



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université AMO de Bouira

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

Département d'Informatique

Mémoire de Master

en Informatique

Thème

Gestion de flux routier dans les villes intelligentes

Encadré par

— M.AMAD Mourad

Co-Encadreur

— Madame.Hambli Chahrazad

Réalisé par

— LOUARADI Rima

— AMARA Imane

2020/2021

Remerciements

Nous voudrions par ce biais adresser nos sincères remerciements au dieu pour tout puissant dans sa grâce et sa miséricorde qui m'a accordé la santé, le temps et la force de réaliser ce mémoire de fin d'étude et nos remerciements à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la rédaction de ce mémoire, précisément :

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Mr **Amad Mourad et Madame Hambli Chahra Zad** , de nous avoir encadré et pour ses conseils, ses motivations, sa disponibilité et sa volonté à nous aider à travers de multiples réunion.

Nous tenons à remercier chacun des membres du jury pour nous avoir fait l'honneur d'examiner et d'évaluer notre travail.

À tous nos enseignants et les membres du département informatique de l'université Akli Mohand Oulhadj .

Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce modeste travail à :

Ma Mère **Kessari zahia** "tu m'as donné la vie, la tendresse, l'amour, et le courage pour réussir. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée" .

Mon Père **Ahmed** "L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucun dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et lange vie" .

Mes chers Frères : **Hassan, Dahbiya, Lwiza, Yousef, Samira, Wahiba, Nacer, Hanane** pour leur encouragement contenu et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

Ma très cher amie **Amara Imane** et sa famille.

Mes chers amis et à ceux qui m'aimaient : **Asma , Kahina , Hayet,houda .**
Les petites enfants : **Ibtihal , khadidja ,Amina ,Salah Din,Ritadj, Malek et Ghofran .**

Louaradi Rima.

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce modeste travail à :

Ma Mère **Djafferkhoudja Nacira** "tu m'as donné la vie, la tendresse, l'amour, et le courage pour réussir. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée" .

Mon Père **Kaddour** "L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucun dédicace ne saurait exprimer mes sentiment, que dieu te préserve et te procure santé et lange vie" .

Mes chers Frères : **Mohammed, Djamel, Miloud** pour leur encouragement contenu et leur soutient qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

Ma très cher amie **Louaradi Rima** et sa famille.

Ma très cher famille.

Mes chers amis et à ceux qui m'aimaient

Amara Imane Yasmine.

Résumé

Les systèmes de contrôle des feux de circulation conventionnels sont souvent loin d'assurer une gestion efficace du trafic urbain, notamment en termes de temps de déplacement et d'attente, et incapables de suivre le développement des villes intelligentes et des exigences de mobilité là où le trafic est requis. Les systèmes de feux de circulation jouent un rôle important dans la gestion du trafic.

L'objectif principal de notre travail est de proposer une nouvelle solution pour la gestion du trafic routier et dans notre travail, nous avons essayé d'y parvenir à l'aide de Vissim et Sumo (sont des logiciels des simulations microscopique de mobilité urbaine). Cette solution doit réduire le temps d'attente des conducteurs, de réduire la congestion routière et le temps de déplacement des usagers, et d'assurer la sécurité routière en réduisant les accidents et le stress et la consommation de l'énergie.

Mots clés :Internet des objets, ville intelligente, feux de signalisation, système de transport intelligent ...

Abstract

Conventional traffic light control systems are often far from ensuring effective urban traffic management, especially in terms of travel and waiting times, and unable to keep up with the development of smart cities and mobility requirements where traffic is required. Traffic light systems play an important role in traffic management.

The main objective of our work is to come up with a new solution for the dynamic management of intelligent traffic lights and in our work we have tried to achieve this using Vissim and Sumo (are software for microscopic simulations of urban mobility) . This solution reduces the waiting time for drivers, reduce road congestion and travel time for users, and ensure road safety by reducing accidents and stress and saves energy.

Key words : Internet of things, smart city, traffic lights, intelligent transportation system ...

ملخص

غالبًا ما تكون أنظمة التحكم في إشارات المرور التقليدية بعيدة كل البعد عن ضمان إدارة فعالة لحركة المرور في المناطق الحضرية ، خاصة فيما يتعلق بأوقات السفر والانتظار ، وغير قادرة على مواكبة تطور المدن الذكية ومتطلبات التنقل حيث تكون حركة المرور مطلوبة. تلعب أنظمة إشارات المرور دورًا مهمًا في إدارة حركة المرور.

الهدف الرئيسي من عملنا هو التوصل إلى حل جديد لإدارة حركة المرور على الطرق وفي عملنا حاولنا تحقيق ذلك باستخدام Vissim و Sumo (وهما برنامجان للمحاكاة المجهزية للتنقل الحضري). يجب أن يقلل هذا الحل من وقت انتظار السائق ، ويقلل من الازدحام على الطريق ووقت التنقل للمستخدمين ، ويضمن سلامة الطريق من خلال تقليل الحوادث والضغط واستهلاك الطاقة.

الكلمات المفتاحية : إنترنت الأشياء ، المدينة الذكية ، إشارات المرور ، نظام النقل الذكي

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des abréviations	vii
Introduction générale	1
1 l'internet des objets et les villes intelligentes	4
1.1 Introduction	4
1.2 L'internet des objets (IoT)	4
1.2.1 Le concept de l'internet des objets	5
1.2.2 Les composantes de l'internet des objets	6
1.2.3 Avantages d'internet des objets	8
1.2.4 Inconvénient d'internet des objets	8
1.2.5 Défis et solutions pour l'IOT	9
1.2.6 Domaines d'applications de l'IOT	10
1.3 Les villes intelligentes	15
1.3.1 Définition	15
1.3.2 Composantes et organisation de la ville intelligente	16
1.3.3 Caractéristiques de la ville intelligente	17
1.3.4 Les défis des villes intelligentes	18
1.4 Conclusion	20

2	État de l'art sur la gestion du trafic routier	21
2.1	Introduction	21
2.2	Le transport intelligent	21
2.2.1	Le système de transport intelligent	22
2.2.2	Les applications de transport intelligent	22
2.2.3	Les besoins en transport de la ville intelligente	23
2.3	Les problèmes de gestion de trafic routier	24
2.3.1	La congestion	24
2.3.2	Les intersections	25
2.3.3	Les voies spéciales	26
2.3.4	Le stationnement	26
2.3.5	La sécurité	27
2.3.6	Les ronds-points	27
2.3.7	Rapport à la pollution	28
2.4	Les feux de circulation	29
2.4.1	Fonctionnement traditionnel d'une intersection	29
2.4.2	Gestion des séquences de feux	30
2.4.3	Gestion du temps de feux	32
2.5	Solutions de gestion de trafic routier	32
2.5.1	Outils pratiques de gestion de trafic routier	32
2.5.2	Outils théoriques de gestion de trafic routier	37
2.5.3	Clustering	39
2.6	Conclusion	42
 3	 Nouvel algorithme de classification automatique « clustering » pour la gestion du trafic	 43
3.1	Introduction	43
3.2	Relation entre vitesse-débit	44
3.3	Algorithme du clustering pour la gestion du trafic	44
3.3.1	Objectif	45
3.3.2	Architecture du réseau routier proposé	45
3.4	Types de communication	46
3.4.1	Communication véhicule-à-infrastructure (V2I)	46

3.4.2	Communication infrastructure- à -infrastructure(I2I)	47
3.5	Méthodes de clustering	48
3.5.1	Les fonctions distance	48
3.5.2	Les fonctions similarités	50
3.6	Algorithme k-means	50
3.6.1	Algorithme K-means classique	51
3.6.2	Algorithme K-means sur le réseau routier proposé	53
3.7	Conclusion	59
4	Evaluation des performances de la solution proposée	60
4.1	Introduction	60
4.2	Présentation de l'environnement de la simulation	60
4.2.1	Simulation Sumo	60
4.2.2	Simulation Vissim	61
4.2.3	Pourquoi PTV Vissim ?	61
4.3	Résultats et discussion de simulation	62
4.3.1	L'interface de l'application	62
4.4	Système des feux de signalisation statique	65
4.4.1	Les conflits possibles entres les voies	66
4.4.2	Les groupes des voies qui peuvent circuler ensemble	67
4.4.3	Configuration du diagramme des feux	68
4.5	Evaluation en vissim	69
4.5.1	Retard (perte de temps, Delay Times)	69
4.6	Tests et resultats	69
4.7	Comparaison des resultats	71
4.8	Conclusion	72
	Conclusion générale et perspectives	73
	Bibliographie	75

Table des figures

1.1	Maison intelligente.	11
1.2	Santé intellegente.	12
1.3	Agriculture intelligente.	13
1.4	Transport intelligent.	15
1.5	Composantes et organisation de la ville intelligente(Ville de Paris et VOI- RIN) [11]	16
2.1	Les scénarios TI.	22
2.2	Les besoins en transport de la ville intelligente [17].	24
2.3	Modèle de carrefour généralement utilisé dans la littérature.	25
2.4	Modèle de carrefour généralement utilisé dans la littérature.	29
2.5	Exemple de matrice des conflits.	31
2.6	NEMA- Diagramme en anneaux.. . . .	33
2.7	Temps inter-véhiculaire, séparant deux véhicules successifs.	33
2.8	Boucles magnétique en amont des carrefeurs (SCOOT).	34
2.9	Principes généraux de SCATS.	35
2.10	Architecture de TRANSYT.	36
2.11	Clustering par méthode hiérarchique	40
2.12	Méthodes centroïdes	41
2.13	Illustration de l’algorithme DBSCAN.	41
3.1	Réseau routier proposé	46
3.2	Communication V2I	47
3.3	L’organigramme de fonctionnement d’lgorithme de K-means classique	53

3.4	l'organigramme de fonctionnement de l'algorithme de K-means amélioré	58
4.1	Interface de l'application en vissim	62
4.2	Les différent lignes.	63
4.3	Collection des données.	63
4.4	Collection des données.	64
4.5	Le capteur de file d'attente	64
4.6	Le mesure du temps de trajet du véhicul.	65
4.7	Les intersection avec les voies.	66
4.8	Interface de configuration du diagramme des feux.	68
4.9	Pertes du temps évaluation	69
4.10	Le scénario classique.	70
4.11	Resultat du scénario classique.	70
4.12	Exécution de programme.	70
4.13	Scénario amélioré.	71
4.14	Resultat du scénario amélioré.	71

Liste des tableaux

3.1	Tableau des vocabulaires.	54
4.1	Les conflits entre les voies.	67
4.2	La liste des groupes.	68
4.3	Comparaison entre les resultats.	72

Liste des abréviations

IOT	Internet Des Objets
STI	Système Transport Intelligent
ST	Transport Intelligent
OWL	Ontology Web Language
W3C	World Wide Web
VI	Villes intelligentes
V2V	Véhicule à Véhicule
V2I	Véhicule à Infrastructure
CERP-IOT	Cluster of European Research Projects on the Internet of Things
IERC	European Internet of Things Research Cluster
RFID	Radio frequency Identification
VISSIM	Verkehr In Stadten - SIMulationsmodell

Introduction générale

Aujourd'hui, les technologies avancées rendent le secteur des transports plus intéressant. Cependant, l'industrie du transport a pris beaucoup de temps pour rattraper son retard, mais ce progrès est inévitable. Les véhicules deviennent plus sûrs, mais à son tour l'environnement routier devient plus complexe, principalement en raison de l'augmentation rapide du nombre de véhicules et de leurs conséquences.

Ces dernières années, la dépendance du transport routier dans notre vie quotidienne s'est considérablement accrue, ce qui s'est traduit par des encombrements, des pertes d'énergie, des émissions de CO₂, des incidences sur la santé publique et des taux d'accidents élevés sur les routes et dans les centres urbains. Des recherches récentes ont montré que l'intégration des technologies de l'information et de la communication dans les véhicules et les infrastructures de transport va révolutionner la façon dont nous nous déplaçons aujourd'hui. Ces technologies habilitantes visent à fournir un cadre qui favorise une série d'applications et de cas d'utilisation dans les domaines de la sécurité routière, de l'efficacité du trafic et de l'assistance du conducteur. Ces applications permettent de diffuser et de collecter des informations utiles entre les véhicules et entre les véhicules et les infrastructures de transport afin d'aider les conducteurs à se déplacer en toute sécurité et confortablement. Cependant, la communication fiable entre les véhicules et l'infrastructure de transport reste un défi critique et doivent être abordées pour la réussite de ces applications.

Depuis la seconde moitié du XXe siècle, la congestion routière est devenue un phénomène important en raison de l'augmentation rapide du nombre de véhicules et de la demande de transport. En particulier, la congestion a attiré beaucoup d'attention au cours de la

dernière décennie en raison de la crise énergétique mondiale et des problèmes environnementaux. Dans divers leviers, la régulation aux niveaux des intersections est le centre de l'amélioration du développement du trafic routier urbain moderne.

La méthode classique des villes modernes pour éviter ou réduire la congestion est basée sur les panneaux de signalisation. Les usagers obtiennent le droit de passage en utilisant des feux de couleur standard (orange-rouge/jaune-vert) pour résoudre les conflits entre les flux de circulation aux intersections. Les contrôles des feux de circulation aux intersections sont généralement divisés en deux catégories : contrôle à plan fixe, C'est-à-dire ceux avec des cycles fixes et contrôle adaptative, qui permet d'ajuster la durée des phases en fonction de la demande de trafic. Les deux stratégies reposent sur des estimations du trafic. Le débit étant une variable continue dont l'estimation prend un certain temps, il y a toujours une différence significative entre le débit estimé et le débit réel. Il est donc difficile d'exploiter au maximum le potentiel de l'infrastructure de trafic.

Dans ce projet, nous avons proposé un algorithme pour la gestion de trafic dans les villes intelligentes. Cet algorithme se base sur la communication véhicule à infrastructure et infrastructure à infrastructure. Notre objectif est de définir le chemin le moins encombré, d'atteindre le temps de trajet le plus court pour les véhicules et de réduire le temps d'attente, nous avons essayé de réaliser ça en utilisant l'une des stratégies de classification non supervisée (le clustering est un ensemble de méthodes de classification) et en l'appliquant dans notre domaine d'étude. La proposition est validée à l'aide de la simulation (en utilisant les simulateurs VISSIM et SUMO avec langage python).

Ce mémoire est organisé comme suit :

- **Dans le premier chapitre** : nous donnons les concepts de base de l'internet des objets et les villes intelligentes.
- **Dans le deuxième chapitre** : nous donnons en premier les notions de base de transport intelligent, puis les problèmes de gestion de trafic routier, ensuite les feux de circulation, par la suite, nous présentons quelques travaux existants pour cette gestion, et enfin une introduction sur le clustering.
- **Dans le troisième chapitre** : nous proposons une nouvelle solution pour la gestion du trafic routier dans les villes intelligents.
- **Dans le dernier chapitre** : nous présentons les expérimentations et les résultats

en plus d'une comparaison de l'algorithme proposé face au algorithme de la gestion classique de feux de circulation, dans le but de montrer l'efficacité de notre approche et sa performance.

Enfin, on termine par une conclusion et des perspectives que l'on souhaite réaliser dans le futur.

l'internet des objets et les villes intelligentes

1.1 Introduction

Le nouveau modèle de l'internet des objets (IoT) est crucial pour le développement des villes intelligentes. L'architecture intégrée des réseaux, des logiciels, des capteurs, des interfaces humaines et des outils d'analyse des données en nuage est essentielle à la création de valeur. Les produits intelligents connectés à l'internet et les services qu'ils fournissent seront cruciaux pour le développement futur des villes intelligentes.

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord l'IoT, sa définition, les concepts de l'internet des objets, les composantes de l'internet des objets, les avantages, les inconvénients et leurs domaines d'application, puis nous passons à la présentation de villes intelligentes, sa définition, ses composantes et les caractéristiques des villes intelligentes, ensuite, nous donnons quelques défis sur les villes intelligentes.

1.2 L'internet des objets (IoT)

L'IOT est le concept clé qui appuie la démocratisation de la récolte de données. Dans un premier temps, nous allons définir le concept de l'IoT pour ensuite expliquer les différentes composantes de l'IoT.

CERP-IOT (Cluster of European Research Projects on the Internet of Things) décrit l'Internet des objets comme : une infrastructure dynamique pour un réseau mondial. Ce réseau mondial possède des capacités d'auto-renforcement basées sur des normes et

des protocoles de communication interopérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels ont des identités, des propriétés physiques, des personnes virtuels et des interfaces intelligentes, et sont intégrés au réseau de manière transparente [2].

Cette définition montre les deux aspects de l'IOT : temporel et spatial, permettant aux personnes d'être connectées partout et à tout moment grâce aux objets connectés (smartphones, tablettes, capteurs, caméras de vidéosurveillance...). L'IOT doit être conçu pour être facile à utiliser et sécuriser [3].

1.2.1 Le concept de l'internet des objets

L'IOT est un concept défini par la possibilité de rendre chaque objet physique « connectable » à un réseau mondial commun. Il s'agit d'une vision où l'Internet intègre les objets du monde physique aux objets virtuels. Par conséquent, l'objet possède un don d'ubiquité, à la fois présent dans le réel et le virtuel. L'IOT devient réalité à la fin des années 1990, néanmoins selon Bendavid. les sources du concept sont un peu plus lointaines. Dès 1991, Weiser donne une vision de l'avenir où il voit l'émergence d'une nouvelle ère informatique, une ère où chaque objet se verra obtenir la capacité de communiquer et d'interagir de manière autonome avec d'autres objets. Cette vision restait une prédiction. Toutefois, il s'agira de l'ébauche de l'informatique ubiquitaire, ancêtre de l'IIoT. Le premier qui a réellement parlé d'Internet of Things est Ashton. Par l'intermédiaire des travaux qu'il réalise au MIT dans l'Auto-ID Lab à travers l'utilisation de la technologie de solution d'identification par radiofréquence (RFID), Ashton propage son concept « Internet of Things ».

Le European Internet of Things Research Cluster (IERC) définit l'IIoT comme suit : "une infrastructure de réseau global dynamique avec des capacités d'autoconfiguration [1] basées sur des protocoles de communication standardisés et interopérables dans lesquels les objets physiques et virtuels, les identités physiques, propriétés physiques et personnalités virtuelles avoir utiliser des interfaces intelligentes et être intégrées sans discontinuité dans des réseaux d'information." Dans ce contexte, le terme "things" ou "d'objets" désigne probablement un acteur réel ou virtuel. Il peut se rapporter à un objet, une personne ou un élément de données dans le monde réel, ce qui crée l'intersection de plusieurs

dimensions : la dimension physique et la dimension numérique [1].

1.2.2 Les composantes de l'internet des objets

L'IOT est une combinaison de différentes technologies fonctionnant ensemble.¹ ont divisé l'IOT en six parties, des blocs pour mettre en évidence les différentes alternatives qui existent dans l'univers de l'IOT [1] :

L'identification : En général, l'identification d'un objet dans l'IOT consiste à lui donner un nom et une adresse. L'identifiant doit identifier de manière unique l'objet dans l'internet des objets afin qu'il puisse être associé au service approprié. L'objet doit avoir un nom. Les deux méthodes de naming principales sont l'Electronic Product Code (EPC) proposé par Ashton et ses travaux dans la RFID² et l'Ubiquitous ID (UID) standardisées par article de Gartner. Les auteurs insistent sur le fait que la connaissance du nom ne suffit pas à identifier l'objet de manière unique. A cette identification doit être ajoutée une adresse correspondante à la localisation de l'objet dans le réseau de communication. À l'heure actuelle, les méthodes d'« addressing » des objets sont principalement l'IPv4 et l'IPv6 qui cohabitent sur le marché, mais qui ne sont pas compatibles.

La capture : La capture pour l'IOT consiste à collecter les données des objets et à les renvoyer vers une base de données, un entrepôt de données ou le cloud. Les données collectées sont analysées afin de pouvoir prendre des décisions en fonction du contexte spécifié par le service. Les capteurs peuvent prendre de nombreuses formes, comme les étiquettes RFID, les capteurs intelligents ou les vêtements intelligents. Par exemple, SmartThings de Samsung nous permet de contrôler notre intérieur avec votre smartphone (Samsung, 2016). La capture est essentielle pour la forme et la qualité des données collectées et aura un impact sur les nouveaux services offerts.

La communication : La communication dans le cadre de l'IOT permet à des systèmes hétérogènes des objets hétérogènes de fournir un service spécifique. En fonction des besoins, de la quantité d'informations à transmettre et de la distance maximale souhaitée, il existe de nombreux protocoles de communication : Bluetooth, RFID, WIFI ou réseaux

1. Fuqaha et d'autres.

2. Koshizuka and Sakamura (2010).

cellulaires sont les protocoles de communication les plus courants et les plus développés sur le marché. Le choix de la technologie de communication dépend des besoins exprimés dans le cahier des charges du projet. La maturité de chaque protocole entraîne une évolution de l'IOT et transforme les capacités offertes par la technologie. Par conséquent, chaque protocole présente des avantages et des inconvénients en fonction des besoins.

