



Université A/Mira de Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département d'Informatique

Mémoire évaluée le 1^{er} décembre 2021, en vue de l'obtention du
diplôme de Master 2 en informatique
Option : Intelligence Artificielle
Sous le thème

Proposition d'une approche de reconnaissance de comportement de conduite dans les systèmes de transport automobile

Réalisé par :
Younes LAHDIR
Katia ALLACHE

Devant le jury composé de :

President : Dr.Soraya ALLOUI
Examineur : Dr.Mohand MOKETFI
Encadrant : Dr.Sofiane AISSANI
Co – Encadrant : Mme.Djamila ZAMMOUCHE

** Remerciements **

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Nous remercions tout d'abord Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé et de nous avoir permis d'en arriver là où on est, en nous procurant patience , courage et guidance durant toute notre vie afin de faire du bien dans nos entourages.

Nos plus vifs remerciements vont au membres de notre jury qui ont accepté d'évaluer notre modeste travail, leurs remarques et directives nous seront d'une grande utilité.

Nous remercions aussi nos encadrants, à savoir Dr. Sofiane aissani et Mme. Djamila Zamouche pour leurs patience et leurs encouragements ainsi que leurs directives durant la réalisation de ce travail, puissent-ils retrouver ici l'expression de notre forte gratitude.

Une vie sans famille est une vie sans vie, puissent nos parents et nos proches, qui nous ont soutenus et épaulé durant toute la réalisation de ce memoire, trouver la parfaite expression de notre affection et de nos remerciements.

Nous ne pouvons oublier nos amis et tout ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce fruit d'études, nous ne pouvons citer les noms à defaut d'espace, mais nous ne pouvons non plus oublier tout le bien qu'ils ont apporté à nos vies.

※ *Dédicaces* ※

Je dédie ce travail ;

A mes très chers parents, tout ce qu'ils ont fait m'ont rendu l'homme que je suis actuellement ;

A ma très chère soeur, qui à été et qui est toujours à mon écoute, qui m'a épaulé durant toute mon existence ;

A mes amis, qui ont su marquer ma vie avec leurs bienveillances ;

A ma binôme et fiancée Katia, qui est toujours là pour moi, que Dieu nous procure une longue et saine vie loin des turbulances ;

A toute sa famille également ;

Merci d'être là pour moi.

Younes

※ Dédicaces ※

A la memoire de mes Grand-Parents

J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde

A mes chers parents (père, mère et grand-mère)

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, et leurs prières pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, tout au long de mes études. Vous êtes mes exemples, mes premiers supporteurs et ma plus grande force. Merci pour votre présence, votre soutien, votre aide financière, et merci de n'avoir jamais douté de moi. Tout ce que j'espère, c'est que vous soyez fiers de moi aujourd'hui.

A mes chères sœurs KAHINA et CILIA

Pour leur appui, encouragement, tendresse, complicité et leur présence malgré la distance qui nous sépare et qui font de mon univers une merveille, je leurs souhaite beaucoup de bonheur et de réussite. Et à toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours, spécialement ma tante Rekia qui m'a beaucoup aidé moralement.

A mon cher fiancé et binome Younes LAHDIR

Je dédie mon travail à mon très merveilleux homme Younes LAHDIR, ma plus grande source de bonheur, je le remercie pour ses mots d'encouragement, sa présence et son soutien. Et à toute ma belle famille pour leur soutien tout au long de mon parcours.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infallible, l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Merci d'être toujours là pour moi.

Katia

Abstract

Transport is an essential part of our daily lives. Over time, the number of transport vehicles produced and sold has increased exponentially, leading to an increase in the driver numbers, some of whom are reckless, resulting in more frequent accidents. Our paper proposes an approach, called Full Driving Behaviour Detection, which not only performs internal detection using Gaussian blending to filter the data and then a convolutional neural network to detect the driver's states, but also establishes an external analysis, such that the whole system triggers when there is an approaching vehicle or a change in the trajectory or acceleration, ensuring better optimality for energy conservation and efficiency.

Key words : Intelligent Transport Systems ; Driving Behaviour Detection ; Connected Car ; Full Driving Behaviour Detection ; Gaussian Mixture ; Convolutional Neural Network

Résumé

Le transport est une opération primordiale pour nos besoins quotidiens. Au fil des temps, la production et la vente des moyens de transports s'accroît exponentiellement, engendrant l'augmentation du nombre de conducteurs dont certains sont insouciantes, et donc les accidents sont plus fréquents. Notre mémoire propose une approche, nommée Full Driving Behaviour Detection, qui non seulement fait la détection interne en utilisant le mélange gaussien pour filtrer les données, puis un réseau de neurones convolutif pour détecter les états du conducteur, mais aussi établir une analyse externe, or tout le système se déclenche lorsqu'il y a un véhicule qui s'approche ou lorsqu'il y a un changement dans la trajectoire ou l'accélération, assurant ainsi plus d'optimalité en terme de conservation d'énergie et de rendement.

Mots clés : Systemes de Transport Intelligent ; Détection de comportement de conduite ; Voiture connectée ; Full Driving Behaviour Detection ; Mélange gaussien ; Réseau de Neurones Convolutif

Table des matières

Table des matières	i
Liste des Figures	iii
Liste des Tableaux	iv
Notations et symboles	v
Introduction Générale	1
1 Les systèmes de transports intelligents	2
1.1 Introduction	2
1.2 Définition des systèmes de transport intelligents (STIs)	2
1.3 Evolution des STIs	3
1.4 Composition des STI	4
1.5 Objectifs des STIs	4
1.6 Technologies utilisées par les STIs	5
1.7 Avantages et limitations des STIs	5
1.7.1 Avantages d'utilisation des STIs	5
1.7.2 Défis rencontrés par les STIs	5
1.8 Conclusion	6
2 Méthodes de détection des mouvements dans les STIs	8
2.1 Introduction	8
2.2 Position du problème	8
2.3 Analyse d'histogrammes et représentation graphiques	8
2.3.1 Définitions et utilités d'un histogramme	8
2.3.2 Représentations graphiques par courbes	9
2.3.3 Articles proposés dans la littérature	11
2.4 Articles se basant sur les réseaux de neurones	11
2.4.1 Articles proposés dans la littérature	11
2.5 Synthèse	13
2.5.1 Analyse des articles étudiés	13
2.5.2 Discussion	14
2.6 Conclusion	14

3	Modèle Proposé	15
3.1	Introduction	15
3.2	Motivations	15
3.3	Description du système proposé	15
3.3.1	Véhicule connecté	18
3.3.2	Capteurs Lidar	18
3.4	Architecture proposé	19
3.4.1	Description du modèle	19
3.4.2	Algorithme d'exécution	19
3.5	Validation et évaluation des performances	19
3.5.1	Métriques utilisées	19
3.5.2	validation et preuves mathématiques	21
3.5.3	Resultats Recueillis	21
3.5.4	Discussion	21
3.6	Conclusion	22
	Conclusion Générale et Perspectives	25
	Bibliographie	26

Table des figures

1.1	Acteurs principaux dans les STIs [23]	2
1.2	Modèle d'implémentation d'un système de transport intelligent. [20]	3
1.3	Chronologie d'évolution des STIs [14]	4
1.4	Avantages d'intégration des STIs dans nos vies quotidiennes [14]	6
2.1	Exemple d'histogramme [1]	9
2.2	Exemple de polygone des effectifs ou des fréquences et l'histogramme lui correspondant[2]	10
2.3	Exemple de Courbes des effectifs ou des fréquences[2]	10
2.4	Schéma d'un perceptron multi-couches illustrant l'estimation de l'âge au décès à partir de l'observation de critères osseux de la surface sacro-pelvienne iliaque.[17]	12
3.1	Un ensemble de véhicules connectés [3]	16
3.2	Une vue générale sur un véhicule connecté [4]	17
3.3	Une vue détaillé sur un véhicule connecté [5]	18
3.4	Un capteur Lidar [6]	19
3.5	Le modèle proposé en couche	21
3.6	Organigramme d'exécution de l'approche proposée	23
3.7	accélération du conducteur recueillie	24

Liste des tableaux

2.1	Tableau comparatif synthétisant	14
-----	---	----

Notations et symboles

	<i>CAN</i>	<i>Car Area Network</i>
C	<i>CNN</i>	<i>Convolutionnal Neural Network</i>
	<i>C – ITS</i>	<i>Lesysteme cooperatif de transport intelligent</i>
	<i>DAS</i>	<i>Lescore d'angoisse du conducteur</i>
D	<i>DMED</i>	<i>Unmodle de detection precoce des manoeuvres de conduite</i>
	<i>DSRC</i>	<i>Communications de courte distance</i>
E	<i>EEG</i>	<i>Electroencephalographie</i>
	<i>GAN</i>	<i>Unreseau adversatif generatif</i>
G	<i>GNSS</i>	<i>Lesysteme mondial de navigation par satellite</i>
	<i>GPS</i>	<i>Lesysteme de positionnement mondial</i>
	<i>GPU</i>	<i>Graphical Processing Unit</i>
I	<i>IHM</i>	<i>Interface Homme Machine</i>
G	<i>LSTM</i>	<i>Long short – term memory (memoire a long terme)</i>
M	<i>mRMR</i>	<i>Redondance minimale et pertinence maximale</i>
P	<i>PSO – SVM</i>	<i>Particle Swarm Optimization – Support Vector Machine</i>
R	<i>R * CNN</i>	<i>Region Based Convolutional Neural Networks</i>
S	<i>STI</i>	<i>Systmes de Transport Intelligents</i>
U	<i>UMD</i>	<i>University of Michigan Dearborn</i>
V	<i>VEEP</i>	<i>Virtual Environment Education Project</i>
	<i>VGG – 16</i>	

Introduction Générale

Le transport est une opération primordiale dans la vie de chacun d'entre nous, elle répond à nos besoins quotidiens. De ce fait, l'homme a toujours cherché à faire évoluer ses moyens de transport, de l'utilisation d'animaux jusqu'aux voitures modernes.

Au fil des temps, la production des moyens de transports connaît un chiffre important dans le marché de vente, traduite par l'augmentation du nombre de conducteurs dont certains sont insouciants, causant ainsi la croissance remarquable du nombre d'accidents.

Afin de parer ce risque, le développement technologique a introduit une voiture capable de sentir l'environnement externe grâce à un réseau de capteurs incrusté dedans. Néanmoins, la perception de l'environnement nécessite une analyse et un traitement de données afin d'assurer une conduite sûre et d'éviter les mouvements externes agressifs.

Notre travail consiste à développer un protocole de reconnaissance de comportement de conduite dans les systèmes de transport automobile intelligent, afin de détecter les différents types de conduite et ainsi éviter les mouvements dangereux. Il comporte trois chapitres.

Dans le premier chapitre, nous définissons les systèmes de transports intelligents, les problématiques liées à leurs utilisations, et leurs objectifs.

