



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi –Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Mathématique et Informatique

**En vue d'Obtenir le Diplôme de
Master en Informatique**

Filière : Informatique

Option : Système d'Information

Thème :

Modèle d'application du problème d'ordonnancement des tâches dans les systèmes distribués résolvant les Problèmes de planification de la circulation routière dans les villes intelligentes

Mémoire présenté par :

Guennez Fadhila

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. SAHRAOUI Abdelatif	MCA	Université Larbi Tébessi	Président
Mr. ZEBDI Abdelmoumene	MAA	Université Larbi Tébessi	Examineur
Mme. ALI Widad	MCB	Université Larbi Tébessi	Encadreur
Mme. BOUAKKEZ Fatima	MAA	Université Larbi Tébessi	Co-Encadreur

Promotion

2021 / 2022

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier Allah, le tout-puissant et
Miséricordieux de nous avoir donné le courage et la patience pour
Accomplir ce modeste travail.

Je remercie tout particulièrement Mon encadreur Madame **ALI WIDED**

Pour avoir proposé ce thème et d'avoir accepté de
M'encadrer et codirigé, et la confiance qu'il m'a accordée, sa
Disponibilité, ses précieux conseils.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des
Enseignants du Département d'informatique.

Un grand merci à ma famille surtout mes parents, qui m'ont aidé à
Suivre mes études dans les meilleures conditions et qui m'ont
Toujours soutenue et encouragée sans limite et particulièrement,
Je tiens également à remercier les membres du jury d'avoir accordé
De leurs temps précieux pour expertiser mon travail, j'espère qu'ils
En soient satisfaits.

À ma famille : mes parents, Mes sœurs et mes frères Pour finir,

Un grand Merci à mes chers amis : Hazem, Houda, Khawla

Pour leurs Encouragements.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la
Réalisation de ce travail

Résumé :

Dans ce travail, nous présentons un nouveau modèle pour améliorer le trafic urbain dans le but de réduire la congestion et le temps de trajet. Ce modèle est inspiré du processus utilisé dans l'ordonnancement des tâches et le problème d'équilibrage de charge dans les systèmes distribués pour réduire le Makespan.

Le makespan dans ce cas d'application correspond au temps perdu dans les embouteillages. Les résultats obtenus sont satisfaisants et confirment qu'il est nécessaire d'optimiser les problèmes de congestion du trafic dans les villes intelligentes afin de réguler la fluidité du trafic et d'informer les conducteurs en temps réel sur les itinéraires associés afin de lutter contre la congestion, le gaspillage d'énergie et donc de générer moins la pollution.

Mots clé : ville intelligente, ordonnancement, circulation routière, feux tricolores.

Abstract:

In this work, we present a new model to improve urban traffic in order to reduce congestion and travel time. This model is inspired by the process used in task scheduling and the problem of load balancing in distributed systems to reduce Makespan.

The makespan in this case of application corresponds to the time lost in traffic jams. The results obtained are satisfactory and confirm that it is necessary to optimise traffic congestion problems in smart cities in order to regulate traffic flow and to inform drivers in real time about the associated routes in order to fight against congestion, waste energy and therefore generate less pollution.

Key words: smart city, scheduling, road traffic, traffic lights.

ملخص:

في هذا العمل، نقدم نموذجًا جديدًا لتحسين حركة المرور في المناطق الحضرية من أجل تقليل الازدحام ووقت السفر. هذا النموذج مستوحى من العملية المستخدمة في جدولة المهام ومشكلة موازنة الأحمال في الأنظمة الموزعة لتقليل يتوافق المظهر في حالة التطبيق هذه مع الوقت الضائع في الاختناقات المرورية. النتائج التي تم الحصول عليها مرضية وتؤكد أنه من الضروري تحسين مشاكل الازدحام المروري في المدن الذكية من أجل تنظيم تدفق حركة المرور وإبلاغ السائقين في الوقت الفعلي بالطرق المرتبطة بها من أجل مكافحة الازدحام وإهدار الطاقة وبالتالي توليد تلوث أقل.

الكلمات المفتاحية: المدينة الذكية ، الجدولة ، حركة المرور على الطرق ، إشارات المرور

Table des Matières

- Dédicaces
- Remerciements
- Introduction générale

A) Partie Théorique

Chapitre I : Les Villes Intelligentes

I.1 Introduction	5
I .2 Définition de la Ville Intelligente	6
I.2.1 « Ville Intelligente » : un concept flou.....	6
I.3. Quelques définitions	7
I.4. Les six caractéristiques de la ville intelligente	9
4.1. Smart Economy	9
4.2. Smart People	9
4.3. Smart Governance.....	10
4.4. Smart Mobility.....	10
4.5. Smart Environment	10
4.6. Smart Living.....	10
I.5. La naissance et la diffusion du concept de ville intelligente	11
I .6. Conclusion	11

Chapitre II : Gestion du trafic et Circulation routière

II.1. Introduction :	13
II.2. La circulation :	13
II.3. Bref aperçu historique	14
II .4. La problématique du trafic routier	15
4.1. La congestion routière	15
4.2. Conséquences de la congestion du trafic routier	17
4.2.1. Conséquences économiques	17
4.2.2. Conséquences sociétales	17
4.2.3. Conséquences environnementales	17
II.5. Pourquoi y a-t-il des bouchons sur les routes ?	17
II .6. Plans de gestion du trafic.....	18
6.1. Définition d'un PGT	18

6.2. Principe d'un PGT	19
II.7. Contexte et applications	19
7.1. Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic	19
7.2. Les intersections.....	19
7.3. Les voies spéciales	20
7.4. Le stationnement	20
7.5. Les ronds-points	20
7.6. La sécurité	21
II.8. Règles de conception d'un carrefour	22
8.1 Fonctionnement à deux phases	22
8.2 Types de carrefours	22
8.3 Gestion d'un Carrefour à feux.....	23
8.4 Carrefour à feux intelligents	25
8.5 Caractéristiques du carrefour à feux.....	25
8.6. Domaines d'emploi.....	26
8.7. La réglementation routière.....	26
8.8. La simplicité du carrefour	27
II.9. Description du matériel	27
9.1. Signaux lumineux d'intersection	27
9.2. Les nouvelles problématiques	31
II.10. Conclusion	33

Chapitre III : Planification de la circulation routière

III.1. Introduction	35
III.2. Planification.....	35
III.3. Travaux connexes :	35
III.4. Comparaison des travaux connexe :	39
III.5. Analyse et discussion	40
III.6. Conclusion	41

Chapitre IV : Méthodes et techniques de travail

IV.1. Introduction	43
IV.2. Notre contribution	43
IV.3. Problématique	44
IV.4. Objectifs.....	44

IV.5. Modèle proposé.....	45
IV.6. Caractéristiques des modèles proposés.....	48
IV.7. Conclusion.....	53

B) Partie pratique

CHAPITRE V : Solution proposée

V.1. Introduction :	55
V.2. Outils de développement	55
V.2.1. Environnement machine	55
V.2.2 Environnement logiciel.....	55
V.2.3 Environnement expérimental.....	56
V.3. Paramètres de simulation :.....	58
V.4. Métriques utilisées.....	59
V.5. Résultat et analyse :	59
V.6. Synthèse des expérimentations:.....	65
V.7. Conclusion	66
• Conclusion Générale	68
• Bibliographie	70

Liste des figures

Figure 1. Les effets de la congestion (les incidences de la congestion du tronçon I sur les tronçons II et III).....	16
Figure 2 Carrefour en croix fonctionnant à deux phases.	22
Figure 3 Types de carrefour	23
Figure 4 . Problème de la circulation au niveau du carrefour.	24
Figure 5 Les fonctions d'un carrefour intelligent.....	25
Figure 6 Signal tricolore circulaire.	28
Figure 7 Signal piéton.....	28
Figure 8 Signaux tricolores modaux.....	28
Figure 9 Signaux tricolores directionnels.	29
Figure 10 Signaux d'anticipation modaux.	29
Figure 11 Signaux d'anticipation directionnels.....	30
Figure 12 Signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun.	30
Figure 13 Signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun.	31
Figure 14 Signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles	31
Figure 15. Diagramme de class	46
Figure 16 Diagramme d'activité.....	48
Figure 17 Diagramme d'activité.....	49
<i>Figure 18 Dump-scheduling</i>	49
Figure 19 Self-scheduling	50
Figure 20 Coordinated-scheduling.....	51
Figure 21 Convoy-scheduling	52
Figure 22 Eclipse	55
Figure 23 Star UML	56
Figure 24. Interface de simulateur	57

Figure 25. Fichier de configuration	57
Figure 26 Le temps d'attente total de toutes les voitures	59
Figure 27 La plus longue distance parcourue par toutes les voitures	60
Figure 28 Le temps d'attente moyen pour toutes les voitures avant d'entrer sur la grille.....	61
Figure 29 La distance la plus courte parcourue par toutes les voitures de la grille	62
Figure 30 Temps de déplacement total de toutes les voitures dans le système	63
Figure 31 Distance moyenne parcourue par toutes les voitures du grille	64
Figure 32 Temps moyen parcouru par toutes les voitures de la grille.....	65

Liste des tables

<i>Tableau 1</i> Caractéristiques et facteurs de la ville intelligente	9
<i>Tableau 2.</i> Des travaux connexes	40

Introduction Générale

Introduction Général :

Nombreux aspects de nos vies sont devenus plus attirant grâce à l'utilisation de technologies, le secteur des transports par contre mettra beaucoup de temps à se rendre compte capable de se rattraper. Aujourd'hui, ces avancées sont inévitables. Les véhicules deviennent plus sûrs, mais en retour l'environnement routier devient plus complexe, principalement en raison de l'augmentation rapide du nombre de véhicules et les conséquences qui en découlent.

La croissance démographique et l'augmentation du nombre des utilisateurs de la route constituent une source importante de problèmes divers. Les impacts sont l'environnement et la santé publique. Ils sont causés par l'émission de gaz à effet de serre et les véhicules émettent des polluants à mesure que la congestion routière augmente un phénomène d'accordéon récurrent. Les conséquences économiques liées à la consommation de carburant et au temps perdu du fait des embouteillages ne sont pas exclues. En plus de cela, les accidents et les accidents sont causés par la détérioration des conditions de circulation. Tout cela est un enjeu social important.

Ce contexte a motivé la communauté informatique à s'intéresser aux villes intelligentes. Une ville intelligente est une ville utilisant les technologies de l'information et de la communication pour améliorer la qualité des services urbains ou réduire leurs coûts. C'est une ville qui combine un réseau de transport collectif efficace, peu polluant, tentaculaire et accessible à des communications efficaces, du stationnement « intelligent », des lumières de rue synchronisées, efficaces et peu énergivore et tout un système de gestion de la circulation qui tend à réduire les congestions. [7]

L'objectif principal de notre étude se concentre sur les carrefours urbains et les moyens de limiter les pertes de temps et de ressources. De quelle façon ? À l'aide d'un algorithme, on connecte les véhicules entre eux afin d'aider les conducteurs à trouver l'option où il n'y a pas de congestion.

Le grand problème c'est que les retards causés par la congestion ont un impact important sur la qualité la vie de l'utilisateur. En effet, les conducteurs qui sont souvent bloqués dans les embouteillages souvent affecté par le stress, le bruit, etc., et un risque accru ACCIDENT. Ce phénomène est largement considéré comme une source indirecte du problème de santé et a un impact direct sur l'augmentation de la consommation vitalité.

