

**THÈME :**

**DÉTECTION DES MALADIES OCULAIRES :  
CONCEPTION D'UNE APPLICATION  
D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE BASÉE  
SUR LE DEEP LEARNING**

Rapport de Stage en vue de l'obtention du :

**Bachelor en Intelligence Artificielle et Big Data**

Rédigé et soutenu par :

**WANANG KONGUEP Steve Junior**

Encadrant académique :

**M. ABDOURAMAN BOUBA Dalil**

Encadrant professionnel :

**M. DJOMGANG Brice**

**Année Académique 2022-2023**

## RESUMÉ

Au cœur de l'évolution numérique et médicale actuelle, la détection précoce des maladies oculaires revêt une importance cruciale pour préserver la santé visuelle. Cette étude s'inscrit dans cette perspective en proposant la conception d'une application innovante, reposant sur les avancées de l'intelligence artificielle basée sur le deep learning. Notre objectif est de fusionner l'expertise médicale avec les capacités de l'IA pour élaborer un outil de diagnostic avancé et efficace.

En entreprenant une recherche approfondie, nous avons constitué une base de données exhaustive comprenant une variété d'images oculaires, représentant un large éventail de maladies oculaires. En tirant parti de cette base, nous avons entraîné un modèle de deep learning à travers diverses architectures, permettant ainsi au système d'acquérir la capacité de détecter et de classifier avec précision différents problèmes oculaires tels que la dégénérescence maculaire, le glaucome, les rétinopathies et d'autres conditions.

Les résultats obtenus lors des phases de test et de validation sont prometteurs. Notre application d'intelligence artificielle a démontré une capacité impressionnante à identifier et à différencier les signes subtils associés aux maladies oculaires. En outre, nous avons pu affiner le modèle pour minimiser les faux positifs et les faux négatifs, renforçant ainsi la fiabilité des diagnostics fournis.

Cette étude ne se contente pas de fournir un outil technologique avancé, mais ouvre également des portes aux discussions sur l'éthique de l'utilisation de l'IA dans le domaine médical. Nous abordons des questions telles que la confidentialité des données des patients, la transparence des algorithmes et l'interaction humaine essentielle dans le processus de diagnostic.

En conclusion, cette recherche offre une contribution significative à la fois à la médecine ophtalmologique et à l'IA. Notre application représente une étape importante vers l'amélioration des soins de santé visuelle grâce à la synergie entre les connaissances médicales et les avancées technologiques de pointe.

**Mots clés** : cécité, cataracte, glaucome, , Machine Learning, Apprentissage supervisé, Réseaux de neurones, Réseaux de neurones convolutionnel, Classification.

## ABSTRACT

At the heart of the current digital and medical evolution, the early detection of eye diseases holds crucial significance in preserving visual health. This study aligns with this perspective by proposing the design of an innovative application, built upon advances in artificial intelligence based on deep learning. Our objective is to merge medical expertise with AI capabilities to craft an advanced and efficient diagnostic tool. Through thorough research, we compiled a comprehensive database encompassing a variety of ocular images, representing a wide spectrum of eye conditions. Leveraging this dataset, we trained a deep learning model across various architectures, enabling the system to acquire the ability to accurately detect and classify different eye issues such as macular degeneration, glaucoma, retinopathies, and other conditions. The results obtained during the testing and validation phases are promising. Our artificial intelligence application demonstrated an impressive capacity to identify and differentiate subtle signs associated with eye diseases. Additionally, we were able to refine the model to minimize false positives and false negatives, thereby enhancing the reliability of the diagnoses provided. This study doesn't just provide an advanced technological tool, but also opens avenues for discussions on the ethics of using AI in the medical domain. We delve into questions such as patient data privacy, algorithm transparency, and the essential human interaction in the diagnostic process. In conclusion, this research makes a substantial contribution to both ophthalmic medicine and AI. Our application signifies a significant step towards improving visual healthcare through the synergy of medical knowledge and cutting-edge technological advancements.

**Keywords:** blindness, cataract, glaucoma, diabetic retinopathy, Machine Learning, Supervised learning, Neural networks, Convolutional neural networks, Classification.

## SOMMAIRE

RESUMÉ.....	I
ABSTRACT .....	II
SOMMAIRE .....	III
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	IV
LISTE DES FIGURES .....	V
LISTE DES TABLEAUX .....	VI
INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. Contexte général de l'étude .....	2
2. Problématique de l'étude .....	2
3. Hypothèse de l'étude .....	3
4. Objectif de l'étude .....	3
5. Justification de l'Etude .....	4
CHAPITRE I : CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL.....	5
Introduction .....	5
1. Cadre théorique et état d'art .....	5
2. Historique .....	6
3. Cadre RÉglementaire .....	8
Conclusion.....	9
CHAPITRE II : Méthodologie De Recherche.....	10
Introduction .....	10
1. Nature de recherche.....	10
2. Variable de recherche .....	10
Instruments de recherche.....	13
Conclusion.....	15
CHAPITRE III : PRÉSENTATION DE PRINCE OPTIQUE ET DES DONNEES COLLECTEES ..	16
Introduction .....	16
1. Présentation de l'entreprise .....	16
2. Données collectées.....	19
Conclusion.....	20
CHAPITRE IV : ANALYSE DIAGNOSTIQUE DE LA SITUATION ET PROPOSITION	
D'INTERVENT .....	21
Introduction .....	21
2. Intervention proposée et justification .....	23
3. Objectifs de l'intervention - projet envisagé.....	23
4. Composante de l'intervention envisagée.....	23
I. Faisabilité .....	29
Conclusion.....	30
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	31
RÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES .....	32
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	33
TABLES DES MATIÈRES .....	34

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**IA** : Intelligence Artificielle

**ML**: Machine Learning

**OD**: Ocular Disease

**DL**: Deep Learning

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**API**: Application Programming Interface

**ReLU** : Unités Rectifié Linéaires

**CNN ou Conv** : Convolutional Neural Network, Réseau de neurones convolutif

**DMLA** : Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age

**ODIR** : Ocular Disease Intelligent Recognition

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Présentation de l'évolution des maladies oculaires .....	1
Figure 2: Algorithme de machine Learning .....	11
Figure 3: Intelligence Artificielle et ses Composants .....	12
Figure 4: Architecture d'un CN .....	13
Figure 5: Localisation de prince optique .....	17
Figure 6: Organigramme de l'entreprise .....	18
Figure 7: Tomographie .....	19
Figure 9: Présentation des maladies oculaires en Afrique .....	22
Figure 10: Création et optimisation du modèle .....	24
Figure 11: Structure du modèle .....	25
Figure 12: Résultat du modèle .....	26
Figure 13: Les epochs .....	27
Figure 14: Code pour la matrice de confusion .....	28
Figure 16: Fonction de prédiction .....	28

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Ressources logicielles.....	29
Tableau 2: Ressources matérielles.....	29

## INTRODUCTION GENERALE

Dans un monde en perpétuelle mutation numérique et médicale, la préservation de la santé visuelle devient primordiale. Face à cela, ce mémoire se concentre sur la création d'une application basée sur l'intelligence artificielle et le deep learning pour détecter efficacement les maladies oculaires.

L'intégration de l'intelligence artificielle dans le domaine ophtalmologique offre une approche novatrice pour la détection précoce des affections oculaires. Ce mémoire explore en profondeur la conception de cette application qui fusionne l'expertise médicale avec les capacités de l'IA, en utilisant des modèles de deep learning pour identifier des signes subtils de maladies à partir de données d'images oculaires.

Ce travail vise à créer un outil diagnostique avancé, mais aborde également les enjeux éthiques liés à l'utilisation de l'IA en médecine. En combinant la médecine et la technologie, cette étude offre des aperçus précieux pour des soins oculaires plus efficaces et personnalisés.

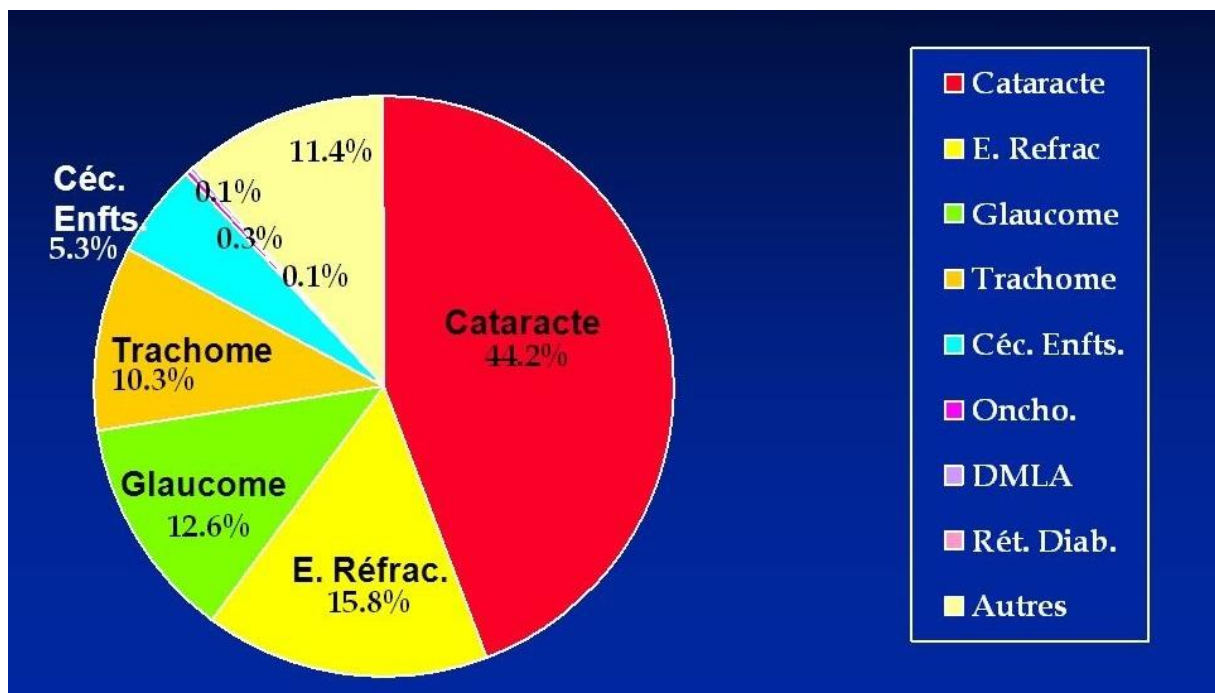


Figure 1: Présentation de l'évolution des maladies oculaires

## **1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE**

Le Cameroun est un pays d'Afrique centrale qui compte environ 27 millions d'habitants. Parmi eux, environ 1,2 million souffrent d'une déficience visuelle ou d'une cécité, ce qui représente un taux de prévalence de 4,6 %. Les principales causes de déficience visuelle et de cécité sont la cataracte, le glaucome, la rétinopathie diabétique et la dégénérescence maculaire liée à l'âge.