Le calcul (computation) : L'unité de traitement (hardware) et le logiciel d'application (software) définissent les blocs spécifiques pour le calcul et l'analyse des données collectées. Il existe un certain nombre de matériels spécifiques à l'IOT sur le marché, tels que Arduino, Intel Galileo et Raspberry PI. Ces matériels sont utiles principalement en raison de leurs coûts de fonctionnement modestes, et ces dispositifs peuvent être multipliés pour construire un réseau IoT. Au niveau du logiciel d'application, il existe (a) des systèmes d'exploitation sur lesquels les applications fonctionnent (b) un certain nombre d'applications hébergées sur le même appareil (objet par objet), localement sur un serveur d'entreprise ou dans le nuage. En fonction du niveau de gestion et de la disponibilité des données IoT, différents types de services sont disponibles :

- Services d'identité : identifier un objet réel dans un monde virtuel.
- Services d'agrégation d'informations : collecte et agrégation de données brutes en vue de leur traitement.
- Services éclairés collaboratifs : utilisation de données agrégées pour prendre des décisions et lancer des transactions.
- Services omniprésents : fourniture de services collaboratifs à tout moment, en tout lieu et à toute personne qui en fait la demande.

La sémantique : La sémantique est la capacité d'extraire des connaissances des données collectées. Les connaissances peuvent être extraites partir des données collectées pour effectuer un service particulier. La création de connaissances est la capacité de connaître les données suffisamment bien pour pouvoir les diriger vers le service approprié. Le World Wide Web Consortium (W3C) fournit des normes pour décrire les données en utilisant le Resource Description Framework (RDF) et le Web Ontology Language (Owl) comme normes de description des données.

1.2.3 Avantages d'internet des objets

L'internet des objets connecte les appareils électroniques (autres que les ordinateurs et les smartphones) à l'internet, ce qui permet un suivi et une gestion efficaces des activités quotidiennes. Dans le domaine du développement urbain, les TIC et l'IoT sont des éléments de base essentiels pour créer des infrastructures intelligentes permettant de gérer, de servir et de soutenir une population urbaine en constante augmentation. Une ville intelligente a besoin d'efficacité technologique [4] :

- les transports et la mobilité,
- la communication,
- les services,
- la sécurité,
- la relation citoyenne...

Les applications d'IOT dans la ville permettent notamment d'optimiser :

- La performance des bâtiments,
- Les consommations d'énergie,
- La gestion du mobilier urbain,
- L'élimination des déchets.

Les bénéficiaires de ces dispositifs sont les consommateurs, les citoyens, les unités territoriales et les entreprises.

Utilisé correctement, l'IoT peut réduire les coûts et améliorer la productivité des entreprises. Il est donc important que les professionnels soient informés et, surtout, formés aux nouvelles technologies [5].

1.2.4 Inconvénient d'internet des objets

L'internet des objets facilite la vie de nombreuses personnes, que ce soit dans un environnement privé ou professionnel. Toutefois, une dépendance excessive à l'égard de cette technologie révolutionnaire entraînerait une réduction de l'activité et du chiffre d'affaires si elle devait souffrir de problèmes de performance. En outre, il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un objet connecté et que, par conséquent, le risque lié à la protection des données est toujours présent, même si de nombreux garde-fous sont en place. D'autre

part, certains sont réticents à mettre en œuvre cette technologie en raison d'un manque de connaissances. Dans ce cas, les risques liés à l'utilisation de l'IOT sont supérieurs aux avantages potentiels [5].

1.2.5 Défis et solutions pour l'IOT

Dans les sous-sections suivantes, nous mentionnons les défis et les solutions de l'IOT [6] :

Défis pour l'IOT

Selon CISCO, environ 50 milliards d'appareils intelligents seront connectés à l'internet. Ce chiffre implique qu'à cette période, chaque personne dans le monde disposera en moyenne de cinq appareils intelligents, car le prix des processeurs va baisser et il sera possible d'utiliser un processeur dans presque n'importe quel objet pour le rendre plus intelligent. Lorsque ces appareils intelligents commenceront à générer des données, les organisations ne disposeront pas d'un plan organisé pour traiter de grandes quantités de données. Il faut donc se demander où seront stockées toutes les données générées par le processeur. Cela devient un problème très sérieux. L'IOT promet aux organisations de gagner en visibilité sur les opérations des clients. Selon un article de Gartner sur l'impact de l'IOT sur les centres de données, plusieurs problèmes doivent être résolus avant qu'une organisation puisse commencer à profiter des avantages de l'IOT. Les problèmes qu'une entreprise doit résoudre avant de commencer à utiliser l'IOT sont les suivants :

L'utilisation de l'IOT va générer une grande quantité de données qui doivent être traitées et examinées en temps réel, et le traitement de grandes quantités de données. IOT va augmenter la charge de travail dans les centres de données, poussant ainsi les fournisseurs vers de nouveaux défis de sécurité, d'analyse et de gestion. Le problème réside dans les caractéristiques de l'IOT lui-même. Il connectera deux dispositifs et systèmes et assurera un flux de données entre les dispositifs et les systèmes de gestion dispersés. L'informatique d'entreprise doit traiter les données IoT comme un ensemble de données complet.

Solutions pour l'IOT

En ce qui concerne le stockage traditionnel des données, cela peut être fait en utilisant Hadoop³. Maintenant que nous faisons face à l'inefficacité décroissante du cloud computing, la charge des serveurs cloud augmente en raison du traitement des données IoT là-bas. La solution au problème du big data est donc de remplacer le cloud computing par le fog computing, dans lequel tous les travaux de traitement et d'analyse sont effectués sur ses routeurs respectifs au lieu de serveurs cloud, de sorte que toutes les données du cloud deviennent des données structurées. Le devoir du serveur cloud se limitera à rendre les données accessibles au périphérique d'application.

1.2.6 Domaines d'applications de l'IOT

Les applications potentielles de l'IoT sont nombreuses et diverses, et s'étendent à pratiquement tous les domaines de la vie quotidienne des individus, des entreprises et de la société dans son ensemble. Voici quelques-unes des applications de l'IoT [8] :

Maison intelligente(Domotique)

Les maisons intelligentes seront probablement les applications IoT les plus populaires. La maison intelligente, ou domotique, est une extension de l'immotique, avec laquelle nous pouvons surveiller et contrôler le chauffage, la ventilation et la climatisation, l'éclairage, les appareils ménagers, et systèmes de sécurité. En connectant tous les appareils ménagers, nous pouvons automatiser de nombreuses routines quotidiennes, telles que l'allumage et l'extinction automatiques des lumières et du chauffage, le démarrage ou l'arrêt de la cuisson et du lavage, etc.

Avec le réseau intelligent et les compteurs intelligents, nous pouvons réduire les consommations d'énergie et la facture d'électricité, et avec les systèmes de sécurité, nous pouvons rendre la maison plus sécurisée en détectant automatiquement et, si possible, en dissuadant toute intrusion utilisant divers capteurs infrarouges, de mouvement, de son, de vibration et d'alarme (voir la figure 1.1)[7].

3. <https://www.lebigdata.fr/>



FIGURE 1.1 – Maison intelligente.

Sécurité routière

La voiture connectée, particulièrement populaire ces dernières années, contribue de manière significative à l'amélioration de la sécurité routière. La révolution numérique a offert à l'industrie automobile des perspectives sans précédent.

- Boîte d'appel d'urgence autonome,
- Panneau de contrôle synchronisé avec le smartphone,
- Le développement d'applications pour les plateformes dédiées...

La voiture d'aujourd'hui devient un véritable ordinateur, ce qui conduit progressivement à la création d'une voiture autonome comme celle actuellement testée par Google⁴. Si nos voitures ne peuvent pas encore se conduire toutes seules, elles deviennent de plus en plus autonomes grâce à un système d'automatisation de certaines tâches de conduite (allumage des feux, stationnement, etc.) .

Santé intelligente

L'Internet des objets de soins de santé, IoHT en abrégé, est un concept qui décrit des dispositifs identifiables de manière unique, connectés à l'Internet et capables de communiquer entre eux, utilisés dans le domaine médical. La normalisation de l'internet des objets dans le domaine de la santé va permettre de créer de nouveaux modèles de fonc-

4. <https://www.google.com/>

tionnement qui augmenteront la productivité des employés, mais aussi la collaboration entre soignants ainsi que la communication avec les patients. Ces solutions permettent, par exemple, la localisation et l'information en temps réel sur les biens. Gestion à distance ou automatique des ressources, (voir la figure 1.2) .



FIGURE 1.2 – Santé intelligente.

Agriculture intelligente

Dans l'agriculture intelligente basée sur l'Internet des objets, un système est construit pour surveiller le champ avec des capteurs (lumière, humidité, température, humidité du sol, etc.) et automatiser le système d'irrigation ; les agriculteurs peuvent surveiller l'état des champs de n'importe où. L'agriculture intelligente basée sur l'internet des objets par rapport à l'approche traditionnelle, (voir la figure 1.3) [9].

Industrie intelligente

Les systèmes intelligents de IOT permettent la fabrication rapide de nouveaux produits, une réponse dynamique à la demande de produits et l'optimisation en temps réel des réseaux de production et de chaîne d'approvisionnement, en mettant en réseau les machines, les capteurs et les systèmes de contrôle [9].

L'industrie n'est pas en reste sur l'usage de l'Internet des Objets et des bénéfices que celui-ci lui apporte. Dans le cadre des problématiques rencontrées dans le domaine industriel, l'usage des objets connectés est très spécifique et répond à des besoins [8] :

- d'optimisation (chaîne logistique),



FIGURE 1.3 – Agriculture intelligente.

- de transformation des processus d'entreprise,
- d'amélioration de l'efficacité et de la productivité,
- de traçabilité et de sécurité.

Supermarchés branchés : Smart retail

Le commerce de détail physique connaît également les changements de l'ère numérique. Les magasins de détail, qui font une concurrence féroce au commerce électronique, cherchent à tirer parti de la popularité de l'IOT en combinant le commerce électronique et la vente au détail traditionnelle.

À cette fin, les magasins physiques ont également adopté la révolution numérique et proposent de plus en plus de jeux et de fonctions interactives pour améliorer l'expérience de vente et augmenter les taux de conversion. Les concepts de vente au détail intelligente incluent la technologie d'identification par radiofréquence (RFID), qui offre un parcours hautement personnalisé pour améliorer l'expérience du client. Outre les applications mobiles, des concepts de caddies connectés ont déjà été développés pour faciliter les achats dans les supermarchés :

- liste de courses intégrée,
- parcours guidés pour optimiser le temps de course,
- calcul automatique du montant du panier,...

Les commerçants investissent également dans les applications mobiles pour fidéliser et attirer les clients vers les boutiques physiques, par le biais, par exemple, de notifications sur les promotions / soldes en cours lors du passage d'un client près d'une boutique.

Gestion de ses appareils avec les accessoires connectés

Les objets connectés envahissent non seulement les lieux publics et les entreprises, mais aussi nos maisons. Ils sont également portables et sont utilisés dans notre vie quotidienne pour la sécurité, la commodité ou simplement le divertissement.

Par exemple, un casque DashBo se transforme en un masque qui peut projeter des vidéos et des films lus sur un smartphone directement dans les yeux.

Des montres et des bracelets connectés arrivent également sur le marché, offrant tout, du divertissement à la santé, et sont également disponibles pour les personnes handicapées.

Toutes ces applications favorisent la croissance de nouvelles entreprises numériques. Les profils big data sont de plus en plus demandés, de la cybersécurité à l'accompagnement de la transition numérique .

Transport intelligent

L'IOT peut aider à l'intégration des communications, du contrôle et du traitement de l'information dans les différents systèmes de transport, et aide les compagnies de transport à cartographier les routes les plus efficaces et à optimiser la consommation de carburant.

Le stationnement est également facilité par des capteurs qui déterminent si une place est disponible, et les routes sont rendues plus sûres grâce à un éclairage intelligent, à l'analyse des flux de circulation et à la commande automatique des feux de signalisation.

Les voitures elles-mêmes deviennent de plus en plus intelligentes, avec des fonctions de sécurité et d'interactivité basées sur l'IOT et conçues pour améliorer l'expérience de conduite globale (voir la figure ci-dessous 1.4) .

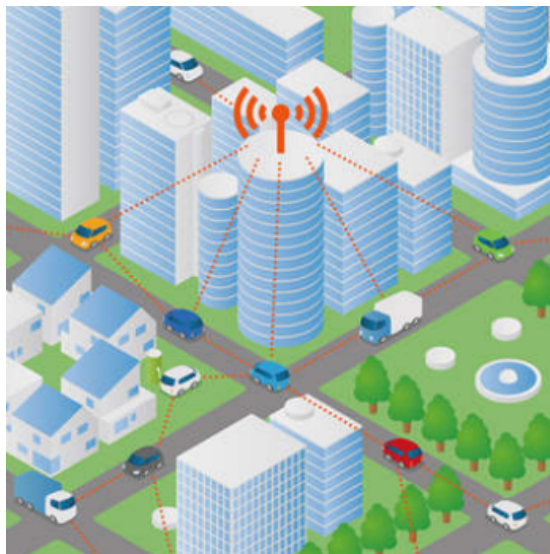


FIGURE 1.4 – Transport intelligent.

IOT est une nouvelle technologie qui a été récemment développée et est encore en développement, qui a envahi toutes les domaines et parmi ses domaines les villes intelligentes, et nous verrons ce concept dans la section suivante.

1.3 Les villes intelligentes

Les villes intelligentes n'a pas de définition stricte, Chaque fois il y a de nouvelle définition, parmi ces définitions nous nous sommes appuyés sur la définition ci-dessous :

1.3.1 Définition

Une ville intelligente est une vision d'amélioration urbaine visant à intégrer divers dispositifs de l'Internet des objets (IoT) et des technologies de l'information et de la communication (TIC) de manière sûre pour tirer parti des avantages de la ville - les avantages de la ville comprennent les bureaux de quartier, mais ne sont pas limités par des cadres de données, écoles, bibliothèques, infrastructures de transport, cliniques et terminaux énergie, systèmes d'approvisionnement en eau, gestion des déchets, exigences légales. L'objectif de la construction d'une ville intelligente est d'améliorer la satisfaction personnelle en utilisant l'innovation pour améliorer l'efficacité des services. Les TIC permettent

de communiquer directement avec le groupe et la base de la ville et d'examiner ce qui se passe dans la ville, comment la ville se développe et comment permettre une satisfaction personnelle supérieure. Grâce à des capteurs coordonnés, les informations et des appareils traitées et démantelées. Les données et informations agrégées sont les clés pour faire face à l'inefficacité [10].

1.3.2 Composantes et organisation de la ville intelligente

Il n'est pas facile de donner une définition unique d'une ville intelligente et connectée. En effet, il est délicat de proposer un schéma complet et lisible des composantes et de l'organisation d'une ville intelligente. Sur la base des éléments recueillis dans la littérature existante sur le sujet, VOIRIN [11] propose sa vision de ce qu'est une ville intelligente aujourd'hui (voir la figure 1.6) :

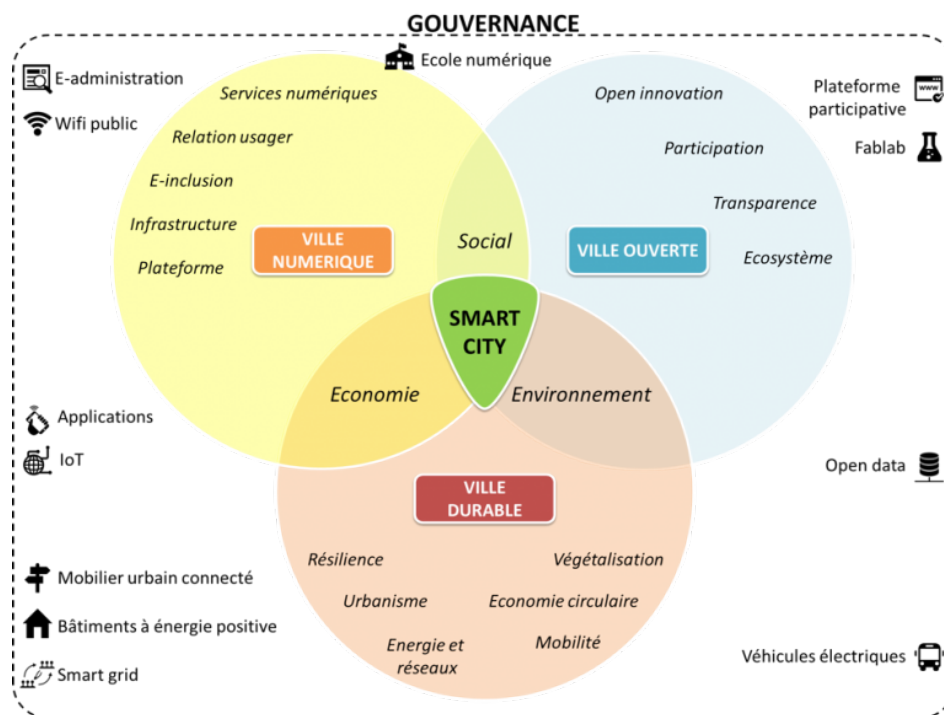


FIGURE 1.5 – Composantes et organisation de la ville intelligente(Ville de Paris et VOIRIN) [11]

Une ville intelligente ne se définit plus en fonction de la technologie utilisée, mais en fonction de la dimension humaine. La notion de ville intelligente est en constante évolution

et s'adapte aux nouvelles réalités; elle ne peut plus se limiter à une seule signification, car elle englobe désormais des domaines très larges.

La ville intelligente telle que nous la concevons consiste en une combinaison de trois modèles :

- La ville numérique : qui met à disposition des habitants les ressources numériques leur permettant d'être connectés,
- La ville ouverte : à laquelle tout le monde peut participer,
- La ville durable : qui prend en compte les infrastructures de la ville dans une perspective de durabilité. Au croisement de chacun de ces modèles se trouve un axe de travail : L'axe social, L'axe économique et L'axe environnemental.

Le schéma comprend également des exemples concrets de mise en œuvre⁵ qui donnent un aperçu des "services" de la ville intelligente et connectée. Ainsi, la ville intelligente et connectée présente de nombreux aspects; il convient également de noter que la ville intelligente fait partie d'un écosystème "intelligent et numérique" plus large et global. Elle peut donc être une extension des technologies au service des personnes (par exemple, les maisons connectées ou les services de télémédecine) [11].

1.3.3 Caractéristiques de la ville intelligente

Les premières caractéristiques des villes intelligentes ont été identifiées comme comprenant [12] :

- **Economie intelligente (Smart Economy)** : L'économie intelligente désigne les services et les applications qui visent à améliorer la compétitivité économique d'une ville. Ces services comprennent l'innovation, l'esprit d'entreprise, la productivité, la flexibilité de la main-d'œuvre ou l'intégration de la ville dans les marchés internationaux.
- **Gens intelligents (Smart People)** : l'individu intelligent désigne les services visant à développer les compétences et l'éducation des citoyens, ainsi qu'à améliorer les interactions sociales entre les individus (intégration et ouverture aux autres).
- **Gouvernance intelligente (Smart Governance)** : Le terme "intelligent" fait

5. mobilier urbain connecté, etc.

référence aux services qui visent à développer les compétences et l'éducation des citoyens et à améliorer l'interaction sociale entre les personnes (intégration et ouverture aux autres). De manière réaliste, cela peut prendre la forme de l'utilisation d'un tableau blanc interactif dans les écoles publiques⁶ ou de la mise en œuvre d'un projet d'apprentissage électronique permettant des cours en ligne, comme le propose⁷.

- **Mobilité intelligente (Smart Mobility)** : La SM ou mobilité intelligente comprend deux types de services : les services de mobilité urbaine et les services d'accès aux TIC. Les services de mobilité urbaine sont liés au transport, par exemple les dispositifs de partage de voitures électriques, Autolib à Paris. Les services d'accès aux TIC font référence, par exemple, à la mise à disposition de , comme l'initiative Zap dans plusieurs villes du Québec⁸.
- **Environnement intelligent (Smart Environment)** : le SEn ou L'environnement intelligent comprend des applications qui améliorent la gestion des ressources naturelles (parcs et forêts, eau, etc.) et la lutte contre la pollution. La détection automatique des systèmes d'éclairage en 2012⁹, la réduction de la consommation d'énergie en détectant la présence de véhicules sur la route, ou l'amélioration de la collecte des déchets grâce à la RFID sont des exemples de l'impact de la technologie dans le secteur Sen dans un pays Vie intelligente.
- **Vie intelligente** : le SL ou Smart Living comprend des projets visant à améliorer les bâtiments que les citoyens utilisent, quel que soit leur lieu de résidence, de travail ou de loisirs. Les applications de la SL comprennent, par exemple, l'utilisation de la télésurveillance et la construction de bâtiments à émission zéro¹⁰. SL est basé sur des technologies qui favorisent la sécurité et la qualité de vie des citoyens, ce qui est important dans le contexte de la Vie intelligente.