Des feux tricolores sont déjà en place pour gérer la fluidité du trafic, mais deviennent de plus en plus inefficaces en raison de leur conception. Heure prédéfinie Varie entre les nuances de vert, d'orange et de rouge, quelles que soient les conditions actuelles, Entraînent notamment une augmentation des temps d'attente, de la consommation de carburant supplémentaire et la pollution de l'air. De plus, le manque d'Information accrue du conducteur sur les conditions routières actuelles

Pour mieux répondre aux besoins de gestion des routes, il est nécessaire de mettre en place Des systèmes de transport plus efficaces, économiques et durables par l'amélioration des feux de circulation.

Le principal problème est de gérer la synchronisation des feux de circulation pour déterminer le chemin le plus court entre deux points pour réduire le temps de trajet et éviter l'encombrement en même temps.

Notre contribution consiste en :

1. Un système de contrôle dynamique de la congestion grâce à l'utilisation de différents types de relations pour augmenter le taux de circulation des véhicules et permettre la fluidité du trafic.
2. Maximiser le flux pour contrôler les feux de circulation et augmenter le nombre de flux.
3. Comparaison des modèles proposés

Ce mémoire est organisé en cinq chapitres :

- Dans le premier chapitre : nous donnons en premier les notions de base les villes intelligentes.
- Dans le deuxième chapitre : nous donnons en premier les notions de base de la circulation routière, l'histoire et l'évolution des feux de circulation
- Dans le troisième chapitre : nous allons présenter quelques travaux existants pour cette gestion,
- Dans le quatrième chapitre : nous proposons une nouvelle solution pour la gestion dynamique des feux tricolores.
- Dans le dernier chapitre : nous présentons les implémentations et les expérimentations réalisées pour valider la solution présentée dans le quatrième chapitre.

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

Chapitre I :

Les Villes Intelligentes

I.1 Introduction

Ces dernières années, le phénomène d'urbanisation connaît une croissance affolante à travers le monde. D'après les données de l'Organisation des Nations Unies de 2011, la population urbaine mondiale doublera de 2010 à 2050 Passant de 2,6 milliards à 5,2 milliards de personnes.

D'après Albino et al. (2015), Aussi de nos jours, la majorité des ressources sont consommées par les villes. En effet, elles consomment entre 60% et 80% de l'énergie mondiale et sont donc les principales responsables du réchauffement climatique notamment en raison de leurs émissions de gaz à effet de serre [9]

C'est pourquoi les villes doivent trouver de nouveaux scénarios pour faire face aux défis majeurs qui les attendent. Les représentants des villes doivent donc développer de nouvelles stratégies pour renforcer les performances, ainsi aux Comme un moyen efficace pour surmonter les difficultés liées à ce phénomène d'urbanisation et ce, dans de nombreux domaines : mobilité, économie, bien-être des citoyens, etc. [9]

Ces deux dernières décennies, le concept de « ville intelligente » est connu une augmentation aussi bien dans les articles scientifiques qu'au niveau des politiques internationales. Cependant, cette notion est encore peu traitée dans l'esprit des citoyens. Peu d'informations au sujet de ce concept et de ses objectifs semblent présents au sein des villes. Les citoyens sont donc peu conscients des projets intelligents mis en œuvre dans leurs villes et des bénéfices précis qu'ils peuvent en tirer. [9]

Ce manque de connaissances proviendrait également de l'absence de définition précise et universelle de la ville intelligente. Il est encore souvent confondu avec le concept de « ville numérique » alors qu'une différence majeure existe et concerne l'importance que chacun accorde aux TIC. [9]

Dans ce contexte de croissance de l'urbanisation au niveau mondial, le moteur principal des villes est parvenu à trouver un équilibre entre le développement social et la croissance économique.

Les autorités devaient trouver des solutions permettant de mieux répondre aux évolutions urbaines futures : amélioration des réseaux de transports urbains, prise en considération de l'environnement, amélioration des services publics urbains, en espérant à long terme obtenir des effets positifs sur l'économie. [9]

I.2 Définition de la Ville Intelligente

Ces dernières années, le concept de « smart city » ou « ville intelligente » (qui seront utilisés comme synonymes tout au long de ce travail) a pris une importance considérable. Si le terme smart city est employé à travers le monde, aucune définition claire et précise n'a cependant pu être formulée à son égard. Au travers des différents articles rencontrés, les auteurs essaient d'apporter de plus en plus de précisions étant donné le nombre conséquent de domaines d'applications que recouvre la ville intelligente mais aucune vision et définition universelle n'ont pu être élaborées. [9]

I.2.1 « Ville Intelligente » : un concept flou

Les difficultés rencontrées pour définir ce concept sont multiples et présentent différentes causes. En effet, elles portent aussi bien sur la compréhension du terme « intelligent » que sur l'identification des besoins des différentes villes qui ne sont généralement pas les mêmes.

Tout d'abord, l'adjectif « smart » dépend de la signification qui lui est attribuée. Dans les différents articles, différentes appellations sont utilisées pour désigner ce concept: intelligent city, knowledge city, ville numérique (digital city), etc. C'est pourquoi il est important de distinguer la « ville intelligente » de la « ville numérique ». Ces deux termes sont souvent confondus ou utilisés comme synonymes alors qu'il n'est pas vraiment question de la même chose. [9]

a) La ville numérique

La ville numérique repose sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC). Ce concept paraît déshumanisé et peut laisser place à la crainte de voir la ville devenir un poste de contrôle numérique. Cette notion devient intéressante à partir du moment où le numérique est mis au service de la population et de la ville intelligente.[9]

b) La ville intelligente

La ville intelligente repose souvent sur des outils numériques permettant une amélioration de la qualité de vie des citoyens. En effet, la technologie est utilisée au service d'un développement intelligent de la zone urbaine aussi bien au niveau de la mobilité que de l'environnement, de la participation citoyenne, etc. Il peut donc sembler évident que la ville intelligente découle souvent de la ville numérique pour une meilleure gestion urbaine.

Deuxièmement, le label « smart city » reste assez flou. Beaucoup de villes se qualifient de ville intelligente alors qu'elles n'ont aucun standard auquel se référer étant donné qu'aucune définition universelle n'a été apportée à ce jour au concept de smart city. Ces villes ne recouvrent généralement que quelques aspects de ce que l'on retrouve dans tous les articles. [9]

Enfin, une autre difficulté pour définir cette notion de ville intelligente provient du fait que chaque ville est spécifique et ne fait pas face aux mêmes problèmes locaux. Dès lors, les réponses à y apporter ne sont également pas les mêmes. La ville dépend des décisions prises par les pouvoirs publics mais pas seulement : les citoyens ont également leur mot à dire ; ils jouent un rôle central. Une ville est qualifiée d'intelligente lorsqu'elle est en mesure de satisfaire les besoins de sa population. Il existe toutefois des caractéristiques communes dans chacune des villes intelligentes :

- processus internes de la ville et gestion de la relation citoyenne,
- aménagement numérique du territoire et reprogrammation de l'espace public,
- cadre de vie, mobilité, sécurité et environnement,
- solidarités numériques,
- éducation et culture,
- participation citoyenne

I.3. Quelques définitions

A présent, relevons quelques définitions, couramment rencontrées dans les différents articles afin de comprendre les différents aspects que couvre la notion de ville intelligente.

Selon Giffinger et al. (2007), un des auteurs les plus cités dans ce domaine, la ville intelligente se définit comme « A city well performing in a forward-looking way in economy, people, governance, mobility, environment, and living, built on the smart combination of endowments and activities of self-decisive, independent and aware citizens ». [9]

Pour Harrison et al. (2010), une ville intelligente est une ville « connecting the physical infrastructure, the IT infrastructure, the social infrastructure, and the business infrastructure to leverage the collective intelligence of the city » (cité dans Chourabi et al., 2012, p. 2290). L'étude de Harrison et al. (2010) présente donc la ville intelligente comme une ville instrumentée, interconnectée et intelligente. Par l'instrumentation, il désigne le système de

capture et d'intégration des données de la ville grâce à différents dispositifs tels que les compteurs, les appareils électroménagers, les Smartphones, Internet, les réseaux sociaux ainsi qu'une multitude d'autres systèmes permettant de récolter des données. L'interconnexion permet d'intégrer ces données dans les plateformes informatiques des entreprises et de diffuser ces informations dans les différents services de la ville. Enfin, l'intelligence comprend des services d'optimisation, de visualisation, d'analyse et de modélisation qui mènent à une meilleure prise de décision. [9]

Ainsi, en se basant sur toute une série d'articles, le Smart City Institute de la ville de Liège, inauguré très récemment, en janvier 2015, en partenariat avec la Ville de Liège, Accenture et Belfius, définit le concept de ville intelligente comme suit :

« La ville intelligente est un écosystème de parties prenantes (gouvernements locaux, citoyens, entreprises multinationales et locales, universités, institutions internationales, etc.) engagé dans une stratégie durable (dites des « 3P » - People, Planet, Profit), tout en utilisant les technologies comme facilitateurs pour atteindre ses objectifs durables et mener à bien les actions qui y sont liées. Cette approche implique le développement progressif d'une vision stratégique commune et l'implémentation d'initiatives concrètes dans divers domaines (smart mobility, environment, economy, living, people and governance) afin de générer un développement économique durable et offrir une meilleure qualité de vie avec une gestion rationnelle des ressources naturelles. Outre cette perspective stratégique, les villes intelligentes requièrent également le développement et la diffusion de nouveaux modèles d'affaires qui contribueront efficacement à leur diffusion vers la durabilité, des instruments financiers innovants et une bonne compréhension des dynamiques des parties prenantes spécifiques. Les développements académiques de ces problèmes doivent être réalisés en intégrant des approches managériales et financières solides aux discussions environnementales, d'ingénierie, urbaines et politiques. [9]

En conclusion, pour déterminer ce qu'est une ville intelligente, il est nécessaire de prendre en compte le rôle du capital humain, de l'éducation, de l'environnement, de la mobilité et du capital social et relationnel dans le développement urbain et pas seulement celui du numérique et des nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC). Il convient dès lors de définir les différentes dimensions qu'englobe la ville intelligente pour comprendre les différents enjeux qu'elle comporte. [9]

I.4. Les six caractéristiques de la ville intelligente

Le modèle de ville intelligente développé par Giffinger et al. (2007) permet d'évaluer les villes intelligentes européennes de taille moyenne sur base de six caractéristiques qui ont attiré à l'économie, à la mobilité, au citoyen, à l'environnement, à la gouvernance et à la qualité de vie (voir Fig.1). Il s'agit donc d'un outil de classification. Grâce à celui-ci, l'état actuel de la ville peut alors être examiné et les domaines nécessitant une attention particulière pour son développement peuvent être identifiés. Selon HEC-ULg, l'école de gestion de l'Université de Liège (cité dans Lovens, 2015), ces caractéristiques forment l'écosystème de la « smart city » représenté dans tableau 1. [9]

Smart Economy (Compétition)	Smart People (Capital humain et social)	Smart Governance (Participation)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esprit novateur ▪ Entrepreneuriat ▪ Image économique et marque ▪ Productivité ▪ Flexibilité du marché du travail ▪ Ancrage international ▪ Capacité de transformer 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveau de qualification ▪ Apprentissage tout au long de la vie ▪ Pluralité sociale et ethnique ▪ Flexibilité ▪ Créativité ▪ Cosmopolitisme ▪ Participation à la vie publique 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Participation dans la prise de décision ▪ Services publics et sociaux ▪ Transparence gouvernementale ▪ Stratégies et perspectives politiques
Smart Mobility (Transports et TIC)	Smart Environment (Ressources naturelles)	Smart Living (Qualité de vie)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accessibilité locale ▪ Accessibilité (inter-) nationale ▪ Disponibilité de l'infrastructure-TIC ▪ Systèmes de transport durables, innovateurs et sécurisés. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Attractivité des conditions naturelles ▪ Pollution ▪ Protection environnementale ▪ Gestion des ressources durables 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Équipements culturels ▪ Conditions sanitaires ▪ Qualité et sécurité des logements ▪ Équipements pour l'éducation ▪ Attractivité touristique ▪ Cohésion sociale

Tableau 1 Caractéristiques et facteurs de la ville intelligente [9]

4.1. Smart Economy

Cet aspect comprend les facteurs liés à la compétitivité économique de la ville, c'est à dire : l'innovation, l'entrepreneuriat, l'esprit d'entreprise, la productivité et la flexibilité du marché du travail ainsi que l'importance économique de la ville sur le marché national et international.

