

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunication

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Par : Slimani Yamina Merzouk Farah Radjaa

Sujet

**Traitement d'images pour la caractérisation et la
détection d'objets : application à la reconnaissance
faciale en temps réel**

Soutenu publiquement le 25 / 06 / 2023 devant le jury composé de :

Mr FEHAM Mohammed	Prof	Université de Tlemcen	Président
Mr BARKAT Abdellatif	MCA	Université de Tlemcen	Examinateur
Mr BOUABDALLAH Réda	MAA	Université de Tlemcen	Encadrant

Année universitaire : 2022 /2023

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre directeur de mémoire, Monsieur BOUABDALLAH Réda. Nous le remercions de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Nos profonds remerciements à Monsieur FEHAM Mohammed qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce travail

Nos remerciements s'adressent aussi Monsieur BARKAT Abdellatif qui nous a fait l'honneur d'examiner et juger ce modeste travail.

Nos sincères remerciements et gratitude A Mr HADJILA et l'ensemble des enseignants du Département des télécommunications pour leurs générosité et la grande patience dont Ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Ahmed

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère Khadîdja.

A mes chères sœurs : Djalila, Samira, Meryem, Dr Hind et Sara qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes frères Mohamed et Abd El Djalil .Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon binôme Farah pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Yamina SLIMANI

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma meilleure amie et mon exemple dans la vie ; Ma Maman

Mes deux frères sans qui je ne serai jamais arrivée là où je suis

Ma deuxième mère, celle qui a toujours su être là pour nous dans nos peines et nos joies, Ma grande tante maternelle Fawzia

Ma confidente, celle qui a su me relever quand j'étais au plus bas ; Souhila

Mes amours sans qui la vie ne serait qu'un océan vide Sonia, Shin et Minnet

Mes meilleurs ami.e. s pour la vie Sarah, Meriem, Nihal, Ouassila, Wahiba et Lotfi

Madame Brahami qui a toujours cru en moi

Toutes les personnes qui me soutiennent et qui me donnent l'envie d'aller de l'avant, je vous remercie.

Sans oublier ma binôme Yamina pour ses encouragements, ses conseils, son écoute et sa compréhension.

Farah Radjaa MERZOUK

Résumé

Dans la nouvelle ère ou les technologies telle que l'intelligence artificielle et la reconnaissance faciale domine notre vie, leur connaissance est primordiale.

Dans ce projet de fin d'études,nous présenterons notre application de détection de visages qui vise à améliorer l'aspect de la sécurité de la vie quotidienne à l'aide de la méthode de réseaux de neurones.Ensuite,nous exposerons les avantages de notre travail, ses défauts ainsi que quelques perspectives.

Mot clés : Reconnaissance Faciale, Sécurité, Image, IA

Abstract

In an era where technologies such as artificial intelligence and facial recognition dominate our lives, knowledge of these technologies is essential.

In this final year project, we will present our face detection application, which aims to improve the safety aspect of everyday life using the neural network method. We will then outline the advantages of our work, its shortcomings and some prospects.

Key words: Face Recognition, Security, Image, AI

ملخص

في عصر تهيمن فيه تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي والتعرف على الوجه على حياتنا ، فإن معرفتها أمر ضروري في مشروع نهاية الدراسات هذا ، سنقدم تطبيقنا الخاص باكتشاف الوجوه والذي يهدف إلى تحسين الجانب الأمني للحياة اليومية باستخدام طريقة الشبكة العصبية ، ثم سنعرض ميزة عملنا و النقائص الواجب دراستها مستقبلا و بعض وجهات النظر.

الكلمات المفتاحية: التعرف على الوجوه ، الأمن ، الصورة ذكاء إصطناعي

Table des matières

Table des matières

Résumé	IV
--------------	----

Table des matières	VI
Liste des figures	XII
Liste des tableaux	XIII
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images	
I. Introduction	2
II. Le traitement d'image	3
II.1. Historique.....	3
II.2. Définition	4
III. Numérisation de l'image.....	5
III.1. Définition.....	5
III.2. L'échantillonnage et la quantification.....	5
IV.1. Images monochromes (en noir et blanc)	6
IV.1.1. Images binaires	6
IV.1.2. Images à niveaux de gris	7
IV.2. Images Polychromes (en couleurs)	8
V. Caractéristique d'une image	9
V.1. Le Pixel.....	9
V.2. La Résolution	10
V.3. Les Dimensions.....	10
V.4. La Texture.....	10
V.5. Le Bruit.....	11
V.6. Le Contours.....	11
V.7. La Luminance	12
V.8. Les Régions.....	12
V.9. L'Histogramme	12
V.10. Le Contraste	13
VI. Le Système de traitement d'image.....	14
VI.1. Le système d'acquisition et numérisation	14
VI.2. Le système de visualisation	15
VI.3. Le système de traitement numérique des images	15
Filtrage Numérique	16
VII. Les applications du traitement d'images	19
VII.1. Domaine médical :	19

VII.2. Domaine industriel :	19
VII.3. Domaine de la sécurité :.....	19
VII.4. Autres domaines :	20
VIII. Conclusion.....	20
Chapitre II: L'intelligence Artificielle.....	
I. Introduction	21
I.1 Définition de l'intelligence artificielle	21
I. 2 Structuration	22
II. Les différentes techniques d'IA :.....	22
II.1 L'apprentissage automatique (Machine Learning)	22
II.2 Le traitement du langage naturel (NLP)	22
II.3 La vision par ordinateur.....	Error! Bookmark not defined.
III. Les avantages et inconvénients de L'IA.....	23
III.1 Avantages :	23
III.2 Inconvénients :.....	23
IV. Les domaines applications de l'IA et l'éthique	24
IV.1 Les domaines d'application.....	24
IV.2 L'éthique relatif à l'application de l'IA :	24
V. Conclusion :	26
Chapitre III : La reconnaissance faciale	
I. Introduction	28
I.1 Définition de la reconnaissance faciale :	28
I.2 Importance et application de la reconnaissance faciale :.....	28
II. Principe de fonctionnement.....	29
III. Les techniques de reconnaissance faciale.....	31
a. Les méthodes globales.....	31
b. Les méthodes locales :	32
c. Les méthodes hybrides	32
IV. Réseaux de Neurones.....	33
IV.1. Le Neurone	33
IV.2. Bases Biologiques	33
IV.3 Le Neurone Formel (Artificiel)	35
IV.4. Typesde Réseaux de Neurones	39
IV.4.1 Architecture du Réseaux de Neurones	39

IV.4.2. Connexions du Réseau de Neurones	40
IV.4.3 Réseaux de Neurones Multicouches	41
IV.4.4 Apprentissage des Réseaux de Neurones	42
IV.4.5 Le réseau de neurones convolutifs (CNN)	43
IV.4.6 Une cascade d'équations mathématiques pour la reconnaissance des visages	45
V. Principales difficultés de la reconnaissance faciale.....	46
V. Les domaines d'application de la reconnaissance faciale.....	47
VI.1 Les application de la reconnaissance faciale dans la sécurité et la surveillance	47
b- Contrôles des aéroports et aux frontières :	48
c- Retrouver les personnes disparues :	48
VI.2 Les application de la reconnaissance faciale dans la gestion de relation clients	48
a-Améliorer les expériences d'achat	48
b-Le marketing et la publicité.....	48
VI.3 Les application de la reconnaissance faciale dans la médecine et les soins de santé	49
VI.4 Les préoccupations éthiques et juridiques liées à l'utilisation de la reconnaissance faciale	49
VII Les défis de la reconnaissance faciale.....	50
VII.1 Les défis liés à la précision de la reconnaissance faciale.....	50
VII.2 Les défis liés à la fiabilité de la reconnaissance faciale.....	51
VII.3 Les défis liés à la vie privée et à la sécurité de la reconnaissance faciale	51
VIII Conclusion.....	52
Chapitre IV : Conception et implémentation	
I. Introduction	53
II. Environnement de travail	53
II.1. Hardware.....	53
II.1.1. Webcam	53
II.1.2. L'ordinateur portable	53
II.2. Software	53
□ Python	53
II.3. Les bibliothèques utilisées	54
□ Face_recognition	54
□ Open CV	54
□ NumPy	54
□ PIL	54

□ Dlib	55
□ Tkinter.....	55
□ Math.....	55
□ argparse.....	55
III. Description du programme	55
III.1. Sous-programme de reconnaissance des visages	56
III.1.1. Acquisition de l'image.....	56
III.1.2. Détection de visage	56
III.1.3 Reconnaissance du visage.....	57
III.1.4. Base de données	57
III.2. Sous-programme de détection de l'âge et du genre	58
III.2.1. Acquisition de l'image.....	58
III.2.2. Détection de visage	58
III.2.3. Détection de l'Age et du genre	59
III.4. Fonctionnalités du programme	59
IV. Test et résultats.....	61
1. Système de reconnaissance faciale :.....	61
2. Système de détection de l'âge et du genre :.....	61
V. Discussion sur les résultats obtenu	62
VI. Tableau comparatif entre la méthode CNN et LBP	62
VII. Conclusion :	63
Conclusion générale et perspectives	64
Annexe.....	65
Annexe 1 : Installation de python et des différentes bibliothèques	65
Annexe 2 : Quelques sous-programmes utilisés	67
Sous-programme de détection et de reconnaissance faciale	67
Sous-programme de détection de l'agé et du genre	70
Bibliographie	71

Liste des figures

Figure 1: Représentation d'image numérique	5
Figure 2: Quantification d'une image	6
Figure 3: Exemple d'image utilisant une quantification de 1 bit/composante primaire	6
Figure 4 : Image Binaire	7
Figure 5 : Image Monochrome	8
Figure 6 : Diagramme du système RGB	8
Figure 7: Image polychrome (65536 couleurs)	9
Figure 8: Exemple d'image 12x12 pixels.	9
Figure 9: Quelques exemples de résolutions	10
Figure 10 : (a) Image sans bruit. (b) Image avec bruit.	11
Figure 11: Contour d'une image.	12
Figure 12 : Image avec histogramme	13
Figure 13 : Schéma d'un système de traitement d'images	14
Figure 14 : Masque du filtre.....	16
Figure 15: Masque du filtre	17
Figure 16 : Principe du filtre médian.....	18
Figure 17 : Principe du filtre maximum.	18
Figure 18 : Principe du filtre minimum.	18
Figure 19 : Schéma de la structure général de l'IA.....	22
Figure 20: Les points nodaux.....	29
Figure 21 : Schéma d'un système de reconnaissance faciale	30
Figure 22 : Classification des trois méthodes de reconnaissance faciale	31
Figure 23: Représentation d'un neurone réel	34
Figure 24 : Modèle générale d'un neurone.	36
Figure 25: Fonctions de sortie des neurones.....	38
Figure 26 : Connexions directes Figure 27: Connexions récurrentes.....	40
Figure 28: Connexions directes Figure 29: Connexions récurrentes.....	40
Figure 30: Réseau de neurones multicouches	42
Figure 31: visage d'une même personne sous différent aspect.....	47
Figure 32: Base de données	57
Figure 33: reconnaissance de visage humain.....	60
Figure 34: Identification d'un visage en temps réel.....	60
Figure 35: détection de l'âge et du genre de la personne.....	61

Liste des tableaux

Tableau I: Correspondance entre le neurone biologique et le neurone formel.....	35
Tableau II: tableau comparatif entre les méthodes CNN et LBP	63

Liste des abréviations

3D : Three-Dimensional
AAM : Active Appearance Model
ADN : Acide Désoxyribonucléique
AI :Artificial Intelligence
BIC : Bayesian Information Criterion
BMP :basic metabolic panel
CNN :Convolutional Network Neurone
Dpi : Dots Per Inch
EBGM : ElasticBunch Graph Matching
GIF : Graphics Interchange Format
GMM : Gaussian Mixture Model
GUA : GaussianFilter
HD : High Definition
HMM : High Mode Multiples
JPEG : Joint Photographic Group Expert
K-PCA : kernel principal component analysis
K-LDA : kernel linearDiscriminateanalysis
LDA : LineairDiscriminateAnalysis
LFA : Local FeatureAggregation
LG-PCA : Local-Global Principal Component Analysis
LBP: Local Binary Patterns
LLE: LocallyLinearEmbedding
NLP : Natural LanguageProcessing
NN : Neural Network
PCA : principal component analysis
PIL : Python Imaging Library
PNG : Portable Network Graphics
PPP : Point Par Pouce
RAM : Random Access Memory
RNA : Réseaux de Neurones Artificiels
RGB : Red Green Blue
RVB : Rouge Vert Bleu
SVM : Support Vector Machine
TIFF : Tagged Image File Format

Introduction générale

Introduction générale

Le traitement d'images est un domaine de recherche en pleine expansion qui trouve de nombreuses applications dans de nombreux secteurs, tels que la surveillance de la circulation, la détection de défauts industriels ou la reconnaissance d'objets dans les images médicales. Grâce aux avancées récentes en matière de traitement d'images et de réseaux de neurones convolutifs, la détection d'objets est devenue plus précise et plus rapide, ouvrant la voie à des applications de plus en plus nombreuses. Cependant, ces techniques soulèvent également des questions éthiques importantes, notamment en matière de protection de la vie privée. Dans cette étude, nous examinerons les fondamentaux du traitement d'images, les techniques de caractérisation d'objets et de détection d'objets, ainsi que leurs applications et les enjeux associés.

La reconnaissance faciale est une technologie en pleine évolution qui suscite autant d'enthousiasme que d'inquiétude. En effet, cette technologie permet d'identifier les individus à partir de leur visage, offrant ainsi de nombreuses applications potentielles dans des domaines tels que la sécurité, la santé, l'éducation et les services financiers. Cependant, la reconnaissance faciale soulève également des préoccupations importantes en matière de vie privée, de sécurité et de protection contre les discriminations.

Dans cette étude, nous allons explorer les différentes techniques de reconnaissance faciale, les défis liés à la précision et à la fiabilité de la technologie, ainsi que les préoccupations éthiques qui entourent son utilisation. Nous allons également discuter des perspectives d'avenir pour la reconnaissance faciale et de l'importance de son utilisation responsable.

***Chapitre I : Généralité sur
le traitement d'images***

I. Introduction

Le traitement d'image est une discipline de l'informatique qui s'intéresse à la manipulation, à l'analyse et à l'interprétation des images numériques. Avec l'essor des technologies numériques, le traitement d'image est devenu essentiel dans de nombreux domaines tels que la médecine, la surveillance, la vision par ordinateur, la robotique, l'industrie du divertissement, etc.

L'objectif principal du traitement d'image est d'extraire des informations utiles à partir d'images pour permettre la prise de décisions éclairées ou automatiser des tâches complexes. Cela implique des opérations telles que l'amélioration de la qualité des images, la segmentation pour séparer les objets d'intérêt du reste de l'image, la détection de contours pour identifier les limites des objets, la classification pour reconnaître et catégoriser les objets présents, et bien d'autres.

Le traitement d'image repose sur des techniques mathématiques et algorithmiques avancées pour transformer les images, en exploitant des concepts tels que la convolution, la transformée de Fourier, les filtres, la modélisation statistique, et plus récemment, l'apprentissage automatique.

Les défis du traitement d'image résident dans la variabilité des images, les variations d'éclairage, le bruit, les occlusions, les déformations, et la nécessité de traiter de grandes quantités de données en temps réel. Cependant, les avancées technologiques, en particulier dans le domaine de l'apprentissage automatique, ont permis de surmonter de nombreux obstacles et d'ouvrir de nouvelles perspectives pour le traitement d'image.

II. Le traitement d'image

II.1. Historique

L'histoire du traitement d'image remonte aux débuts de la photographie et à l'invention des premières techniques de reproduction visuelle. Voici un aperçu de l'évolution de cette discipline au fil du temps :

- 1839 : L'année de l'invention de la photographie par Louis Daguerre et William Henry Fox Talbot marque le début de l'utilisation des images comme support de traitement. Les premières techniques de développement et d'amélioration des images voient le jour.

- 1960 : L'avènement de l'informatique et des premiers ordinateurs permet l'émergence du traitement d'image numérique. Les images peuvent être numérisées et manipulées par des algorithmes informatiques.

- Années 1970 : Des algorithmes de base sont développés pour le traitement d'image, tels que la détection de contours, le filtrage et l'amélioration de l'image. Les premières applications pratiques apparaissent dans des domaines tels que la radiographie médicale et l'analyse d'images satellitaires.

- Années 1980 : Les progrès technologiques dans le domaine de la microélectronique et des processeurs permettent de développer des systèmes de traitement d'image plus puissants et rapides. Les premières techniques de reconnaissance de formes et de vision par ordinateur sont introduites.

- Années 1990 : L'apprentissage automatique et les réseaux de neurones deviennent des outils importants dans le traitement d'image. Des algorithmes plus sophistiqués sont développés pour la détection, la segmentation et la reconnaissance d'objets dans les images.

- Années 2000 : L'explosion des données et l'avènement du Big Data ouvrent de nouvelles perspectives pour le traitement d'image. Les méthodes basées sur les données deviennent prédominantes, et l'apprentissage profond, en particulier les réseaux de neurones profonds, révolutionne le domaine du traitement d'image.

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

Aujourd'hui, le traitement d'image est devenu une discipline essentielle dans de nombreux domaines, tels que la médecine, l'industrie, la robotique, la surveillance, la réalité virtuelle, les médias, etc. Les avancées récentes dans l'intelligence artificielle, notamment dans les domaines de la vision par ordinateur et de l'apprentissage profond, ont considérablement amélioré les capacités de traitement et d'interprétation des images.

L'histoire du traitement d'image témoigne d'une évolution continue et rapide, avec de nouvelles techniques, méthodes et applications émergentes régulièrement. Cette discipline continue de repousser les limites de ce qui est possible en matière d'analyse visuelle et joue un rôle de plus en plus important dans notre société numérique.[1]

II.2. Définition

Le traitement d'images est un processus qui consiste à prendre une image en entrée et à produire une autre image en sortie, souvent appelée image corrigée. Il est important de ne pas confondre le traitement d'images avec l'analyse d'images, qui consiste à extraire des informations spécifiques à partir de l'image originale, réduisant ainsi les données nécessaires pour stocker l'image sous forme d'un tableau de pixels.

