



Exploitation des techniques du DEEP LEARNING pour la détection et le contrôle des incendies

Rapport Du Stage Opérateur
Année Académique - 2023/2024

RÉALISÉ PAR :

HAJJI Bilal
ECC/CI/2021/072

TUTEUR ENTREPRISE :

Dr. CHAROUH Zakaria
Manager R&D

STAGE EFFECTUÉ DU 03/07/2023 AU 18/08/2023
ORGANISME D'ACCEUIL : MAJAL BERKANE SA

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers l'École Centrale Casablanca, incluant le personnel administratif et les professeurs, qui ont joué un rôle essentiel dans le développement de mes compétences et connaissances, ainsi que dans ma préparation pour le monde professionnel.

Ensuite, je suis extrêmement reconnaissant envers mon tuteur, Monsieur CHAROUH Zakaria, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce stage en entreprise. Grâce à lui, j'ai pu découvrir le monde professionnel, développer des compétences en communication et établir des relations professionnelles. Ses remarques utiles et ses conseils pertinents ont été précieux pour mon apprentissage, malgré son emploi du temps chargé. Son grand intérêt et son soutien constant m'ont beaucoup aidé.

Après, je souhaite exprimer ma gratitude envers l'ensemble des ingénieurs et responsables de MAJAL BERKANE qui m'ont accompagné et soutenu tout au long de mon stage. Leur support inestimable a contribué à rendre cette expérience enrichissante et formatrice.

Je tiens également à remercier chaleureusement mes collègues de stage pour leur collaboration, leur partage de connaissances et leur ambiance conviviale au sein de l'entreprise. Mes remerciements s'adressent également à ma famille et à mes amis pour leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours académique et professionnel.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce stage et de ce rapport. Merci à tous.

Liste des Abréviations

SDL	Société de développement local
SA	Société Anonyme
ML	Machine Learning
DL	Deep Learning
YOLO	You Only Look Once
RESNET	Residual Neural Network
CNN	Convolutional Neural Networks
ADPL	Ateliers de Développement Personnel et Leadership
R&D	Research And Development

Table des matières

Remerciements	1
Liste des Abréviations	2
Introduction	6
1 Présentation de l'Entreprise	7
1.1 Historique de l'Entreprise	7
1.2 Taille de l'Entreprise	7
1.3 Type de Structure	8
1.4 Services de l'Entreprise	8
1.5 Place sur le Marché	8
1.6 Situation Actuelle de l'Entreprise	9
2 Présentation de la Mission de Stage	10
2.1 Équipe Projet	10
2.2 Département/Service de Stage	10
2.3 Missions/Tâches Confiées	11
2.4 Raison d'Être du Projet et Problématique	12
3 Déroulement de la Mission	13
3.1 Analyse de la Problématique	13
3.1.1 Définition du Problème	13
3.1.2 Décomposition du Problème	13
3.1.3 Causes et Conséquences	14
3.1.4 Enjeux et Perspectives	14
3.2 Recherches Bibliographiques	15
3.2.1 Exploration de Projets Similaires sur Kaggle et GitHub	15
3.2.2 Consultation de Publications Scientifiques	15
3.2.3 Exploration d'une Base de Données OpenSource	15
3.3 Collecte des Données et Annotations	16
3.4 Élaborations et Choix des Modèles Deep Learning	17
3.5 Tests, Évaluations des Modèles et Validations	18
3.6 Élaboration du Système d'Alerte	19
3.6.1 Processus de Traitement en Trois Étapes	20
3.6.2 Mécanisme d'Alerte	21
3.6.3 Gestion des Alertes Fausses/Continues	21
3.7 Finalisations des Fichiers Exécutables et Configurations	22
3.7.1 Journalisation avec app.log	22
3.7.2 Configuration Dynamique	22
3.7.3 Environnement Virtuel	23
3.7.4 Fichier Requirements	23

4 Le Stage et la Formation d'Ingénieur	24
4.1 Apports de la Formation	24
4.2 Enrichissement Personnel et Professionnel	24
4.3 Perspectives Futures	24
Conclusions et Perspectives	25
Bibliographie	26

Table des figures

1.1	Complexe MAJAL SDL	7
1.2	Signature de partenariats avec différents acteurs	9
2.1	Visite d'acteurs du marché au département - Validation du projet	11
2.2	Diagramme de Gantt définissant la planification du stage	11
2.3	Nombres d'incendies au monde de 1998 à 2019	12
3.1	Démarche suivie	14
3.2	Plateformes/Outils utilisés	15
3.3	Vue d'ensemble des images	16
3.4	Annotations sur Roboflow	17
3.5	Avantages De YOLOv8	17
3.6	Structuration de la Data	18
3.7	Résultats des tests du modèle	19
3.8	Mean Average Precisions du modèle	19
3.9	Piplines Expliquant la démarche	20
3.10	Disposition des fichiers	22

Introduction

Au cours de ma première année d'études à l'École Centrale de Casablanca, j'ai eu l'opportunité de réaliser un stage d'opérateur au sein de l'entreprise MAJAL BERKANE. Ce stage avait pour objectif de mettre en œuvre un système de détection et d'alerte contre les incendies en forêts, basé sur les technologies du deep learning et du traitement d'images. La mise en place d'un tel système revêt une importance capitale dans la préservation de l'environnement et la sécurité des espaces forestiers. Les incendies en forêts peuvent entraîner des dégâts considérables, tant sur le plan écologique que socio-économique. Le recours au Deep Learning et au traitement d'images offre une perspective innovante et prometteuse pour développer des solutions avancées de détection précoce et d'intervention rapide face à ces catastrophes.

En tant qu'ingénieur généraliste, cette expérience m'a permis de découvrir le monde professionnel et de mettre en pratique les connaissances acquises tout au long de mon parcours académique. L'entreprise MAJAL BERKANE, spécialisée dans le développement de solutions technologiques pour la région orientale, m'a offert un cadre propice pour développer mes compétences en matière de recherche, de développement logiciel et de gestion de projet.

Ce rapport de stage présentera d'abord une introduction sur le contexte du stage, l'entreprise MAJAL BERKANE et ses domaines d'expertise. Ensuite, il exposera les différentes étapes de conception et de développement du système de détection et d'alerte contre les incendies en forêts, en mettant l'accent sur l'utilisation du Deep Learning et du traitement d'images. Enfin, une analyse des résultats obtenus et des perspectives d'amélioration seront abordées, mettant en relation ce stage avec ma formation centralienne et son impact sur mon projet professionnel.