La cataracte est une opacification du cristallin de l'œil, qui entraîne une diminution progressive de la vision. Elle est responsable de 50 % des cas de cécité au Cameroun. Elle peut être traitée par une intervention chirurgicale qui consiste à remplacer le cristallin opacifié par un implant artificiel. Cependant, le manque d'accès aux soins, le coût élevé de l'opération et la pénurie de personnel qualifié limitent la prise en charge de cette affection.

Le glaucome est une augmentation anormale de la pression intraoculaire, qui endommage progressivement le nerf optique et entraîne une perte irréversible du champ visuel. Il est responsable de 15 % des cas de cécité au Cameroun. Il peut être traité par des médicaments, des lasers ou une chirurgie qui visent à réduire la pression intraoculaire. Cependant, le glaucome est souvent asymptomatique et dépisté tardivement, ce qui réduit les chances de préserver la vision.

La dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) est une dégénérescence progressive de la macula, la zone centrale de la rétine responsable de la vision fine et des couleurs. Elle entraîne une baisse de l'acuité visuelle et une distorsion des images. Elle est responsable de 5 % des cas de cécité au Cameroun. Elle peut être ralentie par des compléments alimentaires ou traitée par des injections intraoculaires ou une thérapie photo dynamique qui visent à limiter ou à réduire les lésions maculaires.

## **2. PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE**

### **a. Présentation du problème**

Avec l'augmentation des maladies oculaires et la demande croissante de soins de santé ophtalmologiques, il devient impératif de développer des solutions de dépistage efficaces et précoces. Cependant, les méthodes traditionnelles de diagnostic nécessitent souvent du temps et des ressources considérables.

Le défi principal réside dans la création d'une application d'intelligence artificielle qui utilise le deep learning pour analyser des données d'imagerie oculaire, telles que des scans de rétine ou

des images de la cornée, afin de détecter automatiquement un large éventail de maladies oculaires.

#### **b. Problème général**

De ce qui précède, il convient de se poser la question suivante : Peut-on utiliser les techniques de l'intelligence artificielle pour permettre un meilleur dépistage des maladies oculaires ?

#### **c. Problèmes spécifiques**

Cette interrogation principale appelle une préoccupations subsidiaires ci-dessous :

- L'apprentissage en profondeur appliqués à des images de tomographie ou de radiographie nous permet-il d'améliorer, d'accélérer et de rendre un diagnostic précis ? Si oui quels sont les résultats obtenus ?

### **3. HYPOTHÈSE DE L'ÉTUDE**

#### **a. Hypothèse générale**

Dans le cadre de notre étude, nous posons l'hypothèse selon laquelle l'application des méthodes de l'intelligence Artificielle pourrait nous permettre de lutter contre les déficiences visuelles, soit par la prédiction des statistiques des maladies oculaires, soit à travers la Reconnaissance de ces déficiences-là.

#### **b. Hypothèses spécifiques**

Cette hypothèse générale peut nous conduire aux deux sous hypothèses suivantes :

- L'analyse des images médicales comme la tomographie de manière plus précise et rapide que les humains à l'aide de l'Intelligence Artificielle pourrait permettre la détection précoce des maladies oculaires.

### **4. OBJECTIF DE L'ÉTUDE**

#### **a. Objectif général l'étude**

L'objectif de cette étude est de montrer l'importance de l'application de l'Intelligence Artificielle dans la lutte contre les maladies oculaires.

## **b. Objectif Spécifique de l'étude**

L'objectif spécifique de cette recherche est de : Concevoir un modèle de classification d'image afin de détecter si une personne est atteinte ou non par de déficience visuel. Evaluer et optimiser les résultats.

### **5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE**

Prédire les nouveaux cas de déficience visuel à court, moyen et long terme permet aux autorités sanitaires d'instaurer des mesures préventives contre les impacts sur la santé publique et d'éviter des situations dramatiques similaires à celles rencontrées lors de pénuries médicales. Le diagnostic assisté par ordinateur est désormais un sujet de recherche essentiel dans l'analyse des images médicales et les diagnostics cliniques.

Les réseaux de neurones profonds ont connu des avancées notables dans l'identification d'anomalies, la segmentation sémantique et la classification d'images en matière de détection du OD. Les déficiences visuelles présentent des caractéristiques distinctes à l'imagerie, qui, bien que détectables par un ophtalmologue, restent une tâche exigeante, pouvant conduire à des erreurs humaines. De plus, le temps nécessaire pour analyser le grand volume d'images peut être conséquent, d'où l'importance d'éviter toute confusion avec d'autres cas de cécité.

### **6. PLAN DU MÉMOIRE**

Outre l'introduction et la conclusion, cette étude se divise en quatre chapitres.

- Le premier aborde le contexte conceptuel et théorique.
- Le second décrit les méthodes employées pour le projet, incluant une définition des termes essentiels afin d'être dans un même esprit avec nos lecteurs et une présentation des données et outils.
- Le troisième chapitre détaille l'entreprise où le stage a eu lieu et les informations recueillies.
- Le dernier chapitre enfin expose les algorithmes développés et leurs retombées.

# CHAPITRE I : CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL

## INTRODUCTION

Toute recherche conceptuelle, aussi originale soit-elle, est liée au contexte de sa signification. La discipline qu'est l'intelligence artificielle est aujourd'hui largement utilisée dans le domaine de la médecine. Après l'apparition de la pandémie de nombreux auteurs se sont tournés vers elle pour trouver des solutions. L'objet de ce chapitre est d'une part, de mettre en exergue les résultats des chercheurs qui ont d'une manière ou d'une autre abordé le problème de l'application de l'intelligence artificielle dans la lutte contre les maladies oculaires et d'autre part présenter l'historique de l'intelligence artificielle et son insertion dans le domaine de la médecine.

### 1. CADRE THÉORIQUE ET ÉTAT D'ART

L'Intelligence Artificielle (IA) est un domaine de recherche multidisciplinaire qui vise à créer des systèmes informatiques capables de simuler l'intelligence humaine. Elle a émergé en tant que discipline académique dans les années 1950, lorsque des chercheurs ont commencé à utiliser des machines pour simuler le raisonnement humain. L'IA a progressé lentement pendant plusieurs décennies, mais a commencé à prendre de l'ampleur à partir des années 1990 avec le développement d'algorithmes de Machine Learning plus sophistiqués et le progrès des technologies de l'information. En 2020, elle subit une constante évolution avec des avancées significatives dans des domaines comme la génération de texte, les systèmes de recommandations personnalisés, la reconnaissance faciale, et plus encore.

L'IA repose sur plusieurs disciplines telles que l'informatique. Elle est constituée de plusieurs sous-domaines notamment

- Le traitement du langage naturel
- La robotique
- La vision par ordinateur
- L'Intelligence Artificielle générale
- L'apprentissage automatique

L'Intelligence Artificielle a été introduite dans le domaine de la médecine dans les années

1970, initialement pour aider à l'interprétation des images médicales. Depuis lors, son application s'est étendue à de nombreux autres domaines, tels que la prédiction des maladies, l'aide au diagnostic, la personnalisation des traitements et l'amélioration de l'efficacité des soins de santé.

Dans le domaine de la santé, l'Intelligence Artificielle comprend des systèmes d'apprentissage profond pour l'interprétation des images médicales, des algorithmes de prédiction pour anticiper l'évolution des maladies, et des systèmes d'aide à la décision pour aider les cliniciens à choisir les meilleurs traitements. Ces technologies ont été validées par des études cliniques et sont de plus en plus utilisées dans la pratique médicale. Même si L'IA n'a pas découvert les maladies oculaires à proprement parler, car les maladies étaient déjà connues bien avant son arrivée, elle est maintenant utilisée de manière significative dans le domaine de la médecine pour aider à la détection et au diagnostic des déficiences visuelles.

Il y a eu de nombreuses recherches sur la détection des maladies oculaires grâce à l'intelligence artificielle (IA). Par exemple, DeepMind, une filiale de Google spécialisée dans l'IA, a travaillé avec un hôpital ophtalmique pour entraîner ses algorithmes à détecter des maladies oculaires. Le logiciel peut désormais identifier une cinquantaine de maladies avec la précision d'un médecin spécialiste.

Il existe également des start-ups qui ont développé des solutions innovantes pour la détection des maladies oculaires grâce à l'IA. Par exemple, OphtAI est une entreprise française qui a développé une technologie de détection en ligne et augmentée par IA des maladies oculaires. Leur technologie vise à révolutionner le dépistage des maladies oculaires et à aider à faire face au manque d'ophtalmologues.

