



Mémoire de fin d'études

Réalisé par

Ulrich KEMKA TAKENGNY

Optimisation des Algorithmes de Deep
Learning pour la Détection et la
Reconnaissance en Temps Réel de Véhicules
Militaires dans des Images et Vidéos

Diplôme préparé : **Manager de Solutions Digitales et Data**

Encadrant Professionnel :

Jonas RENAULT

Encadrant Académique :

Mohamed EL AFRIT

Année Académique 2023-2024

Dédicace

*A ma famille pour son sacrifice et son soutien indéfectible,
en témoignage de mon infinie reconnaissance et mon profond attachement*

A tous ceux qui me sont chers...

Remerciements

Je n'aurais pas pu mener ce projet à bien sans l'aide précieuse et le soutien de nombreuses personnes dont la générosité et l'intérêt pour mon travail m'ont beaucoup aidé à progresser. Je tiens à remercier :

Jonas RENAULT, responsable informatique et mon encadreur professionnel, pour son orientation, son expertise et ses conseils tout au long de cette formation avec beaucoup de patience et de pédagogie.

Mohamed EL AFRIT et Sayf BEJAOU, mes encadreurs académiques pour leurs conseils nécessaires à la rédaction de ce mémoire.

Frédérique SEGOND, directrice de la mission Défense et Sécurité de l'Inria, pour sa confiance et son soutien constant dans la réalisation de ce projet.

L'ensemble du personnel et des enseignants de IMIE-PARIS pour leur suivi, leur encadrement et les connaissances précieuses qu'ils ont partagées tout au long de cette formation.

Les membres du jury, qui nous font l'honneur et la faveur d'évaluer ce travail, pour leur temps et leur bienveillance.

Tous mes camarades de promotion pour leur solidarité, leur soutien et les moments de partage qui ont enrichi cette expérience.

Simeone Rossye MAKAHAM GUIAFAING et mes amis proches pour leur écoute, leur compréhension et leur soutien moral dans les moments difficiles.

Je ne peux terminer sans mentionner mes remerciements, les plus dévoués, à toutes celles et tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont également aidé dans ce travail, en me fournissant leur aide, leur soutien ou simplement un mot d'encouragement.

Résumé

Résumé Provisoire

Ce mémoire traite de l'optimisation des algorithmes de deep learning pour la détection et la reconnaissance en temps réel de véhicules militaires dans des images et des vidéos. L'objectif principal est d'étudier l'état de l'art des méthodes existantes et d'apporter des améliorations basées sur l'intégration de techniques avancées telles que les modèles génératifs et la data augmentation. Le projet ADOMVI, auquel ce travail a contribué, vise à optimiser les performances des modèles de détection comme YoloV8, en tenant compte des contraintes spécifiques du domaine militaire, notamment la rareté des données et les conditions de visibilité variées. Les résultats obtenus montrent une amélioration notable des performances de détection et de reconnaissance, tout en soulignant les défis persistants liés à la robustesse des modèles en conditions réelles. Ce mémoire conclut sur la nécessité de poursuivre les recherches pour perfectionner ces algorithmes et adapter les solutions technologiques aux besoins des opérations de défense.

Abstract

Abstract Provisoire

This thesis focuses on the optimization of deep learning algorithms for the real-time detection and recognition of military vehicles in images and videos. The primary objective is to study the state-of-the-art methods and propose improvements based on the integration of advanced techniques such as generative models and data augmentation. The ADOMVI project, to which this work has contributed, aims to optimize the performance of detection models like YoloV8, considering the specific constraints of the military domain, including data scarcity and varying visibility conditions. The results demonstrate a significant improvement in detection and recognition performance while highlighting persistent challenges related to the robustness of models in real-world conditions. This thesis concludes with the necessity to continue research to refine these algorithms and adapt technological solutions to the needs of defense operations.