Chapitre 1

Présentation de l'Entreprise

1.1 Historique de l'Entreprise

MAJAL BERKANE SA a été fondée en 2022 en réponse aux besoins croissants des collectivités territoriales de la région orientale du maroc, en matière d'innovation et d'intelligence économique.

Depuis sa création, l'entreprise s'est positionnée comme l'un des principaux acteurs institutionnels dans la région à fournir un accompagnement structuré aux collectivités territoriales.

Elle a réussi à se faire une place de choix dans le secteur grâce à son expertise et son engagement en faveur du développement local.



FIGURE 1.1 – Complexe MAJAL SDL

1.2 Taille de l'Entreprise

MAJAL BERKANE SA est une entreprise de taille moyenne disposant d'une équipe compétente et dynamique. Elle compte actuellement environ 50 employés, répartis dans différents départements et services pour répondre aux besoins spécifiques de ses clients

1.3 Type de Structure

L'entreprise est une société de services spécialisée dans l'innovation et l'intelligence territoriale. Elle peut être qualifiée comme une entreprise à vocation sociale, puisqu'elle a pour mission d'accompagner le développement des startups, des entreprises et des institutions publiques afin de relever les défis du développement au niveau du territoire.

1.4 Services de l'Entreprise

Les services offerts par MAJAL BERKANE sont diversifiés et centrés sur les besoins des collectivités territoriales. Les principaux axes de son activité sont :

- Innovation Territoriale : L'entreprise s'engage à développer et promouvoir des solutions technologiques adaptées aux enjeux de développement au niveau local. Elle vise à favoriser l'adoption de technologies innovantes pour améliorer les performances économiques et sociales des territoires.
- Intelligence Economique : MAJAL BERKANE met en place des structures et des infrastructures pour soutenir l'entrepreneuriat et l'innovation. Son objectif est de créer un environnement propice à l'émergence de startups et de favoriser la création d'emplois dans les secteurs porteurs.
- Marketing Territorial : L'entreprise œuvre pour la promotion et la valorisation du potentiel économique et culturel du territoire de Berkane. Elle cherche à attirer des investisseurs et des partenaires en mettant en avant les atouts du territoire.
- Facilitation à l'investissement : MAJAL BERKANE apporte son soutien dans le montage financier de projets complexes à fort impact économique et social. Elle facilite ainsi la concrétisation d'initiatives porteuses pour le développement local.
- Maîtrise d'ouvrage Déléguée : L'entreprise offre son expertise en contrôle qualité et en ingénierie de projet pour accompagner les partenaires dans la réalisation de projets d'envergure.

1.5 Place sur le Marché

MAJAL BERKANE joue un rôle prépondérant sur le marché de l'innovation et de l'intelligence territoriale au Maroc. Bien qu'elle ne soit pas la seule entreprise proposant ce type de services, son engagement précoce dans ce domaine lui a permis de se démarquer et d'établir sa réputation en tant qu'acteur de confiance.

Sur le marché, elle doit faire face à une concurrence grandissante, car de plus en plus d'entreprises reconnaissent l'importance de l'innovation pour le développement local. Cependant, sa spécialisation dans le domaine de l'intelligence territoriale lui confère un avantage compétitif significatif.

MAJAL BERKANE travaille en étroite collaboration avec les collectivités territoriales et s'appuie sur des partenariats stratégiques pour renforcer son impact sur le marché. Ses principaux clients sont des institutions publiques, des startups, et des entreprises locales qui cherchent à renforcer leur compétitivité grâce à l'innovation.



FIGURE 1.2 – Signature de partenariats avec différents acteurs

1.6 Situation Actuelle de l'Entreprise

Malgré son succès et son rôle prépondérant sur le marché, MAJAL BERKANE fait face à plusieurs défis dans son action : Évolution technologique : L'entreprise doit rester à la pointe des technologies émergentes pour offrir des solutions innovantes et compétitives à ses clients. Concurrentiel : Avec la croissance de l'industrie de l'innovation, la concurrence s'intensifie, et MAJAL BERKANE doit continuer à se différencier en offrant des services à forte valeur ajoutée. Adéquation des besoins : Comprendre et répondre efficacement aux besoins spécifiques des collectivités territoriales tout en étant capable de s'adapter aux changements socio-économiques du territoire. Développement de partenariats : Pour renforcer son positionnement sur le marché et élargir sa clientèle, l'entreprise doit continuer à établir des partenariats stratégiques avec des acteurs clés du secteur public et privé.

En dépit de ces défis, MAJAL BERKANE reste déterminée à poursuivre sa mission d'accompagner le développement local et de promouvoir l'innovation au sein des collectivités territoriales marocaines.

Chapitre 2

Présentation de la Mission de Stage

2.1 Équipe Projet

Ce stage opérateur a été réalisé en collaboration avec deux autres élèves ingénieurs de l'École Nationale des Sciences Appliquées (ENSA) de OUJDA et BENI-MELLAL, de différentes options (Data et Cloud Computing et Digitalisation et Industrie 4.0 respectivement).

La composition multidisciplinaire de notre groupe a été un atout essentiel pour mener à bien ce projet complexe. Chacun d'entre nous a apporté ses compétences spécifiques et ses connaissances techniques pour enrichir la réflexion et les solutions proposées.

En tant qu'ingénieur généraliste de l'École Centrale de Casablanca, j'ai pu mettre à profit mes connaissances en informatique, en intelligence artificielle et en gestion de projet pour coordonner et superviser les différentes étapes du développement du système. Les deux autres membres du groupe, ont contribué activement à la conception et à l'implémentation des algorithmes de Deep Learning et lors de la conception du système d'alertes.

Cette synergie entre nos compétences a permis de mener des travaux de recherche approfondis, d'identifier les meilleures approches technologiques, et de mettre en place un prototype fonctionnel du système de détection et d'alerte.

Notre collaboration au sein de ce groupe projet a été marquée par une communication fluide, une répartition équilibrée des tâches et un esprit d'équipe solide. Ensemble, nous avons surmonté les défis techniques et organisationnels inhérents à un projet de cette envergure.

