

Génération d'un plan de navigation à partir d'une scène

#PFE23-R-198

2023-2024

Auteurs : Luca Bankofski, Théo Heller, Martial Brostin, David Marchès, Alexis Marie, Thomas Mabilie

En 2023, l'OMS faisait état de 1,19 million de morts par an dans le monde dus aux accidents de la circulation [1]. L'UE, de son côté, comptabilisait 20 640 morts en 2022 [2].

La sécurité est une préoccupation importante de l'OMS. Elle souhaite réduire le nombre de décès par deux d'ici 2023 et l'UE va plus loin avec un objectif de 0 morts en 2050. Pour cela, la réglementation (UE) 2019/2144 contraint tous les véhicules neufs à partir de 2024 à être équipés d'un certain nombre de systèmes d'aide à la conduite (ADAS) [3].

Cependant, l'âge moyen du parc automobile en UE était de 12 ans en 2021 et est en constante hausse [4]. Si on prend l'exemple de la France, c'est environ 10% des véhicules en circulation qui ont plus de 20 ans [5].

Depuis 2010, c'est environ 4 millions de voitures supplémentaires chaque année qui circulent dans l'UE [4] dont 300 000 [5] en France, cela rend d'autant plus important l'optimisation du trafic.

C'est dans ce contexte, que nous nous sommes intéressés à la question suivante : **Comment rendre accessible l'automatisation des véhicules pour améliorer la sécurité et optimiser le trafic routier ?**

La solution que nous avons choisi d'explorer pour répondre à cette question est celle d'une caméra embarquée utilisant de l'intelligence artificielle qui permettrait d'augmenter la sécurité des voitures faiblement équipées en systèmes d'aide à la conduite et d'optimiser le trajet par rapport à une application de navigation classique en s'appuyant sur l'observation de l'environnement direct du véhicule.

Résumé

Notre projet a débuté par 2 semaines de cadrage. Le sujet étant vaste et ambitieux, il était primordial de nous donner des objectifs concrets pour ce projet de recherche afin d'obtenir une réelle valeur ajoutée.

Nous avons donc choisi de nous focaliser sur la sécurité et l'optimisation des trajets en voiture. Le cadrage étant réalisé, nous avons poursuivi par la mise en place de nos protocoles expérimentaux puis le développement des algorithmes de sécurité et d'optimisation. Cette partie a été très intense puisqu'elle représente le cœur du sujet.

Nous avons par la suite effectué de nombreuses simulations afin d'obtenir les résultats les plus pertinents possibles que nous avons pu présenter au travers d'un poster scientifique et d'un jury final.

Méthodologie

Cette année, nous avons choisi d'adopter la méthode Agile Scrum pour notre projet. Cette approche itérative et flexible nous a été très bénéfique. En organisant notre travail en sprints courts et planifiés, nous avons pu obtenir des résultats tangibles rapidement. De plus, les réunions régulières de rétrospective nous ont permis d'apporter continuellement des améliorations à notre projet.

Pour pouvoir mettre en place cette méthode agile Scrum, nous avons choisi d'utiliser Notion, une application polyvalente qui intègre entre autres des fonctionnalités de gestion de projet. Grâce à cette application, nous avons pu organiser nos sprints, hiérarchiser les tâches et répartir efficacement les responsabilités entre les membres de l'équipe.

Nous avons tenté de contacter des experts de la sécurité routière sur LinkedIn, ainsi que les pompiers par courriel, dans le but d'obtenir leur avis sur notre solution et éventuellement de convenir d'un entretien pour discuter de leurs besoins et des possibilités d'intégration de notre solution. Malheureusement, nous n'avons pas eu de retour sur nos sollicitations. De plus, nous avons également fait un post sur LinkedIn qui s'est montré lui aussi infructueux. Cependant, nous avons tout de même pu présenter notre solution au cours d'un forum organisé par LYRIDS, le centre de recherche de l'ECE.