L'objectif du traitement d'images est généralement de produire une nouvelle image de même taille que l'originale, mais avec des valeurs de pixels (intensité ou couleur) modifiées. Cela peut inclure des opérations telles que l'amélioration de la netteté, la correction des couleurs, le retraitement du bruit ou la manipulation des contrastes.

En résumé, le traitement d'images est un processus qui vise à transformer une image initiale en une nouvelle image corrigée, tout en préservant sa taille. Il permet de modifier les valeurs des pixels pour améliorer des aspects spécifiques de l'image, tels que la qualité, la clarté ou la fidélité des couleurs.. [1]

III. Numérisation de l'image

III.1. Définition

L'image numérique est une image dont la surface est divisée en éléments d'une taille fixe appelés cellules ou pixels, ayant chacune comme caractéristiques : le niveau de couleurs (ou de gris) prélevé et l'emplacement correspondant dans l'image réelle.

La numérisation d'une image est la conversion de celle-ci de son état analogique en une image numérique représentée par une matrice bidimensionnelle de valeurs numériques $F(x, y)$.

x, y : Coordonnées cartésiennes d'un point de l'image.

$F(x, y)$: Niveau d'intensité.

Pour des raisons de commodité de représentation pour l'affichage et l'adressage, les données images sont généralement rangées sous forme de figure 1 de n lignes et p colonnes où chaque élément $I(x, y)$ représente un pixel de l'image et sa valeur est associée à un niveau de gris codé sur m bits (2^m niveaux de gris, $0 = \text{noir}$, $2^m - 1 = \text{blanc}$). [2]

La valeur en chaque point exprime la mesure d'intensité lumineuse perçue par le capteur.

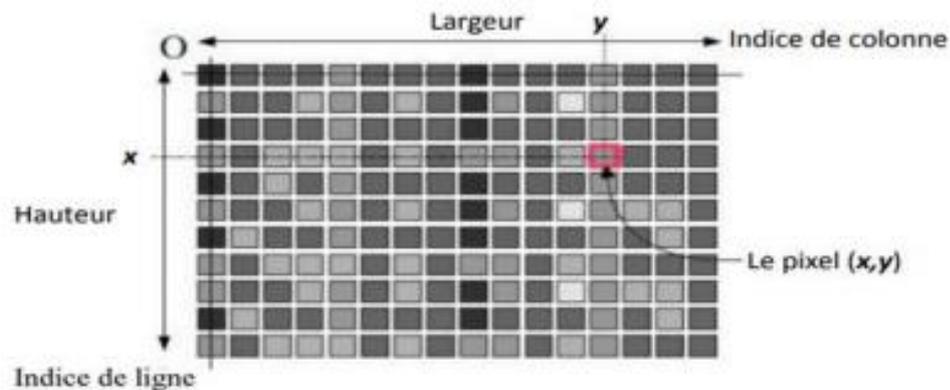


Figure 1: Représentation d'image numérique [28]

III.2. L'échantillonnage et la quantification

La qualité de l'échantillonnage du signal dans une image dépend de sa quantification, mesurée par le nombre de bits par pixel. La précision de la reproduction des couleurs est déterminée par le nombre de niveaux de signal pouvant être codés pour chaque pixel. En général, les images en

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

niveaux de gris ont une quantification de 8 bits par pixel, ce qui équivaut à 256 niveaux de gris. Pour les images en couleur, la norme courante est de 24 bits par pixel, soit 8 bits par composante primaire, offrant ainsi plus de 16 millions de couleurs distinctes. Les illustrations ci-dessous mettent en évidence l'impact de la quantification (c'est-à-dire le nombre de bits utilisés pour coder chaque composante primaire) sur la qualité de l'image. Par rapport à l'image originale codée avec une quantification de 8 bits par composante, la dégradation est progressive jusqu'à ce que l'image devienne progressivement "monochrome" pour chaque couleur primaire (l'image est retravaillée en augmentant le contraste).



Figure 2: Quantification d'une image



Figure 3: Exemple d'image utilisant une quantification de 1 bit/composante primaire

IV.1. Images monochromes (en noir et blanc)

Les images en niveaux de gris sont couramment désignées comme telles, car elles ne prennent pas en compte la couleur, mais se concentrent uniquement sur l'intensité lumineuse. Un exemple classique de ce type d'image est représenté par les photographies en noir et blanc. Les images en niveaux de gris peuvent être binaires (avec seulement du noir et du blanc) ou comporter plusieurs nuances de gris.

IV.1.1. Images binaires

Chaque pixel est généralement représenté par un bit (0/1), où 0 représente le noir avec une intensité nulle, et 1 représente le blanc avec une intensité maximale. Il convient de noter que la

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

plupart des systèmes de traitement d'images attribueront à chaque pixel un octet (un code de 0 ou 255 pour représenter le 1 de l'image binaire) afin de faciliter l'accès et l'écriture des algorithmes.[3]



Figure 4 : Image Binaire

IV.1.2. Images à niveaux de gris

Le niveau de gris d'une image représente effectivement l'intensité lumineuse en un point donné. Chaque pixel de l'image peut avoir une gamme de couleurs s'étendant du noir au blanc, en passant par plusieurs niveaux intermédiaires. Lorsqu'on travaille avec des images en niveaux de gris, une valeur est attribuée à chaque pixel pour indiquer la quantité de lumière réfléchie. Cette valeur peut être exprimée sur une échelle allant de 0 à 255, par exemple. Ainsi, chaque pixel n'est plus représenté par un seul bit, mais par un octet (8 bits). Pour afficher correctement ces images, le matériel utilisé doit être capable de reproduire les différents niveaux de gris correspondants. Le nombre de niveaux de gris possibles dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la "couleur" de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est élevé, plus le nombre de niveaux de gris possibles est important..[4]



Figure 5 : Image Monochrome

IV.2. Images Polychromes (en couleurs)

Elle est obtenue par la combinaison de trois couleurs dites primaires : Rouge, vert et bleu (RVB). Chaque couleur est codée comme une image à niveaux de gris, avec des valeurs allant de 0 à 255. Pour $R=V=B=0$ nous auront un noir pur, et pour $R=V=B=255$ nous auront un blanc pur.

R	V	B	Couleur
0	0	0	noir
255	0	0	rouge
0	255	0	vert
0	0	255	bleu
128	128	128	gris moyen
255	255	255	blanc

Figure 6 : Diagramme du système RGB

La représentation des images couleurs se fait donc soit par une image dont la valeur du pixel est une combinaison linéaire des valeurs des trois composantes couleurs, soit par trois images distinctes représentant chacune une composante couleur, on distingue généralement deux types d'images [1]



Figure 7: Image polychrome (65536 couleurs)

V. Caractéristique d'une image

Comme nous l'avons vu, une image est un ensemble structuré d'informations, nous détaillons les caractéristiques suivantes :

V.1. Le Pixel

Une image numérique est composée d'un ensemble de points appelés pixels (abréviation de "Picture Element") qui se regroupent pour former une image. Le pixel représente donc la plus petite unité constitutive d'une image numérique. L'ensemble de ces pixels est organisé dans un tableau à deux dimensions, formant ainsi l'image.

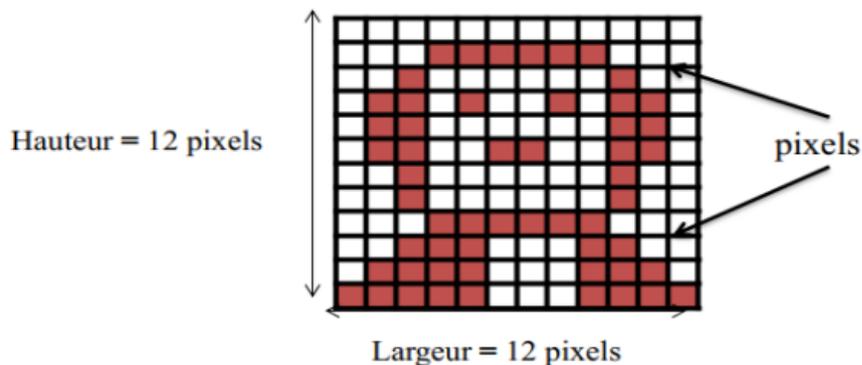


Figure 8: Exemple d'image 12x12 pixels.[28]

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

V.2. La Résolution

La résolution d'une image est définie par le nombre de pixels par unité de longueur de l'image, mesuré en dpi (dots per inch) ou en ppp (points par pouce). On parle de définition pour un écran et de résolution pour une image. Plus le nombre de pixels par unité de longueur est élevé, plus la quantité d'informations qui décrit l'image est importante, ce qui se traduit par une meilleure qualité visuelle (mais également par un poids de fichier plus élevé). En d'autres termes, la résolution d'une image détermine le niveau de détails qui seront représentés dans l'image, comme illustré dans l'exemple ci-dessous.[2]

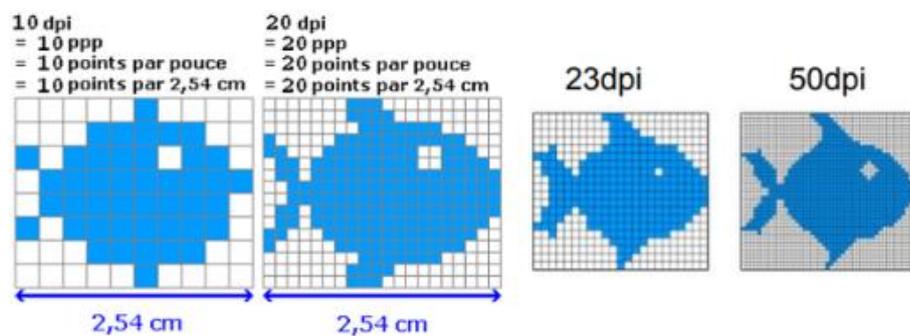


Figure 9: Quelques exemples de résolutions [28]

V.3. Les Dimensions

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels).

Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image. [1]

V.4. La Texture

Une texture est une région dans une image numérique qui a des caractéristiques homogènes. Ces caractéristiques sont par exemple un motif basique qui se répète. La texture est composée de Texel, l'équivalent des pixels. [5]

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

V.5. Le Bruit

Le bruit, également appelé parasites, dans une image peut être perçu comme des variations soudaines dans l'intensité d'un pixel par rapport à ses pixels voisins. Ces variations sont principalement causées par des facteurs tels que l'optique de l'appareil photo et les caractéristiques de l'électronique utilisée pour capturer l'image. Ces influences optiques et électroniques peuvent introduire des fluctuations indésirables dans les données de l'image, ce qui se traduit par du bruit visible.



(a)

(b)

Figure 10 :(a) Image sans bruit. (b) Image avec bruit.

V.6. Le Contours

Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative. Les textures décrivent la structure de ceux-ci. L'extraction de contour consiste à identifier dans l'image les points qui séparent deux textures différentes. [1]



Figure 11: Contour d'une image.

V.7. La Luminance

La luminosité d'un point d'une image peut en effet être définie comme le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface divisée par son aire apparente. Ce terme peut être remplacé par le terme "luminosité" qui correspond à la luminosité d'un objet. Une bonne luminosité dans une image présente les caractéristiques suivantes :

- Des images lumineuses et brillantes.
- Un bon contraste : il est préférable d'éviter les images avec une gamme de contraste qui tend vers le blanc ou le noir, car cela peut entraîner une perte de détails dans les zones sombres ou lumineuses.
- L'absence de parasites ou d'artefacts indésirables.

V.8. Les Régions

Groupe de pixel présentant des caractéristiques similaires (intensité, mouvement, etc...).

V.9. L'Histogramme

Un histogramme, dans le contexte du traitement statistique de l'image, représente la distribution des valeurs d'intensité des pixels présents dans une image. On peut expliquer ce concept en considérant une image donnée, telle que celle présentée dans la figure. L'histogramme, noté h , pour une image I constituée de niveaux de gris avec des valeurs d'intensité $I(u, v)$ appartenant à l'intervalle $[0, K-1]$, contient exactement K entrées.

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

Prenons par exemple une image avec 256 niveaux de gris ($K = 2^8 = 256$). Chaque entrée de l'histogramme représente le nombre de pixels dans l'image qui possèdent une intensité donnée. En d'autres termes, pour chaque valeur d'intensité allant de 0 à 255, l'histogramme enregistre le nombre de pixels ayant cette valeur d'intensité.

L'histogramme est utile pour analyser la distribution des intensités dans une image. Il permet de comprendre la répartition des niveaux de gris, d'identifier des caractéristiques spécifiques de l'image, comme les plages de couleurs dominantes ou les valeurs d'intensité extrêmes, et d'effectuer des opérations de traitement d'image basées sur les statistiques.

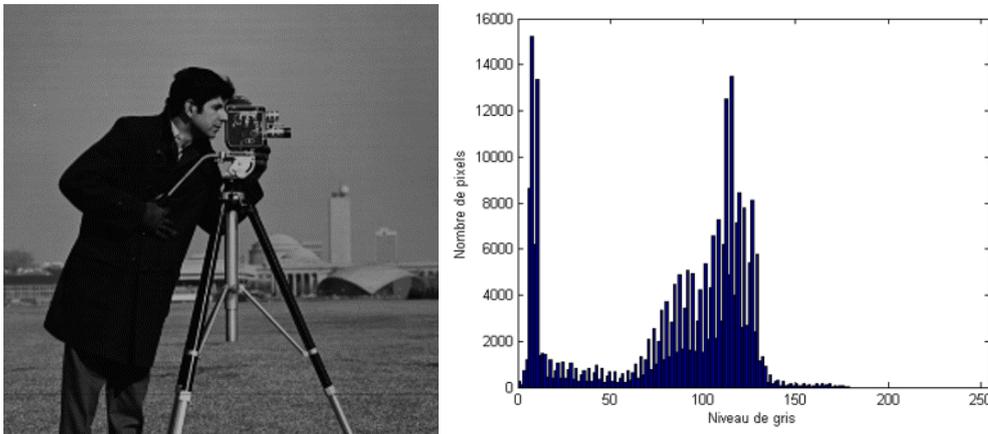


Figure 12 :Image avec histogramme

V.10. Le Contraste

Le contraste dans une image se réfère à l'opposition marquée entre deux régions de l'image, plus précisément entre les zones sombres et les zones claires. Il est défini en fonction des différences de luminance entre deux zones de l'image. Si $L1$ et $L2$ représentent respectivement les niveaux de luminosité des deux zones voisines $A1$ et $A2$ d'une image, le contraste C est défini par le rapport :[2]

$$C = \frac{L1-L2}{L1+L2} \quad (1)$$

Ce rapport mesure la différence relative de luminosité entre les deux zones. Un contraste élevé indique une nette distinction entre les niveaux de luminosité des zones, ce qui se traduit par une plus grande variation entre les zones sombres et les zones claires de l'image. En revanche, un contraste faible indique une similitude ou une faible différence de luminosité entre les zones. Le

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

contraste est un attribut important dans le domaine de l'imagerie, car il contribue à la perception des détails, de la profondeur et de la clarté dans une image.

VI. Le Système de traitement d'image

Un système de traitement d'image est généralement composé des unités suivantes :

- Un système d'acquisition et de numérisation qui permet d'effectuer l'échantillonnage et la quantification d'une image. Une mémoire de masse pour stocker les images numérisées.
- Un système de visualisation.
- Une unité centrale permettant d'effectuer les différentes opérations de traitement d'images.[1]

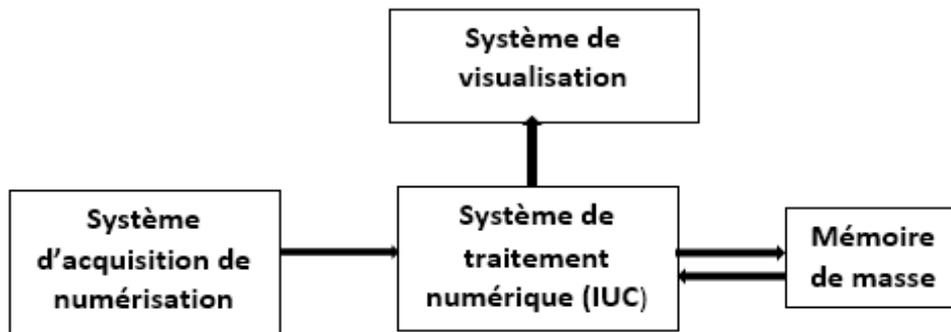


Figure 13 :Schéma d'un système de traitement d'images [1]

VI.1. Le système d'acquisition et numérisation

L'acquisition d'images est l'une des étapes les plus importantes de la chaîne de conception et de production d'images. Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est essentiel de la transformer de manière à la rendre lisible et manipulable par ce système. Cela nécessite une procédure de numérisation qui convertit l'objet externe (l'image d'origine) en une représentation interne utilisée par l'unité de traitement.

Il existe deux catégories principales de systèmes de capture optique utilisés pour la numérisation : les caméras numériques et les scanners. Les caméras numériques sont des dispositifs utilisés pour capturer des images à l'aide d'un capteur d'image, convertissant ainsi la scène en une représentation numérique. Elles sont couramment utilisées dans la photographie numérique, les

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

applications de vision par ordinateur et d'autres domaines nécessitant la capture d'images en temps réel.

Les scanners, quant à eux, sont conçus spécifiquement pour numériser des images à partir de supports physiques tels que des photographies imprimées, des négatifs de films ou des documents papier. Les scanners utilisent une source lumineuse et un système de détection pour balayer l'image originale ligne par ligne, en capturant ainsi les informations pixel par pixel et les convertissant en données numériques exploitables.

Ces systèmes optiques de capture, que ce soit les caméras numériques ou les scanners, permettent de convertir des images analogiques en données numériques, ouvrant ainsi la voie à leur traitement, leur stockage et leur manipulation sur des systèmes informatiques.

VI.2. Le système de visualisation

Chaque système de traitement d'image est équipé d'un dispositif de visualisation qui permet d'afficher les images. Pour convertir le signal numérique représenté par la matrice d'image en un signal analogique visible par l'œil de l'observateur, différents types de dispositifs de restitution peuvent être utilisés, tels que des moniteurs vidéo, des tirages photographiques ou des impressions sur papier.

