REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electronique.
Spécialité : Instrumentation.

Étude et réalisation d'un système de détection des maladies végétales par traitement d'images au niveau des serres agricoles

---

Présenté par :

BOUKHELKHAL Salaheddine
LASSAR Yahia Haitham

Proposé et Dirigé par :
Dr. TCHOKETCH KEBIR Sofiane

Promotion 2020


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Merci à Dieu, qui nous protège et nous aide dans les épreuves de la vie et qui nous donne le courage et l'ardeur nécessaire pour l'accomplissement de ce travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier toute l'équipe pédagogique de ***l'université Yahia Farès*** *de Médéa et les intervenants professionnels responsables de la formation du département de génie électrique.*

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Directeur de mémoire ***Dr. TCHOKETCH KEBIR Sofiane****. Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aide et conseillé.*

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche cette cinquième année dans l'université.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à toute Ma famille, pour le soutien et la patience qu'elle m'a témoignée.

Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :

A ***mes parents :***

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A ***la famille*** *: Boukhelkhal et Fekhar.*

Je remercie ***mon binôme, Lassar Haitham*** *qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

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

A tous ***mes Amis*** *et* ***mes collègues*** *: Ahmed, Abdellah, Mohamed, Salim, Ibrahim, Noureddine, Abdessalem, Khaled, Imad, Aboubekr, Abderahman, mouadh.*

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

Salaheddine

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A ***mes parents*** *:*

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À ***mes chers frères*** *:*

Aucune dédicace ne peut l'exprimer assez profondément

ce que nous ressentons pour vous.

Je vais simplement dire merci beaucoup.

A ***la famille*** *: Lassar*

A mon très chèr copin et mon Binôme : ***Boukhelkhal Salaheddine****.*

À ***mes chers amis :***

Comme preuve de l'amitié sincère qui nous lie au bien

nous avons passé des moments ensemble.

Je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir

brillant et plein de succès.

Yahia Haitham

ملخص :
تعتبر أمراض الأوراق المشكلة الرئيسية في القطاع الزراعي ، والتي تؤثر على الإنتاج الزراعي وكذلك الربح الاقتصادي. الاكتشاف المبكر للأمراض من خلال التعلم العميق يمكن أن يمنع مثل هذه الكارثة. حاليًا ، تعد الشبكة العصبية التلافيفية (CNN) فئة التعلم العميق المستخدمة على نطاق واسع لمهمة تصنيف الصور. أجرينا تجارب مع بنية CNN لاكتشاف المرض في أوراق الطماطم. قمنا بتدريب شبكة عصبية تلافيفية عميقة باستخدام مجموعة بيانات PlantVillage المكونة من 10684 صورة أوراق لنباتات مريضة وصحية ، لتحديد نوع الأوراق. يحقق النموذج المدرب دقة اختبار تبلغ 97٪.
وبالمثل ، فقد أنشأنا تطبيقًا يعمل بنظام Android يرسل صورًا للنباتات المصابة باستخدام الهاتف وأنشأنا خادمًا يستقبل الصور ويصنفها باستخدام بنية التعلم العميق الخاصة بنا.
كلمات مفتاحية : التعلم العميق ، الشبكة العصبية الالتفافية ، الكشف عن أمراض الأوراق.

Résumé:

Les maladies foliaires sont le problème majeur du secteur agricole, qui affecte la production agricole ainsi que le profit économique. Une détection précoce des maladies grâce à l'apprentissage en profondeur pourrait éviter une telle catastrophe. Actuellement, Convolutional Neural Network (CNN) est une classe d'apprentissage en profondeur largement utilisée pour la tâche de classification d'images. Nous avons réalisé des expériences avec l'architecture CNN pour détecter la maladie dans les feuilles de tomate. Nous avons formé un réseau de neurones convolutionnels profonds à l'aide de l'ensemble de données PlantVillage de 10684 images de feuilles de plantes malades et saines, pour identifier le type de feuilles. Le modèle entraîné atteint une précision de test de 97%.
De même, nous avons créé une application Android qui envoie des images de plantes potentiellement infectées à l'aide du téléphone et créé un serveur qui reçoit et catégorise les images à l'aide de notre architecture d'apprentissage en profondeur.
Mots clés : L'apprentissage en profondeur, Réseau de neurones à convolution, Détection des maladies foliaires.

Abstract :

Leaf diseases are the major problem in agricultural sector, which affects crop production as well as economic profit. Early detection of diseases using deep learning could avoid such a disaster. Currently, Convolutional Neural Network (CNN) is a class of deep learning which is widely used for the image classification task. We have performed experiments with the CNN architecture for detecting disease in tomato leaves. We trained a deep convolutional neural network using PlantVillage dataset of 10684 images of diseased and healthy plant leaves, to identify the type of leaves. The trained model achieves test accuracy of 97%.
Likewise, we have created an Android application that sends images of potentially infected plants using the phone, and created a server that receives and categorizes the images using our deep learning architecture.
Key words: Deep Learning, Convolution Neural Network, Leaf Diseases Detection.

Table des matières

Introduction générale 2

1 traitement d'image **3**

1.1 introduction 4

1.2 Historique sur le traitement d'image 4

1.3 Définition de l' image 5

1.4 Acquisition d'une image 5

1.5 L'image analogique 6

1.6 L'image numérique 6

1.6.1 Différents types d'image numérique 6

1.6.1.1 Les images matricielles 6

1.6.1.2 Les images vectorielles 7

1.6.2 Caractéristiques d'une images numériques 8

1.6.2.1 Pixel 8

1.6.2.2 Définition et Résolution 8

1.6.2.3 voisinage 9

1.6.2.4 Dimension 10

1.6.2.5 Format 10

1.6.2.6 Luminance 10

1.6.2.7 contraste 11

1.6.2.8 Le codage de la couleur 11

1.6.2.9 Le Histogramme 12

1.6.2.10 La texture 14

1.6.2.11 Le Bruit 14

1.7 Chaîne de traitement d'images 14

1.8 La segmentation 15

1.8.1 Filtre 16

1.8.2 Filtrage 16

1.8.2.1 Les filtres linéaires 17
1.8.2.2 Les filtres non linéaires 17
1.8.3 Seuillage 18
1.8.4 La convolution 18
1.9 Contour 19
1.10 Conclusion 20

2 deep learning **21**
2.1 Introduction 22
2.2 L'apprentissage automatique 22
2.2.1 Apprentissage supervisé 23
2.2.2 Apprentissage non-supervisé 24
2.2.3 Apprentissage par renforcement 24
2.3 Réseaux de neurones (RN) 24
2.3.1 Perceptron simple 25
2.3.2 Perceptron multicouches (PMC) 25
2.4 Introduction sur deep learning 26
2.5 Définition de deep learning 27
2.6 Histoire du Deep learning 27
2.7 Differentes types de modeles de deep learning 28
2.7.1 Réseaux de neurones convolutifs (CNN) 28
2.7.1.1 Les couches de réseaux de neurones convolutionnels 28
2.7.2 Les réseaux de neurones récurrents (RNN ou Recurrent Neural Networks) 31
2.7.3 La machine de Boltzmann profonde (DBN ou Deep Belief Network) . 33
2.8 Les applications du Deep Learning 33
2.8.1 La reconnaissance faciale 33
2.8.2 Le traitement automatique de langage naturel 33
2.8.3 Voitures autonomes 34
2.8.4 Recherche vocale et assistants à commande vocale 34
2.8.5 Ajout automatique de sons à des films muets 34
2.8.6 traduction automatique 35
2.8.7 Génération automatique de texte 35
2.8.8 Reconnaissance d'image 35
2.8.9 la description automatique d'image 35
2.8.10 Colorisation automatique 36

2.8.11 la détection du cancer du cerveau . . . 36
2.8.12 Analyse des sentiments du texte . . . 36
2.8.13 Recherche en marketing . . . 36
2.9 conclusion . . . 37

3 L'internet des objets 38
3.1 Introduction . . . 39
3.2 Historique . . . 39
3.3 Définition L'internet des objets . . . 40
3.3.1 Que ce qu'un objet connecté . . . 40
3.3.1.1 Exemples d'objets connectés . . . 41
3.4 Principe de fonctionnement . . . 41
3.5 Architecture de l'internet des Objets . . . 42
3.5.1 La couche perception . . . 42
3.5.2 La couche réseau . . . 43
3.5.3 La couche application . . . 43
3.6 Les technologies de l'IOT . . . 43
3.7 La communication dans un système d'IoT . . . 44
3.7.1 Technologies de communication et standardisation . . . 44
3.7.1.1 Connectivité filaire . . . 44
3.7.1.2 Connectivité sans fil . . . 44
3.7.2 Protocoles de communication de L'IOT . . . 45
3.7.2.1 CoAP (Constrained Application Protocol) . . . 46
3.7.2.2 MQTT (Message Queue Telemetry Transport) . . . 47
3.7.2.3 XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) . . . 47
3.7.2.4 AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) . . . 47
3.7.2.5 HTTP . . . 48
3.8 Différentes plates-formes d'IoT . . . 48
3.8.1 Amazon Web Services IoT Platform . . . 48
3.8.2 Google Cloud Platform . . . 49
3.8.3 IBM WATSON . . . 49
3.9 Visions de l'Internet des Objets . . . 49
3.9.1 La vision orientée objet . . . 50
3.9.2 La vision orientée Internet . . . 50
3.9.3 La vision orientée sémantique . . . 51

3.10 Les applications de l'Internet des objets 51
3.11 Les avantages et les inconvénients de l'IoT 53
3.11.1 Les avantage 53
3.11.2 Les inconvénients 53
3.12 Le Web des objets 53
3.12.1 Le Web des objets, un niveau plus élevé 53
3.12.2 Internet des objets versus le Web des objets 54
3.13 conclusion 55

4 Implémentation et résultats **56**
4.1 Introduction 57
4.2 présentation de la méthode 57
4.3 Présentation des outils 57
4.3.1 Logiciels utilisés 57
4.3.1.1 MATLAB 57
4.3.1.1.1 Pourquoi opter pour MATLAB 58
4.3.1.2 Android Studio 58
4.3.1.3 PhpMyAdmin 59
4.3.2 Matériel utilisés 59
4.4 Architecture 60
4.4.1 Quelques Architecture 60
4.4.2 Le fonctionnement de l'architecture en général 61
4.4.3 Architecture proposée 62
4.5 Les Outils utilisés dans le processus de 'apprentissage et de classification et les résultats obtenus 62
4.5.1 la Base de données utilisée 62
4.5.2 Le résultat d'apprentissage 64
4.5.3 La Classification 64
4.5.3.1 Test de classification sur Matlab 65
4.6 Les outils utilisés dans l'application Android et l'application web 67
4.6.1 L'application Android 67
4.6.2 L'objectif de l'application 68
4.6.3 Les étapes pour créer l'application Android 68
4.7 L'application web 71
4.7.1 La Communication entre le serveur et le mobile 71

4.7.2 les étapes pour créer une application Web 71
4.8 Conclusion 73
Conclusion générale 75

Table des figures

1.1 image matricielle 7
1.2 image vectorielle 8
1.3 représentation de pixel 8
1.4 Exemples de résolution d'une image 9
1.5 Représentation du voisinage d'un pixel 9
1.6 Exemple d'une image en niveaux de gris 11
1.7 Synthèse Additive 12
1.8 Exemples d'histogrammes 13
1.9 Histogramme de l'image couleur traitée 14
1.10 Chaîne descriptive de traitement d'image 15
1.11 Images segmentée 16
1.12 Image Originale 18
1.13 A gauche image Seuillée (Seuil=70), à droite Image Seuillée (Seuil=100). . . . 18
1.14 Schéma explicatif de la convolution 19
1.15 Différents type de contours 20

2.1 schéma de l'apprentissage supervisé 23
2.2 Schéma d'un modèle supervisé. 23
2.3 Schéma d'un modèle non supervisé. 24
2.4 schéma du perceptron simple. 25
2.5 Schéma d'un perceptron multicouches 26
2.6 La relation entre l'intelligence artificielle, le ML et le deep Learning. 26
2.7 ML vers Deep Learning 27
2.8 Exemple de schéma de principe du CNN 28
2.9 Les couches de CNN 29
2.10 Exemple de principe du filtre convolutionnel 29
2.11 Principe de la fonction ReLu 30

2.12 Exemple de principe du Pooling 30
2.13 Principe de la couche entièrement connectée (fc) 31
2.14 Exemple montrant l'étiquette codée de la couche de sortie CNN 31
2.15 Les réseaux neuronaux récurrents ont des boucles. 32
2.16 Un réseau neuronal récurrent déroulé. 32
2.17 DBN 33

3.1 Le développement de l'Internet des objets vu par Cisco en 2011 39
3.2 Internet des objets 40
3.3 Parrot Capteur Intelligent pour Plantes Intérieur/Extérieur 41
3.4 Architecture de l'Internet des objets 42
3.5 Logo de la technologie Wi-Fi 45
3.6 Logo de la technologie Bluetooth 45
3.7 Vision de l'Internet des Objets 50
3.8 Les applications de l'Internet des objets. 52
3.9 Différence entre IOT et WOT 54

4.1 Logo de MATLAB 58
4.2 Logo d'Android 58
4.3 Logo de PhpMyAdmin 59
4.4 Le schéma de fonctionnement de l'architecture en général 61
4.5 Architecture proposée 62
4.6 Exemple d'images de feuilles de tomates en couleur 63
4.7 Le Résultat d'apprentissage et le taux d'erreur 64
4.8 Exemple de classification d'image 65
4.9 Sélection d'images pour la classification 66
4.10 Classification des images et identification des maladies 66
4.11 Logo de Java 68
4.12 Partie design (layout) d'Android 69
4.13 Partie programmation d'Android 70
4.14 Logo de première et deuxième page de l'application 70
4.15 Communication entre le serveur et le mobile 71
4.16 fichier (config. PHP) 72
4.17 fichier (show. PHP) 72
4.18 le fichier (send__data.PHP) 73

Liste des tableaux

1.1 Les principaux formats d'une image 10
1.2 le nombre de couleurs dépend du nombre de bits 12

2.1 Les étapes majeures du Deep Learning 27

4.1 Matériel utilisés 60
4.2 les classes utilisées. 63
4.3 l'efficacité de classification 67

Introduction générale

La tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. En effet, la tomate est plantée sur une superficie de 22 597 ha avec une production annuelle de 975 075 t. En ce qui concerne la quantité de production, la tomate est classée septième parmi les cultures algériennes après la pomme de terre, le blé, la pastèque, l'orge et l'oignon. En outre, l'Algérie est classée 19e parmi les pays producteurs de tomates. Malgré cette importance de tomate dans l'agriculture algérienne, sa production est limitée à 433 424 quintaux / ha. C'est très faible comparé à celui des pays voisins de l'Algérie comme le Maroc qui a un an de 922.745 quintaux / ha. Les maladies sont souvent considérées comme l'un des principaux facteurs limitants de la culture de la tomate. Les cultures de tomates sont fortement affectées par les maladies, ce qui entraîne des pertes dramatiques dans l'économie agricole. Par exemple, le mildiou représente l'une des maladies les plus courantes au monde et peut entraîner une diminution significative des rendements et de nombreuses lésions sur les fruits. De même, le mildiou cause de graves dommages aux cultures, et il peut être très destructeur dans les régions à climat humide. La protection de la tomate contre les maladies est essentielle pour améliorer la quantité et la qualité des cultures. Ainsi, fournir une détection et une identification précoces des maladies est très utile pour choisir le bon traitement et empêcher la propagation de la maladie. Pour y parvenir, l'expert doit avoir une formation académique et une connaissance approfondie de diverses disciplines, ainsi qu'une expérience des symptômes de maladies, ainsi qu'un grand nombre et une grande diversité de causes de maladies. Ainsi, un bon praticien doit être informé de tous les symptômes et signes causés par la maladie. De plus, les agriculteurs doivent surveiller les plantes en permanence, ce qui est une tâche fastidieuse. Par conséquent, de gros efforts ont été faits pour proposer une stratégie qui automatise la classification des maladies, en utilisant des images de feuilles. L'objectif principal de ces approches est de détecter la maladie à un stade précoce afin de fournir le traitement approprié à temps. De plus, ces approches sont basées sur l'apprentissage profond et la vision par ordinateur pour construire un classificateur des maladies en utilisant uniquement des images de feuilles. L'apprentissage en profondeur est une nouvelle tendance dans l'apprentissage automatique et il permet d'atteindre les résultats les plus récents dans de nombreux domaines de recherche, comme la vision par ordinateur, la conception de médicaments et la bioinformatique. L'avantage du deep learning est la possibilité d'exploiter directement les données brutes sans utiliser les fonctionnalités artisanales.

Le but de la présente étude est d'introduire l'apprentissage profond comme une approche pour classer les maladies du plan, en se concentrant sur les images de feuilles. Cette étude présente deux contributions principales à la classification des maladies des plantes :

1. Amélioration du pipeline de classification à l'aide de modèles profonds : les modèles profonds ont montré de bons résultats en classification et surpassent les modèles utilisés en apprentissage automatique. En outre, les modèles profonds ont la capacité d'utiliser directement les données brutes sans ingénierie des fonctionnalités.
2. Détection des symptômes de la maladie dans la feuille infectée : la localisation de la région infectée dans une feuille infectée aide les utilisateurs du modèle en leur donnant des informations sur la maladie. De plus, ces informations biologiques sont extraites sans l'intervention d'experts agricoles.

Nous allons également créer une application Android pour capturer et envoyer des images de plants de tomates, ainsi qu'une application Web pour recevoir ces images grâce à l'Internet des objets. L'Internet des objets ou IdO est l'interconnexion entre l'Internet et des objets, des lieux et des environnements physiques. L'appellation désigne un nombre croissant d'objets connectés à l'Internet permettant ainsi une communication entre nos biens dits physiques et leurs existences numériques. Ces formes de connexions permettent de rassembler de nouvelles masses de données sur le réseau et donc, de nouvelles connaissances et formes de savoirs.

Parmi les objectifs de cette application et sa relation avec l'apprentissage profond, notre base de données est devenue énorme et contribue ainsi à accroître l'apprentissage dans notre architecture. Grâce aux photos prises et envoyées depuis l'application, nous pouvons également bénéficier de l'application en connaissant le type de maladie qui a affecté notre plante, et il peut également vous conseiller sur la façon de devenir des plantes saines.

Chapitre 1

traitement d’image

1.1 introduction

Les images constituent l'un des solutions les plus importants qu'utilise l'homme pour transmettre et livrer le savoir et l'information depuis l'aube de l'humanité, dans la mesure où une image à elle seule peut réunir une quantité énorme d'informations. Un système de traitement d'images se compose principalement des fonctions suivantes : acquisition d'images, un prétraitement pour la diminution du bruit, analyser l'image pour arriver à une description synthétique de l'information brute incluse dans l'image. Dans ce chapitre nous allons introduire quelques notions générales dans le domaine de traitement d'image.

1.2 Historique sur le traitement d'image

Le traitement d'images commence à être étudié dans les années 1920 pour la transmission d'images par le câble sous-marin allant de New York à Londres. Harry G.Bartholomew et Maynard D. McFarlane effectuent la première numérisation d'image avec compression de données pour envoyer des fax de Londres à New York. Le temps de transfert passe ainsi de plus d'une semaine à moins de trois heures. Il n'y a pas vraiment d'évolution par la suite jusqu'à la période d'après-guerre.

Le véritable essor du traitement d'images n'a lieu que dans les années 1960 quand les ordinateurs commencent à être suffisamment puissants pour travailler sur des images. Peu après, la redécouverte de la transformée de Fourier rapide (FFT) révolutionne le domaine, en rendant possible les manipulations du contenu fréquentiel des signaux sur ordinateur. Cependant, l'essentiel des recherches porte encore, à cette époque, sur l'amélioration desimages et leur compression.

En 1980, David Marr formalise le premier la détection de contours de manière précise (D. Marr et E. Hildreth : Theory of EdgeDetection, Proc. R. Soc. London, B 207, 187-217, 1980). Au cours des années 1980, un véritable engouement se fait jour pour le traitement de l'image et surtout pour la compréhension de l'image par des systèmes experts. Les ambitions étaient beaucoup trop grandes, l'échec fut d'autant plus cuisant.

Les années 1990 sont témoin de l'amélioration constante des opérateurs. La recherche médicale devient un très gros demandeur en traitement d'images pour améliorer les diagnostics faits à partir des nombreuses techniques d'imagerie médicale, la technique reine étant l'IRM. Les publicitaires, puis le grand public se familiarisent avec la retouche d'image grâce au logiciel Photoshop, et le traitement d'images dans un objectif esthétique se répand avec l'apparition d'autres logiciels dédiés (The Gimp, Paint Shop Pro). Enfin, la décennie s'achève sur l'engoue-

ment pour les ondelettes et les images multimodales.

1.3 Définition de l' image

Une image est une représentation spatiale d'un objet, d'une scène bidimensionnelle ou tridimensionnelle. Elle peut être réelle ou virtuelle. En vision par ordinateur, le terme image réfère usuellement à une donnée enregistrée, telle que l'image vidéo, l'image digitale ou la photographie[1].
L'image définie une reproduction ou une représentation analogique exacte d'une scène réelle, elle aussi désignée comme une scène tridimensionnelle sur un support en deux dimensions.
L'image contient en chaque point, une intensité lumineuse, celle-ci peut être représentée sous forme d'une fonction f avec deux variables x et y qui présentent les coordonnées linéaires d'un point de l'image, la fonction f présente l'intensité lumineuse définie sur un domaine bien défini. Dans le cas où une image est inexploitable par l'ordinateur, elle nécessite sa numérisation à l'aide de diverses méthodes.

1.4 Acquisition d'une image

L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images. Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est avant tout nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système. Le passage de cet objet externe (l'image d'origine) à sa représentation interne (dans l'unité de traitement) se fait grâce à une procédure de numérisation. Ces systèmes de saisie, dénommés optiques, peuvent être classés en deux catégories principals :

— les caméras numériques ,

— et les scanners.

A ce niveau, notons que le principe utilisé par le scanner est de plus en plus adapté aux domaines professionnels utilisant le traitement de l'image comme la télédétection, les arts graphiques, la médecine, etc. Le développement technologique a permis l'apparition de nouveaux périphériques d'acquisition appelés cartes d'acquisition, qui fonctionnent à l'instar des caméras vidéo, grâce à un capteur C.C.D. (Charge Coupled Device). La carte d'acquisition reçoit les images de la camera, de la T.V. ou du scanner afin de les convertir en informations binaires qui

seront stockées dans un fichier. L'une des caractéristiques intéressantes de ces capteurs est la taille du plus petit élément (pixel), mais aussi l'intercorrélation de deux éléments voisins : plus cette intercorrélation est faible, meilleure est l'image.