Table des matières

Dédicace	1
Remerciements	2
Résumé	3
Abstract	4
Table des matières	6
Liste des Figures	7
Liste des Tableaux	8
1 Introduction	9
1.1 Présentation de l'entreprise	11
1.1.1 Centre de recherche Inria	11
1.1.2 Département Défense et Sécurité	11
1.2 Contexte et problématique	12
1.3 Initialisation du projet	13
1.3.1 Charte du projet	13
1.3.2 Registre des parties prenantes	15
1.3.3 Choix de la méthode de gestion du projet	16
2 Titre du chapitre 1	17
2.1 Section une	17
2.1.1 Sub section One	17
3 Titre du chapitre 2	18
3.1 Section une	18
3.1.1 Sub section One	18

Conclusion	19
Bibliographie	A
Liste des acronymes	B
Annexes	B
A Résultats des entrainements du model YOLO	C

Liste des Figures

1.1	Agile Scrum	16
-----	-----------------------	----

Liste des Tableaux

1.1	Charte du Projet DetReco	14
1.2	Registre des parties prenantes pour le projet DetReco	15

Chapitre 1

Introduction

Introduction Provisoire

Aujourd'hui, les données sont souvent comparées au pétrole du XXI^e siècle. Chaque jour, plusieurs téraoctets de données sont stockés, constituant le carburant essentiel de la technologie moderne et de l'intelligence artificielle (IA) en particulier. Cette abondance de données rend possible le développement d'algorithmes sophistiqués, notamment dans le domaine du deep learning, qui permettent de traiter, d'analyser et d'interpréter des informations complexes avec une précision sans précédent.

Cependant, malgré cette richesse de données, de nombreux organismes issus de secteurs variés, en particulier le secteur de la défense, rencontrent des difficultés pour accéder à certaines catégories d'informations indispensables à l'évolution de leurs systèmes d'intelligence artificielle. Ces difficultés sont principalement dues à la rareté et à la confidentialité des données spécifiques, telles que celles relatives à la reconnaissance optique, notamment dans des contextes de sécurité nationale. Cela pose un défi majeur pour les systèmes automatisés de détection et de reconnaissance, qui doivent être capables de fonctionner efficacement même avec des données limitées.

Dans ce contexte, une question clé se pose : dans quelle mesure le deep learning peut-il améliorer la détection et la reconnaissance en temps réel de véhicules militaires dans des images et vidéos, en surmontant les obstacles liés à la rareté des données et à la diversité des environnements d'observation ? L'objectif de ce mémoire est d'explorer cette question en profondeur, en étudiant l'état de l'art des méthodes et algorithmes existants et en proposant des améliorations pour relever ces défis.

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet DetReco (Détection et reconnaissance de véhicules militaires sur des images et vidéos), un projet ambitieux visant à optimiser les algorithmes de deep learning pour la détection et la reconnaissance en temps réel de véhicules militaires. Le projet repose sur la création et l'amélioration de jeux de données spécifiques,

ainsi que sur le fine-tuning de modèles de détection d'objets. L'intégration de modèles génératifs, tels que ceux basés sur la diffusion stable, pour augmenter la diversité des données d'entraînement, constitue également une part cruciale de ce projet.

Les résultats de ce travail pourraient non seulement améliorer les capacités des systèmes de défense en matière de surveillance et de reconnaissance, mais aussi ouvrir la voie à de nouvelles recherches sur l'application des techniques de deep learning dans des domaines où les données sont rares ou difficiles d'accès. Par conséquent, ce mémoire vise à contribuer de manière significative à l'amélioration des algorithmes de détection et de reconnaissance dans des contextes critiques, tout en jetant les bases pour des développements futurs dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée à la défense.

1.1 Présentation de l'entreprise

1.1.1 Centre de recherche Inria

L'Inria est l'institut national de recherche en sciences et technologies du numérique, créée en 1967, il dispose de 11 centres et plus de 20 antennes et emploie 2600 personnes. La recherche de rang mondial, l'innovation technologique et le risque entrepreneurial constituent son ADN. Au sein de 215 équipes-projets en général communes avec des partenaires académiques, plus de 3 900 chercheurs et ingénieurs y explorent des voies nouvelles. 900 personnels d'appui à la recherche et à l'innovation contribuent à faire émerger et grandir des projets scientifiques ou entrepreneuriaux qui impactent le monde.