Dans tous les cas, pour chaque échantillon de l'image numérique, un nouvel élément d'image ou un nouveau pixel est recréé. La forme de cet élément est choisie de manière à reconstituer une image analogique qui se rapproche le plus possible de l'image d'origine avant sa numérisation, en tenant compte des erreurs introduites lors de l'acquisition, de la numérisation et de la transmission... [1]

VI.3. Le système de traitement numérique des images

Effectivement, les techniques de traitement d'images visent à exploiter les informations contenues dans les images pour améliorer leur qualité et faciliter leur interprétation, ce qui se traduit par une amélioration de la qualité visuelle des images.

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

Filtrage Numérique

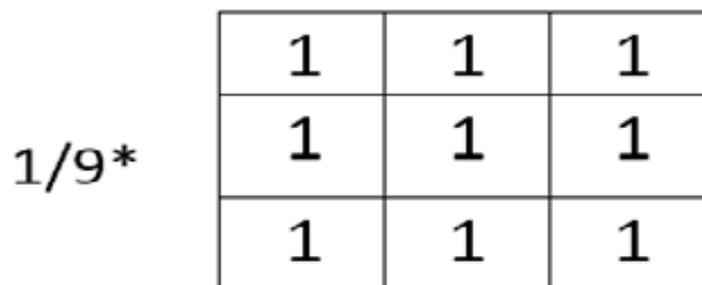
Le filtrage numérique est l'une des techniques utilisées pour améliorer ou corriger une image numérique qui est souvent bruitée ou contient des imperfections. Différents prétraitements sont appliqués pour améliorer la qualité de l'image avant de la soumettre à d'autres opérations de traitement.

A.1 les Filtres linéaires

Les filtres linéaires sont une catégorie de filtres utilisés en traitement d'images. Ils transforment un ensemble de données d'entrée en un ensemble de données de sortie en utilisant une opération mathématique appelée convolution bidimensionnelle. Ces filtres sont efficaces pour supprimer le bruit présent dans l'image. Chaque filtre a une taille $N \times N$, avec N étant un nombre impair. Les filtres linéaires les plus couramment utilisés sont les filtres passe-bas et les filtres passe-haut.[1]

A.1.1 Filtre passe-bas (lissage)

Les filtres passe-bas permettent de réduire les variations rapides et les détails fins de l'image, ce qui peut contribuer à atténuer le bruit et à lisser l'image. Ils sont utiles pour améliorer la netteté et réduire les artefacts indésirables.[1]



1/9*

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Figure 14 : Masque du filtre

A.1.2 Filtre passe-haut (Accentuation)

Les filtres passe-haut, quant à eux, permettent de souligner les détails et les contours de l'image en accentuant les variations rapides d'intensité. Ils peuvent être utilisés pour améliorer la netteté et la définition des contours dans l'image.[5]

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

L'utilisation de filtres linéaires dans le traitement d'images dépend des besoins spécifiques de l'application et des caractéristiques de l'image à traiter. Il existe également d'autres types de filtres non linéaires et des méthodes de filtrage plus avancées qui peuvent être utilisées en fonction des exigences et des objectifs spécifiques du traitement d'images.

$$H = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 9 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

Figure 15: Masque du filtre

A.2 les Filtres non linéaire

Ils sont conçus pour régler les problèmes des filtres linéaires, Leur principe est le même que celui des filtres linéaires, il s'agit toujours de remplacer la valeur de chaque pixel par la valeur d'une fonction calculée dans son voisinage. Les filtres non linéaires les plus connus sont : [6]

A.2.1 Filtre médian

Ce filtre est très utilisé pour éliminer le bruit sur une image qui peut être de différentes origines (poussières, petits nuages, baisse momentanée de l'intensité électrique sur les capteurs, ...). L'avantage de ce filtre réside dans le fait qu'il conserve les contours alors que les autres types de filtres ont tendance à les adoucir. L'algorithme de filtre médian est le suivant :

1. Trier les valeurs par ordre croissant.
2. Remplacer la valeur du pixel centrale par la valeur située au milieu de la triée.
3. Répéter cette opération pour tous les pixels de l'image

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

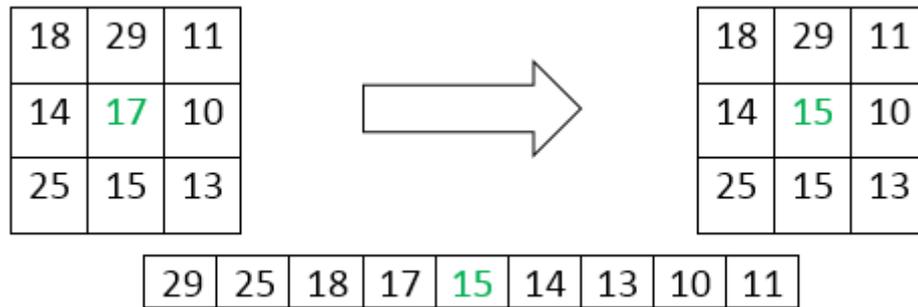


Figure 16 : Principe du filtre médian.[28]

A.2.2 Filtre maximum

On applique le même traitement que celui du filtre médian mais la valeur du pixel du centre comme la montre la figure 14, va être changée par le maximum.

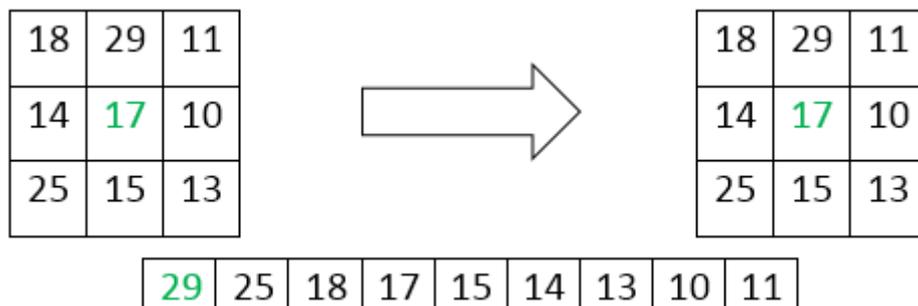


Figure 17 : Principe du filtre maximum.[28]

A.2.3 Filtre minimum

On applique le même traitement que celui du filtre maximum mais, cette fois, la valeur du pixel du centre comme la montre la figure 18 va être remplacée par le minimum.

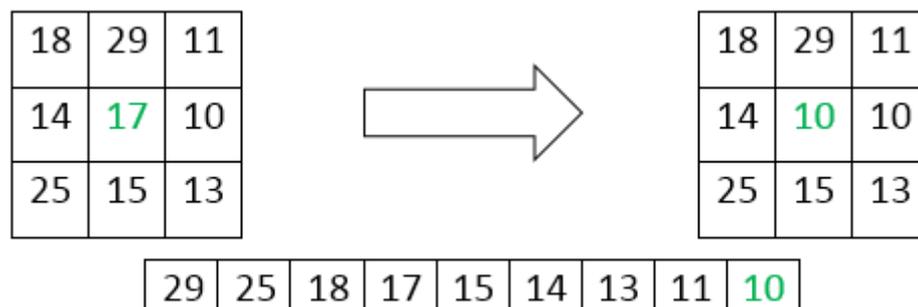


Figure 18 : Principe du filtre minimum.[28]

VII. Les applications du traitement d'images

Le traitement d'images pour la caractérisation et la détection d'objets présente de nombreuses applications dans divers domaines. Voici quelques exemples d'applications pratiques :

VII.1. Domaine médical :

- Imagerie diagnostique : Le traitement d'images est largement utilisé en radiologie et en imagerie médicale pour diagnostiquer des pathologies, des anomalies et des lésions dans le corps humain.
- Chirurgie assistée par ordinateur : Les images préopératoires sont traitées pour aider les chirurgiens à planifier les interventions chirurgicales et à visualiser les zones ciblées pendant l'opération.
- Suivi de la croissance fœtale : Les ultrasons peuvent être traités pour suivre la croissance du fœtus et détecter d'éventuelles anomalies dès les premiers stades de la grossesse.

VII.2. Domaine industriel :

- Contrôle qualité : Le traitement d'images est utilisé pour inspecter la qualité des produits sur les chaînes de production, comme les pièces automobiles ou les denrées alimentaires.
- Maintenance prédictive : Les images peuvent être utilisées pour détecter les défaillances des machines et des équipements avant qu'elles ne causent des interruptions de production.
- Contrôle de la qualité de l'air : Les images peuvent être utilisées pour détecter les émissions de gaz et les polluants dans l'air.

VII.3. Domaine de la sécurité :

- Surveillance de la sécurité : Les images sont utilisées pour surveiller les lieux publics tels que les aéroports, les gares et les centres commerciaux afin de détecter les comportements suspects et les menaces potentielles.
- Détection de mouvements : Le traitement d'images permet de détecter les mouvements suspects dans des zones interdites ou sensibles.

Chapitre I : Généralité sur le traitement d'images

- **Détection d'incendies** : Les images peuvent être utilisées pour détecter les incendies avant qu'ils ne se propagent, permettant ainsi aux équipes d'intervention d'intervenir rapidement.

VII.4. Autres domaines :

- **Archéologie** : Le traitement d'images aide les archéologues à identifier et à caractériser les artefacts enfouis sous le sol.

- **Agriculture** : Les images peuvent être traitées pour suivre la croissance des cultures et identifier les zones présentant une croissance faible.

- **Astronomie** : Le traitement d'images est utilisé pour détecter et cartographier les objets célestes tels que les galaxies et les étoiles.

VIII. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons souhaité offrir une brève introduction aux concepts du domaine du traitement d'images. Les définitions présentées ici sont fondamentales pour comprendre les traitements avancés des images.

Le traitement d'images est un domaine de recherche important qui trouve de nombreuses applications dans divers secteurs tels que la surveillance du trafic, la détection de défauts industriels ou la reconnaissance d'objets dans les images médicales. Les récents développements dans les réseaux de neurones convolutifs ont permis d'accomplir des avancées significatives dans la détection d'objets. Cependant, des défis subsistent en termes de précision, de vitesse et de généralisation des modèles.

Il est également crucial de prendre en compte les questions liées à la protection de la vie privée et à l'éthique lors de l'utilisation de ces techniques. Cela doit être pris en considération dans le développement et l'utilisation de ces technologies.

En somme, le traitement d'images est un domaine dynamique et en constante évolution, offrant de vastes possibilités d'application, tout en nécessitant une réflexion approfondie sur les enjeux éthiques et de confidentialité qui lui sont associés.

Chapitre II: L'intelligence Artificielle

Chapitre II : L'intelligence Artificielle

I. Introduction

L'intelligence artificielle (IA) est une technologie émergente qui occupe une place de plus en plus prépondérante dans notre vie quotidienne. Elle est couramment définie comme la capacité d'une machine à imiter l'intelligence humaine en apprenant de l'expérience et en réalisant des tâches qui requièrent normalement l'intelligence humaine, comme la reconnaissance vocale, la vision par ordinateur ou encore la prise de décision.

L'IA a déjà eu un impact considérable sur notre société, que ce soit dans les domaines de la santé, de la finance, de la logistique ou de l'industrie. Elle a permis de réaliser des progrès impressionnants dans de nombreux secteurs, ouvrant de nouvelles opportunités pour résoudre des problèmes complexes et améliorer notre quotidien.

I.1 Définition de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine d'étude et de développement qui vise à créer des systèmes et des machines capables de reproduire des comportements et des capacités intellectuelles similaires à celles de l'intelligence humaine. L'IA trouve des applications dans de nombreux domaines variés.

L'idée de l'IA a été introduite dans les années 1950 par le mathématicien Alan Turing. Dans son ouvrage "Computing Machinery and Intelligence", Turing soulève la question de la possibilité de doter les machines d'une forme d'intelligence. Il propose ensuite un test, connu sous le nom de "test de Turing", dans lequel un sujet interagit de manière aveugle avec d'autres humains et avec des machines programmées pour fournir des réponses significatives. Si le sujet ne peut pas faire la distinction entre les réponses humaines et celles des machines, la machine est considérée comme ayant réussi le test et peut donc être qualifiée d'"intelligente" selon les critères établis par Turing et d'autres chercheurs.

Depuis lors, l'IA a connu des avancées majeures, avec l'émergence de techniques telles que l'apprentissage automatique (machine learning), les réseaux de neurones artificiels et le traitement du langage naturel. Ces avancées ont permis des applications concrètes de l'IA dans des domaines tels que la reconnaissance d'images, la traduction automatique, la recommandation de contenu, la conduite autonome, la médecine et bien d'autres encore.. [14]

I. 2 Structuration

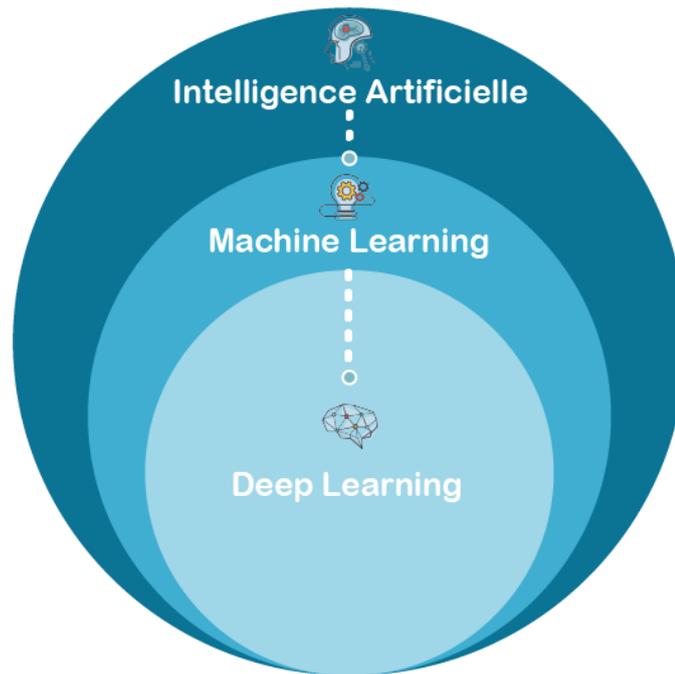


Figure 19 : Schéma de la structure général de l'IA

II. Les différentes techniques d'IA :

Il existe plusieurs techniques d'IA, chacune ayant ses propres avantages et limites. Voici une brève présentation de certaines des principales techniques d'IA :

II.1 L'apprentissage automatique (Machine Learning)

L'apprentissage automatique est une méthode qui permet aux machines d'apprendre à partir de données, sans être explicitement programmées. Cette technique est souvent utilisée pour résoudre des problèmes complexes de reconnaissance de motifs, de classification, ou de prédiction. Les algorithmes d'apprentissage automatique sont généralement classés en deux catégories : supervisée et non supervisée.

II.2 Le deep learning

Le deep learning est une branche de l'IA qui utilise des réseaux de neurones pour apprendre à partir de données complexes. Il permet d'extraire des caractéristiques hiérarchiques et abstraites des données non structurées comme les images ou le langage. Cela a permis des

avancées majeures dans des domaines tels que la vision par ordinateur et le traitement du langage naturel.

III. Les avantages et inconvénients de L'IA

III.1 Avantages :

L'IA offre plusieurs avantages, notamment :

- Amélioration de la productivité et de l'efficacité : l'IA permet d'automatiser les tâches répétitives et fastidieuses, ce qui augmente la productivité.
- Réduction des coûts et des erreurs : grâce à l'IA, les coûts sont réduits et les erreurs sont minimisées.
- Prise de décisions plus rapides et plus précises : l'IA permet de traiter rapidement un grand nombre de données et d'obtenir des résultats précis.
- Accès à de nouvelles connaissances et possibilités de recherche : l'IA peut aider à découvrir de nouvelles connaissances en analysant de grandes quantités de données.

III.2 Inconvénients :

L'IA présente également des inconvénients :

- Risques d'emploi et de sécurité pour les travailleurs : l'IA peut remplacer certains emplois, ce qui peut entraîner un risque pour l'emploi des travailleurs. De plus, certains systèmes d'IA peuvent présenter des risques pour la sécurité si des erreurs sont commises.
- Biais et discriminations potentielles dans les données et les algorithmes : les systèmes d'IA peuvent être influencés par des biais ou des données incorrectes, ce qui peut conduire à des discriminations.
- Difficulté à expliquer et à comprendre les décisions prises par les modèles d'IA : certains systèmes d'IA peuvent être difficiles à comprendre et à expliquer, ce qui peut être problématique dans certains contextes.
- Risques de dépendance excessive à l'IA : la dépendance excessive à l'IA peut être dangereuse si les systèmes d'IA ne sont pas fiables ou si les données sont incorrectes.

IV. Les domaines applications de l'IA et l'éthique**IV.1 Les domaines d'application**

L'IA a de nombreuses autres applications dans divers domaines. Voici quelques exemples :

- **Santé** : L'IA peut être utilisée pour aider à diagnostiquer les maladies et à identifier les traitements les plus efficaces. Elle peut également aider à prédire les épidémies et à développer de nouveaux médicaments.
- **Finances** : L'IA peut être utilisée pour l'analyse de données financières, la détection de fraudes et la gestion des risques. Elle peut également être utilisée pour l'investissement et le trading automatisés.
- **Éducation** : L'IA peut être utilisée pour personnaliser l'apprentissage, en adaptant le contenu et le rythme d'apprentissage aux besoins individuels de chaque élève.
- **Transport** : L'IA peut être utilisée pour optimiser les itinéraires de transport et réduire les temps d'attente. Elle peut également être utilisée pour la gestion du trafic et la prévention des accidents.
- **Marketing** : L'IA peut être utilisée pour analyser les données des consommateurs et prévoir les comportements d'achat. Elle peut également être utilisée pour personnaliser les offres et les promotions.
- **Robotique** : L'IA peut être utilisée pour contrôler les robots et les automates dans les usines et les entrepôts, ainsi que pour développer des robots autonomes pour les soins de santé, l'agriculture, l'exploration spatiale et d'autres applications.
- **Jeux** : L'IA peut être utilisée pour développer des adversaires virtuels intelligents dans les jeux vidéo.