1.3.4 Les défis des villes intelligentes

Les villes intelligentes sont confrontées à de nombreux défis, qui sont [13] :

6. Beauchamp et Parkinson, 2005

7. Lakehead County School

8. Les technologies sont au coeur du développement des services de santé mentale dans les VI

9. Energie (2012).

10. Carrière Faure (2015).

Fonds insuffisants

Un rapport de SmartCitiesWorld révèle que le financement est le plus grand défi pour mettre en œuvre une stratégie de ville intelligente. Rendre les villes intelligentes signifie déployer des infrastructures intelligentes et complexes pour la mise en œuvre des technologies numériques. En outre, des tonnes et des tonnes d'appareils intelligents doivent être intégrés pour la collecte de données. En outre, pour assurer le succès des villes intelligentes, les gouvernements doivent embaucher suffisamment d'experts en technologie et d'urbanistes. En outre, les exigences du réseau doivent être correctement satisfaites. De plus, le matériel installé doit être vérifié fréquemment pour la maintenance. Tout cela consomme beaucoup d'argent. Les gouvernements devraient envisager d'élaborer une stratégie pour créer des modèles de revenus appropriés pour leurs initiatives de villes intelligentes.

Manque de professionnels expérimentés

Un autre défi majeur pour les villes intelligentes est le manque de professionnels qualifiés. Pour préparer une stratégie visant à réussir un projet de ville intelligente, identifier les domaines de mise en œuvre des technologies et exploiter ces outils, des experts technologiques sont nécessaires. Le gouvernement et les parties prenantes concernées devraient prendre le nombre de professionnels requis et les embaucher avant de commencer leurs plans de projet.

Connectivité réseau incohérente

Pour la gestion intelligente d'une commune, plusieurs capteurs, caméras et actionneurs sont installés partout. Ces capteurs collectent et envoient de gros volumes de données en temps réel. L'analyse et le traitement des données collectées devraient se faire presque instantanément pour une gestion efficace des opérations de la ville. Et pour un traitement instantané, une connectivité Internet haut débit est obligatoire. Actuellement, des systèmes de couverture mobile 4G sont disponibles, qui ne sont pas assez efficaces pour le transfert de données à haut débit. Cette question doit donc être obligatoirement prise en compte.

Risques de cybersécurité

Selon le rapport IHS, les appareils de ville intelligente dépasseraient 1 milliard d'unités d'ici 2025. Ces appareils connectés à Internet transmettront d'énormes morceaux de données en temps réel. Bien que ces données contribuent à l'efficacité des fonctions de la municipalité, elles présentent de graves risques pour la sécurité qui ne peuvent être ignorés. Les données des parkings, des caméras de vidéosurveillance, des bornes de recharge pour véhicules électriques et des systèmes GPS contiennent des informations confidentielles sur les citoyens. Tous les appareils connectés ne sont pas à présent cyber-résilients. Si tel est le cas, les criminels peuvent facilement accéder aux données et les utiliser à des fins illégales. Par conséquent, les gouvernements et les professionnels de l'informatique devraient renforcer les frontières de sécurité des appareils intelligents et de l'infrastructure de soutien. Identifier et résoudre les défis des villes intelligentes est une approche collaborative. Non seulement les gouvernements, mais aussi les informaticiens, les organisations privées et les citoyens devraient s'unir pour œuvrer à la réussite d'un objectif commun de ville intelligente.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté d'une manière générale l'internet des objets (Iot), les concepts d'Iot, et ses composants, puis les avantages et les inconvénient de l'Iot, et enfin ses domaines d'application, les villes intelligentes (VI), Nous avons présente c'est quoi une ville intelligente, ses composants, ses caractéristiques, et les défis des villes intelligentes.

Les problèmes auxquels sont confrontées les villes intelligentes sont nombreux et innombrables, mais le problème majeur que rencontrent les citoyens, et qui est le sujet d'étude est le problème de transport intelligent, ce dernier est l'axe de notre recherche et on va le traiter dans le chapitre suivant.

État de l'art sur la gestion du trafic routier

2.1 Introduction

La gestion du trafic routier fait partie du domaine des systèmes de transport intelligent (STI), ce dernier désigne l'application des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans le domaine de transports. Ils sont conçus pour fournir des outils et des modèles permettant de gérer les risques routiers, au moyen biais ou non d'équipements réactifs dits dynamiques. L'application de ce système aura des objectifs variés. Ces derniers sont principalement conçus pour la fluidité et la gestion du trafic routier, en particulier aux intersections où ils peuvent agir directement sur les feux de circulation, également en termes de politique de stationnement, d'information des usagers à tous les niveaux, et d'utilisation de stratégies spécifiques pour gérer les situations dangereuses.

2.2 Le transport intelligent

Le monde qui nous entoure est complètement interconnecté et connecté, de sorte que même le plus petit appareil d'un système complexe devient intelligent, capable d'échanger des informations et d'interagir avec tout autre élément du réseau.

Ce nouvel environnement technologique modifie profondément notre quotidien, notamment dans le domaine des transports (voir figure 2.1)[14].



FIGURE 2.1 – Les scénarios TI.

2.2.1 Le système de transport intelligent

Les systèmes de transport intelligents (STI) sont des applications ou services avancés qui combinent l'ingénierie des transports, les technologies de la communication, de l'information et du positionnement géographique. Ils recouvrent de nombreux domaines d'application avec les domaines de priorités suivant [15] :

- Utilisation optimale des données relatives à la route, à la circulation et aux déplacements,
- Continuité des services STI de gestion de la circulation,
- Application de STI à la sécurité et à la sûreté routière,
- Lien entre le véhicule et les infrastructures de transport.

2.2.2 Les applications de transport intelligent

Il existe des millions de véhicules autorisés à circuler sur les routes dans le monde et leur nombre est en augmentation. Par conséquent, l'efficacité du trafic, la réduction de la congestion et la réduction des dommages dus aux accidents sont devenus un défi majeur dans les villes. Au cours de la dernière décennie, cela s'est progressivement amélioré grâce à l'adoption des systèmes de transport intelligents (STI) et de l'information et de la communication (TIC). Dans le système STI, les véhicules peuvent communiquer avec d'autres véhicules en utilisant la technologie de communication de véhicule à véhicule (V2V) ou via la technologie d'infrastructure (V2I). Il existe deux principaux types d'applications STI, dont la sécurité routière et l'efficacité [16].

Les applications de sécurité routière

Conçu pour réduire le risque des accidents de voiture et minimiser les pertes causées par des accidents inévitables. Ces applications présentent des exigences, nécessitant un matériel dédié fiable et une communication fiable et rapide. Ces applications incluent la sensibilisation coopérative, comme les applications de gestion des horaires, l'avertissement de sortie de voie et la gestion de la vitesse, et les applications de détresse, telles que la détection des dangers et les conditions météorologiques extrêmes.

Les applications de l'efficacité du trafic

L'objectif principal de l'application de l'efficacité du trafic est d'améliorer la fluidité du trafic en réduisant le temps de trajet et la congestion du trafic. Des avantages économiques et environnementaux peuvent également être obtenus. Ces applications fournissent généralement des informations sur le trafic aux utilisateurs via l'infrastructure. Par exemple, gestion des véhicules de transport de marchandises dangereuses. Bien que ces demandes n'aient pas d'exigences strictes en matière de fiabilité et de délai, leur qualité diminuera progressivement à mesure que les retards et la perte de paquets augmentent.

2.2.3 Les besoins en transport de la ville intelligente

les besoins en transport de la ville intelligente sont comme suit [17](voir la figure 2.2) :

- Simplification des systèmes de paiement,
- Gestion de personnel flexible, selon les besoins opérationnels,
- Gestion en temps réel du matériel roulant selon la demande.

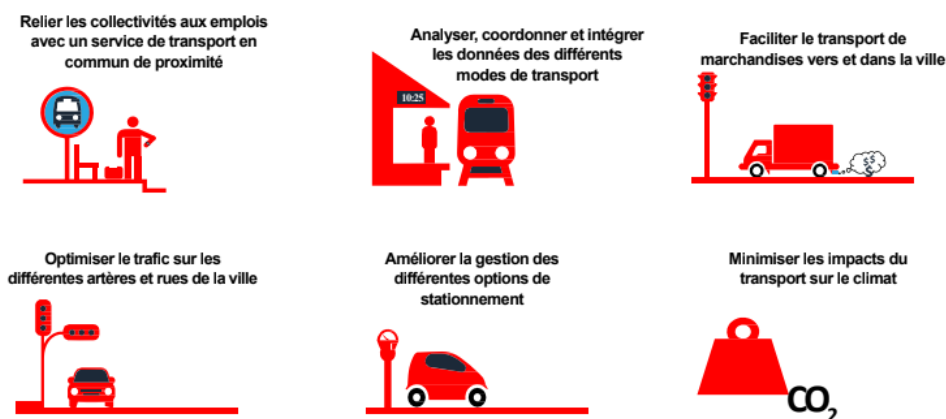


FIGURE 2.2 – Les besoins en transport de la ville intelligente [17].

2.3 Les problèmes de gestion de trafic routier

La gestion du trafic routier est entravée par plusieurs problèmes qui consistent dans les groupes suivants :

2.3.1 La congestion

Les embouteillages sont une réalité, et chaque conducteur doit y faire face au moins un moment dans sa vie. Cela concerne des millions de personnes dans le monde, et a un impact sur elles au niveau individuel, professionnel et social. En effet, les embouteillages entraînent généralement un ralentissement considérable du trafic, provoquant des retards qui ont un impact important sur la qualité de vie des usagers : Les conducteurs fréquemment bloqués dans le trafic sont stressés, les problèmes de bruit, etc. augmentent le risque d'accident. Ce phénomène est largement considéré comme des frais généraux (problèmes de santé). De plus, étant donné la forte baisse du pouvoir d'achat due à l'augmentation actuelle des prix du pétrole, le resserrement a un impact direct sur l'augmentation de la consommation d'énergie. Dans le secteur économique, le problème a provoqué des retards dans la livraison des marchandises, ce qui peut être dramatique pour les entreprises. Enfin, d'un point de vue environnemental, la congestion peut avoir des effets néfastes et négatifs en raison de l'augmentation de la consommation de carburant et de la pollution, ce qui peut entraîner une augmentation exponentielle des coûts environnementaux. On

peut donc conclure que la congestion routière est un problème socio-économique majeur et qu'il faut trouver des solutions pouvant être mises en œuvre rapidement [18].

2.3.2 Les intersections

Représente un aspect essentiel de la fluidité du trafic routier dans une ville, et le problème est abordé par de nombreux auteurs, sous différents angles : théoriques (exemples : logique floue [38], réseaux de neurones [39][40][41] ou encore algorithmes génétiques[42][43], pratiques (exemple : mise en contexte avec placement de détecteurs [44]), spécifiques (exemple : étude de cas dans une résidence privée [45]), techniques (exemple : étude matérielle [46]), et d'autres aspects, qui seront examinés en détail dans les sections suivantes. La figure 2.3 montre les modèles d'interface couramment utilisés dans la littérature pour la validation des modèles : des intersections dans quatre directions, chacune avec un nombre fixe de voies Ici, la courbe de gauche est séparée de la courbe droite ou droite et les deux derniers mouvements sont confondus.

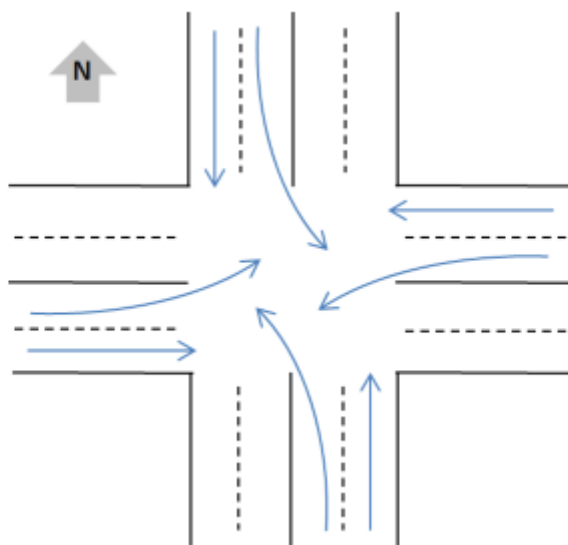


FIGURE 2.3 – Modèle de carrefour généralement utilisé dans la littérature.

2.3.3 Les voies spéciales

Outre les intersections, ce travail se concentre sur la gestion des voies spéciales où les transports publics, les taxis et les pistes cyclables peuvent jouer un rôle important. Dans [47] et [48], les auteurs ont discuté de la possibilité d'une détection des bus existants et de la nécessité d'accorder une priorité aux bus en conséquence. Plus précisément, ils ont énuméré les possibilités suivantes : Infrastructure, via le signal GPS par le centre de contrôle, en travaillant avec les boîtiers d'aiguillage. (Échanger l'emballage pour l'identification du véhicule). Les auteurs de [48] prennent en considérant la station de bus : à l'intersection, également à la station de bus. Les auteurs présentent un système basé sur un détecteur en boucle fermée, qui est testé en conjonction avec l'infrastructure pour suivre correctement un chemin spécifique. Dans [49], les auteurs analysent la situation des réseaux de capteurs sans fil et utilisent ces capteurs au niveau des arrêts de bus pour calculer le temps de trajet moyen d'un bus ou prédire son arrivée à un certain arrêt. Dans [50], les auteurs proposent un modèle pour chaque bus transportant un capteur : Chaque ligne de bus est alors représentée par un réseau de véhicules où des informations peuvent être échangées et des décisions peuvent être prises (par exemple, des élections). Ce dernier modèle peut être résumé comme un réseau de taxi. Enfin, [51] propose l'utilisation d'un réseau de capteurs à plusieurs vitesses pour comprendre l'arrivée des bus pour des feux de circulation spécifiques et introduire de nouveaux paramètres pour décider de changer les feux à un carrefour. Notons que [52] reprend la même logique de fonctionnement, en généralisant les capteurs par des détecteurs.

2.3.4 Le stationnement

La gestion du stationnement est également essentielle et a un impact direct sur la fluidité du trafic : il semble logique de dire que l'utilisation des voitures dans les zones urbaines dépend dans une certaine mesure de la disponibilité des places d'arrivée. Il faut savoir qu'en France, à certaines heures, 10 % des véhicules en circulation sont à la recherche d'une place de stationnement [53]. Les STI facilitera la prise de décision, mais aussi informer les usagers ou contrôler des véhicules.

2.3.5 La sécurité

Concernant la sécurité routière, les STI jouent un grand rôle autour de deux grandes catégories. D'une part, les systèmes hors-véhicules tels que les PMV vont permettre d'avertir l'utilisateur lorsqu'il est en danger : vitesse trop élevée, mauvaises conditions météorologiques, et travaux. L'objectif est d'influencer l'utilisateur. D'autre part, les systèmes sur-véhicule sont nombreux et sophistiqués : détection de piétons ou d'obstacles, couvertures intelligentes pouvant se relever en cas de choc avec un piéton [54], systèmes embarqués (par exemple, appels d'urgence automatiques en cas de choc), régulateur de vitesse, vision nocturne (à l'aide de caméras), etc.

2.3.6 Les ronds-points

Certains travaux abordent la gestion des ronds-points, en fonction des priorités existantes. Par exemple, il est courant dans de nombreux pays de donner la priorité aux utilisateurs qui sont déjà à l'intérieur d'un rond-point.

Dans [55], les auteurs utilisent la mécanique des fluides (basée sur la théorie des flots et les méthodes de gestion du trafic) pour explorer ce que pourrait donner une gestion des priorités différente. Il s'agit d'un modèle générique qui commence par un rond-point à trois directions avec une seule voie, pour arriver à un modèle généralisé à N directions de K voies. Les auteurs ont également utilisé des feux de circulation pour mesurer les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ces derniers (par rapport au premier modèle). Le résultat est évident : les deux flots sont au milieu du rond-point et de chaque côté de la voie, et le trafic le plus important doit être priorisé pour une gestion optimale du trafic. D'autre part, les feux améliorent considérablement le trafic, mais uniquement en cas de débit suffisamment élevé. Dans [56], les auteurs utilisent la théorie des files d'attente autour de plusieurs modèles pour calculer le temps d'attente moyen des usagers pour chaque intersection, avant d'entrer dans le rond point : ici une file correspond à un ensemble de voitures dans une voie. Le calcul est basé sur la présence de feux de signalisation à chaque intersection : obtention d'une information à destination d'une éventuelle station de contrôle, de l'utilisateur (PMV) pour le réglage des dits-feux. Dans [57], les auteurs ont voulu gérer les flux de circulation d'un rond-point avec des feux tricolores installés à des endroits stratégiques : les points où le croisement entre deux ensembles de véhicules est possible. Pour être efficace, l'auteur recommande de déterminer l'heure du feu à partir

de la base de données historique pour déterminer les heures de pointes et de désactiver tous les signaux pour le reste du temps. Enfin, citons [58], où les auteurs proposent trois approches pour faciliter le trafic dans les ronds-points : les signaux de ralentissement à l'arrivée, le feu de signalisation s'allume à l'arrivée, le feu de signalisation est utilisé à la fin ou à l'intérieur du rond-point, et l'utilisateur s'engage sur la voie de gauche. Il est clair que la troisième méthode reste la plus efficace dans les situations de fort trafic, mais pas dans les autres cas.

2.3.7 Rapport à la pollution

L'énergie et les émissions de gaz à effet de serre provenant de des véhicules à travers un certain nombre de points. Tout d'abord, la connaissance apportée par les STI peut aider les usagers à se déplacer en transports publics, à réduire leur consommation et à évoluer vers un environnement écologique. Les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'énergie et des véhicules à travers un certain nombre de points. Tout d'abord, la connaissance des transports publics peut aider les usagers à se déplacer en transports publics, à réduire leur consommation et à évoluer vers un environnement écologique (un bus émet 0.03 kg de CO₂ par passager-kilomètre, une voiture 0.11 [59]). En outre, le développement de systèmes partagés aidera à prendre cette décision : Les vélos et même les véhicules électriques (par exemple : Auto Bleue¹ à Nice ou Mobility Car Sharing en Suisse²). Dans le premier cas, il est également nécessaire de prêter attention au trafic induit : La réduction de la congestion et des contraintes peut déterminer un utilisateur à effectuer un déplacement. Ensuite, la gestion du trafic routier permet la variabilité des temps de parcours : Réduction de la congestion, des séquences d'arrêt et reprises, qui sont la principale source de consommation de carburant et émissions de gaz à effet de serre. Enfin, le comportement du conducteur joue un rôle majeur sur la consommation de carburant. par les systèmes d'information (PMV, systèmes embarqués).

1. <http://www.auto-bleue.org>.

2. <http://www.mobility.ch>.

2.4 Les feux de circulation

Dans cette partie, nous concentrons notre étude sur les systèmes de gestion des feux de circulation, en abordant les solutions et la terminologie traditionnellement utilisées dans les zones urbaines [19].

2.4.1 Fonctionnement traditionnel d'une intersection

Le modèle d'intersection classique est illustré sur la figure (voir Figure 2.4). Il est constitué d'un ensemble de quatre directions ou routes possibles notées D (p. ex., E sur la Figure 2.4). Ce modèle est celui qui est utilisé dans la plupart des œuvres littéraires, mais rien n'interdit de le promouvoir. Chaque direction peut être divisée en une direction entrante et sortante ou les deux. Une direction entrante permet à un véhicule dispersé sur une ou plusieurs voies de traverser une intersection pour relier une direction sortante qui se connecte à une intersection voisine. Dans chaque direction entrante, le véhicule qui tourne à gauche utilise la voie de gauche, tandis que la voie de droite est généralement utilisée pour les véhicules qui vont tout droit ou qui tournent à droite.

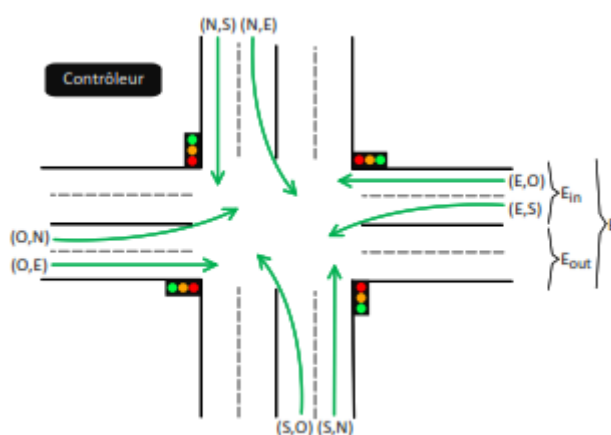


FIGURE 2.4 – Modèle de carrefour généralement utilisé dans la littérature.