L'institut fait appel à de nombreux talents dans plus d'une quarantaine de métiers différents, travaille avec de nombreuses entreprises et a accompagné la création de plus de 180 start-ups. Inria soutient la diversité des voies de l'innovation : de l'édition open source de logiciels à la création de startups technologiques (Deeptech).

1.1.2 Département Défense et Sécurité

Le renforcement des partenariats avec la sphère Sécurité et Défense de l'État est une priorité stratégique de l'Inria. C'est de ce contexte qu'est né le département. Créé en mars 2020 et dirigé par Frédérique Segond, la Mission Défense et Sécurité a pour objectif le soutien des politiques gouvernementales qui visent la souveraineté et l'autonomie stratégique numérique de l'Etat français, voire européen. Elle fédère tous les projets sécurité défense d'Inria bientôt de toute la France. L'équipe en pleine croissance est actuellement composée de seize personnes ayant chacun un rôle bien défini avec le soutien des intervenants externes à la mission.

1.2 Contexte et problématique

Le contexte de ce mémoire s’inscrit dans le cadre d’une collaboration entre l’équipe STARS du centre de Sophia-Antipolis, la Direction Générale de l’Armement Techniques Terrestres (DGA TT), et le département Défense et Sécurité de l’Inria. Cette collaboration a pour objectif de répondre à un besoin stratégique : la détection et la reconnaissance, en temps réel, de véhicules militaires dans des images et des vidéos.

Les applications de détection et de reconnaissance d’objets basées sur l’intelligence artificielle (IA) ont vu une croissance exponentielle ces dernières années. Dans le domaine de la défense, la précision et la rapidité de ces systèmes sont essentielles pour garantir la sécurité nationale. Cependant, la nature même des environnements militaires présente des défis complexes pour les algorithmes de détection : les véhicules militaires sont souvent camouflés, dissimulés partiellement, ou se trouvent dans des conditions de visibilité réduite. De plus, les données disponibles pour entraîner ces systèmes sont limitées en quantité et en diversité, en raison de leur caractère confidentiel et des contraintes d’accès aux données militaires.

Dans ce contexte, l’application des modèles de deep learning à la reconnaissance des véhicules militaires représente une avancée significative. Cependant, les méthodes traditionnelles de deep learning rencontrent des limitations lorsqu’elles sont appliquées à ce domaine spécifique. Par exemple, les bruits et les interférences sur les images, la rareté des données d’entraînement, et les défis liés au camouflage et aux occultations rendent la tâche de détection plus difficile.

La problématique principale de ce mémoire est donc la suivante : *Dans quelle mesure le deep learning peut-il améliorer la détection et la reconnaissance en temps réel de véhicules militaires dans des images et vidéos ?*

L’objectif de ce mémoire est d’étudier l’état de l’art des algorithmes de deep learning appliqués à cette problématique, de développer des solutions innovantes pour surmonter les limitations existantes, et de proposer des recommandations pour améliorer la performance de ces systèmes dans des contextes opérationnels. Pour cela, ce travail intègre l’utilisation de techniques avancées telles que la data augmentation, l’utilisation de modèles génératifs pour enrichir les jeux de données, et l’optimisation des modèles de détection pour les adapter aux contraintes spécifiques du domaine militaire.

Ce projet, nommé *DetReco* (Détection et reconnaissance de véhicules militaires sur des images et vidéos), vise à concevoir une solution technologique robuste, capable de répondre aux besoins opérationnels des acteurs de la défense tout en tenant compte des spécificités du domaine, telles que la confidentialité et la rareté des données disponibles.

1.3 Initialisation du projet

1.3.1 Charte du projet

L'objectif du projet *DetReco* est de développer une solution robuste pour la détection et la reconnaissance en temps réel de véhicules militaires dans des images et des vidéos. Cette solution repose sur l'optimisation des algorithmes de deep learning afin de surmonter les défis spécifiques rencontrés dans le domaine de la défense, tels que le camouflage, la rareté des données et les environnements complexes.