1.5 L'image analogique

Elle est assimilable à une fonction continue I de deux variables réelles u et v, elle est définie sur une région rectangulaire bornée d'un plan. I (u, v) est la valeur de la fonction image I au point (u, v) du plan. Cette valeur est proportionnelle à l'énergie lumineuse reçue au niveau du capteur d'image. Ainsi, l'image est appelée image d'intensités ou de luminances[1].

1.6 L'image numérique

Une image numérique est représentée par une matrice de valeurs numériques correspondant à des valeurs d'intensités quantifiées discrètes. Ainsi, I forme une matrice et I (u, v) représente la valeur d'intensité de l'élément (u, v) de la matrice [1].
L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou de couleurs prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.
La numérisation est le processus qui permet de passer de l'état d'image physique (image optique par exemple) qui est caractérisée par l'aspect continu du signal qu'elle représente (une infinité de valeur de l'intensité lumineuse par exemple), à l'état d'image numérique qui est caractérisée par l'aspect discret (l'intensité lumineuse ne peut prendre que des valeurs quantifiées en un nombre fini de points distincts). C'est cette forme numérique qui permet une exploitation ultérieure par des outils logiciels sur ordinateur.

1.6.1 Différents types d'image numérique

Il existe différents types d'image numérique :

1.6.1.1 Les images matricielles

Une image matricielle nommée aussi carte de point (bitmap), est une image constituée d'une matrice ou d'un tableau sous forme de grille) ou chaque case possède une couleur (point coloré) qui lui est propre. Il s'agit donc d'une juxtaposition de point de couleur formant dans leur

ensemble, une image, ces points de couleurs appelés dans le domaine d'image numérique ≪ pixel ≫ . Les avantages de ce mode sont :

— Simplicité de stockage en mémoire, puisqu'il suffit de coder la succession des valeurs de la matrice.

— Grande facilité de traitement par des algorithmes primitifs au niveau du pixel.

Les inconvénients de ce type de représentation sont de deux ordres :

— Espace mémoire important pour gérer des grandes images ou des images de bonne qualité.

— Algorithme de tracé plus complexe (défaut de reproduction dû au mode d'affichage des lignes en marche d'escalier).

Exemple : Une image (comme un cercle par exemple) de petite taille, que l'on agrandit dix fois, Cette opération peut entraîner une perte dans la qualité des couleurs ou la netteté. Alors l'image devient déformée (Figure 1.1).

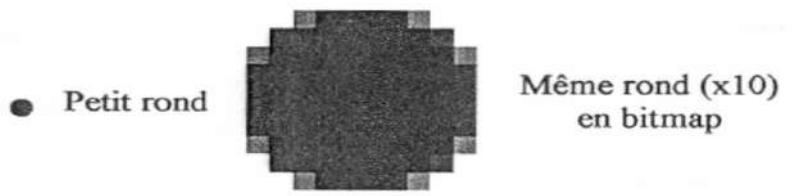


FIGURE 1.1 – image matricielle

1.6.1.2 Les images vectorielles

Les images vectorielles sont des représentations d'entités géométriques telles qu'un cercle, un rectangle ou un segment. Ceux-ci sont représentés par des formules mathématiques (un rectangle est défini par deux points, un cercle par un centre et un rayon, une courbe par plusieurs points et une équation).

Le principal inconvénient des images matricielles est qu'elles ne peuvent être redimensionnées sans perte de qualité. En revanche, les images vectorielles peuvent facilement s'afficher sous différentes échelles et s'adaptent à la qualité du dispositif d'affichage.

Exemple : Une image (comme un cercle par exemple) de petite taille que l'on grossit dix fois, le cercle est agrandit mais il n'est pas déformé car la précision de l'image ne dépend pas du facteur d'agrandissement (contrairement au bitmap) Fig 1.2.



FIGURE 1.2 – image vectorielle

1.6.2 Caractéristiques d'une images numériques

1.6.2.1 Pixel

Le pixel est le plus petit point de l'image, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels d'affichage ou d'impression[2].

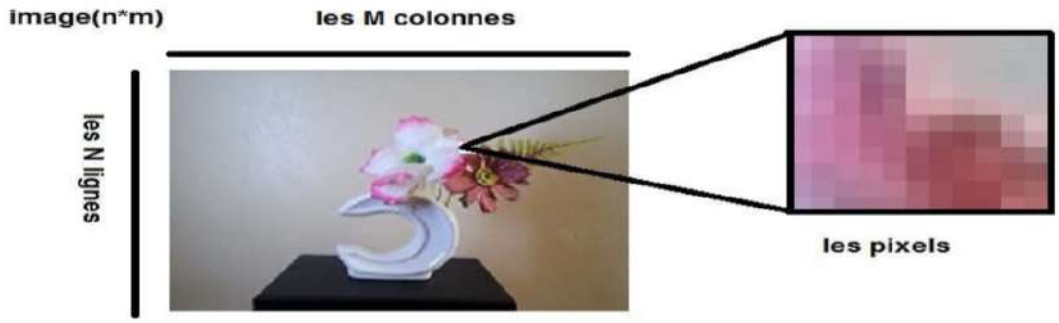


FIGURE 1.3 – représentation de pixel

1.6.2.2 Définition et Résolution

La définitionle nombre de points (pixel) constituant l'image, c'est-à-dire sa dimension informatique (le nombre de colonnes de l'image que multiplie son nombre de lignes). Une image possédant 1280 pixels en largeur et 720 en hauteur aura une définition de 1280 pixels par 720, notée 1280 x 720.

La résolution est souvent confondue avec la "définition", elle détermine le nombre de points par unité de surface, exprimé en points par pouce PPP, en anglais DPI, un pouce égale à 2.54 cm. Une résolution de 300 dpi signifie donc 300 colonnes et 300 rangées de pixels sur un pouce carré ce qui donne donc 90000 pixels sur un pouce carré. La résolution d'une image numérique définit le degré de détail de l'image.

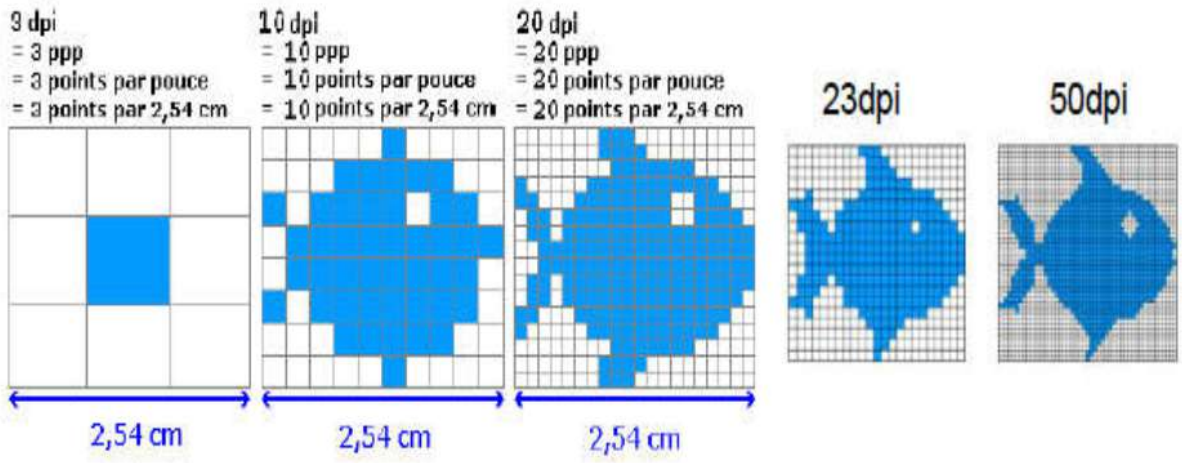


FIGURE 1.4 – Exemples de résolution d'une image

1.6.2.3 voisinage

Le plan de l'image est divisé en termes de formes rectangulaires ou hexagonales permettant ainsi l'exploitation de la notion de voisinage . Le voisinage d'un pixel est formé par l'ensemble des pixels qui se situent autours de ce même pixel. On définit aussi l'assiette comme étant l'ensemble de pixels définissant le voisinage pris en compte autour d'un pixel. On distingue deux types de voisinage :

Voisinage à 4 : On ne prend en considération que les pixels qui ont un cotécommun avec le pixel considéré.

Voisinage à 8 : On prend en compte tous les pixels qui ont au moins un point en liaison avec le pixel considéré.

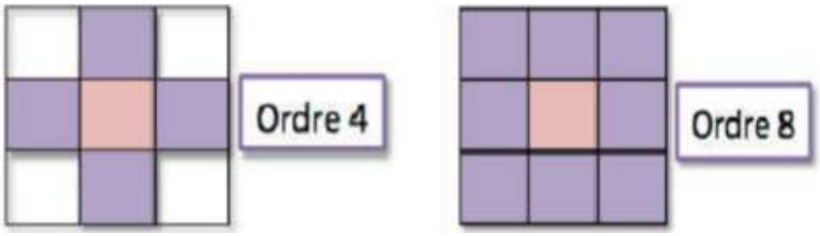


FIGURE 1.5 – Représentation du voisinage d'un pixel

1.6.2.4 Dimension

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[3].

1.6.2.5 Format

Un format d'image est une représentation informatique de l'image, associée à des informations sur la façon dont l'image est codée et fournissant éventuellement des indications sur la manière de la décoder et de la manipuler. Il existe un grand nombre de formats. Voici les plus utilisés :

Format	Compression des données	Nb de couleurs	Affichage progressif	Usage
BMP	Non compressé	de 2 à 16 millions	non	Image non dégradée mais très lourde. Stokage
JPEG	Réglable, avec perte de qualité. Plus la compression est importante, plus l'image est dégradée.	16 Millions	oui	Tous usages, selon compression. Images "naturelles".
GIF	Oui, sans perte de qualité	de 2 à 256 avec palette	oui	Logos et Internet. Supporte les animations et la transparence
TIFF	Réglable, au choix sans perte ou avec perte de qualité	16 Millions	non	Tous sauf Internet
PNG	Oui, sans perte de qualité	de 2 à 256 ou 16 millions	oui	Tous, recommandé Internet mais incompatible avec les navigateurs anciens. Supporte la transparence.

TABLE 1.1 – Les principaux formats d'une image

1.6.2.6 Luminance

C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat

d'un objet. Une bonne luminance se caractérise par :

— Des images lumineuses (brillantes).
— Un bon contraste : il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir, ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses.
— L'absence de parasites.

1.6.2.7 contraste

C'est l'opposition marqué entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image.
Le contraste est défini en fonction des luminances de deux zones d'image. Si L1 et L2 sont les degrés de luminosité respectivement de deux zones voisines A1 et A2 d'une image, le contraste C est défini par le rapport :$C=L1\text{-}L2/L1+L2$.

1.6.2.8 Le codage de la couleur

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

a) L'image monochrome : Dans le contexte des images monochromes noir et blanc, qui nous intéresse plus particulièrement, les valeurs d'intensités associées aux pixels sont appelées niveaux de gris. Le niveau de gris d'un pixel représente une mesure de l'accumulation de la lumière collectée dans la région du plan occupée par ce pixel.
S'il s'agit d'une image en niveau de gris, il est codé par 1 composante comprise au sens large entre 0 et 255, représentant la luminosité du pixel[4].



FIGURE 1.6 – Exemple d'une image en niveaux de gris

b) L'image trichrome : Dans le contexte des images trichromes couleur, la représentation fonctionnelle de l'image fait intervenir 3 fonctions d'intensités IR (u, v), IV (u, v), IB (u, v) relatives aux trois composantes primaires rouge, verte et bleue constitutives de la couleur [1]. Les systèmes émettant de la lumière (écrans d'ordinateurs,...) sont basés sur le principe de la synthèse additive : les couleurs sont composées d'un mélange de rouge, vert et bleu comme montre la figure1.7.

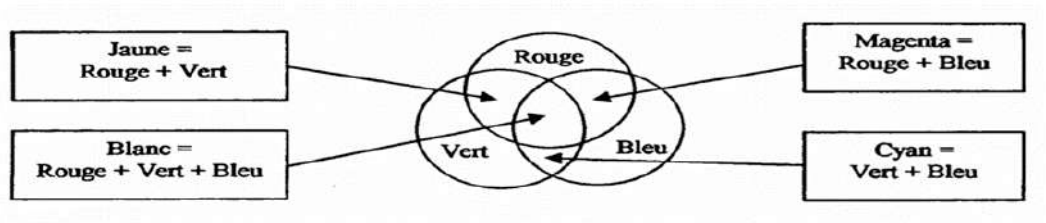


FIGURE 1.7 – Synthèse Additive

Chaque pixel possède une couleur décrite par la quantité de rouge (R), vert (V) et bleu (B). Chacune de ces trois composantes est codée sur l'intervalle [0, 255], ce qui donne 2553= 16 777 216 couleurs possibles. Il faut donc 24 bits pour coder un pixel.

Nombres de bits	Nombre de couleurs
1 bit/ pixel	2 – blanc noir
8 bit/ pixel	256 couleurs
24 bit/ pixel	16.8 millions couleurs

TABLE 1.2 – le nombre de couleurs dépend du nombre de bits

1.6.2.9 Le Histogramme

a) Histogramme d'une image monochrome : Considérons une image monochrome dans laquelle *f (i, j)* représente la fonction intensité du pixel de coordonnées *(i, j)*. L'histogramme est la représentation graphique de la fréquence d'apparition *h(f)* de chaque niveau *f* dans l'image.

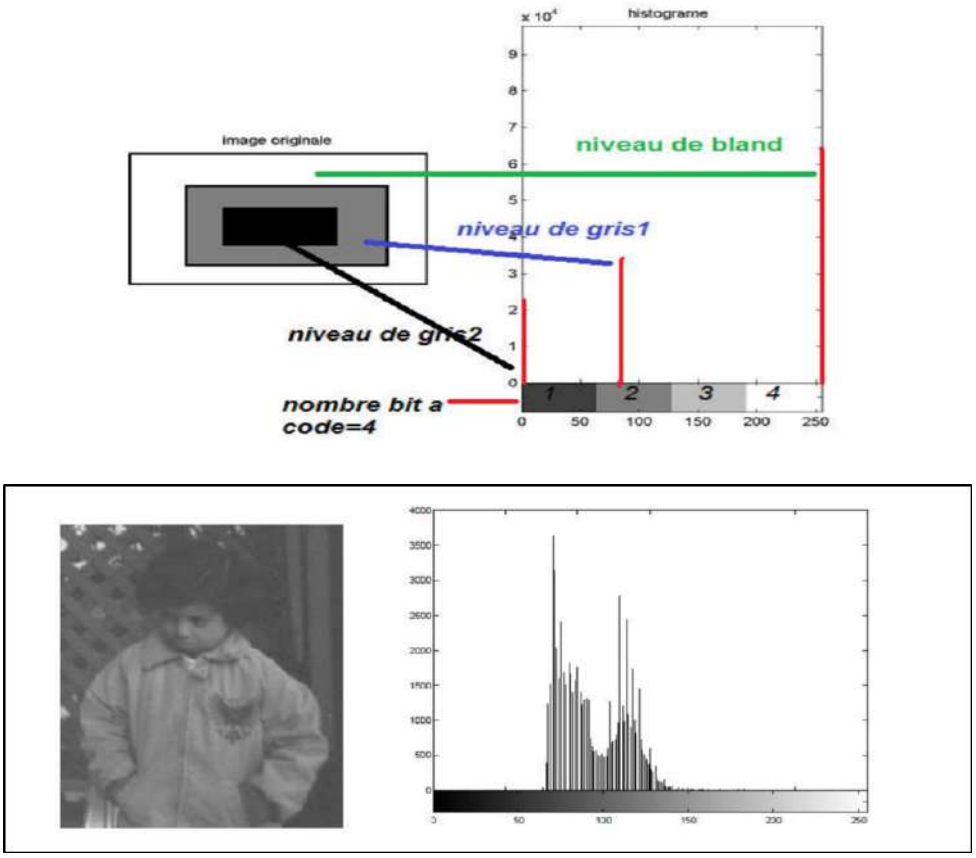


FIGURE 1.8 – Exemples d'histogrammes

b) Histogramme d'une image couleur : L'histogramme d'une image couleur est constitué de :

— Distribution de la luminance Y.

— distributions respectives des composantes Rouge, Verte et Bleu.

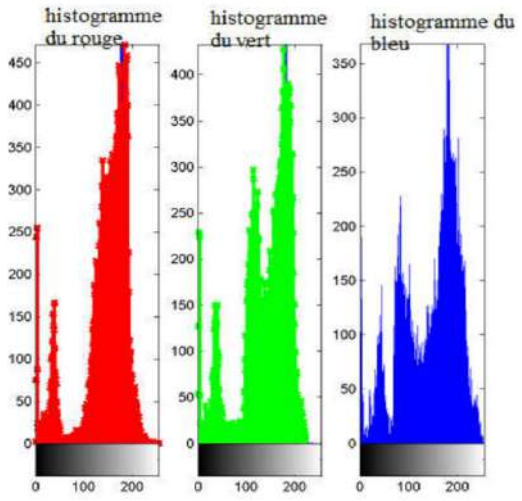


FIGURE 1.9 – Histogramme de l'image couleur traitée

1.6.2.10 La texture

La texture est une caractéristique facile à reconnaitre mais, en même temps, très difficile à définir. Cependant, une texture est un attribut représentant la distribution spatiale des niveaux de gris des pixels d'une région. Elle se traduit aussi par un arrangement spatial des pixels que la couleur, seule, ne suffit pas à décrire.

1.6.2.11 Le Bruit

Le bruit définisse les interférences d'un signal, ou les parties du signal sont déformées localement. Ainsi le bruit d'une image indique les pixels de l'image dont l'intensité est très distincte de celles des pixels voisins. Le bruit peut provenir de différentes causes :

— Qualité de l'échantillonnage.
— Capacité des capteurs ou une mauvaise utilisation de ces derniers.
— Environnement lors de l'acquisition.

1.7 Chaîne de traitement d'images

Une chaîne de traitement commence par l'acquisition de données physiques sous la forme d'une image. Cette image peut être :

— Soit numérique obtenue par des systèmes d'acquisition numériques (caméra, capteur..., etc.).
— Soit analogique d'où la nécessité de passer par l'étape de numérisation avant tout traitement.

La chaîne de traitement est composée de trois étapes essentielles :

— l'étape de prétraitement qui consiste à améliorer la qualité de l'image acquise. Il peut s'agir d'éliminer le bruit ou de rehausser le contraste.

— l'étape de segmentation qui sera détaillée dans la suite de ce travail. Cette étape peut être suivie par une étape de post-traitement (étape facultative) qui consiste à raffiner la segmentation afin d'améliorer les résultats obtenus.

— l'étape d'interprétation qui consiste à extraire l'information sémantique de l'image en identifiant les différents objets qui la constituent. Il faut noter que les résultats de la deuxième étape (la segmentation) conditionnent très fortement le résultat de la troisième étape (l'interprétation). Ceci peut engendrer parfois des erreurs. Par conséquent, des méthodes d'évaluation de la segmentation sont généralement utilisées afin de quantifier les résultats obtenus pour une meilleure interprétation de l'image[5].

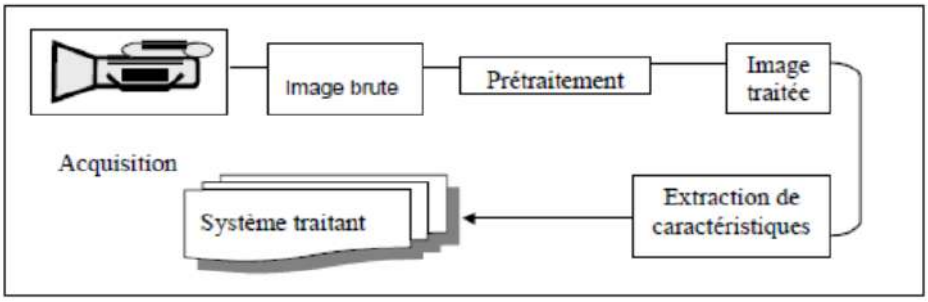


FIGURE 1.10 – Chaîne descriptive de traitement d'image

1.8 La segmentation

La segmentation d'image est une opération qui a pour but de rassembler des pixels entre eux suivant des critères prédéfinis, elle n'est généralement qu'une première étape indispensable dans le processus d'interprétation d'une scène. Les pixels sont ainsi regroupés en régions, qui composent une partition de l'image, elle est appelée aussi binarisation. La segmentation est une étape primordiale en traitement d'image.



FIGURE 1.11 – Images segmentée

1.8.1 Filtre

Le filtre est une évolution mathématique (produit de convolution) permettant, pour chaque pixel de la zone à laquelle il s'applique, de changer sa valeur en fonction de celle des pixels voisins. Le filtre est représenté par un tableau sous forme d'une matrice, caractérisé par ses dimensions et ses coefficients, dont le centre correspond au pixel concerné. Les coefficients du tableau déterminent les propriétés du filtre. Le produit de la matrice image et du filtre donne une matrice correspondante à l'image traitée .

1.8.2 Filtrage

Un filtrage est l'application d'une transformation (appelée filtre) à tout partie d'une image numérique. Le principe du filtrage est de modifier la valeur des pixels d'une image dans le but d'améliorer son aspect. Il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine.

Le filtrage ne manipule que les données de l'image numérisée. On ne fait aucune opinion sur ce que symbolise l'image. Le résultat obtenu dépend beaucoup de la qualité du signal de l'image d'origine. Si le signal est très dégradé, le filtrage seul sera très peu efficace. Dans ce genre de situation le filtrage est juste une première étape dans un traitement plus complexe.

Il existe plusieurs filtres utilisés en traitement d'image :

— Filtrage linaires.

— Filtrage non linaires.

1.8.2.1 Les filtres linéaires

Les filtres linéaires convertissent un ensemble de données d'entrée en un ensemble de données de sortie suivant une opération mathématique nommée convolution. Quand il s'agit de données numérisées comme dans le cas du traitement d'image, la relation entre les valeurs des pixels de sortie et celle d'entrée est décrite par un tableau de nombres, souvent carré, appelé matrice de convolution. Le temps de calcul est généralement réduit lorsqu'on veut fractionner un filtre en deux filtres dont la convolution mutuelle permet de le reconstituer. Cette technique est utilisée en particulier pour créer un filtre à deux dimensions à partir de deux filtres à une seule dimension (vecteurs) dans les deux sens, horizontal et vertical.

a) Filtre passe-bas : Ce type de filtre consiste à atténuer les composantes de l'image possédant une fréquence haute (pixels foncés). Ce filtrage est souvent utilisé pour réduire le bruit de l'image, on parle dans ce cas de lissage.