Typiquement, un véhicule entre sur l'intersection par une direction a et ressort par une direction b (les cas où $a = b$ sont possibles). Le couple $(a; b)$ est un mouvement possible à une intersection. Sur la Figure 2.4, le mouvement $(E; S)$ est par exemple le mouvement allant de E à S. Un mouvement peut être accessible à partir de plusieurs

voies (p. ex., deux voies vous permettent d'aller en direction droite). Au contraire, une voie peut avoir plusieurs mouvements possibles (p. ex., aller tout droit ou à droite). Ici, nous supposons que le feu de signalisation contrôle un mouvement, au moins une direction entrante. Enfin, nous notons que le mouvement vers la droite n'est pas représenté car il est confondu avec le mouvement droit. Si un mouvement vers la droite entre en conflit avec un autre, alors cela est nécessairement le cas pour le mouvement allant tout droit qui y est associé.

2.4.2 Gestion des séquences de feux

Dans cette section, nous expliquons brièvement le vocabulaire de la gestion des séquences de feux.

Un contrôleur de feux

C'est un dispositif utilisé pour assurer le bon fonctionnement des feux de circulation. Il applique des stratégies de signalisation en activant les feux un par un. Traditionnellement, il se connecte à un seul carrefour, mais dans certains cas, plusieurs carrefours peuvent être gérés. En général, le contrôleur comporte les éléments principaux suivants [24] :

- Une unité d'énergie,
- Une unité de contrôle, donnant l'ordre d'allumer des feux,
- Une unité d'alerte rapide qui réagit aux erreurs graves (par exemple, clignotement orange sur l'ensemble des feux),
- Une unité de gestion des conflits, programmation avec une combinaison de feux verts autorisée et validation des données envoyées par l'unité de contrôle.. Elle utilise généralement une matrice de collision pour déterminer quels mouvements peuvent se produire simultanément. Il existe différents types de conflits qui peuvent être classés par gravité. Par exemple, les conflits entre mouvements latéraux sont généralement interdits. À l'inverse, certaines configurations autorisent deux mouvements à collision plus légère en même temps (par exemple, mouvements tournant à gauche). La Figure 2.5 donne un exemple d'une telle matrice qui peut être utilisée pour l'intersection décrite en 2. 2. 1. Dans cet exemple, on peut voir que le mouvement (N ; S) peut avoir le feu vert avec le mouvement (S ; N), mais pour des raisons de sécurité est indépendant du mouvement (E ; 0). Si un défaut ou une

- erreur est détecté sur l'un des feux, cette unité fait appel à l'unité précédente,
- Une unité d'administration, pour contrôler du carrefour (p. ex., par la police, ingénieurs),
- Dans certains cas, une unité de détection est connectée à des dispositifs de détection de véhicules.

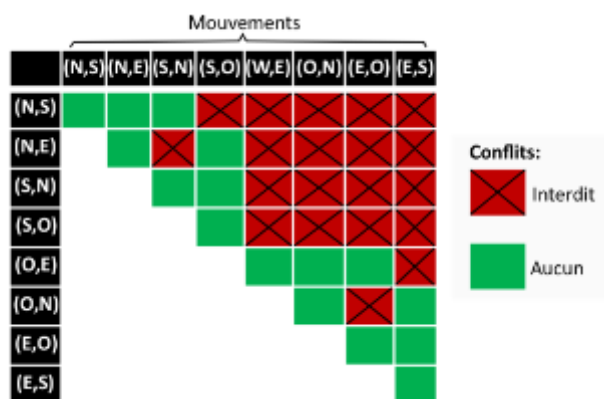


FIGURE 2.5 – Exemple de matrice des conflits.

Un détecteur

Une technologie de collecte et de transmission d'informations environnementales à des nœuds de traitement.

Une phase

Une phase est la période de temps pendant laquelle la combinaison approuvée par l'unité de gestion des conflits est lancée avec le feu vert. Une phase est déterminée par le mouvement qui peut être généré dans chaque direction. Dans la mesure du possible, elle ne doit pas mettre de mouvement en conflit, le principe des feux de circulation est de fournir une sorte de sécurité entre les flux de d'utilisateurs.

Un cycle

Correspond à la séquence d'un ensemble de phases successives. Il déroule toutes les phases et tous les mouvements possibles afin que toutes les voies aient au moins un feu

vert. Cette règle ne s'applique pas nécessairement si l'intersection est équipé d'appareilles de mesure (par exemple, les voies sans véhicules peuvent ne pas avoir de feu vert pour un ou plusieurs cycles).

Un plan de feux

Correspond à la description d'un cycle spécifique et définit les différentes phases à réaliser et leur durée. En général, les plans de feu sont préparés pour des périodes spécifiques en fonction du niveau de trafic moyen à absorber (par exemple, des plans de feu plus courts la nuit et plus longs aux heures de pointe).

2.4.3 Gestion du temps de feux

Dans cette section, Nous donnons une brève explication sur le Temps inter-véhiculaire.

Temps inter-véhiculaire

Soit T^h le temps moyen séparant le passage de deux véhicules successifs à un feu de circulation, comme le montre la figure 2.6. On peut par exemple s'en servir pour estimer le temps que met une file d'attente pour franchir le feu vert. Estimé à 2 secondes à ce stade, sans tenir compte du ralentissements associé au début ou à la fin de la phase [25][26].

Notons que le temps inter-véhiculaire permet généralement de déterminer la capacité des routes.

2.5 Solutions de gestion de trafic routier

Il existe plusieurs solutions dans la gestion de trafic routier divisées en deux parties, comme suit :

2.5.1 Outils pratiques de gestion de trafic routier

En Europe, trois grandes approches (L'approche Française, L'approche Allemande, L'approche Anglaise) complémentaires de régulation du trafic routier se sont principalement développées et sont représentatives de ce qui se fait à travers le monde.

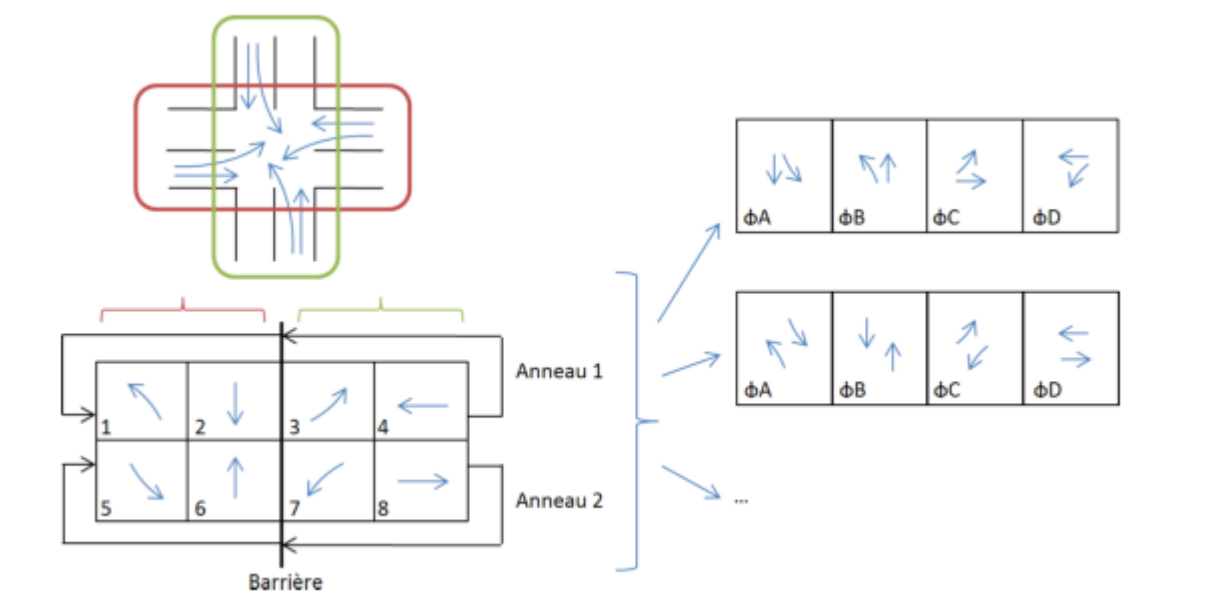


FIGURE 2.6 – NEMA- Diagramme en anneaux..

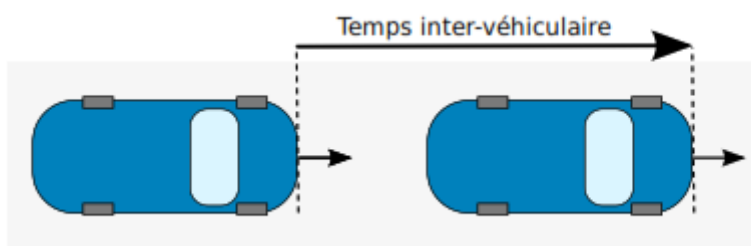


FIGURE 2.7 – Temps inter-véhiculaire, séparant deux véhicules successifs.

SCOOT

Les feux de circulation dans les zones urbaines sont souvent coordonnés (reliés) entre eux sur des plans «à temps fixe» qui sont prédéfinis pour s'adapter aux conditions moyennes. «SCOOT» (technique d'optimisation de fractionnement, de cycle et de décalage) est une méthode de coordination qui ajuste les synchronisations du signal par petits incréments fréquents pour correspondre à la dernière situation de trafic. Les données des détecteurs de véhicules sont analysées par un ordinateur en ligne qui contient des programmes qui calculent et mettent en œuvre les horaires prévus pour minimiser la

congestion. SCOOT est conçu pour une application générale dans les systèmes informatisés de contrôle de la circulation urbaine. La recherche et le développement du SCOOT ont été réalisés par³. Dans le cadre de ces travaux, des systèmes SCOOT ont été mis en œuvre à Glasgow et Coventry et des enquêtes de trafic ont été menées par TRRL sur un total de 62 signaux. Il est conclu que le SCOOT réduit le retard des véhicules d'environ 12 pour cent en moyenne par rapport aux plans à temps fixe optimisés mis à jour [20]; d'autres avantages substantiels sont probables lorsque, comme c'est souvent le cas, les plans à temps fixe sont basés sur d'anciennes données de trafic (voir la figure 2.8).

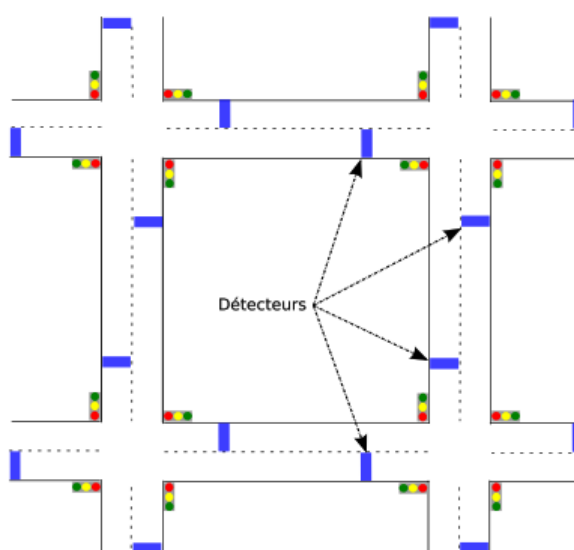


FIGURE 2.8 – Boucles magnétique en amont des carrefours (SCOOT).

SCATS

SCATS est un système de contrôle du trafic conçu pour optimiser le flux de trafic. Des algorithmes intelligents traitent les données en temps réel pour adapter les horaires des feux de circulation qui répondent à des conditions inattendues, prédisent les modèles de trafic et maintiennent la circulation. Le résultat est une réduction de la congestion, des temps de trajet plus courts et une sécurité et une productivité accrues [21]. Avec un intérêt mondial croissant pour les systèmes de transport intelligents (ITS) et les villes

3. TRRL et le ministère des Transports et de l'Industrie en collaboration avec les sociétés de systèmes de circulation Ferranti, GEN et Plessey

intelligentes, la technologie SCATS offre des solutions innovantes conçues pour répondre aux exigences de la future gestion du trafic . L'expertise démontrée et des années de connaissances basées sur les données combinées à un modèle de système flexible et évolutif signifie que SCATS est parfaitement positionné pour s'intégrer dans n'importe quel réseau de transport dans le monde (voir la figure 2.9).

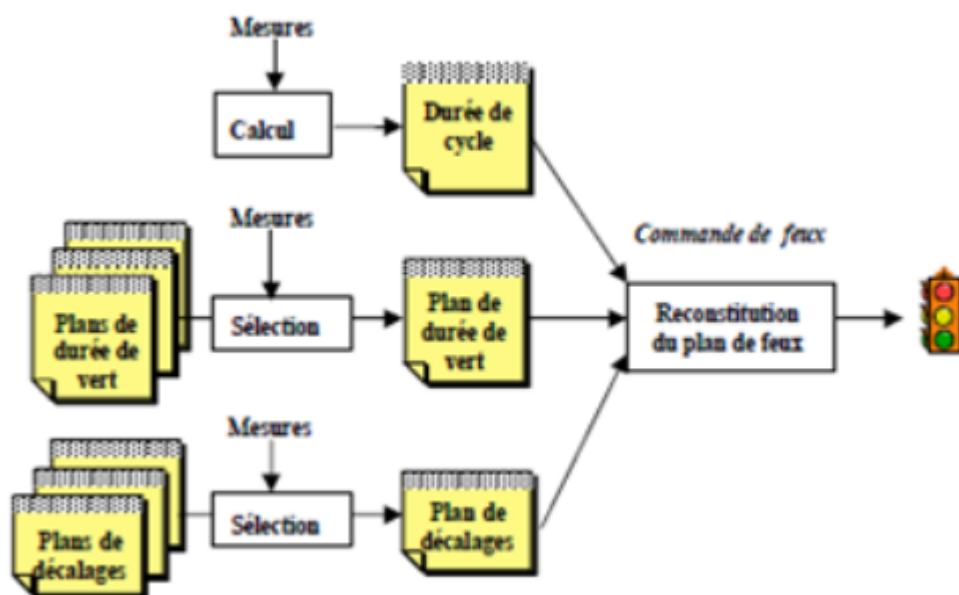


FIGURE 2.9 – Principes généraux de SCATS.

TRANSYT

TRANSYT est une méthode de détermination des paramètres optimaux des signaux de circulation à temps fixe qui permettent à des flux connus de passer à travers un réseau routier avec une impédance minimale. La méthode est mise en oeuvre par un programme informatique numérique. Un modèle de circulation est utilisé dans lequel une autorisation est faite pour l'interaction de flux entre des sections de route successives, pour la dispersion des plate-forme et pour le contrôle de flux par des signaux ou un autre flux de circulation qui a le droit de voie. La méthode de calcul donne un temps de solution court. Une bonne convergence sur les paramètres optimaux du signal est réalisée en utilisant une procédure d'optimisation de type esclade en colline qui minimise tout équilibre choisi entre le retard

total et le nombre d'arrêts. Les offsets de signal et l'allocation des temps verts peuvent être optimisés. Les réseaux peuvent avoir jusqu'à 50 intersection (voir la figure 2.10)[22].

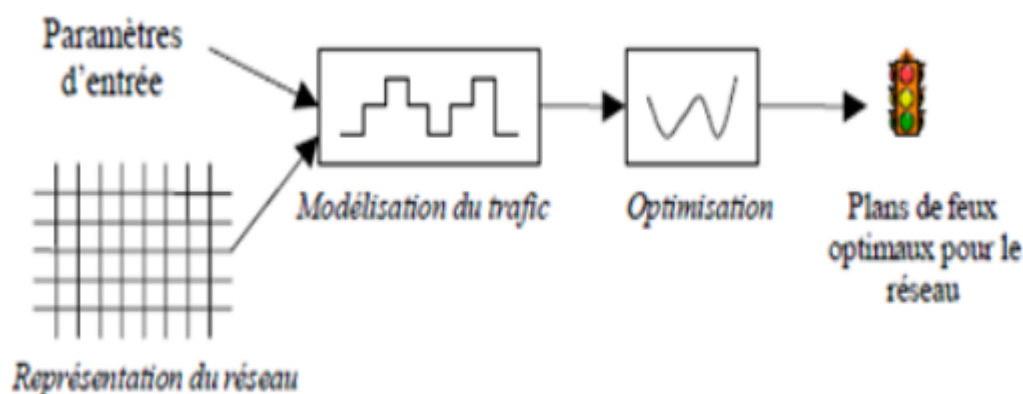


FIGURE 2.10 – Architecture de TRANSYT.

PRODYN

PRODYN est un algorithme capable de calculer en temps réel les meilleurs paramètres de signal par rapport au critère de retard pour toute demande de flux dans les réseaux de trafic. L'algorithme hiérarchique utilise la programmation dynamique en avant (FDP) pour calculer les commandes au niveau inférieur (intersections) et les techniques de coordination de décomposition au niveau supérieur. La mise en œuvre sur le terrain repose sur l'utilisation de la structure de réseau de microprocesseurs dont les tâches sont l'optimisation et l'estimation d'état. Le principal objectif à atteindre était de résoudre pour une telle application le problème de dimensionnalité du FDP. Les résultats montrent des gains substantiels sur le retard pour donner une idée d'environ 16 % par rapport aux politiques à temps fixe [23].

2.5.2 Outils théoriques de gestion de trafic routier

Logique floue

La logique floue permet de fixer des degrés dans la vérification d'une condition, et n'est plus limitée à un choix strictement binaire. Ce principe a été utilisé par certains auteurs pour traiter et simplifier les problèmes de gestion des feux de circulation, en remplaçant les méthodes d'optimisation mathématique habituelles et lourdes. Quelques exemples de travaux peuvent être trouvés dans [27][28]. Nous pouvons également citer [29] qui utilise la logique floue afin de déterminer le temps d'un feu en fonction du nombre de véhicules présents sur les voies : à un nombre de véhicules correspondent à l'intervalle qui définit la durée du feu (par exemple, un feu vert de 10 secondes pour moins de 5 véhicules par minute). Ce principe semble parfait à utiliser :

- Théorie simple s'appliquant à des problèmes complexes,
- Aucun modèle mathématique requis de la commande floue par rapport aux incertitudes.

Les inconvénients sont tout de même importants [30] : les techniques de mise en place et les réglages sont empiriques et aucune théorie ne permet de démontrer la stabilité et la robustesse d'une telle méthode.

Algorithmes génétiques

Les auteurs de [31] ou [32] ont suggéré d'optimiser le temps à une ou plusieurs intersections en fonction de l'algorithme génétique. Le principe est le suivant : S'il n'existe pas de méthode exacte, on trouve la solution approchée du problème d'optimisation pour le résoudre dans un temps raisonnable. Dans cet algorithme, la solution est obtenue par bonds successifs (mutations). Ainsi, en connaissant le nombre de véhicules et le temps d'attente moyen à une intersection, l'algorithme pourra appliquer des méthodes d'optimisation et les améliorer au fil de sa vie. Si l'idée semble intéressante, alors les restrictions sont claires pour la circulation routière :

- Plusieurs calculs sont nécessaires,
- Les paramètres sont difficiles à déterminer et il peut y avoir un délai avant d'obtenir un résultat vraiment efficace,
- Il est impossible d'être sûr qu'une solution existante est la meilleure, même après

de nombreuses mutations.

Réseaux de neurones

Le réseau de neurones s'inspire de la fonction des neurones biologiques pour réaliser un apprentissage expérimental. En ce qui concerne le trafic routier, plusieurs auteurs ont étudié ce modèle (par exemple, [33][34][35]). Ici, on parle d'une classification rapide et on apprend à l'améliorer au lieu d'utiliser les schémas de modélisation traditionnels. La logique floue et les algorithmes génétiques peuvent être considérés comme un complément aux réseaux de neurones [33].

Théorie des files d'attente

La théorie des files d'attente est particulièrement applicable au cas de la gestion du trafic routier : cette dernière appartient au domaine des probabilités, et permet une gestion optimale des files d'attente (ou queues). Pour les intersections, les files d'attente sont automatiquement créées lorsqu'un véhicule (client) souhaite obtenir le feu vert (serveur). En particulier, cette théorie permet de calculer facilement des valeurs telles que le nombre moyen de véhicules en attente, le nombre de véhicules en service, le temps d'attente moyen, ou le nombre de véhicules restant dans le système. Pour utiliser les files d'attente pour décrire un système, on utilise normalement le symbole Kendall. Ce dernier peut être résumé en trois symboles, a/s/C. Si a représente la loi de probabilité du temps d'arrivée et S de la durée de service (au feu), elle est généralement exponentielle (M) ou générale (G). C représente le nombre de serveurs (1 dans le cas d'une voie). Si nous reprenons à la métrique donnée dans la première partie, nous pouvons facilement calculer certaines valeurs en utilisant la théorie suivante :

- Soit Y la fréquence moyenne d'arrivées et U la fréquence moyenne de service.
- Soit $C = \left(\frac{Y}{U}\right)$ la charge du système.
- Prenons le cas d'une file M/M/1. Le temps moyen d'attente serait représenté par :

$$T = \left(\frac{C}{U \cdot (1-C)}\right)$$

- Le nombre moyen de véhicules en attente par :

$$\text{NbrV} \left(\frac{C^2}{1-C}\right)$$

- temps moyen de séjour dans le système par :

$$\text{TS} = \left(\frac{1}{U}\right) \cdot \left(\frac{1}{1-C}\right)$$

L'inconvénient de cette théorie est que certains points de mesure sont nécessaires pour la gestion d'une intersection. Dans la deuxième partie, nous verrons que les réseaux de capteurs sans fil peuvent être facilement adaptés à leur utilisation et tirer pleinement parti des règles de base ci-dessus, et étudierons des modèles tels que [36].