Le deuxième chapitre explicite quelques méthodes étudiées pour la reconnaissance des conduites, et pour chaque méthode un état de l'art de quelques travaux proposés dans la littérature.

Le dernier chapitre illustre notre proposition quant à la reconnaissance des mouvements de conduite, il admet aussi une évaluation des performances et une validation de notre approche.

Chapitre 1

Les systèmes de transports intelligents

1.1 Introduction

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter les Systèmes de Transport Intelligent, pour mettre en avant le background sur lequel nous travaillons.

1.2 Définition des systèmes de transport intelligents (STIs)

Un système de transport intelligent (STIs) est une architecture destinée à transporter des objets, des humains, des animaux etc., regroupant différents acteurs, notamment des capteurs, le véhicule lui-même, méthodes mathématiques avancées, des systèmes d'informations et de règles, qui communiquent entre eux afin d'atteindre ses objectifs, ainsi illustré dans la figure 1.1.

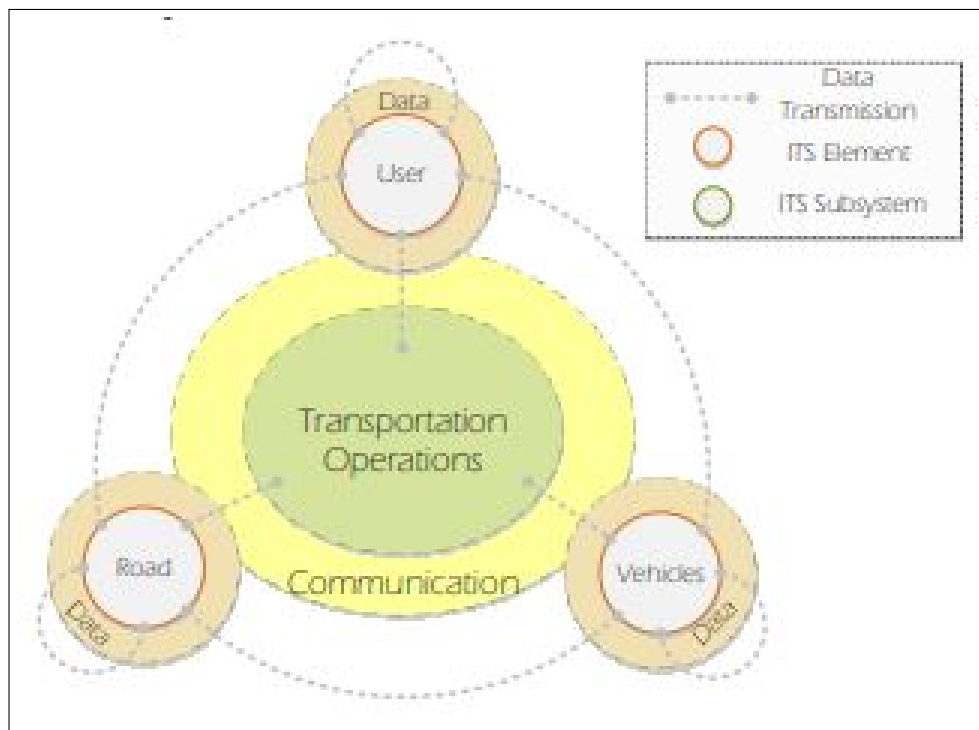


FIGURE 1.1 – Acteurs principaux dans les STIs [23]

C'est un système intelligent car il se base sur des démarches d'intelligence artificielle, comme l'apprentissage, perception, prédiction, analyse, traitement des flux de données et réaction.

Un système de transport intelligent peut être représenté de façon générale comme proposé sur la figure (Fig. 1.2)

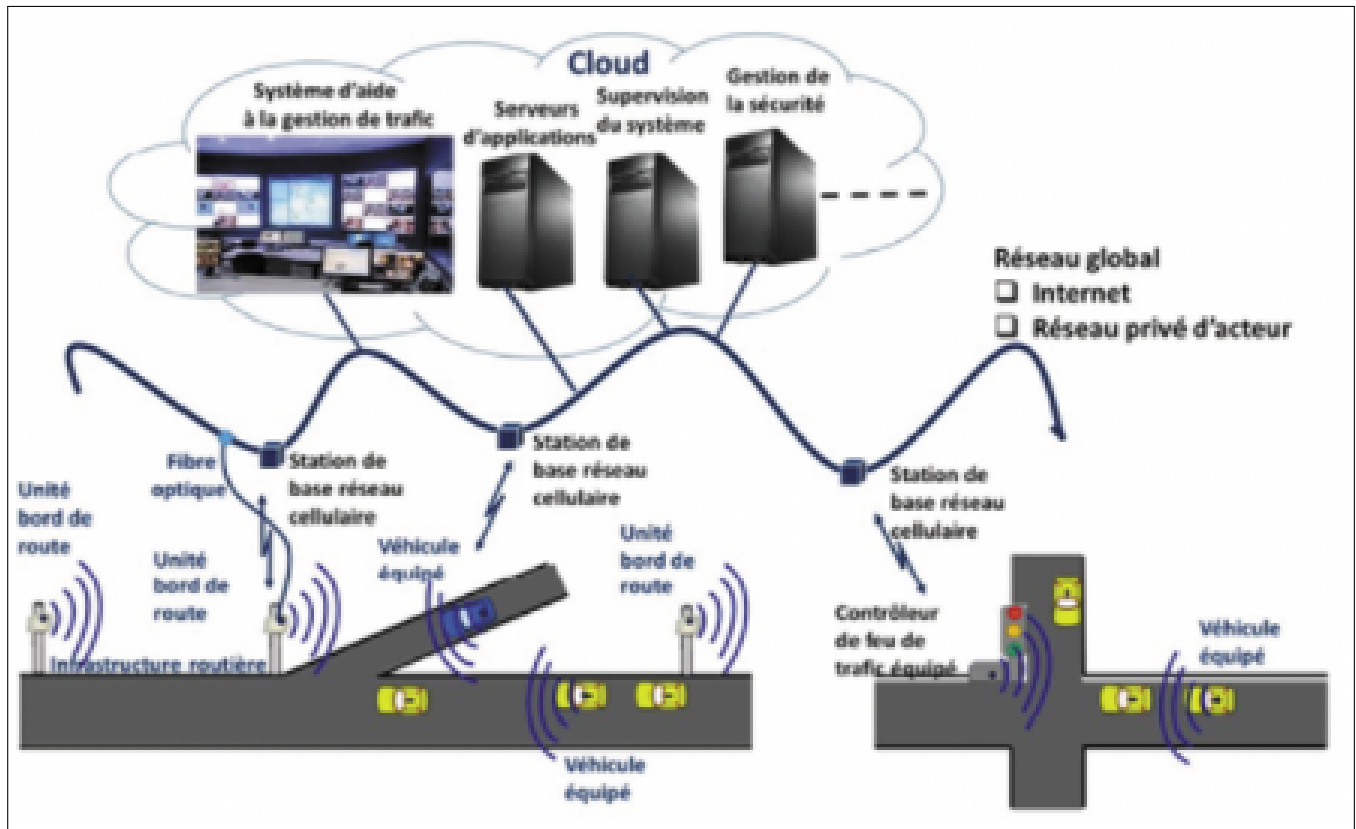


FIGURE 1.2 – Modèle d'implémentation d'un système de transport intelligent. [20]

1.3 Evolution des STIs

Le monde de la recherche a commencé à se mobiliser autour des années 1960 pour lutter contre les effets néfastes des congestions. En effet, la congestion globale des infrastructures de transport représente un coût socio-économique important en termes de pollution de l'air, de consommation de carburant ainsi que de temps perdu par les usagers dans les transports. Elle a été en constante augmentation dans le monde, résultat de l'accroissement de l'urbanisation, de la croissance démographique et du nombre d'automobiles qui a permis le phénomène dit de rurbanisation, principalement dans les pays développés. On peut distinguer 4 grandes périodes dans le développement des STIs [?] :

Années 1960-1970 : prémices ;

Années 1980-1995 : investissement dans l'information routière embarquée ;

Années 1995-2000 : interopérabilité, billettique et autoroute automatisée ;

Années 2000-2005 : mobilité durable, multimodalité et sécurité routière.

La figure (Fig. 1.3) illustre l'évolution des STIs dans le temps.

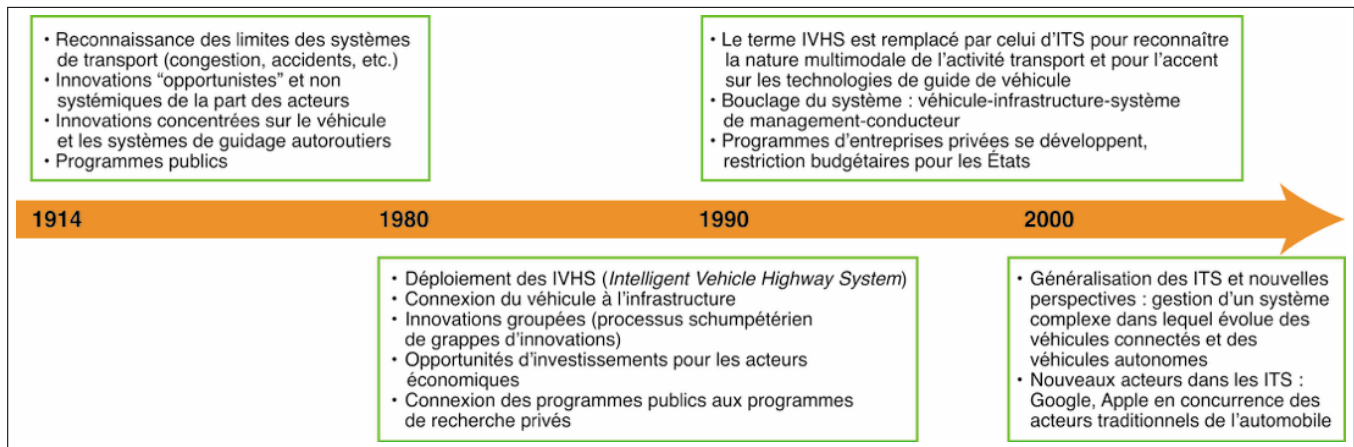


FIGURE 1.3 – Chronologie d'évolution des STIs [14]

1.4 Composition des STI

Selon [20], les Systèmes de Transport Intelligents se composent en :

Un système de fourniture de l'énergie : Les batteries du véhicule d'un voltage + 12 V à court terme, voire + 48 V, fonctionnant à l'aide d'un carburant fossile, ou d'électricité collecté.

Un système de traitement et de stockage de l'information : Le traitement et le stockage de l'information peuvent être répartis selon plusieurs modèles, privilégiant plutôt les objets mobiles (véhicules à moteur, vulnérables, etc.) ou l'infrastructure (système décentralisé) ou au contraire, très centralisé au niveau d'ordinateurs centraux pouvant être distribués plus ou moins au niveau du « cloud ». Au niveau véhicule, son système nerveux sera constitué de tous les capteurs et actionneurs nécessaires, souvent contrôlés par des unités de contrôle électronique.