IV.2 L'éthique relatif à l'application de l'IA :

Il est crucial de prendre en compte la responsabilité et l'éthique dans l'utilisation de l'IA. Voici quelques raisons pour lesquelles ces aspects sont importants :

- 1. Protection des droits de l'homme** : L'utilisation de l'IA peut entraîner des violations des droits de l'homme, comme la discrimination, la surveillance abusive, la manipulation de l'opinion publique ou la suppression de la liberté d'expression. La responsabilité et l'éthique peuvent aider à prévenir ces abus et à protéger les droits de l'homme.

- 2. Transparence et redevabilité :** Les décisions prises par les systèmes d'IA peuvent être difficiles à comprendre et à expliquer. La responsabilité et l'éthique nécessitent que les décisions prises par les systèmes d'IA soient transparentes et que les personnes et les organisations soient responsables de leurs décisions et de leurs actions.
- 3. Confiance :** Pour que les utilisateurs aient confiance dans les systèmes d'IA, il est important que ces systèmes soient utilisés de manière responsable et éthique. Cela peut encourager les utilisateurs à adopter les technologies d'IA et à en tirer des bénéfices.
- 4. Image de marque :** Les entreprises qui utilisent l'IA de manière responsable et éthique peuvent améliorer leur image de marque auprès du public et de leurs clients. Cela peut être un avantage compétitif pour les entreprises qui cherchent à se différencier.

Pour garantir la responsabilité et l'éthique dans l'utilisation de l'IA, les entreprises, les gouvernements et les organisations doivent prendre des mesures concrètes, telles que l'élaboration de codes de conduite et de bonnes pratiques, la mise en place de processus de vérification et de certification, ou encore la formation des utilisateurs et des développeurs d'IA sur les enjeux éthiques.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons parlé de l'IA de façon générale. C'est une technologie révolutionnaire qui offre de nombreuses applications pratiques dans de nombreux domaines. Elle peut améliorer l'efficacité, la précision et la productivité dans les entreprises, les organisations et les gouvernements. Cependant, l'IA soulève également des préoccupations quant à son impact sur l'emploi, la vie privée, la sécurité et les droits de l'homme. Il est donc essentiel de prendre en compte la responsabilité et l'éthique dans l'utilisation de l'IA, afin de maximiser ses avantages tout en minimisant ses inconvénients.

***Chapitre III : La
reconnaissance faciale***

Chapitre III : La reconnaissance facial

I. Introduction

I.1 Définition de la reconnaissance faciale :

La reconnaissance faciale est un moyen d'identifier ou de confirmer l'identité d'un individu en fonction de son visage. L'utilisation des systèmes de reconnaissance faciale permet d'identifier des individus présents sur des photos, des vidéos ou en temps réel.

La reconnaissance faciale est un moyen d'identifier ou de confirmer l'identité d'un individu en fonction de son visage. Les systèmes de reconnaissance faciale peuvent être utilisés pour identifier des personnes sur des photos, des vidéos ou en temps réel.

I.2 Importance et application de la reconnaissance faciale :

La reconnaissance faciale est devenue de plus en plus importante dans notre vie quotidienne. Voici pourquoi la reconnaissance faciale est importante :

- **Sécurité** : La reconnaissance faciale est utilisée dans les systèmes de sécurité pour identifier les criminels, les terroristes, les personnes disparues, etc. Elle permet de garantir la sécurité publique et d'améliorer la qualité de vie des citoyens.
- **Identification** : La reconnaissance faciale est utilisée pour l'identification personnelle, en particulier dans les domaines de la santé, de la finance et de la technologie. Elle peut aider à éviter la fraude et la cybercriminalité.
- **Commodité** : La reconnaissance faciale est utilisée dans les appareils électroniques tels que les téléphones portables, les ordinateurs portables, les tablettes, etc. Elle permet un accès rapide et facile aux appareils électroniques.
- **Amélioration de l'expérience client** : La reconnaissance faciale est utilisée dans les secteurs de la vente au détail et de la restauration pour améliorer l'expérience client. Les entreprises peuvent personnaliser leur service en utilisant la reconnaissance faciale pour identifier les clients réguliers, suivre leurs préférences et leur fournir des offres personnalisées.
- **Innovation** : La reconnaissance faciale est une technologie innovante qui continue de se développer et d'évoluer. Elle ouvre de nouvelles possibilités dans de nombreux domaines, notamment la médecine, l'éducation, la recherche et la sécurité.

En somme, la reconnaissance faciale est une technologie qui offre des avantages considérables pour les entreprises, les gouvernements et les citoyens. Cependant, il est important de tenir

Chapitre III: La reconnaissance faciale

compte des préoccupations en matière de confidentialité et de sécurité lors de l'utilisation de cette technologie.

II. Principe de fonctionnement

La reconnaissance faciale est une technologie qui combine la technologie d'authentification biométrique, l'intelligence artificielle, la cartographie 3D et l'apprentissage automatique (apprentissage en profondeur) pour comparer et analyser les visages humains et identifier les individus. Il existe différents outils de reconnaissance faciale, mais le principe de fonctionnement est le même, il y a trois étapes :

Détection de visage, extraction de caractéristiques et classification. En pratique, la détection peut se faire à partir d'images fixes (photographies) ou d'images animées (enregistrements vidéo) et se fait en deux phases [7].

- a. Un modèle ou "Template" est créé à partir de l'image. Ceci décrit les caractéristiques de ce visage du point de vue de l'ordinateur.
- b. La phase de reconnaissance est ensuite réalisée en comparant ces modèles préalablement créés avec des modèles calculés en direct sur les visages présents dans les images candidates.

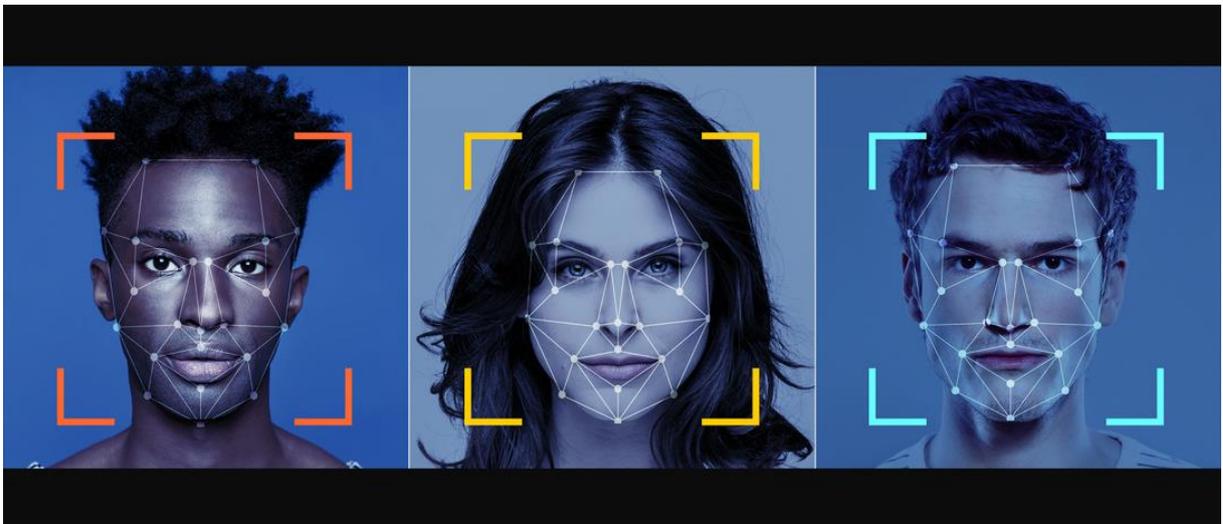


Figure 20: Les points nodaux

Le logiciel de reconnaissance faciale actuel analyse environ 80 traits du visage, également appelés nœuds. Ces caractéristiques comprennent la distance entre les yeux, la longueur du nez, la forme des joues, la profondeur de l'orbite ou la largeur de la mâchoire. Étant donné que ces

Chapitre III: La reconnaissance faciale

caractéristiques sont différentes pour chaque individu, la reconnaissance faciale permet d'identifier avec précision les individus. Ces attributs physiques sont présentés sous forme de "gabarits" (moulages faciaux). H. Une représentation mathématique qui permet de représenter les visages dans la base de données dans laquelle ils sont stockés, et éventuellement de les comparer avec d'autres modèles contenus dans une base de données de référence [8].

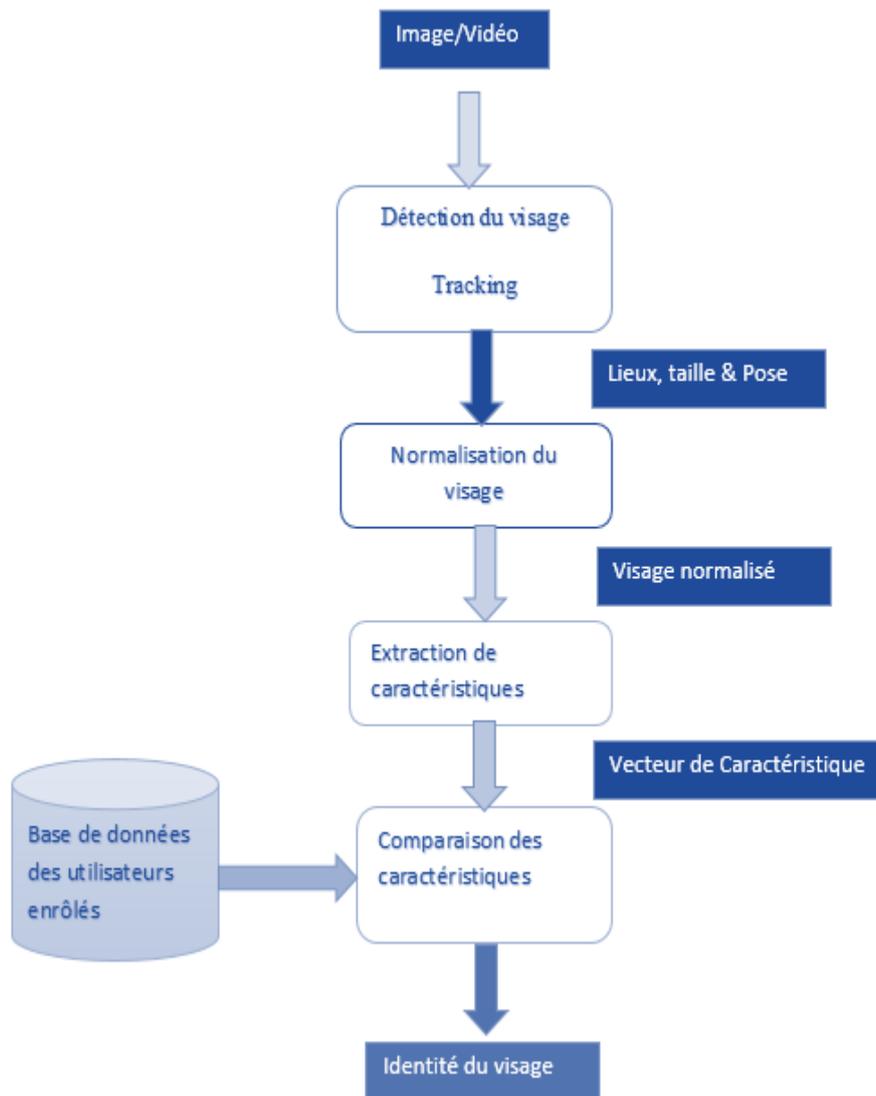


Figure 21 : Schéma d'un système de reconnaissance faciale[30]

III. Les techniques de reconnaissance faciale

Plusieurs méthodes ont été trouvées dans la littérature. Ils sont divisés en trois catégories, Entre autres : Méthodes globales, méthodes locales, méthodes hybrides.

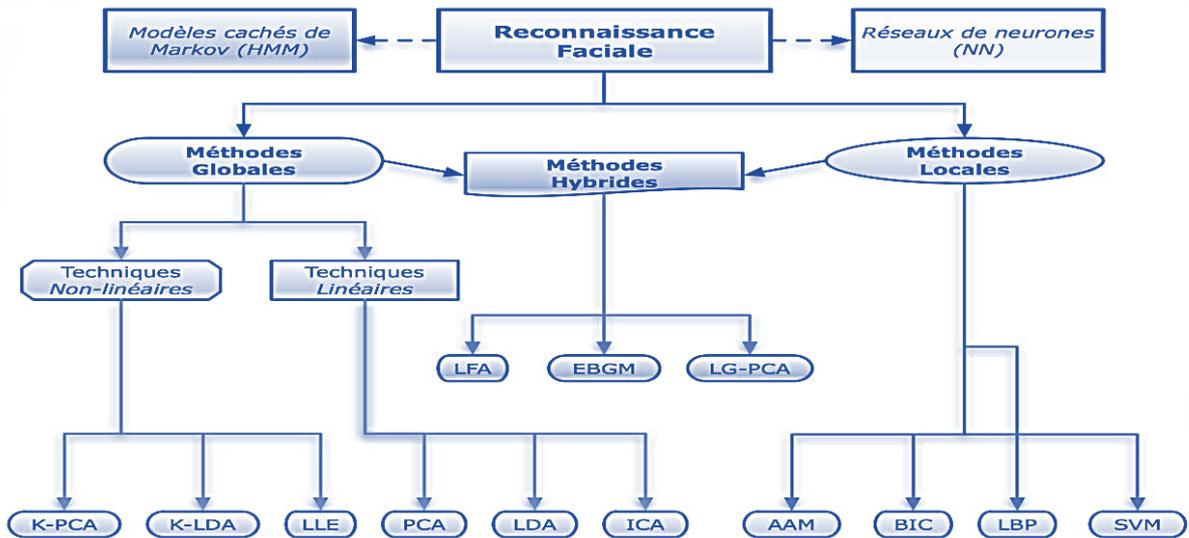


Figure 22 :Classification des trois méthodes de reconnaissance faciale[30]

a. Les méthodes globales

Le principe de ces approches est que toute la surface du visage humain est utilisée. Sources, yeux, Ces algorithmes utilisent les statistiques et l'algèbre linéaire. Sous ces les approches comprennent :

- L'Analyse en Composantes Principales (PCA ou Eigen Faces),
- L'Analyse Discriminante linéaire (LDA),
- Machine à Vecteurs de Support (SVM),
- Les Réseaux de Neurones Artificiels (RNA),
- Mélange des Gaussiennes (GMM),
- Modèle Surfaique du Visage (3D),
- L'approche statistique et probabiliste.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

b. Les méthodes locales :

Ces méthodes consistent à extraire des traits locaux du visage.

Utiliser la géométrie telle que les coins des yeux, du nez et de la bouche comme données entrée pour le classificateur, pour cette raison, ils sont linéaires, géométriques, fonctions locales ou analytiques.

Une attention méticuleuse aux détails, un endroit qui évite le bruit des cheveux, des lunettes, des chapeaux, des barbes, etc.

La difficulté provient de la précision de ces phases d'extraction de caractéristiques locales. Cette difficulté représente un inconvénient majeur de ces méthodes.

Type d'extraction :

- Extraction de région : Toutes les régions de visage observées sont extraites.
- Points d'extraction : Extraire des points individuels de régions faciales caractéristiques. Coins des yeux, coins de la bouche, nez. [9]

Parmi ces approches citons :

- Modèles de Markov Cachés (HMM : Hidden Markov Models)
- L'algorithme Elastic Bunch Graph Matching (EBGM)
- Eigen Object (EO)
- L'appariement de gabarits.

c. Les méthodes hybrides

Ces méthodes sont un amalgame de plusieurs méthodes dans le but d'améliorer la robustesse de la reconnaissance faciale. En fait, les approches proposées pour la reconnaissance faciale ne peuvent pas s'adapter aux environnements changeants tels que les poses, expressions faciales, éclairage, etc.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

Ces techniques mentionnées ci-dessus sont des techniques de reconnaissance faciale 2D. Parce qu'ils sont très sensibles aux variables environnementales, de nouvelles alternatives sont à l'étude. L'une de ces alternatives est la reconnaissance faciale 3D.

Aujourd'hui, nous avons des appareils de capture 3D. Image de visage prise elle contient toutes les informations sur la géométrie de la surface permettant à celle-ci d'être réellement représentée.

IV. Réseaux de Neurones

IV.1. Le Neurone

Avant de présenter les différents types de neurones, il est important de comprendre brièvement les bases biologiques à partir desquelles ils ont été développés.

IV.2. Bases Biologiques

Effectivement, chaque neurone est une unité fondamentale du système nerveux responsable du traitement de l'information dans le cerveau. Les neurones reçoivent des signaux électriques ou chimiques provenant d'autres neurones via les synapses, puis les traitent et transmettent l'information aux neurones connectés. Cette communication entre neurones forme un réseau complexe qui permet le fonctionnement du système nerveux.

Les neurones ont la capacité d'apprendre et de s'adapter, ce qui leur permet de modifier leurs connexions synaptiques. La plasticité synaptique, c'est-à-dire la possibilité des synapses à changer en force ou en efficacité, est essentielle pour l'apprentissage et la mémoire. Les neurones peuvent ajuster l'intensité des connexions existantes, créer de nouvelles connexions ou même supprimer des connexions inutiles.

L'apprentissage des neurones implique des changements dans leurs règles de traitement de l'information. Ces règles déterminent comment les signaux entrants sont combinés et transformés en un signal de sortie. L'apprentissage peut modifier ces règles, permettant aux neurones de s'adapter à des stimuli spécifiques et de reconnaître des motifs ou des associations.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

Les réseaux de neurones artificiels sont des modèles inspirés du fonctionnement des neurones biologiques. Ils sont composés de neurones artificiels interconnectés, qui effectuent des calculs mathématiques sur les signaux d'entrée pour générer des sorties. Ces réseaux de neurones artificiels sont conçus pour reproduire les capacités d'apprentissage, d'adaptation et de traitement de l'information des neurones biologiques.