• **Lissage :**le lissage est l'opération de filtrage visant à éliminer le bruit d'une image. C'est des filtres passe-bas qui coupent plus ou moins les plus hautes fréquences. Ils sont utilisés pour atténuer les bruits.

• **Filtre moyen :** Le filtre moyen est un filtre passe-bas dont le principe est de faire la moyenne des valeurs des pixels avoisinants. Le résultat de ce filtre est une image plus floue.

• **Filtre gaussien :** Un filtre isotrope spécial avec des propriétés mathématiques bien précises. La fonction Gaussienne est très souvent utilisée dans les distributions statistiques. Les propriétés de diminution de bruit des filtres Gaussien peuvent être utilisées en combinaisons avec d'autres filtres qui au contraire engendrent du bruit, comme les filtres Laplacien[6].

b) Filtre passe-haut : Les filtres passe-haut atténuent les composantes de basse fréquence de l'image et permettent d'appuyer les détails et le contraste.

1.8.2.2 Les filtres non linéaires

Le filtrage non linéaire fait intervenir les pixels voisins suivant une loi non linéaire, le filtre le plus classique et plus utilisé est le filtre médian. Comme les filtres de convolution, les filtres non-linéaires opèrent sur un voisinage donné.

• **filtre médian :** La médiane est la valeur qui partage une population en deux parties de même effectif lorsqu'on la trie celle-ci par valeurs ordonnées de la variable considérée . Ce filtre est utilisé pour atténuer des pixels isolés, d'une valeur très différente de leur voisinage. Il affecte à chaque pixel la valeur médiane de ses voisins de façon à éliminer les points isolés. Ce filtre n'introduit pas de flou sur les contours des particules Contrairement aux lissages.

1.8.3 Seuillage

Le seuillage d'une image, est la méthode la plus simple de segmentation de cette image, le seuillage est une technique qui repose sur une mesure quantitative d'une grandeur. Il permet de classer les pixels selon un seuil fixé. Si un pixel à une valeur supérieur au seuil fixé, il prendra la valeur 1 (Blanc), et si sa valeur est inférieure au seuil fixé, il prendra la valeur zéro (Noir)[7].



FIGURE 1.12 – Image Originale



FIGURE 1.13 – A gauche image Seuillée (Seuil=70), à droite Image Seuillée (Seuil=100).

1.8.4 La convolution

En traitement d'image, le produit de convolution, est la discrétisation du produit de convolution standard de deux fonctions continues de deux variables :

$$h(x;y) = [f * g(k,l)] = \sum_{l=-\infty}^{+\infty} f(x-k, y-l).g(k,l) \tag{1.1}$$

Où f(x,y) représente l'image à traiter et g(k, l) est une fonction « fenêtre », c'est-à-dire non nulle sur un domaine fini $\ll -b_k < k < +b_k, -b_i < 1 < +b_k \gg$ Avec bk et bl sont des bornes finies, habituellement égales à 1 ou 2.

En effet, le calcul de la convolution revient alors à superposer la fenêtre de convolution à l'image, en la centrant sur le pixel (x, y), à multiplier les nombres ainsi superposés deux à

deux, et à faire la somme de tous ces produits. On échange alors le pixel (x, y) par la somme obtenue. Le produit de convolution par une fenêtre (généralement de dimension 5x5 ou 3x3) est commun en traitement d'image. Une fenêtre est une fonction discrète de deux variables (k et l), non nulle sur un domaine fini.

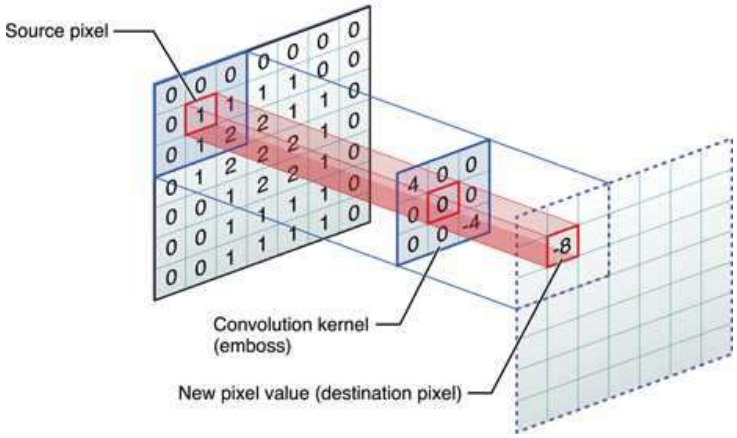


FIGURE 1.14 – Schéma explicatif de la convolution

1.9 Contour

Le but de la détection de contour d'une image est de repérer les points d'une image numérique qui correspondent à un changement brutal de l'intensité lumineuse. La détection des contours d'une image réduit de manière significative la qualité des données et élimine les informations. Les primitives à extraire présentent les lignes de contrastes séparant des régions de niveaux de gris différents et relativement homogènes, ou bien des régions de texture différentes. En pratique, il s'agit de reconnaitre les zones de transition et de localiser au mieux la frontière entre les régions[8].

Un contour est donc défini comme une zone de l'image où l'intensité des pixels change subitement, cette interruption dans l'image est le passage d'un niveau de gris à un autre, de manière plus ou moins rapide.

On distingue trois types de contours simples :

Marche d'escalier : le contour est net (contour idéal).

Rampe :le contour est plus flou.

Toit : il s'agit d'une ligne sur un fond uniforme.

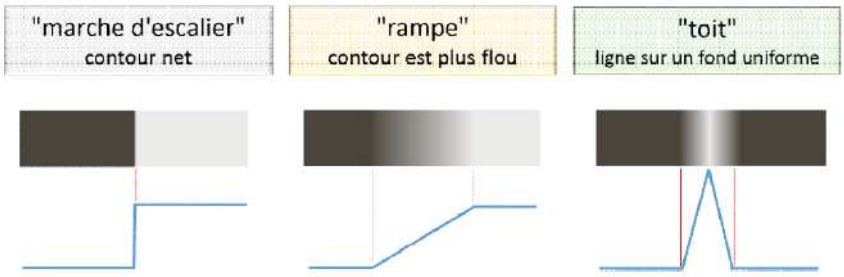


FIGURE 1.15 – Différents type de contours

1.10 Conclusion

Le domaine du traitement d'image a vu un intérêt croissant ces dernières années et à travers ses diverses applications, il suscite la convoitise des chercheurs de différentes horizons et domaines. On désigne par traitement d'images l'ensemble des techniques permettant de modifier une image dans le but de l'améliorer ou d'en extraire des informations.

Chapitre 2

deep learning

2.1 Introduction

Avant d'arriver à ce qu'est l'apprentissage profond (DL : Deep Learning), nous devons introduire deux concepts principaux : le premier est le concept d'intelligence artificielle , et le second est L'apprentissage automatique ML . L'Intelligence Artificielle (IA) est un vaste domaine, où nous essayons d'imiter le comportement humain dans le but de rendre les machines si puissantes pour accomplir de nombreux types de tâches telles que la résolution de problèmes, la représentation des connaissances, la reconnaissance vocale, et autres. L'idée de base est de mettre les connaissances dans la machine. Grâce à ces deux domaines., il existe des systèmes sophistiqués capable de changer leur comportement sans qu'il soit nécessaire d'apporter des modifications à leur code, mais uniquement sur leurs données d'entraînement. Ainsi, avec cette vague de techniques avancées d'apprentissage machine qui donne à l'IA un pas en avant, où est la place de DL ou qu'est-ce que le DL apporte dans ce domaine.

2.2 L'apprentissage automatique

L'apprentissage automatique est un élément à ce point important de l'intelligence artificielle que les deux termes sont souvent utilisés de manière interchangeable. En réalité, l'apprentissage automatique est un sous-ensemble de l'intelligence artificielle. L'intelligence artificielle comprend toutes les technologies, y compris l'apprentissage automatique, qui permettent à la machine d'imiter l'intelligence humaine. L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique sont des concepts différents, mais liés l'un à l'autre. Pensons à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage automatique de la manière suivante : l'intelligence artificielle est un problème, alors que l'apprentissage automatique fait partie des solutions possibles. Si le but est de faire en sorte qu'un ordinateur puisse résoudre un problème avec les capacités cognitives de l'intelligence (humaine), le traitement d'algorithmes au moyen de données fait partie des moyens d'y parvenir.

L'apprentissage automatique enseigne aux ordinateurs à faire ce qui est naturel chez un humain et chez un animal : apprendre de l'expérience. Les algorithmes d'apprentissage automatique se servent de méthodes de calcul pour « apprendre » directement à partir de données sans utiliser une équation prédéterminée comme modèle. Les algorithmes améliorent leurs performances par l'adaptation à mesure que le nombre d'échantillons disponibles pour l'apprentissage augmente. La machine apprend directement à partir de données d'apprentissage (exemples) sans être dirigée par des instructions de programmation explicites. Par conséquent, plus les données sont nombreuses, meilleur est le résultat.

Il existe différents types d'apprentissage automatique : le supervisé, le non-supervisé et celui par renforcement.

2.2.1 Apprentissage supervisé

Cette approche a pour objectif la conception d'un modèle reliant des données d'apprentissage à un ensemble de valeurs de sortie (un comportement) [9]. Un expert est employé pour étiqueter correctement des exemples. L'apprenant doit alors trouver ou approximer la fonction qui permet d'affecter la bonne étiquette à ces exemples[10].
La Figure 2.1 représente le schéma de l'apprentissage supervisé, le processus se déroule en deux phrases. La première est appelée la phase d'apprentissage durant laquelle le professeur fournit une étiquette à chaque exemple disponible dans l'environnement en les associant à une classe : x1,x2,...,xm,... et xn, xO,... dans le cas présenté ici. Ensuite il classifie les exemples en élaborant un échantillon de données étiquetées noté : Sm =(x1, U1), (x2,U2),. . . , (xm,Um). Il guide ainsi l'apprenant en lui fournissant des exemples sur ce qu'il doit apprendre à savoir faire.
La seconde étape est nommée phase de test. Elle consiste à tenter de prédire l'étiquette d'un nouvel exemple en utilisant une fonction apprise à partir de Sm notée h. Avec cette hypothèse, l'apprenant peut associer Yn=h(xn) à chaque xn, Yo=h(xo) pour chaque xo, et etc... Plus ces valeurs seront proches de celles que le professeur aurait fournies à sa place, meilleur sera l'apprentissage. L'apprenant apprend donc par lui-même à classer ou à décider d'une action comme le fait le professeur [11].

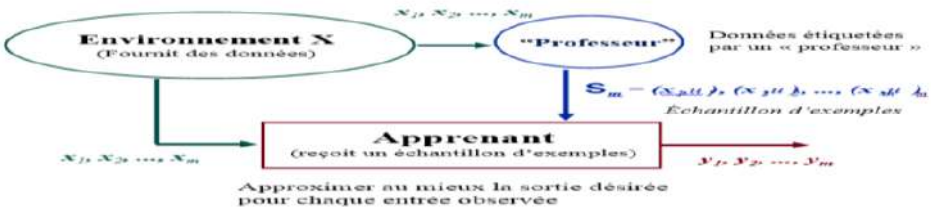


FIGURE 2.1 – schéma de l'apprentissage supervisé

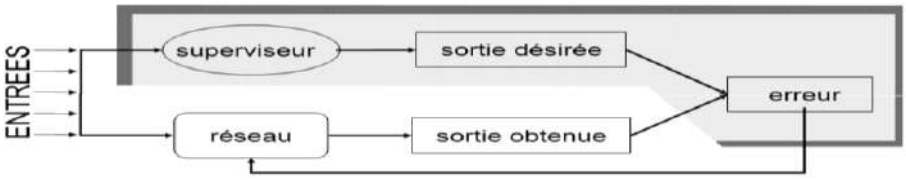


FIGURE 2.2 – Schéma d'un modèle supervisé.

2.2.2 Apprentissage non-supervisé

Aucun expert n'est disponible. Il vise à concevoir un modèle structurant l'information. La différence ici est que les comportements (ou catégories ou encore les classes) des données d'apprentissage ne sont pas connus, c'est ce que l'on cherche à trouver [12].

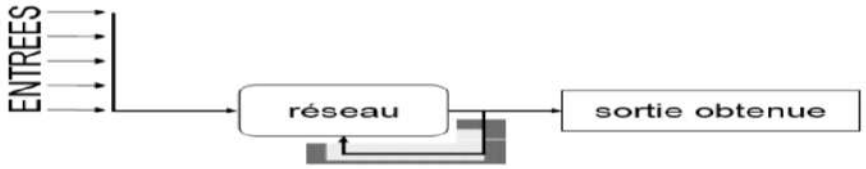


FIGURE 2.3 – Schéma d'un modèle non supervisé.

2.2.3 Apprentissage par renforcement

avec ce type d'apprentissage, vous commencez avec un agent (algorithme) qui doit choisir parmi une liste d'actions. Ensuite, en fonction de l'action choisie, il recevra un retour de l'environnement (provenant d'un humain dans certaines situations ou d'un autre algorithme) : c'est soit une récompense pour un bon choix, soit une pénalité pour une mauvaise action. L'agent (l'algorithme) apprend quelle stratégie (ou choix d'actions) maximise le cumul de récompenses. Ce type d'apprentissage est souvent utilisé dans le cadre de la robotique, de la théorie des jeux et des véhicules autonomes.

2.3 Réseaux de neurones (RN)

Les réseaux de neurones fonctionnent en répartissant les valeurs des variables dans des automates (les neurones). Ces unités sont chargées de combiner entre elles leurs informations pour déterminer la valeur du paramètre de discrimination. C'est de la connexion de ces unités entre elles qu'émerge la capacité de discrimination du RN. Chaque neurone reçoit des informations numériques en provenance de neurones voisins ; à chacune de ces valeurs est associé un poids représentatif de la force de la connexion. Chaque neurone effectue localement un calcul dont le résultat est transmis ensuite aux neurones avals[13].
Dans la littérature, on parle de perceptron simple et de perceptron multicouche.

2.3.1 Perceptron simple

Il s'agit d'un neurone binaire, c'est-à-dire dont la sortie vaut 0 ou 1. Pour calculer cette sortie, le neurone effectue une somme pondérée de ses entrées (chaque entrée possède un poids) : $Y = (W_1 \times X_1 + W_2 \times X_2)$. puis applique une fonction d'activation à seuil : si la somme pondérée dépasse une certaine valeur, la sortie du neurone est 1, sinon elle vaut 0. Il ne peut donc faire que de la classification, puis de la prédiction [14].
La figure 2.4 montre le schéma d'un perceptron simple.

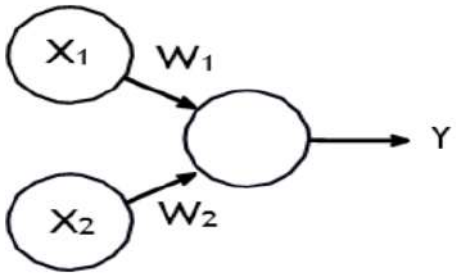


FIGURE 2.4 – schéma du perceptron simple.

2.3.2 Perceptron multicouches (PMC)

La famille de réseau de neurones majoritairement employée est le perceptron multicouches. À lui seul ce type de réseau recouvre plus de 95 des applications scientifiques et industrielles. Il comporte quelques dizaines à quelques centaines de neurones dans les cas usuels, voir plusieurs milliers pour les applications graphiques.
Le PMC est un modèle de réseau à propagation par couche 2.1 . Les neurones y sont organisés en couches successives : une couche d'entrée, une couche de sortie et entre les deux une ou plusieurs couches intermédiaires, appelées aussi couches cachées. Il n'existe pas de connexion entre les neurones d'une même couche, en revanche tout neurone d'une couche est connecté à tous les neurones de la couche suivante. La « couche » d'entrée n'est pas une réelle couche de neurones car elle se contente de coder les variables d'observation. La couche de sortie code la variable de discrimination. Les valeurs d'activité des neurones sont propagées dans le réseau, de l'entrée vers la sortie, sans retour arrière. La présence d'une couche cachée permet de modéliser des relations non linéaires entre les entrées et la sortie. En théorie une seule couche cachée suffit, mais le fait de disposer d'une seconde couche cachée permet de modéliser plus facilement une fonction de discrimination non continue. En pratique, la plupart des problèmes sont résolus avec un ou deux niveaux, trois au maximum[13].

La figure 2.5 illustre l'estimation de l'âge au décès à partir de l'observation de critères osseux de la surface sacro-pelvienne iliaque. Les entrées correspondent à l'observation de critères morphologiques sur la surface sacro.

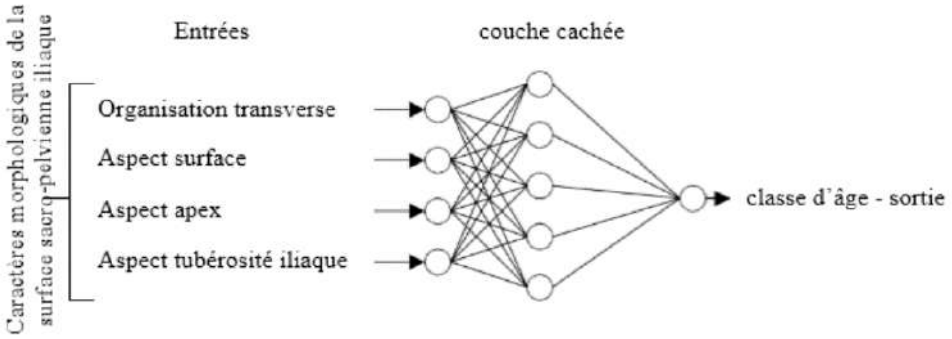


FIGURE 2.5 – Schéma d'un perceptron multicouches

2.4 Introduction sur deep learning

Depuis 2006, le domaine a fait de grandes avancées avec l'apprentissage de réseaux profonds (deep learning). Cette approche permet, à partir de données d'entrée, d'en extraire une représentation plus riche. Les réseaux profonds sont composes de plusieurs couches de neurones. Chaque couche est une étape qui représente les données de façon un peu plus complexe (abstraite) en se basant sur ce qui a été appris dans la couche précédente. Cette approche est à l'image de l'apprentissage humain qui commence par apprendre des concepts simples, comme l'addition et la soustraction en mathématiques, pour ensuite se baser sur ces concepts afin d'en apprendre des plus complexes, comme la multiplication et le principe de fonction [15].

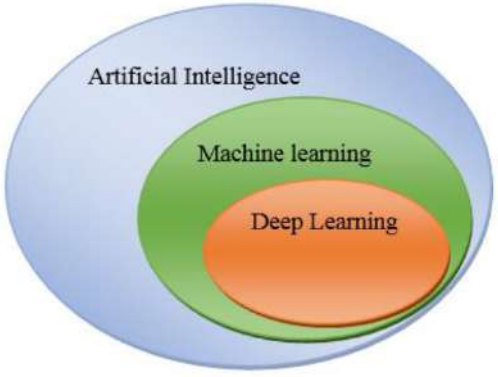


FIGURE 2.6 – La relation entre l'intelligence artificielle, le ML et le deep Learning.

2.5 Définition de deep learning

L'apprentissage en profondeur (Deep learning : DL) est une branche de l'apprentis-sage automatique qui enseigne aux ordinateurs à faire ce qui vient naturellement aux humains : apprendre de l'expérience. Les algorithmes d'apprentissage automatique utili-sent des méthodes de calcul pour "apprendre" des informations directement à partir de données sans s'appuyer sur une équation prédéterminée comme modèle.

DL est une classe de techniques d'apprentissage automatique qui exploitent de nom-breuses couches de traitement d'informations non linéaires pour l'extraction et la trans-formation de fonctions supervisées ou non supervisées, et pour l'analyse et la classifi-cation de modèles. Les caractéristiques et les concepts de niveau supérieur sont donc définis en termes de niveaux inférieurs, et une telle hiérarchie de caractéristiques est appelée architecture profonde. La plupart de ces modèles sont basés sur un apprentisage non supervisé des représentations[16].

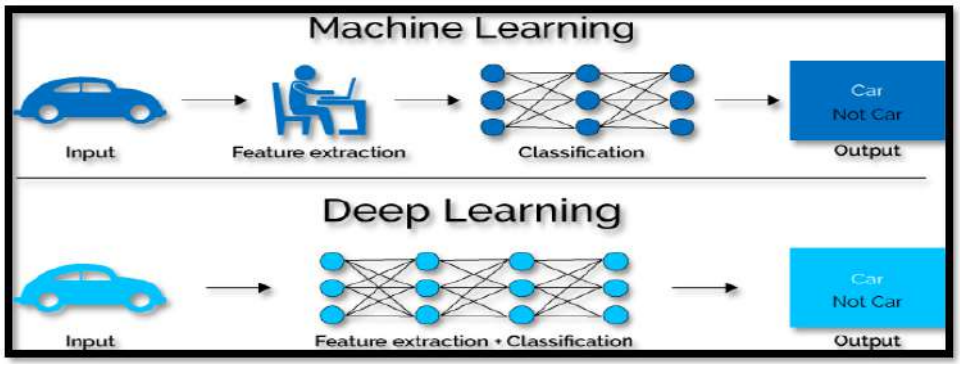


FIGURE 2.7 – ML vers Deep Learning

2.6 Histoire du Deep learning

Année	Contributeur	Contribution
2006	Geoffrey Hinton	Introduction des deepBelief network 2009.
2009	Salakhutdinov and Hinton	Introduction des deep Boltz-mann machines.
2012	Alex Krizhevsky	Introduction de AlexNet qui remporta le challenge Image-Net.

TABLE 2.1 – Les étapes majeures du Deep Learning

2.7 Differentes types de modeles de deep learning

Il existe un grand nombre de variantes d'architectures profondes. La plupart d'entre elles sont dérivées de certaines architectures parentales originales. Il n'est pas toujours possible de comparer les performances de toutes les architectures, car elles ne sont pas toutes évaluées sur les mêmes ensembles de données. Le Deep Learning est un domaine à croissance rapide, et de nouvelles architectures, variantes ou algorithmes apparaissent toutes les semaines .