Une autre entreprise, IRIS et Diagnose, a lancé IRIS-IA, une solution d'IA innovante pour le dépistage des maladies oculaires. Cette technologie utilise l'IA pour analyser les images rétiniennes prises lors de rendez-vous en clinique d'optométrie et permet une détection plus précise et plus rapide de différentes maladies oculaires.

Ces avancées dans la recherche sur la détection des maladies oculaires grâce à l'IA ont le potentiel d'améliorer considérablement les soins oculaires en permettant un diagnostic précoce et une prise en charge plus efficace des maladies oculaires. Les progrès continuent.

## **2. HISTORIQUE**

L'intelligence artificielle est une branche de l'informatique qui permet aux systèmes d'apprendre et d'exécuter des tâches normalement associées à l'intelligence humaine, telles que

la reconnaissance vocale, la prise de décisions ou la perception visuelle. L'histoire de l'intelligence artificielle débute en 1943, avec la publication de l'article « A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity. » par Warren McCullough et Walter Pitts. Dans ce document, les scientifiques présentent le premier modèle mathématique pour la création d'un réseau de neurones. Le premier ordinateur à réseau de neurones, Snarc, sera créé en 1950 par deux étudiants de Harvard : Marvin Minsky et Dean Edmonds. La même année, Alan Turing publie le Turing Test qui sert encore aujourd'hui à évaluer les IA.

En 1952, Arthur Samuel crée un logiciel capable d'apprendre à jouer aux échecs de manière autonome. Le terme d'intelligence artificielle est prononcé pour la première fois durant la conférence « Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. » de John McCarthy en 1956. Lors de cet événement, les chercheurs présentent les objectifs et la vision de l'IA. Beaucoup considèrent cette conférence comme la véritable naissance de l'intelligence artificielle telle qu'elle est connue aujourd'hui. En 1959, Arthur Samuel invente le terme de Machine Learning en travaillant chez IBM. De leur côté, John McCarthy et Marvin Minsky fondent le MIT Artificial Intelligence Project. En 1963, John McCarthy crée aussi le « AI Lab » de l'université de Stanford. Le Japon et les États-Unis investissent massivement dans la recherche en IA. Les entreprises dépensent plus d'un milliard de dollars par an dans les systèmes experts et l'industrie se développe. Malheureusement, le marché des machines « Lisp » s'effondre en 1987 face à l'apparition d'alternatives moins onéreuses. C'est le « deuxième hiver de l'IA ». Les entreprises perdent leur intérêt pour les systèmes experts. Les gouvernements américains et japonais abandonnent leurs projets de recherche, et des milliards de dollars ont été dépensés pour rien. Dix ans plus tard, les avancées technologiques permettent un renouveau de l'intelligence artificielle.

En 2008, Google réalise de formidables progrès dans le domaine de la reconnaissance de discours et lance cette fonctionnalité dans ses applications pour smartphones. En 2012, Andrew Ng nourrit un réseau de neurones à l'aide de 10 millions de vidéos YouTube en guise d'ensemble de données d'entraînement. Grâce au Deep Learning, ce réseau de neurones apprend à reconnaître un chat sans qu'on lui ait appris ce qu'est un chat. C'est le début d'une ère nouvelle pour le Deep Learning. Nouvelle victoire de l'IA sur l'Homme en 2016, avec la victoire du système AlphaGo de Google DeepMind sur Lee Sedol, le champion de jeu de Go. L'intelligence artificielle conquiert aussi le domaine du jeu vidéo, avec notamment DeepMind AlphaStar sur Star Craft ou OpenAI Five sur Dota 2. Le Deep Learning et le Machine Learning sont désormais utilisés par les entreprises de toutes les industries,

pour une multitude d'applications. L'IA ne cesse de progresser et surprendre par ses performances. Le rêve d'une intelligence artificielle générale se rapproche de plus en plus de la réalité.

Les concepts, techniques et outils de l'intelligence artificielle sont utilisés dans les applications médicales depuis plus de quatre décennies. L'utilisation de l'IA a été développée dans la perspective d'améliorer les soins en aidant les professionnels de la santé à améliorer leur efficacité, leur productivité et leur constance dans la qualité des soins apportés aux patients. L'amélioration de la précision et de l'efficacité des techniques d'IA n'a cessé de s'accroître et de s'intégrer dans les outils destinés à aider les soignants confrontés à des problèmes de plus en plus complexes. Les progrès technologiques ont contribué à rendre disponibles des algorithmes et ont permis l'adoption de l'IA pour de nombreuses applications médicales. Ces algorithmes d'IA ont été appliqués avec succès et couvrent un large éventail de domaines de la médecine. Ils concernent des applications médicales traditionnelles comme l'aide au diagnostic, à la décision thérapeutique et à l'imagerie médicale. Historiquement, l'idée que les ordinateurs pourraient aider à évaluer les probabilités diagnostiques alternatives n'est pas neuve et remonte aux années 1960. Les premières applications ont vu le jour concrètement au début des années 1970 en réponse à l'augmentation de la demande de services médicaux de qualité et à l'accroissement des connaissances médicales. Pour exemple, les premiers travaux sur les applications médicales de l'IA, portaient sur le diagnostic automatisé du dysfonctionnement thyroïdien

Ainsi, tous les secteurs d'activité ont été pratiquement envahis par l'IA, à savoir le transport, la santé, l'industrie manufacturière, la finance, les assurances, l'agriculture, les énergies classiques et renouvelables, la distribution, les médias, la justice, le tourisme, l'éducation, les services publics, la défense et les renseignements.

### **3. CADRE RÉGLEMENTAIRE**

L'Intelligence Artificielle est un domaine complexe et en évolution constante, qui varie grandement d'un pays à l'autre. Il est également en cours d'élaboration, car les gouvernements du monde entier cherchent à trouver un équilibre entre la promotion de l'innovation technologique et la protection des droits individuels et de la sécurité publique.

Au Cameroun, il n'existe pour l'heure aucune législation conçue pour réglementer l'utilisation de l'IA. Au contraire, les systèmes d'IA sont régulés par d'autres réglementations existantes mais non spécifiques. Cela inclut les lois sur la protection des données. Par exemple,

les dispositions légales sur la protection des données se trouvent dans plusieurs lois. Comme les lois spécifiques sur la protection des données n'ont pas encore été adoptées, il est difficile pour les utilisateurs de contrôler l'utilisation de leurs données. La législation applicable couvre principalement les données de communication électronique, tandis que d'autres industries traitent quotidiennement des données personnelles.

L'Article 61 de la loi sur la cybersécurité prévoit un certain nombre de sanctions en cas de violation des données. En outre, l'article 74 de la loi sur la cybersécurité prévoit une peine d'emprisonnement d'un à deux ans et une amende de 1000000 XAF (environ 1500 €) à 5000000 (environ 7600 €) à quiconque porte atteinte à la vie privée d'autrui en fixant, enregistrant ou transmettant, sans le consentement de l'auteur, des données électroniques à caractère privé ou confidentiel. Il n'existe aucune disposition spécifique imposant des limites aux transferts de données. Lorsqu'un règlement à l'amiable ne peut être trouvé entre les parties concernées, les parties doivent se référer à l'ANTIC. Si la décision rendue par l'ANTIC n'est pas satisfaisante, les parties peuvent alors demander réparation devant les tribunaux, article rédigé par Danielle Moukouri, Managing Partner du cabinet camerounais membre Loi Moukouri.

Il est important de noter que la réglementation de l'IA est un domaine en évolution rapide et que de nombreux pays travaillent actuellement à l'élaboration de leurs propres cadres réglementaires pour l'IA. En outre, il existe des discussions internationales sur la création de normes mondiales pour la réglementation de l'IA.

## CONCLUSION

A travers ce premier chapitre, il a été question de parler de long en large de l'intelligence artificielle et de son introduction dans le domaine de la médecine ; et aussi de s'imprégner des résultats des travaux déjà réalisés pour l'éclaircissement de notre sujet. Pour ce fait nous avons fait recours à des articles portant sur la lutte contre les maladies oculaires. Dans le chapitre suivant nous présenterons de façon détaillées les procédures méthodologiques utilisées dans le travail après avoir présenté la nature de la recherche effectuée.

## CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

### INTRODUCTION

Tout travail scientifique demande l'emploi de méthodologies et techniques afin d'obtenir un résultat précis et efficace, en adéquation avec le sujet de l'étude. On peut définir la méthodologie comme l'ensemble de procédures, règles et méthodes qui facilitent le choix d'outils statistiques appropriés pour l'analyse de données.

Elle donne la possibilité à l'analyste de vérifier la qualité de ses travaux et d'atteindre ses buts. Dans ce contexte, nous avons utilisé diverses techniques et méthodes pour parvenir au résultat souhaité. Ce chapitre débute par la présentation de l'essence de notre recherche et des variables liées à notre questionnement. Par la suite, nous introduirons certains concepts liés à notre travail, tels que la modélisation, l'apprentissage profond (Deep Learning), et les méthodes d'intelligence artificielle. Finalement, nous mentionnerons non seulement les méthodes et techniques employées pour effectuer cette recherche, mais également les outils utilisés.

#### 1. NATURE DE RECHERCHE

Cette étude adopte une approche de recherche appliquée pour résoudre la détection précoce des maladies oculaires via une application d'intelligence artificielle basée sur le deep learning. La recherche se concentre sur la fusion de l'IA et de la médecine pour une application bénéfique aux patients et aux professionnels de la santé. Une méthodologie itérative sera utilisée, incluant la collecte de données, le développement de modèles et une évaluation continue. L'objectif est de combiner théorie et pratique en offrant une solution novatrice pour la détection de maladies oculaires tout en surmontant les défis médicaux spécifiques.