Conception et développement

La première étape de conception de projet fut l'état de l'art initial sur tout ce qui touchait de près ou de loin à l'optimisation des trajets [*PFE23-R-198_EDA_Algorithmes*] et à l'automatisation des véhicules [*PFE23-R-198_DG_ADAS*]. Notre projet ayant pris du retard pour être cadré, nous avons réalisé une large analyse du domaine de notre recherche. C'est ce qui nous a permis très vite de savoir sur quels points nous voulions agir une fois le cadrage du projet fini.

La seconde étape de ce projet fut de mettre en place les protocoles expérimentaux permettant de valider nos objectifs [*PFE23-R-198_PE_Sécurité_IA*], [*PFE23-R-198_PE_Optimisation_Génération-graphes*], [*PFE23-R-198_PE_Optimisation_Simulation-graphes*]. Nous nous sommes complexifié la tâche en effectuant deux études en parallèle. En effet, notre étude préliminaire mettait en valeur deux grands défis pour le trafic routier de demain : la sécurité et l'optimisation C'est pourquoi deux grandes parties ont été mises en place à ce moment du projet avec leurs protocoles expérimentaux et expériences respectives.

La troisième étape de ce projet fut la création de tous nos algorithmes. Une étape laborieuse que ce soit dans la partie sécurité ou optimisation car nos protocoles nécessitaient un grand nombre d'algorithmes pour effectuer les simulations que nous voulions.

La quatrième et la plus longue étape de ce projet fut de réaliser et d'analyser nos simulations. En effet dans les deux parties de notre projet, il y avait des simulations sur de grandes plages de données à effectuer afin de garantir une certaine précision tout en étant le plus exhaustif possible pour valider nos protocoles expérimentaux. C'est dans cette partie que nous avons dû surmonter le plus de problèmes puisque nous n'avions pas les ressources nécessaires à nos ambitions. [*PFE23-R-198_TEM_Sécurité_IA*], [*PFE23-R-198_TEM_Optimisation_Génération-graphes*], [*PFE23-R-198_TEM_Optimisation_Simulation-graphes*]

Enfin, la dernière grande partie de notre projet fût de mettre en lien toutes nos analyses, de les mettre au propre et de créer des graphiques pour pouvoir présenter nos résultats au plus grand nombre. Cette étape inclue la création de tous les documents livrables, du poster de valorisation du projet [*PFE23-R-198_PS_Vvalorisation*] à la mise au propre de tous nos codes sur git [https://github.com/alexismarieece/PFE_RECHERCHE_VOITURE] même si cette dernière étape s'est déroulée tout au long du projet.

Défis

Notre parcours dans ce projet a été jalonné de divers défis, chacun marquant une étape importante de notre démarche dont voici la liste :

- **Cadrage du sujet :** Il nous a fallu beaucoup de temps avant de réussir à voir plus clair dans le cadrage de notre projet. En effet, nous n'avions pas la même vision de ce que devait être le projet que l'enseignant chercheur qui l'a proposé. Cela nous a conduit à faire de nombreuses réunions pour se mettre d'accord sur une problématique à suivre. L'état de l'art initial du projet et l'étude sur l'ADAS nous ont aussi beaucoup aidé à déterminer quels étaient les points les plus concrets sur lesquels notre projet pouvait avoir un réel impact.
- **Temps alloué au projet :** Comme notre équipe est composée de 5 alternants ayant un programme scolaire plus chargé, le début de notre projet, en plus d'être dur à cadrer, fut long à démarrer. Heureusement, une fois le cadrage effectué, nous avons très vite rédigé nos protocoles expérimentaux puisque nous savions exactement ce que nous voulions développer.
- **La partie sécurité de notre projet fut un réel défi** tant il était difficile à la fois de récupérer des données d'entraînement et d'entraîner notre modèle. Nous avons dû faire face à un réel obstacle puisque nous n'avions pas assez de ressources pour développer cette partie comme nous le voulions. Nous avons donc fait le choix de nous concentrer au maximum sur les parties de l'aspect sécurité qui étaient à notre portée.
- **Organisation des tâches de chacun :** Il était très difficile de gérer les temps de travail de chacun lors des réalisations techniques de ce projet. En effet, nous n'avons pas tous le même bagage informatique et notre projet étant majoritairement réalisé à partir de code, nous avons fait des compromis dans le temps de travail de chacun. Pour que tous puissent participer, nous avons aussi pris beaucoup de temps à expliquer entre nous ce que nous avons réalisé.