Cependant, pour que cette solution soit efficace, il est important que les algorithmes et les modèles développés soient continuellement améliorés et adaptés en fonction des nouvelles données et des retours d'expérience issus des déploiements sur le terrain. Cela signifie que les modèles doivent être régulièrement revus par l'équipe de développement, et que toute modification apportée à la structure des données ou à l'environnement d'entraînement doit être suivie d'une mise à jour des algorithmes correspondants afin de maintenir leur efficacité opérationnelle.

L'optimisation des modèles de détection permet de réduire les faux positifs et les faux négatifs, augmentant ainsi la précision globale du système. Elle permet également de s'assurer que les modèles restent performants dans des scénarios variés, en particulier face à des véhicules camouflés ou partiellement occultés. Cette approche est essentielle pour garantir que la solution réponde aux exigences opérationnelles des acteurs de la défense.

Pour tirer pleinement parti du projet *DetReco*, il est important que les modèles soient régulièrement ajustés et entraînés en fonction des nouvelles situations et images rencontrées lors des recherches. Ainsi, lorsque de nouvelles images deviennent disponibles, ou lorsque les conditions d'entraînement évoluent, les modèles doivent être réentraînés et les paramètres ajustés en conséquence pour garantir leur pertinence continue.

Agile Project Charter	
General Project Information	
Project Name	Détection et reconnaissance de véhicules militaires en temps réel dans des images et vidéos
Project Sponsor	Direction Générale de l'Armement Techniques Terrestres (DGA TT)
Organization	Inria (Équipe STARS et mission Défense & Sécurité)
Project Start Date	????
Project End Date	????
Project Details	
Mission	Le projet vise à développer une solution de détection et de reconnaissance en temps réel de véhicules militaires dans des images et vidéos à l'aide d'algorithmes de deep learning optimisés pour des environnements complexes.
Vision	La solution permettra de différencier les véhicules militaires des autres objets dans des conditions de visibilité réduite ou camouflée, assurant ainsi une meilleure précision pour les opérations militaires.
Scope	Le projet couvrira l'optimisation des algorithmes de détection d'objets pour les environnements militaires, en mettant l'accent sur les points difficiles tels que faible résolution, faible contraste, occultations et camouflage robuste face aux variations d'images et la confidentialité des données.
Success Metrics	Amélioration de la précision de détection à 80%, réduction des faux positifs de 15%.
Definition of Done criteria	Les modèles de détection auront été intégrés avec succès dans l'environnement opérationnel de test et validés avec des données réelles en conditions militaires.
Project Team	
Project Manager	Jonas RENAULT
Scrum Master	Jonas RENAULT
Technical Lead	Jonas RENAULT
Team Members	Équipe STARS, mission Défense & Sécurité
Team Rules	
Duration of Sprint	Sprint de deux semaines
Break Between Sprints	> 1 jour
Duration of Sprint Planning Meeting	1 heure
Duration of Daily Scrum Meeting	30 minutes
Duration of Sprint Review	30 minutes
Duration of Sprint Retrospective	1 heure

Table 1.1: Charte du Projet DetReco

1.3.2 Registre des parties prenantes

Le registre des parties prenantes est un outil essentiel utilisé dans la gestion de projet pour identifier, analyser et gérer les parties prenantes impliquées dans le projet. Il permet de recueillir et de consolider les informations clés sur chaque partie prenante afin de mieux comprendre leurs besoins, attentes, intérêts et influences.

Dans le tableau ci-dessous, nous pouvons observer les parties prenantes et leurs caractéristiques.