Dans la suite de ce rapport, nous détaillerons les différentes phases du travail réalisé en tant que groupe projet, en mettant l'accent sur les résultats obtenus, les enseignements tirés et les perspectives d'amélioration pour une mise en œuvre future éventuelle.

2.2 Département/Service de Stage

Pendant la période de mon stage, j'ai été intégré au département de Recherche et Développement (R&D). Cette unité occupe une place centrale dans l'entreprise en s'attachant à promouvoir l'innovation technologique à travers la conception et la réalisation de projets novateurs. En rejoignant cette équipe dynamique et multidisciplinaire, j'ai eu l'occasion de plonger dans les méthodes de travail spécifiques à la recherche appliquée, ainsi que les processus de développement de solutions basées sur le Deep Learning. Mon expérience au sein du département R&D m'a permis d'apercevoir et de découvrir les projets en cours, d'acquérir de nouvelles compétences techniques, et de collaborer étroitement avec des experts passionnés par leur domaine. Au fil de cette immersion, j'ai pu saisir l'importance stratégique de la recherche dans l'élaboration de solutions innovantes pour la communauté, tout en renforçant la perspective d'ingénieur généraliste orienté vers les technologies de pointe.



FIGURE 2.1 – Visite d’acteurs du marché au département - Validation du projet

2.3 Missions/Tâches Confiées

Au sein du département de Recherche et Développement (R&D) de l’entreprise Majal Berkane, j’ai été impliqué dans un projet majeur visant à développer un système de détection et d’alerte contre les incendies en forêts. En collaboration avec l’équipe, nous avons travaillé sur la conception et la mise en œuvre d’algorithmes avancés de reconnaissance d’images pour détecter avec précision les signes d’incendies dans des environnements forestiers.

En parallèle de ce projet, j’ai également participé à d’autres initiatives au sein du département R&D. J’ai été impliqué dans la collecte de données pour divers projets de l’entreprise, contribuant ainsi à l’acquisition d’informations essentielles pour la recherche et le développement de nouvelles solutions technologiques.

Ces différentes missions m’ont permis d’approfondir mes compétences techniques, tout en développant une meilleure compréhension des enjeux liés à l’application de technologies de pointe pour résoudre des problèmes concrets.

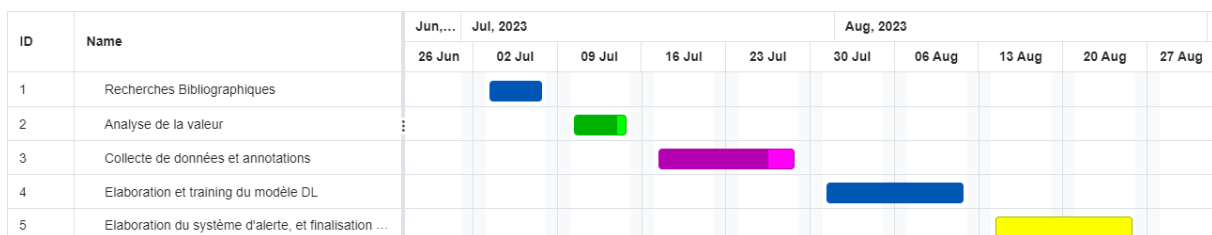


FIGURE 2.2 – Diagramme de Gantt définissant la planification du stage

2.4 Raison d’Être du Projet et Problématique

Ce projet est motivé par une série de raisons cruciales. En premier lieu, les incendies en forêts représentent une menace environnementale majeure, entraînant des conséquences néfastes sur les écosystèmes, la biodiversité et la qualité de l’air. La préservation de ces écosystèmes fragiles constitue un enjeu crucial pour la protection de la nature et la lutte contre le changement climatique.

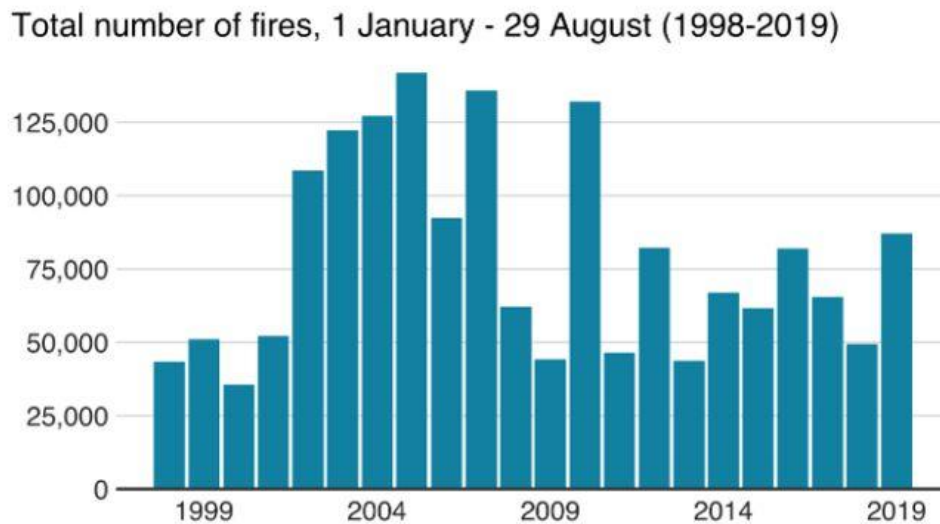


FIGURE 2.3 – Nombres d’incendies au monde de 1998 à 2019

De plus, les incendies en forêts peuvent causer des pertes importantes en vies humaines et en infrastructures, impactant ainsi la sécurité des populations et les activités économiques régionales. Un système de détection précoce et d’alerte rapide est donc essentiel pour minimiser les dégâts et permettre une intervention rapide des services de secours.

La problématique principale du projet réside dans la mise en place d’un système de détection précis et rapide, capable de reconnaître les départs d’incendie avec fiabilité dans des environnements forestiers complexes. Il s’agit d’un défi technologique majeur qui demande l’utilisation avancée du Deep Learning et du traitement d’images pour différencier les signaux des incendies de ceux provenant d’autres sources, tels que des éclairages naturels ou des activités humaines inoffensives.

Chapitre 3

Déroulement de la Mission

3.1 Analyse de la Problématique

La détection précoce des incendies dans les forêts revêt une importance cruciale pour la préservation de l'environnement, la sécurité des populations et la gestion des ressources naturelles. Dans cette analyse de problématique, nous allons explorer la question de la détection d'incendie dans les forêts en utilisant des techniques d'apprentissage profond, plus spécifiquement les modèles YOLO de Ultralytics.