Résultats

Partie Sécurité

1. Détection des véhicules, des piétons et des panneaux de signalisation

A l'aide du model YOLO, nous avons pu entraîner notre propre model d'intelligence artificiel nous permettant de détecter les objets d'une vidéo comme on peut le voir sur la figure suivante :

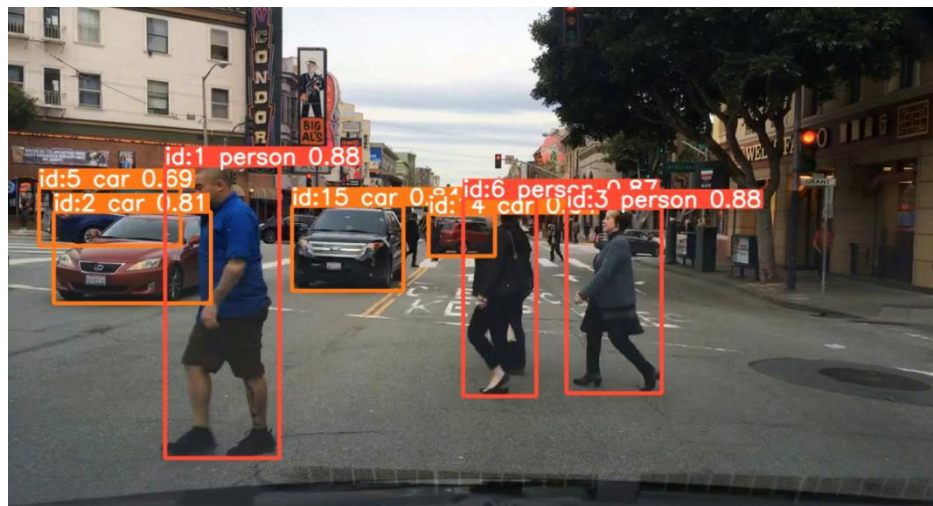


Figure 1 - Sortie de notre modèle de détection d'image.

Le point fort de notre modèle est la détection d'objets sur le champ proche. Nous obtenons les résultats suivants :

Reconnaissance des personnes :

	Détection	Certitude
Globale	21,3 %	69,2 %
Proche	83,0 %	84,1 %

Reconnaissance des véhicules :

	Détection	Certitude
Globale	56,7 %	73,2 %
Proche	92,1 %	82,9 %

Le plus important est le temps de traitement du model qui doit être le plus court possible pour alerter l'utilisateur d'un danger imminent le plus vite possible. Nous avons réussi à obtenir un temps d'inférence bien plus court que le temps de réaction de l'humain avec un temps moyen de **111ms**. Cela nous permet de conclure qu'il serait possible en poursuivant ce projet d'améliorer significativement le temps de réaction des conducteurs et leur sécurité grâce à notre solution.

2. Détection des situations dangereuse

Comme précisé précédemment, faute de temps et de moyens, nous n'avons pas réussi à obtenir de résultats concluants sur cette partie et avons préférés mobiliser nos efforts sur les autres expériences.

Partie Optimisation

1. Étude préliminaire

Nous avons mis en place une étude préliminaire explicitée dans notre protocole [*PFE23-R-198_PE_Optimisation_Génération-graphes*] servant à démontrer quelles étaient les variables importantes que nous devions prendre en compte pour la suite de nos simulations. Les résultats de cette étude sont développés dans le git de notre projet.