4.2. Smart People

Cette caractéristique est le résultat de différents facteurs liés au développement du capital humain et social. En effet, elle prend en considération le niveau de qualification et d'éducation

de la population, les diversités sociales et ethniques et la qualité des interactions sociales en ce qui concerne l'intégration et la participation publique ainsi que l'ouverture sur le monde. Pour certains auteurs comme Toppeta (2010) et Steinert et al. (2011), certains projets d'e-éducation, comme les cours en ligne et l'apprentissage à distance par exemple proposés par les villes, permettent d'obtenir des résultats favorables pour le développement de cette dimension de Smart People [9]

4.3. Smart Governance

Dans cette partie, ce sont les aspects de participation politique, de services aux citoyens, de transparence du gouvernement qui seront pris en considération pour définir une gouvernance intelligente. [9]

4.4. Smart Mobility

La mobilité ne comprend pas seulement les systèmes de transports modernes et durables, elle contient également les aspects liés à la disponibilité des TIC ainsi que l'accessibilité locale et internationale très importante à l'heure actuelle avec la globalisation. Selon Letaifa (2015), la façon la plus efficace pour aboutir à la mobilité intelligente est la planification urbaine qui met l'accent sur les modes de transports collectifs plutôt qu'individuels en utilisant les technologies de l'information et de la communication. La promotion de certains transports plus efficaces et intelligents comme le co-voiturage, la combinaison voiture-vélo ou encore l'utilisation des transports en commun mènent à une circulation plus efficace. [9]

4.5. Smart Environment

De nos jours, les préoccupations liées aux conditions naturelles et climatiques, à la pollution, à la gestion des ressources et à la protection de l'environnement devenant de plus en plus importantes, les villes essaient de réduire au maximum leur empreinte écologique et énergétique par une gestion responsable des ressources en utilisant, par exemple, des nouvelles innovations technologiques comme les énergies propres (solaire, éolienne, etc.) qui permettent également de gagner en efficacité.

4.6. Smart Living

Cette dernière caractéristique, décrite par Giffinger et al. (2007), couvre différents aspects liés à l'amélioration de la qualité de vie en termes de services principalement comme la santé, le tourisme, la sécurité, la culture, etc. [9]

I.5. La naissance et la diffusion du concept de ville intelligente

Dans les années 1990, avec l'émergence du numérique et d'Internet dans le milieu urbain, des publications sur le concept de digital city ou ville numérique ont commencé à émerger. Mais ce n'est que vers 1994 que le concept de smart city apparaîtra dans des articles. Cependant, il aura fallu attendre les années 2000 et, plus particulièrement 2010, pour que les écrits se multiplient et connaissent un certain succès. Cette attention particulière autour de ce sujet a débuté lorsque les multinationales du secteur des TIC comme IBM, Cisco, ainsi que les organismes internationaux comme la Commission européenne ou l'OCDE ont commencé à y montrer de l'intérêt et lorsque l'Union européenne a reconnu la ville intelligente comme un de ses principaux axes de développement [9]

La principale différence entre le concept de ville numérique et celui de ville intelligente provient de l'importance accordée aux TIC. De manière générale, la ville numérique est perçue comme « un système d'information qui collecte de l'information numérique sur la ville réelle et les rend disponibles dans un espace public virtuel, où les citoyens peuvent consulter mais aussi interagir avec le système et avec d'autres utilisateurs ». La smart city est considérée comme une extension et un développement de la ville numérique étant donné que la ville intelligente met l'accent sur l'amélioration des conditions et de la qualité de vie des citoyens notamment par l'utilisation du numérique et des TIC. [9]

La diffusion des concepts de smart city et digital city a permis certains progrès technologiques. De plus, la présence de villes intelligentes est plus forte dans les pays où le développement économique et scientifique est plus évolué. La dimension de la ville joue un rôle important dans la construction d'une ville intelligente. Effectivement, plus la ville est grande, plus son impact sur l'environnement qui doit être réduit par le programme smart city est contraignant. Néanmoins, si la ville est grande, les avantages liés aux partages de données et de connaissances ainsi qu'aux e-services seront plus intéressants grâce au programme de ville intelligente. [9]

I.6. Conclusion

Au terme de cette première partie, nous avons une meilleure compréhension du concept de ville intelligente. Comme nous l'avons vu, ce concept est assez récent et connaît une importance considérable à l'échelle mondiale au cours des dernières années. En effet, des smart cities se développent sur l'ensemble des continents bien que leur élaboration ne soit pas identique partout.

Chapitre II :

Gestion du trafic et Circulation routière

II.1. Introduction :

L'intégration des techniques novateurs aux systèmes de transport intelligents (STI) nous permettra d'atteindre notre objectif de construction d'un système de transport sécuritaire, efficace et intégré, qui favorisera la croissance économique et le dynamisme des collectivités pour nous aider à répondre à nos besoins futurs. Le carrefour qui est défini comme un croisement de routes est un lieu stratégique et terrain sensible pour les conflits de trafic. Lorsqu'il est équipé de feux tricolores, le carrefour devient aussi un moyen de régulation du trafic. Une bonne coordination des feux tricolores permet d'améliorer les conditions d'écoulement du trafic urbain, en augmentant la vitesse de déplacement et en diminuant la durée des arrêts. En d'autres termes, la gestion du trafic urbain est un problème complexe qui accroît de jour en jour, et malgré la croissance et la construction des voies elles ne sont pas suffisantes face aux phénomènes de congestion et de longueurs des files d'attente, ce qui a conduit à une dégradation de la circulation et rend la vie quotidienne pénible pour le transport de personnes et de marchandises. Le présent chapitre est consacré dans un premier temps à la conception des systèmes de gestion des feux de circulation, en abordant des solutions et termes traditionnellement utilisés dans les zones urbaines.

II.2. La circulation :

Mouvement des véhicules sur la voirie (par extension, s'applique aussi au mouvement des piétons ou à celui des trains sur un réseau ferré) Le terme de trafic (trafic) n'est pas tout à fait synonyme : il désigne le volume de circulation. On distingue la circulation interne à une agglomération, d'échange entre agglomérations et de transit à travers une agglomération. La circulation interne à une agglomération qui est simplifiée urbaine, représente environ 60% du trafic dans une petite ville et jusqu'à 95% dans une très grande agglomération. La circulation est causée de nuisances importantes (bruit, pollution de l'air, accidents, coupure du tissu urbain, dégradation du paysage).

Formulaires de circulation urbaine :

Une première classification peut être faite en s'appuyant sur les origines et destinations des flux de circulation.

- Le trafic intense : à l'agglomération qui possède ses deux solutions à l'intérieur du périmètre urbain ; il a traduit les besoins en déplacements des personnes résidentes dans l'agglomération.
- Le trafic d'échange : qui possède une extrémité dans le périmètre urbain, et une seule. Ce trafic recouvre les relations de la ville avec sa zone d'influence pour le développement des personnes (relation domicile - travail, achats, affaires) soit pour l'approvisionnement en marchandise.
- Le trafic de transit : qui n'a aucune extrémité dans le périmètre urbain, sauf le transit dit interrompu (séjour bref). Ce trafic se trouve contraint de traverser la ville par la configuration du réseau de transport qui en général, ne permet pas de la courbe.

II.3. Bref aperçu historique

Les feux de signalisation sont à la circulation routière ce que les robinets sont à la distribution de l'eau : ils contrôlent et régulent les flux. Un feu qui passe au vert, c'est un robinet qui s'ouvre pour laisser passer le flux de véhicules. Le robinet doit s'ouvrir autant que nécessaire, ni plus ni moins, afin de réguler le débit. En 1868, le premier feu de signalisation du monde fut installé sur la place du parlement à Londres, près du palais de Westminster. La circulation était régulée par des bras mécaniques le jour et par une lanterne à gaz émettant une lumière rouge ou verte la nuit. Le feu était contrôlé par un policier qui décidait quand mettre une autre lampe pour changer le signal. Il fallut attendre près de cinquante ans après l'explosion à Londres pour que le premier feu de signalisation électrique soit mis en fonction à Cleveland le 5 août 1914. Il était composé de deux feux, un rouge et un vert, et contrôlé par un agent de la circulation qui changeait les feux depuis une cabine proche et faisait signaler le changement de couleur avec une cloche. Ce système permettait un lien constant avec les pompiers et la police. Il aidait aussi à dégager les carrefours pour les véhicules de secours. Les premiers feux de signalisation tricolores furent installés en 1920 à Détroit et à New York. Les couleurs venaient de la signalisation ferroviaire. À la fin du dix-neuvième siècle, rouge signifiait « stop », vert « avancer prudemment » et blanc « voie dégagée ». Mais il y avait un problème : si le verre rouge était cassé, le feu paraissait blanc. C'est ainsi que sont nés les feux rouges orange vert. L'Europe ensuite adopta le feu tricolore en 1922, d'abord à Paris au croisement de la rue de Rivoli et du boulevard Sébastopol, puis à Hambourg sur la Stephansplatz. La célèbre tour de signalisation à cinq côtés fabriquée par Siemens en 1924 fut installée sur les pots d'égout de Berlin, qui était alors le carrefour le plus fréquenté d'Europe. En 1933 distingua l'installation du premier

feu pour piétons à Copenhague. Le premier feu automatique pour piétons affichant le message « ne pas traverser » fut utilisé pour la première fois le 5 février 1952, à New York. Le même système fut également introduit en Allemagne peu de temps après, mais avec les messages « attendez » et « traversez », que les piétons respectaient rarement. Enfin, le bonhomme vert fut inventé en 1961 en Allemagne de l'est par le psychologue de la circulation routière Karl Peglau. Il fallut attendre 2004 pour qu'une femme apparaisse sur les feux de signalisation pour piétons. [8]

II .4. La problématique du trafic routier

4.1. La congestion routière

La dans le contexte de la mondialisation économique, la nécessité pour le mouvement des biens et des personnes a connu une croissance importante. Cette augmentation de la mobilité est en même temps la principale cause de la congestion routière. La congestion du trafic (Figure 1-2) est l'un des problèmes les plus préoccupants du monde moderne, qui désire satisfaire le besoin de mobilité sans entrave. C'est le prix payé pour les multiples avantages découlant de la concentration de la population et des activités économiques. Étant donné que l'offre de terrains est épuisée et que le développement de l'infrastructure routière est coûteux, il ne serait pas rentable d'investir pour atteindre des capacités à fournir en permanence des régimes de circulation proches du régime libre. Même si pour le moment, en développant les infrastructures, ce régime serait atteint, comme la demande de circulation dépend du coût global (social) il signifie qu'en même temps les effets de la stimulation de la demande conduiront inévitablement à un nouveau régime de congestion. Le terme « congestion » provoque encore, surtout dans la circulation routière, une série de controverses entre les partenaires qui se rencontrent sur le marché des transports avec des intérêts et des vues souvent divergentes. Ainsi, le responsable de la stratégie de développement des infrastructures de transport au niveau central, régional ou local, est satisfait si les éléments de l'infrastructure prennent les flux normaux pour lesquels ils ont été conçus. Sinon, cela signifie que l'infrastructure a été surdimensionnée et que les ressources financières consommées ne s'avèrent pas efficaces. Contrairement à celui-ci, qui trouve la confirmation de ses orientations stratégiques dans la haute demande de l'infrastructure, l'utilisateur de l'infrastructure (le conducteur du véhicule) souhaite n'être pas gêné dans sa circulation par les autres participants au trafic sur la même infrastructure. De son point de vue, la diminution de la vitesse sous la valeur nominale accomplie sur la voie libre est interprétée comme un début de congestion qui s'aggrave lorsque

les risques de prolonger la durée du voyage ou les incertitudes concernant la fin du voyage augmentent et l'insécurité du trafic le touche de façon supplémentaire. [8]

Depuis 1968, Longley [Longley, 1968] a révélé deux types de congestion :

- La congestion primaire, estimée par l'apparition de chaînes d'attente aux intersections à ou sans feux ;
- La congestion secondaire (indirecte), causée par l'altération d'autres intersections suivant la congestion primaire.