Un système de communication : Le système de communication interne aux véhicules utilise une architecture de BUS (réseau local partagé), de façon à réduire le volume de câblage nécessaire. Le bus actuellement le plus fréquemment utilisé est le bus CAN (Car Area Network). Cependant, de nouveaux réseaux locaux sans fils (ex : Bluetooth ou wi-fi) sont de plus souvent utilisés au niveau des fonctions non-critiques échangeant des informations multimédias (ex : audio, images, vidéo). D'autres bus remplaceront probablement le CAN dans le futur (ex : FlexRay, Ethernet)

Un système de fourniture des services et applications : Qui pourrait supporter les masses vertigineuses des données.

Un système de sécurité : Sa fonction principale est de résister aux cyberattaques à travers la détection et l'élimination rapide des sources de ces attaques, à savoir les malwares

1.5 Objectifs des STIs

Les STI ajoutent des technologies de l'information et des communications aux infrastructures et aux véhicules de transport dans le but d'en améliorer la sécurité, la fiabilité, l'efficacité et la qualité. Les STI comprennent des technologies avancées qui visent à fournir des services novateurs liés aux

différents modes de transport et à la gestion du trafic. Ils permettent aux différents utilisateurs d'être mieux informés et d'utiliser les réseaux de transport de manière plus sûre, plus coordonnée et plus intelligente. Les technologies des STI permettent donc de réduire la congestion, d'améliorer la sécurité et d'accroître la productivité.[9]

1.6 Technologies utilisées par les STIs

Le système de transport intelligent (STI) est un système de transport qui permet aux véhicules de fonctionner en douceur pendant son trajet et offre la sécurité et le confort à un véhicule individuel ou à un réseau de véhicules en utilisant des techniques avancées qui peuvent être appliquées pour chaque mode de transport, à savoir, routes, chemins de fer, eau ou air, telles que [10] :

- Le système de positionnement mondial (GPS).
- Le système mondial de navigation par satellite (GNSS).
- Le système coopératif de transport intelligent (C-ITS).
- Communications dédiées à courte portée (DSRC).
- Les réseaux sans fil qui sont accessibles aux communications entre les véhicules et la route.
- Les réseaux téléphoniques de troisième ou quatrième génération (3G ou 4G).
- Balises hyperfréquences ou infrarouges pour transmettre le trafic en temps réel.
- La reconnaissance d'image.

1.7 Avantages et limitations des STIs

1.7.1 Avantages d'utilisation des STIs

Grace aux STI [7] :

- Les activités exigeant habituellement l'intervention humaine peuvent être automatisées.
- La performance des réseaux routiers peut être suivie et ajustée en temps réel.
- Les données qui étaient auparavant recueillies au moyen d'infrastructures coûteuses sont maintenant fournies par de nouvelles sources, plus prolifiques.
- Les analyses effectuées à partir de données historiques sont maintenant assurées par des systèmes intelligents au moyen d'analyses de données en temps réel.
- Les choix des usagers des routes, auparavant dictés uniquement par des signalisations routières, peuvent maintenant être influencés par une grande variété de canaux de diffusion comme des dispositifs mobiles ou des systèmes à bord des véhicules.

La figure (Fig. 1.4) résume les multiples avantages qu'apportent les STIs.

1.7.2 Défis rencontrés par les STIs

La mobilité intelligente est particulièrement porteuse d'emplois, d'innovations et de création de nouvelles entreprises. Toutefois, ceci représente également des centaines de milliers d'emplois indirects dans les secteurs traditionnels de la construction et de l'exploitation d'infrastructures de transport, de la construction automobile, et de la logistique, qui utilisent et déploient de plus en plus des solutions de mobilité intelligente [?]. Il convient donc de former du personnel pour parer à l'afflux des nouveautés.

De plus, malgré une forte avancée technologique, le succès des véhicules connectés et autonomes est étroitement lié à l'amélioration des infrastructures et de l'environnement urbain, qui

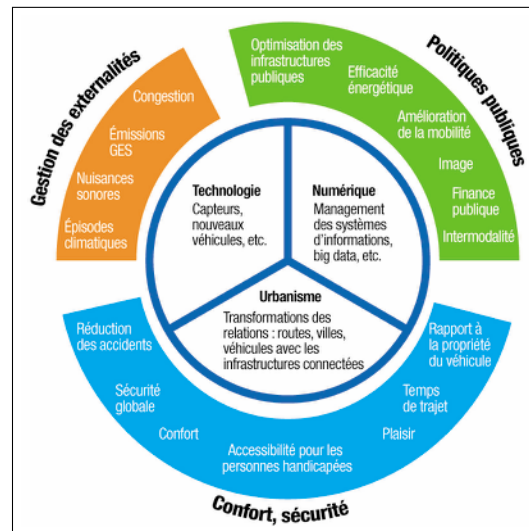


FIGURE 1.4 – Avantages d'intégration des STIs dans nos vies quotidiennes [14]

lui aussi, doit être entièrement connecté, mais également à l'évolution de la réglementation. Dans cette optique, de nombreuses firmes, dont des équipementiers automobiles, se sont lancées dans la conception de nouvelles technologies, faisant partie intégrante des STIs et des projets de villes intelligentes à travers le monde [?].

Malgré la croissance des demandes aux STIs, les services de transport intelligent sont confrontés à plusieurs autres défis les bloquant.

- la multiplication des acteurs impliqués rend de plus en plus complexe donc difficile la production de services STIs.
- les enjeux de gouvernance sont particulièrement importants, notamment pour favoriser la multimodalité.
- l'intégration d'innovations (issues généralement des services informatiques et des télécommunications) exige des expérimentations de terrain dans les transports, que les acteurs du marché ne peuvent pas toujours conduire sans l'appui des pouvoirs publics, notamment des gestionnaires d'infrastructures.
- la prolifération des services, des systèmes et des équipements associés rend difficile la priorisation par les décideurs publics confrontés à des contraintes budgétaires croissantes.
- Au fur et à mesure que les pratiques de multimodalité se diversifient (vélo et automobile en libre partage, covoiturage, véhicules électriques, etc.), on se retrouve également face à un paradoxe. Les usagers sont en effet de plus en plus exigeants sur la fluidité des interfaces intermodales, de l'information et du paiement, alors que les acteurs impliqués (maîtres d'ouvrage, autorités organisatrices, gestionnaires et fournisseurs de services) sont de plus en plus variés.
- Les autorités organisatrices de transport sont souvent au centre de ce jeu d'acteurs, mais ses services ne couvrent pas encore tout.

1.8 Conclusion

Nous avons défini dans ce chapitre les Systèmes de Transport Intelligents, et présenté leur techniques utilisées et leurs avantages et désavantages. Parmi ces limitations, on trouve le risque

d'accidents frequent ainsi que d'embouteillage. Le chapitre suivant va détailler quelques méthodes utilisées pour répondre à ces limitations, telles proposées dans la littérature.

Chapitre 2

Méthodes de détection des mouvements dans les STIs

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons expliciter quelques méthodes étudiées aboutissant à une détection de mouvements dans les Systèmes de Transport Intelligents.

2.2 Position du problème

La prolifération des véhicules de tous types conduit à des nuisances qui deviennent insupportables à la vie humaine, tout particulièrement en ce qui concerne les déplacements terrestres. Le nombre de victimes ou d'handicapés résultant des accidents routiers reste inacceptable, même si des efforts considérables ont été effectués aussi bien par les constructeurs de véhicules que par les pouvoirs publics pour réduire ceux-ci. Les embouteillages impliquant un grand nombre de véhicules thermiques génèrent des niveaux de pollution importants, que ce soit en termes de CO^2 ou de microparticules, en ce qui concerne les véhicules roulant au gasoil. Par ailleurs, nos espaces sont de plus en plus encombrés de véhicules, en particulier au niveau des villes. C'est l'un des problèmes rencontrés dans les grandes agglomérations, qui doivent trouver un bon équilibre pour répondre à la diversité des besoins des résidents sans pour autant enfermer ceux-ci dans un espace clos limitant aussi bien les échanges commerciaux que culturels. Il s'agit ici de la gestion intelligente de la mobilité en milieu urbain.

2.3 Analyse d'histogrammes et représentation graphiques

Après avoir obtenu des données brutes, il est souvent très difficile de comprendre ces données surtout si elles sont innombrables ou continues. Il est nécessaire alors d'avoir une représentation graphique facilitant l'interprétation.

2.3.1 Définitions et utilités d'un histogramme

L'histogramme est un outil fréquemment utilisé pour résumer des données discrètes ou continues qui sont présentées par intervalles de valeurs. Il est souvent employé pour montrer les caractéristiques principales de la distribution des données de façon pratique. Il est utile pour résumer de