Mécanique des fluides

La mécanique des fluides est un outil moins couramment utilisé dans le domaine du trafic routier, mais il convient de noter que ce dernier est une étude du comportement des fluides, des fluides en mouvement dans notre cas des fluides en mouvement (nous parlons maintenant de dynamique des fluides). Cet outil est rarement utilisé aux intersections, mais intervient généralement dans l'étude de systèmes sans feux de circulation, c'est-à-dire basés uniquement sur la priorité. Nous pouvons donner l'exemple des ronds-point (comme nous l'avons vu précédemment en 2.3), où [37] décrit les flux de circulation comme étant des fluides en opposition. Le plus gros fluide (et donc la priorité) prend le dessus sur le flux de plus faible importance. Malheureusement, il ne suffit pas à décrire le comportement individuel de chaque véhicule, et il ne semble pas approprié à des cas où des feux de circulation sont présents.

2.5.3 Clustering

Les algorithmes non supervisés détectent les similitudes entre les données et les structurent ensuite. Par exemple, ils peuvent étudier les similitudes entre les individus afin de les répartir en groupes. Ce partitionnement des individus s'appelle le clustering.

Le but du clustering est de créer des groupes d'observations homogènes afin que :

- Les observations au sein du groupe soient aussi similaires que possible,
- Les observations entre les groupes soient aussi différentes que possible.

Les méthodes du clustering

Avant que l'intelligence artificielle d'un ordinateur puisse reconnaître les similitudes entre les individus, c'était l'intelligence humaine qui implémentait les algorithmes de clustering.

Il en existe des dizaines, dont plusieurs catégories principales. Pour chaque méthode, il est nécessaire de choisir comment mesurer la similarité entre deux individus, qui peuvent

être imaginés comme deux points de l'espace des réels en dimension p .

Par conséquent, nous avons besoin d'une fonction de distance, comme la distance euclidienne. Les n individus sont des "points" de l'espace de variables R dans la dimension p .

— Les méthodes hiérarchiques

Le clustering hiérarchique est différent, Ils forment progressivement des connexions entre les individus (utilisées pour les méthodes de clustering hiérarchique ascendante), et utilisent les matrices de distance entre les individus afin de trouver le regroupement le plus proche d'un autre (voir la figure 2.11).

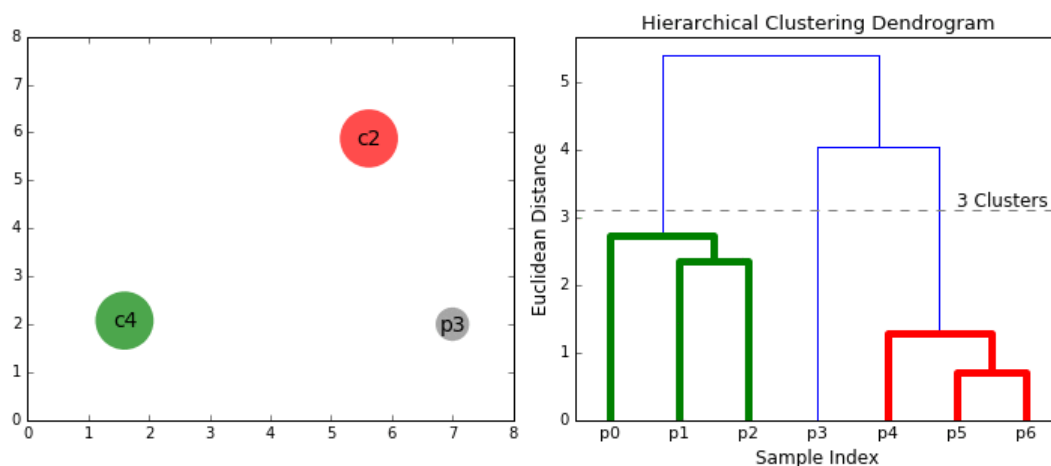


FIGURE 2.11 – Clustering par méthode hiérarchique

— Les méthodes centroïdes

La méthode la plus classique du centroïde est la méthode des k moyennes. Elle ne nécessite qu'une seule option de départ : k , le nombre requis de classes, L'algorithme est initialisé avec k points aléatoires parmi n individus (voir la figure 2.12).

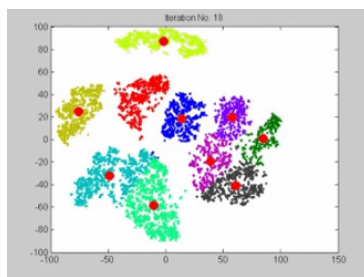


FIGURE 2.12 – Méthodes centroïdes

— Les méthodes à densité

La catégorie des méthodes de densité correspond à des zones à densité relativement élevée, c'est-à-dire des zones où de nombreux points sont proches d'autres zones de l'espace \mathbb{R}^p -dimensionnel.

La principale méthode de cette catégorie est appelée "density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN)". En plus des classes qui composent les individus, l'algorithme identifie des valeurs inhabituelles appelées bruit.

Il nécessite deux paramètres d'entrée : la distance maximale qui peut définir deux individus comme voisins, et N le nombre minimum d'individus requis pour former un groupe. Comme vous pouvez le constater, l'algorithme est très intuitif. Nous avons besoin de stocker deux informations : les clusters successifs et les individus visités au fur et à mesure (voir la figure 2.13).

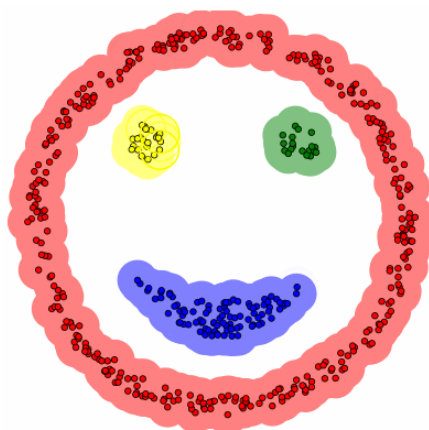


FIGURE 2.13 – Illustration de l'algorithme DBSCAN.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté d'une manière générale le transport intelligent (ses applications et ses besoins), puis les problèmes de gestion de trafic routier, ensuite les feux de circulation, solutions de gestion de trafic routier qui se divise en deux parties : Outils pratiques, et Outils théoriques de gestion de trafic routier, et enfin nous avons fait une explication simple sur le clustering, et nous allons se concentré sur ce dernier dans le chapitre suivant.

Nouvel algorithme de classification automatique « clustering » pour la gestion du trafic

3.1 Introduction

Dans de nombreuses applications d'analyse de données ou de recherche d'informations, il est utile de regrouper des objets par similarité sans pouvoir les représenter facilement sous forme de vecteurs numériques de propriétés. Le clustering consiste à regrouper automatiquement des éléments. La démarche consiste à faire émerger des groupes au sein d'un ensemble d'éléments sans aucune information a priori dans ce cas, cette tâche est appelée, selon les domaines, classification non supervisée, classification automatique ou encore utilisation de l'anglicisme clustering.

Ce problème a été abordé dans de nombreux contextes et par des chercheurs de nombreuses disciplines, ce qui témoigne de son intérêt et de son utilité comme l'une des étapes les plus importantes de l'analyse exploratoire des données.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons uniquement aux méthodes de classification automatique (clustering), et nous montrerons quels sont les avantages du clustering dans le domaine du traitement des données non étiquetées (sans connaissance préalable).

3.2 Relation entre vitesse-débit

Le concept débit de la circulation est une caractéristique importante liée à la vitesse et à l'efficacité du trafic. La densité des véhicules est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$debit = \left(\frac{vitesse}{densite} \right) \quad (3.1)$$

Le débit augmente avec la vitesse et la densité des véhicules. Plus la densité est élevée, plus il y a d'interactions entre les véhicules, plus il y a de congestion et moins il y a de trafic. Ceci est lié à la capacité de la route, la demande des usagers de la route, la vitesse des usagers de la route et le résultat de cette démarche. Dans des conditions de circulation fluide avec un petit nombre de véhicules, il est possible de se déplacer à la vitesse souhaitée sans aucun problème. Cette vitesse dépend des performances de chaque véhicule, des caractéristiques de la route et des conditions météorologiques, et est limitée par la limite de vitesse légale. Naturellement, plus le trafic augmente, plus la vitesse diminue. Ainsi, une augmentation de la demande entraînera d'abord une légère diminution puis, progressivement, une diminution plus forte de la vitesse instantanée.

3.3 Algorithme du clustering pour la gestion du trafic

L'optimisation du fonctionnement des feux de circulation est une tâche complexe. Il est bien sûr nécessaire de disposer d'un maximum d'informations sur l'utilisation du réseau routier pour pouvoir décider de nouvelles solutions de régulation dynamique et de programmation des feux de circulation. Le bon programme pour déterminer la séquence des feux et leur durée aux multiples intersections d'un système de transport intelligent doit tenir compte de divers facteurs, tels que : La réduction du temps d'attente des utilisateurs et La fluidité

3.3.1 Objectif

Notre proposition vise à réduire le problème de la congestion en optimisant les feux de signalisation basés sur la communication de véhicule à infrastructure (V2I) entre les différentes intersections, en tenant compte de plusieurs facteurs (gestion de la famine, gestion de la priorité des véhicules).

l'algorithme k-means [60] est l'un des algorithmes de clustering les plus courants. Il permet d'analyser un ensemble de données caractérisées par un ensemble de descripteurs afin de regrouper les données "similaires" en clusters.

En plaçant un contrôleur spécifique dans chaque intersection, celui-ci sera susceptible de gérer au mieux les feux de signalisation.

L'infrastructure est équipée d'un système de communication sans fil (les contrôleurs peuvent recevoir donc des informations de capteurs placés sur les trottoirs) Et si les véhicules sont équipés de systèmes GPS, ce sera encore plus avantageux. Grâce à ces informations, les détecteurs placés dans les contrôleurs de l'intersection doivent calculer le nombre de véhicules passant par chaque intersection et également la stratégie pour une circulation optimale à leur propre intersection et doivent ensuite communiquer pour eux (entre les intersections) pour optimiser le flux de circulation global et ainsi donner au véhicule le meilleur itinéraire.

3.3.2 Architecture du réseau routier proposé

Nous considérons le modèle de réseau routier illustré sur la figure ci-dessous (Figure 3.1). Chaque route avec double face. Comme il contient deux intersections importantes constituées de directions différentes, la première nommée A et la deuxième nommée B. Chaque direction contient deux voies. Un véhicule tournant à gauche utilise la voie la plus à gauche et l'autre voie désignée pour les véhicules circulant tout droit devant ou vers la droite.

Chaque intersection dispose d'un contrôleur qui définit et applique les séquences de feux appelées cycle, des feux tricolores qui contrôlent la circulation des véhicules, et aussi d'un capteur dans chaque direction et à côté de chaque feu, qui compte le nombre des véhicules

qui passent dans chaque période de feu vert et jaune et également un autre capteur au début de chaque route qui compte le nombre de voitures entrant sur la route. par exemple lorsqu'un véhicule entre dans une nouvelle direction, le capteur augmente le nombre de véhicules, mais lorsqu'il en sort, il devrait diminuer.

Dans notre scénario, Lorsque le trafic est encombré, le contrôleur contacte tous les autres contrôleurs afin de savoir dans quel sens le trafic est le moins encombré afin de communiquer avec les voitures qui souhaitent emprunter la route encombrée pour leur dire de prendre la route la moins encombrée et leur donner le meilleur itinéraire pour eux.

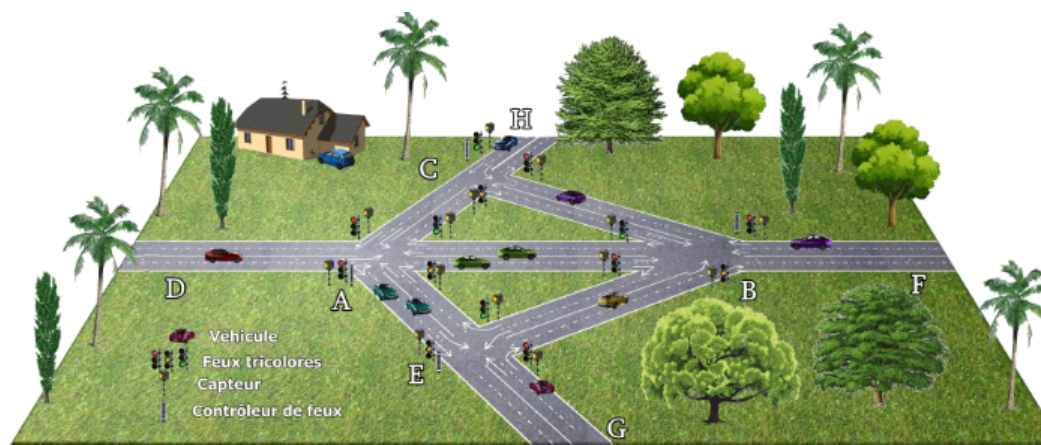


FIGURE 3.1 – Réseau routier proposé

3.4 Types de communication

3.4.1 Communication véhicule-à-infrastructure (V2I)

La communication entre les véhicules et l'infrastructure routière (V2I) montré dans la figure ci-dessous (Figure 3.2)

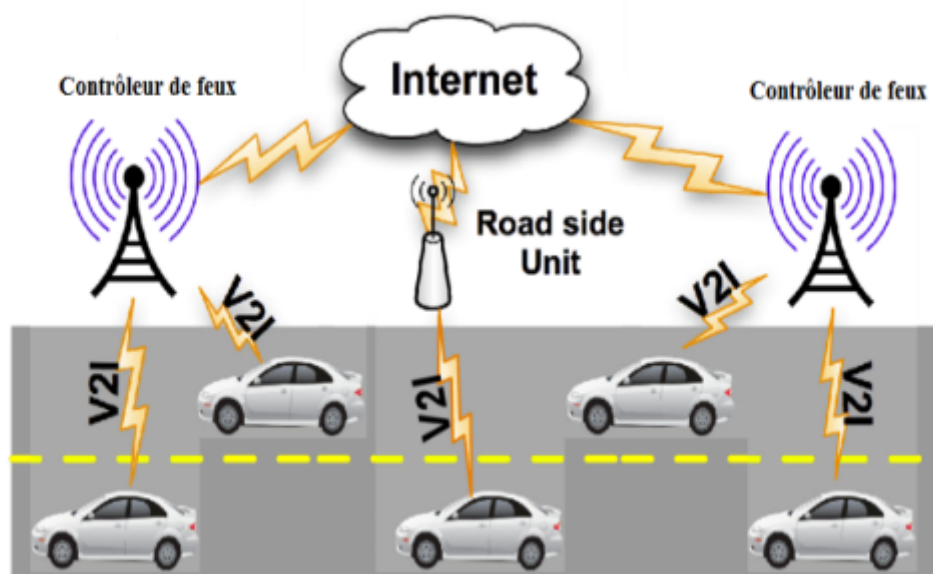


FIGURE 3.2 – Communication V2I

V2I : est un modèle de communication qui permet aux véhicules de partager des informations avec les composants prenant en charge le système routier d'un pays.

Dans un système de transport intelligent (STI), les capteurs V2I peuvent collecter des données sur les infrastructures et fournissent des conseils en temps réel aux voyageurs sur des questions telles que l'état des routes, les embouteillages, les accidents et la disponibilité des places de stationnement. Dans notre cas, lorsqu'il y a un problème sur la route (accident ou bien circulation), l'infrastructures envoie un message à la voiture pour changer de voie vers une destination moins éloignée de la route que vous emprunterez.

3.4.2 Communication infrastructure- à -infrastructure(I2I)

Cela permet la communication entre deux carrefours adjacents, les messages étant envoyés entre les contrôleurs sur un réseau Wi-Fi, ce qui permet aux contrôleurs de vérifier l'état de la route entre les deux carrefours pour la circulation des véhicules, afin de savoir si la route est encombrée .

3.5 Méthodes de clustering

Certaines méthodes de clustering utilisent des mesures de distance pour déterminer la similarité ou la dissimilarité de toute paire d'objets. La mesure de la distance entre deux objets X_i et X_j est désignée par $\text{dis}(X_i, X_j)$. Cette mesure doit être symétrique et doit atteindre une valeur minimale (généralement zéro) si les vecteurs sont identiques. Une mesure de distance est appelée une métrique de distance si elle satisfait également aux propriétés suivantes :

1. Inégalité de triangle : $\text{dis}(X_i, X_k) \leq \text{dis}(X_i, X_j) + \text{dis}(X_j, X_k) \forall X_i, X_j, X_k \in S$.
2. $\text{dis}(X_i, X_j) = 0 \Rightarrow X_i = X_j \forall X_i, X_j \in S$.

Où S représente l'ensemble des objets.

3.5.1 Les fonctions distance

La distance $\text{dis}(X_i, X_j)$ (notée $\text{dis}(i, j)$) entre les points X_i et X_j , est ensuite mesurée dans cet espace à l'aide de la fonction de distance $d : R_M \times R_M \rightarrow R^+$, en respectant les propriétés suivantes [62] :

1. $\text{dis}(i, j) \geq 0$ (contrainte positive)
2. $\text{dis}(i, j) = 0$ si et seulement si $X_i = X_j$
3. $\forall X_i, X_j, \text{dis}(j, i) = \text{dis}(i, j)$ (contrainte de symétrie)
4. $X_i, X_j, X_l, \text{dis}(i, l) \leq \text{dis}(i, j) + \text{dis}(j, l)$ (contrainte d'inégalité triangulaire)

Il est facile de trouver diverses définitions de la métrique de la distance dans la littérature. Cependant, toutes ces mesures sont interprétées de la même manière... Dans ce qui suit, nous allons passer en revue les métriques de distance de base utilisées dans le clustering.

A) La distance Euclidienne

est la plus connue et la plus utilisée. Elle peut être vue comme un cas particulier de la distance de Minkowski pour $q=2$:

$$d(i,j) = \sqrt{(|x_{i1} - x_{j1}|^2 + |x_{i2} - x_{j2}|^2 + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^2)} \quad (3.2)$$

Propriétés :

- 1) $d(i,j) \geq 0$
- 2) $d(i,i) = 0$
- 3) $d(i,j) = d(j,i)$
- 4) $d(i,j) \leq d(i,k) + d(k,j)$

B) La distance de Minkowski

La distance de Minkowski est utilisée lorsque les attributs des objets sont de type numérique.

$$d(i,j) = \sqrt[q]{(|x_{i1} - x_{j1}|^q + |x_{i2} - x_{j2}|^q + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^q)} \quad (3.3)$$

Avec q un entier positive non nul.

Où $i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip})$ et $j = (X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jp})$ sont deux objets p -dimensionnels.

- Pour $q=2$, on obtient la distance Euclidienne.
- Pour $q=1$, la mesure est appelée distance de Manhattan.
- Pour $q = \infty$, c'est la métrique de Tchebychev.

La mesure de la distance de Minkowski peut être facilement calculée pour les attributs avec une estimation continue. Pour les objets décrits par des attributs qualitatifs, binaires, ordinaux ou mixtes, une mesure de distance spécifique doit être définie.

C) La distance de Manhattan

Si $q = 1$, d est la distance de Manhattan.

$$d(i, j) = |x_{i1} - x_{j1}| + |x_{i2} - x_{j2}| + \dots + |x_{ip} - x_{jp}| \quad (3.4)$$

3.5.2 Les fonctions similarités

Le concept de similarité entre les points est plus général. De plus, contrairement à la distance, qui prend des valeurs de 0 à l'infini, la mesure de similarité permet des valeurs quantifiables entre 0 et 1. La fonction de similarité $s(X_i; X_j)$, qui compare deux vecteurs X_i et X_j , est une mesure de distance alternative.

3.6 Algorithme k-means

Il s'agit de l'un des algorithmes de clustering les plus utilisés. Il permet d'analyser un ensemble de données présentant des caractéristiques descriptives et de regrouper des données "similaires". La similarité de deux données peut être déterminée par la distance entre leurs descripteurs; ainsi, deux données très similaires sont deux données dont les descripteurs sont très proches les uns des autres. Cette définition nous permet de formuler le problème du partitionnement des données, c'est-à-dire de trouver des "données prototypes" K autour desquelles d'autres données peuvent être regroupées.

Ces données originales sont appelées centroïdes. En pratique, l'algorithme associe chaque élément d'information au centroïde le plus proche pour créer des clusters. De plus, les valeurs moyennes des descripteurs dans les données regroupées déterminent la position de

leur centroïde dans l'espace des descripteurs : d'où le nom de cet algorithme (K-means). Après avoir initialisé les centroïdes en utilisant des données aléatoires de l'ensemble de données, Kmeans alterne ces deux étapes plusieurs fois pour optimiser les centroïdes et leurs clusters :

1. *regrouper chaque objet autour du point central le plus proche.*
2. *remplacer chaque centroïde par la moyenne des descripteurs du groupe.*

Après plusieurs itérations, l'algorithme trouve un décodage stable de l'ensemble de données : l'algorithme converge. L'algorithme K-Means est itéré plusieurs fois pour obtenir la solution optimale de clustering, en commençant chaque fois par un ensemble aléatoire de clusters initiaux.