#	Nom	Type	Rôle	Intérêt	Pouvoir	Stratégie	Contributions	Attentes
P1	Développeur	Interne	Développer les algorithmes de détection et de reconnaissance	Élevé	Faible	Garder Informé	Ils développent les modèles de deep learning et les optimisent pour les environnements militaires.	Précision et robustesse des modèles
P2	Analyste de données	Interne	Préparer et annoter les jeux de données	Élevé	Faible	Garder Informé	Ils doivent préparer des jeux de données diversifiés pour entraîner les modèles.	Qualité et diversité des données
P3	Chercheur	Interne	Conduire les recherches nécessaires à l'amélioration des algorithmes	Élevé	Moyen	Garder Informé	Ils mènent des expérimentations pour tester et valider les approches proposées, en apportant des améliorations.	Pertinence et innovation des solutions
P4	Chef de projet	Interne	Manager le projet et l'équipe	Élevé	Élevé	Acteur Clé	Ils coordonnent l'équipe, s'assurent du respect des délais, et communiquent avec les sponsors.	Périmètre et délais
P5	Commanditaire (DGA TT)	Externe	Financer et évaluer le projet	Élevé	Élevé	Acteur Clé	Ils planifient les réunions de suivi, apportent des modifications et valident les livrables.	Efficacité des résultats

Table 1.2: Registre des parties prenantes pour le projet DetReco

1.3.3 Choix de la méthode de gestion du projet

Pour le projet DetReco, la méthodologie agile Scrum a été choisie pour sa capacité à s'adapter aux projets complexes et flexible. Scrum divise le travail en sprints, permettant une évaluation régulière des ajustements des modèles et des résultats de leur entraînement en fonction des retours.

Cette méthode est bien adaptée à DetReco, où les algorithmes de deep learning nécessitent des optimisations continues en fonction des nouvelles images et des résultats des entraînements des modèles étudiés. Elle permet à l'équipe de s'ajuster rapidement aux spécificités des environnements militaires.



Figure 1.1: Agile Scrum [8]

Chapitre 2

Titre du chapitre 1

2.1 Section une

2.1.1 Sub section One

Chapitre 3

Titre du chapitre 2

3.1 Section une

3.1.1 Sub section One

Conclusion

Conclusion Provisoire

Ce mémoire a permis d'explorer l'utilisation des algorithmes de deep learning pour la détection et la reconnaissance en temps réel de véhicules militaires dans des images et des vidéos. À travers l'étude de l'état de l'art et la contribution au projet ADOMVI, plusieurs avancées ont été réalisées, notamment l'optimisation des modèles de détection comme YoloV8 et l'intégration de techniques de data augmentation, telles que l'utilisation de modèles génératifs comme Stable Diffusion.

L'analyse a montré que, bien que les méthodes actuelles offrent des résultats prometteurs, elles présentent encore certaines limites, notamment en termes de robustesse face à des conditions de visibilité dégradées ou de rareté des données d'entraînement. Ces résultats soulignent l'importance de continuer à explorer des méthodes plus sophistiquées et à améliorer les jeux de données pour mieux répondre aux contraintes spécifiques du domaine militaire.

En conclusion, ce travail a posé les bases pour des recherches futures dans le domaine de la détection et de la reconnaissance en temps réel, en mettant en lumière l'importance des données de qualité et des techniques avancées de deep learning pour répondre aux exigences opérationnelles des acteurs de la défense. Il ouvre également la voie à des collaborations renforcées entre les centres de recherche et les entités de défense pour le développement de solutions technologiques innovantes et adaptées.

Bibliographie

- [1] Steven Bird. Nltk: The natural language toolkit. In *In Proceedings of the ACL Workshop on Effective Tools and Methodologies for Teaching Natural Language Processing and Computational Linguistics*. Philadelphia: Association for Computational Linguistics, 2001.
- [2] Roger Caillois. *Les jeux et les hommes*. Gallimard, Paris, 1991.
- [3] Prenom et Nom. *Mon livre*. Editeur, 2012.
- [4] Prenom et Nom. *Mon livre*. Editeur, 2012.
- [5] Gérard Genette. *Figure III*. Seuil, Paris, 1972.
- [6] Johan Huizinga. *Homo Ludens. Essai sur la fonction sociale du jeu*. Gallimard, Paris, 1951 [1938].
- [7] Henry Jenkins. Game design as narrative architecture. In Pat Harrigan and Noah Wardrip-Fruin, editors, *First Person : new media as story, performance, and game*. MIT Press, Cambridge, 2004.
- [8] Mahefa. Les pratiques agiles permettent d’améliorer la qualité de votre conception web en la stimulant, 2024. Consulté le: 29 août 2024.
- [9] Jean-Marie Schaeffer. *Pourquoi la fiction ?* Seuil, Paris, 1999.