En résumé, les neurones biologiques sont les unités de base du système nerveux, responsables du traitement de l'information et capables d'apprentissage et d'adaptation. Les réseaux de neurones artificiels sont des modèles inspirés de ces neurones biologiques, conçus pour reproduire leurs fonctionnalités dans le domaine de l'intelligence artificielle et du traitement des informations.

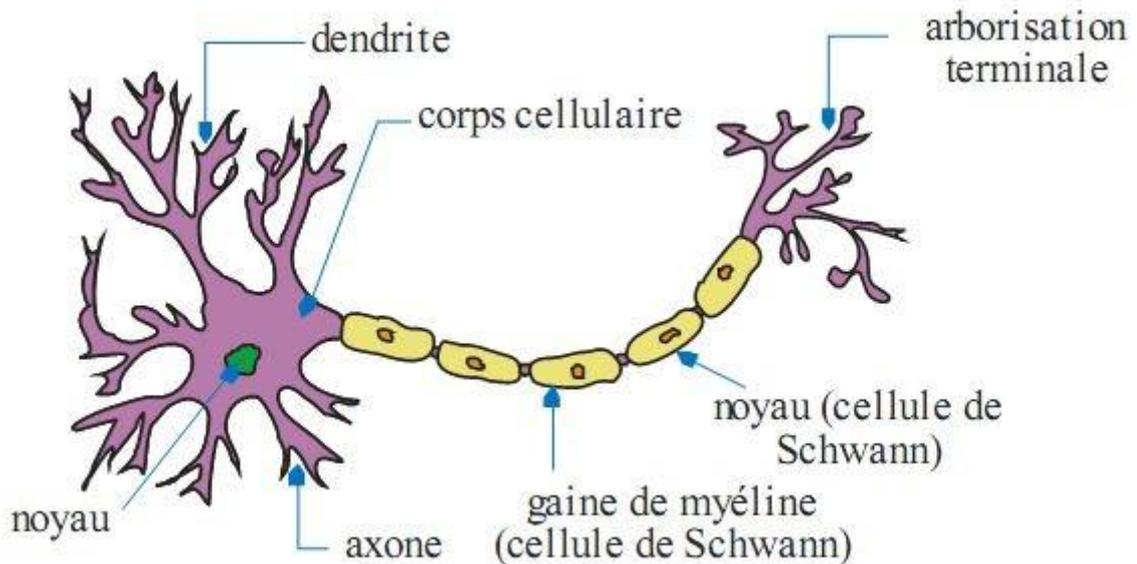


Figure 23: Représentation d'un neurone réel

La figure 23 montre la représentation graphique d'un neurone. D'après la figure, nous pouvons constater que le neurone est composé des parties suivantes :

- Le corps cellulaire (ou soma) : C'est la partie principale du neurone qui contient le noyau cellulaire et les organites cellulaires nécessaires à son fonctionnement.
- Les dendrites : Ce sont les extensions ramifiées qui reçoivent les signaux électriques provenant d'autres neurones ou de cellules sensorielles. Les signaux électriques sont transmis à travers les dendrites vers le corps cellulaire.
- L'axone : Il s'agit d'une longue extension unique du neurone qui transmet les signaux électriques du corps cellulaire vers d'autres neurones ou vers les cellules effectrices (muscles

Chapitre III: La reconnaissance faciale

ou glandes). Les signaux électriques se propagent le long de l'axone jusqu'aux terminaisons synaptiques, où ils sont transmis à d'autres neurones via des synapses.

- Synapse: Connexion entre la dendrite et l'axone de deux neurones.

A partir de cette structure, nous montrerons le modèle mathématique que nous avons utilisé pour notre étude.

IV.3 Le Neurone Formel (Artificiel)

La modélisation des réseaux de neurones artificiels consiste à mettre en œuvre un système qui imite le fonctionnement des neurones biologiques, mais d'un point de vue artificiel. Cette approche suppose qu'il existe une correspondance entre chaque composant du neurone biologique et une modélisation correspondante dans le neurone artificiel [17].

Pour mieux visualiser cette transition entre le neurone biologique et le neurone formel, nous pouvons résumer cette modélisation à l'aide du tableau ci-dessous (Tableau 1). Ce tableau met en évidence les différents éléments constitutifs du neurone biologique et leur correspondance dans le neurone artificiel :

Tableau I: Correspondance entre le neurone biologique et le neurone formel [31]

Neurone biologique	Neurone artificiel
Synapse	Poids de connexion
Axone	Signal d'entrée
Dendrite	Signal de sortie
Somma	Fonction d'activation

Ce tableau permet de visualiser les différentes composantes du neurone biologique et leur équivalent dans le neurone artificiel. La modélisation des réseaux de neurones artificiels repose sur cette correspondance pour reproduire les fonctions et les capacités des neurones biologiques de manière artificielle.

Nous pouvons définir un neurone par les trois éléments suivants [15]:

Chapitre III: La reconnaissance faciale

- La fonction d'entrée totale qui définit le pré-traitement effectué sur les entrées.
- La fonction d'activation (ou d'état) du neurone qui définit son état interne en fonction de son entrée totale.
- La fonction de sortie qui calcule la sortie du neurone en fonction de son état d'activation.

Nous adopterons les notations suivantes :

- u_i : Entrées du neurone ($i=1..n$).
- w_i : Coefficient de pondération de l'entrée i .
- $h(\bullet)$: Fonction d'entrée totale.
- $f(\bullet)$: Fonction d'activation.
- $g(\bullet)$: Fonction de sortie.
- $E=h(u_1, \dots, u_n)$: Entrée totale ou degré d'activation.
- $A=f(E)$: Etat du neurone.
- $S=g(A)$: Sortie.

La figure 24 montre la représentation graphique du modèle général d'un neurone.

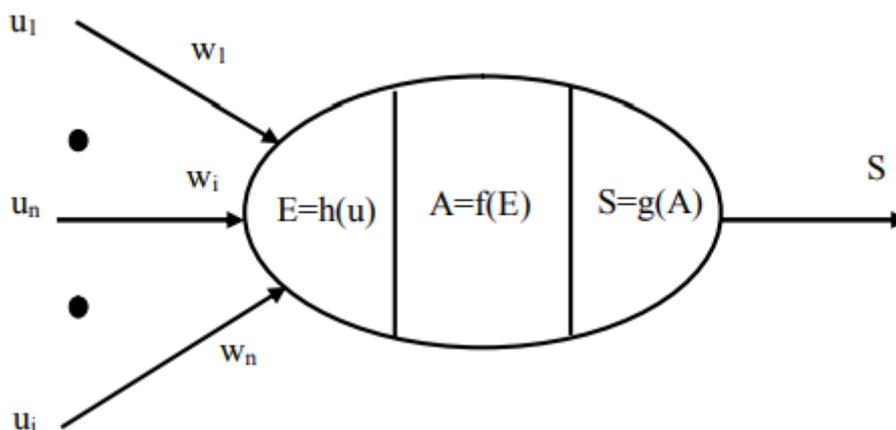


Figure 24 :Modèle générale d'un neurone.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

Les entrées et les sorties peuvent être des grandeurs réelles ou binaires. La nature des différentes entrées, sorties et fonctions est explicitées ci-dessous.

La fonction d'entrée totale $h(\bullet)$ peut être:

- Une combinaison booléenne des entrées.
- Une combinaison linéaire des entrées.

$$h(u_1, \dots, u_n) = b + \sum_{i=1}^n w_i u_i \text{ Ou } h(u_1, \dots, u_n) = b + w^T u \quad (2)$$

La distance entre les vecteurs formés par les valeurs d'entrée et les coefficients de pondération. Cette fonction est utilisée avec la fonction d'activation à base radiale. Dans ce cas, les w_i représentent plutôt des points de l'espace d'entrée aux des coefficients de pondération.

$$h(u_1, \dots, u_n) = b \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i - u_i)^2} \text{ Ou } h(u_1, \dots, u_n) = b \|w - u\| \quad (3)$$

Ces deux derniers cas sont les plus fréquents.

La fonction d'activation $f(\bullet)$ prend généralement les formes suivantes [18]:

- Une fonction binaire à seuil .
- Une fonction linéaire à seuil ou seuils multiples .
- Une fonction sigmoïde .
- Une fonction à base radiale .

Chapitre III: La reconnaissance faciale

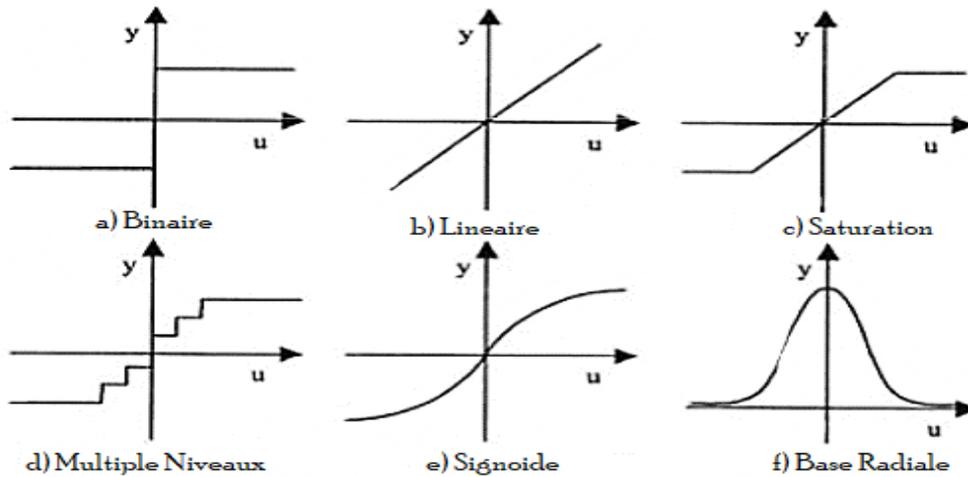


Figure 25: Fonctions de sortie des neurones

- Une fonction stochastique.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{avec probabilité } (1 + e^{-kx})^{-1} \\ 0 & \text{autrement} \end{cases}$$

- Une fonction « compétitive ».

La fonction d'activation compétitive est une fonction spéciale utilisée dans certains types de réseaux de neurones. Avec cette fonction, seule la sortie du neurone dont l'entrée totale est la plus grande est activée, c'est-à-dire mise à 1, tandis que les autres sorties sont forcées à zéro. Cela crée une compétition ou une concurrence entre les neurones, où un seul neurone est activé à la fois.

Chacune des fonctions d'activation dans les réseaux de neurones est adaptée à des applications spécifiques. Par exemple, la fonction binaire ou les fonctions de type compétitive sont bien adaptées pour l'organisation et la classification des entrées, telles que la mise en réseau automatique. Ces fonctions permettent de prendre des décisions binaires ou de sélectionner le neurone le plus actif, respectivement.

Les fonctions linéaires, sigmoïdes, à base radiale et autres fonctions continues et dérivables sont couramment utilisées pour l'approximation de fonctions continues. Elles sont appropriées pour

Chapitre III: La reconnaissance faciale

modéliser des relations complexes et non linéaires entre les entrées et les sorties. Ces fonctions sont souvent utilisées dans des tâches de prédiction, de classification ou de régression, où une sortie continue et graduelle est souhaitée.

La fonction de sortie, généralement notée $g(\bullet)$, est souvent considérée comme la fonction identité, ce qui signifie que la sortie du neurone est égale à l'activation elle-même. Ainsi, la sortie d'un neurone est égale à la fonction d'activation appliquée à son entrée. Cette simplification facilite les calculs et la compréhension des réseaux de neurones.

Il est important de choisir la fonction d'activation appropriée en fonction de la tâche à accomplir et des caractéristiques des données. Chaque fonction d'activation a ses propres propriétés et avantages, et il est crucial de sélectionner celle qui convient le mieux à la tâche spécifique que l'on souhaite résoudre.

IV.4. Types de Réseaux de Neurones

Un réseau de neurones est une structure composée de plusieurs neurones interconnectés, organisés généralement en couches. La topologie d'un réseau de neurones fait référence à son architecture et à la nature des connexions entre les neurones.[18].

IV.4.1 Architecture du Réseaux de Neurones

Le nombre de couches et la structure des connexions entre les neurones déterminent l'architecture d'un réseau de neurones. Il existe différents types d'architectures, dont les suivantes :

- Les réseaux mono-couche,
- Les réseaux multicouches,
- Les réseaux à connexions locales,
- Les réseaux à connexions complètes.

Dans le cadre de notre étude, nous nous concentrons sur l'architecture de réseau multicouche.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

IV.4.2. Connexions du Réseau de Neurones

La nature des connexions définit la manière dont sont interconnectés les neurones et le sens de transfert d'information dans le réseau, où on distingue :

- Les Connexions Directes, celles dirigées d'une couche d'indice inférieur vers une couche d'indice supérieur (figure 26).
- Les Connexions Récurrentes dont les sorties de neurones d'une couche sont connectées aux entrées d'une couche d'indice inférieur (figure 27).

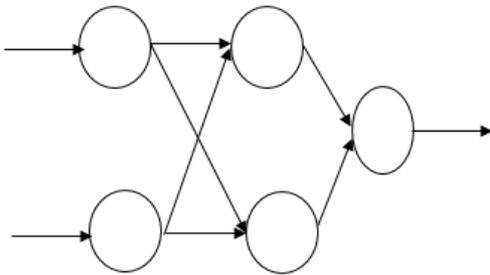


Figure 26 : Connexions directes

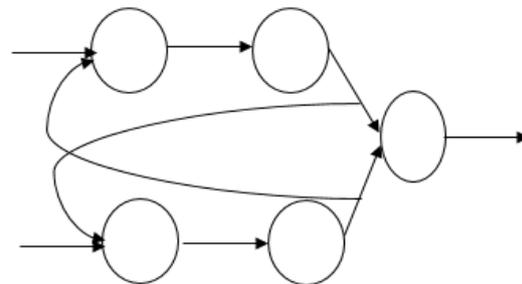


Figure 27: Connexions récurrentes[32]

Par ailleurs entre deux couches, les connexions peuvent être partielles ou totales comme le montre les figures 28 et 29. L'utilisation de connexions partielles permet de regrouper certaines zones du réseau pour effectuer une fonction spécifique.

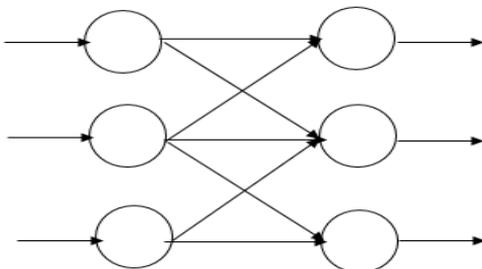


Figure 28: Connexions directes

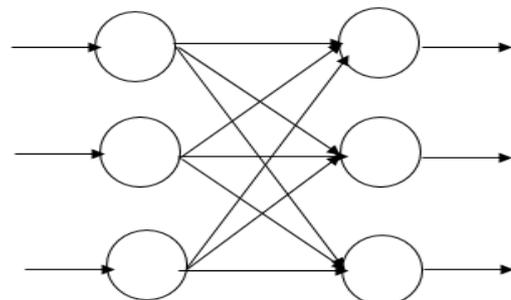


Figure 29: Connexions récurrentes [32]

Chapitre III: La reconnaissance faciale

On peut avoir éventuellement en plus des connexions citées précédemment des connexions inter-couches (interconnexions entre neurones de couches voisines), des connexions intra-couches (connexions entre neurones d'une même couche) et l'auto-connexion (un neurone avec lui-même).

IV.4.3 Réseaux de Neurones Multicouches

Un réseau multicouche, également appelé réseau de neurones multicouche ou perceptron multicouche, est constitué d'un agencement de couches de neurones connectées les unes aux autres. Les informations circulent de la gauche vers la droite, où les sorties d'une couche deviennent les entrées de la couche suivante.

Dans un réseau multicouche, chaque couche est composée de plusieurs neurones. Généralement, il n'y a pas de connexions directes entre les neurones d'une même couche, ce qui signifie que les neurones d'une couche donnée sont indépendants les uns des autres et ne communiquent qu'avec les neurones des couches adjacentes.

Les connexions se font principalement de manière séquentielle, où les neurones d'une couche envoient leurs sorties comme entrées aux neurones de la couche suivante. Ainsi, les informations se propagent à travers le réseau de neurones, chaque couche effectuant des calculs et des transformations sur les données avant de les transmettre à la couche suivante.

Les réseaux multicouches sont utilisés dans de nombreux domaines de l'apprentissage automatique et du traitement de données, notamment dans les tâches de classification, de régression et de reconnaissance de motifs. Leur structure en couches permet de modéliser des relations complexes entre les entrées et les sorties, ce qui en fait des modèles puissants pour la résolution de problèmes complexes.

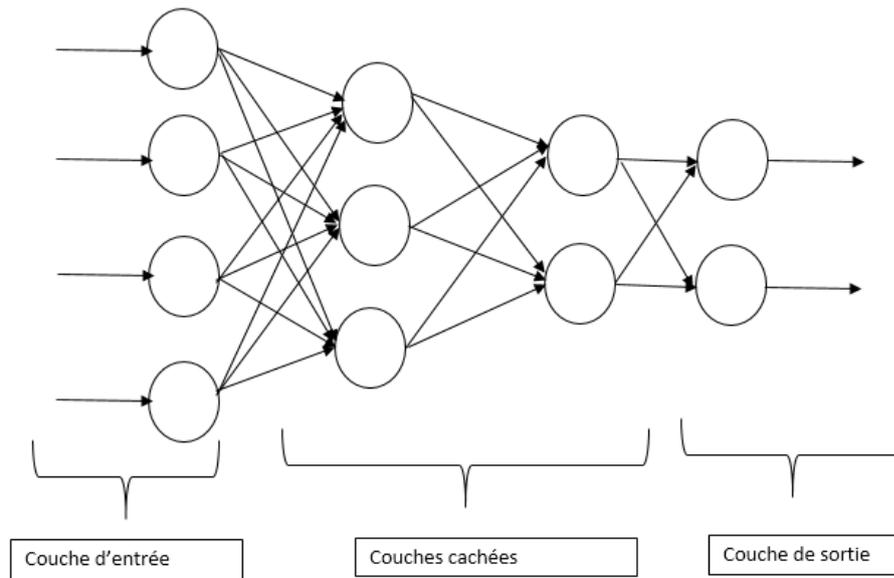


Figure 30: Réseau de neurones multicouches[32]

IV.4.4 Apprentissage des Réseaux de Neurones

L'une des propriétés fondamentales des réseaux de neurones est leur capacité à apprendre et à améliorer leurs performances au fil du temps. L'apprentissage consiste à ajuster les poids synaptiques qui relient les neurones entre eux, afin d'adapter le traitement effectué par le réseau à une tâche spécifique. Cela permet au réseau de développer une connaissance et une compréhension de son environnement.