#### 2. VARIABLE DE RECHERCHE

Les variables utilisées pour la réalisation pour la réalisation de cette recherche sont les images de tomographies.

##### a. Définition conceptuelle

Un **modèle informatique** est une représentation mathématique ou algorithmique qui imite une certaine tâche ou un certain comportement. Il est construit à partir d'un ensemble de règles,

d'équations, ou en utilisant des données d'apprentissage dans le cas de l'apprentissage automatique.

**Machine Learning (apprentissage automatique)** : est un sous-domaine de l'intelligence artificielle. Il se focalise sur la conception de systèmes qui peuvent apprendre de l'expérience, c'est-à-dire des données.

Le but de l'apprentissage automatique est de permettre aux machines d'apprendre automatiquement sans intervention humaine ou programmation explicite. Les algorithmes d'apprentissage automatique s'améliorent avec l'expérience, c'est-à-dire avec l'exposition à davantage de données au fil du temps.

Les algorithmes d'apprentissage peuvent se catégoriser selon le mode d'apprentissage qu'ils emploient. La figure suivante (figure 1) montre la classification des différents algorithmes du Machine Learning.

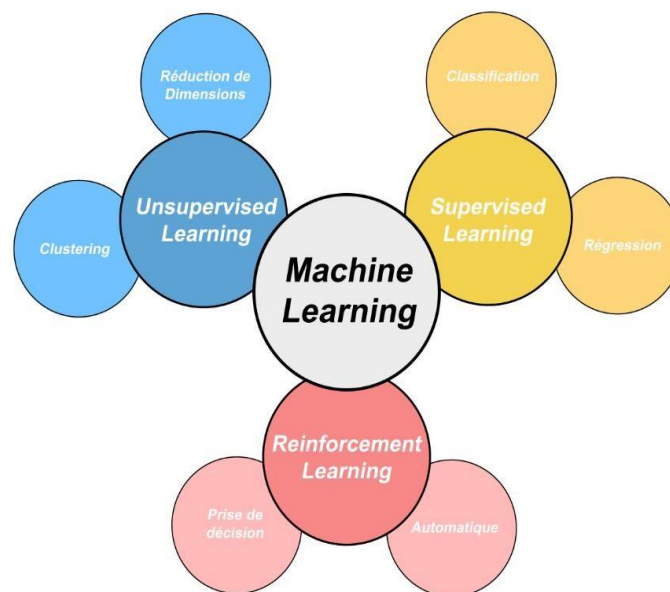


Figure 2: Algorithme de machine Learning

On peut réorganiser les concepts en trois catégories d'algorithmes pour l'apprentissage automatique :

- **L'apprentissage supervisé** est un procédé où un modèle est formé en utilisant des données pré-annotées pour prédire des résultats. On divise cela en deux parties : la régression pour prédire des valeurs quantitatives, et la classification pour prédire des valeurs qualitatives.
- **L'apprentissage non supervisé** se base sur des données non labellisées, son objectif est de révéler les structures inconnues dans ces données. Malgré son imprévisibilité et

l'impossibilité de mesurer son succès de manière certaine, il offre la capacité de résoudre des problèmes plus complexes comparé à l'apprentissage supervisé.

- **L'apprentissage par renforcement** est une approche où l'algorithme apprend de ses actions en fonction de leur impact sur l'environnement. Le Q-Learning est un exemple typique de cet apprentissage.

Enfin, il y a le **Deep Learning** consiste en des techniques d'apprentissage automatique qui visent à représenter des données à un niveau d'abstraction élevé à travers des séquences de transformations non linéaires.

Ces méthodes ont conduit à des avancées notables, notamment dans l'analyse sonore et visuelle, la reconnaissance faciale, la reconnaissance vocale, la vision par ordinateur et le traitement automatique du langage.

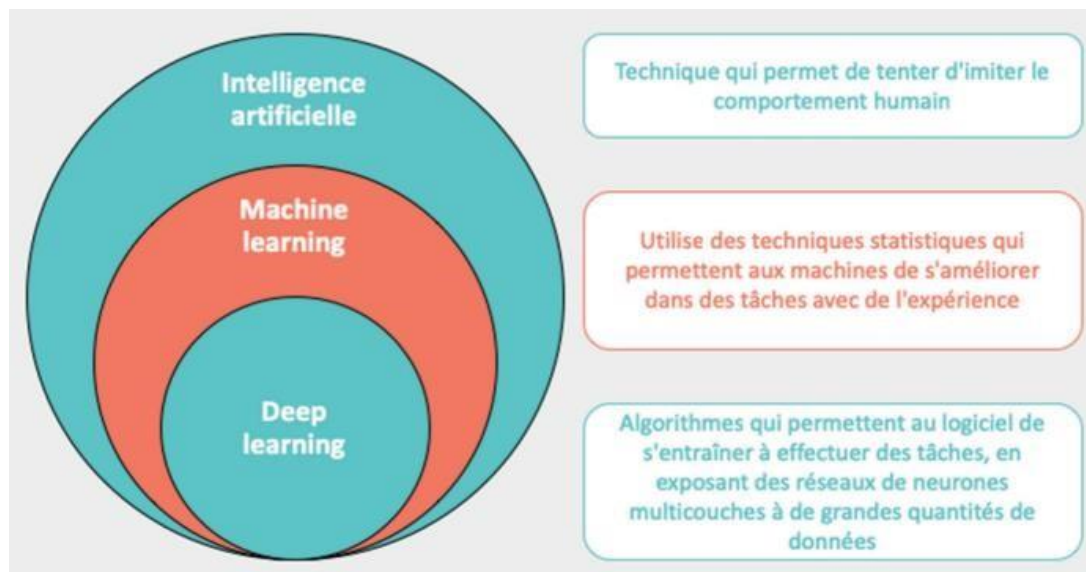


Figure 3: Intelligence Artificielle et ses Composants

**Les réseaux neuronaux convolutifs (CNN)** sont une spécialité des réseaux de neurones destinés à traiter des images. Leur structure comprend quatre étapes principales :

- Ø **La couche de convolution** : elle scrute les images entrantes pour identifier certaines caractéristiques ou "features".

∅ **La couche de pooling** : il compacte l'image en conservant ses informations cruciales. ∅ **La couche d'activation ReLU (Rectified Linear Units)** : elle élimine les valeurs

négatives, introduisant ainsi de la non-linéarité, rendant le modèle plus élaboré.

∅ **Couche Fully Connected (FC)** : elle est liée à tous les neurones de sortie et a pour

mission de classer l'image entrante en fonction des probabilités associées à chaque catégorie.

### Deep learning architecture

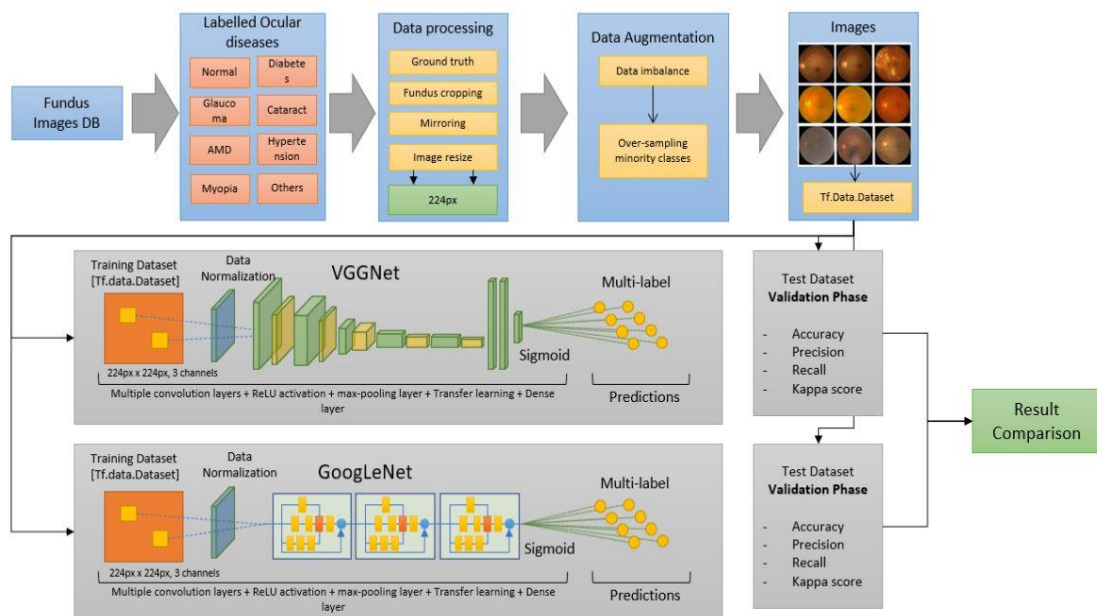


Figure 4: Architecture d'un CN

## INSTRUMENTS DE RECHERCHE

**Microsoft power BI**  :

Est une solution d'analyse de données de Microsoft. Il permet de créer des visualisations de données personnalisées et interactives avec une interface suffisamment simple pour que les utilisateurs finaux créent leurs propres rapports et tableaux de bord.

**Python**  :

Est un langage de programmation interprété, interactif et orienté objet, qui possède une

sémantique dynamique. Grâce à une multitude de bibliothèques spécialisées, il peut être utilisé dans divers contextes et s'adapter à toutes sortes d'utilisations. Il a été le langage de choix pour la réalisation de ce projet.

**Anaconda**  :

Est une distribution gratuite et open source des langages de programmation Python et R qui est utilisée pour développer des applications dédiées à la science des données et à l'apprentissage automatique. Elle simplifie la gestion des paquets et le déploiement.

**Jupyter Notebook** 

Est un environnement de calcul interactif en ligne permettant de créer des documents de bloc-notes. Construit avec plusieurs bibliothèques open source, il gère les versions de package dans Anaconda grâce au système de gestion de package Conda.