Cette étude nous a en particulier permis de prouver que la taille d'une ville n'avait pas d'influence sur la construction intrinsèque de son réseau routier nous permettant d'éliminer cette variable dans nos simulations. Nous y avons aussi prouvé que la proportion de routes à sens unique était une variable qu'il était cruciale de prendre en compte puisqu'elle n'est pas du tout constante d'une ville à l'autre.

2. Analyse des simulations

Après cette étude préliminaire, nous avons mis en place 4 situations explicitées dans le protocole [*PFE23-R-198_PE_Optimisation_Simulation-graphes*] et avons pu comparer les performances de ces situations entre-elles en prenant en compte de nombreuses variables.

Les résultats les plus importants sont résumés dans le graphique suivant :

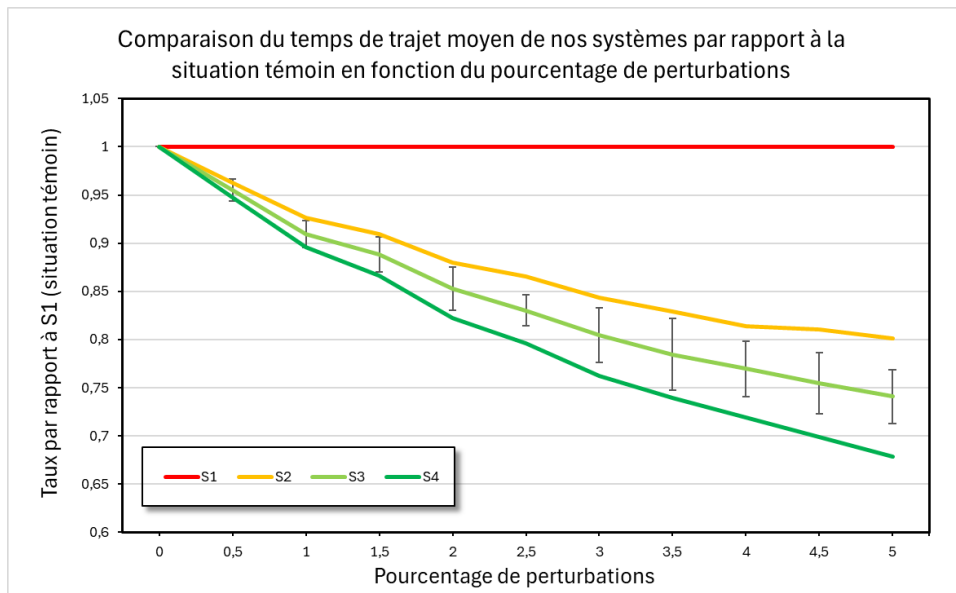


Figure 2 - Performances de S2, S3 et S4 par rapport à S1 en fonction du pourcentage de perturbations (avec un rayon de S3 fixé à 300m de vision).

On y remarque que toutes villes confondues, une voiture équipée de notre solution pourrait gagner des temps de trajet significatifs. En effet, avec 5% de perturbations fixées à 60 secondes sur le réseau routier, c'est près de 25% de temps gagné avec notre solution S3 équipée dans un véhicule.

Nous avons aussi pu mettre en avant l'importance de la communication entre les voitures possédant notre solution. Notre situation S3 est la plus réaliste et nous remarquons clairement sur le graphique suivant que son rayon de communication joue un rôle crucial dans son efficacité. Pour un système optimal, nous avons déduit de nos analyses qu'un rayon de communication de 1000m serait suffisant pour atteindre le résultat le plus optimal.