2.7.1 Réseaux de neurones convolutifs (CNN)

La vision par ordinateur évolue rapidement de jour en jour. Une des raisons est le développement de l'apprentissage en profondeur. Lorsque nous parlons de vision par ordinateur, un terme réseau de neurones convolutionnel nous vient à l'esprit parce que CNN est fortement utilisé ici. Les exemples de CNN en vision par ordinateur sont la reconnaissance de visage, la classification d'images, etc. Il est similaire au réseau de neurones de base. CNN possède également des paramètres pouvant être appris, tels que le réseau de neurones, à savoir les pondérations, les biais... Un exemple de schéma de principe est illustré par la figure 2.8 .

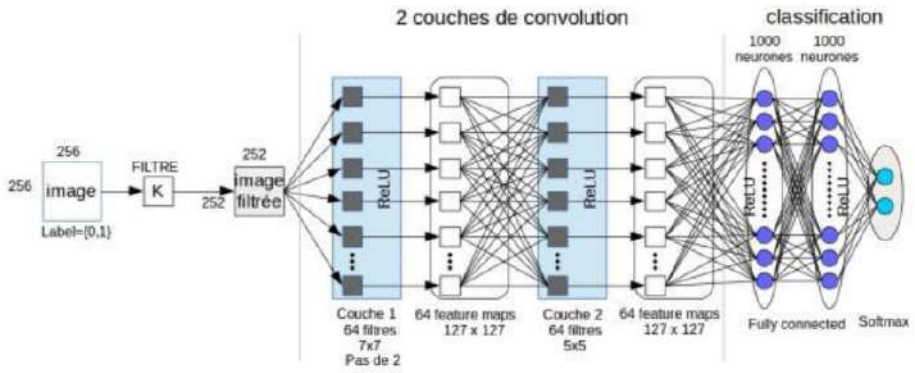


FIGURE 2.8 – Exemple de schéma de principe du CNN
[17]

2.7.1.1 Les couches de réseaux de neurones convolutionnels

Il y a plusieurs couches différentes dans CNN comme le montre la figure 2.9

— Couche d'entrée (Input layer).
— Couche de convolution (Convo layer : Convolution + ReLU).
— Couche de Pooling.
— Couche entièrement connectée (Couche Fully connected).

— Couche Softmax/logistique.

— Couche de sortie (Output layer)

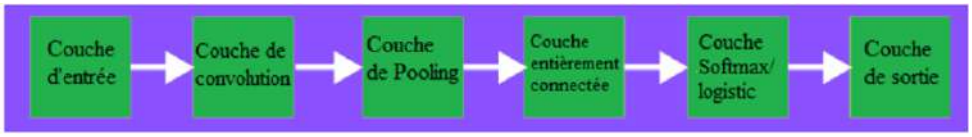


FIGURE 2.9 – Les couches de CNN

a) Couche d'entrée du CNN : La couche d'entrée dans CNN doit contenir des données décrivant l'image. Les données d'image sont représentées par une matrice tridimensionnelle qui en général doit être remodelée en une seule colonne (représentation vectorielle).

b) Couche de convolution : La couche de convolution est parfois appelée couche d'extraction de caractéristiques, car les caractéristiques de l'image sont extraites dans cette couche.
Tout d'abord, une partie de l'image est connectée à la couche Convo pour effectuer une opération de convolution et calculer le produit scalaire entre le champ récepteur (c'est une région locale de l'image d'entrée ayant la même taille que celle du filtre) et le filtre comme le montre la figure 2.10 .Le résultat de l'opération est un entier unique du volume de sortie. Ensuite, nous faisons glisser le filtre sur le champ récepteur suivant de la même image d'entrée par une foulée et refaisons la même opération. Cette opération est répétée par le même processus encore et encore jusqu'à ce que toute l'image soit parcourue.

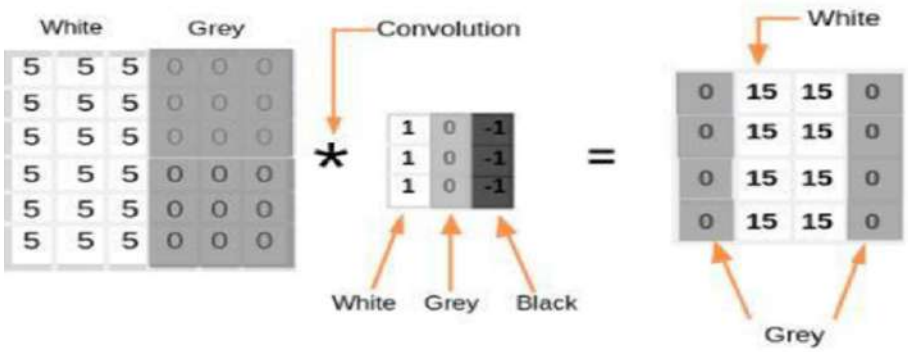


FIGURE 2.10 – Exemple de principe du filtre convolutionnel
[18]

La couche Convo contient également l'activation ReLU voir figure 2.11 pour que toutes les valeurs négatives soient mises à zéro.

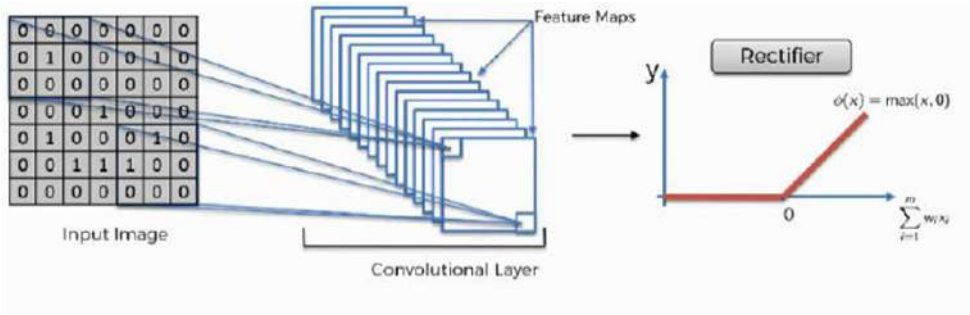


FIGURE 2.11 – Principe de la fonction ReLu
[19]

c) Couche de mise en commun (Pooling) : La couche de Pooling est utilisée pour réduire le volume spatial de l'image d'entrée après la convolution. Elle est utilisée entre deux couches de convolution. Si nous appliquons fc (Fully Connected) après la couche Convo sans appliquer le pooling ou le pooling maximum, le calcul sera coûteux. Ainsi, la mise en commun maximale est le seul moyen de réduire le volume spatial de l'image d'entrée en codant l'information.

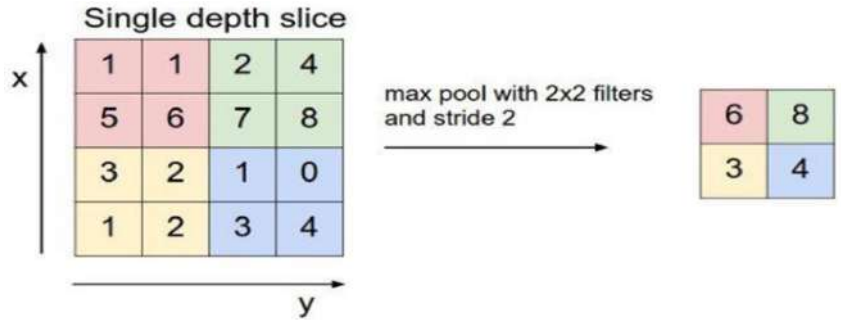


FIGURE 2.12 – Exemple de principe du Pooling
[18]

d) Couche entièrement connecté (Fully Connected) : Une couche entièrement connectée implique des poids, des biais et des neurones. Il connecte les neurones d'une couche aux neurones d'une autre couche. Il est utilisé pour classer les images entre différentes catégories par formation.

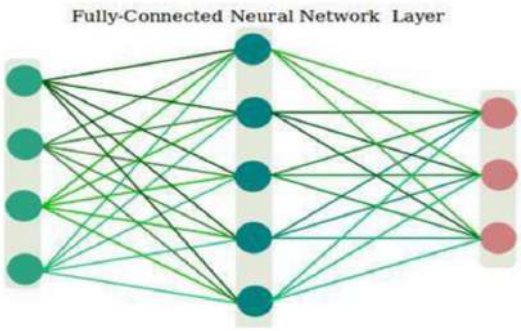


FIGURE 2.13 – Principe de la couche entièrement connectée (fc)

e) Couche Logistique ou Softmax : Softmax ou couche logistique est la dernière couche de CNN. Elle réside à la fin de la couche FC. La logistique est utilisée pour la classification binaire et Softmax est pour la multi-classification.

f) Couche de sortie (output layer) : La couche de sortie contient l'étiquette qui est sous forme codée comme le montre la figure 2.14.

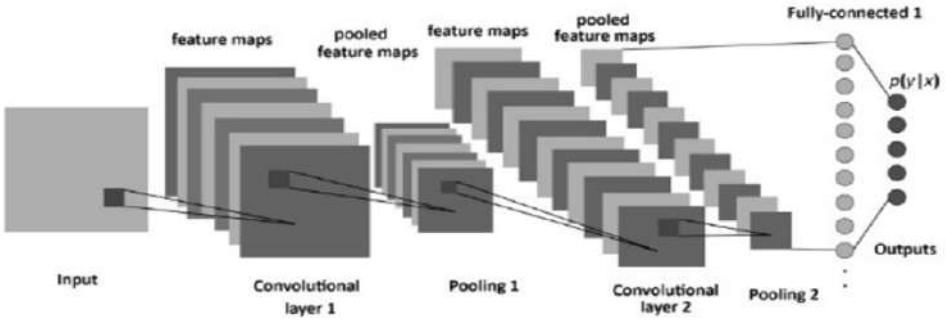


FIGURE 2.14 – Exemple montrant l'étiquette codée de la couche de sortie CNN

2.7.2 Les réseaux de neurones récurrents (RNN ou Recurrent Neural Networks)

Les humains ne commencent pas leur réflexion à partir de zéro chaque seconde. En lisant cet essai, vous comprenez chaque mot en fonction de votre compréhension des mots précédents. Vous ne jetez pas tout et recommencez à penser à partir de zéro. Vos pensées ont de la persévérance.

Les réseaux de neurones traditionnels ne peuvent pas le faire, et cela semble être une lacune majeure. Par exemple, imaginez que vous souhaitiez classer le type d'événement qui se produit à chaque étape d'un film. On ne sait pas comment un réseau de neurones traditionnel pourrait utiliser son raisonnement sur des événements antérieurs dans le film pour les informer plus tard.

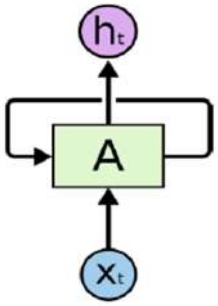


FIGURE 2.15 – Les réseaux neuronaux récurrents ont des boucles.

Les réseaux de neurones récurrents résolvent ce problème. Ce sont des réseaux avec des boucles qui permettent à l'information de persister. Dans la figure 2.15 ci-dessus, un segment de réseau neuronal ; "A" regarde une entrée Xt et fournit une valeur ht. Une boucle permet de passer des informations d'une étape du réseau à l'autre.

Ces boucles rendent les réseaux neuronaux récurrents un peu mystérieux. Cependant, si vous pensez un peu plus, il s'avère qu'ils ne sont pas tous différents d'un réseau de neurones normal. Un réseau de neurones récurrent peut être considéré comme des copies multiples du même réseau, chacune transmettant un message à un successeur comme le montre la figure 2.16. Considérez ce qui se passe si nous déroulons la boucle.

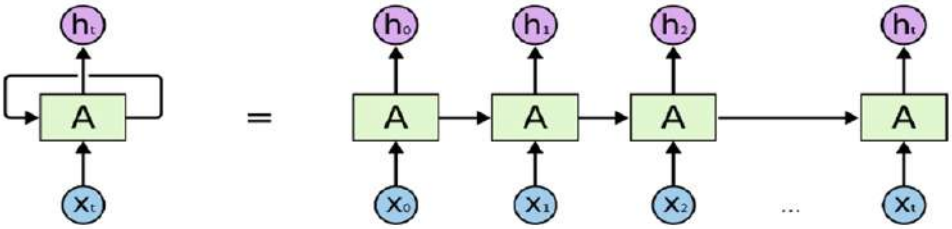


FIGURE 2.16 – Un réseau neuronal récurrent déroulé.

Cette nature en chaîne révèle que les réseaux neuronaux récurrents sont intimement liés aux séquences et aux listes. Ils sont l'architecture naturelle du réseau de neurones à utiliser pour de telles données.

Au cours des dernières années, il y a eu un succès incroyable en appliquant les RNN à une variété de problèmes : la reconnaissance de la parole, la modélisation du langage, la traduction, le sous-titrage des images ,etc [20].

2.7.3 La machine de Boltzmann profonde (DBN ou Deep Belief Network)

DBN est un réseau de neurones constitué de plus d'une machine Boltzmann restreinte (RBM). RBM et DBN ont été conçus par Geoffrey Hinton [21].
RBM est un algorithme utile pour la réduction des dimensions, la régression, le filtrage collaboratif, classification, apprentissage de fonctionnalités et modélisation de thèmes. Il C'est un réseau de neurones à deux couches peu profond composé d'une couche d'entrée visible et une couche de sortie cachée. Ils sont les blocs de construction de DBN.
Pour chaque RBM la couche visible représente les inputs et la couche cachée reçoit les inputs de la couche visible, fait les calculs ensuite elle envoie les résultats à la couche visible. Dans la DBN chaque couche cachée du RBM représente la couche visible de la RBM suivante comme le montre la figure 2.17 [22].

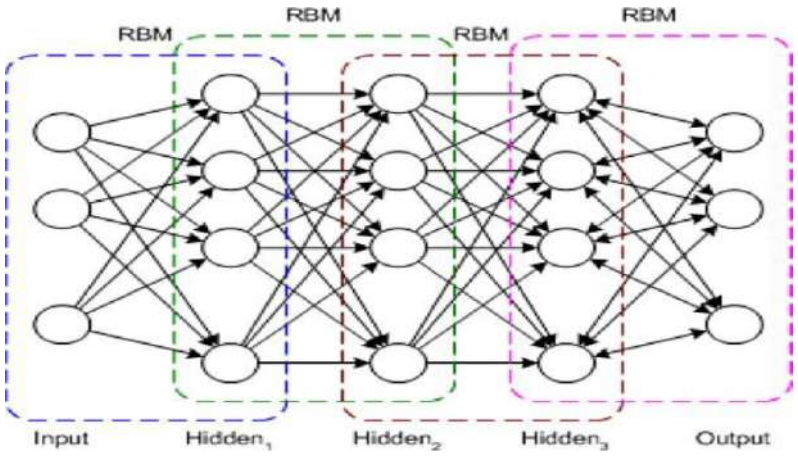


FIGURE 2.17 – DBN

2.8 Les applications du Deep Learning

2.8.1 La reconnaissance faciale

Les yeux, le nez, la bouche, tout autant de caractéristiques qu'un algorithme de DL va apprendre à détecter sur une photo. Il va s'agir en premier lieu de donner un certain nombre d'images à l'algorithme, puis à force d'entraînement, l'algorithme va être en mesure de détecter un visage sur une image.

2.8.2 Le traitement automatique de langage naturel

Le traitement automatique de langage naturel est une autre application du DL. Son but étant d'extraire le sens des mots, voire des phrases pour faire de l'analyse de sentiments. L'algorithme

va par exemple comprendre ce qui est dit dans un avis Google, ou va communiquer avec des personnes via des chatbots. La lecture et l'analyse automatique de textes est aussi un des champs d'application du DL avec le Topic Modeling : tel texte aborde tel sujet.

2.8.3 Voitures autonomes

Les entreprises qui construisent de tels types de services d'aide à la conduite, ainsi que des voitures autonomes telles que Google, doivent apprendre à un ordinateur à maîtriser certaines parties essentielles de la conduite à l'aide de systèmes de capteurs numériques au lieu de l'esprit humain. Pour ce faire, les entreprises commencent généralement par entraîner des algorithmes utilisant une grande quantité de données. Vous pouvez imaginer comment un enfant apprend grâce à des expériences constantes et à la réplication. Ces nouveaux services pourraient fournir des modèles commerciaux inattendus aux entreprises.

2.8.4 Recherche vocale et assistants à commande vocale

L'un des domaines d'utilisation les plus populaires de DL est la recherche vocale et les assistants intelligents à commande vocale. Avec les grands géants de la technologie ont déjà fait d'importants investissements dans ce domaine, des assistants à commande vocale peuvent être trouvés sur presque tous les smartphones. Le Siri d'Apple est sur le marché depuis octobre 2011. Google aujourd'hui, l'assistant à commande vocale pour Androïde, a été lancé moins d'une année après Siri. Le plus récent des assistants intelligents à commande vocale est Microsoft Cortana.

2.8.5 Ajout automatique de sons à des films muets

Dans cette tâche, le système doit synthétiser des sons pour correspondre à une vidéo silencieuse. Le système est formé à l'aide de 1 000 exemples de vidéos avec le son d'une baguette frappant différentes surfaces et créant différents sons. Un modèle DL associe les images vidéo à une base de données de sons pré-enregistrés afin de sélectionner le son à reproduire qui correspond le mieux à ce qui se passe dans la scène.
Le système a ensuite été évalué à l'aide d'un test de contrôle, comme une configuration dans laquelle les humains devaient déterminer quelle vidéo comportait le son réel ou le son factice (synthétisé). Ceci utilise à la fois les réseaux de neurones convolutionnels et les réseaux de neurones récurrents à mémoire à court terme.

2.8.6 traduction automatique

Il s'agit d'une tâche dans laquelle des mots, expressions ou phrases donnés dans une langue sont automatiquement traduits dans une autre langue. La traduction automatique existe depuis longtemps, mais DL permet d'obtenir les meilleurs résultats dans deux domaines spécifiques :

— Traduction automatique de texte.

— Traduction automatique d'images.

La traduction de texte peut être effectuée sans aucun traitement préalable de la séquence, ce qui permet à l'algorithme d'apprendre les dépendances entre les mots et leur correspondance avec une nouvelle langue.

2.8.7 Génération automatique de texte

C'est une tâche intéressante, où un corpus de texte est appris et à partir de ce modèle, un nouveau texte est généré, mot par mot ou caractère par caractère. Le modèle est capable d'apprendre comment épeler, ponctuer, former des phrases et même capturer le style du texte dans le corpus. Les grands réseaux de neurones récurrents sont utilisés pour apprendre la relation entre les éléments dans les séquences de chaînes d'entrée, puis pour générer du texte.

2.8.8 Reconnaissance d'image

Un autre domaine populaire en matière de DL est la reconnaissance d'image. Son objectif est de reconnaître et d'identifier les personnes et les objets dans les images, ainsi que de comprendre le contenu et le contexte. La reconnaissance d'image est déjà utilisée dans plusieurs secteurs tels que les jeux, les médias sociaux, la vente au détail, le tourisme, etc. Cette tâche nécessite la classification des objets d'une photo parmi un ensemble d'objets connus auparavant. Une variante plus complexe de cette tâche, appelée détection d'objet, consiste à identifier spécifiquement un ou plusieurs objets dans la scène de la photo et à dessiner un cadre autour d'eux.

2.8.9 la description automatique d'image

Le sous-titrage automatique des images est la tâche pour laquelle le système doit générer une légende décrivant le contenu de l'image.

Une fois que vous pouvez détecter des objets sur des photographies et générer des étiquettes pour ces objets, vous pouvez voir que l'étape suivante consiste à transformer ces étiquettes en description de phrase cohérente. Généralement, les systèmes impliquent l'utilisation de très

grands réseaux de neurones convolutifs pour la détection d'objets sur les photographies, puis d'un réseau de neurones récurrent comme une mémoire à court terme à long terme pour transformer les étiquettes en une phrase cohérente.

2.8.10 Colorisation automatique

La colorisation de l'image pose le problème de l'ajout de couleurs aux photographies noir et blanc. Le DL peut être utilisé pour utiliser les objets et leur contexte dans la photographie pour colorer l'image, un peu comme un opérateur humain pourrait aborder le problème. Cette capacité tire parti des réseaux de neurones de convolution de grande qualité et de très grande taille formés pour ImageNet et cooptés pour le problème de la colorisation de l'image. Généralement, l'approche implique l'utilisation de très grands réseaux de neurones convolutifs et de couches supervisées qui recréent l'image avec l'ajout de couleurs.

2.8.11 la détection du cancer du cerveau

Une équipe de chercheurs français a noté qu'il était difficile de détecter les cellules cancéreuses du cerveau invasives au cours d'une intervention chirurgicale, en partie à cause des effets de l'éclairage dans les salles d'opération. Ils ont découvert que l'utilisation de réseaux de neurones conjointement avec la spectroscopie Raman pendant les opérations leur permettait de détecter les cellules cancéreuses plus facilement et de réduire le cancer résiduel après l'opération.

2.8.12 Analyse des sentiments du texte

De nombreuses applications ont des commentaires ou des systèmes de révision basés sur des commentaires intégrés à leurs applications. La recherche sur le traitement du langage naturel et les réseaux de neurones récurrents ont parcouru un long chemin et il est maintenant tout à fait possible de déployer ces modèles sur le texte de votre application pour extraire des informations de niveau supérieur. Cela peut être très utile pour évaluer la polarité sentimentale dans les sections de commentaires ou pour extraire des sujets significatifs à l'aide de modèles de reconnaissance d'entités nommées.

2.8.13 Recherche en marketing

En plus de rechercher de nouvelles fonctionnalités susceptibles d'améliorer votre application, DL peut également être utile en arrière-plan. La segmentation du marché, l'analyse des campagnes marketing et bien d'autres peuvent être améliorés à l'aide de modèles de régression

et de classification DL. Cela vous aidera vraiment beaucoup si vous avez une grande quantité de données. Sinon, vous ferez probablement mieux d'utiliser des algorithmes traditionnels d'apprentissage automatique pour ces tâches plutôt que DL .[23]

2.9 conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'apprentissage automatique de ses différents types, les réseaux de neurones supervisés, non supervisés et améliorés tels que la perception simple et multicouche, puis nous avons présenté l'apprentissage en profondeur et différentes méthodes : RNN, CNN, DBN et certains domaines d'applications utilisés.