Il existe trois familles d'apprentissage principales, en fonction de la nature des informations disponibles et des objectifs recherchés :

1. Apprentissage supervisé : Dans ce type d'apprentissage, le réseau dispose d'un ensemble de données d'entrée et de sorties correspondantes (appelées sorties désirées) pour chaque exemple d'apprentissage. Le réseau apprend à partir de ces exemples en ajustant ses poids afin de minimiser l'écart entre les sorties réelles et les sorties désirées. Cela permet au réseau d'apprendre à effectuer des prédictions ou à classer de nouvelles données.

2. Apprentissage semi-supervisé ou par renforcement : Dans ce type d'apprentissage, seule une mesure d'erreur qualitative est disponible pour évaluer les performances du réseau. Le réseau explore son environnement, effectue des actions et reçoit des récompenses ou des

Chapitre III: La reconnaissance faciale

sanctions en fonction de ses performances. Il utilise ces informations pour ajuster ses poids et améliorer ses performances futures.

3. Apprentissage non supervisé : Dans ce type d'apprentissage, il n'y a pas de réponse désirée disponible. Le réseau doit trouver des structures, des patterns ou des regroupements significatifs dans les données d'entrée sans aucune information préalable. Cela permet au réseau de découvrir des informations cachées ou des caractéristiques importantes des données.

En ce qui concerne les réseaux multicouches, il a été démontré qu'ils ont la capacité d'approximer n'importe quelle fonction, à condition d'avoir une architecture appropriée, c'est-à-dire un nombre suffisant de neurones cachés. Cela signifie que les réseaux multicouches sont des modèles universels qui peuvent représenter et apprendre à partir de n'importe quel type de données.

Enfin, la capacité de généralisation est une autre propriété fondamentale de l'apprentissage des réseaux de neurones. Cela signifie que le réseau est capable de généraliser ses connaissances acquises à partir des exemples d'apprentissage et de les appliquer à de nouvelles données qui n'ont pas été vues auparavant. Cela permet au réseau de faire des prédictions ou de prendre des décisions sur de nouvelles situations en se basant sur son expérience passée.

IV.4.5 Le réseau de neurones convolutifs (CNN)

Un réseau de neurones convolutif (CNN) est un type de réseau de neurones artificiels spécialement conçu pour le traitement des données en grille, telles que les images, les vidéos ou les signaux temporels. Les CNN ont révolutionné le domaine de la vision par ordinateur et ont obtenu des résultats remarquables dans diverses tâches, telles que la classification d'images, la détection d'objets, la segmentation sémantique et la reconnaissance faciale.

1. La structure d'un CNN :

La structure fondamentale d'un CNN est basée sur deux composants clés :

- a. Couches de convolution : Les couches de convolution sont responsables de l'extraction des caractéristiques d'une image. Chaque couche convolutive applique des filtres (ou des noyaux) à une petite région de l'image d'entrée, appelée fenêtre de convolution. Ces filtres détectent différentes caractéristiques, telles que les bords, les textures ou les formes, en

Chapitre III: La reconnaissance faciale

effectuant une opération de multiplication entre les poids du filtre et les pixels de l'image. Les résultats sont ensuite combinés pour former une carte de caractéristiques qui met en évidence les motifs présents dans l'image.

- b. Couches de pooling : Les couches de pooling réduisent la dimension spatiale des cartes de caractéristiques générées par les couches de convolution. Cela permet de réduire le nombre de paramètres à traiter et d'introduire de l'invariance aux translations mineures dans l'image. Le pooling peut être effectué en prenant la valeur maximale (max pooling) ou la valeur moyenne (averagepooling) dans une région donnée.

2. La méthode de fonctionnement d'un CNN :

La méthode de reconnaissance faciale basée sur le deep learning repose sur l'utilisation de réseaux de neurones convolutifs (CNN) pour extraire des caractéristiques faciales discriminantes à partir des images. Voici comment fonctionne cette méthode :

- a. Entraînement d'un CNN : Un réseau de neurones convolutifs est entraîné sur de grandes bases de données d'images faciales. Le CNN apprend à extraire automatiquement des caractéristiques pertinentes des visages, telles que les contours, les textures et les motifs, à partir des images d'entraînement. Ce processus d'apprentissage permet au CNN de devenir un extracteur de caractéristiques spécialisé dans la reconnaissance faciale.
- b. Extraction des encodages faciaux : Une fois que le CNN est entraîné, il peut être utilisé pour extraire des encodages (vecteurs de nombres) à partir des images de visages. Ces encodages représentent les caractéristiques distinctives de chaque visage, capturant des informations telles que la forme du visage, la position des yeux, le nez, la bouche, etc. Les encodages sont généralement de longueur fixe, ce qui facilite leur comparaison.
- c. Comparaison des encodages : Lorsqu'une nouvelle image de visage est présentée au système, les encodages faciaux correspondants sont extraits à l'aide du CNN. Ensuite, ces encodages sont comparés aux encodages de visages connus dans une base de données pour trouver une correspondance. La comparaison peut être effectuée à l'aide de diverses techniques, telles que la distance euclidienne, la similarité cosinus, etc. Si une correspondance est trouvée, le visage est identifié comme étant celui d'une personne connue.
- d. Reconnaissance et classification : Une fois qu'une correspondance est trouvée, le visage peut être identifié et associé à un nom ou à une étiquette correspondante dans la base de données. Cela permet de classer les visages détectés en fonction des personnes connues.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

IV.4.6 Une cascade d'équations mathématiques pour la reconnaissance des visages

Les réseaux de neurones convolutifs (CNN) dans la reconnaissance des visages peuvent être définis par une série d'équations mathématiques. Voici une représentation générale de la propagation avant (forward propagation) dans un CNN :

1. Opération de convolution :

La convolution entre une image d'entrée (x) et un filtre (w) à une position donnée (i, j) peut être calculée comme suit :

$$(x \cdot w)_{i,j} = \sum_m \sum_n x_{i+m,j+n} \cdot w_{m,n} \quad .(4)$$

où ($x * w$) est le résultat de la convolution, $x_{\{i+m,j+n\}}$ est le pixel d'entrée à la position ($i+m, j+n$) et $w_{\{m,n\}}$ est le poids du filtre à la position (m, n). Cette opération est répétée pour toutes les positions valides de convolution.

2. Fonction d'activation :

Après chaque opération de convolution, une fonction d'activation non linéaire est appliquée pour introduire la non-linéarité dans le réseau. La fonction ReLU (Rectified Linear Unit) est couramment utilisée et peut être définie comme suit :

$$ReLU(x) = \max(0, x) \quad .(5)$$

3. Opération de pooling :

L'opération de pooling, comme le max pooling, réduit la taille de la carte de caractéristiques en conservant uniquement la valeur maximale dans chaque région prédéfinie. Le résultat du pooling est calculé comme suit :

$$Pooling(x)_{i,j} \quad .(5)$$

Chapitre III: La reconnaissance faciale

où $x_{\{i,j\}}$ représente la région d'intérêt (par exemple, une région de 2x2 pixels) sur la carte de caractéristiques.

Ces équations et opérations sont utilisées en cascade à travers les différentes couches d'un CNN, en combinant plusieurs filtres, fonctions d'activation et opérations de pooling pour extraire des caractéristiques de plus en plus complexes des images. Le processus de rétropropagation du gradient est ensuite utilisé pour ajuster les poids du réseau et minimiser la fonction de perte lors de l'apprentissage.

V. Principales difficultés de la reconnaissance faciale

Savoir reconnaître les visages humains dans la nature est chose simple et assez spontané pour nous, mais cela reste très difficile, de développer un système informatique qui accomplisse ces mêmes tâches.

Et a contrario des empreintes digital ou notre ADN, les visages changes, ce qui peut causer des difficultés à la reconnaissance faciale dont on doit tenir compte comme :

- le vieillissement ;
- la chirurgie plastique ;
- le voile ;
- le maquillage ;
- les effets de la consommation de drogues ou de tabac ;
- l'exposition aux lumières ;
- les expressions faciales
- l'occultation partielle ;
- la pose du sujet.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

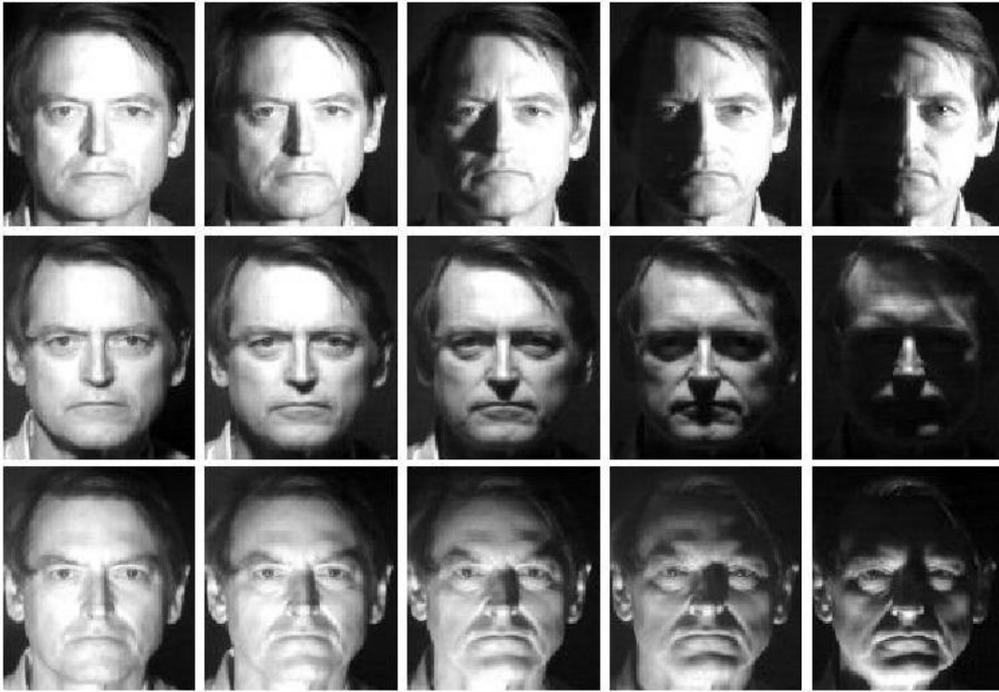


Figure 31: visage d'une même personne sous différent aspect

V. Les domaines d'application de la reconnaissance faciale

La reconnaissance faciale a beaucoup d'applications dans différents domaines, dont :

VI.1 Les applications de la reconnaissance faciale dans la sécurité et la surveillance

a-Application de la loi :

La reconnaissance faciale est souvent utilisée par les autorités.

La police recueille des photographies des personnes arrêtées et les compare aux bases de données locales, étatiques et fédérales. Les photographies des suspects arrêtés sont ajoutées à la base de données et numérisées par la police lors d'une autre enquête criminelle.

Avec la reconnaissance faciale mobile, les agents de police peuvent aussi identifier instantanément les personnes en prenant des photos avec des appareils portables qu'ils comparent aux bases de données.[10]

Chapitre III: La reconnaissance faciale

b- Contrôles des aéroports et aux frontières :

La reconnaissance faciale est de nos jours monnaie courante dans les aéroports du monde entier. Grace au passeport biométrique et a l'automatisation de la reconnaissance faciale les files d'attente sont réduite et la sécurité améliorée.

c- Retrouver les personnes disparues :

La reconnaissance faciale peut être utilisée pour retrouver les personnes disparues et les victimes de trafic humains. Les personnes disparues sont ajoutées à une base de données. Les autorités sont alors alertées dès que ces personnes sont repérées par la reconnaissance faciale, que ce soit dans un aéroport ou dans l'espace public. [11]

VI.2 Les application de la reconnaissance faciale dans la gestion de relation clients

a-Améliorer les expériences d'achat

Cette technologie a le potentiel d'améliorer l'expérience d'achat du client. Par exemple,

un kiosque de magasin peut reconnaître les clients, recommander des produits en fonction des achats précédents et leur dire où aller. En payant avec la reconnaissance faciale, les clients n'ont plus à faire la queue à la caisse.

b-Le marketing et la publicité

Les professionnels du marketing se servent de la reconnaissance faciale pour améliorer l'expérience des consommateurs. (Exemple : analysé l'expression des consommateurs et voir comment ils réagissaient aux certains produits).

Les sociétés médiatiques se servent également de la reconnaissance faciale pour jauger la réaction du public face aux bande-annonce de films, aux personnages dans les épisodes pilotes de séries et à propos du placement optimal des publicités à la télévision.[12]

Chapitre III: La reconnaissance faciale

VI.3 Les application de la reconnaissance faciale dans la médecine et les soins de santé

Les hôpitaux utilisent la reconnaissance faciale pour améliorer les soins aux patients. Les prestataires de soins de santé testent en utilisant la reconnaissance faciale pour accéder aux dossiers des patients, simplifier l'enregistrement des patients, reconnaître les émotions et la douleur, et même identifier certaines maladies génétiques.

Les médecins peuvent aussi suivre plus précisément la consommation de médicaments d'un patient grâce à la reconnaissance faciale. [13]

VI.4 Les préoccupations éthiques et juridiques liées à l'utilisation de la reconnaissance faciale

L'utilisation de la reconnaissance faciale soulève de nombreuses préoccupations éthiques et juridiques en raison des risques potentiels pour la vie privée et les droits de l'homme. Voici quelques-unes des principales préoccupations :

a. Vie privée : L'utilisation de la reconnaissance faciale peut porter atteinte à la vie privée des individus, car elle permet de collecter, stocker et traiter des informations sur leur apparence physique sans leur consentement. Il est également possible que des données sensibles, telles que les origines ethniques, l'orientation sexuelle, les croyances religieuses, soient associées aux informations de reconnaissance faciale, ce qui peut entraîner une discrimination.

b. Biais : Les algorithmes de reconnaissance faciale peuvent être biaisés en raison de l'inclusion de données de formation non représentatives, ce qui peut entraîner des résultats injustes et discriminatoires. Par exemple, les modèles de reconnaissance faciale peuvent avoir des difficultés à reconnaître les visages des personnes de couleur, des femmes, ou des personnes avec des handicaps, et les identifier de manière erronée ou les exclure de la reconnaissance.

c. Surveillance : L'utilisation de la reconnaissance faciale pour la surveillance peut porter atteinte aux libertés civiles, car elle permet de surveiller en temps réel les mouvements et les activités des individus. Cette utilisation peut être abusive ou discriminatoire, notamment lorsqu'elle cible des groupes marginalisés ou des minorités.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

d. Erreur judiciaire : L'utilisation de la reconnaissance faciale dans les enquêtes criminelles peut entraîner des erreurs judiciaires, car les systèmes de reconnaissance faciale peuvent donner des résultats inexacts. Il y a eu des cas où des personnes innocentes ont été identifiées à tort par des systèmes de reconnaissance faciale, ce qui peut entraîner des conséquences graves.

VII Les défis de la reconnaissance faciale

La reconnaissance faciale a pas mal de défis, dont :

VII.1 Les défis liés à la précision de la reconnaissance faciale

La précision de la reconnaissance faciale est l'un des principaux défis liés à cette technologie. Voici quelques-uns des défis les plus importants :

- a. **Variations de l'apparence :** Les visages humains peuvent présenter de nombreuses variations en termes de couleur de peau, de texture de peau, de pilosité faciale, d'âge, de forme du visage, d'expression faciale, etc. Les systèmes de reconnaissance faciale doivent être capables de reconnaître et de traiter ces variations pour obtenir des résultats précis.
- b. **Qualité de l'image :** La qualité de l'image est un facteur important pour la précision de la reconnaissance faciale. Les images floues, mal éclairées, pixélisées ou de faible résolution peuvent rendre la reconnaissance faciale difficile.
- c. **Taille de la base de données :** La taille de la base de données de référence est également un facteur important. Plus la base de données est grande, plus il est probable que les résultats soient précis. Cependant, cela nécessite également plus de ressources de traitement pour effectuer des comparaisons et des analyses.
- d. **Les changements de l'apparence :** Les changements dans l'apparence des individus, tels que les changements de coiffure, la croissance de la barbe, le vieillissement, les blessures ou les chirurgies peuvent rendre la reconnaissance faciale difficile.
- e. **Biais :** Les systèmes de reconnaissance faciale peuvent être biaisés en raison de l'inclusion de données de formation non représentatives, ce qui peut entraîner des résultats injustes et discriminatoires.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

VII.2 Les défis liés à la fiabilité de la reconnaissance faciale

La fiabilité de la reconnaissance faciale est également un défi important pour cette technologie, car elle peut affecter la confiance que les utilisateurs ont dans ses résultats. Voici quelques-uns des défis liés à la fiabilité de la reconnaissance faciale :

- a. **Erreurs de correspondance** : Les algorithmes de reconnaissance faciale peuvent parfois identifier des visages incorrectement, c'est-à-dire qu'ils peuvent correspondre à deux personnes différentes. Ces erreurs peuvent être causées par des ressemblances faciales entre deux individus ou par des similitudes dans les caractéristiques des visages.
- b. **Imposteurs** : Les imposteurs sont des personnes qui tentent de tromper les systèmes de reconnaissance faciale en utilisant des photos ou des vidéos de quelqu'un d'autre pour se faire passer pour cette personne. Ces types d'attaques peuvent être difficiles à détecter et peuvent compromettre la fiabilité de la technologie.
- c. **Perturbations** : Les perturbations sont des changements dans les conditions d'image qui peuvent affecter la qualité de la reconnaissance faciale. Les perturbations peuvent inclure des changements de lumière, des obstacles sur le visage, des expressions faciales ou des variations dans la qualité de l'image.
- d. **Coût** : La fiabilité de la reconnaissance faciale peut également être affectée par le coût des systèmes de reconnaissance faciale, qui peuvent être prohibitifs pour les petites entreprises ou les organisations à but non lucratif.