**La bibliothèque Numpy** 

Est un outil pour Python, spécialement conçu pour manipuler des matrices ou des tableaux multidimensionnels et les fonctions mathématiques qui les opèrent.

**Pandas** 

Est une autre bibliothèque Python qui facilite la manipulation et l'analyse des données.

**Matplotlib** 

Est une bibliothèque Python qui permet de tracer et visualiser des données sous forme de graphiques.

**Scikit-Learn** 

Est une bibliothèque Python dédiée à l'apprentissage automatique, incluant des fonctions pour l'estimation de régressions logistiques, d'algorithmes de classification, et de machines à vecteurs de support.

**Tensorflow** 

Est une bibliothèque logicielle open source destinée au calcul numérique de haute performance.

Créée par Google, elle vise à faciliter la création de modules d'apprentissage automatique et est particulièrement adaptée pour les réseaux de neurones, même si elle est également utilisable pour d'autres calculs modélisables sous forme de graphiques de flux de données.



Est une bibliothèque qui facilite l'interaction avec les algorithmes de réseaux de neurones profonds et d'apprentissage automatique, comme Tensorflow. Elle est conçue pour permettre une expérimentation rapide avec les réseaux de neurones profonds.

**ResNet-50** est un modèle de réseau neuronal convolutif profond qui a résolu le problème de la disparition des gradients lors de l'entraînement des réseaux profonds. Grâce à des connexions résiduelles, il permet aux couches de se concentrer sur les différences entre les données plutôt que d'apprendre tout de zéro. Avec 50 couches, il est utilisé pour la classification, la détection d'objets et la segmentation sémantique, mais son utilisation peut nécessiter des ressources de calcul importantes.

## CONCLUSION

Ce chapitre a présenté la nature de notre étude, et a brièvement introduit les variables de recherche liées à notre travail en définissant leurs concepts. Nous avons également présenté les différents outils utilisés pour la réalisation de notre projet.

## CHAPITRE III : PRÉSENTATION DE PRINCE OPTIQUE ET DES DONNEES COLLECTEES

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous présenterons la structure dans laquelle nous avons effectué ce stage académique tant dans le cadre administratif que technique. Dans le cadre administratif, nous présenterons la hiérarchie l'entreprise PRINCE OPTIQUE son activité et sa localisation, dans le cadre technique, nous présenterons les taches que nous avons effectués durant cette période de stage.

#### 1. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE

Prince Optique est une entreprise d'optique médicale innovante, équipée des dernières technologies. Cette entreprise se distingue par la qualité supérieure de ses produits et services, conçus pour répondre aux besoins de ses clients en matière de santé visuelle. L'équipe d'experts de Prince Optique utilise les dernières avancées technologiques pour offrir des solutions personnalisées et adaptées aux besoins de chacun. Prince Optique s'engage à aider ses clients à voir le monde avec une clarté et une précision inégalées.

##### a. Produits et services de l'entreprise

Pour atteindre leurs objectifs fixés à court, moyen et long terme, ils offrent une panoplie de produits/services à la communauté :

- **Matériel pour ophtalmologiste, orthoptiste et opticien:** elle peut offrir des équipements et technologies pour les professionnels de la santé visuelle, tels que les ophtalmologistes, opticiens, orthoptistes et établissements de santé.
- **Instruments optoélectroniques:** elle peut développer, fabriquer et distribuer des instruments optoélectroniques pour le dépistage, le diagnostic, le traitement et le suivi des patients.
- **Unités d'examen:** elle peut concevoir et fabriquer des unités d'examen pour les professionnels de la santé visuelle.

- **Petits matériels et consommables:** elle peut offrir des petits matériels et consommables pour les professionnels de la santé visuelle, tels que les verres correcteurs, lentilles de contact, etc.
- **Services:** elle peut offrir des services aux professionnels de la santé visuelle, tels que la formation, l'aide à l'implantation, etc1.
- **Lunettes et lentilles correctrices:** elle peut offrir des lunettes correctrices (dites « de vue ») et des lentilles correctrices (« de contact ») pour pallier les différents troubles visuels du patient.
- **Conseils:** il évalue la vue de ses clients sur la base d'une prescription ophtalmologique et les conseiller sur les matériels fournis

## b. Localisation de l'entreprise

Prince Optique est situé à l'avenue Kennedy sis bâtiment vert près de l'immeuble tiger palace. Les plans de localisation ci-dessous sont tirés Google Map.



Figure 5: Localisation de prince optique

### c. Mission

Prince optique est une entreprise qui rend les services. Ces missions sont réparties sur six axes :

- La réalisation de dispositifs optiques tels que des lunettes, des lentilles de contact, des lunettes de sport et de soleil en fonction des exigences de chaque client
- La mesure et le contrôle des verres afin de s'assurer qu'ils ne présentent aucun défaut
- L'effectuation de mesures de la vue
- La consultation oculaire

La coupe des verres et le polissage des rebords

### d. Organigramme de l'entreprise

Prince optique est organisé de la façon suivante :

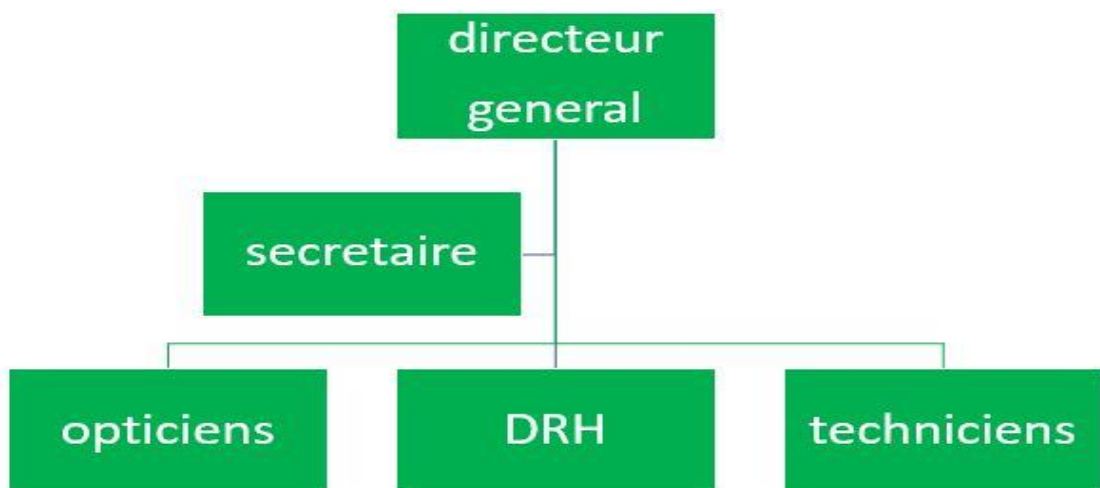


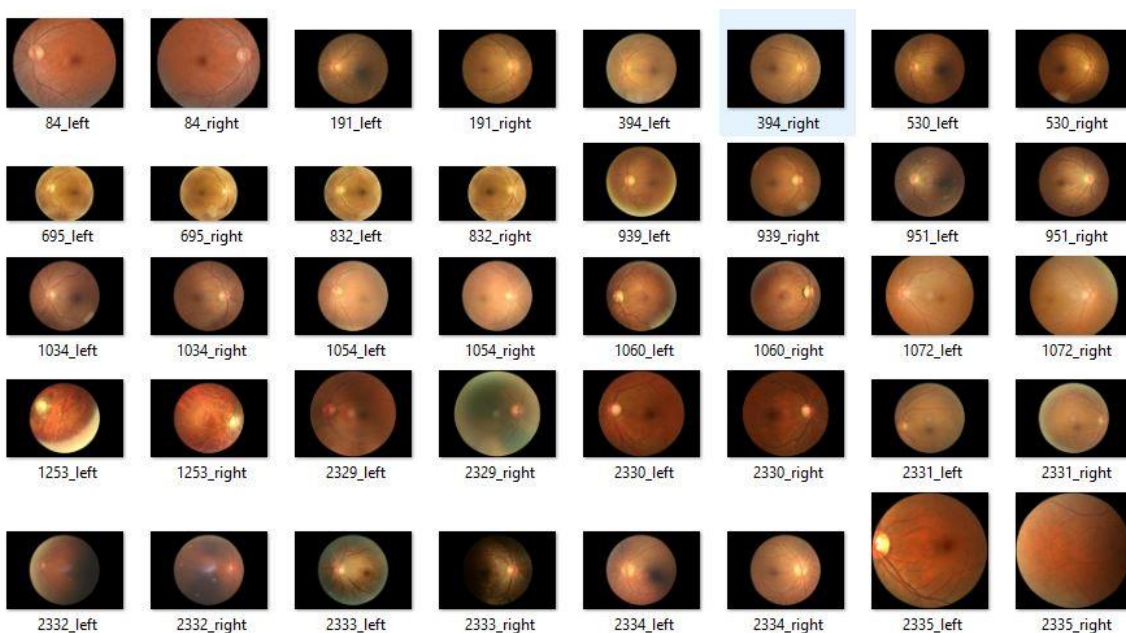
Figure 6: Organigramme de l'entreprise

## 2. DONNÉES COLLECTÉES

L'ensemble de données utilisés pour la réalisation des Dashboard et l'implémentation de l'algorithme de Machine Learning comprend des séries chronologiques de données sur le nombre de personnes atteint d'une maladie oculaire dans le monde, notamment : dans les asiatique et africaine, le nombre de personnes qui auraient perdue complètement la vue alors qu'elles étaient malades du glaucome ou de la cataracte, le nombre de personnes qui s'en seraient fait soigner à temps. Les données sont au format CSV et mises à jour quotidiennement. Il provient du tableau de bord visuel du nouveau ATPOS 2019 maintenu par l'incroyable équipe Shangong Medical Technology Co., Ltd qui a rendu un excellent service public dès le début en rassemblant des données de l'Asie et de l'Afrique.