3.6.1 Algorithme K-means classique

- Choisir K éléments initiaux "centres" des K groupes,
- Placer les objets dans le groupe de centre le plus proche,
- Recalculer le centre de gravité de chaque groupe,
- Itérer l'algorithme jusqu'à ce que les objets ne changent plus de groupe.

Algorithme 1 : Algorithme de K-means classique

1 : **Entrée :**

2 : K le nombre de cluster à former

3 : Le Training Set (matrice de données)

4 : **DEBUT**

5 : Choisir aléatoirement K points (une ligne de la matrice de données). Ces points sont les centres des clusters (nommé centroid).

6 : **REPETER**

7 : Affecter chaque point (élément de la matrice de donnée) au groupe dont il est le plus proche au son centre

8 : Recalculer le centre de chaque cluster et modifier le centroide

9 : **JUSQU'À CONVERGENCE**

10 : **OU** (stabilisation de l'inertie totale de la population)

11 : **FIN ALGORITHME**

Organigramme de fonctionnement de l'algorithme classique :

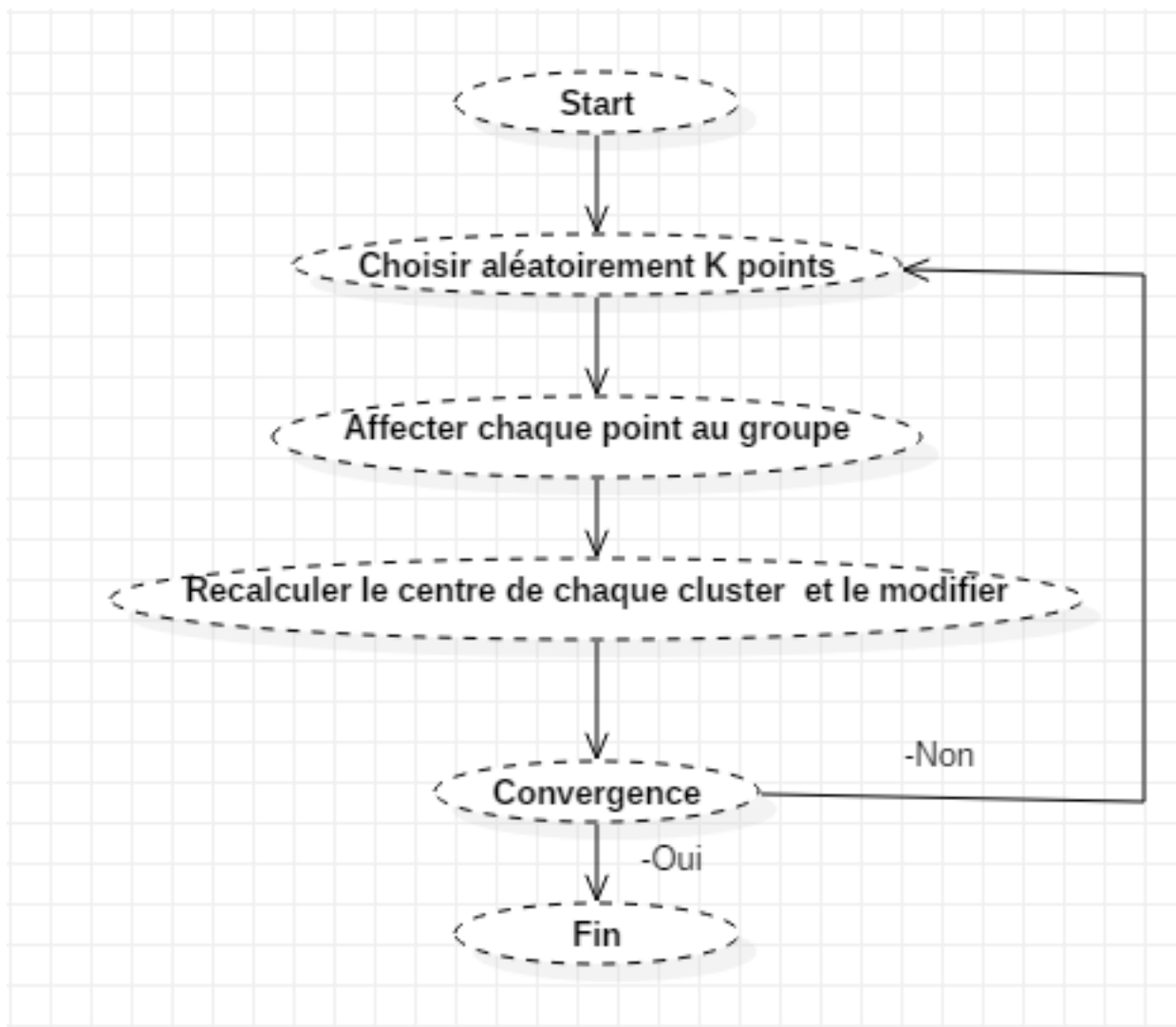


FIGURE 3.3 – L'organigramme de fonctionnement d'algorithme de K-means classique

3.6.2 Algorithme K-means sur le réseau routier proposé

Le tableau suivant représente le vocabulaire de K-means appliqué sur la route :

Vocabulaire de kmeans	Vocabulaire routier
Les clusters	Les voies
Les centroides K	Les controleurs
Les points	Les vehicules

TABLE 3.1 – Tableau des vocabulaires.

on considère les voies (la voie sortante et la voie entrante) comme des clusters, donc on a 18 clusters (la voie sortante de DA, AB, AE, AC, CB, EB, BF, EG, CH et la voie entrante de DA, AB, AE, AC, CB, EB, BF, EG, CH), et on considère les contrôleurs comme centroides, pour chaque voies (cluster) le contrôleur de ce dernier represente son centroid, Et à partir de là, on a 14 centroids (le contrôleur de la voie sortante de DA, AB, AE, AC, CB, EB, BF, EG, CH et la voie entrante de DA, AB, AE, AC, CB, EB, BF, EG, CH), et enfin on a les points considérés comme des vehicules.

Dans le nouvel algorithme on a proposé la stabilisation des centres de clusters sur les controleur (les centroids ne bougent plus), Contrairement à l'algorithme classique. Le nouvel algorithme consiste a savoir le chemin le moins encombré pour diriger la voiture, afin de realiser ça on a proposer ce fonctionnement : La voiture se connecte à l'infrastructure et lui indique le chemin qu'il souhaite emprunter (communication V2I), ensuite, l'infrastructure, à son tour se connecte à toutes les infrastructures des voies qui doivent être passés pour atteindre la destination de la voiture (communication I2I) (dans notre cas il y a 3 chemins), et alors le calcul sera comme suit :

Au niveau des controleurs on va appliquer le kmeans, comme nous l'avons mentionné précédemment. Le controleur est considéré comme le centroid, alors on calcule la distance entre le centroid (le controleur) et les autres points (les voitures) dans ce voie, Nous prenons la plus grande distance, encore au niveau de controleur on va faire un petit calcul :

Chaque contrôleur connaît la distance de sa propre voie à l'avance, alors nous soustrayons la plus grande distance que nous obtenons de la distance du chemin, et nous envoyons le résultat à l'infrastructure qui se connecte à la voiture, puis ce dernier fait la

comparaison entre les résultats obtenus de différentes infrastructures, et il choisit la voie de plus grand résultat, enfin il se connecte à la voiture pour la guider sur la voie choisie.

Pourquoi nous avons choisi la voie de plus grand résultat ?

L'obtention du plus grand résultat, cela signifie que la voie contient le moins de voitures, et donc c'est la voie la moins encombrée. Plus le résultat est grand, moins la route est encombrée, et plus le résultat est petit, plus la route est encombrée.

Exemple : on considère qu'on a deux voies, la distance de la première voie est 20 mètres et la plus grande distance obtenue entre le contrôleur (le centroid) et les voitures (les points) est 15 mètres, et la distance de la deuxième voie est 20 mètres et la plus grande distance obtenue entre le contrôleur et les voitures est 5 mètres.

— la soustraction dans le premier cas donne 5 ($20-15=5$)

— la soustraction dans le deuxième cas donne 15 ($20-5=15$)

Cela veut dire la première est plus encombrée que la deuxième.

Algorithme de K-means proposé

Algorithme 2 : Algorithme de K-means amélioré

```

1 : Entrée :
2 :   K : le nombre de clusters(voies)
3 :   N :le nombre de points dans le cluster
4 :   P :le point(la voiture)
5 :   distance : la distance de chaque voie
6 :   distanceO :la distance obtenue
7 :   ResultatF : le resultat final pour prendre la desision
8 : DEBUT
9 : Fixer les centroides sur les controleurs
10 : Pour i allant de 1 à K faire
11 :     Pour y allant de 1 à N faire
12 :       Calculer distance( $K_i, P_y$  )
13 :     FinPour
14 : FinPour
15 : Pour i allant de 1 à K faire
16 :     Pour y allant de 1 à N faire
17 :       Si distance( $K_i, P_y$ )  $\leq$  distance( $K_i, P_{y+1}$  ) alors
18 :         distanceO= distance( $K_i, P_{y+1}$ )
19 :       Sinon
20 :         distanceO= distance( $K_i, P_y$ )
21 :       FinSi
22 :     FinPour
23 :     distance $O_i$ =distanceO
24 : FinPour
25 : pour i allant de 1 à K faire
26 :   Resultat $_i$ = distance - distance $O_i$ 
27 :   EnvoyerResultat(Resultat $_i$ )

```

```
28 : FinPour
29 : Pour i allant de 1 à k faire
30 :     Si Resultati ≤ Resultati+1 alors
31 :         ResultatF = Resultati+1
32 :     Sinon
33 :         ResultatF = Resultati
34 :     FinSi
35 : FinPour
36 : Fin
```

Organigramme de fonctionnement de l'algorithme amélioré

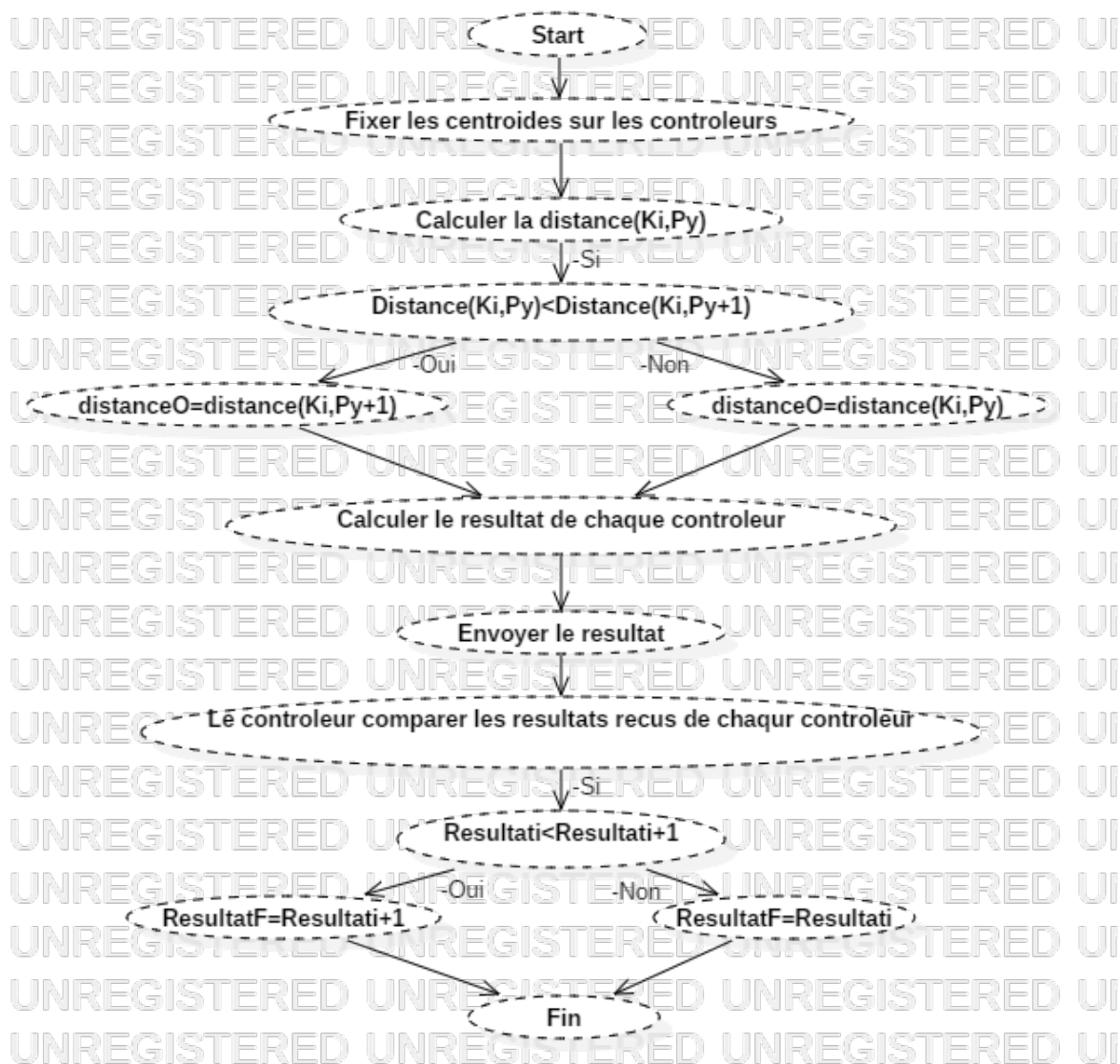


FIGURE 3.4 – l’organigramme de fonctionnement de l’algorithme de K-means amélioré

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons proposé une nouvelle solution pour la gestion de trafic routier. Nous nous sommes investis dans la recherche d'un moyen permettant d'éviter la congestion .

Nous avons proposé une méthode qui nous permettrait de trouver dans un temps raisonnable le bon itinéraire en cas de surpopulation, aussi pour donner une séquence de passage satisfaisante des véhicules.

L'algorithme correspondant a pour objectif d'assurer une bonne qualité de solution obtenue avec un temps de calcul réduit. Le prochain chapitre est consacré à l'implémentation de l'algorithme proposé afin d'évaluer les performances.

Evaluation des performances de la solution proposée

4.1 Introduction

Assurer un contrôle optimal des feux de circulation est un défi majeur. Un bon système peut offrir plusieurs avantages tant pour les usagers de la route avec une circulation accrue que pour l'environnement en raison de la réduction possible des émissions.

Dans ce chapitre nous définirons les outils de simulation utilisés et les scénarios de simulation de notre proposition. Nous appliquerons ensuite notre amélioration de l'algorithme défini dans le chapitre précédent.

4.2 Présentation de l'environnement de la simulation

Nous présentons dans cette section l'environnement de simulation, précisément les outils Vissim et Sumo.

4.2.1 Simulation Sumo

SUMO¹ permet de modéliser des systèmes de transport intermodaux, comprenant des véhicules routiers, des transports publics et des piétons. SUMO comprend de nombreux

1. <https://sumo.dlr.de/docs/Tutorials/index.html>

outils de soutien qui effectuent des tâches telles que la recherche d'itinéraires, la visualisation, l'importation de réseaux et le calcul des émissions. SUMO peut être étendu avec des modèles personnalisés et offre plusieurs API pour les simulations à distance.

4.2.2 Simulation Vissim

VISSIM est un logiciel de simulation pour milieu urbain et interurbain. Il propose une simulation microscopique multimodale du trafic basée sur une analyse psychophysique du comportement de conduite². Il est aujourd'hui un leader mondial du marché³.

PTV VISSIM fait partie de la suite logiciel "Vision Traffic Suite" qui comprend également PTV VISUM (modélisation macroscopique de l'offre et de la demande) et PTV OPTIMA (prévisions du trafic court terme) etc.

4.2.3 Pourquoi PTV Vissim ?

Il s'agit du seul logiciel de simulation microscopique qui offre des solutions pour l'ensemble du trafic.

Plus de 16 500 [61] utilisateurs font déjà confiance à PTV Vissim pour la simulation du trafic : autorités publiques, consultants, chercheurs, universitaires etc. Avec PTV Vissim, on crée un écosystème de mobilité équilibré et on améliore la circulation dans les villes en réduisant les embouteillages et les ralentissements, ainsi que les émissions polluantes.

PTV Vissim n'est pas seulement un logiciel de simulation de trafic basic ; c'est un progiciel avancé. ce logiciel nous donne accès à un outil de simulation stable qui intègre toujours les dernières découvertes de la recherche :

- Le logiciel permet de simuler la mobilité pour de nombreux domaines d'application et scénarios,
- Fonctionnalité de scénario intégrée pour gérer les projets avec de multiples options de conception, calculs prévisionnels ou caractéristiques de véhicule,
- Simulation intégrée de piétons, cyclistes et véhicules sur une seule plate-forme logicielle,

2. <https://www.ptvgroup.com/fr/solutions/produits/ptv-vissim/>

3. <https://www.ptvgroup.com/fr/solutions/produits/ptv-vissim/champs-dapplication/simulation-flux-de-traffic/>

- Représentation géométrique détaillée et modèles de comportement de véhicules individuels pour permettre la reproduction de conditions locales réalistes,
- API flexibles pour permettre un haut niveau de personnalisation et des interfaces vers des progiciels externes pour bénéficier d'applications avancées.

4.3 Résultats et discussion de simulation

Dans cette section nous présentons les différents résultats de notre simulation du cas classique.

4.3.1 L'interface de l'application

La figure 4.1 montre l'interface graphique du scénario classique et des feux du circulation.

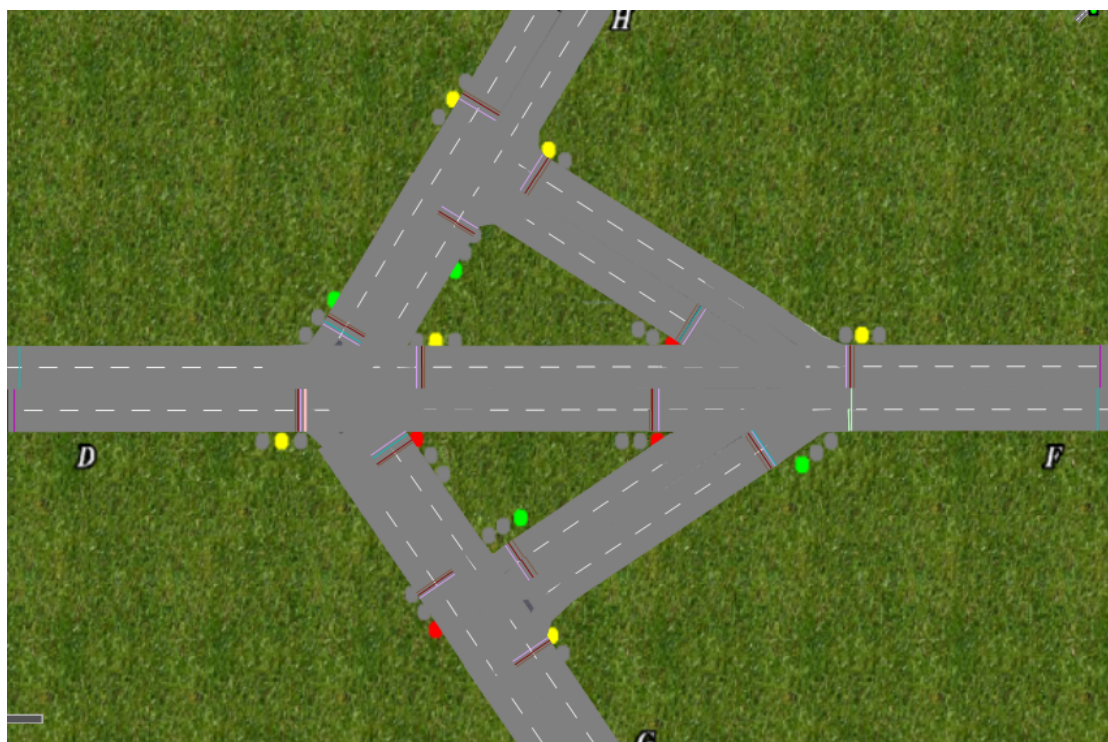


FIGURE 4.1 – Interface de l'application en vissim

Nous allons expliquer brièvement les lignes placées sur la route comme le montre la figure ci-dessous (voir figure 4.2) :

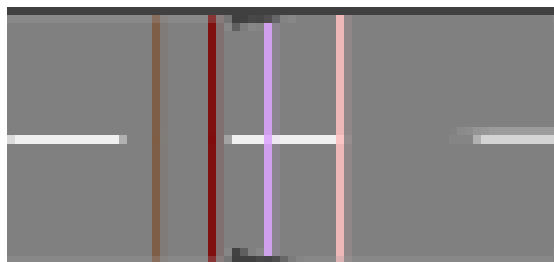


FIGURE 4.2 – Les différent lignes.