3.1.1 Définition du Problème

La détection d'incendie dans les forêts consiste à identifier et localiser rapidement les départs de feu afin de permettre une intervention rapide des autorités compétentes. Les forêts couvrent de vastes zones, ce qui rend la surveillance manuelle inefficace et coûteuse. Les techniques d'apprentissage profond (DL) offrent la possibilité de traiter automatiquement des images et de reconnaître des motifs caractéristiques associés aux incendies.

3.1.2 Décomposition du Problème

- Collecte de Données : L'analyse de ce problème commence par la collecte d'un ensemble de données variées comprenant des images de forêts, avec et sans incendie, dans différentes conditions d'éclairage, de saisons et de perspectives.
- Prétraitement des Données : Les images doivent être prétraitées pour les adapter aux besoins des CNN, plus précisément les modèles Yolo dans notre cas, notamment la normalisation des valeurs de pixels, le redimensionnement et éventuellement l'augmentation de données pour améliorer la généralisation.
- Choix du Modèle : Concevoir, former ou bien choisir un réseau de neurones convolutifs qui puisse apprendre à extraire des caractéristiques pertinentes des images et à les associer à la présence d'incendies.
- Entraînement et Validation : Diviser l'ensemble de données en ensembles d'entraînement et de validation. Entraîner le modèle sur l'ensemble d'entraînement et ajuster ses hyperparamètres pour obtenir de bonnes performances.
- Évaluation et Interprétation : Mesurer les performances du modèle à l'aide de métriques telles que la précision, le rappel et la F-mesure. Interpréter les résultats pour identifier les forces et les faiblesses du modèle.

3.1.3 Causes et Conséquences

- Causes : Les incendies peuvent être causés par des facteurs naturels tels que la foudre ou des facteurs humains tels que des activités non contrôlées ou des négligences. Les difficultés de détection rapide peuvent résulter de l'immensité des zones forestières et des conditions météorologiques changeantes.
- Conséquences : Les incendies peuvent causer des dommages écologiques majeurs, menacer la biodiversité, contribuer aux émissions de gaz à effet de serre et mettre en danger la vie humaine. Une détection et une intervention précoces peuvent atténuer ces conséquences.

3.1.4 Enjeux et Perspectives

- Enjeux : Les enjeux résident dans la nécessité de développer un modèle de détection d'incendie robuste capable de résister à diverses conditions environnementales et d'obtenir des performances élevées pour minimiser les faux positifs et les faux négatifs.
- Perspectives : L'utilisation de données satellitaires en temps réel, l'intégration de données météorologiques pour améliorer la prédiction des incendies, et l'exploration de l'apprentissage profond en utilisant des données multimodales (images, sons, etc.) sont des pistes intéressantes pour l'amélioration continue des techniques de détection d'incendie.

Avant de plonger dans ce qui suit dans notre travail, il est essentiel de comprendre comment nous avons structuré notre approche pour atteindre nos objectifs. Le schéma explicatif suivant illustre de manière concise les différentes étapes que nous avons suivies tout au long de ce projet, depuis la collecte des données jusqu'à la mise en œuvre de notre système. Ce schéma reflète notre engagement à intégrer chaque aspect de notre processus de manière cohérente et méthodique, tout en gardant à l'esprit la pertinence et l'efficacité de chaque étape.

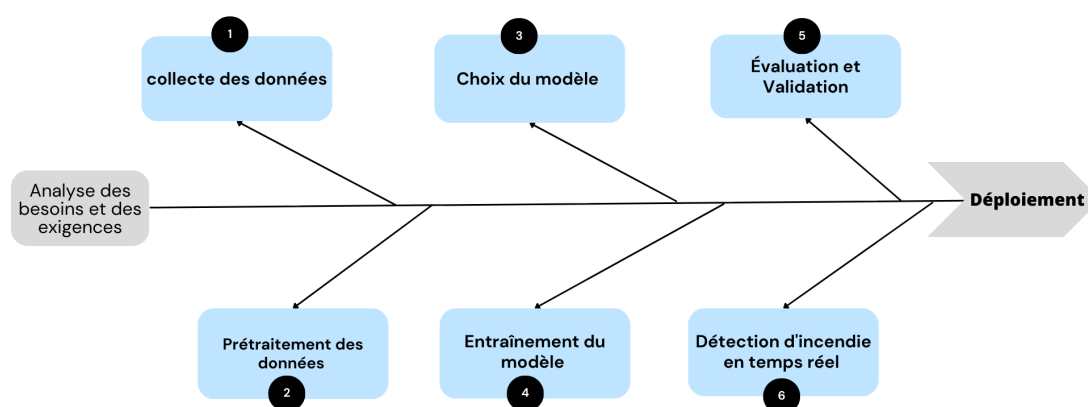


FIGURE 3.1 – Démarche suivie

3.2 Recherches Bibliographiques

Avant d'entamer le développement de notre système de détection de fumée et d'incendie dans les forêts, nous avons entrepris une étape cruciale de recherche bibliographique. Cette démarche visait à explorer les avancées scientifiques et technologiques dans le domaine de la détection précoce des incendies et des fumées, ainsi qu'à identifier les modèles et les approches les plus prometteurs.

3.2.1 Exploration de Projets Similaires sur Kaggle et GitHub

Dans notre recherche bibliographique, nous avons exploré divers projets similaires sur des plateformes populaires telles que Kaggle et GitHub. Ces projets nous ont fourni des idées précieuses sur les approches, les architectures de modèles et les ensembles de données utilisés par la communauté pour la détection d'incendies. Nous avons pu apprendre des succès et des défis rencontrés par d'autres chercheurs et développeurs, orientant ainsi nos propres choix techniques.

3.2.2 Consultation de Publications Scientifiques

Nous avons également consulté des publications scientifiques et des articles de recherche sur la détection d'incendies en utilisant des techniques d'apprentissage profond. Ces sources académiques nous ont permis de comprendre les fondements théoriques des modèles de deep learning appliqués à cette problématique. Nous avons pris en compte les résultats des expériences menées dans ces études pour guider nos propres expérimentations.