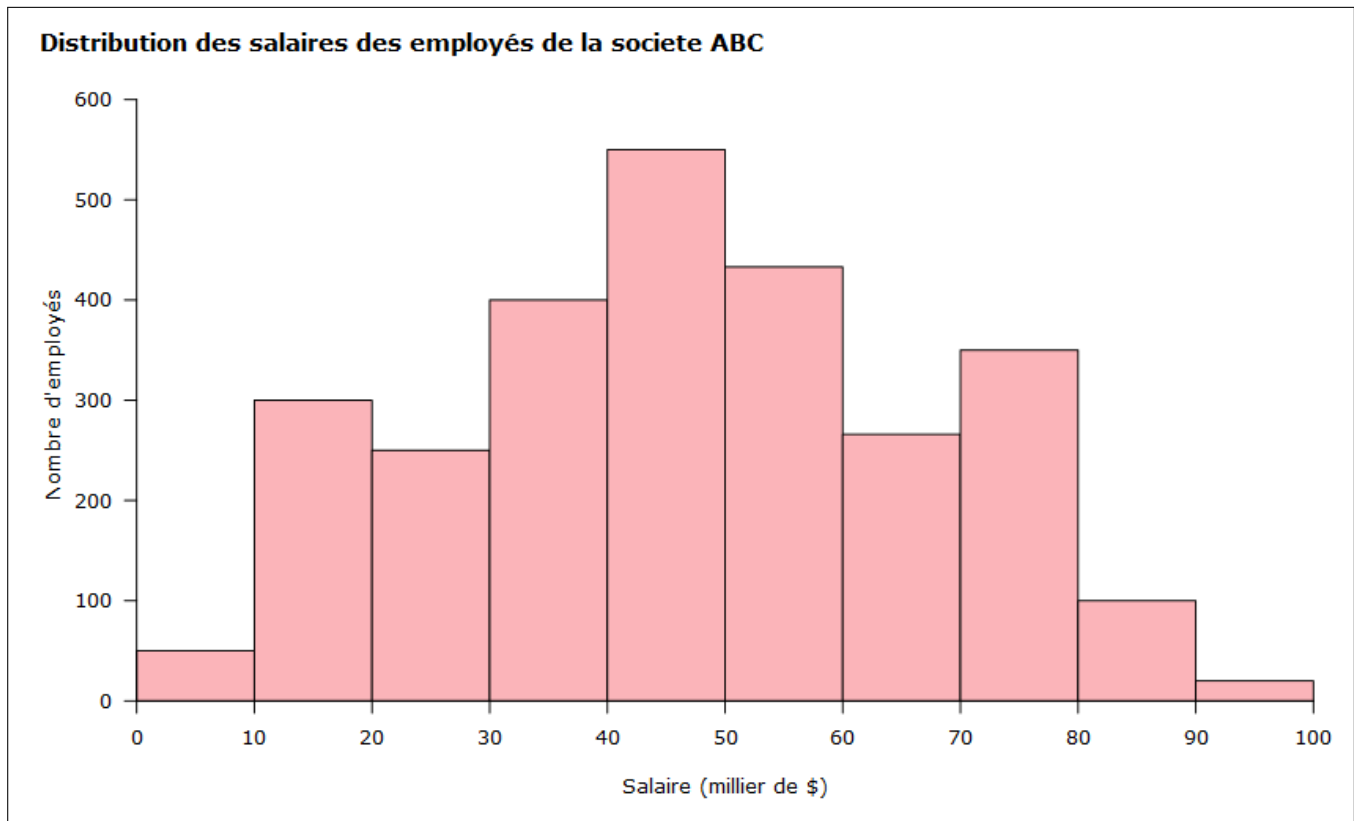


FIGURE 2.1 – Exemple d’histogramme [1]

grands ensembles de données (plus de 100 observations). Il peut également faciliter la détection d’observations inhabituelles (valeurs aberrantes) ou les intervalles sans point de donnée.

Un histogramme sépare les valeurs possibles des données en classes ou groupes. Pour chaque groupe, on construit un rectangle dont la base correspond aux valeurs de ce groupe et la hauteur correspond au nombre d’observations dans le groupe [1]. La figure (Fig. 2.1) est un modèle d’histogramme.

2.3.2 Représentations graphiques par courbes

Le polygone des effectifs ou des fréquences : Le polygone des effectifs est obtenu en joignant par des segments de droite les milieux des bases supérieures des rectangles d’un histogramme. Il permet de rendre compte de la continuité du caractère (ou variable) [2]. La figure (Fig. 2.2) est un modèle de polygone des effectifs ou des fréquences réalisé à partir d’un histogramme.

Courbes des effectifs ou des fréquences : Lorsque l’intervalle des classes est très petit et les données suffisamment nombreuses, la ligne brisée du polygone tend à devenir une courbe appelée courbes des fréquences ou courbes des effectifs [2]. En général, une courbe des fréquences ou courbes des effectifs s’agit d’une courbe d’une fonction f comme l’illustre la figure (Fig. 2.3).

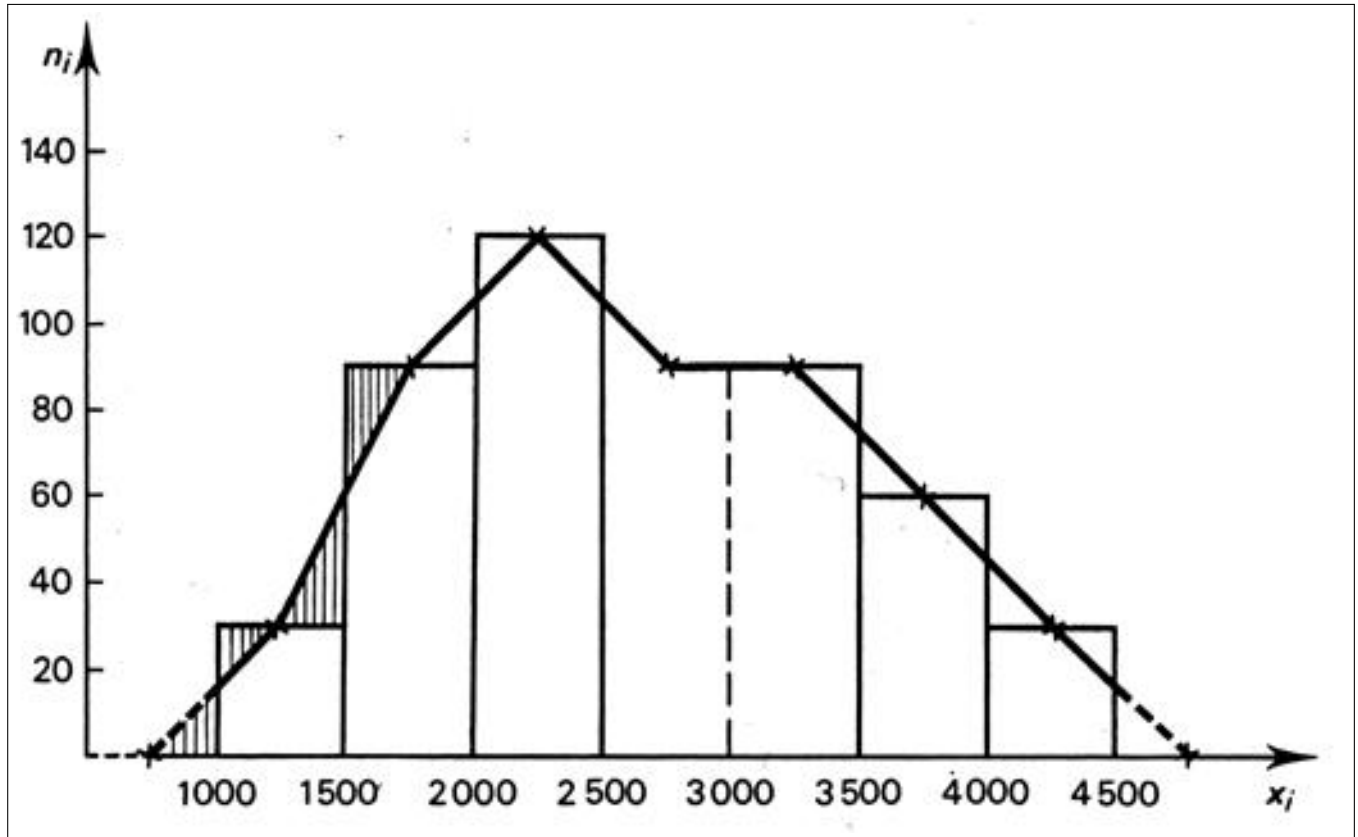


FIGURE 2.2 – Exemple de polygone des effectifs ou des fréquences et l’histogramme lui correspondant[2]

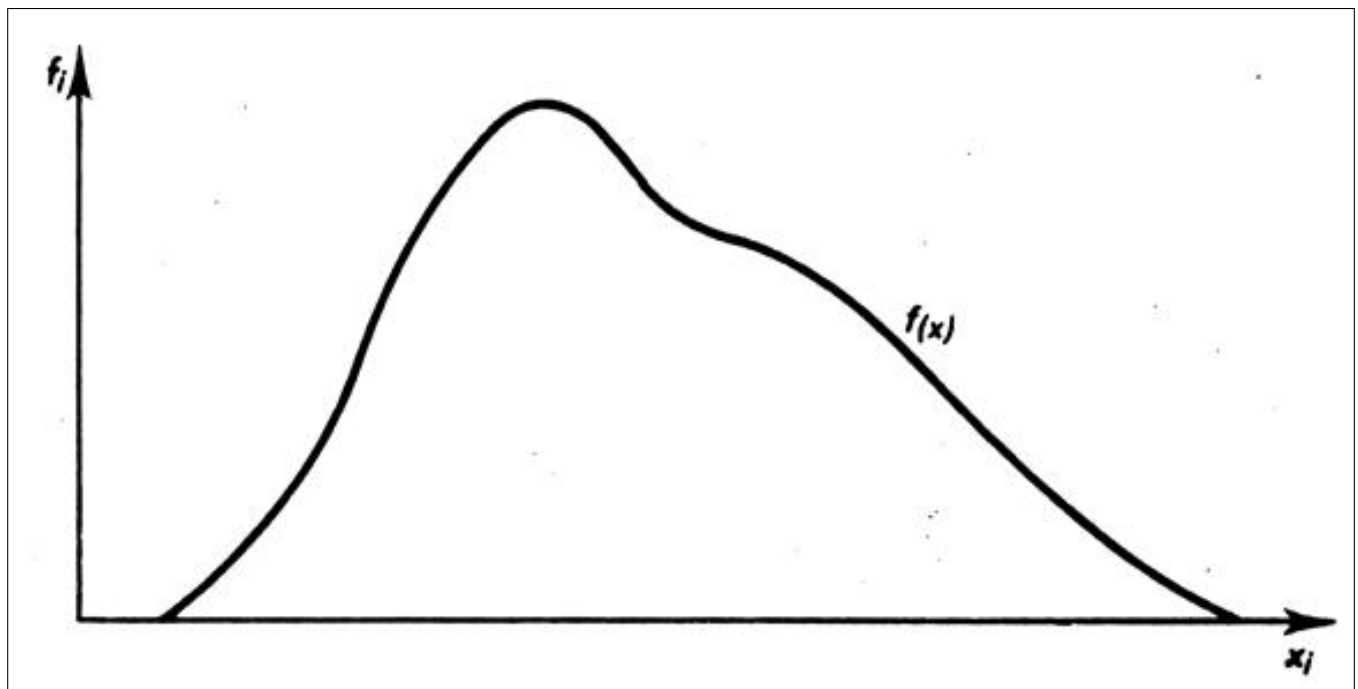


FIGURE 2.3 – Exemple de Courbes des effectifs ou des fréquences[2]

2.3.3 Articles proposés dans la littérature

Les données résultantes du trafic routier ont une masse et une diversité importante, de ce fait l'histogramme est très utilisé pour la détection des mouvements.

En effet, Chen et al. [12] ont développés une méthode de détection des comportements de conduite dangereuses à l'aide d'histogrammes de trajectoire de véhicule extraits par vidéosurveillance. L'approche proposée s'agit tout d'abord de collecter et représenter le mouvement du véhicule par un histogramme de trajectoire. Ensuite, l'évaluation de ce dernier est réalisée grâce à une méthode proposée pour la sélection d'habitudes fréquentes, nommée Redondance minimale et pertinence maximale (mRMR). Enfin, un algorithme hybride, Particle Swarm Optimization-Support Vector Machine "PSO-SVM", est utilisé pour identifier les comportements de conduite dangereuse. Un environnement pour l'analyse des données, "Weka", est utilisé pour implémenter et comparer l'approche proposée par rapport aux approches basiques en manipulant des résultats de vidéo-surveillance. Il est montré que "PSO-SVM" est plus précis.