D'une manière générale, l'absence de la congestion est interprétée comme le niveau de la demande d'une zone de l'infrastructure routière pour lequel le trafic n'a pas des chaînes d'attente (queues) significatives. Il n'est pas exclu la présence de files d'attente courtes, formées à l'occasion, mais qui ne persistent pas en temps, ainsi que les pics temporaires du trafic qui ne dépassent pas la capacité du tronçon /intersection. [8]

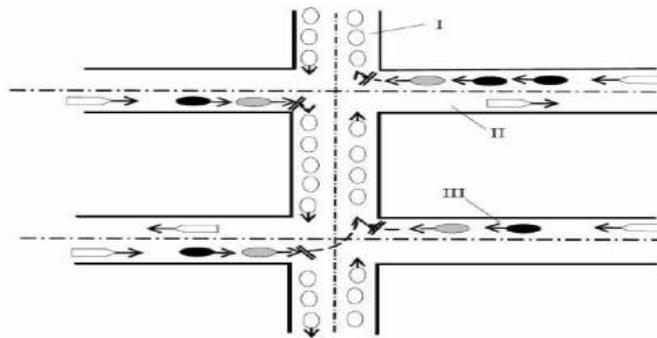


Figure 1. Les effets de la congestion (les incidences de la congestion du tronçon I sur les tronçons II et III). [8]

- Véhicules bloqués à partir de la congestion du tronçon I
- Véhicules qui, en raison du manque de place dans le tronçon I, ne peuvent pas déplacement Véhicules en mouvement.
- Véhicules bloqués à cause des véhicules en face qui ne peuvent pas continuer leur déplacement
- ▷ Véhicules en mouvement.

4.2. Conséquences de la congestion du trafic routier

Elles sont nombreuses et peuvent être classées en trois catégories : économiques, sociétales et environnementales.

4.2.1. Conséquences économiques

D'un point de vue économique, la congestion du trafic routier entraîne :

- Une perte de compétitivité d'une région, d'un pays ou d'un continent, du fait des congestions qui bloquent les artères de communication routière,
- Une perte de productivité, non seulement à cause des retards des personnes se rendant sur les lieux de leur travail, mais aussi en raison des livraisons tardives des approvisionnements ou des services rendus avec des retards importants voire annulés.

4.2.2. Conséquences sociétales

Les usagers de la route se plaignent amèrement des heures qu'ils perdent dans les embouteillages (plus de 1 milliard d'heures par an pour la France) parce qu'elles empiètent sur le temps qu'ils peuvent consacrer à leur travail et à leur famille. La congestion du trafic routier aura deux impacts importants sur :

- La qualité de vie des usagers, car les conducteurs soumis à des embouteillages fréquents sont sujet à des problèmes de stress, d'anxiété et d'énervement, entraînant un accroissement du risque d'accident,
- Le pouvoir d'achat des usagers, car la congestion du trafic a des conséquences directes sur l'augmentation de la consommation énergétique. Dans le contexte actuel d'envolée des prix du pétrole, ceci engendre une nette diminution du pouvoir d'achat des usagers.

4.2.3. Conséquences environnementales

Enfin, d'un point de vue environnemental, la congestion du trafic routier a un impact néfaste et négatif à cause de l'augmentation de la pollution qui engendre des coûts économiques et écologiques en croissance exponentielle. [8]

II.5. Pourquoi y a-t-il des bouchons sur les routes ?

Pour comprendre la congestion du trafic routier, il faut garder présent à l'esprit que c'est un phénomène qui survient lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon. Ces véhicules excédentaires seront à chaque instant plus nombreux qu'à l'instant

précédent. Comme chaque véhicule occupe une certaine longueur de voie, la longueur de la file d'attente ne fera que croître en proportion du nombre de véhicules présents dans cette file d'attente. On voit de ce qui précède que la congestion est un phénomène évolutif, à la fois dans le temps et dans l'espace. Or, en raison du caractère maillé de l'infrastructure, cet allongement de la file d'attente peut la conduire à atteindre des points de choix d'itinéraire, et ainsi congestionner des parties du réseau où circulent des véhicules qui n'utiliseront pas l'infrastructure à l'origine de la congestion. [8]

La première cause est tout simplement un volume de circulation supérieure à la capacité routière : les voitures sont trop nombreuses et le trafic s'arrête à chaque goulot d'étranglement (rétrécissement de la route, voies qui se rejoignent, croisements de routes). La circulation est à ce titre comparable à l'écoulement d'un Tl liquide dans un tuyau. En outre, le contexte de la mondialisation économique a largement contribué à l'augmentation des besoins en circulation des biens et des personnes. Cet accroissement en mobilité constitue une des causes principales d'apparition de plus en plus fréquente du phénomène de congestion.

La seconde cause est liée aux comportements des conducteurs. Quand les voitures sont proches les unes des autres, il suffit qu'un conducteur freine brutalement pour faire freiner en cascade tous les véhicules qui le suivent et propager ainsi un ralentissement, voire même un arrêt du trafic sur une certaine longueur. Quand le premier conducteur redémarre, de nouvelles voitures sont venues se s'agglutiner et le bouchon se déplace vers l'arrière comme une onde, par un effet de dominos. En outre, plusieurs évènements peuvent provoquer ou aggraver la congestion : accidents, travaux, voitures en panne, stationnements gênants, conditions météorologiques mauvaises, etc. [8]

II .6. Plans de gestion du trafic

6.1. Définition d'un PGT

Un Plan de Gestion du Trafic est élaboré pour : Faire face à des perturbations de circulation routière nécessitant une action coordonnée des acteurs participant à l'exploitation de la route (autorités, services de coordination et d'information, exploitants, forces de l'ordre) sur un axe ou un réseau déterminé.

Objectifs :

- Contribuer à la sécurité des usagers
- Limiter les effets de perturbations

6.2. Principe d'un PGT

Apporter des mesures d'exploitation appropriées à des scénarios de perturbation identifiés:

- Mesures de gestion du trafic : déviation, re-routage, ...
- Mesures d'information : Radio, PMV, ... En effet, deux méthodes de la commande vectorielle peuvent être distinguées.

Organiser la mise en œuvre des actions coordonnées entre les autorités et les exploitants de la route.

II.7. Contexte et applications

7.1. Les centres d'ingénierie et de gestion du trafic

Les réseaux routiers urbains sont gérés par des centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT). Le rôle de tels organismes, généralement attachés à une zone géographique bien particulière, est de coordonner au mieux les différents éléments routiers, et de faire face aux situations de la vie de tous les jours (travaux, accidents, gestion du trafic routier et des pics, etc.).

Les missions des CIGT sont multiples : recueillir les données en provenance directe des routes afin de remplir un rôle de superviseur et d'agir en cas de problème, gérer le trafic en cas d'imprévu, informer les usagers, assurer le suivi des événements et, d'une manière générale, s'assurer du maintien et du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements du réseau. Remarquons que dans les pays anglo-saxons, la gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines et est gérée par des organismes tels que l'Institut of transportation Engineers en charge des aspects suivants : caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, maintenance organisationnelle, administrative, matérielle.

7.2. Les intersections

Le champ d'application des STI en milieu urbain est très large : en premier lieu, ces derniers agissent sur les intersections, en se chargeant d'appliquer une stratégie de changement des feux de circulation. Cette gestion des feux va représenter 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, réseaux de neurones ou encore algorithmes génétiques), pratiques (exemple : mise en contexte avec placement de détecteurs), spécifiques (exemple :

étude de cas dans une résidence privée), technique (exemple : étude matérielle), et d'autres aspects qui seront abordés plus en détail dans les parties suivantes [7].

7.3. Les voies spéciales

Outre les intersections, les travaux insistent également sur la gestion des voies spéciales, où les transports en commun, taxi et pistes cyclables peuvent jouer un rôle important les auteurs discutent des possibilités existant afin de détecter les bus, et de leur céder ou non la priorité en conséquence. Particulièrement, les possibilités suivantes sont listées : détection par l'infrastructure, par un centre de contrôle via signal GPS, par coopération avec une boîte de contrôle (échange d'un paquet identifiant le véhicule).

7.4. Le stationnement

La gestion du stationnement est également primordiale et a une incidence directe sur la fluidité du trafic : il paraît logique de dire que l'utilisation de la voiture en milieu urbain repose en partie sur le fait de savoir si oui ou non une place est disponible sur le lieu d'arrivée. Il faut savoir qu'en moyenne en France par exemple, 10% des véhicules en circulation à un instant donné cherchent une place où se garer. Les STI vont aider à prendre des décisions, mais également informer les utilisateurs ou encore contrôler les véhicules.

A) Exemple, des détecteurs peuvent être utilisés afin de détecter la présence d'un véhicule sur une place, et calculer sa durée de stationnement. Ceci a été constaté dans la ville d'Amiens via des stationnements "minute" : une borne est associée à une place, et dès lors qu'un véhicule s'y gare, un compte à rebours se déclenche pour une durée déterminée. Si cette durée est dépassée, les agents de la voie publique sont automatiquement prévenus.

B) Nous pouvons également citer l'utilisation de panneaux à messages variables (PMV) pour les parkings, systèmes très répandus dans les grandes métropoles qui indiquent le nombre de places disponibles (ceci n'utilisant pas nécessairement des détecteurs, mais était généralement calculée en fonction des entrées / sorties dans le parking en lui-même).

7.5. Les ronds-points

Certains travaux abordent la gestion des ronds-points, en se basant sur les priorités existantes. Dans de nombreux pays, il est, par exemple, commun de donner la priorité aux usagers étant déjà à l'intérieur d'un rond-point.

Les auteurs utilisent la mécanique des fluides (à base de théorie des flots et des méthodes de gestion du trafic) afin d'étudier ce que pourrait donner une gestion des priorités différente. Ceci, en partant d'un rond-point à trois directions avec une seule voie, pour arriver à un modèle

généralisé à N directions de K voie. Les auteurs incorporent également des feux de circulation, afin de mesurer les avantages et inconvénients procurés par l'utilisation de ces derniers (par rapport à leur premier modèle). Ce qui en ressort apparaît comme une évidence : soit deux flots, chacun étant sur une voie respectivement au cœur du rond-point et sur les côtés, la priorité doit être donnée au flot de la plus grande importance afin d'obtenir une gestion optimale du trafic. Les feux quant à eux améliorent grandement la fluidité du trafic, mais uniquement en cas de débit suffisamment élevé.

Les auteurs utilisent la théorie des files d'attente autour de quelques modèles afin de calculer le temps moyen d'attente des utilisateurs pour chaque intersection, avant d'entrer dans un rond-point : une file correspond ici à un ensemble de voitures sur une voie. Le calcul est effectué en fonction ou non de la présence d'un feu de circulation à chaque intersection : obtention d'une information à destination d'une éventuelle station de contrôle, de l'usager (PMV), pour le réglage des dits-feux.

