face model parameters. M.Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, Linköpings University, Sweden, 1999.
- [218] MJ. Jones et al, « Statistical color models with application to skin detection. *Int J Comput Vis* 46(1):81–96, 2002.
- [219] SL. Phung et al, « Skin segmentation using color pixel classification: analysis and comparison. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 27(1):148–154, 2005.
- [220] L. Huang et al, « Human skin detection in images By MSER analysis. In: 2011 18th IEEE international conference on image processing (ICIP). IEEE, pp 1257–1260, 2011.
- [221] JPB . Casati et al, « SFA: a human skin image database based on FERET and AR facial images. In: IX workshop de Visao computational. Rio de Janeiro, 2013.
- [222] R . Khan et al, « Color based skin classification. *Pattern Recognit Lett* 33:157–163, 2012.
- [223] Q .Zhu et al, « An adaptive skin model and its application to objectionable image filtering. In: Proceedings of the 12th annual ACM international conference on multimedia. ACM, pp 56–63, 2004.
- [224] X. Tana et al, « Face recognition from a single image per person: A survey. *Pattern Recognition*, 2006.