Chapitre 3

L’internet des objets

3.1 Introduction

Internet connait aujourd'hui une extension inédite avec le développement des objets connectés. Jusqu'alors, internet se concevait comme la capacité des personnes de communiquer à tout moment et en tout lieu ; avec les objets connectés, le monde physique peut désormais communiquer, que ce soit pour des relations de personnes à personnes, de personnes à objets ou d'objets à objets. Partant, les importantes potentialités offertes par ce qu'il a été convenu d'appeler « l'internet des objets » ou « Internet of Things (IoT) » en anglais.
Ce chapitre est destiné à donner un aperçu des informations générales sur l'Internet des objets, Web des objets« Web of Things (WoT) » et nous présentons également les avantages et les domaines de l'application Internet des objets.

3.2 Historique

Le concept de l'internet des objets apparaît pour la première fois en 1995 dans le livre du fondateur de Microsoft, Bill Gates, « The Road Ahead». Il y mentionne alors ce nouveau concept, sans toutefois attirer l'attention du public puisque le développement d'Internet est alors trop limité [24].
Comme pour de nombreux nouveaux concepts, c'est au (MIT) et plus particulièrement au groupe Auto-ID Center qu'est attribuée l'origine de l'IoT. Pour Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), l'IoT correspond simplement au moment où il y a eu plus « de choses ou d'objets » connectés à Internet que de personnes.

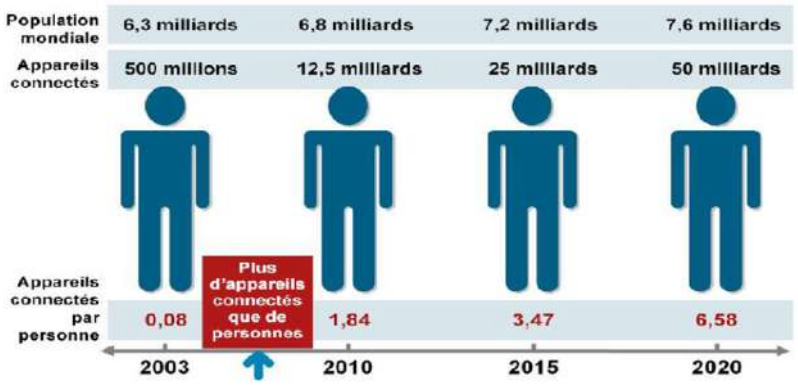


FIGURE 3.1 – Le développement de l'Internet des objets vu par Cisco en 2011

En 2003, la population mondiale s'élevait à environ 6,3 milliards d'individus et 500 millions d'appareils étaient connectés à Internet. Le résultat de la division du nombre d'appareils par la population mondiale (0,08) montre qu'il y avait moins d'un appareil connecté par personne .

En raison de l'explosion des Smartphones et des tablettes, le nombre d'appareils connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards. C'est ainsi que le nombre d'appareils connectés par personne est devenu supérieur À 1 (1,84 pour être exact) pour la première fois de l'histoire .
En ce qui concerne l'avenir, Cisco IBSG estime que 50 milliards d'appareils seront connectés à Internet d'ici à 2020. Il est important de noter que ces estimations ne tiennent pas compte des progrès rapides d'Internet ni des avancées technologiques, mais reposent uniquement sur les faits avérés à l'heure actuelle [25].

3.3 Définition L'internet des objets

L'internet des objets est un réseau qui relie et combine des objets avec l'Internet en suivant des protocoles qui assurent leur communication et échange d'informations à travers une variété de dispositifs [26].Il se définit comme «un réseau de réseaux» qui permet d'identifier sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi, de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter les données sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels via des systèmes d'identification électroniques normalisés et unifiés et des dispositifs mobiles sans fil [27].



FIGURE 3.2 – Internet des objets

3.3.1 Que ce qu'un objet connecté

L'IOT repose avant tout sur les objets connectés. Un objet connecté a la capacité de capter une donnée et de l'envoyer, via le réseau Internet ou d'autres technologies, pour que celle-ci soit analysée et visualisée sur des tableaux de bord dédiés. Les objets connectés interagissent

avec leur environnement par le biais de capteurs : température, vitesse, humidité, vibration... Dans l'Internet des Objets, un objet peut aussi bien être un véhicule, qu'une machine industrielle ou encore une place de parking.

3.3.1.1 Exemples d'objets connectés

• **Parrot POT** (Pot de fleurs intelligent et connecté pour plantes) : Un pot de fleur connecté qui s'occupe de vos plantes ! Doté de divers capteurs et d'un réservoir d'eau, le POT pourra entretenir vos fleurs même lors de vos absences du domicile. L'application vous donnera des conseils d'entretien et des rappels divers. Un gadget idéal pour les personnes qui n'ont pas forcément la main verte.



FIGURE 3.3 – Parrot Capteur Intelligent pour Plantes Intérieur/Extérieur

3.4 Principe de fonctionnement

L'internet des objets est composé de plusieurs éléments complémentaires ayant chacun ses propres spécificités. Il permet à l'aide des systèmes d'identifications électroniques normalisés et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des objets physiques, ainsi que pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter sans discontinuité les données s'y rattachant.

L'IoT est une combinaison d'innovations technologiques récentes et de solutions déjà existantes. Chaque objet est muni d'une identification électronique unique capable de lire et transmettre à travers un protocole dans le réseau internet. Il est nécessaire cependant de définir la nature de l'objet, ses fonctionnalités, sa position dans l'espace, l'historique de ses déplacements, etc. Pour effectuer ce lien entre physique et virtuel, le dispositif technique doit donc modéliser des contextes réels et les rendre virtuel [28].

3.5 Architecture de l'internet des Objets

L'Internet des Objets représente l'interconnexion des différents équipements utilisés dans la vie quotidienne et intégrés dans l'Internet. Il vise à automatiser le fonctionnement de différents domaines tels que les appareils ménagers, les systèmes de soins de la santé, les systèmes de sécurité et de surveillance, les systèmes industriels, les systèmes de transport, les systèmes militaires, les systèmes électriques, et beaucoup d'autres. Afin d'obtenir un processus entièrement automatisé, les dispositifs dans les différents domaines doivent être équipés avec des microcontrôleurs, des émetteurs-récepteurs, et des protocoles pour faciliter et standardiser leur communication entre eux ou avec des entités externes. L'architecture de l'Internet des Objets est composé de trois couches [29] : la couche perception, la couche réseau, et la couche application comme le représente la Figure 3.4.

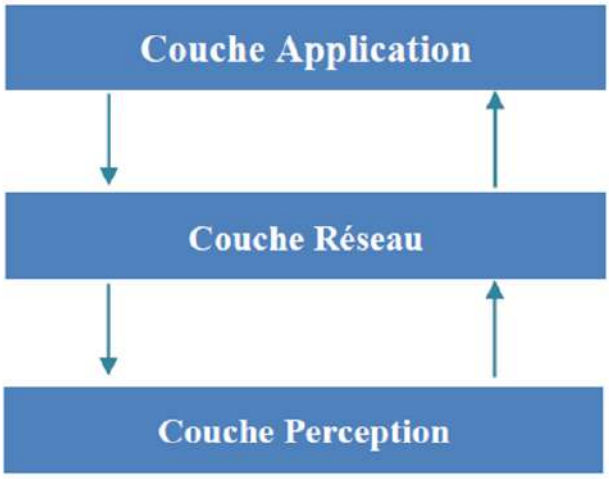


FIGURE 3.4 – Architecture de l'Internet des objets

3.5.1 La couche perception

Cette couche comprend un groupe d'appareils compatibles avec l'Internet qui peuvent percevoir, détecter, recueillir, et échanger des informations avec d'autres dispositifs par l'intermédiaire des réseaux de communication. Les capteurs, Les GPS, les caméras, et les RFID (Radio Frequency Identification Devises) sont des exemples de dispositifs qui existent au niveau de la couche perception.

3.5.2 La couche réseau

Cette couche est responsable de la transmission des données de la couche perception vers la couche application sous des contraintes liées à la capacité des dispositifs, la limitation du réseau et les contraintes des applications. Les systèmes de l'Internet des Objets utilisent une combinaison de réseaux à courte portée et à longue portée. Les technologies de communication à courte portée tels que Bluetooth et ZigBee, sont utilisées pour transporter l'information à partir d'appareils de perception à une passerelle à proximité. D'autres technologies portent l'information sur de longues distances telles que le Wifi, 2G, 3G, 4G, et PLC (Power Line Communication) la technique de communication par courants porteurs sur le réseau électrique.

3.5.3 La couche application

Cette couche offre la possibilité d'utiliser les informations traitées par la couche traitement et les services des objets présentés par cette dernière, pour développer diverses applications de l'IOT. Ces applications seront ensuite directement être utilisées par des utilisateurs finaux [30]. Le traitement des données est un processus qui peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution. Une stratégie pertinente, et commune quand on parle d'Internet des objets, consiste à stocker l'information dans sa forme intégrale. On collecte de manière exhaustive, « big data », sans préjuger des traitements qu'on fera subir aux données. Cette stratégie est possible aujourd'hui grâce à des architectures distribuées type No SQL, capables d'emmagasiner de grandes quantités d'informations tout en offrant la possibilité de réaliser des traitements complexes en leur sein. La transmission des données est un processus qui intervient à tous les niveaux de la chaîne. Deux réseaux, supports des transmissions, cohabitent généralement.

3.6 Les technologies de l'IOT

Afin d'assurer le fonctionnement de L'IOT, il existe plusieurs technologies utilisées, on va parler seulement sur quelques technologies tel que : RFID, WSN et M2M [31].

• **RFID :** Ce concept englobe toutes les technologies qui travaillent avec les ondes radio afin d'identifier automatiquement des objets ou des personnes. Ces caractéristiques sont : le stockage et la récupération des informations à distance [32].

• **WSN :** C'est un réseau coopératif, chaque nœud dans le réseau possède un ensemble de caractéristique telles que : capacité de traitement, différents types de mémoires, un émetteur-récepteur RF et une source d'alimentation, et divers capteurs et des actionneurs [33].

• **M2M :** C'est les technologies de l'information, combinées avec la communication des objets intelligents, afin de fournir à ces derniers la capacité d'interagir sans intervention humaine avec le système d'information d'une organisation ou d'une entreprise [34].

3.7 La communication dans un système d'IoT

L'un des fondements de l'IoT repose sur l'aptitude des objets à communiquer entre eux, quelle que soit leur nature, leur origine et leur localisation. Interopérabilité et ouverture sont deux mots clés de l'Internet des objets. Certains pensent que le recours au protocole IP est suffisant pour atteindre cet objectif. La question est en fait infiniment plus complexe et pose d'énormes problèmes de standardisation.
Les principales organisations qui se préoccupent de l'IoT, elles sont nombreuses et certaines (ETSI, IEEE, IETF).

3.7.1 Technologies de communication et standardisation

Les méthodes de transmission de données entre les objets connectés, deux solutions : filaire et sans file.

3.7.1.1 Connectivité filaire

Le réseau filaire est un réseau qui comme son nom l'indique est un réseau que l'on utilise grâce à une connexion avec fil. Ce réseau utilise des câbles Ethernet pour relier des ordinateurs et des périphériques grâce à un routeur ou à un commutateur. C'est grâce aux réseaux filaires que l'on obtient les débits les plus élevés et les plus stables Nous donnons comme exemples : Ethernet, le câble, Fibre Optique,etc.

3.7.1.2 Connectivité sans fil

Les réseaux sans fil permettent de relier des ordinateurs et d'autres appareils informatiques sans avoir à installer de câblage, ce qui représente plus de confort et fait économiser de l'argent au niveau des infrastructures.
Il existe plusieurs options de technologies et normes de l'internet des objets dans cette partie nous mettons l'accent seulement sur quelques-unes :

• **WiFi :** (Correspondant à la famille des standards IEEE 802.11) qui équipe aujourd'hui tous les nouveaux Smartphones, et est utilisée principalement par les réseaux locaux sans fil. Le Wifi permet l'accès à Internet avec des vitesses de transfert atteignant facilement des dizaines

de mé-ga bits par seconde. Il est caractérisé par une consommation relativement importante, et donc une autonomie faible pour les équipements qui l'embarquent.



FIGURE 3.5 – Logo de la technologie Wi-Fi

• **Bluetooth :** Qui équipe également la plupart des terminaux intelligents. Un grand nombre d'objets communicants l'adopteront aussi. Elle est définie par le groupement d'intérêt Bluetooth, pour les réseaux sans fil personnel. Dans ses versions de base, Bluetooth se caractérise par une communication à faible portée et un débit beaucoup plus faible que le WiFi, de l'ordre de quelques centaines de kilo bits par seconde.
Néanmoins dans sa dernière version 4.2, qui met l'accent sur les objets communicants, on promet des débits 2 fois et demi plus rapides que les versions précédentes, tout en ayant une faible consommation d'énergie. Des objets tels que les montres connectées, équipées de cette dernière version, seront capables de dialoguer directement avec un routeur, afin d'accéder à Internet en utilisant le protocole 6LowPan d'IPv6, sans passer par un Smartphone.



FIGURE 3.6 – Logo de la technologie Bluetooth

• **3G/4G /5G :** Les technologies qui désignent les générations de normes de téléphonie mobile Cette technologie vise à faciliter les usages interactifs sur les terminaux numériques mobiles comme les smartphones, les tablettes...etc. En permettant la transmission simultanée de la voix et de paquets de données. 3G/4G /5G Ont une plus grande portée, mais demandent beaucoup d'énergie [35].

3.7.2 Protocoles de communication de L'IOT

De nombreuses normes IOT sont proposées pour faciliter et simplifier les taches des programmeurs d'applications et des fournisseurs de services. Différents groupes ont été créée pour

fournir des protocoles, y compris les efforts menés par le W3C, IETF, EPC global, IEEE et l'ETSI.

L'IOT ambitionne de faire communiquer chaque système avec tous autres au moyen de protocoles communs. La mise en application à une large échelle du concept d'IOT apparait Largement tributaire d'une standardisation de la communication entre objets dite M2M [36].

- Au niveau de la couche de liaison, le standard IEEE 802.15.4 est plus adapté que l'Ethernet aux environnements industriels difficiles.
- Au niveau réseau, le standard 6loWPan a réussi à adapter le protocole IPV6 aux communications sans fil entre nœud à très faible consommation.
- Au niveau routage, l'IETF a publié en 2011 le standard RPL.
- Au niveau de la couche application le protocole CoAP qui tente d'adapter http, beaucoup trop gourmand aux contraintes des communications entre nœuds à faible consommation.

3.7.2.1 CoAP (Constrained Application Protocol)

Est un protocole de couche d'application pour les applications IOT. Il d´définit un protocole de transfert Web Basé sur les fonctionnalités HTTP, est lié à UDP (et non TCP) par défaut qui le Rend plus approprié pour les applications IOT. En outre, CoAP modifie certaines fonctionnalités HTTP pour répondre aux exigences de l'IOT telles que la faible Consommation d'énergie et le fonctionnement en présence de liens à perte et Bruyants.

CoAP a été conçu sur la base de REST qui représente un moyen plus Simple d'échanger des données entre les clients et les serveurs via HTTP. REST Peut être considéré comme un protocole de connexion qui repose sur L'architecture sans serveur apatride. Il est utilisé dans les applications de réseaux Sociaux et mobiles et élimine l'ambigüité en utilisant les méthodes HTTP get, post, put et delete. Il permet aux clients et aux serveurs d'exposer et de consommer Des services Web comme le protocole d'accès aux Objets simples (SOAP), mais de Manière plus simple en utilisant les identificateurs de ressources uniformes (URI).

CoAP vise à permettre à de minuscules appareils à faible puissance, le calcul et Les capacités de communication à utiliser les interactions REST ful. Avec CoAP, Les interactions entre services web de l'Internet des PC et de l'Internet des Objets Deviennent bien plus simples à réaliser, une passerelle applicative assez légère Correspondance entre les commandes REST et CoAP se charge de l'adaptation d'un monde à l'autre [37].

3.7.2.2 MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

Représente un protocole de messagerie idéal pour les communications IOT et M2M. Il vise à connecter des périphériques et des réseaux intégrés aux applications et au middleware. MQTT utilise le modèle de publication souscription pour offrir une flexibilité de transition et une simplicité d'implémentation. Il convient aux périphériques à ressources limitées qui utilisent des liens peu fiables ou à faible bande passante. MQTT est construit en haut du protocole TCP. Il se compose de trois composants, abonnés, éditeurs et courtiers. De nombreuses applications utilisent MQTT telles que les Soins de santé, la surveillance, le compteur d'énergie et la notification de Facebook. Par conséquent, le protocole MQTT permet d'acheminer les périphériques de petite taille, à faible consommation et à faible mémoire dans des zones vulnérables et Réseaux à faible bande passante.

3.7.2.3 XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)

XMPP Est une Norme de messagerie instantanée IETF (IM) qui est utilisé pour les conversations Multipartis, les appels vocaux et vidéo et la télé présence. Il permet aux utilisateurs de communiquer entre eux en envoyant des messages instantanés sur Internet quel que soit le système d'exploitation qu'ils utilisent. XMPP permet aux applications de messagerie instantanée d'accéder à l'authentification, au contrôle d'accès, à la mesure de la confidentialité, au cryptage hop-by-hop et à la compatibilité avec d'autres protocoles.
Beaucoup de fonctionnalité XMPP en font un des protocoles Préfères par la plupart des applications de messageries instantanées et pertinentes Dans le cadre de l'IOT. Il fonctionne sur une variété de plateformes basées sur Internet de manière décentralisé. XMPP est sécurisé et permet d'ajouter de Nouvelles applications au-dessus des protocoles de base.

3.7.2.4 AMQP (Advanced Message Queuing Protocol)

AMQP est un Protocole de couche d'application standard ouvert pour l'IOT se concentrant sur des Environnements axés sur les messages. Il requiert un protocole de transport sécurisé Comme TCP pour échanger des messages. Il prend en charge une communication Fiable via des primitives de garantie de livraison de messages, en définissant un protocole au niveau du fil, les implémentations AMQP peuvent inter opérer entre elles. Les communications sont traitées par deux composants principaux :

— Échanges et files d'attente de messages. Les échanges sont utilisés pour acheminer les messages vers les files d'attente appropriées.

— Le routage entre les échanges et les files d'attente des messages repose sur certaines

règles et conditions prédéfinies. Les messages peuvent être stockés dans les files d'attente, puis envoyés au récepteur par la suite. AMQP prend également en charge le modèle de communication publié .

3.7.2.5 HTTP

Signifie HyperText Transfer Protocol (protocole de transfert hypertexte). Ce protocole définie la communication entre un client (exemple : navigateur) et un serveur sur le World Wide Web (WWW).

3.8 Différentes plates-formes d'IoT

Comme nous l'avons mentionné auparavant, il existe une multitude de plates-formes D'IoT dans le marché mondial dont les plus célèbres sont :

• Amazon Web Services IoT Platform.
• IBM BLUEMIX.
• IBM WATSON.
• CISCO IoT CLOUD CONNECT.
• ThingWorx.
• Microsoft Azure.
• Google Cloud Platform.
• Thing Speak.
• Salesforce IoT Cloud.
• Oracle Integrated Cloud.
• Predix.

Dans ce qui suit, nous présentons un bref aperçu de certaines de ces plates-formes IoT .

3.8.1 Amazon Web Services IoT Platform

Amazon Web Services (AWS) est l'un des géants technologiques les plus dynamiques au monde. AWS figure toujours dans la liste des meilleures plates-formes IoT. Elle fournit un SDK de périphérique, une passerelle de périphérique sécurisée, un registre pour la reconnais-sance des périphériques, des ombres de périphérique (une version virtuelle) et un moteur de règles pour évaluer les messages entrants.

En termes simples, la plateforme fournit un lieu pour connecter et gérer les capteurs sur les voitures, les turbines, les grilles de capteurs et les ampoules par exemple en utilisant le Cloud public AWs[30] pour stocker, traiter et analyser les données transmises par ces appareils [39].

3.8.2 Google Cloud Platform

Google cherche à mettre en place sa plate-forme IoT, qui se situe au-dessus de Google Cloud Platform, à l'exception de ses rivaux qui se concentrent sur l'intelligence. Cela signifie que vous pouvez connecter, gérer et importer des données IoT sur la plateforme Google avant d'exécuter des analyses avancées, comme des requêtes ad hoc avec Google BigQuery, l'apprentissage automatique avec Cloud Machine Learning Engine, visualiser des données dans Google Data Studio ou même déclencher des changements automatiques aux périphériques basés sur des événements en temps réel à l'aide des flux de travail des fonctions Cloud.

3.8.3 IBM WATSON

Avec IBM WATSON, le BIG BLUE a placé son pied dans le monde en pleine explosion de l'Internet des objets. Dans l'ère cognitive, personne ne peut battre IBM dans les capacités cognitives [39].IBM WATSON en tant que plate-forme IoT est déjà devenu très populaire parmi les dévelop-peurs. Watson donne un aperçu approfondi de la grande quantité de données non structurées grâce au traitement du langage naturel avec l'utilisation du moteur de synthèse de la parole et de l'apprentissage automatique. L'avantage des plates-formes IBM Bluemix et IBM Watson IoT est qu'elles permettent aux développeurs De déployer leurs propres applications IoT.

3.9 Visions de l'Internet des Objets

L'Internet des Objets émerge des travaux menés dans plusieurs domaines de recherche dont les différentes « visions » convergent vers un même but. Dans leur état de l'art, Atzori et coll identifient trois visions majeures : une vision orientée objet, une vision orientée Internet et une vision orientée sémantique. Comme montré sur la Figure 3.7, chaque vision possède ses concepts et ses technologies clés [40].

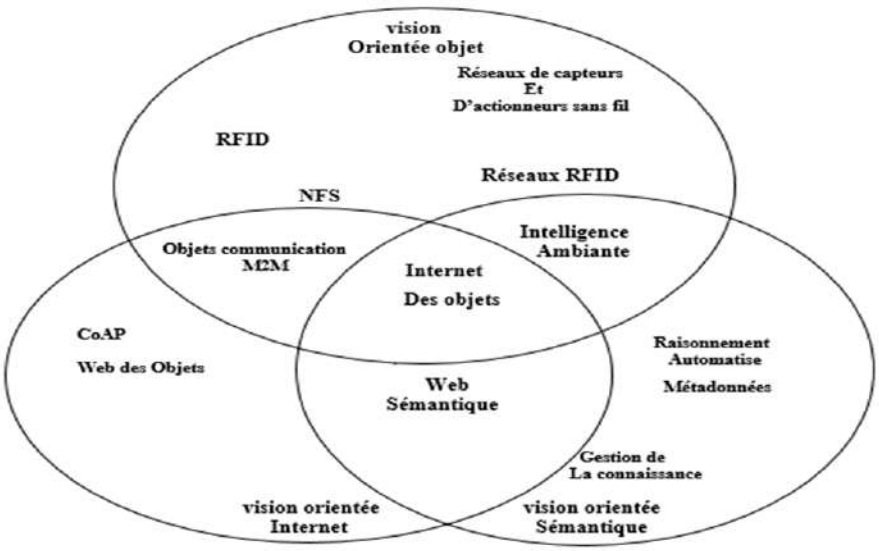


FIGURE 3.7 – Vision de l'Internet des Objets

3.9.1 La vision orientée objet

Cette vision met l'accent sur les objets physiques et les systèmes qui y sont embarqués, avec notamment les problématiques suivantes :

— identifier les objets de manière unique et, de fait, les doter d'une identité propre.