Les feux de circulation

Les feux de circulation(signal head) est représentés dans vissim par la ligne rouge.

Le point de collecte de données

Le point de collecte de données (data Collection) est représentés dans vissim par la ligne marron (voir la figure 4.3).

Data Collection Results												
C...	SimRun	TimeInt	DataCollectionMeasurement	Acceleration(All)	Dist(All)	Length(All)	Vehs(All)	Pers(All)	QueueDelay(All)	SpeedAvgArith(All)	SpeedAvgHarm(All)	OccupRate(All)
1	79	0-3600	1	0,89	48,95	4,56	37	37	27,92	21,05	15,05	6,84 %
2	79	0-3600	2	1,44	49,00	4,47	40	40	24,18	25,45	16,41	4,62 %
3	79	0-3600	3				0	0				0,00 %
4	79	0-3600	4	1,75	85,31	4,40	22	22	48,41	17,49	12,05	7,05 %
5	79	0-3600	5	1,95	100,43	4,32	29	29	59,30	27,54	14,82	3,19 %
6	79	0-3600	6	1,33	125,17	4,39	28	28	61,15	26,86	15,94	3,17 %
7	79	0-3600	7	0,95	22,10	4,39	31	31	22,51	15,64	10,75	10,99 %
8	79	0-3600	8	1,13	22,24	4,54	37	37	21,06	21,93	14,06	4,87 %
9	79	0-3600	9	1,80	137,64	4,33	26	26	68,01	14,38	5,31	30,18 %
10	79	0-3600	10	1,99	191,72	4,29	7	7	78,40	11,60	3,82	8,74 %
11	79	0-3600	11	1,40	106,00	4,63	31	31	48,69	30,73	12,31	3,63 %
12	79	0-3600	12	1,25	96,55	4,35	25	25	25,73	27,28	13,96	2,88 %
13	79	0-3600	13	1,67	44,12	4,52	32	32	23,13	21,61	11,65	4,28 %
14	79	0-3600	14	1,66	44,32	4,34	32	32	21,70	28,59	11,54	3,65 %
15	79	0-3600	15	2,31	134,00	4,50	10	10	32,03	15,90	7,56	1,68 %
16	79	0-3600	16	2,39	134,03	4,55	13	13	50,18	12,77	7,25	1,58 %
17	79	0-3600	17	1,64	20,16	4,39	13	13	20,52	14,47	7,48	2,44 %
18	79	0-3600	18	0,56	20,44	4,33	47	47	0,44	32,64	29,20	4,24 %
19	79	0-3600	19				0	0				0,00 %
20	79	0-3600	20	1,86	90,31	4,53	23	23	33,30	10,52	8,84	4,61 %
21	79	0-3600	21	2,22	166,64	4,41	16	16	34,84	24,15	15,15	1,83 %
22	79	0-3600	22	1,51	120,24	4,32	30	30	52,49	15,45	11,14	4,56 %
23	79	0-3600	23	1,66	87,50	4,30	44	44	40,58	30,96	16,24	4,36 %
24	79	0-3600	24	1,49	102,11	4,37	34	34	63,06	22,67	14,44	3,70 %
25	79	0-3600	25	2,34	108,12	4,69	14	14	63,45	14,68	9,92	2,35 %
26	79	0-3600	26	2,14	132,46	4,38	28	28	74,85	24,17	15,76	3,27 %
27	79	0-3600	27	2,45	115,94	4,41	11	11	65,01	13,03	8,09	1,91 %
28	79	0-3600	28	2,31	115,90	4,83	11	11	57,52	16,68	10,67	1,70 %

FIGURE 4.3 – Collection des données.

Les resultats du point de collecte de données graphiquement (voir la figure 4.4) :

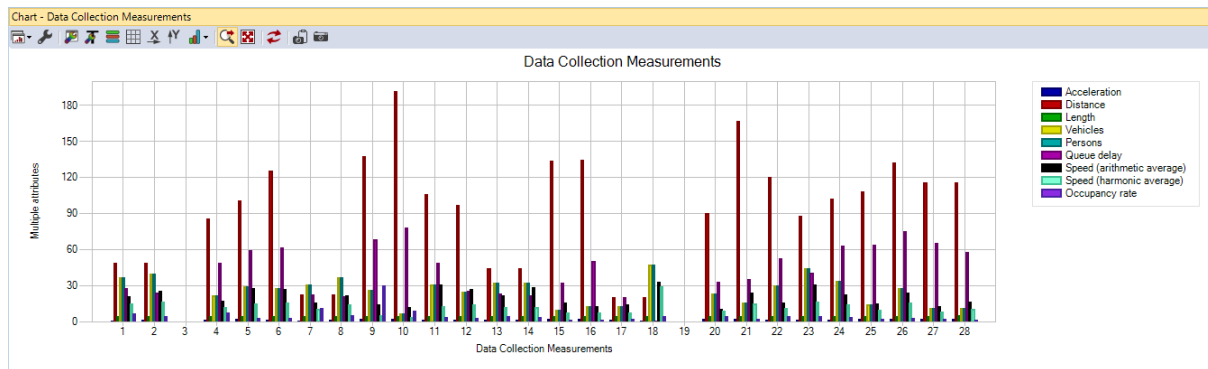


FIGURE 4.4 – Collection des données.

Le capteur de file d’attente

Le capteur de file d’attente (capteurs de congestion, queue Counters) est représenté par la ligne mauve, il permet de recueillir la longueur moyenne, la longueur maximale et le nombre d’arrêts du véhicule dans la file (voir la figure 4.5).

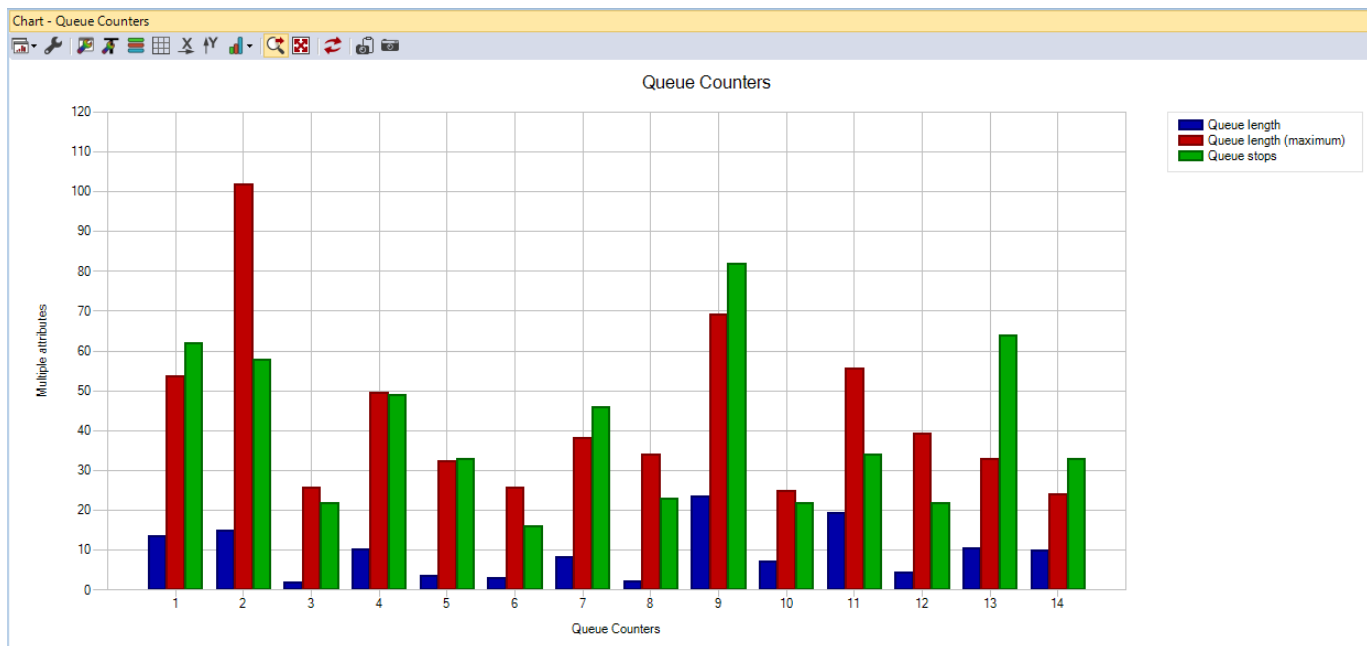


FIGURE 4.5 – Le capteur de file d’attente .

Le mesure du temps de trajet du véhicule

Le mesure du temps de trajet du véhicule (vehicle travel time measurement) est représenté par la ligne rose, dans la figure suivante on a calculé le temps de trajet du véhicule de A à B, de A à B passons par E, et de A à B passons par C (voir la figure 4.6).

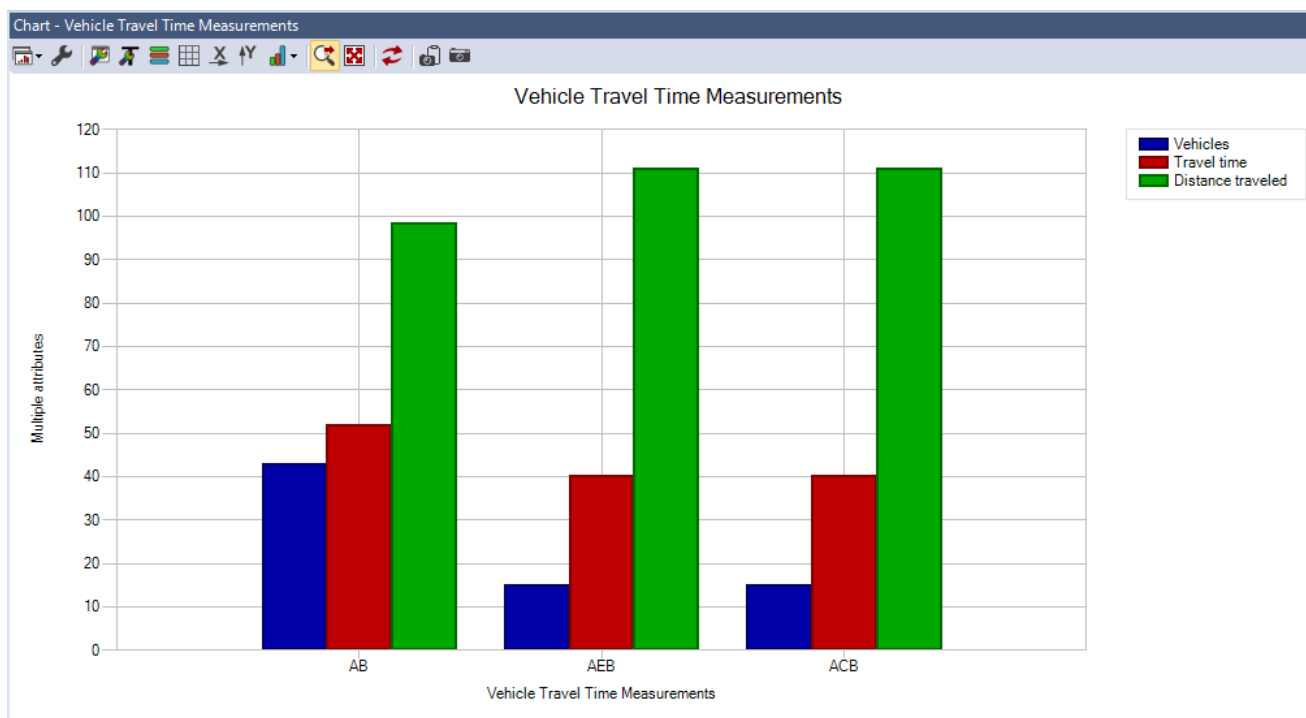


FIGURE 4.6 – Le mesure du temps de trajet du véhicul.

4.4 Système des feux de signalisation statique

Pour configurer le système des feux de signalisation, il faut d'abord extraire toutes les voies et les classer dans des groupes, des groupes de voies qui n'ont pas des conflits entre eux (voir la figure 4.7).

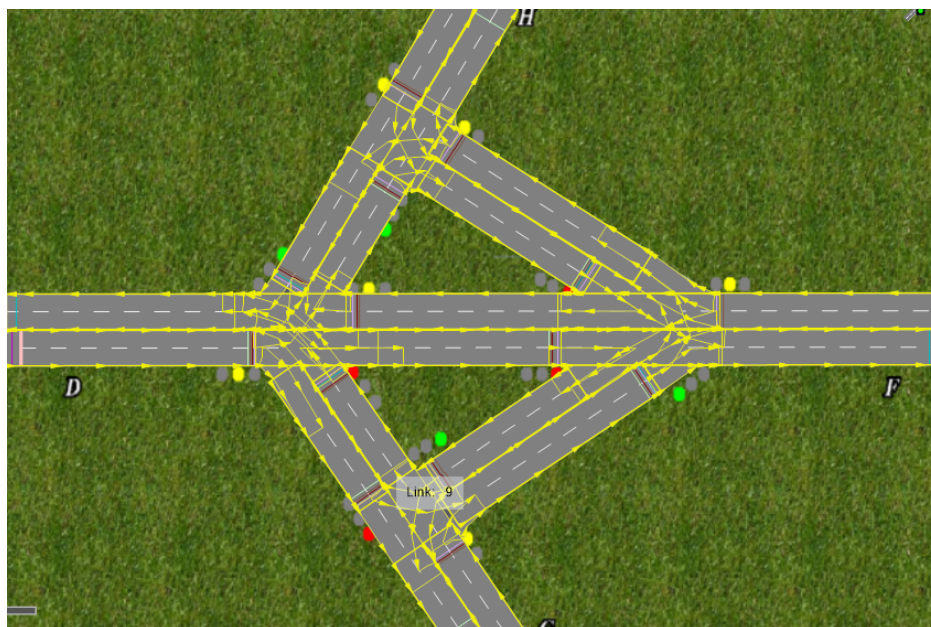


FIGURE 4.7 – Les intersection avec les voies.

4.4.1 Les conflits possibles entres les voies

On a défini tous les conflits possibles entre les voies de l'intersection. Le fait que deux voies puissent se croiser est considéré comme un conflit, et dans ce cas ce n'est pas possible d'attribuer le feu vert aux deux voies sans causer un encombrement (voir le tableau 4.1).

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
V1				X	X	X								
V2			X							X	X			
V3		X								X	X			
V4	X				X	X								
V5	X			X		X								
V6	X			X	X									
V7								X	X					
V8							X		X					
V9							X	X						
V10		X	X								X			
V11		X	X							X				
V12													X	X
V13												X		X
V14												X	X	

TABLE 4.1 – Les conflits entre les voies.

4.4.2 Les groupes des voies qui peuvent circuler ensemble

Sur la base de la liste des conflits entre les voies présentées ci-dessus, on a réussi à tirer ces groupes qui peuvent circuler convenablement sans se croiser (voir le tableau 4.2).

Les groupes	Les voies
G1	V1, V3, V8, V14
G2	V5, V7, V10, V13
G3	V6, V9, V11, V12
G4	V2, V4

TABLE 4.2 – La liste des groupes.

4.4.3 Configuration du diagramme des feux

Lors de l’ajout de feux de circulation sur les voies des sections de route, ils doivent être numérotés et les affecter une ligne de feux. Il est alors recommandé de lancer une simulation pour vérifier son bon fonctionnement (voir la figure 4.8)

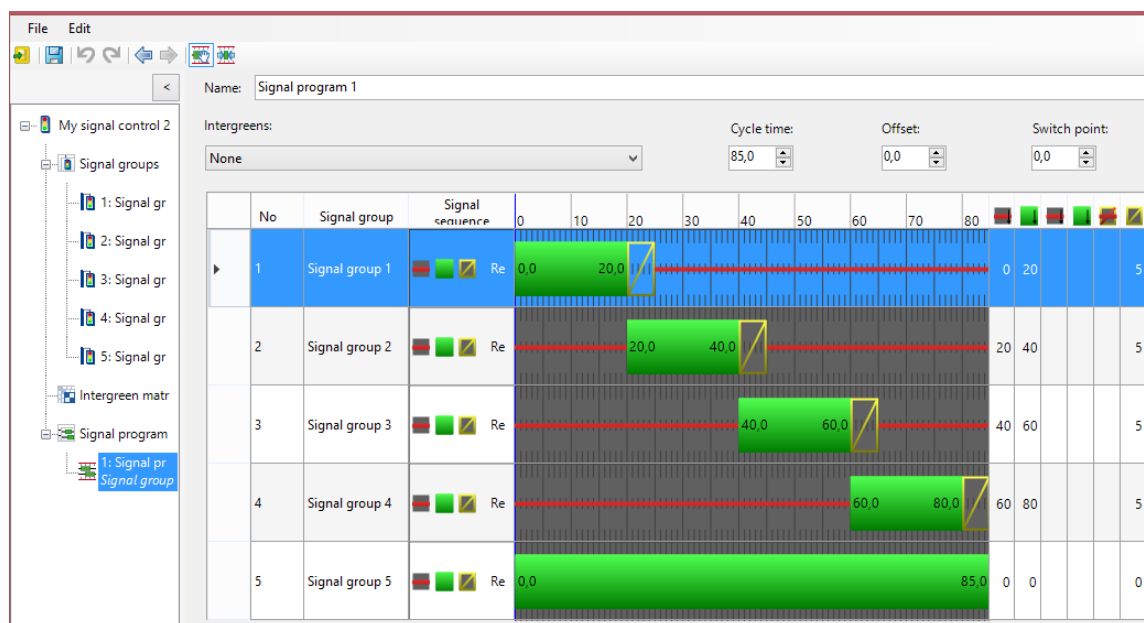


FIGURE 4.8 – Interface de configuration du diagramme des feux.

Seules les colonnes que nous spécifions sont affichées. le numéro de la ligne de feux est présenté dans la première colonne. Le temps de cycle est défini en haut du tableau dans "Cycle Time".

4.5 Évaluation en vissim

4.5.1 Retard (perte de temps, Delay Times)

VISSIM peut collecter les retards de chaque véhicule. Le retard correspond à la différence entre le temps de parcours du véhicule et le temps de parcours idéal d'un véhicule isolé sans signal à l'intersection (voir la figure 4.9).

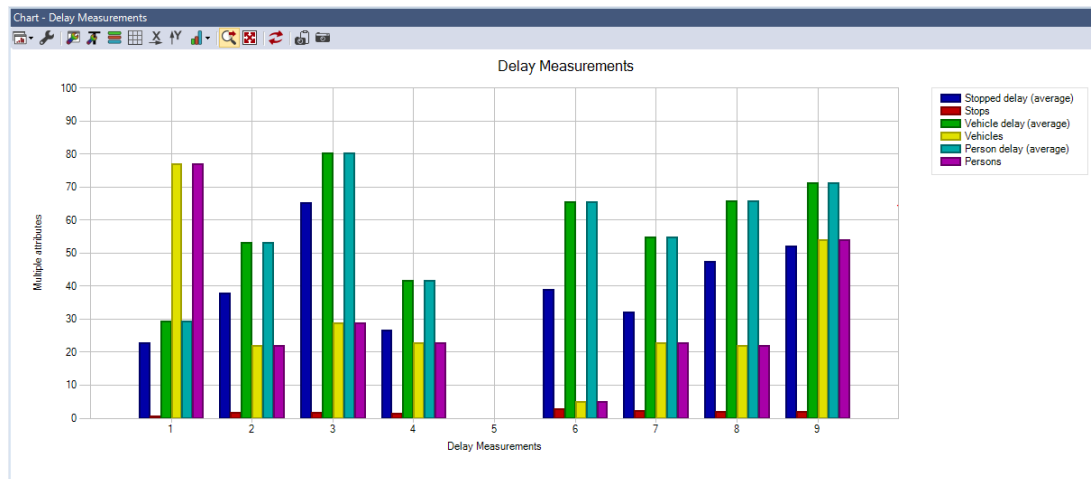


FIGURE 4.9 – Pertes du temps évaluation

4.6 Tests et resultats

Dans cette section nous allons présenter les différents résultats de notre simulation de l'algorithme qu'on a proposé dans le chapitre précédent. La Figure 4.10 représente l'interface graphique de notre scénario classique.

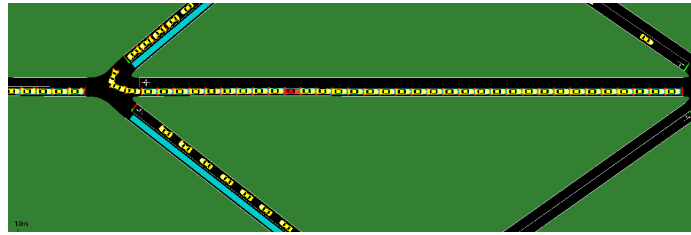


FIGURE 4.10 – Le scénario classique.