En Revanche, Yang et al. [22] ont utilisés les données provenant des signaux physiologiques, l'électroencéphalographie (EEG), pour la reconnaissance des comportements de conduite. la méthode proposée admet deux couches, la première couche consiste en la sélection et l'extraction des données représentant le style de conduite et la stabilité à partir des signaux EEG à l'aide de la méthode K-means et de l'élimination récursive des caractéristiques par machine à vecteur de support. La deuxième couche utilise les résultats de la première couche pour générer un classificateur k-voisins les plus proches pour classifier les groupes de comportements de conduite. Il s'agit d'une séquence d'analyse en composantes indépendantes, de transformation de Fourier rapide et d'analyse discriminante linéaire, améliorées grâce à l'approche d'échantillonnage synthétique adaptatif. Une validation croisée a été réalisée. Les résultats montrent une corrélation significative entre les modèles EEG et le suivi des comportements de voitures.

2.4 Articles se basant sur les réseaux de neurones

Les réseaux de neurones désignent habituellement des réseaux neuromimétiques résultat de l'interconnexion d'un ensemble de neurones artificiels. Un neurone artificiel est un modèle simplifié du neurone biologique. L'objectif est de permettre la modélisation de certaines fonctions du cerveau, comme la mémorisation associative, l'apprentissage par l'exemple, etc. [19]. La figure (Fig. 2.4) est un modèle de réseaux de neurones.

2.4.1 Articles proposés dans la littérature

Les réseaux de neurones biologiques ont démontré leurs efficacité de réaction à n'importe quelle situation. Ce concept là est donc intégré en informatique pour profiter de ses avantages, ils sont étudiés une multitude de travaux de recherches.

Yan et al. [21] ont proposé une solution de détection du comportement de conduite basée sur le traitement d'image à l'aide des réseaux de neurones convolutifs. En effet, les régions cutanées sont extraites à partir d'une image par un modèle de mélange gaussien, puis transmises à un modèle de réseaux de neurones convolutifs profonds, à savoir R*CNN, qui sélectionne les régions les plus

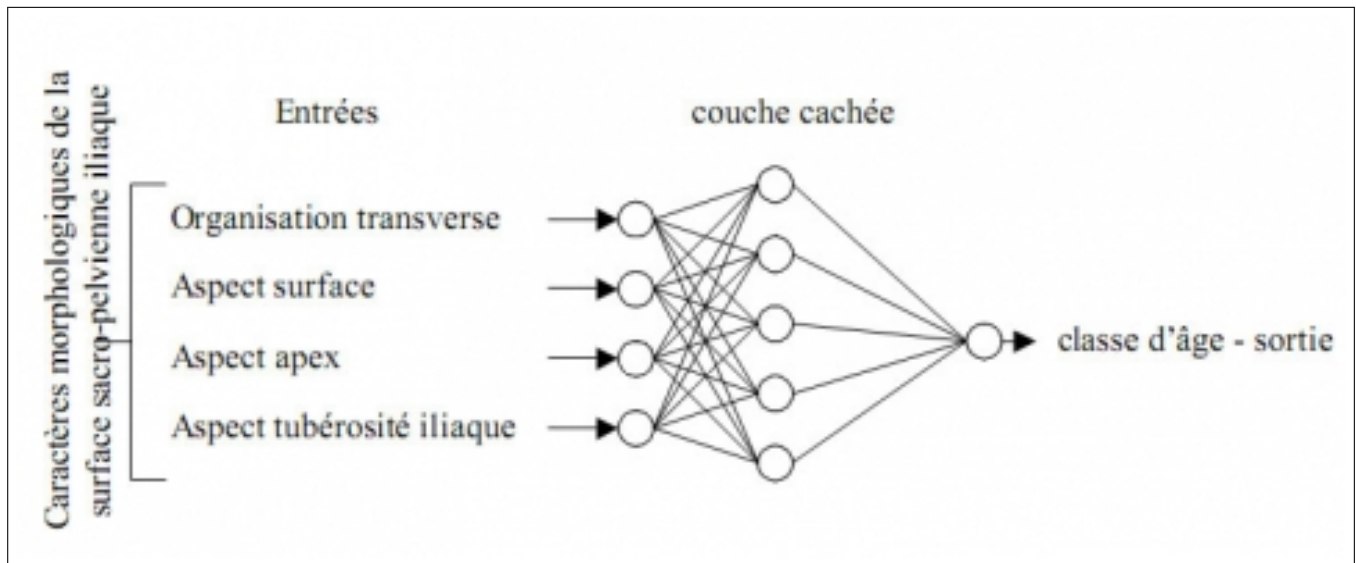


FIGURE 2.4 – Schéma d'un perceptron multi-couches illustrant l'estimation de l'âge au décès à partir de l'observation de critères osseux de la surface sacro-pelvienne iliaque.[17]

informatives, à savoir les régions cutanées, pour générer des étiquettes d'action. Les auteurs ont testé les méthodes proposées sur un jeu de données des postures de conduite et obtenu une précision moyenne de 97,76 %.

Eftekhari et Ghatee [13] ont mis en place un système neuro-flou pour traiter l'incertitude dans les jugements sur les comportements de conduite, en classant les comportements de conduite sur la base de leurs similarités avec des modèles flous lorsque toutes les différentes manœuvres sont indiquées par des nombres flous. L'approche proposée se compose de trois phases. La première phase consiste en l'identification des manœuvres pendant la période de conduite, en utilisant un réseau neuronal à perceptron multicouche. Deuxièmement, une caractéristique basée sur l'accélération est extraite, ensuite, trois nombres flous sont attribués aux manœuvres de changement de voie, de virage et de demi-tour. Troisièmement, le système proposé détermine la similarité entre ces trois nombres et les modèles flous pour évaluer les scores de conduite sûre et agressive. Pour valider ce modèle, des questionnaires sur le score d'angoisse du conducteur (DAS) sont utilisés. Les résultats montrent que la précision de ce système est de 87%.

Baheti et al.[11] ont développés un système basé sur les réseaux neuronaux convolutifs pour détecter les conducteurs distraits et les prévenir. Le réseau de neurone convolutif VGG-16 est modifié pour identifier la cause de leurs distractions. Les résultats des expériences montrent une précision de 96,31% en traitant 42 images par seconde sur GPU.

Zhao et al.[24] ont mis en place une méthode de prédiction de trajectoire de véhicule basée sur un réseau adversatif génératif (GAN), GAN-VEEP, visant la précision des prédictions. Premièrement, les coordonnées du véhicule sont recueillies et préparées comme étant des données d'entrées. Deuxièmement, le modèle de prédiction par réseau neuronal apprend du comportement des conducteurs de véhicules grâce à un réseau adversatif génératif. Enfin, le modèle du virage affine la trajectoire de conduite en fonction de la psychologie du conducteur. Et donc le processus de prédiction est ajusté. Les résultats expérimentaux montrent que GAN-VEEP est efficace en termes de précision moyenne, d'erreur absolue moyenne et d'erreur quadratique moyenne.

Nidamanuri et al. [15], en combinant le réseau neuronal convolutif (CNN) et les modèles de mémoire à long terme (LSTM), ont proposée une alerte automatique issue d'une architecture spatiale et temporelle pour l'aide à la conduite dans les environnements de trafic routier. Ceci est fait en étudiant l'analyse des séries temporelles avec des modèles d'apprentissage profond pour la prédiction des événements de conduite et l'assistance. Il est démontré que le LSTM surpasse le CNN de 99 % pour la longueur de fenêtre considérée, de ce fait, les résultats de ce travail proposé démontrent l'importance de l'utilisation des réseaux CNN et LSTM pour aider le conducteur dans l'environnement global du trafic.

Peng et al.[16] ont proposé un modèle de détection précoce des manœuvres de conduite (DMED), appelé University of Michigan Dearborn (UMD)-DMED, développé à l'aide de techniques d'apprentissage profond. Le modèle UMD-DMED contient trois composants informatiques majeurs : une représentation du contexte de conduite basée sur la distance, des caractéristiques de trajectoire du véhicule et des caractéristiques visuelles combinées, et un réseau neuronal basé sur la mémoire à long terme (LSTM) qui capture les dépendances temporelles des manœuvres de conduite. Pour évaluer les performances de l'UMD-DMED, les auteurs ont mené des expériences approfondies en utilisant un ensemble de données contenant 1078 événements de manœuvre extraits de 37 heures de conduite réelle. Les résultats montrent que le modèle UMD-DMED est capable d'apprendre les caractéristiques latentes de cinq classes différentes de manœuvres de conduite, à savoir virage à gauche, virage à droite, changement de voie à gauche, changement de voie à droite, conduite en ligne droite. Comparé à quatre systèmes DMED de pointe, le modèle UMD-DMED a obtenu de meilleures performances de détection dans les deux cas : la détection basée sur des observations partielles des manœuvres du conducteur et la détection basée sur le contexte de conduite observé à l'avance.

2.5 Synthèse

2.5.1 Analyse des articles étudiés

Articles	Méthodes de détection du comportement	Précision	Prédiction	Vitesse de traitement	Analyse interne	Analyse externe
Chen et al. [12]	Histogramme de trajectoire ; video-surveillance ; Redondance Minimale et Pertinence Maximale ; Particle Swarm Optimization	+	-	-	+	-
Yang et al. [22]	Données EEG ; K-Means ; K-Nearest-Neighbor	-	+	-	+	-

Yan et al.[21]	Mélange Gaussien et traitement d'image; Réseau de Neurones Convolutif	97,76 %	-	-	+	-
Eftekhari et Ghatee [13]	Modèle Neuro-Flou	87 %	-	-	+	-
Baheti et al.[11]	Réseau de neurone convolutif VGG-16 modifié	96,31 %	-	42 images par seconde	+	-
Zhao et al.[24]	Réseau Adversatif Génératif	+	+	-	-	+
Nidamanuri et al.[15]	réseau neuronal convolutif; les modèles de mémoire à long terme	+	+	-	-	+
Peng et al.[16]	une représentation du contexte de conduite basée sur la distance; des caractéristiques de trajectoire du véhicule et des caractéristiques visuelles combinées; un réseau neuronal basé sur la mémoire à long terme	+	+	-	-	+

TABLE 2.1: Tableau comparatif synthétisant

2.5.2 Discussion

À travers l'étude réalisée sur l'ensemble des articles, nous constatons que l'analyse par histogramme de trajectoire et par Mélange Gaussien et traitement d'image ainsi que les Réseaux de Neurones Convolutif promettent une précision de détection remarquable, suivi par le modèle Neuro-Flou et l'utilisation du modèle de mémoire à long terme.

2.6 Conclusion

Nous avons explicité dans ce chapitre quelques méthodes proposées dans la littérature concernant la détection de mouvements dans les STIs. Le chapitre suivant nous allons détailler notre proposition vis à vis la problématique soulignée.