— permettre aux objets d'acquérir des informations sur leur environnement en utilisant des capteurs, pour ensuite échanger et traiter ces informations afin d'influer sur cet environnement au travers d'actionneurs.

Cette vision est principalement issue des travaux sur les réseaux d'objets identifiés par radiofréquence (RFID), la communication en champ proche (Near Field Communication, ou NFC) et les réseaux de capteurs et d'actionneurs sans fil (Wireless Sensor and Actuator Network, ou WSAN). L'Internet des objets est vu comme le concept émergeant de la mise en réseau des différents objets dans le but de faciliter les interactions entre les êtres humains et les objets, ainsi que les interactions entre objets eux-mêmes.

3.9.2 La vision orientée Internet

Elle suggère que cette interconnexion devrait se faire spécifiquement au travers du réseau Internet, considérant que celui-ci est déjà un « réseau de réseaux » qui connecte un très grand nombre de machines au moyen de protocoles standards conçus pour de nombreux usages.

Ainsi, une seule couche réseau, au sens OSI du terme, est utilisée pour connecter tous types d'objets, simplifiant de fait la fabrication et le déploiement de ces derniers, tout en assurant une certaine interopérabilité. Cette vision s'attache donc à étudier comment le protocole IP (Internet Protocol) peut être adapté pour des systèmes embarqués caractérisés par de faibles ressources matérielles, notamment au travers de nouveaux standards. Par extension, si l'on connecte les objets physiques au réseau Internet, il devient possible de les intégrer aussi au Web pour bénéficier de ses avantages (Web des objets) [40].

3.9.3 La vision orientée sémantique

Elle se détache des problématiques techniques propres aux objets physiques et aux Réseaux permettant de les faire communiquer, pour se concentrer sur la représentation, L'organisation et le stockage des données relatives à l'Internet des Objets, notamment :

— les identités de chaque objet physique (caractéristiques, états passés et présents, Etc.) et les relations qui peuvent unir ces objets entre eux .

— les flux d'informations acquis par ces objets sur leur environnement, par exemple au moyen de capteurs .

3.10 Les applications de l'Internet des objets

Intel et son écosystème de partenaires aident les entreprises à utiliser l'Internet des objets (IOT) pour résoudre des défis de longue date spécifiques à chaque secteur d'activité.
Son portefeuille de solutions ouvertes et évolutives permet de développer rapidement des objets connectés, de collecter des données et d'obtenir des informations afin de réduire les coûts, d'améliorer la productivité et d'augmenter les recettes. Il existe plusieurs domaines d'application qui seront touchés par l'Internet émergent des choses. Les applications peuvent être classifiés en fonction du type de la disponibilité du réseau, la couverture, l'échelle, hétérogénéité, la répétabilité, la participation des utilisateurs et de l'impact .

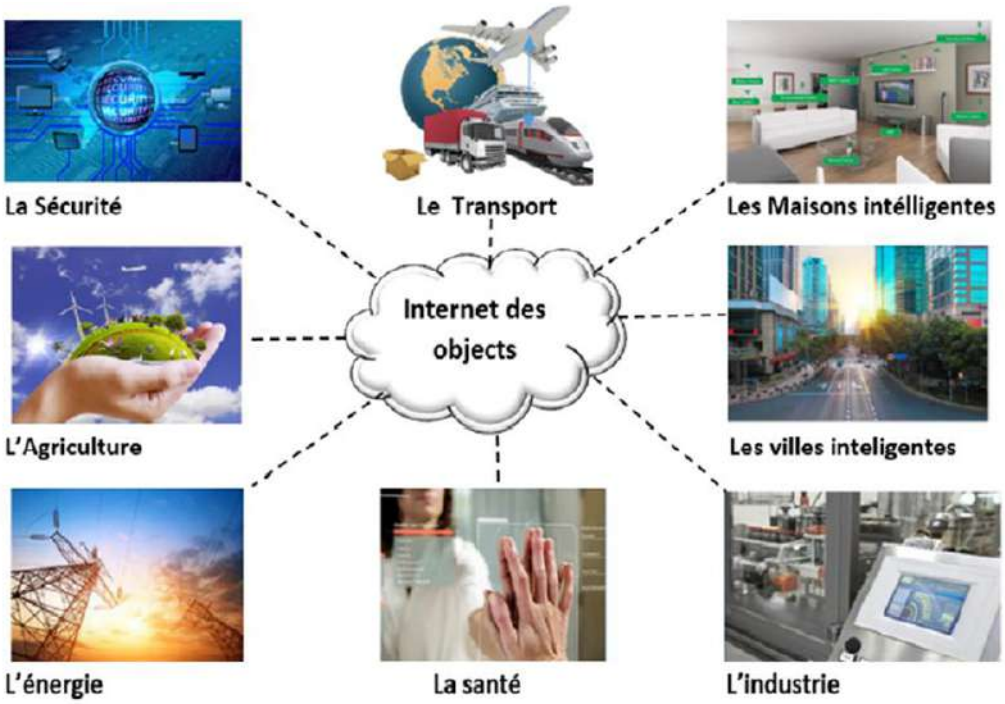


FIGURE 3.8 – Les applications de l'Internet des objets.

IOT peut être utilisée dans plusieurs domaines :

• **Le transport :** Des voitures connectées ou autonomes aux systèmes de transport/logistique intelligents, l'IoT peut sauver des vies, réduire le trafic et minimiser l'impact des véhicules sur l'environnement.

• **La sante :** Des appareils médicaux wear ables aux tablettes de premiers secours en passant par les équi-pements chirurgicaux sophistiqués, l'IOT transforme les soins.

• **Industrie :** La technologie IOT permet aux usines d'améliorer l'efficacité de ses opérations, d'optimiser la production et d'améliorer la sécurité des employés.

• **Maisons intelligentes :** De la reconnaissance de votre voix à l'identification de la personne à la porte d'entrée, la tech-nologie IOT donne vie au rêve d'une maison intelligente protégée.

• **L'agriculture (agriculture) :** L'usage des objets connectés se démocratise dans l'agriculture. En effet, de nombreuses améliorations en découlent concernant la gestion des engins agricoles, la maîtrise de l'irrigation ou la gestion optimisée des intrants, la surveillance de la croissance des plantes ou encore la prévention des risques météo. De quoi renouveler en profondeur les pratiques de cette activité ancestrale grâce à l'analyse des données collectées

3.11 Les avantages et les inconvénients de l'IoT

3.11.1 Les avantage

— Accès ubiquitaire à l'information pour un monde plus intelligent et un mode vie sophistiqué et confortable.

— Amélioration de la qualité de service et de la télésurveillance dans différents domaines d'applications, à savoir le domaine industriel, médical, etc.

— Améliorer la productivité et l'expérience-client : les objets connectes envoient des rapports 'a leurs constructeurs indiquant les préférences et les habitudes des clients aidant davantage les entreprises à agir de manière proactive et adaptée qui satisfait la demande et les exigences de la clientèle.

— Le gain du temps est un autre avantage de l'IoT. Les déplacements inutiles sont dès lors remplaces par une simple navigation sur le web pour commander des produits, con-trôler l'état des objets et/ou endroits connectés.

— Dans certaines applications, l'IoT nous permet même de rationaliser nos dépenses et faire des économies car on ne consomme qu'en cas de besoin, que ça soit pour les achats ou la consommation énergétique (nécessaire pour l'éclairage ou la climatisation) ou autre.

— Possibilité d'exploitation des ressources géantes de l'Internet pour le stockage et le traitement des données écoulées de l'IoT.

3.11.2 Les inconvénients

• Les risques pour la sécurité de l'information : La mise en œuvre de l'IoT au sein d'une entreprise comporte un obstacle de taille qu'il importe de surmonter : la sécurité.
Une atteinte à la sécurité pourrait avoir d'importantes répercussions sur la réputation et la crédibilité de l'entreprise, et se traduire par une perte de temps et d'argent, en plus d'avoir des conséquences juridiques.

3.12 Le Web des objets

3.12.1 Le Web des objets, un niveau plus élevé

D'après , l'idée Web des objets (WoT) est d'intégrer des objets au Web, afin de les faire communiquer avec des humains ou d'autres machines. Le Web, ou World Wide Web pour être exact, étant un ensemble de technologies permettant d'interroger des ressources, identifiées par

des URI, accessibles sur Internet. Ces ressources contiennent des informations textes structurées (HTML, JSON, XML) ou binaires (images, vidéos, etc.). Dans bien des cas, le Web est considéré comme un système d'information, composé de ressources liées entre elles par des hyperliens.

Un point important du Web des objets est de fournir un protocole de communication commun Entre les objets. En effet, l'utilisation du HTTP, le même que pour le Web, permet une unification au niveau de la communication, de l'interrogation de ressources et de la conception. Puisque tous les objets parlent la même langue, donc ils répondent de la même manière à la même requête. L'utilisation des technologies Web adaptées aux objets fournit la même facilité d'interaction que pour n'importe quel site Web. Par exemple, l'utilisateur a uni-quement besoin d'un navigateur Web, de plus n'importe quel moteur d'indexation, tel Google, peut y accéder et tous les clients http sont utilisables. Un moteur de recherche pourrait tout à fait permettre la recherche d'objets selon différents critères et la création d'applications client n'est pas plus compliquée que pour un site classique L'utilisation d'un protocole différent, ou propriétaire ne permet pas cette facilité d'utilisation, c'est la raison principale d'utiliser le Web des objets.

Cependant, des inconvénients existent également comme l'importante exigence en ressources informatiques (mémoire, processeurs, etc.). Ainsi, le protocole de communication HTTP est de type énergivore par rapport à certains protocoles développés pour l'Internet des objets [41].

3.12.2 Internet des objets versus le Web des objets

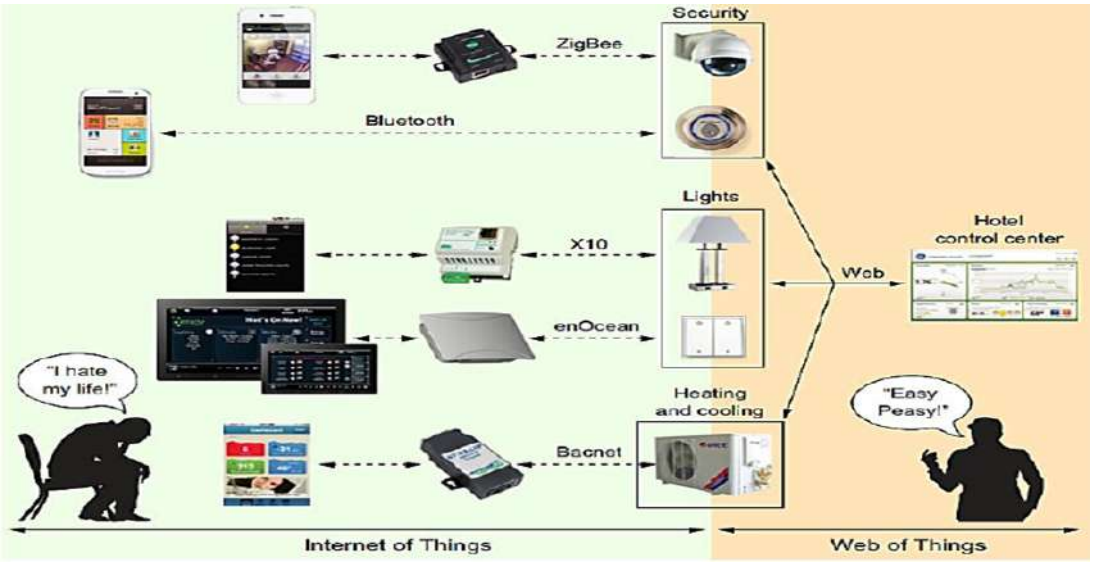


FIGURE 3.9 – Différence entre IOT et WOT

Vouloir comparer le Web des objets à l'Internet des objets ne fait pas de sens. Le niveau d'abstraction du WoT étant plus élevé que celui du l'IoT, la comparaison devient impossible. Tout comme le Web fait partie d'Internet, avec un niveau d'abstraction plus élevé, le WoT appartient également à l'IoT . Le WoT est un domaine du l'IoT, dans lequel la communication se fait à travers le protocole HTTP. Cependant, au vu des développements actuels, certaines personnes tendent à opposer l'IoT et le WoT. Dans certains articles et prises de positions, l'IoT est considéré comme toutes les technologies relatives au monde des objets, exceptées les technologies Web.

Les avantages du Web des objets sont les faiblesses de l'Internet des objets, et vice versa. En effet, les avantages du WoT (simplicité d'utilisation, façon de communiquer très normée, même langage utilisé entre objets, etc.) peuvent être des désavantages dans certaines situations. Tandis que la grande souplesse de l'IoT peut aussi être un avantage. Par exemple, un objet fonctionnant sur batterie, ayant peu d'énergie électrique à disposition devra être con-çu de manière à économiser cette énergie et utilisant un protocole plus économe que le HTTP.

Tout dépend de l'utilisation que l'on veut en faire, du type d'objet à connecter et le but dans lequel il a été construit. C'est également une affaire de philosophie suivant que l'on veut restreindre l'accès à l'objet en utilisant un protocole propriétaire, ou au contraire, permettre au plus de monde possible d'y accéder.

3.13 conclusion

Dans ce chapitre, nous présentons principalement le processus de base, les techniques et les applications de l'IoT et avons également fourni un aperçu général du Web des objets. Nous avons également souligné Limites liées au déploiement de l'Internet des objets, avantages et inconvénients de l'Internet des objets. Internet des objets en tant que développement de l'Internet actuel permet une amélioration considérable de notre style de vie et de la manière intelligente des choses Autour de nous, ils interagissent entre eux et avec leurs utilisateurs.

Chapitre 4

Implémentation et résultats

4.1 Introduction

Les parasites et ravageurs microbiens sont les problèmes les plus courants dans l'agriculture, en plus du changement climatique, etc. La majorité d'entre eux s'attaquent les parties feuillues des plantes entraînant une perte de production. La détection précoce de ces microbes problématiques contribue à améliorer notre productivité agricole et ainsi contribuer à la sécurité alimentaire mondiale.

Dans ce chapitre, nous allons présenter un système capable de détecter automatiquement les maladies des feuilles de tomate, qui peut être déployée sous forme d'application mobile. Le système proposé est mis en œuvre en utilisant le réseau neuronal à convolution profonde (CNN) pour la classification des images, car il a fait d'énormes progrès ces dernières années.

4.2 présentation de la méthode

1. Proposer une architecture qui fonctionne sure :
   - Classification et apprentissage.
   - Réduire le taux d'erreur de classification.
   - Augmenter le pourcentage d'apprentissage .

2. Créez une application Android qui envoie des images de plantes potentiellement infectées à l'aide du téléphone.

3. Création d'un serveur qui reçoit et classe les images, grâce à l'architecture d'apprentissage en profondeur que nous avons créée.

4.3 Présentation des outils

4.3.1 Logiciels utilisés

4.3.1.1 MATLAB

La plate-forme MATLAB est optimisée pour résoudre les problèmes scientifiques et techniques. Le langage MATLAB, basé sur les matrices, est le moyen le plus naturel au monde pour exprimer les mathématiques computationnelles. Les graphiques intégrés permettent de visualiser facilement les données afin d'en dégager des informations. Grâce à la vaste bibliothèque de boîtes à outils prédéfinies, vous pouvez commencer directement par les algorithmes essentiels à votre domaine. L'environnent bureau encourage l'expérimentation, l'exploration et la découverte. Les outils et les fonctionnalités MATLAB sont tous testés rigoureusement. Ils sont conçus pour fonctionner conjointement.

MATLAB accompagne vos idées au-delà du bureau. Vous pouvez analyser des ensembles de données plus vastes et étendre votre utilisation à des clusters et des clouds. Le code MATLAB peut être intégré à d'autres langages, ce qui vous permet de déployer des algorithmes et des applications au sein de systèmes Web, d'entreprise et de production.

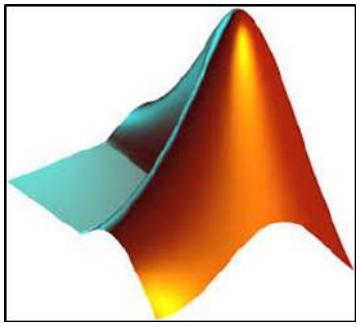


FIGURE 4.1 – Logo de MATLAB

4.3.1.1.1 Pourquoi opter pour MATLAB : MATLAB est le logiciel le plus accessible et le plus productif conçu pour les ingénieurs et les scientifiques. Pour vos tâches d'analyse de données, de développement d'algorithmes et de création de modèles, MATLAB vous fournit un environnement qui encourage l'exploration et la découverte. MATLAB associe un langage à haut niveau à un environnement bureau élaboré pour les flux de travail itératifs scientifiques et techniques. Nous avons donc utilisé Matlab 2019.

4.3.1.2 Android Studio

Android Studio est un environnement de développement pour développer des applications mobiles Android. Il est basé sur IntelliJ IDEA et utilise le moteur de production Gradle. Il peut être téléchargé sous les systèmes d'exploitation Windows, MacOs, Chrome OS et Linux . Android Studio permet principalement d'éditer les fichiers Java/Kotlin et les fichiers de configuration XML d'une application Android.



FIGURE 4.2 – Logo d'Android

Il propose entre autres des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser rapidement la mise en page des écrans sur des écrans de résolutions variées simultanément18, 19. Il intègre par ailleurs un émulateur permettant de faire tourner un système Android virtuel sur un ordinateur . donc nous avons donc utilisé Android Studio 3.6.0.

4.3.1.3 PhpMyAdmin

PhpMyAdmin (PMA) est une application Web de gestion pour les systèmes de gestion de base de données MySQL réalisée principalement en PHP et distribuée sous licence GNU GPL ,Il s'agit de l'une des plus célèbres interfaces pour gérer une base de données MySQL sur un serveur PHP. De nombreux hébergeurs, gratuits comme payants, le proposent ce qui évite à l'utilisateur d'avoir à l'installer.
Cette interface pratique permet d'exécuter, très facilement et sans grandes connaissances en bases de données, des requêtes comme les créations de table de données, insertions, mises à jour, suppressions et modifications de structure de la base de données, ainsi que l'attribution et la révocation de droits et l'import/export. Ce système permet de sauvegarder commodément une base de données sous forme de fichier SQL et d'y transférer ses données, même sans connaître SQL.
Les requêtes SQL restent possibles, ce qui permet de les tester interactivement lors de la création d'un site pour les utiliser ensuite en batch (c'est-à-dire en différé) une fois au pion.



FIGURE 4.3 – Logo de PhpMyAdmin

4.3.2 Matériel utilisés

L'apprentissage en profondeur est un domaine avec des exigences en calculs intenses et la disponibilité des ressources (surtout en GPU) dédiés à cette tache vont fondamentalement influencer sur l'expérience de l'utilisateur car sans ses ressources, il faudra trop de temps pour apprendre de ses erreurs ce qui peut être décourageant. Les expérimentations ont tous été effectuées sur une machine qui offre des performances acceptables dont voici les caractéristiques :

GPU	GeForce
RAM	8 Go

TABLE 4.1 – Matériel utilisés

4.4 Architecture

4.4.1 Quelques Architecture

• **LeNet :** Les premières applications réussies des réseaux convolutifs ont été développées par Yann LeCun dans les années 1990. Parmi ceux-ci, le plus connu est l'architecture LeNet utilisée pour lire les codes postaux, les chiffres, etc[42].

• **AlexNet :** Le premier travail qui a popularisé les réseaux convolutifs dans la vision par ordinateur était AlexNet, développé par Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever et Geoff Hinton. AlexNet a été soumis au défi ImageNet ILSVRC en 2012 et a nettement surpassé ses concurrents. Le réseau avait une architecture très similaire à LeNet, mais était plus profond, plus grand et comportait des couches convolutives empilées les unes sur les autres (auparavant, il était commun de ne disposer que d'une seule couche convolutifs toujours immédiatement suivie d'une couche de pooling).

• **ResNet :** Residual network développé par Kaiming He et al. A été le vainqueur d'ILSVRC 2015. Il présente des sauts de connexion et une forte utilisation de la batch normalisation. Il utilise aus-si le global AVG pooling au lieu du PMC à la fin [43].

• **ZFnet :** Le vainqueur de ILSVRC challenge 2013 était un réseau convolutif de Matthew Zeiler et Rob Fergus. Il est devenu ZFNet (abréviation de Zeiler et Fergus Net). C'était une amélioration d'AlexNet en ajustant les hyperparamètres de l'architecture, en particulier en élargissant la taille des couches convolutifs et en réduisant la taille du noyau sur la première couche [44].

• **GoogLeNet :** Le vainqueur de ILSVRC challenge 2014 était un réseau convolutif de Szegedy et al. De Google. Sa principale contribution a été le développement d'un module inception qui a considérablement réduit le nombre de paramètres dans le réseau (4M, par rapport à AlexNet avec 60M). En outre, ce module utilise le global AVG pooling au lieu du PMC à la fin des réseaux, ce qui élimine une grande quantité de paramètres. Il existe également plusieurs versions de GoogLeNet, parmi elles, Inception-v4 [45].