La figure 4.11 représente le temps de trajet du véhicule avec le scénario classique.

```
Time for vehicle to finish is 336.0
start time:54169.0, end time:54505.0
```

FIGURE 4.11 – Resultat du scénario classique.

La Figure 4.12 représente l'exécution de programme qui permet la communication entre véhicules et infrastructure, et entre infrastructure et infrastructure afin d'orienter la voiture qui demande à le chemin le moins encombré.

```
[vehicle id:veh0] try to connect to Detector
[Detectors MainDetector] connect to Vehicle
[Detectors MainDetector] get vehicle route
[Detectors MainDetector] set destination gmeE3
[Detectors MainDetector] set source gmeE1_0
[Detectors MainDetector] compute free path
*****
[Detector e2Detector_gmeE2_0_4] start computation
[Detector e2Detector_gmeE2_0_4] calc vehicle distance
[Detector e2Detector_gmeE2_0_4] calc the farthest car
[Detector e2Detector_gmeE2_0_4] calc free space
[Detector e2Detector_gmeE2_0_4] send data to MainDetector
[Detector MainDetector] receive data from e2Detector_gmeE2_0_4
*****
[Detector e2Detector_gmeE4_0_5] start computation
[Detector e2Detector_gmeE4_0_5] calc vehicle distance
[Detector e2Detector_gmeE4_0_5] calc the farthest car
[Detector e2Detector_gmeE4_0_5] calc free space
[Detector e2Detector_gmeE4_0_5] send data to MainDetector
[Detector MainDetector] receive data from e2Detector_gmeE4_0_5
*****
[Detector e2Detector_gmeE7_0_1] start computation
[Detector e2Detector_gmeE7_0_1] calc vehicle distance
[Detector e2Detector_gmeE7_0_1] calc the farthest car
[Detector e2Detector_gmeE7_0_1] calc free space
[Detector e2Detector_gmeE7_0_1] send data to MainDetector
[Detector MainDetector] receive data from e2Detector_gmeE7_0_1
*****
[Detectors MainDetector] Set new route to Vehicle id:veh0
[Vehicle id:veh0] set new Route id:route63
[Vehicle id:veh0] Go to gmeE1
[Vehicle id:veh0] Go to gmeE7
[Vehicle id:veh0] Go to gmeE9
[Vehicle id:veh0] Go to gmeE3
```

FIGURE 4.12 – Exécution de programme.

La figure 4.13 présente la simulation en appliquant l'algorithme proposé, comme la figure montre, la voiture rouge s'est déplacée de la route la moins encombré, contrairement au scénario classique, elle s'est déplacée d'une route encombrée.

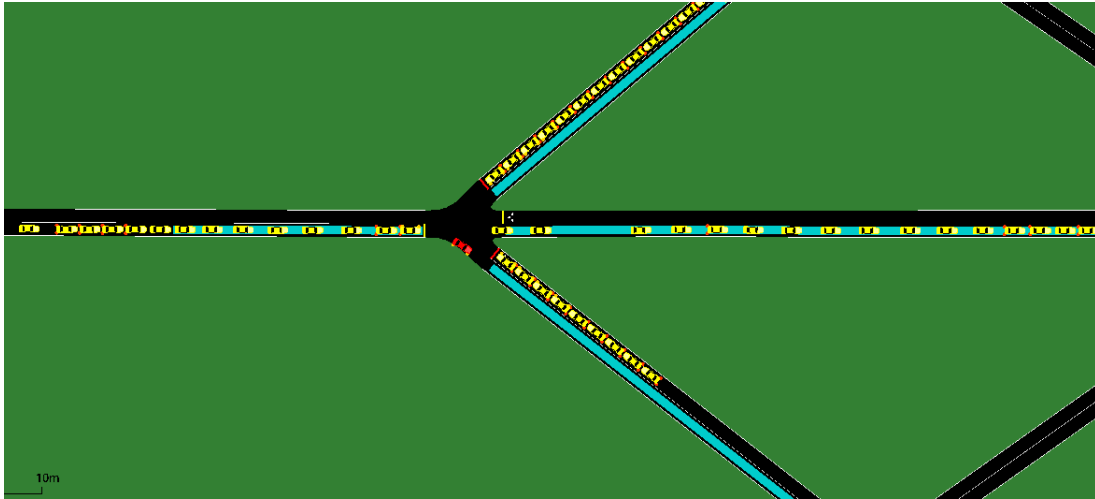


FIGURE 4.13 – Scénario amélioré.

La figure 4.14 représente le temps de trajet du véhicule avec le scénario amélioré.

```
Time for vehicle to finish is 238.0  
start time:54169.0, end time:54407.0
```

FIGURE 4.14 – Resultat du scénario amélioré.

4.7 Comparaison des resultats

D'après les resultats obtenue l'algorithme proposé a réduit le temps du trajet de véhicule, comme on a vu ci-dessus le temps du trajet du véhicule dans le scénario classique est 336.0s, et dans le scénario amélioré est 238.0s, voir le tableaux 4.3.

Résultat du l'algorithme classique	Résultat du l'algorithme amélioré
336.0s	238.0s

TABLE 4.3 – Comparaison entre les resultats.

4.8 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons lancé la simulation VISSIM pour comparer la précision de notre l'algorithme amélioré avec l'algorithme classique que nous avons utilisé pour réaliser la solution que nous avons proposé. L'objectif était d'évaluer les différentes méthodes et algorithmes qui composent notre solution afin de vérifier leur fonctionnalité et leur faisabilité.

Conclusion générale et perspectives

L'augmentation significative de l'urbanisation et de la congestion routière a créé un besoin urgent de développement de nouveaux systèmes de gestion du trafic, car les systèmes conventionnels n'ont pas été en mesure de fournir une solution optimale à ce problème. La bonne solution est de trouver des algorithmes de contrôle pour éviter la congestion routière. Dans les chapitres précédents, nous avons décrit notre proposition de système de contrôle des feux de circulation qui utilise la technologie apprentissage non-supervisée. Le développement et la vérification de cette méthode proposée sont basés sur la micro simulation en environnement urbain virtuel.

L'objectif de notre étude sur la gestion du trafic routier est de réduire au maximum le problème de congestion afin de fluidifier le trafic. De ce fait, nous avons proposé une approche pour réduire le temps d'attente et le temps de déplacement.

Dans ce mémoire, nous avons tout d'abord passé en revue les principales notions de base d'internet des objets et les villes intelligentes. Par la suite, nous avons présenté l'état de l'art sur la gestion du trafic routier et leurs problèmes. La partie qui suit l'étude de solution de gestion de trafic routier à l'aide de système de transport intelligent.

À la suite des discussions, une nouvelle solution pour la gestion du trafic routier a été proposée. Cette partie de la solution intègre la communication entre les véhicules-à-infrastructure et infrastructure-à-infrastructure pour optimiser le trafic routier. L'algorithme de K-means est utilisé pour déterminer le chemin le moins encombré à chaque intersection. La dernière étape de ce travail est l'implémentation de la solution proposée à l'aide des simulateurs VISSIM et SUMO.

Tout au long de cette étude, nous avons introduit une nouvelle stratégie pour la gestion du trafic routier dans les villes intelligentes. Nous avons introduit une architecture pour cette gestion. Dans un premier temps, nous avons proposé un algorithme d'optimisation K-means, qui permet de trouver dans un temps raisonnable le bon itinéraire, aussi pour donner une séquence de passage satisfaisante des véhicules et de favoriser la fluidité du trafic. Cet algorithme se base sur une fonction multi-objective avec plusieurs paramètres (**distance, nombre de véhicule**). La collecte de ces données joue un rôle important pour assurer l'application et l'efficacité de notre solution. Nous avons utilisé deux types de communication, véhicule à infrastructure et infrastructure à infrastructure afin d'obtenir l'état du trafic en temps réel.

Les perspectives de ce travail sont nombreuses. D'une part, il serait intéressant allumer le feu vert en fonction du nombre de voitures dans la voie opposée et de distance et des mesures du voitures à l'aide des capteurs et des détecteurs. D'autre part, il serait également intéressant d'adapter les feux de circulation à la présence de véhicules prioritaires.

Bibliographie

- [1] **Erind katundi** , "coévolution des ville intelligentes et l'internet des objets : cas de la ville de montreal", université du québec à montreal Service des bibliothèques, 2018.
- [2] Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, Vision and Challenges. for Realising the Internet of Things, March 2010.
- [3] **Challal Y**, "Sécurité de l'Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique", HDR, Juin 2012, UTC.
- [4] <https://www.connectwave.fr/techno-appli-iot/marches-cles-de-liot/smart-city-etiot/> (consulté le 22/05/2021)
- [5] <https://www.sitescommerciaux.com/linternet-des-objets-liot-la-technologie-au-service-des-supply-chain/> (consulté le 22/05/2021).
- [6] <https://www.researchgate.net/publication/303809222InternetofThingsIoTInaWayofSmartWorld> (PAGES : 349)(consulté le 29/05/2021).
- [7] [:http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/15728/1/TERGHINIHAMZA.pdf](http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/15728/1/TERGHINIHAMZA.pdf)(PAGE 19)(consulté le 29/05/2021).
- [8] <https://blog.lesjeudis.com/10-applications-de-linternet-des-objets-qui-revolutionnent-la-societe/?fbclid=IwAR0H7IYQc3PiNLtIWYgG5w8UXQc7JPqg4AtFOZ2PLWmdeEwQAvVPMEdIE> (consulté le 30/05/2021) .
- [9] <http://archives.univbiskra.dz/bitstream/123456789/15728/1/TERGHINIHAMZA.pdf>, (PAGES : 21) (consulté le 15/06/2021).
- [10] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7873660> (consulté le 19/06/2021).

- [11] <https://www.voirin-consultants.com/composantes-organisation-ville-intelligente-connectee/> (consulté le 19/06/2021).
- [12] <https://timreview.ca/article/1388> (consulté le 19/06/2021).
- [13] <https://www.allerin.com/blog/4-challenges-faced-by-smart-cities> (consulté le 19/06/2021).
- [14] **Philippe Rochon, ing. MBA**, Le Transport Intelligent dans la Ville Intelligente, Directeur développement des solutions d'intégration, Canada.
- [15] <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/road/actionplan/doc/2012-france-rapportsti-2012-2017-fr.pdf>
- [16] https://www.researchgate.net/publication/333811970Lessystemes_de_transportintelligentSTI (consulté le 25/06/2021).
- [17] <https://aqtr.com/system/files/filemanager/3avrilforum-rochonphilippe.pdf?fbclid=IwAR2xHXGAkXgStgE8ta8JSwFb73D2Y> (consulté le 25/06/2021).
- [18] **OUESSAI ASMAA**, Estimation des paramètres de trafic routier par vision artificielle, Estimation des paramètres de trafic routier par vision artificielle, 2012.
- [19] **Sébastien Faye**, Contrôle et gestion du trafic routier urbain par un réseau de capteurs sans fil, <https://pastel.archives-ouvertes.fr/>, 2016.
- [20] <https://trid.trb.org/view/179439>(consulté le 29/06/2021).
- [21] <https://www.scats.nsw.gov.au/> (consulté le 29/06/2021).
- [22] <https://trid.trb.org/view/115048> (consulté le 29/06/2021).
- [23] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080293653500481> (consulté le 29/06/2021).
- [24] **Minnesota Department of Transportation**. Traffic Signals 101. 2006. url : <http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/publ/signals101/index.html>
<http://www.webs1.uidaho.edu/niattproject/>.
- [25] **R.L. Gordon et al** . Traffic control systems handbook. US Dept. of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Operations,2005. url : <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop06006/>
- [26] **US Dept.** of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Operations. Traffic Signal Timing Manual. Rap. tech. 2008. url : <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08024/>.

-
- [27] **C. Lee**, Fuzzy logic in control systems : fuzzy logic controller. ii. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 20(2) :419 – 435, mar/apr 1990
- [28] **Z. R. Abdy**, Fuzzy logic traffic signal control.
- [29] **F. Zou, B. Yang, and Y. Cao**, Traffic light control for a single intersection based on wireless sensor network. In 9th International Conference on Electronic Measurement et Instruments (ICEMI 2009), pages 1 – 1040, 2009.
- [30] **M.Lescieux**, Application à la commande floue.[http://auto.polytech.univ-tours.fr/automatique/AUA/ressources/Introduction logique floue.ppt](http://auto.polytech.univ-tours.fr/automatique/AUA/ressources/Introduction%20logique%20floue.ppt).
- [31] **X.-F. Chen and Z.-K. Shi**, Real-coded genetic algorithm for signal timing optimization of a single intersection. In 2002 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, volume 3, pages 1245 – 1248, 2002.
- [32] **S. Takahashi, H. Nakamura, H. Kazama, and T. Fujikura**, Genetic algorithm approach for adaptive offset optimization for the fluctuation of traffic flow. In The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, pages 768 – 772, 2002.
- [33] **W. Wei and Y. Zhang**, Fl-fn based traffic signal control. In IEEE International Conference on Fuzzy Systems, volume 1, pages 296 –300, 2002.
- [34] **J. Spall and D. Chin**. Traffic – responsive signal timing for system-wide traffic control. Transportation Research Part C : Emerging Technologies, 5(3 – 4) :153 – 163, 1997
- [35] **E. Bingham**, Reinforcement learning in neurofuzzy traffic signal control. European Journal of Operational Research, 131(2) :232–241, 2001.
- [36] **K. Yousef, J. Al-Karaki, and A. Shatnawi**, Intelligent traffic light flow control system using wireless sensors networks. Journal of Information Science and Engineering, 26(3) :753 – 768, 2010
- [37] **B. Liu and W. Liu**, Evaluation of traffic control methods at traffic circles. In Control and Decision Conference (CCDC),2011 Chinese, pages 3371 –3377, May 2011.
- [38] **C. Lee** . Fuzzy logic in control systems : fuzzy logic controller. ii. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 20(2) :419 – 435, mar/apr 1990.

-
- [39] **W. Wei and Y. Zhang** . Fl-fn based traffic signal control. In IEEE International Conference on Fuzzy Systems, volume 1, pages 296 – 300, 2002.
- [40] **J. Spall and D . Chin**. Traffic-responsive signal timing for system-wide traffic control. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, 5(3 – 4) :153 – 163, 1997.
- [41] **E. Bingham** . Reinforcement learning in neurofuzzy traffic signal control. *European Journal of Operational Research*, 131(2) :232–241, 2001.
- [42] **S. Takahashi, H. Nakamura, H. Kazama, and T. Fujikura** . Genetic algorithm approach for adaptive offset optimization for the fluctuation of traffic flow. In *The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pages 768 – 772, 2002.
- [43] **X.-F. Chen and Z.-K. Shi** . Real – coded genetic algorithm for signal timing optimization of a single intersection. In *2002 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, volume 3, pages 1245 – 1248, 2002.
- [44] **S. Coleri, S. Y. Cheung, and P. Varaiya**. Sensor networks for monitoring traffic. In *Allerton Conference on Communication, Control and Computing*, 2004.
- [45] **Z. Liao and L. Zhao** . Wireless sensor networks help to improve the traffic safety in residential communities. In *6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings*, pages 973 – 978, June 2006.
- [46] **L. E. Y. Mimbela and L. A. Klein** . Summary of vehicle detection and surveillance technologies used in intelligent transportation systems. Federal Highway Administration, Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, 2007.
- [47] **N. B. Hounsell, F. N. McLeod, and B. P. Shrestha**. Bus priority at traffic signals : Investigating the options. In *IEE Conference Publication*, number 501, pages 287–294. Institution of Engineering and Technology, 2004.
- [48] **N. Hounsell, B. Shrestha, F. McLeod, S. Palmer, T. Bowen, and J. Head** . Using global positioning system for bus priority in london : traffic signals close to bus stops. *Intelligent Transport Systems, IET*, 1(2) :131 – 137, June 2007.

-
- [49] **A. Kesharwani, V. Sadaphal, and M. Natu.** Empowering bus transportation system using wireless sensor networks. In 7th International Conference on High Performance Computing (HiPC 2010), Goa, India, Dec. 2010.
- [50] **F. Tang, M. Li, C. Weng, C. Zhang, W. Zhang, H. Huang, and Y. Wang** . Combining wireless sensor network with grid for intelligent city traffic. In 11th Asia-Pacific Conference, ACSAC 2006, volume 4186, pages 260–269, Shanghai, China, Sept. 2006.
- [51] **W. Ma and X. Yang.** Design and evaluation of an adaptive bus signal priority system base on wireless sensor network. In 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation System (ITSC 2008), pages 1073 – 1077, Oct. 2008.
- [52] **G.-I. Chang, M. Vasudevan, and C.-c. Su** . Modelling and evaluation of adaptive bus-preemption control with and without automatic vehicle location systems. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 30(4) :251–268, July 1996.
- [53] La nouvelle dynamique stationnement. *Ville Rail et Transports*, 507 :30–33, Nov. 2010.
- [54] <http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/puehfpp.html> (consulté le 19/07/2021).
- [55] **B. Liu and W. Liu.** Evaluation of traffic control methods at traffic circles. In *Control and Decision Conference (CCDC)*, 2011 Chinese, pages 3371 – 3377, May 2011.
- [56] **P. Shan-Chen, S. Yan-Sen, L. Ye, S. Jie, and Z. Huai-Zhou.** A study on the model of the traffic signs in the traffic circle. In *International Conference on Information Engineering and Computer Science (ICIECS 2009)*, pages 1 – 4, Dec. 2009.
- [57] **X. Zeng and H. Zheng** . The intelligent control and modeling of a traffic circle. In *International Conference on Information Engineering and Computer Science (ICIECS 2009)*, pages 1 – 4, Dec. 2009.
- [58] **Q. Zheng and M. Li.** The methods of traffic circle problem. In *International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems (LEITS 2010)*, pages 1 – 4, Nov. 2010.

- [59] **OMT**. Conférence sur les déplacements écologiques en europe, 2006.
<http://www.busandcoach.travel/download/factsheets/frgreen.pdf>.
- [60] <https://dataanalyticspost.com/Lexique/k-means-ou-k-moyennes/> (consulté le 29/07/2021).
- [61] <https://www.ptvgroup.com/fr/solutions/produits/ptv-vissim/pourquoi-ptv-vissim/> (consulté le 09/08/2021).
- [62] **Guillaume Cleuzieu** , Une méthode de classification non-supervisée pour l'apprentissage de règles et la recherche d'information, décembre 2004, Université d'Orléans page 07, pages11-15.

Résumé

Les systèmes de contrôle des feux de circulation conventionnels sont souvent loin d'assurer une gestion efficace du trafic urbain, notamment en termes de temps de déplacement et d'attente, et incapables de suivre le développement des villes intelligentes et des exigences de mobilité là où le trafic est requis. Les systèmes de feux de circulation jouent un rôle important dans la gestion du trafic.

L'objectif principal de notre travail est de proposer une nouvelle solution pour la gestion du trafic routier et dans notre travail, nous avons essayé d'y parvenir à l'aide de Vissim et Sumo (sont des logiciels des simulations microscopique de mobilité urbaine). Cette solution doit réduire le temps d'attente des conducteurs, de réduire la congestion routière et le temps de déplacement des usagers, et d'assurer la sécurité routière en réduisant les accidents et le stress et la consommation de l'énergie.

Mots clés :Internet des objets, ville intelligente, feux de signalisation, système de transport intelligent ...

Abstract

Conventional traffic light control systems are often far from ensuring effective urban traffic management, especially in terms of travel and waiting times, and unable to keep up with the development of smart cities and mobility requirements where traffic is required. Traffic light systems play an important role in traffic management.

The main objective of our work is to come up with a new solution for the dynamic management of intelligent traffic lights and in our work we have tried to achieve this using Vissim and Sumo (are software for microscopic simulations of urban mobility) . This solution reduces the waiting time for drivers, reduce road congestion and travel time for users, and ensure road safety by reducing accidents and stress and saves energy.

Key words : Internet of things, smart city, traffic lights, intelligent transportation system ...

ملخص

غالبًا ما تكون أنظمة التحكم في إشارات المرور التقليدية بعيدة كل البعد عن ضمان إدارة فعالة لحركة المرور في المناطق الحضرية ، خاصة فيما يتعلق بأوقات السفر والانتظار ، وغير قادرة على مواكبة تطور المدن الذكية ومتطلبات التنقل حيث تكون حركة المرور مطلوبة. تلعب أنظمة إشارات المرور دورًا مهمًا في إدارة حركة المرور.

الهدف الرئيسي من عملنا هو التوصل إلى حل جديد لإدارة حركة المرور على الطرق وفي عملنا حاولنا تحقيق ذلك باستخدام Vissim و Sumo (وهما برنامجان للمحاكاة المجهريّة للتنقل الحضري). يجب أن يقلل هذا الحل من وقت انتظار السائق ، ويقلل من الازدحام على الطريق ووقت التنقل للمستخدمين ، ويضمن سلامة الطريق من خلال تقليل الحوادث والضغط واستهلاك الطاقة.

الكلمات المفتاحية : إنترنت الأشياء ، المدينة الذكية ، إشارات المرور ، نظام النقل الذكي