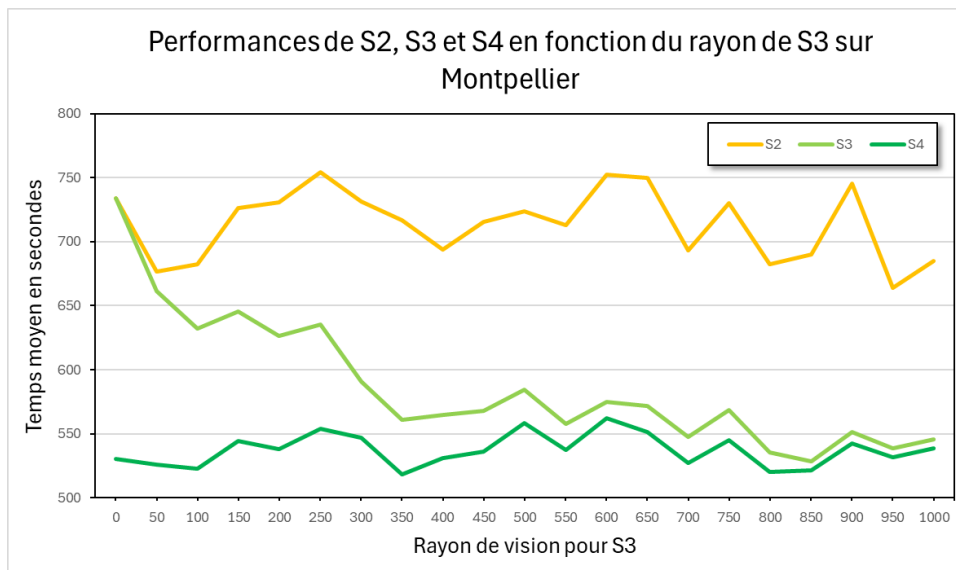


Figure 3 - Performance de S1, S2 et S3 en fonction du rayon de vision de S3 sur la ville de Montpellier.

Enfin, nous avons vérifié l'influence que pouvait avoir la proportion de routes à sens unique sur nos situations. Nous n'avons pas trouvé de réelle corrélation entre ces deux variables, ce qui nous a poussé à considérer que la proportion de voies à sens unique n'avait pas d'influence directe sur les performances de nos systèmes.

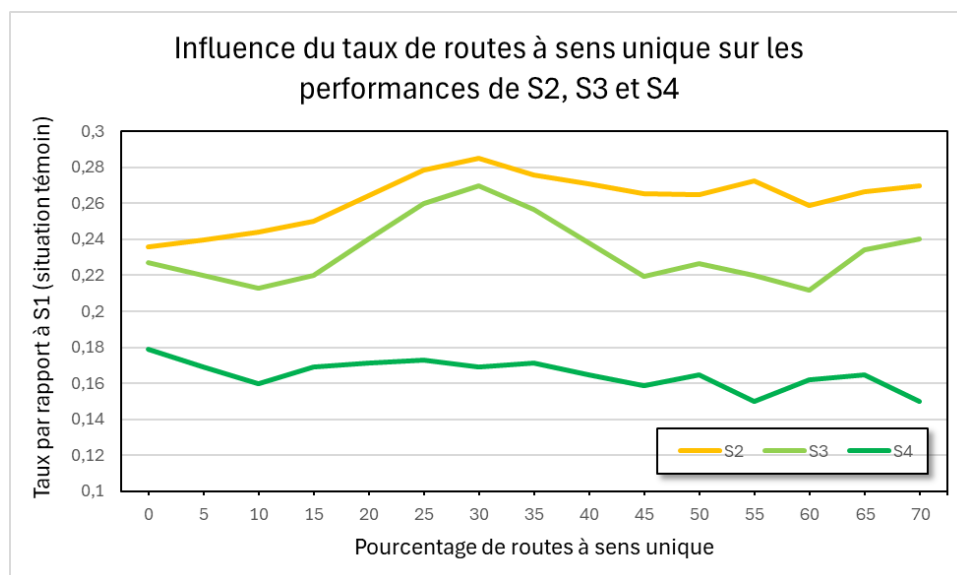


Figure 4 - Performances de S2, S3 et S4 en fonction de la proportion de routes à sens unique.

Cela nous permet de conclure que les résultats énoncés à partir de la Figure 2 sont des résultats valables pour toutes les villes et donc que notre solution aurait un réel impact sur l'optimisation des trajets dans nos villes.