3.2.3 Exploration d'une Base de Données OpenSource

Dans notre quête d'une variété de données, nous avons également exploré une base de données open source d'une université chinoise spécialisée dans les scènes forestières. Cette base de données nous a fourni des images authentiques de différents types de forêts, ainsi que des scénarios de feux et de fumées. Cette diversité d'images a contribué à enrichir notre ensemble de données et à renforcer la généralisation de notre modèle.



FIGURE 3.2 – Plateformes/Outils utilisés

En somme, notre recherche bibliographique indépendante a joué un rôle crucial dans la définition de notre approche, en nous permettant d'apprendre des expériences passées,

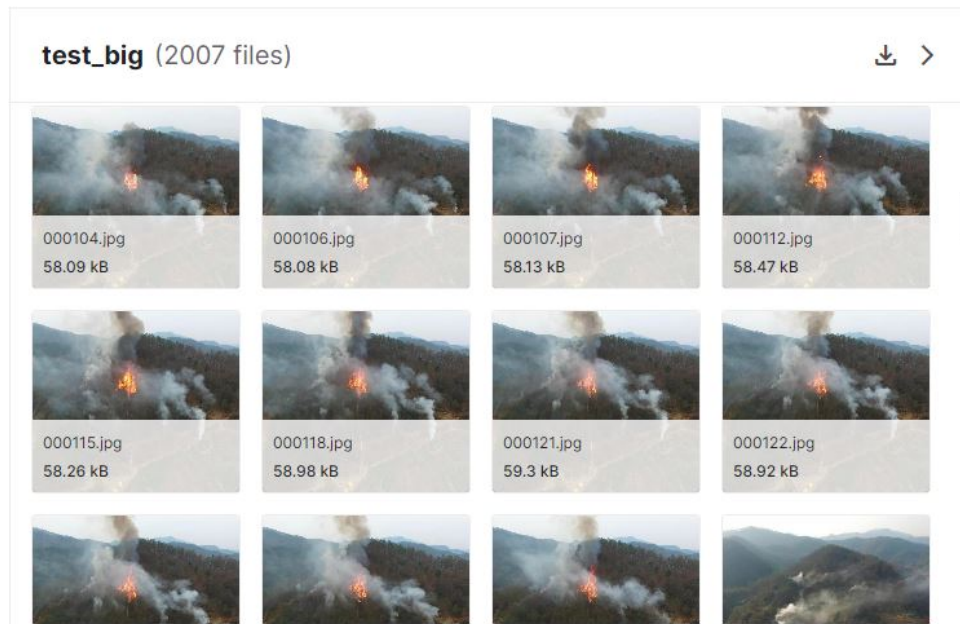


FIGURE 3.3 – Vue d'ensemble des images

de comprendre les bases théoriques et de découvrir des sources de données variées. Ces recherches ont guidé nos choix tout au long du développement de notre système de détection de fumée et d'incendie, contribuant ainsi à sa pertinence et à sa robustesse.

3.3 Collecte des Données et Annotations

La phase de collecte des données et d'annotations constitue un pilier fondamental de notre projet. Pour établir un ensemble de données riche et diversifié, nous avons opté pour une approche combinée en puisant dans des sources telles que le site Kaggle, reconnu pour sa diversité de jeux de données accessibles. Ces ensembles de données préexistants nous ont fourni un point de départ crucial, en couvrant une variété de conditions d'éclairage, de paysages forestiers et de situations de fumée et d'incendie en plus des données trouvées sur l'opensource chinnoix.

Cependant, la réussite de notre modèle nécessitait également des annotations précises. À cet effet, nous avons choisi de faire appel au service de marquage de données de Roboflow, reconnu pour sa précision et son expertise dans l'annotation d'images pour des tâches de détection d'objets. Roboflow nous a permis de créer des ensembles de données annotées avec des bounding boxes, identifiant ainsi les régions d'intérêt contenant de la fumée ou des signes de feu.

L'intégration de données provenant de Kaggle et d'annotations de Roboflow a été un élément clé pour l'entraînement et la validation de notre modèle. Cette démarche nous a non seulement épargné des ressources en termes de collecte et d'annotation, mais elle nous a également permis de travailler avec des données de haute qualité et de variabilité, essentielles pour la performance et la généralisation de ce dernier. En somme, la collecte et l'annotation des données à partir de sources diverses et spécialisées ont jeté les bases solides pour la phase suivante de développement du système.



FIGURE 3.4 – Annotations sur Roboflow

3.4 Élaborations et Choix des Modèles Deep Learning

Après avoir constitué un ensemble de données riche grâce à la collecte de sources telles que Kaggle et l'annotation via Roboflow, notre attention s'est tournée vers le développement du modèle.

L'adoption de YOLO (You Only Look Once) reflète une approche novatrice, particulièrement adaptée à notre tâche de détection en temps réel dans des environnements naturels complexes.

Le choix de YOLOv8 s'explique par plusieurs facteurs. Tout d'abord, YOLOv8 se distingue par sa rapidité et son efficacité. Il réalise la détection d'objets en une seule passe sur l'image, ce qui est crucial pour détecter rapidement des signes de fumée ou d'incendie dans les vastes paysages forestiers. De plus, YOLOv8 parvient à maintenir une précision respectable tout en garantissant une latence minimale, ce qui est primordial pour une application en temps réel où chaque instant compte.

Object Detection Performance Comparison (YOLOv8 vs YOLOv5)

Model Size	YOLOv5	YOLOv8	Difference
Nano	28	37.3	+33.21%
Small	37.4	44.9	+20.05%
Medium	45.4	50.2	+10.57%
Large	49	52.9	+7.96%
Xtra Large	50.7	53.9	+6.31%

*Image Size = 640

FIGURE 3.5 – Avantages De YOLOv8

L'architecture YOLOv8 s'appuie sur des couches convolutives profondes et des blocs résiduels, lui permettant d'apprendre des caractéristiques complexes et hiérarchiques à partir des images forestières. Sa capacité à détecter plusieurs objets en une seule passe, tout en proposant des boîtes englobantes (bounding boxes) précises, facilite la détection

de plusieurs sources potentielles de fumée ou d'incendie dans une scène.

L'élaboration de notre modèle YOLOv8 a nécessité un entraînement rigoureux sur notre ensemble de données annotées. Nous avons ajusté les hyperparamètres, la fonction de perte et utilisé des techniques d'augmentation de données pour améliorer la généralisation et la robustesse du modèle. L'évaluation de la performance a été réalisée à l'aide de métriques telles que le taux de détection, la précision et le rappel, en tenant compte du compromis entre la sensibilité à la détection des incendies et la réduction des faux positifs.