Chapitre 3

Modèle Proposé

3.1 Introduction

Nous allons présenter dans ce chapitre la conception, et l'implémentation de notre solution proposée vis à vis la problématique de notre travail. Nous l'appelons "Full driving behaviour detection".

3.2 Motivations

Yan et al.[21] ont proposé l'usage du Mélange Gaussien et traitement d'image avec Réseau de Neurones Convolutif (R*CNN), spécialement pour détecter les régions cutanées, mais dans le cas où le conducteur est couvert, il ne peut pas donner de bons résultats, donc ils ont suggéré de trouver proposition de région plus efficace pour le R*CNN et l'amélioration de la structure actuelle du CNN.

De plus, la surveillance interne continue du comportement du conducteur, sans la vision externe, ne suffit pas à déterminer des conduites dangereuses, car meme si par exemple un conducteur a une seule main sur le volant et l'autre sur le levier de vitesse, il peut très bien assurer une bonne conduite, ou bien meme lorsque le conducteur a une bonne conduite, un autre dans un véhicule normal (non connecté) peut causer un accident sur le premier. Donc, une détection du comportement des vehicules externe doit être additionnée afin d'assurer une bonne détection global de conduite et ainsi éviter les accidents au mieux. De ce fait, nous nous appuyant non seulement sur la solution de Yan et al., mais aussi sur la detection de mouvement de conduite par histogramme de trajectoire de Chen et al. [12], afin d'avoir une vision global sur le comportement du conducteur.

3.3 Description du système proposé

Notre système se compose essentiellement d'un véhicule connecté comme dans les figures (Fig. 3.1, Fig. 3.2, Fig. 3.3) doté d'un réseau externe de capteurs, d'un réseau interne de capteurs et de caméras, d'une unité de traitement graphique GPU.



FIGURE 3.1 – Un ensemble de véhicules connectés [3]

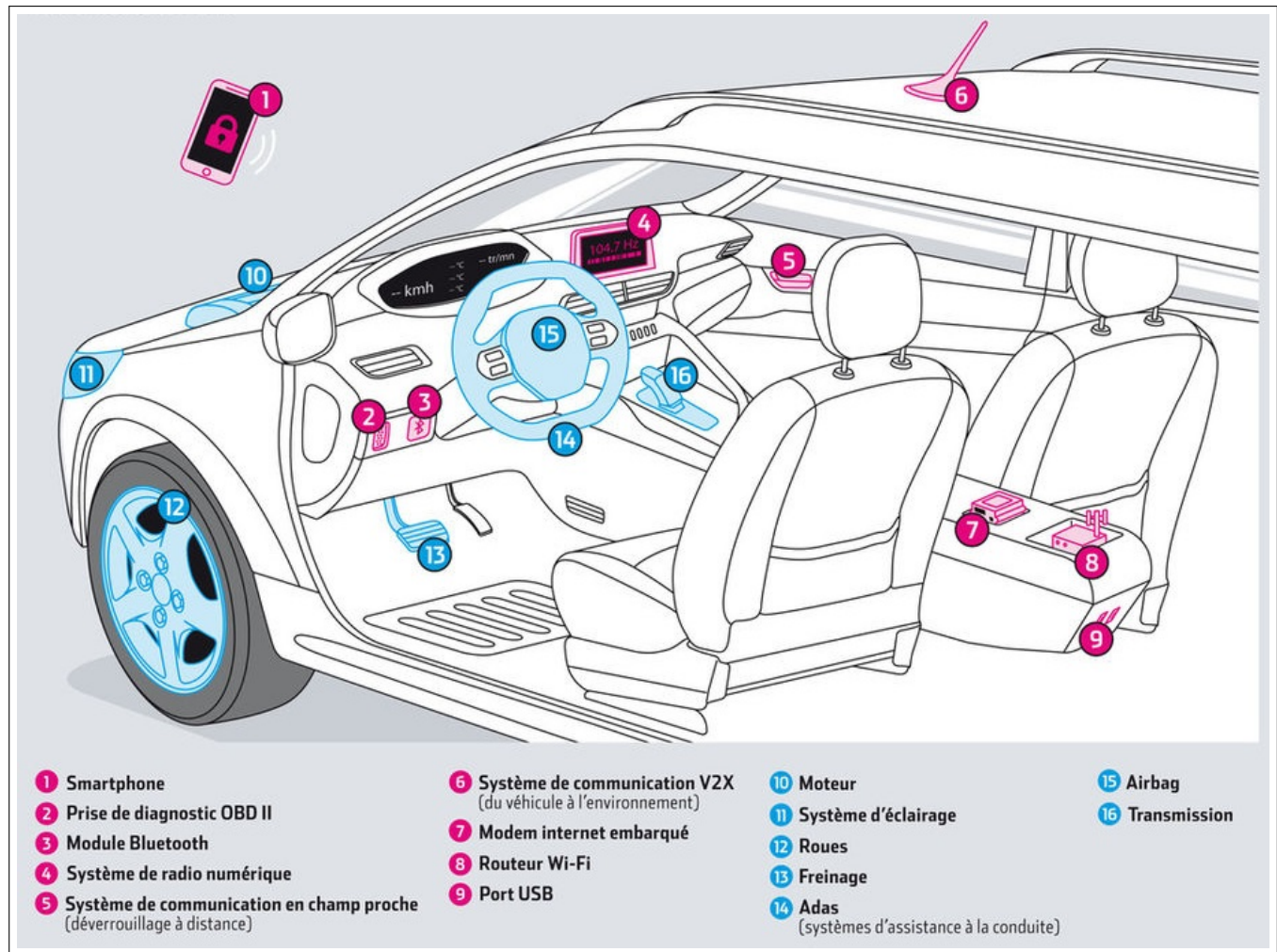


FIGURE 3.2 – Une vue générale sur un véhicule connecté [4]

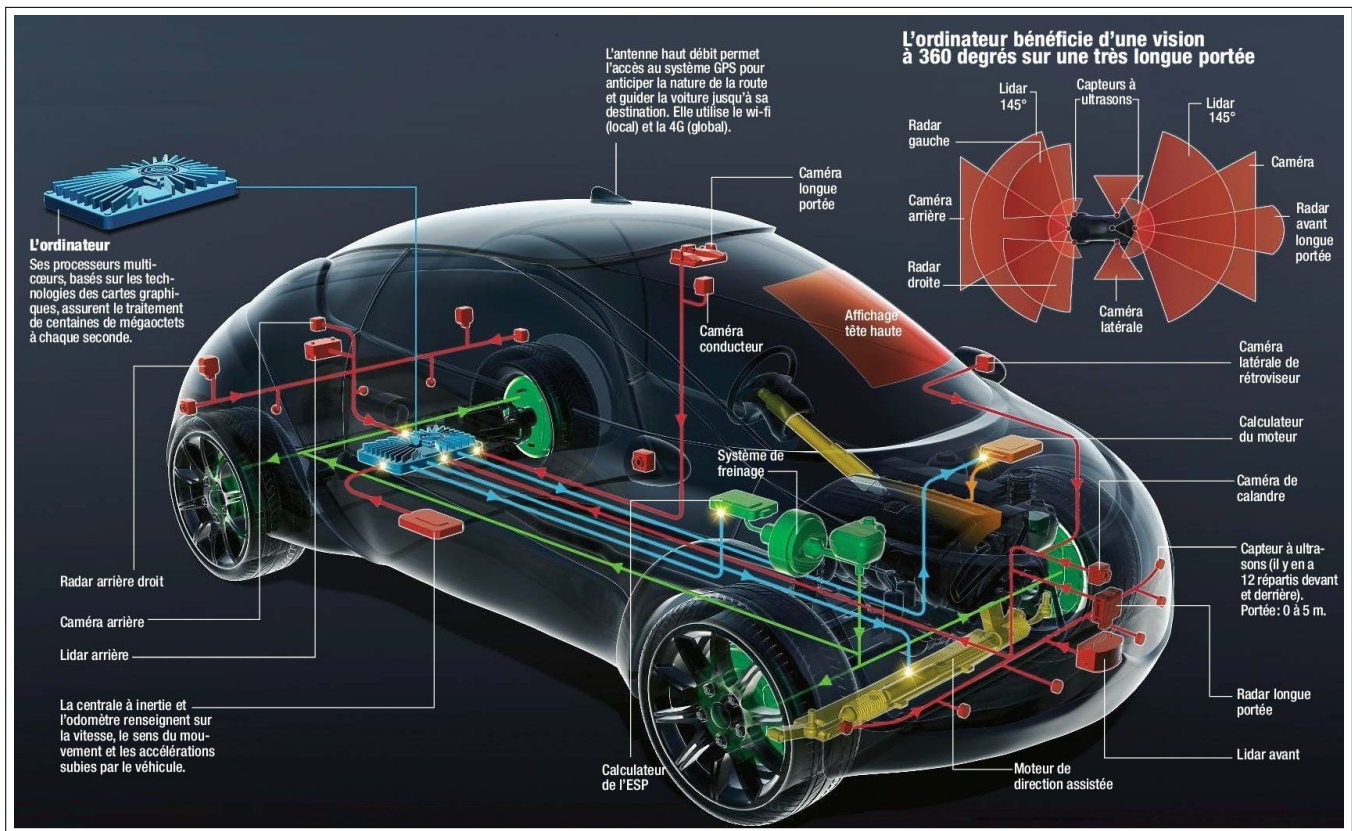


FIGURE 3.3 – Une vue détaillé sur un véhicule connecté [5]

3.3.1 Véhicule connecté

Une voiture connectée est une voiture disposant de systèmes de communication embarqués qui permettent des communications sans fil avec l'environnement. Cette connexion s'effectue via un réseau de téléphonie mobile grâce à un équipement intégré au véhicule, ou en utilisant le smartphone du conducteur ou d'un passager. Très souvent, la voiture connectée est dotée d'un réseau local sans fil ou filaire permettant de partager cet accès entre divers équipements à bord du véhicule. Elle peut optionnellement se connecter à l'infrastructure du réseau routier ou aux autres véhicules circulant à proximité. Ainsi, les utilisateurs d'une voiture connectée bénéficient d'une gamme étendue de services et d'applications destinés en priorité au conducteur, mais également aux passagers [8].

3.3.2 Capteurs Lidar

Le LiDAR est une méthode de télédétection et de télémétrie semblable au radar, mais qui émet des impulsions de lumière infrarouge, au lieu d'ondes radio, puis en mesure le temps de retour après avoir été réfléchies sur des objets à proximité. Connaissant la vitesse de la lumière, le capteur LiDAR peut calculer précisément la distance par rapport à chaque objet à partir du délai entre l'émission de l'impulsion laser et l'impulsion de retour. Chaque seconde, le LiDAR prend ainsi des millions de points de mesure précise de la distance, à partir desquels on peut produire une matrice 3D de son environnement. Cette cartographie détaillée peut renseigner sur la position, la forme et le comportement des objets [6]. La figure (Fig. 3.4) montre un capteur Lidar, on voit dans la partie (a) le fonctionnement du capteur Lidar ; pendant que la partie (b) de la figure

donne un résultat provenant d'un capteur Lidar.