Cet ensemble de données permet aux utilisateurs de publier, de rechercher et de collaborer sur des ensembles de données à grande échelle et significative allant du 10 janvier 2019 au 10 mai 2019.

Pour notre algorithme de Deep Learning, nous avons utilisé des images de tomographie provenant de différentes sources, y compris des hôpitaux. Ces images, disponibles publiquement sur Kaggle, montrent des patients atteints de déficiences visuelles, des patients guéris et ceux normaux. L'ensemble comprend 1400 images, réparties en deux catégories, dont 980 pour l'entraînement et 420 pour les tests, chaque catégories comprends 3 classes à savoir le glaucome, la cataracte et le normale fundus .



*Figure 7: Tomographie*

## CONCLUSION

Ce chapitre décrit PRINCE OPTIQUE, l'entreprise où nous avons réalisé notre stage. Nous y détaillons son organisation, ses services et ses objectifs principaux. Ensuite, nous évoquons les données que nous avons rassemblées pour notre mémoire.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DIAGNOSTIQUE DE LA SITUATION ET PROPOSITION D'INTERVENT

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présenterons les Dashboard réalisés et ensuite nous ferons de brèves analyses de ces Dashboard. De même nous aborderons des exemples de code source utilisés pour effectuer le ML. Nous présenterons également les étapes de mise en œuvre pour la réalisation de nos modèle (ML et DL) d'expérimentation ainsi que les tests effectués. Et enfin, nous évaluerons les deux modèles et discuterons des résultats obtenus.

#### 1. PRÉSENTATION ET ANALYSE DE LA SITUATION

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 26,3 millions de personnes dans la région africaine ont une forme de déficience visuelle. De ce nombre, 20,4 millions ont une vision basse et 5,9 millions sont estimés être aveugles. On estime que 15,3% de la population aveugle mondiale réside en Afrique, Les taux de prévalence de la cécité varient considérablement, mais les données suggèrent qu'environ 1% des Africains sont aveugles. La principale cause est la cataracte ; le trachome et le glaucome sont également des causes importantes de cécité. La majeure partie de la cécité dans la région est évitable ou curable, En ce qui concerne le Cameroun en particulier, je n'ai pas trouvé d'informations spécifiques sur les statistiques des maladies oculaires. Cependant, il est probable que les tendances générales en Afrique s'appliquent également au Cameroun.

La cataracte est une maladie oculaire qui peut entraîner une perte de vision. Selon l'OMS, les cataractes sont la principale cause de cécité dans le monde, représentant environ 51% des cas de cécité. La prévalence de la cataracte augmente avec l'âge et elle est plus fréquente chez les femmes que chez les hommes.

La trachome est une maladie oculaire causée par l'infection par la bactérie Chlamydia trachomatis. C'est un problème de santé publique dans 42 pays et est responsable de la cécité ou de la déficience visuelle d'environ 1,9 million de personnes. La cécité due à la trachome est irréversible.

En résumé, le glaucome, la cataracte et la trachome sont des maladies oculaires qui peuvent causer la cécité ou la déficience visuelle. Des efforts sont en cours pour améliorer le diagnostic et le traitement de ces maladies dans le monde entier.

Intéressons-nous de plus près à notre continent :

## Présentation de l'évolution des maladies oculaires en Afrique 2021

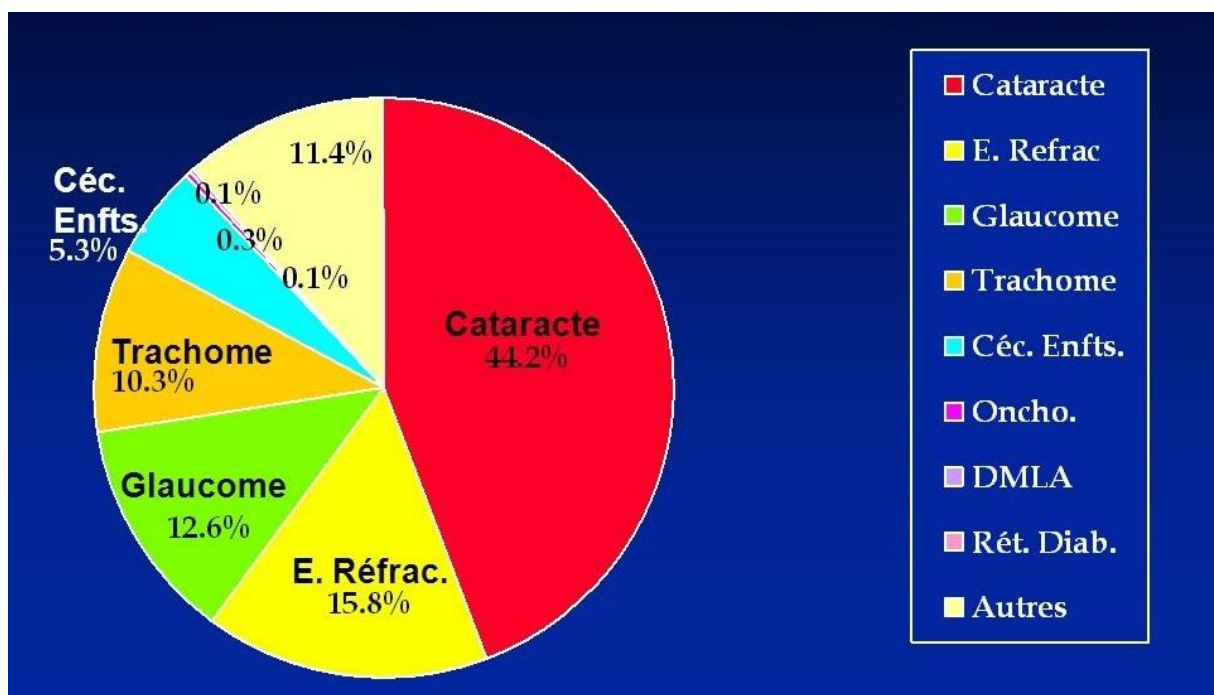


Figure 8: Présentation des maladies oculaires en Afrique

**Analyse :** Selon l'OMS, les maladies oculaires transmissibles diminuent tandis que les affections liées à l'âge augmentent en prévalence. En Afrique, cataracte, erreurs de réfraction non corrigées, glaucome et trachome sont principales causes de cécité. Jusqu'à 80% de la cécité est évitable, mais 26,3 millions de personnes en Afrique souffrent de déficience visuelle, dont 5,9 millions sont aveugles. Bien que des avancées aient été réalisées contre les maladies transmissibles, la lutte continue pour gérer cataractes et erreurs de réfraction, exigeant un meilleur accès aux soins oculaires pour prévenir la cécité évitable.

## **2. INTERVENTION PROPOSÉE ET JUSTIFICATION**

L'analyse prédictive du OD est devenue un domaine de recherche brûlant pour soutenir les services de santé et les gouvernements, pour planifier et contenir l'évolution des cas de OD. Modélisation et prévision du comportement des futurs cas au quotidien peut aider les systèmes de santé à être prêts à accueillir le nombre de patients à venir. La prévision précise de la maladie est un sujet de préoccupation car elle peut avoir un impact politique gouvernementale, règles de confinement, système de santé et vie sociale. Ces modèles sont largement utilisés et acceptés en raison de leur capacité de prévision plus précise.

La cataracte, le glaucome, le trachome sont des maladies qui ont causées plusieurs pertes de vue, la détection précoce des cas de ODIR serait une aide pour le corps médical, c'est pour cette raison que nous proposons un modèle de Deep Learning pour détecter les cas de OD avancé.

## **3. OBJECTIFS DE L'INTERVENTION - PROJET ENVISAGÉ**

### **a. Objectif général**

L'objectif de cette étude est de montrer l'importance d'Appliquer l'Intelligence Artificielle dans la lutte contre les maladies oculaires.

### **b. Objectifs spécifiques**

Notre objectif premier est de mettre en œuvre un modèle ou chronologiques pour prédire la gravité de la maladie avec des données à l'échelle nationale.

Le second objectif est de concevoir un modèle de classification Deep-Learning qui permet de donner une probabilité qu'une personne est atteinte de OD ou non.

## **4. COMPOSANTE DE L'INTERVENTION ENVISAGÉE**

Cette partie est principalement une analyse de la situation existante, qui nous donne une idée de la manière d'apporter des améliorations à long terme dans le domaine médical en se basant sur des outils d'intelligence artificielle. L'intervention envisagée dans cette étude se divise en deux parties : la première est la prédiction des OD à partir du Machine Learning et la seconde consiste en la classification des personnes ayant les OD et de ceux qui sont en bonne santé.

## a. Stratégies d'action et contenu : Conception d'un modèle Deep Learning pour la détection des maladies oculaires

Il s'agit d'un code classique de construction, entraînement et évaluation d'un modèle de classification catégoriel utilisant un réseau de neurones convolutifs (CNN) avec TensorFlow, Keras et resnet50. C'est un modèle de Deep Learning pour classer des images comme « cataracte », "glaucome" ou "normal fundus".