, les auteurs souhaitent gérer les flux de circulation d'un rond-point à l'aide de feux tricolores installés à des endroits stratégiques : les points où le croisement entre deux ensembles de véhicules est possible. Afin d'être efficaces, les auteurs proposent de baser le timing des feux en fonction d'une base de données historique, afin d'identifier les heures de pointe, et désactiver toute signalisation le reste du temps. Enfin, citons, où les auteurs proposent d'analyser trois approches afin de fluidifier le trafic dans les ronds-points : avec des signaux de ralentissement à l'arrivée, avec des feux de circulation à l'arrivée, et avec des feux de circulation à la fois à l'arrivée mais également à l'intérieur des ronds-points, lorsqu'un usager prend la voie de gauche. Il apparaît clair que la troisième méthode reste la plus efficace en cas de fort trafic, mais pas nécessairement dans les autres cas.

7.6. La sécurité

Concernant la sécurité routière, les STI ont une grosse carte à jouer, principalement autour de deux catégories. D'une part, les systèmes hors véhicules tels que les PMV vont permettre d'avertir l'utilisateur en cas de danger : vitesse d'un utilisateur trop élevée, conditions météo inadaptées, et travaux. Le but ici est d'influencer l'utilisateur. D'autre part, les systèmes sur-véhicule sont également nombreux et très développés : détection de piétons ou obstacles, capots intelligents capables de se soulever en cas d'impact avec un piéton, systèmes embarqués (exemple : appel des secours automatiques en cas de choc), régulateur de vitesse, vision nocturne (à l'aide de caméras), etc.

II.8. Règles de conception d'un carrefour

La conception d'un carrefour est un pas non linéaire qui nécessite bien souvent de nombreux allers et retours entre les esquisses de tracés géométriques et l'évaluation fonctionnelle de ces tracés. On peut citer dans ce travail quelques points de repère ainsi que les outils permettant d'évaluer un avant-projet de carrefour à feux. On y trouvera également les termes utilisés dans ce domaine. [8]

8.1 Fonctionnement à deux phases

À chaque phase de trafic, un temps pendant lequel aucun véhicule ne passe est inévitablement généré. Il se compose du temps nécessaire au démarrage (environ 1 seconde), du temps de jaune (3 secondes) et du temps de rouge de dégagement de la zone de conflit. Le fonctionnement à deux phases doit être le principe de base car il est plus simple et plus lisible pour l'utilisateur. De plus, les cycles courts permettent d'éviter le stockage d'un nombre important de véhicules tournant à gauche au milieu du carrefour [8]

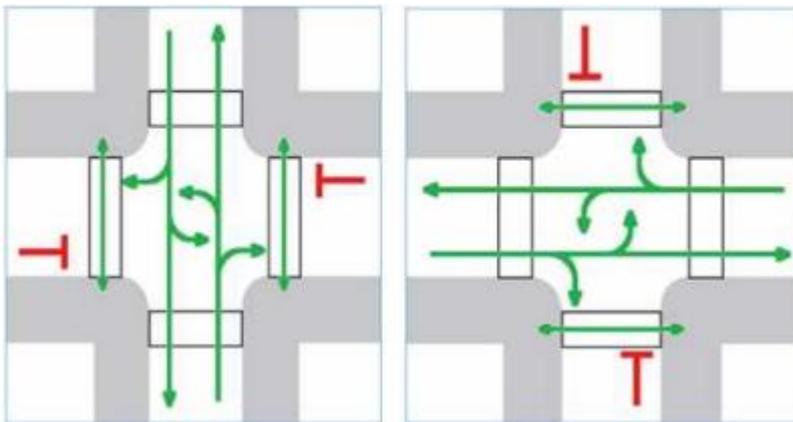


Figure 2 Carrefour en croix fonctionnant à deux phases. [8]

8.2 Types de carrefours

Le classement des carrefours en familles homogènes doit favoriser une collecte par les utilisations les plus nettes possibles, là encore l'image d'un carrefour aménagé doit renvoyer à un mode de fonctionnement facilement et rapidement compréhensible. Dans la pratique, un classement par grandes familles techniques de carrefours aménagés (suivant leur configuration et leur fonctionnement) répond bien à cette nécessité. ILS sont classés en fonction du nombre de branches.

- Carrefour en croix : c'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

- Carrefour en Y : c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principal est oblique (s'éloignant de la normal de plus de 20°).
- Carrefour en T : c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires, le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.
- Carrefour giratoire : c'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important. [8]

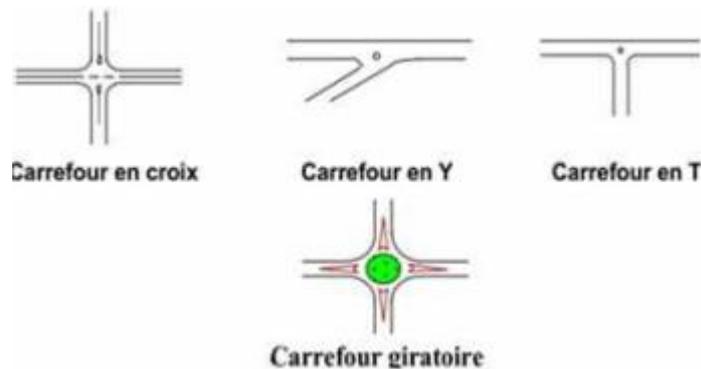


Figure 3 Types de carrefour [8]

8.3 Gestion d'un Carrefour à feux

Dans la rue, les usagers doivent réussir à cohabiter qu'ils soient piétons, cyclistes, motocyclistes ou automobilistes. La régulation du trafic doit permettre de minimiser les conflits générés par le partage d'un même espace tout en assurant le confort des déplacements et la sécurité des utilisateurs. Les carrefours sont les principaux générateurs de conflits notamment entre les piétons et les autres véhicules (voir Fig.4). La gestion du trafic par les feux permet de réduire les problèmes mais présente de nombreuses difficultés à surmonter : phasages des carrefours, optimisation des décalages par synchronisation des carrefours, de la durée des cycles et des verts. Les modèles adoptés doivent également pouvoir sur monter les problèmes de saturation du réseau. [8]



Figure 4 . Problème de la circulation au niveau du carrefour. [8]

Pour une bonne gestion d'un carrefour on doit prendre en considération :

- Les différents usagers et modes présents : véhicules légers, piétons (adultes, personnes à mobilité réduite, jeunes...), cyclistes, transports collectifs (TC), poids lourds (PL), transports exceptionnels...
- Les flux par mouvements directionnels (tout droit, tourne à droite, tourne à gauche ...) notamment aux heures de pointe ;
- Les vitesses d'approche du carrefour ;
- L'exploitation du carrefour existant et des carrefours amont et aval ;
- L'emprise disponible, les possibilités d'extension ;
- Les dysfonctionnements, le comportement des usagers, les pratiques locales des usagers riverains du carrefour, y compris en matière de stationnement (par observations sur le site) ;
- La nature du tissu urbain environnant ;
- L'insécurité routière (accidents corporels survenus les cinq dernières années) ;
- La place et le rôle du carrefour dans la hiérarchie du réseau de voirie afférent...etc. [8]

8.4 Carrefour à feux intelligents

Le carrefour Intelligent développe des fonctions de gestion des carrefours à feux dans les domaines de la surveillance, de la régulation et du diagnostic (voir Figure1-6). Il aborde les différents aspects qui sont la fluidité, la sécurité, l'environnement. Il dispose d'un laboratoire connecté à un carrefour instrumenté pour développer, tester et évaluer ses outils en vraie grandeur. Les équipements de détection utilisés peuvent être des capteurs enterrés comme boucles magnétiques (destinées à repérer tout passage d'objets métalliques), des capteurs à infrarouge...etc. et des capteurs aériens comme le radar infrarouge, le radar microondes, la caméra CCTV. [8]



Figure 5 Les fonctions d'un carrefour intelligent.[8]

8.5 Caractéristiques du carrefour à feux

Les carrefours sont les lieux de croisement d'au moins deux routes où un flux de véhicules venant d'une même origine se divise en deux ou plusieurs flux vers plusieurs destinations suivant des coefficients appelés taux des mouvements tournants. Un tel croisement peut revêtir de nombreuses formes. Une route est caractérisée par sa longueur et son nombre de voix ainsi que le sens de la circulation et la vitesse maximale autorisée sur les voies.

Le caractère conventionnel de la signalisation lumineuse concerne les couleurs à utiliser mais également leur ordre de succession d'apparition. En effet, l'allumage des feux est séquentiel, c'est-à-dire astreint à une procédure ordonnée, en l'occurrence la séquence vert-jaune-rouge. Un vocabulaire technique commun, désignant le fonctionnement de la signalisation tricolore, est également utilisé par l'ensemble de la communauté des ingénieurs concernés par le domaine :

- L'état des feux : le signal lumineux commandant le passage libre (feu vert), toléré (feu orange) ou interdit (feu rouge) du trafic des véhicules ;

- Une phase : la durée pendant laquelle une feu passe par les trois états, c'est-à-dire effectue une séquence de signal lumineux ;
- Un cycle : la période pendant laquelle l'ensemble des feux effectuent leur phase permettant successivement l'admission de tous les courants de véhicules dans ce carrefour
- Un plan de feux : la durée et l'ordre de déroulement de l'allumage des trois états, pendant un cycle, de l'ensemble des groupes de feux ; un même carrefour peut suivre alternativement plusieurs plans de feux. [8]

8.6. Domaines d'emploi

L'emploi des feux de circulation a pour but d'assurer la sécurité des piétons et des usagers des véhicules et d'améliorer la fluidité de la circulation. On peut citer comme exemples d'emploi :

- La gestion du trafic aux intersections ;
- La traversée des piétons ;
- L'exploitation par sens uniques alternés d'une section où le croisement est impossible ou dangereux (ouvrage d'art étroit, etc.) ;
- L'affectation de certaines voies d'une chaussée à un sens de circulation en fonction des besoins, ou leur condamnation momentanée ;
- Le contrôle d'accès à certaines voies rapides ;
- La gestion d'un point de contrôle des personnes ou des véhicules nécessitant leur arrêt (péage) ;
- La protection d'obstacles intermittents (passages à niveau, traversées de voies exclusivement réservées aux véhicules des services réguliers de transport en commun, ponts mobiles, passages d'avions, avalanches, etc.). [8]

8.7. La réglementation routière

Le fonctionnement d'un carrefour à feux doit respecter la réglementation décrite dans l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (lien). Le maître mot dans le fonctionnement d'un carrefour à feux est la sécurité. Ce critère essentiel se traduit notamment par des temps de feu minimum, en particulier pour permettre aux piétons de traverser sans encombre. Des minimas et des maximas sont ainsi définis. Si les minimas sont toujours respectés, on observe sur le terrain que les maximas sont parfois transgressés.

8.8. La simplicité du carrefour

Le fonctionnement du carrefour doit être le plus compréhensible possible, et donc le plus simple afin que les usagers ne se trompent pas dans l'utilisation du carrefour.

Le fonctionnement de tout carrefour à feux implique également un minimum incompressible de temps perdu. Ainsi, le rouge de dégagement qui conserve une période tampon entre deux phases, à la fois pour permettre au carrefour de se vider mais aussi pour conserver des marges de sécurité, ou encore le temps de redémarrage des véhicules au vert font couramment perdre 4 à 8 secondes par cycle. Il est donc impératif de conserver un nombre de phases le plus réduit possible pour limiter les pertes de temps. [8]

II.9. Description du matériel

Le carrefour à contrôler possède deux voies (nord-sud, est-ouest) protégées par des feux tricolores et un passage pour piétons. Chacune des voies possède un dispositif de détection de véhicule. Le passage pour piétons comporte un dispositif de demande de passage.