4.4.2 Le fonctionnement de l'architecture en général

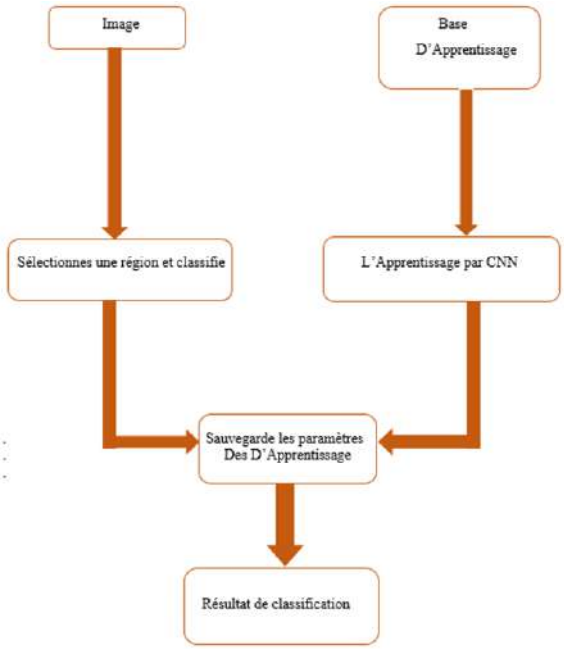


FIGURE 4.4 – Le schéma de fonctionnement de l'architecture en général

• Base d'apprentissage et apprentissage par CNN :

Lorsque nous commençons le processus de réglage précis, nous gelons toutes les couches CONV du réseau et ne permettons au dégradé que de se propager à travers les couches FC. Cela permet à notre réseau de se «réchauffer». À droite : une fois que les couches FC ont eu la Chance de se réchauffer, nous pouvons choisir de débloquer toutes les couches ou une partie de celles-ci plus tôt dans le réseau et permettre à chacune d'entre elles d'être également ajustées Les données de formation sont propagées en avant sur le réseau comme nous le ferions habituellement ; cependant, la rétro propagation est arrêtée après les couches FC, ce qui permet à ces couches de commencer à apprendre des motifs à partir des couches CONV hautement Discriminantes. Dans certains cas, nous pouvons décider de ne jamais débloquer le corps du réseau car notre Nouvelle tête FC peut obtenir une précision suffisante Cependant, pour certains jeux de données, il est souvent avantageux de permettre également aux Couches CONV d'origine d'être modifiées au cours du processus de réglage précis (figure4.4).

• Sauvegardé les paramétrées et sélectionnes un régions et résultat de classification :

Une fois que la tête FC a commencé à apprendre les modèles de notre jeu de données, nous pouvons suspendre l'entraînement, dégeler le corps et poursuivre l'entraînement, mais avec un

très petit taux d'apprentissage - nous ne voulons pas modifier nos filtres CONV .
La formation est ensuite autorisée à se poursuivre jusqu'à obtenir une précision suffisante . Le réglage précis est une méthode extrêmement puissante pour obtenir des classificateurs d'images sur vos propres ensembles de données personnalisés à partir de CNN préformés (et est encore plus puissant que l'apprentissage par transfert via l'extraction d'entités).

4.4.3 Architecture proposée

La classification des images a fait de grands progrès avec l'aide d'apprentissage en profondeur. CNN a une méthode populaire pour l'image classification. Il y a beaucoup de recherches sur différents CNN architecture pour améliorer ses performances. Les efforts comprennent modification en nombre de couches convolutives, nombre de filtres, taille de la fenêtre de foulée, taille du filtre, regroupement (max et moy), et en ajoutant le décrochage entre les couches.Nous avons donc proposé cette architecture :

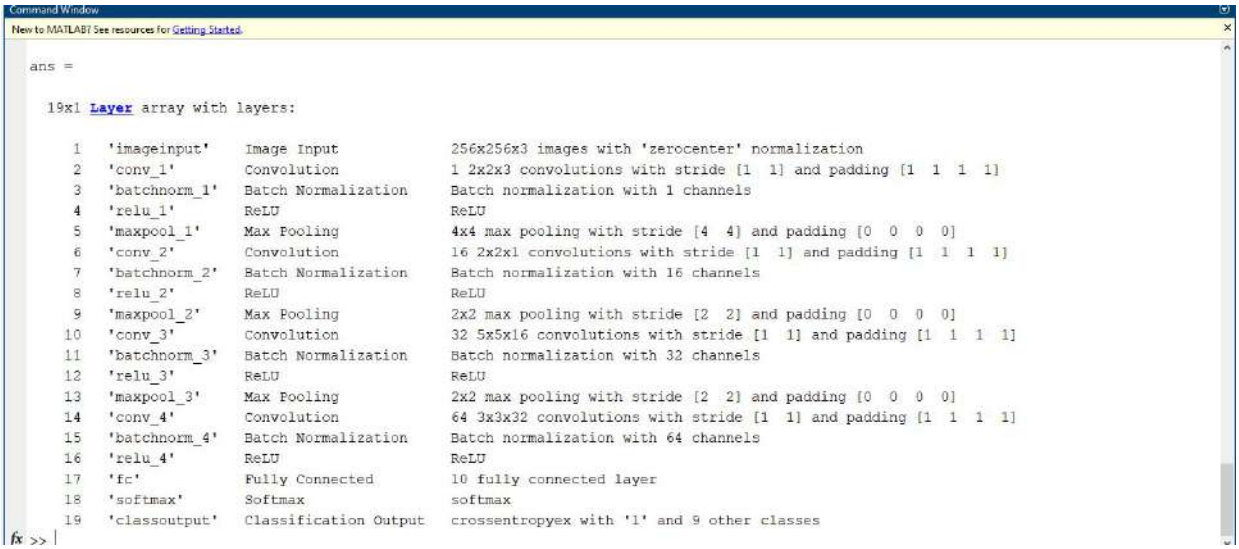


FIGURE 4.5 – Architecture proposée

4.5 Les Outils utilisés dans le processus de 'apprentissage et de classification et les résultats obtenus

4.5.1 la Base de données utilisée

Lorsque que l'on crée un modèle de réseaux de neurones convolutifs ou tout simplement quand on utilise un modèle déjà existant, nous devons entraîner ce modèle avec des données afin qu'il puisse apprendre et être capable de reconnaître un objet ou quelque chose en particulier. Pour cela on utilise une base de données contenant toutes nos images. Une partie de cette

base de données servira à entraîner le modèle CNN, c'est ce qu'on appelle «la base de données d'entraînement». La partie de la base de données restante sert pour évaluer le modèle, on l'appelle la «base de données de validation».

L'ensemble de données Plant Village est un dépôt ouvert qui contient 20639 images de 3 cultures et 15 types de maladies des légumes. De cet ensemble de données, seules des images de feuilles de tomate ont été extraites. La Figure 4.6 montres un exemple de chaque classe d'échantillon. Le nombre total d'images dans notre base de données est de 16 012, réparties en neuf maladies et une classe saine. Toutes les images utilisées dans cet ouvrage ont déjà été recadrés à 256*256*3.

Enfin, la base de données ont été séparées en deux ensembles, contenant les 2/3 des données de l'ensemble de l'entrainement et de l'ensemble 1/3 restant dans la série de tests.



FIGURE 4.6 – Exemple d'images de feuilles de tomates en couleur

Classes	**partie d'apprentissage**	**partie de test**
1- tomato target spot	940	472
2- tomato mosaic virus	248	126
3- tomato yellow leaf curl virus	2140	1069
4- tomato bacterial spot	1418	709
5- tomato early blight	667	333
6- tomato late blight	1275	635
7- tomato leaf mold	635	317
8- tomato septoria leaf spot	1181	590
9- tomato spider mites spotted spider mite	1118	558
10- healthy tomato	1062	530

TABLE 4.2 – les classes utilisées.

4.5.2 Le résultat d'apprentissage

Après avoir appliqué l'architecture à MATLAB, on ouvre le fichier learning.m en appuyant sur le bouton Run et sélectionne les images dans la base de données PlantVillage. Les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous :

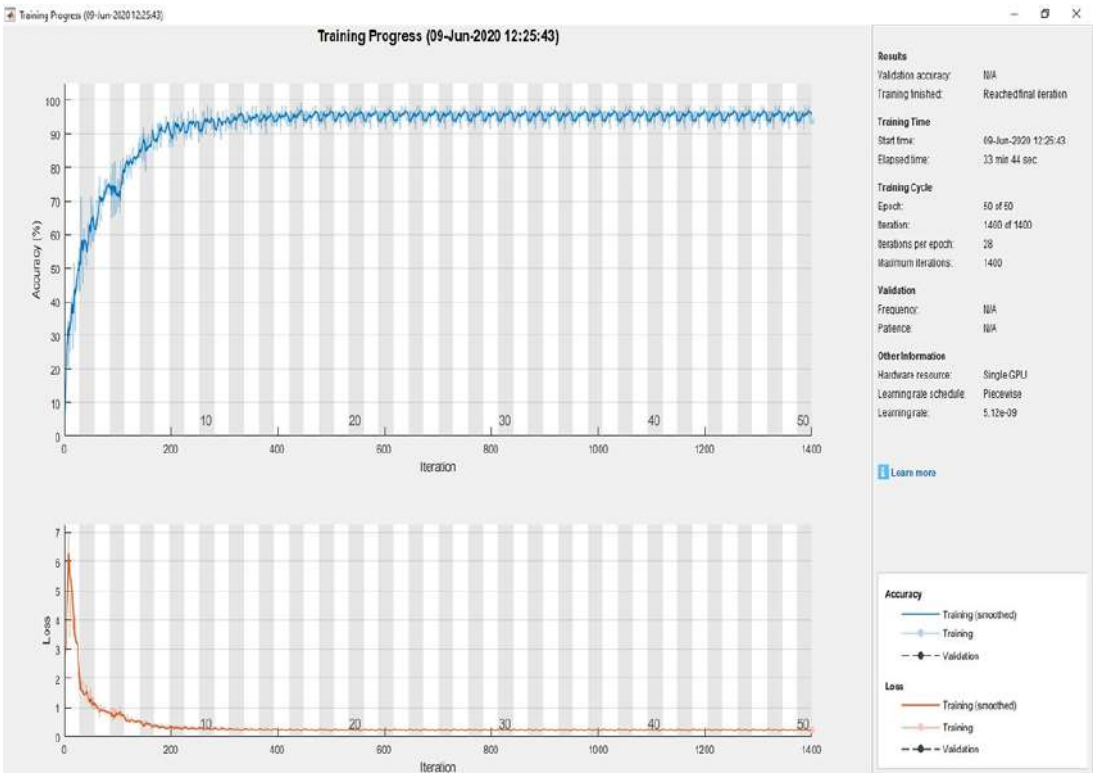


FIGURE 4.7 – Le Résultat d'apprentissage et le taux d'erreur

Nous pouvons voir sur la figure 4.7 que le pourcentage d'apprentissage est grand. Le taux d'apprentissage est de 97%. De plus, la perte de réseau se détériore de manière significative pendant la phase d'apprentissage, ce qui conduit à une classification précise, on note également une diminution du taux d'erreur due au haut niveau d'apprentissage ou il atteint 0,3%.Après l'étape de l'apprentissage, les paramètres sont sauvegardés, ces paramètres sont utilisés pour le test et la classification.

4.5.3 La Classification

Ici, le modèle de classification est utilisé pour calculer le score des classes en utilisant la fonction d'activation Soft-max. Les couches entièrement connectées fournissent une connexion complète à tous les problèmes de feature map des couches précédentes. Le modèle de classification permet une détection précise des maladies des feuilles de tomate avec un minimum d'effort de calcul.

Comme le montre la figure 4.8, un CNN est composé de trois parties principales, qui sont la convolution, la mise en commun et les couches entièrement connectées. Actuellement, le système proposé est composé de quatre couches de convolution et de trois couches de mise en commun. Les couches de convolution et de mise en commun agissent comme des extracteurs de caractéristiques des images d'entrée, tandis que la couche entièrement connectée enveloppe l'architecture CNN. Le but essentiel de la convolution est d'extraire automatiquement des caractéristiques de chaque image d'entrée. La couche de mise en commun réduit ensuite la dimensionnalité de ces caractéristiques. La fonction d'activation que le système proposé utilise est ReLU et Softmax . Softmax est un classificateur à la fin du réseau de neurones. À la fin du modèle, la couche entièrement connectée avec une fonction d'activation Softmax utilise les caractéristiques de haut niveau apprises pour classer les images d'entrée dans des classes prédéfinies qui sont target spot, early blight, leaf mold,ect.

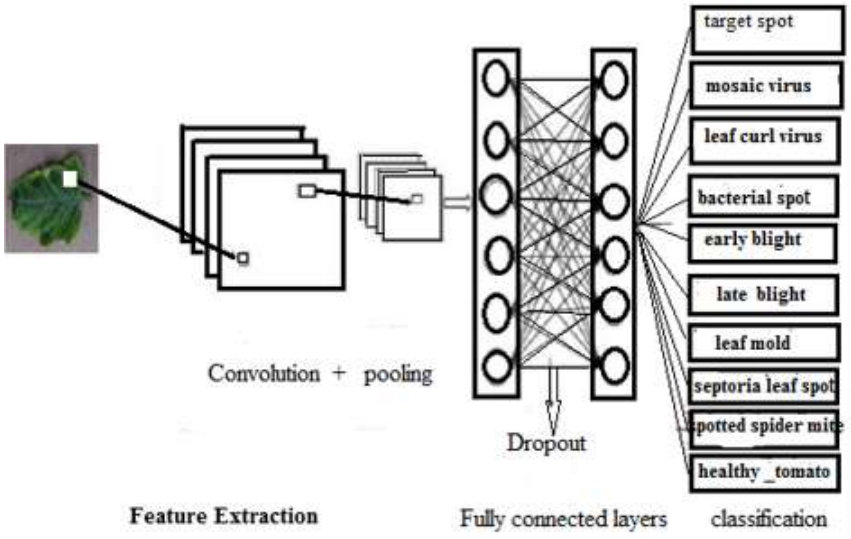


FIGURE 4.8 – Exemple de classification d'image

4.5.3.1 Test de classification sur Matlab

Pour effectuer le processus de Classification, nous ouvrons MATLAB et ouvrons le fichier classify.m. Ensuite, nous appuyons sur le bouton RUN. Nos fichiers apparaissent, nous appuyons sur le dossier DESEASE TYPE, et nous choisissons les plants de tomates que nous voulons classer en fonction du type de maladie qu'ils ont eu.

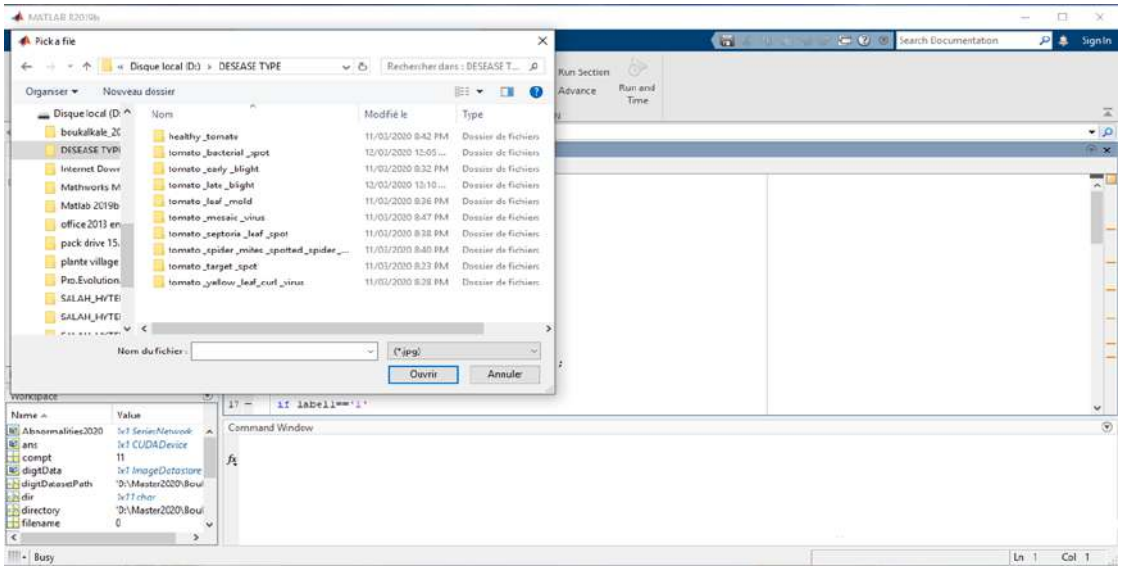


FIGURE 4.9 – Sélection d'images pour la classification

Après être entré dans l'image en T56, il nous donne le type de maladie qui a affligé notre plante comme le montre sur la figure 4.10.

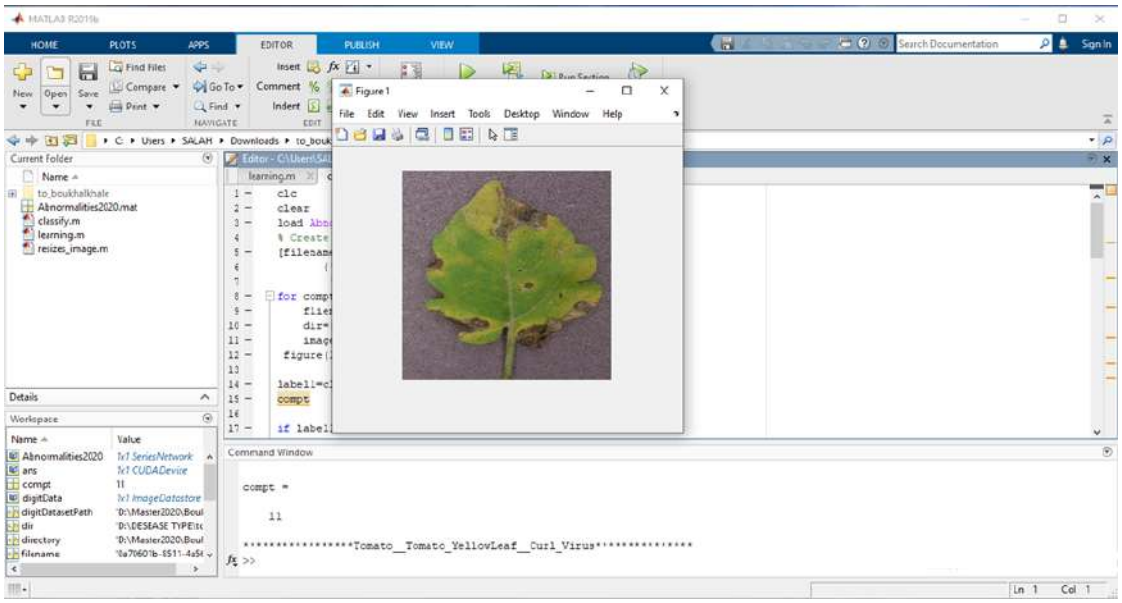


FIGURE 4.10 – Classification des images et identification des maladies

Le tableau ci-dessuos prouve que les résultats que nous représentions dans la figure 4.7 précédent étaient corrects (Le taux d'apprentissage était super).

les classes	Le nombre d'images testées	Le nombre d'images classées
1- tomato target spot	20	20
2- tomato mosaic virus	20	19
3- tomato yellow leaf curl virus	20	18
4- tomato bacterial spot	20	20
5- tomato early blight	20	20
6- tomato late blight	20	19
7- tomato leaf mold	20	20
8- tomato septoria leaf spot	20	19
9- tomato spider mites spotted spider mite	20	20
10- healthy tomato	20	19

TABLE 4.3 – l'efficacité de classification

4.6 Les outils utilisés dans l'application Android et l'application web

4.6.1 L'application Android

Après avoir terminé la partie d'apprentissage en profondeur, nous avons conçu une application Android qui capture des images et les envoie au serveur dont nous parlerons plus tard. Nous avons utilisé Android Studio comme environnement de développement pour développer notre application mobile Android. Nous avons également utilisé langage Java pour développer l'application Android.

Le langage Java reprend en grande partie la syntaxe du langage C++. Néanmoins, Java a été épuré des concepts les plus subtils du C++ et à la fois les plus déroutants, tels que les pointeurs et références, ou l'héritage multiple contourné par l'implémentation des interfaces, et même depuis la version 8, l'arrivée des interfaces fonctionnelles introduit l'héritage multiple (sans la gestion des attributs) avec ses avantages et inconvénients tels que l'héritage en diamant. Les concepteurs ont privilégié l'approche orientée objet de sorte qu'en Java, tout est objet à l'exception des types primitifs (nombres entiers, nombres à virgule flottante, etc.) qui ont cependant leurs variantes qui héritent de l'objet Object.



FIGURE 4.11 – Logo de Java

4.6.2 L'objectif de l'application

Parmi les objectifs de cette application et sa relation avec le deep learning, notre base de données est devenue énorme et contribue ainsi à accroître l'apprentissage dans notre architecture. Grâce aux photos prises et envoyées depuis l'application (photos de plants de tomates). Nous pouvons également bénéficier de l'application en connaissant le type de maladie qui a affecté notre plante, et il peut également vous conseiller sur la façon de devenir des plantes saines.

4.6.3 Les étapes pour créer l'application Android

Les étapes que nous avons suivies pour créer l'application sont les suivantes : Nous avons d'abord créé une nouvelle activité (My aplication) sur l'environnement de développement d'Android studio. C'est après avoir choisi la version Android 5.1. (Il s'agit d'assurer le plus grand nombre d'utilisateurs en pourcentage 97٪) et nous avons défini certains paramètres.
Notre environnement de développement Android Studio comprend deux parties :

• **Partie design (layout) :**Il contient trois fichiers XML qui contiennent des boutons et quelques informations que nous voulons afficher à l'écran mobile comme la figure 4.12 ci-dessous :

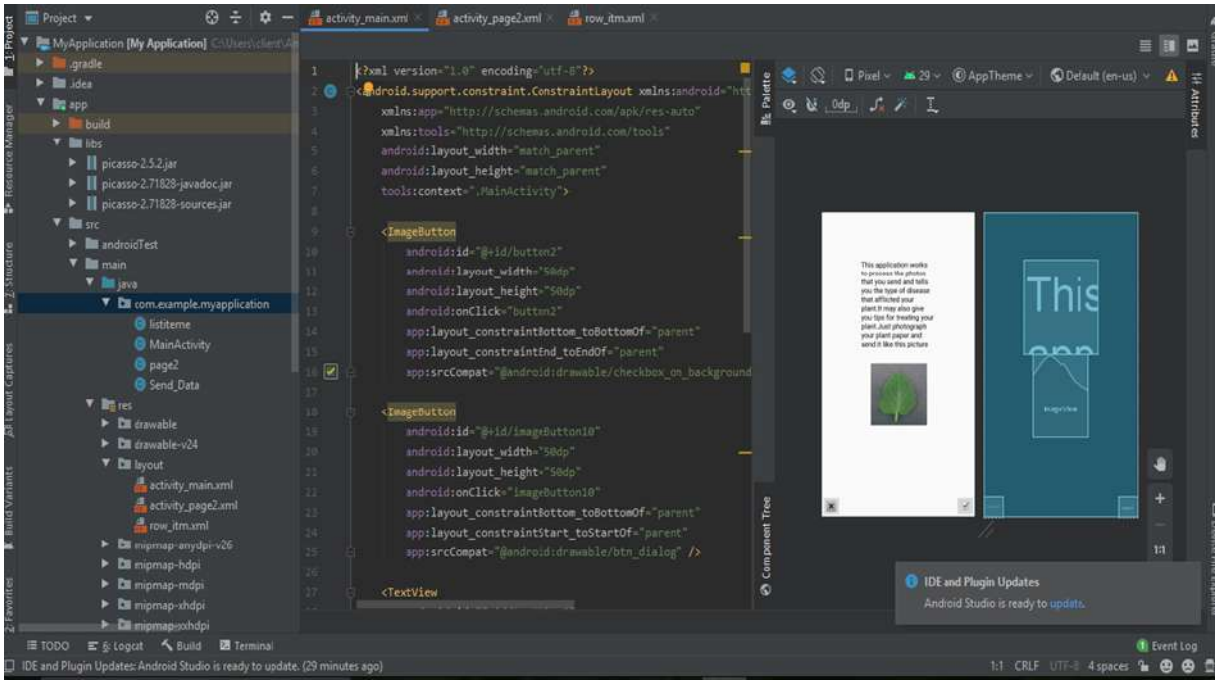


FIGURE 4.12 – Partie design (layout) d'Android

• **Partie programmation :** Partie programmation contient les quatre fichiers Java suivants :

— Fichiers Java (MainActivity.java) qui contient des codes de programmation pour se déplacer entre les pages.