VII.3 Les défis liés à la vie privée et à la sécurité de la reconnaissance faciale

La reconnaissance faciale soulève également des préoccupations en matière de vie privée et de sécurité, car elle peut avoir des conséquences potentiellement graves sur la vie privée et la sécurité des individus. Voici quelques-uns des défis liés à la vie privée et à la sécurité de la reconnaissance faciale :

- a. **Collecte de données** : Les systèmes de reconnaissance faciale doivent collecter des données sur les visages des individus pour fonctionner. Cela soulève des préoccupations quant à la manière dont ces données sont collectées, stockées, utilisées et partagées, et si elles peuvent être utilisées à des fins non autorisées ou malveillantes.

Chapitre III: La reconnaissance faciale

- b. **Utilisation non autorisée** : Les données de reconnaissance faciale peuvent être utilisées pour identifier les individus sans leur consentement, ce qui peut avoir des conséquences potentiellement graves, notamment le profilage, la discrimination ou le harcèlement.
- c. **Sécurité des données** : Les données de reconnaissance faciale peuvent être sensibles et doivent être protégées contre les cyberattaques et les violations de données. Les pirates informatiques peuvent utiliser les données pour identifier les individus ou accéder à des informations personnelles sensibles.
- d. **Erreurs de correspondance** : Les erreurs de correspondance peuvent avoir des conséquences graves sur la vie privée et la sécurité des individus. Par exemple, si une personne est identifiée à tort comme un criminel ou un terroriste, cela peut entraîner une enquête, une arrestation ou une détention injuste.

VIII Conclusion

En conclusion, la reconnaissance faciale est une technologie fascinante avec de nombreuses applications potentielles dans de nombreux domaines, notamment la sécurité, la santé, l'éducation et les services financiers. Cependant, cette technologie présente également des défis importants en matière de précision, de fiabilité, de vie privée et de sécurité, ainsi que des préoccupations éthiques et juridiques concernant son utilisation.

Il est donc essentiel que les développeurs de la reconnaissance faciale travaillent à améliorer la précision et la fiabilité de la technologie tout en garantissant la protection de la vie privée et la sécurité des utilisateurs. De plus, il est important que la reconnaissance faciale soit utilisée de manière responsable et éthique pour éviter tout abus ou discrimination.

***Chapitre IV : Conception
et implémentation***

Chapitre IV : Conception et implémentation

I. Introduction

La capacité de notre cerveau à reconnaître et à se souvenir des visages est certainement incroyable. Grâce au Machine Learning, aujourd'hui les machines peuvent le faire aussi. C'est un développement révolutionnaire dans la technologie basée sur les données : La reconnaissance faciale. C'est une technologie qui ne cesse de progresser jour après jour, nous permettant d'identifier ou de vérifier l'identité d'un individu à l'aide de son visage. Elle peut être utilisée pour identifier les personnes sur des photos, des vidéos ou en temps réel.

Dans ce chapitre, nous allons présenter comment créer un système de reconnaissance faciale fonctionnel.

II. Environnement de travail

Notre environnement de travail dépend de plein de caractéristiques importantes dont :

II.1. Hardware

Pour pouvoir implémenter un programme fonctionnel nous avons besoin de certaines caractéristiques pour notre matériel :

II.1.1. Webcam

Nous avons utilisé la caméra interne du pc de qualité photo 0,9 mégapixels, format 16 :9 avec une résolution de 1280x720. En qualité vidéo, notre webcam a une résolution de 720p avec une fréquence d'images qui équivaut à 30fps.

II.1.2. L'ordinateur portable

L'ordinateur portable a les caractéristiques suivantes : 6 Go de mémoire Ram, processeur Intel core i5 HD graphicsfamily, huitième génération.

II.2. Software

- Python

Python, créé par Guido van Rossum en 1991, est un langage de programmation de haut niveau largement utilisé pour diverses applications. Sa conception met l'accent sur la lisibilité du code en utilisant des espaces significatifs. Avec des fonctionnalités adaptées à la programmation à

Chapitre IV: Conception et implémentation

petite et à grande échelle, Python propose un système de type dynamique et une gestion automatique de la mémoire. Il supporte plusieurs paradigmes de programmation tels que l'orienté objet, l'impératif, le fonctionnel et le procédural. De plus, Python est accompagné d'une bibliothèque standard complète et étendue. Il offre également des interpréteurs compatibles avec de nombreux systèmes d'exploitation.[22]

II.3. Les bibliothèques utilisées

Dans le cadre de l'élaboration de notre système, nous avons installé et utilisé les bibliothèques suivantes : Face_recognition, Open CV, NumPy, PIL,DLIB et Tkinter .

- **Face_recognition**

C'est une bibliothèque open-source de reconnaissance faciale qui fournit des fonctionnalités de détection de visages, d'extraction d'encodages faciaux et de comparaison de visages. Elle utilise le deeplearning pour effectuer la reconnaissance faciale de manière précise et rapide.

- **Open CV**

`cv2` (OpenCV): est une bibliothèque populaire de vision par ordinateur qui fournit des fonctionnalités de traitement d'images et de vidéo. Elle est utilisée ici pour la capture vidéo à partir de la webcam, le redimensionnement des images et l'affichage des résultats.[22]

- **NumPy**

NumPy (Numérique python) est une bibliothèque du langage de programmation Python, destinée à manipuler des matrices ou tableaux multidimensionnels ainsi que des fonctions mathématiques opérant sur ces tableaux. [23]

- **PIL**

PIL (Python Imaging Library) est une bibliothèque de traitement d'images pour le langage de programmation Python. Elle permet d'ouvrir, de manipuler, et de sauvegarder différents formats de fichiers graphiques. La bibliothèque supporte plusieurs formats de fichier, parmi lesquels PNG, JPEG, GIF, TIFF, et BMP. Il est aussi possible d'ajouter son propre décodeur de fichiers pour étendre le nombre de formats disponibles. [24]

Chapitre IV: Conception et implémentation

- **Dlib**

Dlib est une boîte à outils C++ moderne contenant des algorithmes d'apprentissage automatique et des outils permettant de créer des logiciels complexes en C++ pour résoudre des problèmes réels. Elle est utilisée par l'industrie et les universités dans un large éventail de domaines, notamment la robotique, les dispositifs embarqués, les téléphones mobiles et les grands environnements de calcul à haute performance. La licence open source de la Dlib vous permet de l'utiliser dans n'importe quelle application, gratuitement.

- **Tkinter**

Tkinter est le module intégré de Python qui est utilisé pour créer des applications graphiques. C'est l'un des modules les plus couramment utilisés pour créer des applications GUI en Python, car il est simple et facile à utiliser. On n'a pas à se préoccuper de l'installation du module Tkinter séparément, car il est déjà fourni avec Python. Il fournit une interface orientée objet à la boîte à outils Tk GUI.

- **Math**

La bibliothèque math est une bibliothèque standard en Python qui fournit des fonctions et des constantes mathématiques pour effectuer des opérations mathématiques courantes. Elle est utilisée pour effectuer des calculs mathématiques avancés tels que des opérations trigonométriques, logarithmiques, exponentielles, etc.

- **argparse**

La bibliothèque '**argparse**' est une bibliothèque standard en Python qui facilite le traitement des arguments de ligne de commande. Elle fournit des fonctionnalités pour analyser les arguments passés à un script Python à partir de la ligne de commande, les valider et les traiter de manière structurée.

III. Description du programme

Pour la réalisation de notre programme de reconnaissance faciale, nous avons subdivisé le programme en 2 sous-programmes complémentaires réalisant respectivement, la tâche de

Chapitre IV: Conception et implémentation

détection et d'enregistrement de visages, la tâche d'apprentissage et enfin la tâche de reconnaissance.

III.1. Sous-programme de reconnaissance des visages

La reconnaissance faciale dans notre cas passe par plusieurs étapes qui sont les suivantes [24] :

III.1.1. Acquisition de l'image

Avec une webcam, nous créons une scène de notre objet (visage) avant de définir la zone d'intérêt : cela nous permet d'établir la scène sans capturer l'image.

Code du programme :

- Les images d'exemple (comme "Farah.jpg") sont chargées à l'aide de `face_recognition.load_image_file()`.
- Les encodages de visages correspondants sont calculés à l'aide de `face_recognition.face_encodings()`.

```
# Load a sample picture and learn how to recognize it.
Farah_image = face_recognition.load_image_file("Farah1.jpg")
Farah_face_encoding = face_recognition.face_encodings(Farah_image)[0]
```

III.1.2. Détection de visage

Une fois la scène établie le programme nous permet de détecter le visage si celui-ci est un visage humain et d'y mettre un cadre autour

Code du programme :

- Les visages et leurs encodages sont détectés dans l'image en utilisant `face_recognition.face_locations()` et `face_recognition.face_encodings()` respectivement.

```
# Find all the faces and face encodings in the current frame of video
face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_small_frame)
face_encodings = face_recognition.face_encodings(rgb_small_frame, face_locations)
```

Chapitre IV: Conception et implémentation

III.1.3 Reconnaissance du visage

Cette partie du programme nous permet de reconnaître le visage et d'y ajouter un nom ; si celui-ci est dans la base de données ou d'y mettre unknown (inconnu) s'il n'est pas dans celle-ci.

Code du programme :

- Les encodages des visages détectés sont comparés avec les encodages des visages connus à l'aide de `face_recognition.compare_faces()`.
- Si une correspondance est trouvée, le nom correspondant au premier visage correspondant est attribué au visage détecté.

```
face_names = []
for face_encoding in face_encodings:
    # See if the face is a match for the known face(s)
    matches = face_recognition.compare_faces(known_face_encodings, face_encoding)
    name = "Unknown"
```

III.1.4. Base de données

Dans notre base de données, nous avons déjà enregistré les photos de visages de personnes à reconnaître avec leurs noms.

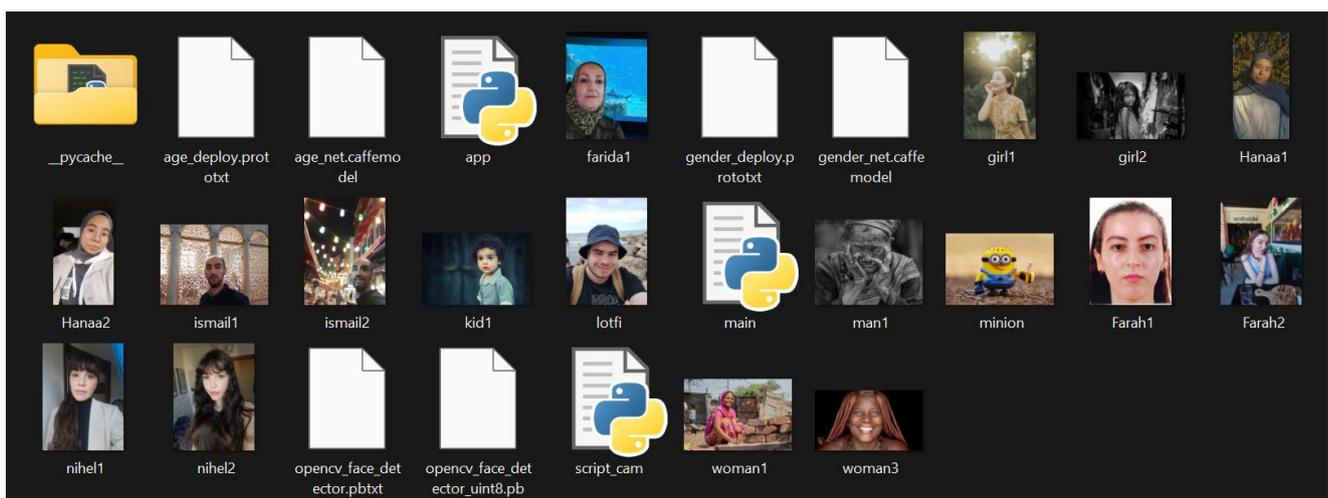


Figure 32: Base de données

Chapitre IV: Conception et implémentation

III.2. Sous-programme de détection de l'âge et du genre

Ce sous-programme est à peu près similaire à celui de la reconnaissance faciale, sauf qu'il permet d'avoir une estimation de l'âge de la personne et de son genre. Lui aussi passe par plusieurs étapes qui sont les suivantes [26]:

III.2.1. Acquisition de l'image

A l'aide de la caméra, nous établissons une scène sur notre cible, avant de déterminer la zone d'intérêt : ce programme permet d'établir localiser le visage sans capturer l'image.

Code du programme :

Un objet 'VideoCapture' est créé pour ouvrir la vidéo à partir de la webcam (si aucun argument --image n'est spécifié) ou à partir du fichier d'image spécifié dans les arguments en ligne de commande

```
video=cv2.VideoCapture(args.image if args.image else 0)
```

III.2.2. Détection de visage

Ce programme permet de détecter les visages humains et Pour chaque visage détecté, une région rectangulaire contenant le visage est extraite de l'image capturée.

Code du programme :

-La fonction 'highlightFace' est définie pour détecter les visages dans une image donnée. Elle prend en paramètres un modèle de réseau (net), une image (frame) et un seuil de confiance (conf_threshold).

```
face_names = []
for face_encoding in face_encodings:
    # See if the face is a match for the known face(s)
    matches = face_recognition.compare_faces(known_face_encodings, face_encoding)
    name = "Unknown"
```

Chapitre IV: Conception et implémentation

III.2.3. Détection de l'Age et du genre

Après l'établissement du visuel notre programme détecte le visage et y met un nombre qui est l'âge et genre.

Code du programme :

-Le réseau de prédiction de genre est utilisé pour effectuer une prédiction sur le blob d'entrée. La prédiction est ensuite convertie en une étiquette de genre (Male ou Female) :

- Le blob est défini en tant qu'entrée pour le réseau de prédiction de genre (`genderNet.setInput(blob)`).
- Une propagation avant est effectuée dans le réseau pour obtenir les prédictions de genre (`genderPreds=genderNet.forward()`).
- L'indice de la prédiction maximale est extrait (`genderPreds[0].argmax()`).
- L'étiquette de genre correspondant à l'indice est récupérée à partir de la liste `genderList`.

```
genderNet.setInput(blob)
genderPreds=genderNet.forward()
gender=genderList[genderPreds[0].argmax()]
```

-Le réseau de prédiction d'âge est utilisé pour effectuer une prédiction sur le blob d'entrée. La prédiction est ensuite convertie en une étiquette d'âge (par exemple, (0-2) ans, (4-6) ans, etc.) :

- Le blob est défini en tant qu'entrée pour le réseau de prédiction d'âge (`ageNet.setInput(blob)`).
- Une propagation avant est effectuée dans le réseau pour obtenir les prédictions d'âge (`agePreds=ageNet.forward()`).
- L'indice de la prédiction maximale est extrait (`agePreds[0].argmax()`).
- L'étiquette d'âge correspondant à l'indice est récupérée à partir de la liste `ageList`.

```
ageNet.setInput(blob)
agePreds=ageNet.forward()
age=ageList[agePreds[0].argmax()]
```

III.4. Fonctionnalités du programme

Notre programme effectue les commandes suivantes :

- **La détection de visages humain :**

Chapitre IV: Conception et implémentation

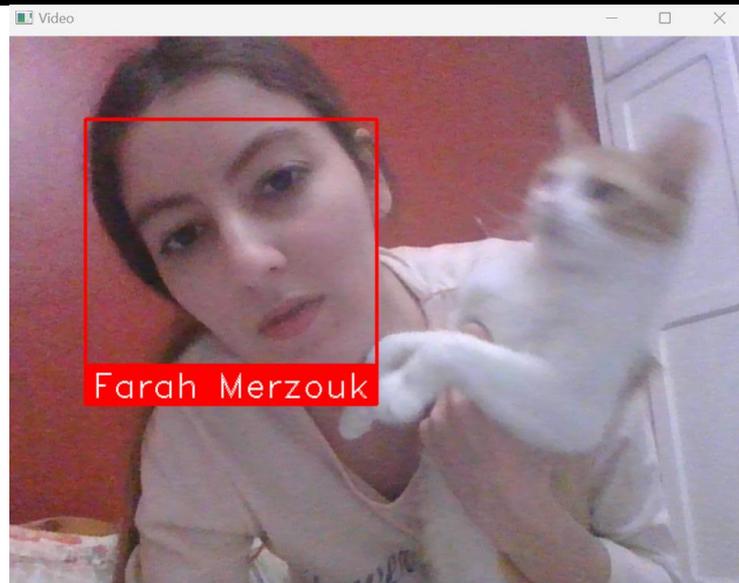


Figure 33: reconnaissance de visage humain

- **L'identification de visages en temps réel :**

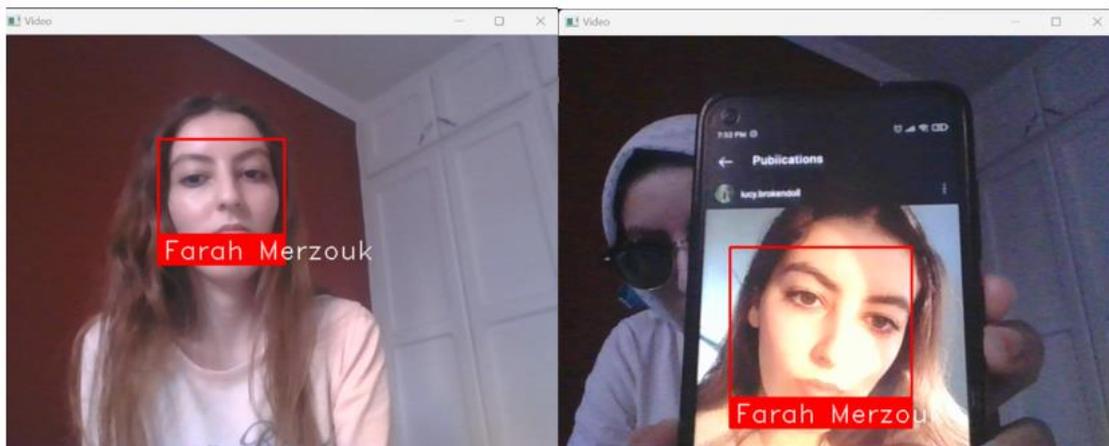


Figure 34: Identification d'un visage en temps réel

Chapitre IV: Conception et implémentation

- La détection de l'âge et du genre de la personne :