La manipulation nécessite un bouton droit et un autre Gauche pour les piétons. Le feu de carrefour est émulé par un applet (Trafic Lights) qui met à disposition une méthode pour modifier l'état des feux et un détecteur inductif pour le comptage des voitures qui passent dans le carrefour plus les deux boutons de demande de passage.

L'outil GRAFCET purement séquentiel représente tous les états possibles pour la gestion proposée. [8]

9.1. Signaux lumineux d'intersection

Les signaux lumineux d'intersection forment une première famille de signaux. Ils comprennent neuf grands types de signaux, R11 à R19. [8]

R11 : signal tricolore circulaire

Il est normalement composé de trois feux circulaires verts, jaune, rouge (R11 v) : voire **fig6**. Exceptionnellement, et sous réserve d'une étude le justifiant, le vert peut être remplacé par du

jaune clignotant (R11 j).



Figure 6 Signal tricolore circulaire. [8]

R12 : signal piéton II est constitué de deux feux vert et rouge, normalement disposés dans cet ordre de droite à gauche ; éventuellement ils peuvent être disposés l'un au-dessus de l'autre, le vert en bas. [8]



Figure 7 Signal piéton [8]

R13 : signaux tricolores modaux

Ils sont composés de trois feux verts, jaunes, rouges, dans cet ordre de bas en haut, munis chacun d'un même pictogramme.

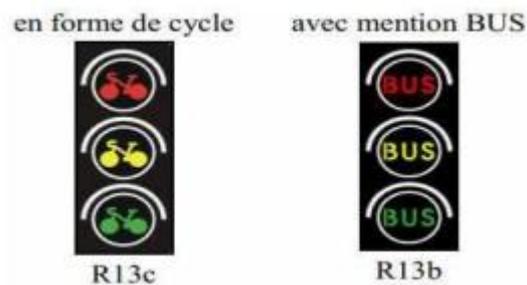


Figure 8 Signaux tricolores modaux. [8]

R14 : signaux tricolores directionnels

Ils sont destinés chacun à l'ensemble des véhicules qui ont pour destination la direction indiquée par la flèche, ou l'une des directions indiquées. En aucun cas le feu vert ne peut être remplacé par un feu jaune clignotant. [8]

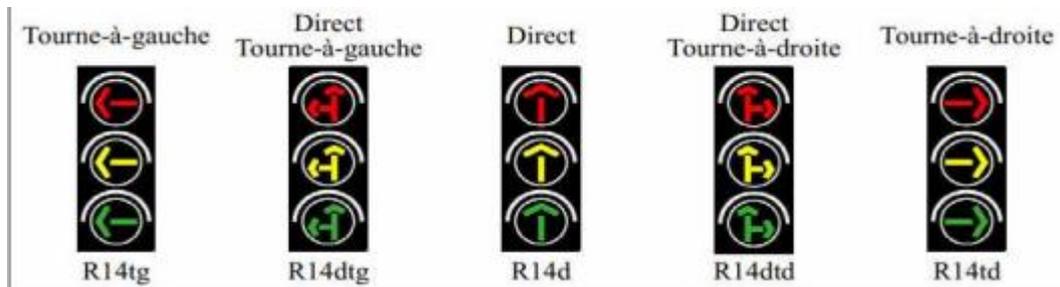


Figure 9 Signaux tricolores directionnels.[8]

R15 : signaux d'anticipation modaux [8]

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires du type R11 v (vert sur le feu du bas). Ils sont munis d'un pictogramme.

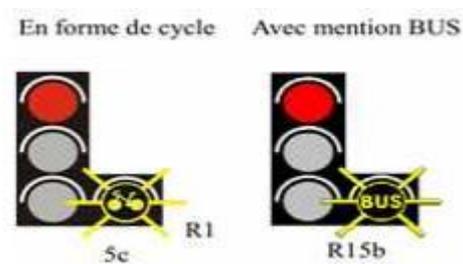


Figure 10 Signaux d'anticipation modaux. [8]

R16 : signaux d'anticipation directionnels

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires R11 v (vert sur le feu du

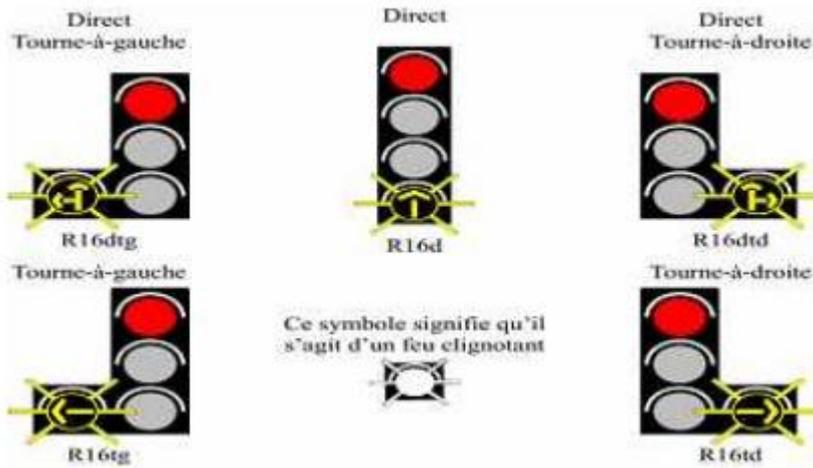


Figure 11 Signaux d'anticipation directionnels. [8]

R17 : signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun

Il est composé de trois feux blancs présentant. De bas en haut, une barre verticale, un disque et une barre horizontale, sur fond noir circulaire. Le feu central comportant le disque peut être clignotant. [8]



Figure 12 Signal pour véhicules des services réguliers de transport en commun.[8]

R18 : signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun

Ils sont composés comme le signal R17, à l'exception de la barre du feu inférieur qui est inclinée à gauche ou à droite. Ils s'adressent exclusivement aux véhicules des services réguliers de transport en commun qui ont pour destination la direction indiquée par la barre du feu inférieur.

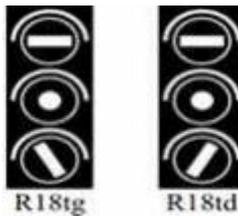


Figure 13 Signaux directionnels pour véhicules des services réguliers de transport en commun. [8]

R19 : signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles

Ils sont composés d'un feu jaune clignotant munis de deux pictogrammes et sont obligatoirement associés à un ensemble de feux tricolores circulaires dont le feu du bas est vert. Ils autorisent les cycles à ne pas marquer l'arrêt au feu pour s'engager dans la direction indiquée.

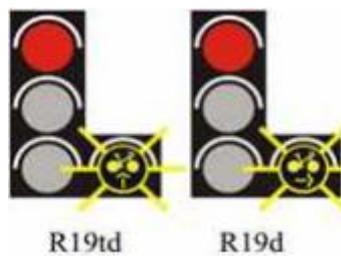


Figure 14 Signaux d'autorisation conditionnelle de franchissement pour cycles [8]

9.2. Les nouvelles problématiques

L'application des nouvelles technologies de l'information et de la communication ce type d'équipement représente une réelle opportunité. Les séquences habituellement utilisées ne sont pas toujours en adéquation avec la nature temps-réel du trafic routier.

De plus, la présence de plusieurs feux de circulation successive peut rapidement devenir inefficace si l'automobiliste doit s'y arrêter à chaque fois. Comme le montre, la gestion intelligente des feux de circulation est au cœur de nombreuses problématiques STI et est capable de fluidifier le trafic routier, en plus de servir indirectement l'environnement.

Qu'il s'agisse de routes, d'intersections, de feux de circulation ou de simples places de stationnement, l'infrastructure routière urbaine est aujourd'hui devenu comparable à un

véritable réseau de communication. L'utilisation de systèmes de transports intelligents pour gérer cette infrastructure rend ce parallèle d'autant plus intéressant. [8]

Ainsi, si rendre l'infrastructure routière intelligente est un objectif développé depuis bien des années, il nous faut aujourd'hui intégrer les problématiques propres aux liaisons entre les différents équipements. [8]

Actuellement, en France, les réseaux routiers urbains sont en majorité gérés par des centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT). Le rôle de tels organismes, généralement responsables d'une zone géographique bien particulière, est de coordonner au mieux les différents éléments routiers, et de faire face aux situations quotidiennes (travaux, accidents, gestion du trafic routier et des pics d'affluence, etc.).

Ces centres, instaurés à la fin des années 1990 en France, possèdent généralement un poste de contrôle (PC) permettant l'exploitation d'un ensemble de technologies placées sur le terrain. Ces systèmes sont au centre d'une infrastructure urbaine. Citons par exemple le PC Lutèce situé au cœur de Paris, qui est relié à plus de 1 800 feux de circulation. Les missions des CIGT sont multiples : recueillir les données en provenance des véhicules, usagers et routes afin de remplir un rôle de superviseur et d'agir en cas de problème, gérer le trafic en cas d'imprévu ou encore informer les usagers.

Remarquons que dans les pays anglo-saxons, la gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines qui sont gérés par des organismes tels que l'Institut of Transportation Engineering en charge des aspects suivants :

Caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, son maintenance : organisationnelle, administrative et matérielle.

Le développement des villes intelligentes nous impose toutefois d'acquérir des informations en temps-réel sur l'infrastructure routière.

Nous sommes en droit de nous poser deux questions fondamentales. Tout d'abord, cette volonté de centralisation est-elle un frein pour le développement des transports intelligents ? Ensuite, quels mécanismes pouvons-nous proposer afin de rendre certaines composantes du système autonomes ?. [8]

II.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu la gestion du trafic est généralement divisée en plusieurs domaines qui sont gérés par des solutions différentes, les caractéristiques du trafic, planification des transports, conception des infrastructures, contrôle, et maintenance : organisationnelle, administrative et matérielle....

Par la suite nous avons présenté le problème de régulation dans les carrefours à véhicules autonomes ce qui nous amène à un problème d'optimisation de passage de véhicules. D'autre part, La problématique posée par le trafic et de plus en plus complexe, ce qui impose d'intervenir en permanence et de trouver toujours des solutions efficaces pour remédier à ce problème. Cela nous donne d'autres possibilités pour améliorer la situation du trafic de manière beaucoup plus efficace.

Chapitre III :

Planification de la circulation routière

III.1. Introduction

La fréquentation des routes n'explique pas à elle seule ces bouchons. Tenir un tel langage, c'est faire fausse route. C'est un argument erroné et non valable. A mon avis, les causes de ces embouteillages sont nombreuses et multiples, et parmi celles-ci, les stationnements. Les problèmes de circulation tiennent à une mauvaise planification urbaine.

III.2. Planification

Planifier pour une exécution sécuritaire et une réduction des impacts Pour réaliser des projets sécuritaires et efficaces, une bonne planification est essentielle. La planification permet d'énoncer les grandes lignes de l'ensemble du projet ou des travaux et d'élaborer un plan qui tient compte de l'objectif : la sécurité des travailleurs et des usagers de la route lors de l'exécution des interventions sur la voie routière et la réduction des inconvénients liés à ces interventions. Le travail sur ou en bordure des voies routières présente des conditions de circulation inhabituelles et particulières et est, par conséquent, l'objet de nombreux accidents. La signalisation à l'approche et aux abords des chantiers routiers est le mode d'emploi de la route qui permet aux usagers de bien négocier le parcours, d'y circuler en toute sécurité et, bien entendu, de protéger le travailleur œuvrant sur ces chantiers. Par contre, la signalisation des travaux est un des moyens pour protéger les travailleurs et usagers et elle ne suffit pas à elle seule à rendre le projet sécuritaire et efficace. Voici d'autres actions qui devront s'y combiner, lorsqu'applicables

III.3. Travaux connexes :

Au cours des dernières décennies, le trafic routier a considérablement augmenté en raison du grand nombre de véhicules observés aux heures de pointe les heures. Les goulots d'étranglement et les problèmes de sécurité routière sont devenus préoccupation particulière pour les constructeurs automobiles et les gouvernements. En raison de ces craintes et problèmes de circulation routière imprévus, les chercheurs ont concentré leurs efforts sur l'amélioration de la circulation flux et a proposé plusieurs algorithmes pour absorber la congestion et optimiser l'utilisation des infrastructures routières existantes. Politiques de lutte contre la pollution,

sécurité routière et accidents la prévention sont quelques-uns des aspects à considérer lors modélisation d'algorithmes de guidage et de systèmes de navigation pour Véhicules.