Critique

Partie sécurité :

Les objectifs initiaux étaient d'une part de pouvoir détecter des objets dans une vidéo et d'autre part d'utiliser ces objets détectés pour évaluer si oui ou non notre situation était dangereuse.

L'état de l'art initial sur la partie intelligence artificielle nous a beaucoup aidé à créer un modèle très performant pour la détection de panneaux, de piétons ou encore de véhicules sur la route. Cependant, cette détection était beaucoup moins bonne dans le champ éloigné des vidéos qui pourtant pourrait être tout aussi important à analyser si une voiture roule à grande vitesse par exemple.

Pour ce qui est de l'évaluation de la dangerosité d'une scène, nous n'avons pas obtenu de résultats concluants ; peut-être parce que nous avons sous-estimé les ressources nécessaires à l'entraînement d'une telle intelligence artificielle. En effet, il était très dur d'obtenir des données d'entraînements. Ces données étant des vidéos, elles prenaient une place conséquente sur nos ordinateurs. Enfin, un modèle capable de faire ce que nous voulions aurait nécessité une puissance de calcul bien au-delà de ce que l'on pouvait mettre en place avec nos maigres ressources.

Partie optimisation :

Pour la partie optimisation, le but était de montrer l'intérêt de notre solution en comparant les performances de nos différentes situations de test S1, S2, S3 et S4 entre-elles.

Nous avons réussi à atteindre ce but en prenant en compte bon nombre de variables que nous voulions étudier, mais nous n'avons cependant pas réussi à être aussi exhaustif que nous le voulions. En effet, la charge de travail de collecte et d'analyse des simulations était très lourde et longue mais cela ne nous a pas empêché pour autant d'avoir de nombreux résultats très satisfaisants pour le temps qui nous a été donné.

Nous avons beaucoup de simulations à effectuer lors de ce projet que ce soit dans la partie sécurité ou optimisation mais nous n'avons pas anticipé que nous allions avoir autant besoin de puissance de calcul. Malgré des protocoles expérimentaux parfaitement bien cadré sur nos objectifs, il était très difficile d'obtenir des résultats exhaustifs pour ce qui est de la partie optimisation et très difficile d'entraîner nos modèles d'intelligence artificielle pour la partie sécurité. Nous avons peut-être voulu faire un peu trop de choses pour ce projet.

Conclusion

En conclusion, bien que ce projet ait été mené en un laps de temps relativement court, nous avons pu obtenir des résultats prometteurs. Nous pensons réellement que ce projet a de l'avenir et qu'il pourrait apporter beaucoup à tout l'écosystème de la circulation routière.

Notre collaboration en tant qu'élèves alternants a été une expérience enrichissante, où chacun a pu apporter ses compétences spécifiques pour contribuer au succès du projet. Par ailleurs, la diversité de nos majeures a renforcé notre cohésion en soulignant l'importance des échanges entre l'éducation et le monde professionnel.

Ce fut pour tous les membres du groupe un projet très enrichissant et une très belle manière de finir notre cursus ingénieur au sein de l'ECE.

Remerciements

Nous tenions à remercier M. Hina, M. Borgnon, M. Emotte ainsi que tout le pôle projet. Nos remerciements vont également à M. Muller, M. Ferdeghini et au laboratoire de recherche LyRIDS pour avoir organisé le forum où nous avons pu présenter notre solution.

Références

- [1] Organisation Mondiale de la Santé, Rapport de situation sur la sécurité routière, 2023
- [2] Commission européenne, Directorate-General for Mobility and Transport, 2023
- [3] Journal officiel de l'Union européenne, Règlement (UE) 2019/2144 du parlement européen et du conseil
- [4] ACEA, POCKET GUIDE 2023/2024, 2023
- [5] Ministère de la transition écologique et de la Cohésion des territoires, Données sur le parc de véhicules en circulation au 1er janvier 2022, 2022
- [6] ONISR données définitives jusqu'en 2022