— Fichiers Java (page2.java) qui est une base qui contient des codes de programmation pour naviguer entre les pages et pour prendre des photos et un point de lien entre les fichiers.

— Fichiers Java(Senddata.java) pour envoyer des données au serveur.

— Fichiers Java (listiteme.java) Pour recevoir des données du serveur.

— Fichiers (AndroidManifest) Il nous donne la permission d'accéder à certains paramètres du téléphone mobile.

La figure 4.13 ci-dessous montre la partie programmation d'Android :

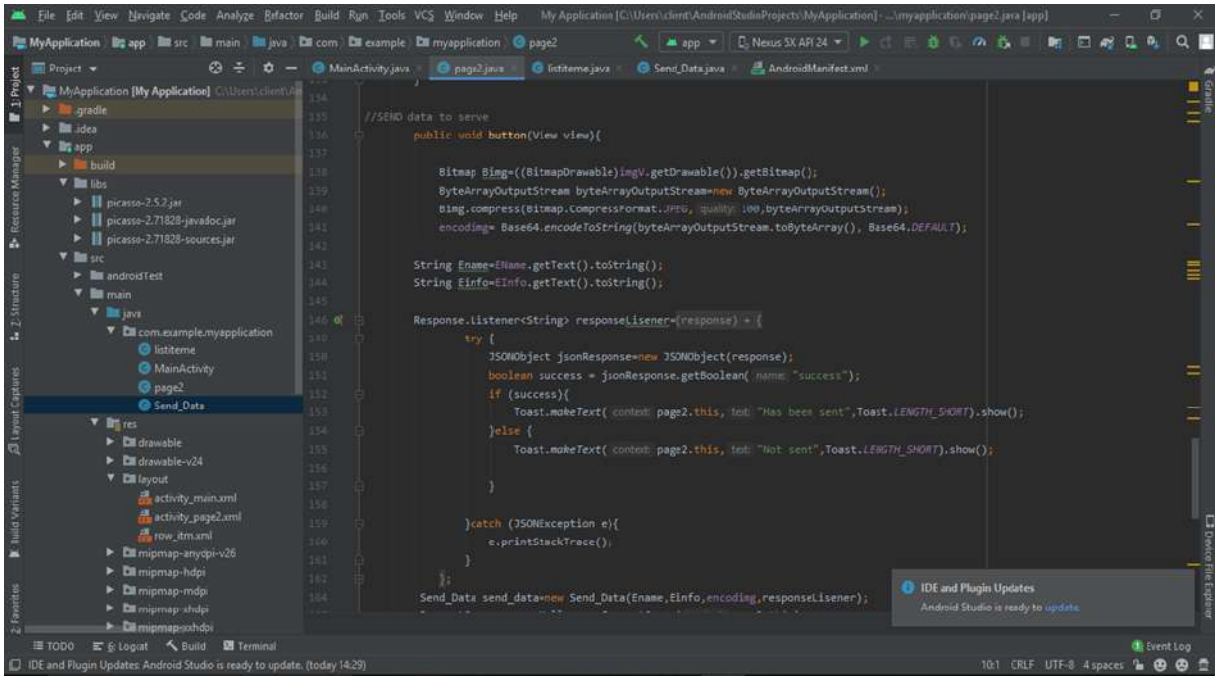


FIGURE 4.13 – Partie programmation d'Android

Enfin, nous avons nommé l'application my plant et nous l'avons essayée sur mobile comme la figure 4.14 ci-dessous :

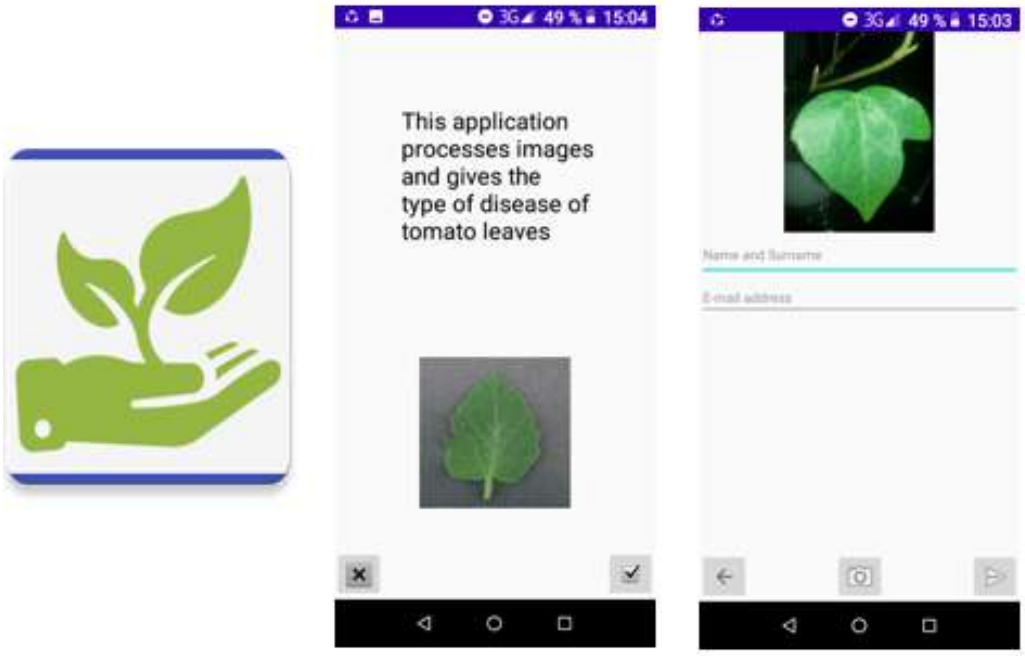


FIGURE 4.14 – Logo de première et deuxième page de l'application

4.7 L'application web

Après avoir terminé la partie application Android, nous avons créé un serveur et nous l'avons contrôlé via PhpMyAdmin , nous avons donc créé des tables pour recevoir les données envoyées par l'application Android.

4.7.1 La Communication entre le serveur et le mobile

Le mobile ne peut pas se connecter directement au serveur, il doit suivre les étapes suivantes comme indiqué dans la figure 4.15 ci-dessous.

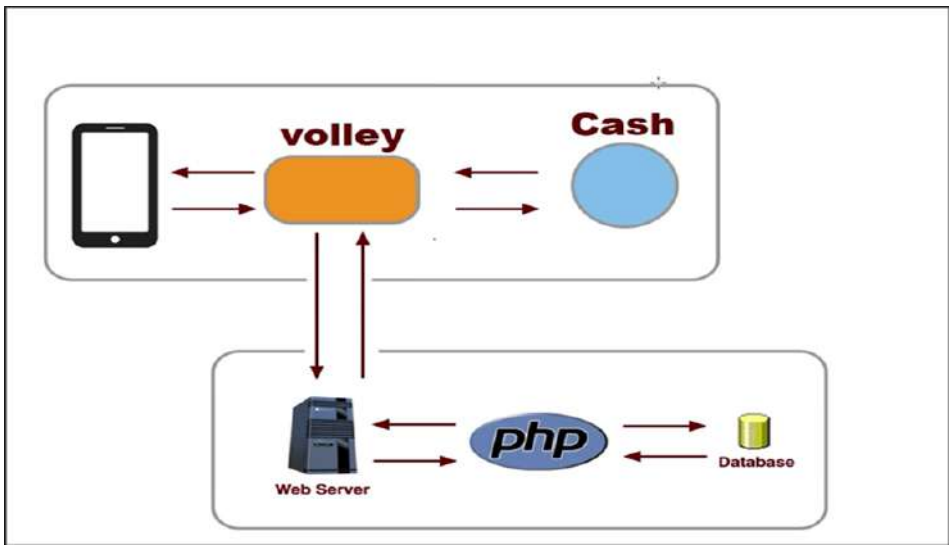


FIGURE 4.15 – Communication entre le serveur et le mobile

La bibliothèque Volley que nous avons utilisée dans l'application récupère les données de Cash et en l'absence de données dans Cash, Volley se connecte au serveur Web et le serveur Web récupère ou envoie des données de data base via PHP.

4.7.2 les étapes pour créer une application Web

Nous avons programmé sur PHP pour se connecter aux bases de données et afficher les données sur le serveur,nous avons utilisé trois fichiers dans PHP comme suit :
Le premier fichier (config. PHP) pour se connecter aux bases de données sur le serveur comme la figure 4.16 ci-dessous :



FIGURE 4.16 – fichier (config. PHP)

Le deuxième fichier (show. PHP) pour envoyées les données et les afficher sur l'application comme la figure 4.17 ci-dessous :

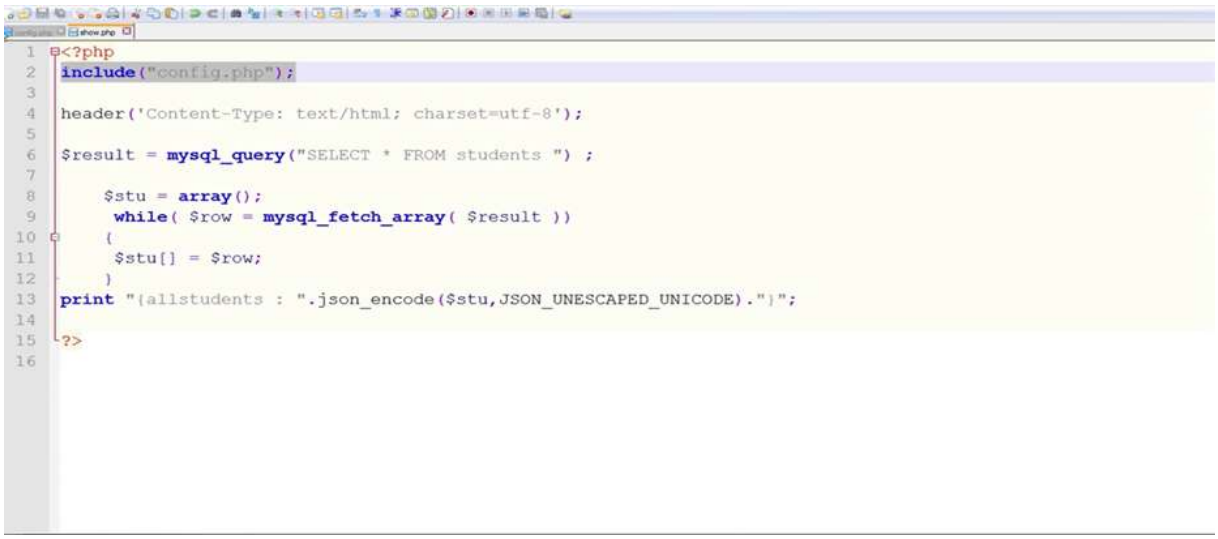


FIGURE 4.17 – fichier (show. PHP)

Le troisième fichier (send__data.PHP) de réception des données envoyées par l'application à un serveur comme la figure4.18 ci-dessous :



```php
$dt=date("Ymd");
$tm=date("his");

    $ename = $_POST["ename"];
    $einfo = $_POST["einfo"];
    $eimg = $_POST["img"];

    $rnd = rand(0, 5000);
    $imgname="img_".$dt.$tm.$rnd.".jpg";
    $decodimg = base64_decode("$eimg");
    file_put_contents("image/".$imgname,$deqodimg);

    $total_row = mysql_query("SELECT * FROM students");
    $old = mysql_num_rows( $total_row );

     mysql_query("INSERT INTO students( name,info,img)values ( '$ename','$einfo','$imgname' )");


    $total_row_new = mysql_query("SELECT * FROM students ");
    $new = mysql_num_rows( $total_row_new );

  if($new > $old ){
    $chack["success"] = true;
```

FIGURE 4.18 – le fichier (send__data.PHP)

Après avoir terminé l'application Web, nous aurons terminé cette partie, et ce que nous avons suggéré sera prêt.

4.8 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une approche de classification basée sur les réseaux de neurones convolutionnels, pour cela on a utilisé un modèle et on a montré les différents résultats obtenus en termes de précision et d'erreur, nous avons aussi créé une application IOT ce qui peut améliorer les performances de l'architecture.

Conclusion Générale

La classification d'images est une tâche importante dans le domaine de la vision par ordinateur, la reconnaissance d'objets et l'apprentissage automatique.
Grâce à l'apprentissage en profondeur (Deep Learning), L'avenir de l'intelligence artificielle dans le développement de grands et très rapides.
L'utilisation du l'apprentissage en profondeur en agriculture Inévitable dans le monde, grâce à la puissance des algorithmes informatiques Logiciel. Cette mémoire de fin d'études vise à tenter d'appliquer une architecture d'apprentissage en profondeur que nous avons proposées pour Détecter les maladies des feuilles de tomate et à utiliser l'application Android afin d'envoyer des photos de plants de tomates et c'est le moyen le plus simple de collecter de nombreuses données et informations suffisantes sur les maladies des plants de tomates et de les stocker sur le serveur et tous ces moyens sont connectés les uns aux autres grâce à l'Internet des Objets, pour réaliser notre travail de classification on a utilisé le deep Learning, la méthode d'apprentissage qui a montré ses performances ces dernières années et nous avons choisi la méthode CNN comme méthode de classification, ce choix est justifié par la simplicité et l'efficacité de la méthode.
Nous avons également utilisé l'application Android pour envoyer des images, pour une facilité d'utilisation et une disponibilité pour tous grâce à leur installation sur mobile, et recevoir des images sur le serveur, grâce auxquelles nous pouvons collecter un grand nombre de données pour améliorer l'architecture. Le résultat obtenu lors de la phase de test confirme l'efficacité de notre approche.

Bibliographie

[1] Stéphane Breton, Une approche neuronale du contrôle robotique utilisant la vision binoculaire par reconstruction tridimensionnelle, Thèse de Doctorat, Université de Haute-Alsace U.F.R des Sciences et Techniques, pages 21-28, 1999.

[2] C. Diltsm, Numérisez vos collections, RCIP Octobre.

[3] M.hadallah«Codage des images fixes par une méthode hybride basée sur la QV et les approximations fractales»PFE USTHB 1997.

[4] J.P. GastelluEtchegorry ,Acquisition Et Traitement d'image numerique ,Avril 2008.

[5] Sarah GHANDOUR "Segmentation d'images couleurs par morphologie mathématique : application aux images microscopiques". Thèse de doctorat,2010.

[6] D.Azerradj, D.Kessoum, "Application des contours actif géodésiques sur des séquences d'images". Mémoire d'ingéniorat. INI 2007.

[7] J.J.Rousselle, "Les contours actifs, une méthode de segmentation-Application à l'imagerie médicale", Thèse de doctorat, Université de Tours, 2003].

[8] J.Lecoeur, C.Barillot, "Segmentation d'images cérébrales ", Thème BIO - Systèmes biologiques, Projet VisAGeS Rapport de recherche n°6306 - version 3 - Juillet 2007

[9] A. Amraoui, W. Baghli, and B. Benmammar, "Amélioration de la fiabilité du lien sans fil pour un terminal radio cognitive mobile", Les 12èmes Journées Doctorales en Informatique et Réseaux (JDIR'11), Nov 2011, Belfort-Montbéliard, France. 2011.

[10] B. Benmammar, "Apprentissage automatique", rapport de recherche, p. 71.

[11] S.Orlhac, A.Magamadova et F.Albaux. "L'apprentissage automatique - TPE sur l'IA." Blog Google [Online]. Available : `https://sites.google.com/site/tpesurlia/accueil/iv-les-ia-dans-le-futur/dans-le-futur/la-philosophie-pour-les-ia` [Accessed : 08-Jun-2018].

[12] Al-albab and Y. Ouli, "Initiation à l'apprentissage automatique," p. 71.

[13] A. Schmitt and B. Le Blanc, "Les réseaux de neurones artificiels," vol. 13, 2016.

[14] N. P. Rougier, “Perceptron simple Perceptron multi-couches.”. Cours en ligne pour les Master 2 - Sciences cognitives, université de Bordeaux.

[15] L. Stanislas, "Exploration des réseaux de neurones à base d’autoencodeur dans le cadre de la Modélisation des données textuelles", thèse de doctorat, université de Sherbrooke, 2016.

[16] H. Tolgui, " Deep learning par reconnaissances du visage ", mémoire de master, université du Biskra, Algérie, 2018.

[17] Lionel Pibre, Marc Chaumont, Dino Ienco, and Jérôme Pasquet. Etude des réseaux de neurones sur la stéganalyse. InCORESA : Compression et Représentation des Signaux Audiovisuels, Nancy, France, May 2016.

[18] https://towardsdatascience.com/covolutional-neural-networkcb0883dd6529?\\fbclid=IwAR0UWoPkFYTEAqFitcR4fuuQUcNBvxV8ig1oJGZ3EhbRypu8Qf9pk9CXdy4

[19] https://tinyurl.com/y8byeqw4

[20] “Understanding LSTM Networks – colah’s blog.” [Online]. Available :http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/ [Accessed : 08-Jun-2018].

[21] J. W. Kim, “Classification with Deep Belief Networks.”

[22] A. Aragon, “SPEECH ACTIVITY DETECTION IMPLEMENTATION IN HEARING AIDS USING DEEP BELIEF NETWORK,” p. 52, 2017.

[23] Top 15 Deep Learning applications that will rule the world in 2018 and beyond, Vartul Mittal, 3 Oct 2017.

[24] Dave Evans L’Internet des objets « Comment l’évolution actuelle d’Internet transforme-t-elle le monde ? » Livre blanc Cisco 2011.

[25] M. Yacine CHALLAL « Sécurité de l’Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique » Au vu d’obtenir le diplôme d’Habilitation à Diriger des Recherches 2012.

[26] M. Han and H. Zhang, "Business intelligence architecture based on internet of things " Journal of Theoretical Applied Information Technology, vol. 50, no. 1, pp. 90-95, 2013.

[27] P.-J. Benghozi, S. Bureau, F. Massit-Folléa, C. Waroquiers, and S. Davidson, L’internet des objets : quels enjeux pour l’Europe, Éd. de la Maison des sciences de l’homme éd., 2009, 66 p.

[28] TALEB Omar, MANKOURI Abdelkrim « Programmation de la sécurité Internet des Objet,Etude de cas module WIFI Electric imp » l’université de tlemcen Mai 2016.

[29] Manar Jaradata et Al, The Internet of Energy : Smart Sensor Networks and Big Data Management for Smart Grid, memoire, Procedia Computer Science, 2015, .p 592-597.

[30] Saad EL JAOUHARI, Ahmed BOUABDALLAH et Jean-Marie BONNIN Institut Mines-Telecom/TELECOM Bretagne « La sécurité des objets connectés ».

[31] H. Ali, «implémentation d'un protocole d'élection d'un serveur d'authentification dans l'internet des objets,» Bejaïa, 2016/2017.

[32] Ooreka, «Technique et solution» [En ligne]. Available : `https://rfid.ooreka.fr/comprendre/systeme-rfid` .

[33] J. A. Stankovic, «Wireless sensor networks» vol. 41, n° ⁄110, pp. 92-95, 2008.

[34] S. Rabeb, «Modèle collaboratif pour l'Internet of Things (IoT),» Mai 2016

[35] J. Huang, F. Qian, Z. M. Mao, S. Sen, and O. Spatscheck, "Screen-off traffic characterization and optimization in 3G/4G networks," Proc. ACM SIGCOMM Internet Meas. Conf. IMC, pp. 357–363, 2012.

[36] Mr Hidjeb Ali « implémentation d'un protocole d'élection d'un serveur D'authentification dans l'internet des objets » Mémoire de fin de Cycle Master 2 Université Abderrahmane Mira de Bejaïa 2017.

[37] Mr : TIZZAOUI YOUVA « Internet des Objets « IoT » Application : Industrie 4.0, Mémoire fin d'Études en vue de l'obtention du diplôme master Télécommunication.

[38] Top 15 Most Popular IoT Platforms 2016- A Complete LIST. [en ligne]. Disponible sur : `http://iotfunda.com/top-15-popular-iot-platforms-2016-complete-list/`

[39] CAREY, Scott . COMPUTERWORLDUK. Best cloud IoT platforms. [en ligne]. Disponible sur : `https://www.computerworlduk.com/galleries/data/best-internet-of-thingsplatforms-3635185/`

[40] Benjamin Billet. Systeme de gestion de ux pour l'Internet des objets intelli-gents.PhD thesis, l'universite de Versailles Saint-Quentin-En-Yvelines, 2015.

[41] Gérôme Bovet, Hennebert Jean, "Communicating With Things - An Energy Consumption Analysis.", 2012.

[42] Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.

[43] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 770–778, 2016.

[44] M. D. Zeiler and R. Fergus, “Visualizing and understanding convolutional networks,” in European conference on computer vision, pp. 818–833, Springer, 2014.

[45] C. Szegedy, S. Ioffe, V. Vanhoucke, and A. Alemi, “Inception-v4, inception-resnet and the impact of residual connections on learning,” arXiv preprint arXiv :1602.07261, 2016.