Dans, [1] la recherche axée sur l'installation des capteurs qui informent les usagers sur les conditions de circulation en temps réel. Une ville faite de capteurs mesurant le trafic rend le trafic plus efficace et rend la ville moins polluée. La modélisation de la ville avec une orientation graphe $G = (S, E, v)$ dont les nœuds routiers sont les sommets S et les routes sont des arcs A le modèle est basé sur une architecture multi-agents où les agents sont des systèmes de résolution locaux représentant capteurs installés sur les chaussées par L'utilisation du SUMO.

Ce travail Optimiser l'attribution des tâches et gagner, Le temps d'exécution est jusqu'à 10 fois supérieur à Algorithme Round Robin et plus pour la randomisation. De même, pour le problème de planification du trafic routier, qui est Tout comme le planificateur de tâches comme nous l'avons déjà vu, L'utilisation d'ACO est très prometteuse et permettra d'obtenir de très bons résultats. Enfin, le problème de l'emballage sera maîtrisé et diluer.

Dans, [2] proposent trois protocoles de synchronisation pour optimiser le contrôle des feux de circulation aux intersections signalisées :

L'ICANP interrompt d'abord le temps vert assigné aux phases des véhicules réguliers à l'arrivée des véhicules de négociation pour les dépasser rapidement à l'intersection signalisée

L'ICANP réalise des améliorations significatives en termes de temps d'attente pour la négociation des véhicules. Il diminue la temps d'attente total à chaque feu de 65 % par rapport au circulaire, et est 42% meilleur que IT LC.

Deuxièmement, introduisez également la négociation Protocole basé sur la réputation (NPBR) Ce protocole vise à minimiser l'effet de congestion des véhicules entrants malhonnêtes. Il utilise la réputation des conducteurs pour calculer le volume de véhicules malhonnêtes

NPBR réduit de 45% le temps d'attente pour la négociation des véhicules par rapport à l'ICANP, et par 64% par rapport à ITLC.

Troisièmement, proposer un protocole de priorité sensible au contexte intelligent (ICAPP). Le dernier Considère les véhicules prioritaires qui ont la réputation la plus lourde. L'ICAPP leur permet de traverser l'intersection sans Négociation

ICAPP réduit de 32% l'attente temps pour les véhicules prioritaires par rapport à CATLS.

Dans, [3] Cette étude propose un système TSC optimal (nouvel algorithme QL) pour maximiser le nombre des véhicules traversant une intersection et équilibre les signaux entre les routes en utilisant Q-learning (QL). Des simulateurs de trafic routier ont été proposés tels que SUMO.

Le principal avantage de cette étude est qu'elle a une structure QL qui peut être appliquée à diverses intersections. La performance a été analysée à quatre intersections différentes à n voies l'algorithme proposé applique l'écart type des longueurs de file d'attente pour calcul des récompenses

Dans, [4] Les cotisations du papier est la suivante :

1. Un système de contrôle dynamique de la congestion grâce à l'utilisation de divers types de relations pour augmenter le taux de dépassement et permet la fluidité du trafic.
2. Maximiser le flux de trafic non conflictuel en le structurant dynamiquement.
3. Maximiser le débit pour contrôler les feux de circulation et augmenter le nombre de flux.

Simulation du cadre grâce à un logiciel de simulation de trafic appelé Simulation of Urban Mobility (SUMO), qui est un simulateur de trafic persistant, microscopique et multimodal. Il produit diverses demandes de trafic consistant de véhicules circulant sur un réseau routier donné. Nous générons des demandes de trafic avec des panneaux de signalisation de contrôle via. Le trafic Protocole d'interface de contrôle (TraCI). Six types de véhicules, voiture, bus, camion, fourgon de police, ambulance sont supposés. Une intersection composée de six segments de route est simulée, les mouvements du véhicule ici sont à droite uniquement, tout droit à droite, aller tout droit, tout droit à gauche, de part en part et en diagonale à gauche. Le protocole TRaCI est inclus dans un programme python pour faciliter le mouvement global du trafic, et d'interagir avec SUMO.

Dans, [5] Tout d'abord, effectué une analyse comparative de 7 différents modèles de régression pour savoir quel modèle donne la meilleure précision, en quel Perceptron multicouche a donné le meilleur résultat.

En deuxième, un cadre utilisant des modèles de régression dans lequel la première régression

Le résultat du modèle est amplifié à l'aide de la méthode d'ensemble d'amplification et est transmis au prochain modèle de régression qui montre que le cadre proposé donne des résultats

plus satisfaisants que les 7 modèles de régression ci-dessus. Le langage utilisé pour cette expérience était Python 3.7

Les résultats expérimentaux montrent l'efficacité du cadre proposé, qui réduit le taux d'erreur de 2,47 %.

Dans, [6] L'approche proposée dans ce travail consiste à segmenter le problème en deux sous-problèmes, dont le Premier consiste à calculer volume de trafic à l'aide de classificateurs sous l'objet Viola Jones Système de détection. Utilisation des bibliothèques OpenCV en C/C++ environnement, une estimation du volume de trafic en temps réel a été obtenue. Contrairement à d'autres bibliothèques, OpenCV a été sélectionné pour le temps-des performances efficaces et fiables dans des projets en temps réel.

Le deuxième sous-enjeu comprenait l'élaboration d'un système de contrôle Algorithme pour surmonter les embouteillages.

A. Acquisition de flux vidéo :

L'algorithme de contrôle est destiné à contrôler les intersections d'approche à 4 et 2 voies. Cela comprend la prise de données vidéo à partir de diverses caméras et la manipulation de l'entrée par des filtres et des algorithmes appropriés.

B. Pré-traitement de la vidéo :

Le traitement vidéo est réalisé par les essais répétés des techniques de traitement d'image aux images vidéo. Flux vidéo provenant de diverses caméras sont collectées et analysées

C. Reconnaissance d'objet :

Le classificateur pour l'identification des objets, qui dans ce cas sont des véhicules, a été créé à l'aide du kit de développement Open CV.

D. Extraction de données :

L'extraction de données fait référence à l'acquisition de données/informations les plus adaptées à nos spécifications à partir de flux vidéo prétraités.

E. Algorithme de contrôle du trafic :

L'algorithme de contrôle est chargé de contrôler le trafic à l'intersection lorsqu'il reçoit des données.

III.4. Comparaison des travaux connexe :

Article	Année	Contribution	Avantage	Travaux futurs	utilisé Logiciel
[1]	2019	Installer des capteurs qui informent les usagers sur les conditions de circulation en temps réel. Une ville faite de capteurs mesurant le trafic rend le trafic plus efficace et rend la ville moins polluée. La modélisation de la ville avec une orientation Graphe $G = (S, E, v)$ dont les nœuds routiers sont les sommets S et les routes sont des arcs A . Le modèle est basé sur une architecture multi-agents où les agents sont des systèmes de résolution locaux représentant capteurs installés sur les chaussées.	Optimiser l'attribution des tâches et gagner Le temps d'exécution est jusqu'à 10 fois supérieur à l'Algorithme Round Robin et plus pour la randomisation. De même, pour le problème de planification du trafic routier, qui est tout comme le planificateur de tâches comme nous l'avons déjà vu, l'utilisation d'ACO est très prometteuse et permettra d'obtenir de très bons résultats. Enfin, le problème de l'emballage sera maîtrisé et diluer.	Développement du trafic Simulation pour tester cet algorithme et tirer des conclusions. Aussi Compléter le travail afin de comparer ce qui a été obtenu Résultats avec d'autres méthodes pour réduire le nombre d'heures Perdu dans les embouteillages, réduisant ainsi les problèmes de santé A cause de la pollution atmosphérique locale.	SUMMO
[2]	2021	Apport est double. Tout d'abord, effectué une analyse comparative de 7 différents Modèles de régression pour savoir quel modèle donne la meilleure précision, en quel Perceptron multicouche a donné le meilleur résultat. Deuxièmement, un cadre utilisant des modèles de régression dans lequel la première régression Le résultat du modèle est amplifié à l'aide de la méthode d'ensemble d'amplification et est transmis au prochain modèle de régression qui montre que le cadre proposé donne des résultats plus satisfaisants que les 7 modèles de régression ci-dessus.	Les résultats expérimentaux montrent l'efficacité du cadre proposé, qui réduit le taux d'erreur de 2,47 %.	Inclure des dimensions expérimentales plus complètes dans les recherches futures.	Python 3.7.
[3]	2021	A. Acquisition de flux vidéo : L'algorithme de contrôle est destiné à contrôler les intersections d'approche à 4 et 2 voies. Cela comprend la prise de données vidéo à partir de diverses caméras et la manipulation de l'entrée par des filtres et des algorithmes appropriés. B. Pré-traitement de la vidéo : Le traitement vidéo est réalisé par les essais répétés des techniques de traitement d'image aux images vidéo. Flux vidéo provenant de diverses caméras sont collectées et analysées C. Reconnaissance d'objet : Le classificateur pour l'identification des objets, qui dans ce cas sont des véhicules, a été créé à l'aide du kit de développement Open CV. D. Extraction de données : L'extraction de données fait référence à l'acquisition de données/informations les plus adaptées à nos spécifications à partir de flux vidéo prétraités. E. Algorithme de contrôle du trafic : L'algorithme de contrôle est chargé de contrôler le trafic à l'intersection lorsqu'il reçoit des données.	Résoudre la congestion pour 100 véhicules est de 105 secondes, ce qui est très inférieur aux approches traditionnelles. Il est noté que L'algorithme suggéré résout la congestion dans un délai plus court laps de temps. Le système ATCS aide également à réduire le niveau de bruit et de pollution de l'air, ce qui entraîne une faible consommation de carburant la consommation aussi		Utilisation des bibliothèques OpenCV dans l'environnement C/C++,
[4]	2020	Effectué une analyse comparative de différents articles. Cette étude propose un système TSC optimal (nouvel algorithme QL) pour maximiser le nombre des véhicules traversant une intersection et équilibre les signaux entre les routes en utilisant Q-learning (QL)	Le principal avantage de cette étude est qu'elle a une structure QL qui peut être appliquée à diverses intersections. La performance a été analysée à quatre intersections différentes à n voies l'algorithme proposé applique l'écart type des longueurs de file d'attente pour calcul des récompenses	coopération entre les carrefours Adjacentes les unes aux autres. Comme plusieurs intersections d'une ville sont interconnectées, la charge de trafic d'une intersection affecte toutes les intersections voisines. Carrefours. Nous pouvons contrôler le feu de circulation plus efficacement en partage d'informations entre les intersections qu'en utilisant uniquement des informations locales. La phase suivante nécessite un système pour contrôler l'intersection par la communication avec les intersections adjacentes [21–24]	SUMMO