Le choix de YOLOv8 pour notre projet a été guidé par sa capacité à répondre aux exigences de détection en temps réel dans des environnements forestiers complexes. Son efficacité, sa précision et sa rapidité ont fait de ce modèle un atout majeur pour notre système de détection de fumée et d'incendie, contribuant ainsi à la prévention et à la gestion proactive des risques liés aux incendies dans les forêts.

3.5 Tests, Évaluations des Modèles et Validations

La phase de tests, d'évaluations et de validations du modèle constitue une étape cruciale dans notre projet. Cette étape vise à mesurer la performance réelle du modèle dans des conditions diverses et à garantir sa fiabilité opérationnelle. Pour évaluer les performances du modèle, nous avons divisé notre ensemble de données en ensembles d'entraînement, de validation et de test. L'ensemble de validation a été utilisé pour ajuster les hyperparamètres et surveiller la convergence pendant l'entraînement, tandis que l'ensemble de test a été réservé pour évaluer la performance finale du modèle de manière impartiale.



FIGURE 3.6 – Structuration de la Data

Pour valider la performance du modèle dans le monde réel, nous avons utilisé des enregistrements vidéo de scènes forestières variées, capturées dans des conditions environnementales diverses. Cela a permis de simuler des situations réelles et de mettre à l'épreuve la capacité du modèle à détecter rapidement les signes de fumée et d'incendie.



FIGURE 3.7 – Résultats des tests du modèle

L'ensemble des métriques obtenus en fin d'entraînement sont représentés sur les images suivantes :



FIGURE 3.8 – Mean Average Precisions du modèle

En résumé, la phase de tests, d'évaluations et de validations a permis de quantifier la capacité réelle du modèle YOLOv8 à détecter efficacement la fumée et les incendies dans des environnements forestiers. Les métriques et les évaluations ont guidé les ajustements finaux et ont fourni la confiance nécessaire dans le déploiement de notre système de détection, contribuant ainsi à la prévention et à la gestion proactive des risques d'incendie dans les forêts.

3.6 Élaboration du Système d'Alerte

Au cœur du développement de notre système de détection d'incendies résidait une étape cruciale : la mise en place d'un mécanisme d'alerte sophistiqué. Ce mécanisme avait

pour vocation de garantir une réaction rapide et appropriée dès qu’une détection était confirmée. Notre système d’alerte a été conçu avec précaution, dans le but d’assurer une réponse proportionnelle aux événements détectés, tout en minimisant au maximum les risques de déclencher des alertes erronées. Cette étape du développement visait à assurer que notre système de détection ne se contente pas seulement d’identifier les incidents, mais qu’il soit également doté d’une capacité de réponse dynamique. L’objectif était de fournir aux utilisateurs un outil fiable pour gérer les situations potentiellement dangereuses de manière rapide et adaptée.

Dans cet esprit, notre mécanisme d’alerte a été soigneusement conçu pour s’intégrer harmonieusement dans le flux de traitement. Il garantit que les alertes ne sont déclenchées que lorsque des détections significatives sont confirmées, évitant ainsi les dérangements inutiles. La conception du système d’alerte a été guidée par l’objectif d’équilibrer la réactivité et la précision, créant ainsi un équilibre entre la nécessité d’agir rapidement et celle de ne pas générer d’alertes infondées.

En résumé, le mécanisme d’alerte que nous avons élaboré s’est avéré être une composante essentielle de notre système global de détection de feux et de fumées. Il démontre notre engagement à fournir une solution qui non seulement identifie les risques potentiels, mais qui répond également avec discernement et efficacité, tout en minimisant les perturbations inutiles causées par de fausses alertes.

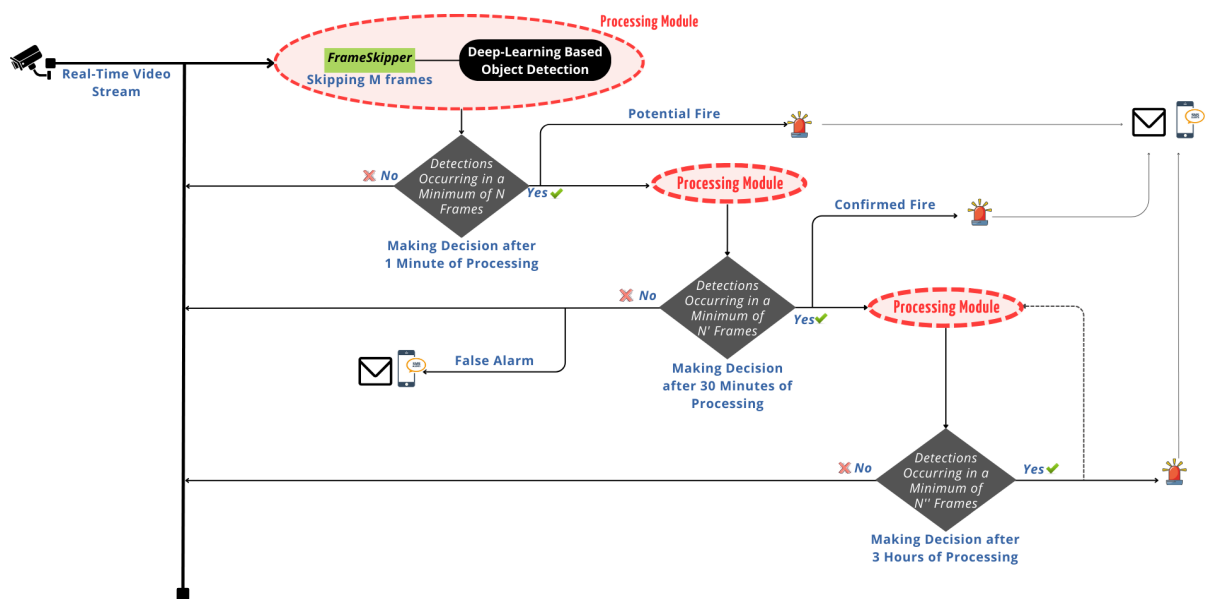


FIGURE 3.9 – Pipelines Expliquant la démarche

3.6.1 Processus de Traitement en Trois Étapes

Notre système d’alerte est organisé en trois étapes de traitement distinctes, chacune avec un objectif précis et des durées spécifiques.