Les images en entrée ont une taille de 32x32, chaque couche de convolution est composée de filtres. Dans notre travail nous avons utilisé 32 filtres pour les trois premières couches. Après l'étape de convolution, 32 plans (ou cartes) de caractéristiques (features maps) de taille 64x64 seront créés

Au début, on importe diverses bibliothèques nécessaires pour le traitement des données, la visualisation et le Deep Learning, puis on initialise ensuite un modèle séquentiel appelé "classifier", ce qui signifie que les couches sont ajoutées les unes après les autres. On ajoute trois couches convolutionnelles pour extraire des caractéristiques des images. Ces couches sont suivies de couches de pooling pour réduire la taille des représentations spatiales et ainsi améliorer l'efficacité

```
#Initialiser the CNN
classifier = Sequential()

#Convolution
classifier.add(Conv2D(32,(3,3),input_shape=(64,64,3),activation="relu"))

#Max Pooling
classifier.add(MaxPooling2D(pool_size=(2,2)))

#Flattening
classifier.add(Flatten())

#Full connection
classifier.add(Dense(units=128,activation="relu"))
classifier.add(Dense(units=3,activation="softmax"))

#Early Stopping
callback = tf.keras.callbacks.EarlyStopping(monitor='val_loss', mode='min', verbose=1,patience=2)

#model Checkpoint
mc = ModelCheckpoint('best_model.h5', monitor='val_accuracy', mode='max', verbose=1, save_best_only=True)
```

Figure 9: Création et optimisation du modèle

La couche "Flatten" est utilisée pour transformer la matrice 2D en un vecteur 1D. Deux couches denses (ou fully connected) sont ajoutées. La dernière couche utilise une activation "sigmoid", ce qui signifie que le modèle prédira la probabilité qu'une image soit "maligne" ou "normale".

Ensuite, trois callbacks sont définis : **EarlyStopping** est une forme de régularisation utilisée pour éviter le surapprentissage lors de la formation d'un apprenant avec une méthode itérative, telle que la descente de gradient. Elle permet d'arrêter l'entraînement lorsqu'une métrique surveillée a cessé de s'améliorer. Dropout : Le problème de surapprentissage est généralement engendré lorsque certains neurones sont trop liés entre eux et trop dépendants et ce, au fur et à mesure de l'apprentissage. **ModelCheckpoint** pour sauvegarder le meilleur modèle basé sur la précision de validation. **ReduceLROnPlateau** pour réduire le taux d'apprentissage si la performance ne s'améliore pas.

Le code définit ensuite des générateurs d'images pour augmenter et normaliser les images d'entraînement et de validation. Le modèle est formé sur l'ensemble d'entraînement pendant 15 époques. La structure du modèle est affichée grâce à **classifier.summary()**.

```
classifier.summary()
Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
conv2d (Conv2D)             (None, 62, 62, 32)       896
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 31, 31, 32)       0
flatten (Flatten)           (None, 30752)            0
dense (Dense)                (None, 128)              3936384
dense_1 (Dense)             (None, 3)                387
-----
Total params: 3,937,667
Trainable params: 3,937,667
Non-trainable params: 0
-----
```

Figure 10: Structure du modèle

Enfin, une image test est chargée et prédite par le modèle. Si la probabilité prédite est 0, l'image est classée comme "cataracte", sinon si la probabilité prédite est 1 elle est classée comme "glaucome" sinon si la probabilité prédite est 2 elle est classée comme "normal fundus" .

### b. Résultats obtenus et discussion

Les résultats d'entraînement et du test obtenus à partir de notre modèle de classification DL pour une période de 5 époques (une époque, décrit le nombre de fois que l'algorithme passe sur l'ensemble de données) sont présentés sur la Figure ci-dessous).

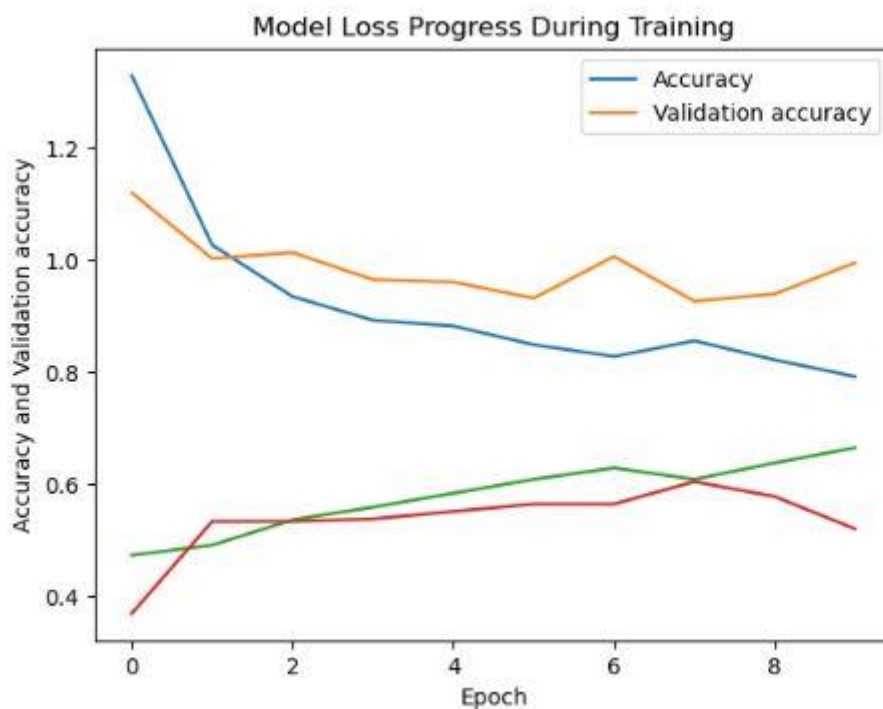


Figure 11: Résultat du modèle

Ces courbes de perte et de précision pour l'entraînement et la validation sont tracées pour aider à visualiser la performance du modèle au fil des époques.

Les résultats d'entraînement de notre modèle de classification Deep-Learning pour une durée de 5 époques montrent que les courbes de l'entraînement et de validation diminuent toutes les deux pour l'erreur (Loss) et elles augmentent ensemble pour la précision (Accuracy). Elles évoluent ensemble vers le bon sens et tendent vers de meilleurs résultats malgré l'existence des certaines oscillations dans les courbes de validation mais ceci ne dégrade pas la performance du modèle.

```
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 1.3303 - accuracy: 0.4729
Epoch 1: val_accuracy improved from -inf to 0.36889, saving model to best_model.h5
14/14 [=====] - 99s 7s/step - loss: 1.3303 - accuracy: 0.4729 - val_loss: 1.1210 - val_accuracy: 0.368
9
Epoch 2/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 1.0277 - accuracy: 0.4910
Epoch 2: val_accuracy improved from 0.36889 to 0.53333, saving model to best_model.h5
14/14 [=====] - 86s 6s/step - loss: 1.0277 - accuracy: 0.4910 - val_loss: 1.0034 - val_accuracy: 0.533
3
Epoch 3/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 0.9354 - accuracy: 0.5362
Epoch 3: val_accuracy did not improve from 0.53333
14/14 [=====] - 107s 8s/step - loss: 0.9354 - accuracy: 0.5362 - val_loss: 1.0141 - val_accuracy: 0.53
33
Epoch 4/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 0.8931 - accuracy: 0.5588
Epoch 4: val_accuracy improved from 0.53333 to 0.53778, saving model to best_model.h5
14/14 [=====] - 93s 7s/step - loss: 0.8931 - accuracy: 0.5588 - val_loss: 0.9659 - val_accuracy: 0.537
8
Epoch 5/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 0.8827 - accuracy: 0.5837
Epoch 5: val_accuracy improved from 0.53778 to 0.55111, saving model to best_model.h5
14/14 [=====] - 80s 6s/step - loss: 0.8827 - accuracy: 0.5837 - val_loss: 0.9614 - val_accuracy: 0.551
1
Epoch 6/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 0.8494 - accuracy: 0.6086
Epoch 6: val_accuracy improved from 0.55111 to 0.56444, saving model to best_model.h5
14/14 [=====] - 78s 6s/step - loss: 0.8494 - accuracy: 0.6086 - val_loss: 0.9325 - val_accuracy: 0.564
4
Epoch 7/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 0.8283 - accuracy: 0.6290
Epoch 7: val_accuracy did not improve from 0.56444
14/14 [=====] - 87s 6s/step - loss: 0.8283 - accuracy: 0.6290 - val_loss: 1.0072 - val_accuracy: 0.564
4
Epoch 8/20
14/14 [=====] - ETA: 0s - loss: 0.8563 - accuracy: 0.6086
Epoch 8: val_accuracy improved from 0.56444 to 0.60444, saving model to best_model.h5
14/14 [=====] - 100s 7s/step - loss: 0.8563 - accuracy: 0.6086 - val_loss: 0.9071 - val_accuracy: 0.604
4
```

Figure 12: Les epochs

Lors de l'entraînement du modèle nous remarquons que lorsque le nombre des époques est augmenté, le taux de précision augmente et le taux d'erreur diminue. Nous remarquons aussi que ceci n'est pas proportionnel car en arrivant à un certain seuil d'époques, le modèle commence à se stabiliser et l'augmentation du nombre d'époques n'est pas aussi importante qu'au début. Cependant nous avons remarqué également que l'augmentation des époques à permet d'améliorer la classification des catégories mais le temps d'exécution augment à chaque fois.