Liste des acronymes

ABC A contrived acronym testet IUKR. 4

EFG Another fdgfgfgfddldr. 4

SVM Support Vector fffff. 4

Annexe A

Résultats des entrainements du model YOLO

Résultats des tests avec différents modèles et paramètres d'Epoch

Dataset ImageNet, OpenImages, Russian Military Annotated (Roboflow), Google et données augmentées : 6670 images

yolov8m :

- Epoch = 60 \Rightarrow mAP = 0.34253746508577226

	precision	recall	f1-score	support
AFV	0.71	0.66	0.68	731
APC	0.59	0.57	0.58	100
LAV	0.51	0.41	0.46	56
MEV	0.22	0.40	0.29	10
micro avg	0.68	0.63	0.65	897
macro avg	0.51	0.51	0.50	897
weighted avg	0.68	0.63	0.65	897

- Epoch = 100 \Rightarrow mAP = 0.3274801530457814

	precision	recall	f1-score	support
--	-----------	--------	----------	---------

AFV	0.67	0.66	0.67	731
APC	0.49	0.40	0.44	100
LAV	0.60	0.38	0.46	56
MEV	0.27	0.60	0.38	10
micro avg	0.64	0.61	0.63	897
macro avg	0.51	0.51	0.49	897
weighted avg	0.65	0.61	0.63	897

- Epoch = 80 \Rightarrow mAP = 0.40498063244882654

	precision	recall	f1-score	support
AFV	0.73	0.62	0.67	731
APC	0.54	0.56	0.55	100
LAV	0.51	0.48	0.50	56
MEV	0.21	0.60	0.32	10
micro avg	0.67	0.61	0.64	897
macro avg	0.50	0.57	0.51	897
weighted avg	0.69	0.61	0.64	897

- Epoch = 70 \Rightarrow mAP = 0.36426944310433346

	precision	recall	f1-score	support
AFV	0.71	0.64	0.67	731
APC	0.57	0.55	0.56	100
LAV	0.51	0.38	0.43	56
MEV	0.26	0.60	0.36	10
micro avg	0.67	0.61	0.64	897
macro avg	0.52	0.54	0.51	897
weighted avg	0.68	0.61	0.64	897

- Epoch = 90 \Rightarrow mAP = 0.37367839713565054

	precision	recall	f1-score	support
AFV	0.72	0.66	0.69	731
APC	0.63	0.54	0.58	100
LAV	0.49	0.45	0.47	56
MEV	0.26	0.50	0.34	10
micro avg	0.69	0.63	0.66	897
macro avg	0.53	0.54	0.52	897
weighted avg	0.69	0.63	0.66	897

yolov8l :

- Epoch = 80 \Rightarrow mAP = 0.3595970594160545

	precision	recall	f1-score	support
AFV	0.69	0.64	0.66	731
APC	0.53	0.52	0.52	100
LAV	0.45	0.45	0.45	56
MEV	0.24	0.50	0.32	10
micro avg	0.65	0.61	0.63	897
macro avg	0.48	0.53	0.49	897
weighted avg	0.65	0.61	0.63	897

- Epoch = 100 \Rightarrow mAP = 0.3306744746120061

	precision	recall	f1-score	support
AFV	0.69	0.66	0.68	731
APC	0.63	0.49	0.55	100
LAV	0.52	0.43	0.47	56
MEV	0.21	0.40	0.28	10

micro avg	0.67	0.62	0.64	897
macro avg	0.51	0.49	0.49	897
weighted avg	0.67	0.62	0.64	897