- Étape 1 - Traitement d’Initialisation (1 minute) : Au démarrage de chaque cycle de traitement, une période d’initialisation de 1 minute est allouée. Pendant cette phase, la caméra située dans la forêt capture un flux vidéo en temps réel. Pour optimiser

l'efficacité du traitement, nous avons adopté une stratégie de traitement sélectif. Concrètement, nous avons choisi de traiter 5 frames en séquence, suivies d'un saut de 15 frames non traitées. Cette approche permet une analyse minutieuse tout en limitant la charge de traitement.

- Étape 2 - Traitement Intermédiaire (30 minutes) : Si l'étape d'initialisation produit une détection significative, notre système passe à une phase de traitement intermédiaire de 30 minutes. La caméra continue de capturer le flux vidéo, où chaque série de 5 frames traitées est suivie de 15 frames non traitées. En cas d'absence de détections importantes à la fin de cette phase, une alerte est générée pour signaler l'absence de détection significative. Le système revient ensuite à l'étape d'initialisation pour un nouveau cycle. Si, en revanche, une détection significative est confirmée (c'est-à-dire au moins 20/100 des frames traitées), le système stocke les informations pertinentes pour l'analyse ultérieure. Ces informations incluent les images elles-mêmes, les cadres englobants détectés et les niveaux de confiance associés. En présence d'une détection continue pendant l'étape intermédiaire, notre système passe à la même phase de traitement mais une seule fois.
- Étape 3 - Traitement Avancé (3 heures) : En présence d'une détection continue pendant le deuxième processus de l'étape intermédiaire, notre système passe à la phase de traitement avancé, d'une durée de 3 heures. Durant cette période, le flux vidéo est soumis au même processus de traitement intermittent, où chaque lot de 5 frames traitées est suivi de 15 frames non traitées. Si une détection persistante est observée pendant cette phase, notre système déclenche une alerte. et continue dans le cycle de la même phase. Mais s'il n'y a pas de détection, notre système revient à la première phase de traitement.

3.6.2 Mécanisme d'Alerte

Lorsqu'une détection est confirmée dans l'une des étapes de traitement, notre système d'alerte entre en jeu pour informer les parties concernées de manière adaptée.

- Évaluation de la Confiance : Nous stockons les résultats de chaque détection confirmée, y compris les cadres englobants et les niveaux de confiance associés, dans une liste. Cette liste est utilisée pour calculer la moyenne et le maximum des niveaux de confiance des détections.
- Notifications Multiples : En fonction de la confiance moyenne et maximale calculée, notre système envoie des alertes par SMS et par email. Les alertes SMS contiennent la moyenne de confiance et un message signalant une détection.

Alertes SMS : Lorsqu'une détection est confirmée, un SMS est envoyé, contenant la confiance moyenne des détections et un message informant les destinataires de la détection.

Alertes Email : Si la confiance maximale des détections dépasse la confiance moyenne, un email est envoyé. Cet email comprend un message indiquant la détection, une image avec les cadres englobants associés à la détection maximale, ainsi qu'une vidéo débutant 5 secondes avant la détection maximale et durant 10 secondes.

3.6.3 Gestion des Alertes Fausses/Continues

En cas de fausse alerte pendant l'une des étapes de traitement, notre système envoie une alerte pour signaler cette situation. Si une détection continue se produit pendant

les étapes de traitement intermédiaire et avancée, le processus se répète pour une durée déterminée.

3.7 Finalisations des Fichiers Exécutables et Configurations

Afin de mener notre projet à son achèvement et d'assurer la fonctionnalité opérationnelle de notre système de détection de feux et de fumées, nous avons entrepris des étapes de finalisation technique. Ces mesures ont été prises pour garantir la flexibilité, l'accessibilité et la cohérence du système dans un environnement réel.

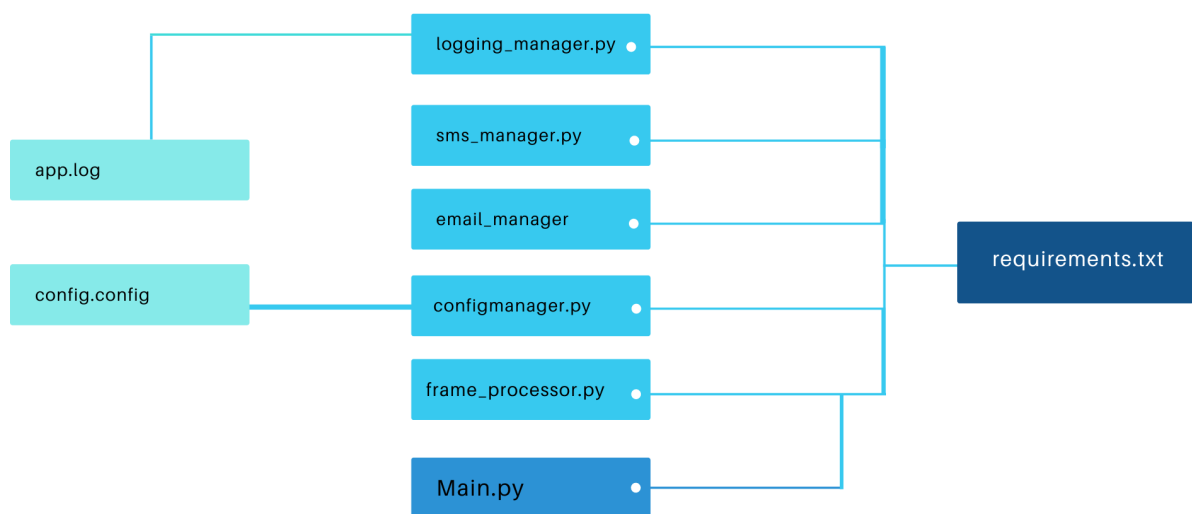


FIGURE 3.10 – Disposition des fichiers

3.7.1 Journalisation avec `app.log`

Pour faciliter le suivi et la gestion de notre programme, nous avons mis en place un fichier de journalisation nommé "`app.log`". Ce fichier est utilisé pour enregistrer les informations, les erreurs et les avertissements générés par notre programme. Cela permet de disposer d'un historique précis des opérations effectuées, aidant ainsi à diagnostiquer les problèmes et à effectuer des ajustements appropriés.