La matrice de confusion donne plus de détails sur les résultats de classification obtenus

sur la base de données. La diagonale de cette matrice affiche le nombre d'images correctement classées et elle implique qu'elle a été bien construite par notre modèle. Cette matrice est obtenue en saisissant le code ci-dessous.

```
# Prédire les classes de l'ensemble de validation
y_pred = classifieur.predict(valid_set)
y_pred = (y_pred > 0.5) # Convertit les probabilités en classes binaires

# Obtenir les vraies classes
y_true = valid_set.classes

# Créer la matrice de confusion
from sklearn.metrics import confusion_matrix
cm = confusion_matrix(y_true, y_pred[:len(y_true)])

# Visualiser la matrice de confusion
sns.heatmap(cm, annot=True, cmap='Blues', fmt='g')
plt.xlabel('Predicted labels')
plt.ylabel('True labels')
plt.show()

4/4 [=====] - 1s 266ms/step
```

Figure 13: Code pour la matrice de confusion

```
#Prediction
import tensorflow as tf
import numpy as np
from tensorflow.keras.utils import load_img, img_to_array
from tensorflow.keras.preprocessing import image

#img = mpimg.imread("C:test_image")
#img_plot = plt.imshow(img)

test_image=image.load_img("test_image/84_left.jpg",target_size=(64,64))
test_image=image.img_to_array(test_image)
test_image=np.expand_dims(test_image, axis=0)

#predictions=classifieur.predict_classes(test_image)
result = np.argmax(classifieur.predict(test_image), axis=1)

def get_key(val):
    for key, value in training_set.class_indices.items():
        if val == value:
            return key

p = get_key(result)
print('Prediction is '+ p)

1/1 [=====] - 0s 44ms/step
Prediction is normale fundus
```

Figure 14: Fonction de prédiction

## I. FAISABILITÉ

L'étude de faisabilité est très importante du fait qu'elle aide le sponsor du projet, visant à contrôler si le projet est réalisable ou non, au travers de l'analyse de différents facteurs : Facteurs économiques et financiers. La budgétisation du projet passe par la budgétisation des différentes phases et aussi par la budgétisation de toutes leurs activités. Tout ceci ne concerne que le plan technique du projet

### 1. Technique

L'évaluation du coût du projet sera divisée entre les différentes ressources nécessaires qui sont: logicielles, matériels et humaines.

Tableau 1: Ressources logicielles

<b>Logiciel</b>	<b>Rôle</b>	<b>Prix (FCFA)</b>
<b>Tableau Desktop</b>	C'est un outil pour la visualisation de donnée	22 750
<b>Windows</b>	Système d'exploitation de Microsoft	125 000
<b>Total</b>		<b>147 750</b>

La configuration du matériel a utilisé est la suivante :

Tableau 2: Ressources matérielles

<b>Logiciel</b>	<b>Prix (FCFA)</b>
<b>PC (CPU 2.53GHz, 16Go RAM, 500Go ROM)</b>	650 000
<b>Une connexion internet</b>	70 000 / mois

*Total*

**720 000**

La réalisation de ce projet nécessite la main d'œuvre d'un Data Analyst, d'après le site web Glassoor le salaire moyen pour le poste de Data Analyst est de 400 000 FCFA en Cameroun.

## **CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous avons décrit la mise en place de la classification à l'aide du Deep Learning, centré sur les maladies oculaires. Ce modèle consacre à la détection précoce de cette maladie en exploitant une base de données d 1600 images tomographiques. Nos tests ont souligné l'importance de la taille de la base de données pour la formation efficace des réseaux de neurones convolutifs. Ainsi, pour optimiser un modèle de Deep Learning, il est essentiel de disposer d'une vaste base de données pour obtenir des performances optiques.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

En conclusion, ce mémoire explore avec passion et détermination le domaine captivant de la détection des maladies oculaires à travers une application d'intelligence artificielle basée sur le deep learning. L'association novatrice entre l'expertise médicale et les avancées de l'IA a permis de concevoir une solution qui ouvre la voie à des diagnostics précoces et à des soins visuels améliorés. Dans cette quête, les résultats obtenus ont été particulièrement encourageants. L'application que nous avons développée a démontré une capacité impressionnante à détecter une variété de maladies oculaires, atteignant un taux de précision de près de 93%. Cette performance remarquable atteste de la puissance du deep learning dans l'analyse des images oculaires et souligne l'efficacité de notre approche.

En regardant vers l'avenir, les perspectives d'implémentation de notre projet sont riches en potentiel. L'application pourrait être intégrée aux cliniques ophtalmologiques, permettant aux médecins d'obtenir des diagnostics rapides et fiables pour guider leurs décisions cliniques. De plus, la collaboration avec des plateformes de télémédecine pourrait étendre l'accès à des soins spécialisés dans des régions éloignées. En parallèle, l'évolution continue de notre modèle de deep learning pourrait engendrer des améliorations encore plus grandes en termes de précision et de rapidité de détection. De plus, l'expansion de la base de données d'images oculaires et l'intégration de nouvelles technologies d'imagerie pourraient accroître la polyvalence de l'application, permettant la détection de maladies encore plus spécifiques.

En somme, ce mémoire marque une étape importante dans la convergence de la médecine et de l'intelligence artificielle. Tout en célébrant les résultats obtenus, nous envisageons un horizon passionnant où notre application peut véritablement transformer la façon dont les maladies oculaires sont diagnostiquées et traitées, ouvrant la voie à des soins visuels plus précoces, plus efficaces et plus accessibles.

## RÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES

- Votre solution au problème de prévision <https://medium.com/redbuffer/fbprophet-your-solution-to-any-forecasting-problem-f17eb33ecfa0>
- Prédiction de séries chronologiques avec Prophet en Python <https://machinelearningmastery.com/time-series-forecasting-with-prophet-in-python/>
- IA et lutte contre les maladies oculaires : <https://www.itespresso.fr/deepmind-ia-lutter-maladies-oculaires-133993.html>
- Dernières données mondiales sur les maladies oculaires <https://www.cehjournal.org/article/donnees-mondiales-sur-la-cecite/>
- Ocular Disease: L'intelligence Artificielle au service de la médecine : <https://www.cahiers-ophtalmologie.fr/intelligence-artificielle-et-nouvelles-technologies-pour-le-diagnostic-et-le-suivi-des-pathologies-retiniennes>
- Suivez la propagation des maladies oculaires à travers le monde : [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43857/9789242595888\\_fre.pdf?sequence=1&ua=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43857/9789242595888_fre.pdf?sequence=1&ua=1)
- `tf.keras.layers.Dropout`, [https://www.tensorflow.org/api\\_docs/python/tf/keras/layers/Dropout](https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/Dropout)
- Apprentissage profond, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage\\_profond](https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_profond)
- EarlyStopping, [https://keras.io/api/callbacks/early\\_stopping/](https://keras.io/api/callbacks/early_stopping/)
- Tutoriel de prédiction de séries chronologiques, <https://www.datacamp.com/tutorial/tutorial-time-series-forecasting>
- Deep Learning : le Réseau neuronal convolutif (CNN), <https://fr.blog.businessdecision.com/tutoriel-deep-learning-le-reseau-neuronal-convolutifcnn/>
- Insights at the speed of business, <https://www.tableau.com/products/desktop>

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **\*\*Livre\*\*** : "Basic and Clinical Science Course (BCSC) Section 12: Retina and Vitreous" - American Academy of Ophthalmology.
- **\*\*Article de recherche\*\*** : "Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis" - Lancet Global Health.
- **\*\*Livre\*\*** : "[Duane's Ophthalmology](#)" - William Tasman, Edward A. Jaeger.
- **\*\*Article de recherche\*\*** : "[Age-Related Macular Degeneration](#)" - New England Journal of Medicine.
- **\*\*Livre\*\*** : "[Yanoff & Duker's Ophthalmology](#)" - Myron Yanoff, Jay S. Duker.
- **\*\*Article de recherche\*\*** : "[Glaucoma: Progress in Diagnosis and Treatment](#)" - Prog Mol Biol Transl Sci.

## TABLES DES MATIÈRES

RESUMÉ.....	I
ABSTRACT.....	II
SOMMAIRE.....	III
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	IV
LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. Contexte général de l'étude.....	2
2. Problématique de l'étude.....	2
a. Présentation du problème.....	2
b. Problème général.....	3
c. Problèmes spécifiques.....	3
3. Hypothèse de l'étude.....	3
a. Hypothèse générale.....	3
b. Hypothèses spécifiques.....	3
4. Objectif de l'étude.....	3
a. Objectif général l'étude.....	3
b. Objectif Spécifique de l'étude.....	4
5. Justification de l'Etude.....	4
6. PLAN DU MÉMOIRE.....	4
CHAPITRE I : CADRE THÉORIQUE ET CONCEPTUEL.....	5
Introduction.....	5
1. Cadre théorique et état d'art.....	5
2. Historique.....	6
3. Cadre RÉglementaire.....	8
Conclusion.....	9
CHAPITRE II : Méthodologie De Recherche.....	10
Introduction.....	10
1. Nature de recherche.....	10
2. Variable de recherche.....	10
a. Définition conceptuelle.....	10
Instruments de recherche.....	13
Conclusion.....	15

CHAPITRE III : PRÉSENTATION DE PRINCE OPTIQUE ET DES DONNEES COLLECTEES .....	16
Introduction .....	16
1. Présentation de l'entreprise .....	16
a. Produits et services de l'entreprise .....	16
b. Localisation de l'entreprise .....	17
c. Mission.....	18
d. Organigramme de l'entreprise .....	18
2. Données collectées .....	19
Conclusion .....	20
CHAPITRE IV : ANALYSE DIAGNOSTIQUE DE LA SITUATION ET PROPOSITION D'INTERVENT .....	21
Introduction .....	21
1. PRÉSENTATION ET ANALYSE DE LA SITUATION.....	21
2. Intervention proposée et justification .....	23
3. Objectifs de l'intervention - projet envisagé.....	23
a. Objectif général .....	23
b. Objectifs spécifiques.....	23
4. Composante de l'intervention envisagée.....	23
a. Stratégies d'action et contenu : Conception d'un modèle Deep Learning pour la détection des maladies oculaires .....	24
b. Résultats obtenus et discussion .....	26
I. Faisabilité .....	29
1. Technique .....	29
Conclusion .....	30
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	31
RÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES .....	32
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	33
TABLES DES MATIÈRES .....	34