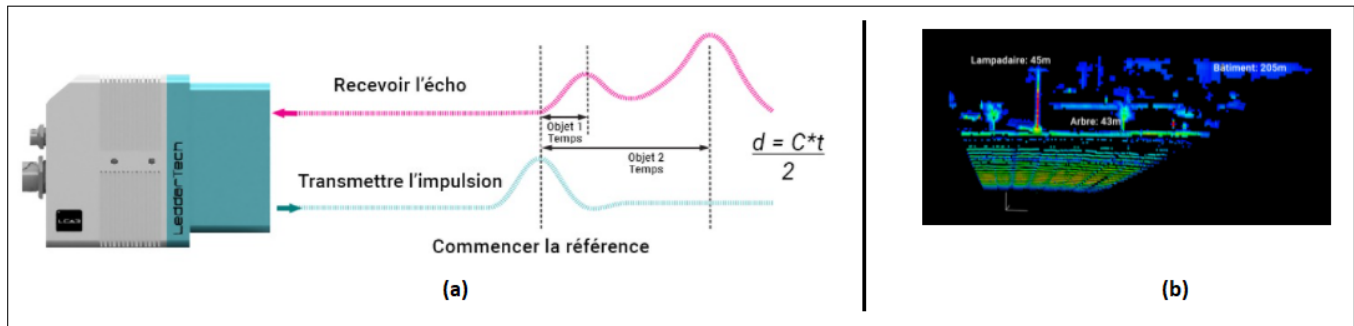


FIGURE 3.4 – Un capteur Lidar [6]

3.4 Architecture proposé

3.4.1 Description du modèle

Notre solution est composé de trois couches, selon le niveau où l'information arrive (Physique, Traitement, IHM), tels que :

Couche Physique : C'est le véhicule lui meme avec tout ses composants mécaniques, électroniques, et hydrauliques, avec l'ensemble des capteurs et caméras, ainsi que le circuit électronique de l'unité de traitement graphique (GPU).

Couche de Traitement : l'ensemble des logiciels et systèmes embarqués permettant d'interpréter les données graphiques brut reçues par la couche physique.

Interface IHM : Pour Interface Homme-Machine, c'est la couche qui permet d'afficher les différentes notifications.

La figure suivante (Fig. 3.5) montre le modèle en couche proposé.

3.4.2 Algorithme d'exécution

Soit un véhicule connecté tel décrit dans la figure (Fig. 3.3).l'algorithme suivant décrit le protocole général proposé pour la détection et la prévention de conduite dangereuse.

ConducteurDistrait() est une procédure représentant la détection interne faite par Yan et al.[21]. La figure suivante (Fig. 3.6) montre l'organigramme d'exécution de notre algorithme.

3.5 Validation et évaluation des performances

3.5.1 Métriques utilisées

Acceleration : l'accélération du conducteur est cruciale pour déterminer s'il conduit bien ou dangereusement.

Trajectoire : Le changement brusque de trajectoire peut nuire ou éviter un accident.

Energie : L'énergie consommée par les capteurs et les caméras doit être optimalement utilisée, car un capteur est limité en terme de ressources.

Algorithm 1 Protocole général de la solution proposée "**Full Driving Behaviour Detection**"

Entrées : Données capturées par les capteurs et caméras externes**Assure :** Détection de mouvements et réaction

```
si (Véhicule en approche) alors
  Informer Conducteur
sinon
  si (Changement de trajectoire) alors
    si (ConducteurDistrainé () = vrai) alors
      print Alerte
      si (Temps écoulé) alors
        Enregistrer la conduite
        Klaxon
        Frein
        Informer Conducteur
      sinon
        si (Trajectoire non ajustée) alors
          Aller a (si (Temps écoulé))
        sinon
          aller a (si (Véhicule en approche))
        fin si
      fin si
    fin si
  fin si
fin si
```

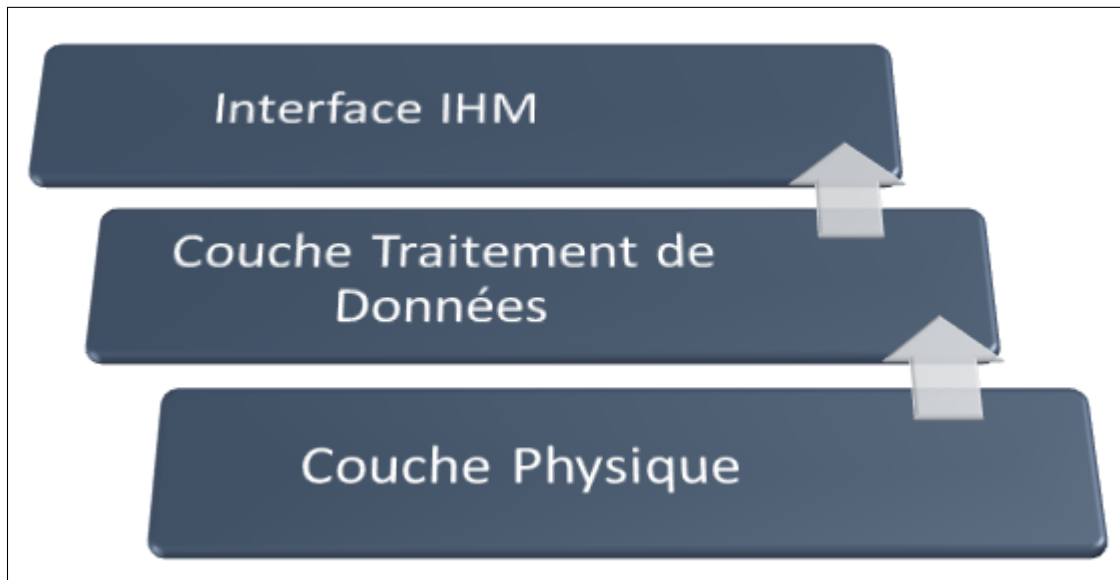


FIGURE 3.5 – Le modèle proposé en couche

3.5.2 validation et preuves mathématiques

Etant donné que notre solution est la combinaison de deux approches fournies dans la littérature [21, 12], que la solution proposée dans [21] propose une détection de mouvement du conducteur lui même en analysant une vidéosurveillance interne, en notant p_1 la probabilité de précision de cette approche ; et qu'en revanche, la solution proposée dans [12] propose une analyse de trajectoire, et en notant p_2 la probabilité de précision de cette approche, nous aurons pour notre contribution "Full driving behaviour detection" la probabilité $p = p_1 + p_2$ qui est certainement supérieur ou égale à chacune des probabilités mentionnées, ce qui fait de notre solution la plus appropriée.

De plus, en terme d'énergie consommée, vu que notre solution utilise d'abord la surveillance externe avant de vérifier si le conducteur est distrait ou non, donc les capteurs et caméras internes ne s'exécutent que lorsqu'il y a un changement brusque de trajectoire ou d'accélération, sinon on a une conservation d'énergie de capteurs internes.

3.5.3 Resultats Recueillis

En analysant les données du dataset du laboratoire HCILAB [18], il s'agit d'une expérience de conduite dans le monde réel avec des participants, en mesurant une variété de données physiologiques, ainsi qu'une session d'évaluation vidéo post-hoc. Donc, cette expérience utilise la trajectoire et l'analyse interne du cockpit pour une bonne vision du comportement du conducteur. La figure suivante (Fig. 3.7) illustre l'accélération telle recueillie dans cette expérience.

3.5.4 Discussion

Dans la figure (Fig. 3.7), l'accélération du conducteur montre clairement qu'elle est cruciale dans la détection de conduite, par exemple le participant 4, en raison de son accélération instable, est plus susceptible de causer un accident (sa conduite est dangereuse), contrairement au participant 1. Full Driving Behaviour Detection est de ce fait la mieux adaptée car, en se basant sur la trajectoire externe et sur l'accélération, et en appliquant aussi l'approche de Yan et al. , peut se rapprocher

d'une precision maximale.

3.6 Conclusion

Nous avons presenté dans ce chapitre "Full Driving Behaviour Detection", une approche permettant de détecter le comportement de conduite par analyse du trafic externe, et par analyse de l'état du conducteur.