3.7.2 Configuration Dynamique

Pour offrir une plus grande adaptabilité aux utilisateurs, nous avons élaboré un fichier de configuration. Ce fichier permet aux utilisateurs de personnaliser diverses exigences de notre programme en fonction de leurs besoins. Ils peuvent notamment modifier les paramètres liés aux comptes email et SMS, ainsi que les informations spécifiques à la

caméra. Cette fonctionnalité donne aux utilisateurs un contrôle accru sur la manière dont le système opère, favorisant une expérience personnalisée.

3.7.3 Environnement Virtuel

Afin d'optimiser la stabilité et l'isolation de notre application, nous avons développé notre système au sein d'un environnement virtuel. Cela a permis de créer un espace de développement indépendant, isolant les dépendances de notre projet des autres environnements. Les avantages incluent la réduction des conflits potentiels entre les dépendances et la facilitation des mises à jour sans affecter d'autres projets.

3.7.4 Fichier Requirements

Pour simplifier le déploiement de nos systèmes sur diverses plateformes, nous avons élaboré un fichier `requirement.txt`. Ce fichier répertorie l'ensemble des dépendances requises pour faire fonctionner notre application. Il facilite l'installation cohérente des bibliothèques nécessaires, minimisant les erreurs liées aux versions et garantissant une expérience utilisateur uniforme.

En consolidant ces approches dans notre processus de finalisation technique, nous avons créé un système qui offre une réaction rapide et adaptée en cas de détection de feux et de fumées, tout en fournissant des mécanismes pour la personnalisation et la gestion efficace. L'utilisation d'un environnement virtuel et d'outils de configuration dynamique a renforcé la robustesse et la flexibilité de notre système, assurant ainsi une expérience utilisateur fluide et personnalisée.

Chapitre 4

Le Stage et la Formation d'Ingénieur

En premier, cette expérience à MAJAL BERKANE a constitué une étape essentielle de mon parcours académique, me permettant de mettre en pratique les connaissances acquises au cours de ma formation d'ingénieur généraliste à l'école Centrale Casablanca, et d'acquérir de nouvelles compétences spécifiques au domaine de l'innovation et de l'intelligence territoriale.

4.1 Apports de la Formation

Ma formation à l'ECC m'a fourni les bases théoriques nécessaires pour comprendre les concepts clés de l'innovation et de l'intelligence économique. Elle m'a également doté des compétences en analyse de données, en gestion de projets, et en communication à travers les ateliers de développement personnel qui se sont avérées essentielles dans le cadre de mon stage.

4.2 Enrichissement Personnel et Professionnel

Ce stage m'a permis de développer mon sens de l'initiative, ma capacité à travailler en équipe, ainsi que ma résolution de problèmes. J'ai également pu acquérir une compréhension approfondie des enjeux du développement territorial au Maroc, et de la vision du futur de sa majesté le roi Mohammed 6.

4.3 Perspectives Futures

Fort de cette expérience au sein de MAJAL BERKANE SA, je suis plus motivé que jamais à poursuivre ma carrière dans le domaine de l'innovation, plus précisément le traitement d'images. Je compte utiliser les connaissances et les compétences acquises lors de mon stage pour contribuer de manière significative aux projets futurs et aux défis que je rencontrerai dans ma carrière d'ingénieur.

Finalement, ce stage a été une expérience riche et formatrice, et je suis reconnaissant envers l'entreprise MAJAL BERKANE SA pour cette opportunité exceptionnelle qui a enrichi ma formation d'ingénieur et renforcé ma passion pour l'innovation au service du développement local.

Conclusions et Perspectives

La réalisation de ce projet a été une expérience passionnante et enrichissante, marquant l'aboutissement de nos efforts. À travers ce rapport, nous avons exploré en détail les différentes phases qui ont jalonné notre mission, depuis l'analyse initiale de la problématique jusqu'aux finalisations techniques.

Lors de l'élaboration de notre système, nous avons tenu compte de la nécessité de fournir une solution robuste et précise pour la détection de situations critiques. L'intégration de modèles de deep learning et la mise en place d'une méthodologie rigoureuse pour les tests et les évaluations ont permis de garantir la performance et la fiabilité de notre système.

Un aspect central de notre projet a été l'élaboration d'un système d'alerte intelligent qui répond aux besoins réels. La conception de ce mécanisme d'alerte a été guidée par l'équilibre entre réactivité et précision, évitant les fausses alertes tout en garantissant une réponse rapide en cas de détection confirmée. Cette approche personnalisée reflète notre engagement envers la création d'une solution adaptée aux besoins spécifiques des parties prenantes.

En somme, ce projet a été une occasion exceptionnelle de mettre en pratique nos compétences techniques et notre créativité pour résoudre une problématique complexe. Les défis rencontrés tout au long de la mission ont été autant d'opportunités d'apprentissage et de croissance professionnelle. Nous sommes fiers du résultat final et confiants que notre solution représente une contribution significative dans le domaine de la sécurité et de la prévention des risques.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui nous ont soutenus tout au long de ce projet, de nos encadrants. Ce travail marque un jalon dans notre parcours d'ingénieurs, et nous sommes enthousiastes quant aux perspectives et aux opportunités qui se présentent devant nous dans ce domaine en constante évolution.

Bibliographie

- [1] Introduction to Roboflow. <https://docs.roboflow.com/>.
- [2] « GitHub.Com Help Documentation ». GitHub Docs, <https://ghdocs-prod.azurewebsites.net/en>.
- [3] Ultralytics Documentation. <https://docs.ultralytics.com/>.
- [4] Kaggle Notebooks Documentation. <https://www.kaggle.com/docs/notebooks>.
- [5] Kim, Byoungjun, et Joonwhoan Lee. « A Video-Based Fire Detection Using Deep Learning Models ». Applied Sciences, vol. 9, n 14, janvier 2019, p. 2862. www.mdpi.com, <https://doi.org/10.3390/app9142862>.
- [6] OpenCV : OpenCV modules. <https://docs.opencv.org/4.x/>.
- [7] Terven, Juan, et Diana Cordova-Esparza. A Comprehensive Review of YOLO : From YOLOv1 and Beyond. arXiv, 7 août 2023. arXiv.org, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.00501>.