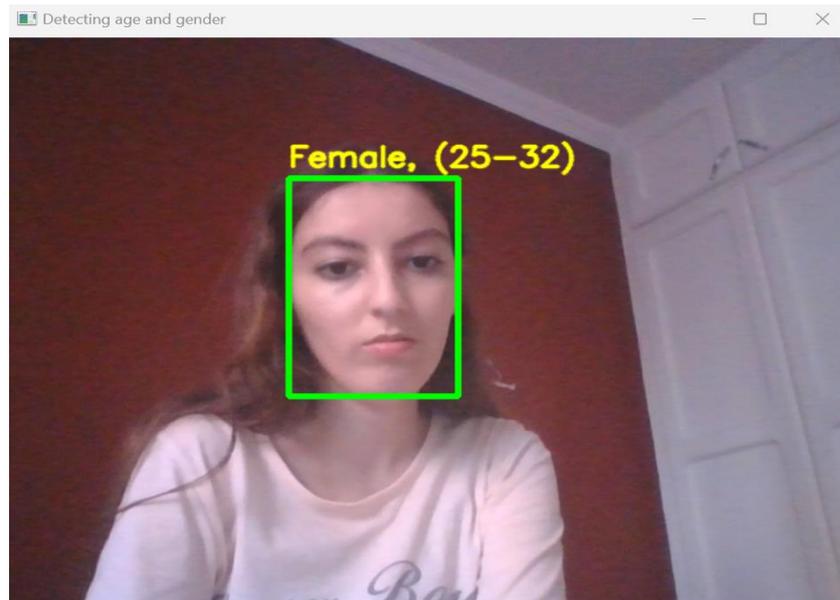


Figure 35: détection de l'âge et du genre de la personne

IV. Test et résultats

Performance du système :

1. Système de reconnaissance faciale :

Nous avons pu réaliser 30 tests en tous, dont 29 correct et 1 seul incorrect. Le taux de reconnaissance T du système est donc :

$$T = \frac{29}{30} = 0.96 = 96\%$$

2. Système de détection de l'âge et du genre :

Nous avons pu réaliser 30 tests sur différentes personnes, dont 25 correct et 5 incorrect. Le taux de reconnaissance T du système est donc :

$$T = \frac{25}{30} = 0.83 = 83\%$$

V. Discussion sur les résultats obtenu

La méthode utilisée pour ce projet est La reconnaissance faciale basée sur les réseaux de neurones convolutif (CNN) fonctionne en entraînant le réseau sur un grand ensemble de données d'images faciales. Le réseau est composé de couches de neurones interconnectées, qui traitent les caractéristiques des visages et apprennent à les distinguer. Les couches initiales extraient des caractéristiques basiques telles que les bords et les textures, tandis que les couches supérieures combinent ces caractéristiques pour former des représentations plus abstraites, comme les yeux, le nez et la bouche.

- **Points Faible**

La reconnaissance faciale basée sur les réseaux de neurones convolutif (CNN) présente quelques inconvénients. Une grande sensibilité aux variations d'éclairage drastique, aux changements d'angle de vue, d'échelle et d'occlusions dans les images ainsi qu'une vulnérabilité aux attaques adverse, elle requiert des ressources computationnelles importantes pour l'entraînement et l'inférence.

- **Points Forts**

La reconnaissance faciale basée sur les réseaux de neurones convolutif (CNN) présente plusieurs avantages. Elle est capable de reconnaître des visages avec une grande précision, même dans des conditions d'éclairage variables, avec des angles de vue différents ou des expressions faciales modifiées. Elle est également capable de gérer des bases de données volumineuses contenant un grand nombre d'individus.

VI. Tableau comparatif entre la méthode CNN et LBP

Ceci représente un tableau comparatif entre notre méthode qui est la méthode CNN et la méthode LBP du mémoire « Utilisation des techniques de reconnaissance pour sécuriser l'accès aux données et aux édifices » par Diakité Oumar Moro et Sidibé Fatouma Chirfi

Chapitre IV: Conception et implémentation

Méthode	Méthode CNN	Méthode LBP
Principe	Utilise des réseaux de neurones	Utilise des descripteurs locaux
Caractéristiques	Apprend automatiquement les Caractéristiques	Basé sur les motifs binaires
Performance	État de l'art en reconnaissance faciale	Performances inférieures à CNN
Taille de l'échantillon	Nécessite un grand nombre d'échantillons d'apprentissage	Peut fonctionner avec des moins nombreux
Résistance aux variations	Robuste aux variations d'illumination, d'échelle et de pose	Sensible aux variations d'illumination, d'échelle et de pose
Complexité	Modèle complexe avec de nombreux paramètres	Plus simple, moins de paramètres
Prétraitement	Souvent nécessite un prétraitement des images	Moins de prétraitement nécessaire des images
Taux de réussite	96% : reconnaissance faciale 83% : détection d'âge et de genre	89.29% : reconnaissance faciale

Tableau II: tableau comparatif entre les méthodes CNN et LBP

VII. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fourni une description détaillée de la conception et de l'implémentation de notre programme. De plus, nous avons présenté et discuté en détail des résultats obtenus. Pour la reconnaissance faciale, notre système a atteint un taux de reconnaissance de 96%. Quant à la détection d'âge et de genre, le taux de précision était de 83%, un taux qui est améliorable.

***Conclusion générale et
perspectives***

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Ce mémoire a mis en évidence l'importance du traitement des images, de l'intelligence artificielle et des réseaux de neurones convolutifs dans le domaine de la reconnaissance faciale. Les perspectives futures incluent l'exploration de techniques avancées de prétraitement des images, l'utilisation de réseaux de neurones plus profonds et l'intégration de l'apprentissage par renforcement pour améliorer davantage les performances des systèmes de reconnaissance faciale. De plus, il sera essentiel de continuer à aborder les questions d'éthique et de confidentialité liées à la reconnaissance faciale afin de garantir son utilisation responsable et équitable dans la société.

ce mémoire a exploré divers aspects liés au traitement des images, à l'intelligence artificielle, à la reconnaissance faciale et aux réseaux de neurones convolutifs (CNN). Les résultats obtenus dans le cadre de notre programme de reconnaissance faciale et de détection d'âge et de genre, en utilisant la méthode CNN, sont prometteurs et ouvrent de nouvelles perspectives dans ce domaine en constante évolution.

Les perspectives de ce travail sont très nombreuses. Une première étape consiste à améliorer l'acquisition d'images en utilisant une caméra de meilleure qualité, afin d'optimiser le taux de reconnaissance et de détection. Une deuxième serait de tester le programme dans des conditions bien réelles, par exemple dans une entreprise, une université ou une instance dont l'objectif est la recherche de personnes disparues ou de criminels. Enfin une amélioration de la précision : La détection de l'âge et du genre à partir d'images peut être un défi en raison de la variabilité des traits faciaux et des changements liés à l'âge. Les perspectives futures incluent l'amélioration de la précision en utilisant des architectures de réseaux de neurones plus avancées, des bases de données plus larges et diversifiées.

Annexe

Annexe

Annexe 1 : Installation de python et des différentes bibliothèques

Python 3.11 :

Pour installer Python, vous pouvez suivre ces étapes :

Rendez-vous sur le site officiel de Python (<https://www.python.org>) et téléchargez la dernière version stable de Python correspondant à votre système d'exploitation (Windows, macOS, ou Linux).

Une fois le fichier d'installation téléchargé, exécutez-le. Assurez-vous de cocher la case "Add Python to PATH" (ou équivalent) pendant l'installation. Cela vous permettra d'utiliser Python depuis n'importe quel répertoire dans l'invite de commande.

Suivez les instructions à l'écran et sélectionnez les options d'installation souhaitées. Par défaut, la plupart des options sont correctement configurées, donc vous pouvez simplement cliquer sur "Next" ou "Install" pour poursuivre l'installation.

Une fois l'installation terminée, vous pouvez vérifier si Python est correctement installé en ouvrant l'invite de commande (ou le Terminal) et en tapant la commande suivante :

Félicitations ! Python est maintenant installé sur votre ordinateur. Vous pouvez commencer à utiliser Python en exécutant des scripts Python ou en lançant l'interpréteur interactif depuis l'invite de commande.

Face_recognition :

```
pip install face-recognition
```

Open cv :

```
pip install open-cv
```

Numpy :

```
pip install numpy
```

PIL :

pip install pil

DLIB :

pip install dlib

TKinter :

pip install tkinter-math

math :

pip install math

argparse :

pip install argparse

Annexe 2 : Quelques sous-programmes utilisés

Sous-programme de détection et de reconnaissance faciale

```
import face_recognition
import cv2
import numpy as np

video_capture = cv2.VideoCapture(0)

Farah_image = face_recognition.load_image_file("myface1.jpg")
Farah_face_encoding = face_recognition.face_encodings(Farah_image)[0]

known_face_encodings = [
    Farah_face_encoding,
]

known_face_names = [
    "Farah Merzouk ",
]

face_locations = []
face_encodings = []
face_names = []
process_this_frame = True

while True:
    ret, frame = video_capture.read()

    if process_this_frame:
        # Resize frame of video to 1/4 size for faster face recognition processing
        small_frame = cv2.resize(frame, (0, 0), fx=0.25, fy=0.25)

        #rgb_small_frame = small_frame[:, :, :-1]
        rgb_small_frame = cv2.cvtColor(small_frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
```

```

face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_small_frame)
face_encodings = face_recognition.face_encodings(rgb_small_frame, face_locations)

face_names = []
    for face_encoding in face_encodings:

        matches = face_recognition.compare_faces(known_face_encodings, face_encoding)
        name = "Unknown"

        if True in matches:
first_match_index = matches.index(True)
            name = known_face_names[first_match_index]

face_distances = face_recognition.face_distance(known_face_encodings, face_encoding)
best_match_index = np.argmin(face_distances)
    if matches[best_match_index]:
        name = known_face_names[best_match_index]

face_names.append(name)

process_this_frame = not process_this_frame

for (top, right, bottom, left), name in zip(face_locations, face_names):
    # Scale back up face locations since the frame we detected in was scaled to 1/4 size
    top *= 4
    right *= 4
    bottom *= 4
    left *= 4

    cv2.rectangle(frame, (left, top), (right, bottom), (0, 0, 255), 2)

    cv2.rectangle(frame, (left, bottom - 35), (right, bottom), (0, 0, 255), cv2.FILLED)
    font = cv2.FONT_HERSHEY_DUPLEX

```

```
cv2.putText(frame, name, (left + 6, bottom - 6), font, 1.0, (255, 255, 255), 1)

cv2.imshow('Video', frame)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
    break

video_capture.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Sous-programme de détection de l'âge et du genre

```
import cv2
import math
import argparse

def highlightFace(net, frame, conf_threshold=0.7):
    frameOpencvDnn=frame.copy()
    frameHeight=frameOpencvDnn.shape[0]
    frameWidth=frameOpencvDnn.shape[1]
    blob=cv2.dnn.blobFromImage(frameOpencvDnn, 1.0, (300, 300), [104, 117, 123], True,
    False)

    net.setInput(blob)
    detections=net.forward()
    faceBoxes=[]
    for i in range(detections.shape[2]):
        confidence=detections[0,0,i,2]
        if confidence>conf_threshold:
            x1=int(detections[0,0,i,3]*frameWidth)
            y1=int(detections[0,0,i,4]*frameHeight)
            x2=int(detections[0,0,i,5]*frameWidth)
            y2=int(detections[0,0,i,6]*frameHeight)
    faceBoxes.append([x1,y1,x2,y2])
    cv2.rectangle(frameOpencvDnn, (x1,y1), (x2,y2), (0,255,0), int(round(frameHeight/150)), 8)
    return frameOpencvDnn,faceBoxes

parser=argparse.ArgumentParser()
parser.add_argument('--image')

args=parser.parse_args()
```

```

faceProto="opencv_face_detector.pbtxt"
faceModel="opencv_face_detector_uint8.pb"
ageProto="age_deploy.prototxt"
ageModel="age_net.caffemodel"
genderProto="gender_deploy.prototxt"
genderModel="gender_net.caffemodel"

MODEL_MEAN_VALUES=(78.4263377603, 87.7689143744, 114.895847746)
ageList=['(0-2)', '(4-6)', '(8-12)', '(15-20)', '(25-32)', '(38-43)', '(48-53)', '(60-100)']
genderList=['Male','Female']

faceNet=cv2.dnn.readNet(faceModel,faceProto)
ageNet=cv2.dnn.readNet(ageModel,ageProto)
genderNet=cv2.dnn.readNet(genderModel,genderProto)

video=cv2.VideoCapture(args.image if args.image else 0)
padding=20
while cv2.waitKey(1)<0 :
hasFrame,frame=video.read()
    if not hasFrame:
        cv2.waitKey()
        break

resultImg,faceBoxes=highlightFace(faceNet,frame)
    if not faceBoxes:
print("No face detected")

    for faceBox in faceBoxes:
        face=frame[max(0,faceBox[1]-padding):
                    min(faceBox[3]+padding,frame.shape[0]-1),max(0,faceBox[0]-padding)
                    :min(faceBox[2]+padding, frame.shape[1]-1)]

        blob=cv2.dnn.blobFromImage(face, 1.0, (227,227), MODEL_MEAN_VALUES,
swapRB=False)

```

```
genderNet.setInput(blob)
genderPreds=genderNet.forward()
    gender=genderList[genderPreds[0].argmax()]
    #print(f'Gender: {gender}')

ageNet.setInput(blob)
agePreds=ageNet.forward()
    age=ageList[agePreds[0].argmax()]
    #print(f'Age: {age[1:-1]} years')

    cv2.putText(resultImg, f'{gender}, {age}', (faceBox[0], faceBox[1]-10),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.8, (0,255,255), 2, cv2.LINE_AA)
    cv2.imshow("Detecting age and gender", resultImg)
```

Bibliographie

Bibliographie

[1]	S. FAID et W. DEHIMI : Modèle de segmentation d'image à champ aléatoire de Markov (MRF), université M'SILA 2019/2020
[2]	W. PIECZYNSKI : Modèles de Markov en traitement d'images, GET/INT, Département CITI, CNRS UMR, [consulté le 22/12 /2022].
[3]	L. LAOUAMER : Approche exploratoire sur la classification appliquée aux images, université du Québec 2006.
[4]	R. ISDANT : Traitement numérique de l'image, 2009 PDF, [consulté le 25/12/2022].
[5]	J. P. COCQUEREZ et S. PHILIPP : Analyse d'images : filtrage et segmentation, .
[6]	M. T. CHIKH : Amélioration des images par un modèle de réseau de neurones (comparaison avec les filtres de base), université Tlemcen 2011).
[7]	https://www.avast.com/fr-fr/c-facial-recognition [consulté le 24/01/2023].
[8]	Mémoire Online, Informatique et Télécommunications : Identification des personnes par reconnaissance de visage pour la sécurité d'une institution bancaire
[9]	M. W. Marcellin : Système de reconnaissance faciale, université de Congo 2016,
[10]	https://actualiteinformatique.fr/intelligence-artificielle/qu-est-ce-que-la-reconnaissance-faciale , [consulté le 06/02/2023].
[11]	https://actualiteinformatique.fr/intelligence-artificielle/qu-est-ce-que-la-reconnaissance-faciale , [consulté le 06/02/2023].
[12]	https://www.kaspersky.fr/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition , [consulté le 07/01/2023].
[13]	https://www.thalesgroup.com/fr/europe/france/dis/gouvernement/biometrie/reconnaissance-faciale [consulté le 18 /02/2023]
[14]	F. SANANES : Mémoire de fin d'études L'intelligence artificielle : une solution à la prise de décision quotidienne ? .
[15]	Y. MEILLER : Intelligence artificielle, sécurité et sûreté, dans Sécurité et stratégie 2017/4 (28), pages 75 à 84.
[16]	E. M. OLASAGASTI : Application des Réseaux de Neurones a l'Identification d'un Axe de Machine-Outil, Thèse de doctorat, INPG, 2002.
[17]	C. TOUZET : Les Réseaux de Neurones Artificiels - Introduction au Connexionnisme, cours, exercices et travaux pratiques.
[18]	A. OUALI : Evaluation de la Stabilité Transitoire des Réseaux Électriques par les

	Réseaux de Neurones Artificiels et les Plans d'Expériences, Mémoire de Magister, Université de Constantine, 2005.
[19]	R. M. PARISEAU, "Réseaux de neurones" Université Laval 2004.
[20]	S. AZZAOUÏ : Utilisation des Méthodes de l'Intelligence Artificielle dans la Modélisation des Phénomènes Electromagnétiques et Thermiques Couplés dans les Systèmes Electriques, thèse doctoral, université Biskra 2017.
[21]	https://openclassrooms.com/forum/sujet/beta-on-introduction-a-la-vision-par-ordinateur-11194 [consulté le 02/05/2023]
[21]	https://www.python.org/ [consulté le 05/02/2023].
[22]	https://opencv.org/about/ [consulté le 15/02/2023].
[23]	https://numpy.org/about/ [consulté le 16/02/2023].
[24]	https://pypi.org/project/Pillow/ [consulté le 20/02/2023].
[25]	https://github.com/ageitgey/face_recognition [consulté le 20/03/2023].
[26]	https://github.com/smahesh29/Gender-and-Age-Detection [consulté le 10/05/2023].
[28]	M.MOHAMMEDI et F. KOUDRI, Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique : Segmentation d'image IRM cérébrale en utilisant l'intensité et l'information contextuelle par le champ aléatoire de Markov.
[29]	