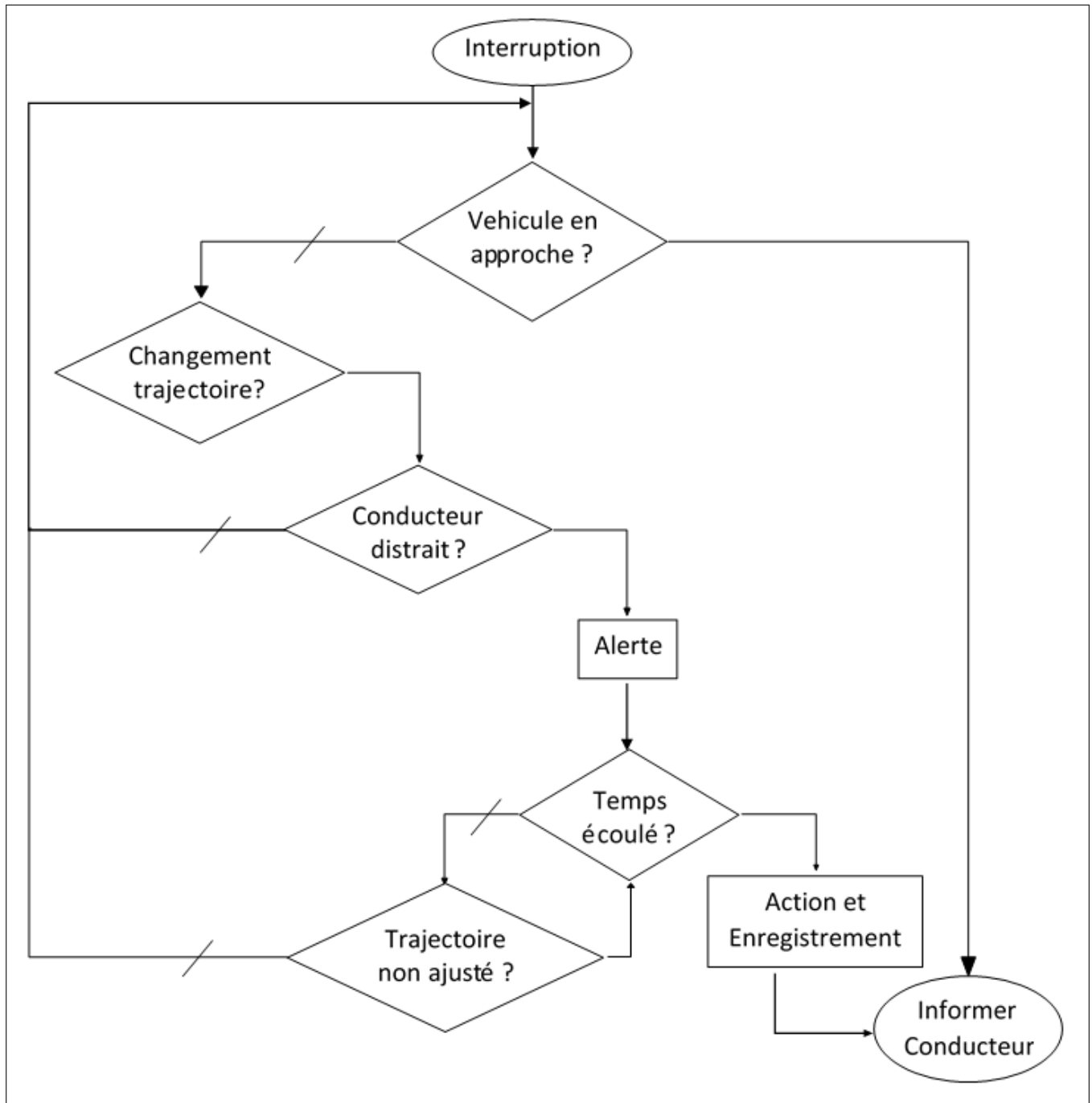


FIGURE 3.6 – Organigramme d’exécution de l’approche proposée

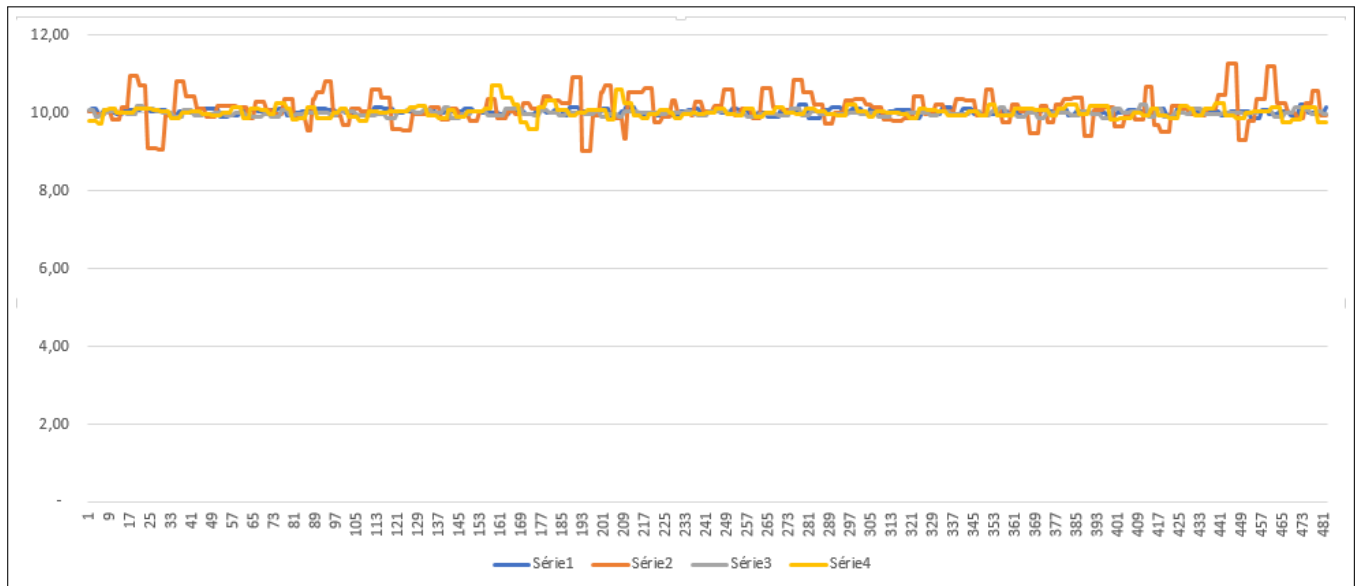


FIGURE 3.7 – acceleration du conducteur recueillie

Conclusion Générale et Perspectives

Nous avons présenté dans ce travail "Full Driving Behaviour Detection", une approche de détection de comportement de conduite dans les systèmes de transport automobile. En se basant sur une approche proposée dans la littérature, qui utilise la technique de mélange gaussien pour filtrer les images capturées intérieurement du conducteur, puis en utilisant un réseau convolutif R*CNN, dans le but de détecter si le conducteur est distrait, nous avons ajouté à cette approche l'analyse du trafic externe, donc lorsqu'il y a un véhicule qui s'approche, ou lorsqu'il y a un changement de trajectoire, donc du mouvement de la voiture ou de son accélération, notre algorithme se déclenche, et donc soit il notifie simplement le conducteur de l'approche d'un véhicule, ou bien il enregistre la manœuvre du conducteur s'il est distrait et lui recommande d'agir le plus tôt possible. Dans le pire des cas, il arrête la voiture ou averti les autres conducteurs du danger.

Nous avons validé mathématiquement notre approche et l'expérience de HCILAB [18] nous a été d'une grande utilité afin de faire montrer les résultats, qui confirment qu'il ne suffit pas d'une analyse externe ou d'une analyse du comportement du conducteur seulement pour déterminer s'il y a conduite dangereuse ou pas, mais que les deux méthodes d'analyses interne et externe doivent être combinées pour un rendement optimal.

Notre travail n'est pas parfait, nous allons essayer d'améliorer notre approche en lui rajoutant la sécurité de la voiture connectée, la tolérance aux pannes, l'authentification et la réaction face aux dangers qu'en rencontrent les conducteurs, essayer de concevoir un véhicule répondant aux normes tout en ayant un prix abordable, intégration du module "santé du conducteur" et réaction en cas de dégradation sanitaire, et enfin, nous essaierons d'implémenter notre solution sur un simulateur de conduite afin de mettre en évidence ses résultats.

Bibliographie

- [1] <https://www150.statcan.gc.ca/n1/edu/power-pouvoir/ch9/histo/5214822-fra.htm>. Consulté le 29/09/2021.
- [2] <https://warmaths.fr/MATH/STATs/reprsentgraph%20princi.htm>. Consulté le 29/09/2021.
- [3] <https://www.zdnet.fr/actualites/vehicules-connectes-bosch-veut-adapter-les-capteurs-li.htm>. Consulté le 02/10/2021.
- [4] <https://cyberguerre.numerama.com/228-peut-on-hacker-une-voiture-connectee.html>. Consulté le 04/10/2021.
- [5] <https://www.science-et-vie.com/archives/dossier-special-voiture-autonome-36434>. Consulté le 04/10/2021.
- [6] <https://leddartech.com/fr/pourquoi-lidar/>. Consulté le 04/10/2021.
- [7] <https://www.wsp.com/fr-GL/services/systemes--de--transport--intelligents--sti>. Consulté le 30/09/2021.
- [8] https://fr.wikipedia.org/wiki/VÃ©hicule_connectÃ©. Consulté le 04/10/2021.
- [9] Intelligent transportation systems. In *Intelligent Vehicular Networks and Communications, Fundamentals, Architectures and Solutions*, chapter 2, pages 21–41. Elsevier, 2017.
- [10] Sheng-Hai An, Byung-Hyug Lee, and Dong Ryeol Shin. A survey of intelligent transportation systems. *Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, pages 332–337, 2011.
- [11] Bhakti Baheti, Suhas Gajre, and Sanjay Talbar. Detection of distracted driver using convolutional neural network. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops*, pages 1032–1038, 2018.
- [12] Zhijun Chen, Chaozhong Wu, Zhen Huang, Nengchao Lyu, Zhaozheng Hu, Ming Zhong, Yang Cheng, and Bin Ran. Dangerous driving behavior detection using video-extracted vehicle trajectory histograms. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21(5) :409–421, 2017.
- [13] Hamid Reza Eftekhari and Mehdi Ghatee. A similarity-based neuro-fuzzy modeling for driving behavior recognition applying fusion of smartphone sensors. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 23(1) :72–83, 2019.
- [14] Emmanuel Hache, Cyprien Ternel, and Lyes Aissaoui. Intelligent transport system and mobility 3.0 : definition, challenges and players-panorama 2018. 2017.
- [15] Jaswanth Nidamanuri, Prerana Mukherjee, Rolf Assfalg, and Hrishikesh Venkataraman. Auto-alert : A spatial and temporal architecture for driving assistance in road traffic environments. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, pages 1–11, 2021.

-
- [16] Xishuai Peng, Yi Lu Murphey, Ruirui Liu, and Yuanxiang Li. Driving maneuver early detection via sequence learning from vehicle signals and video images. *Pattern Recognition*, 103 :107276, 2020.
- [17] Aurore Schmitt, Benoit Le Blanc, M-M Corsini, Caroline Lafond, and Jaroslav Bruzek. Les réseaux de neurones artificiels. un outil de traitement de données prometteur pour l’anthropologie. *Bulletins et mémoires de la Société d’Anthropologie de Paris*, (13 (1-2)), 2001.
- [18] Stefan Schneegass, Bastian Pfleging, Albrecht Schmidt Nora Broy, and Frederik Heinrich. Un ensemble de données de conduite dans le monde réel pour évaluer la charge de travail du conducteur. In *Actes de la 5e conférence internationale sur les interfaces utilisateur automobiles et les applications véhiculaires interactives (AutomotiveUI '13)*, pages 150–157. ACM, New York, 2013.
- [19] Basel Solaiman and Lepage Richard. *Les réseaux de neurones artificiels et leurs applications en imagerie et en vision par ordinateur*. Presse Universitaire du Québec, 2003.
- [20] Gérard Ségarra. *Systèmes de Transport Intelligents (ITS) : Coopération et Autonomie*. Du Pantheon Eds, Novembre 2018.
- [21] Shiyang Yan, Yuxuan Teng, Jeremy Smith, and Bailing Zhang. Driver behavior recognition based on deep convolutional neural networks. pages 636–641, 08 2016.
- [22] Liu Yanga, Rui Mab, H. Michael Zhangb, Wei Guana, , and Shixiong Jianga. Driving behavior recognition using eeg data from a simulated car-following experiment. *Accident Analysis and Prevention*, 116 :30–40, 2018.
- [23] Meng Ma Yangxin Lin, Ping Wang. Intelligent transportation system(its) : Concept, challenge and opportunity. In *IEEE 3rd International Conference on Big Data Security on Cloud*, pages 167–172, Dallas, Texas, 2017.
- [24] Liang Zhao, Yufei Liu, Ahmed Y Al-Dubai, Albert Y Zomaya, Geyong Min, and Ammar Hawbani. A novel generation-adversarial-network-based vehicle trajectory prediction method for intelligent vehicular networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(3) :2066–2077, 2020.