[5]	2019	<p>Étudiez quelques articles</p> <p>Trouver des lacunes dans les solutions proposées précédemment proposent trois protocoles de synchronisation pour optimiser le contrôle des feux de circulation aux intersections signalisées :</p> <p>L'ICANP interrompt d'abord le temps vert assigné aux phases des véhicules réguliers à l'arrivée des véhicules de négociation pour les dépasser rapidement à l'intersection signalisée</p> <p>Deuxièmement, introduisez également la négociation Protocole basé sur la réputation (NPBR). Ce protocole vise à minimiser l'effet de congestion des véhicules entrants malhonnêtes. Il utilise la réputation des conducteurs pour calculer le volume de véhicules malhonnêtes</p> <p>Troisièmement, proposer un protocole de priorité sensible au contexte intelligent (ICAPP). Le dernier Considère les véhicules prioritaires qui ont la réputation la plus lourde.</p> <p>L'ICAPP leur permet de traverser l'intersection sans Négociation</p>	<p>1. L'ICANP réalise des améliorations significatives en termes d'attente pour la négociation des véhicules. Il diminue le temps d'attente total à chaque feu de 65 % par rapport au circulaire, et est 42% meilleur que IT LC.</p> <p>2. NPBR réduit de 45% le temps d'attente pour la négociation des véhicules par rapport à l'ICANP, et par 64% par rapport à ITLC.</p> <p>3. ICAPP réduit de 32% l'attente temps pour les véhicules prioritaires par rapport à CATLS.</p> <p>4. Le protocole proposé réalise des améliorations significatives suivant l'indicateur de pollution CO2 par rapport à la circulaire. ICANP avec VD = 0% réduit de 47% les émissions de CO2 par rapport à ICANP avec VD = 40 %. Cependant, le NPBR réduit de 35% le CO2 émission .</p>	<p>Étendre l'étude des villes à grande échelle sous différents types de topologie de réseau et de densité de trafic. De plus, étudier d'autres techniques d'optimisation ainsi que d'autres métaheuristiques hybrides pour résoudre le problème de congestion. Par exemple, PSO (Particle Swarm Optimization) et NSGA (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm) pourraient être de bonnes solutions alternatives pour améliorer la fiabilité de la résolution du problème. Enfin, examen de l'intégrité des messages L2LCR entre les feux de circulation des intersections isolées et voisines .</p>	<p>OpenStreetMap (OSM) JDK Java —8u45</p>
[6]	2020	<p>1. Un système de contrôle dynamique de la congestion grâce à l'utilisation de divers types de relations pour augmenter le dépassement et permet la fluidité du trafic.</p> <p>2. Maximiser le flux de trafic non conflictuel en le structurant dynamiquement.</p> <p>3. Maximiser le débit pour contrôler les feux de circulation et augmenter le nombre de flux.</p>	<p>Notez que le temps de trajet total du plan proposé est encore réduit de Utilisation de différents types de relations entre véhicules et passagers</p>		<p>SUMMO python</p>

Tableau 2. Des travaux connexes

III.5. Analyse et discussion

Après avoir analysé les travaux antérieurs liés au problème de la congestion du trafic, nous faisons ressortir les remarques suivantes :

- La portée et le problème du trafic massif sont très larges et comprennent de nombreuses causes et problèmes
- De nombreux chercheurs se sont immergés dans ce domaine, chacun avec sa propre méthode et ses propres techniques
- La plupart des solutions proposées au problème du trafic routier sont faibles en termes d'amélioration du temps d'attente dans la file d'attente. Ces stratégies visent soit à réduire le retard moyen par véhicule, soit à réduire la longueur de la file d'attente.

III.6. Conclusion

Cette partie est dédiée à la présentation des solutions des chercheurs qui s'offrent à nous pour réaliser une planification fiable.

Dans la partie suivante on verra notre propre solution pour optimiser le problème de planification de circulation routière

Chapitre IV :

Méthodes et techniques de travail

IV.1. Introduction

Dans les trois premiers chapitres, nous présentons l'essentiel des notions de base sur la circulation routière et leur planification et gestion dans les villes intelligentes.

En s'appuyant sur quelques travaux de la littérature qui traitent le problème de circulation routière, différentes approches sont suivies en se basant sur la minimisation de temps d'attente, les techniques de vie artificielle, Q-Learning, à l'aide des données sur la pollution de l'air et l'ordonnement des tâches

Chapitre est consacré à l'explication de notre principale contribution et à la modélisation de notre système. Suite à la présentation de notre contribution, nous détaillerons les éléments de conception de l'approche proposée en définissant chaque modèle. Enfin, l'approche UML est employée pour présenter les fonctionnalités du notre système.

IV.2. Notre contribution

La congestion routière devient un problème sérieux avec un grand nombre de voitures sur les routes. La longueur de la file d'attente des véhicules en attente de traitement à l'intersection augmente fortement avec l'augmentation du flux de trafic, et les feux de circulation traditionnels ne peuvent pas le programmer efficacement. Les systèmes de feux de circulation conventionnels fonctionnent sur un mécanisme de synchronisation qui modifie les signaux lumineux après un intervalle donné. Cette technique est utilisée lorsque les routes sont à peu près libres. Un système intelligent de feux de circulation détecte la présence, estime le niveau de trafic et réagit en conséquence. L'idée derrière les systèmes de circulation intelligents est que les conducteurs ne passeront pas de temps inutile à attendre que les feux de circulation changent de signal alors que les voies sont libres de circuler. Un système de trafic intelligent détecte le trafic de différentes manières.

Dans ce travail, nous développons un simulateur où une grille de rues composée de feux de circulation sur des intersections similaires à celles des grandes villes est construite et la circulation des voitures à travers la grille est optimisée en développant des algorithmes pour la

manière dont les feux de circulation changent leur état. Le flux de circulation des voitures sur la grille est optimisé par l'élaboration d'algorithmes d'ordonnancement pour la manière dont les feux de circulation changent leur état. Les apports du papier sont les suivants :

1. Un système de contrôle dynamique de la congestion grâce à l'utilisation de différents types de relations pour augmenter le taux de circulation des véhicules et permettre la fluidité du trafic.
2. Maximiser le flux pour contrôler les feux de circulation et augmenter le nombre de flux.
3. Comparaison des modèles proposés

IV.3. Problématique

Considérons le problème de l'amélioration du contrôle des feux de circulation aux intersections afin de réduire les retards de la circulation. Il est important de gérer simultanément plusieurs véhicules aux intersections pour réduire les retards de circulation. De plus, une répartition équitable des signaux est requise. Placer des panneaux uniquement sur les côtés à fort trafic peut donner de bons résultats, mais cela ne tiendra pas compte des temps d'attente des conducteurs de l'autre côté de la route. Un paramètre qui peut représenter une répartition équitable du signal est l'écart type des longueurs de file d'attente. La longueur de la file d'attente fait référence au nombre de véhicules qui attendent d'un côté de la route. Une petite valeur de l'écart type des longueurs de file d'attente signifie que le trafic est le même à tous égards. Cela signifie que le signal est uniformément distribué.

IV.4. Objectifs

Le débit maximal et le taux d'attente moyen minimal sont retenus comme objectifs pour un meilleur contrôle des feux de circulation dans des conditions de congestion.

Résultant du trafic organisé, réduire les embouteillages et éviter les accidents de la circulation ou réduire l'ampleur de leurs pertes

IV.5. Modèle proposé

Un diagramme de classe est l'un des diagrammes UML utilisé pour représenter l'aspect statique d'un système. Il est composé d'un ensemble de classes et d'associations entre elles.

La classe est représentée par un rectangle contenant le nom, les attributs et les opérations. Les associations peuvent être simples, multiples, avec attributs, composition, agrégation et héritage.

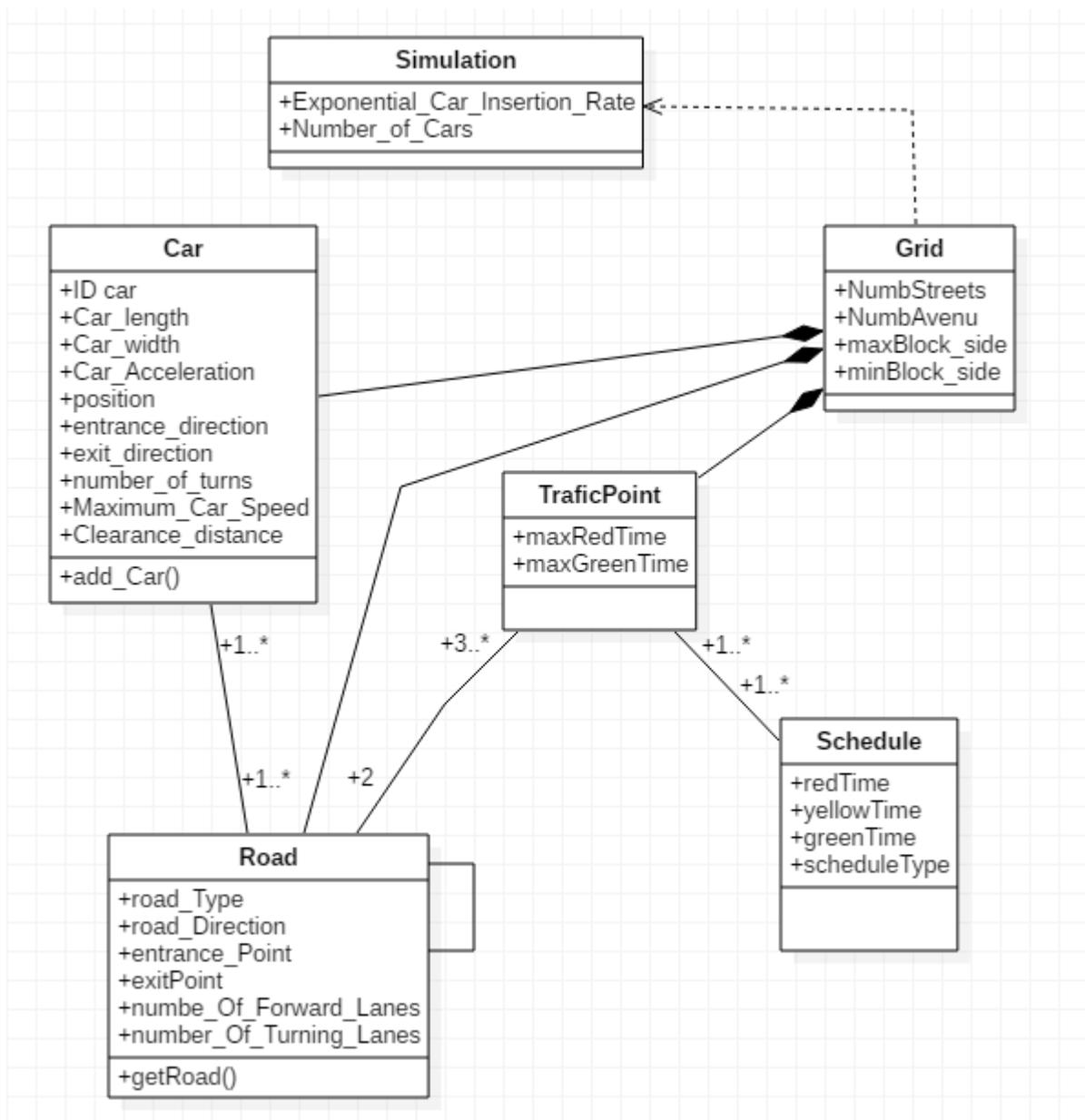


Figure 15. Diagramme de class

Figure15. Ce diagramme contient 6 classes : simulation, Grid, Car, TrafficPoint, Road, Schedule

Il est impossible de se passer de la classe de simulation, qui est le point de départ de nos simulations. Elle est caractérisée par ces attributs : Exponential_Car_Insertion_Rate et Number_of_Cars

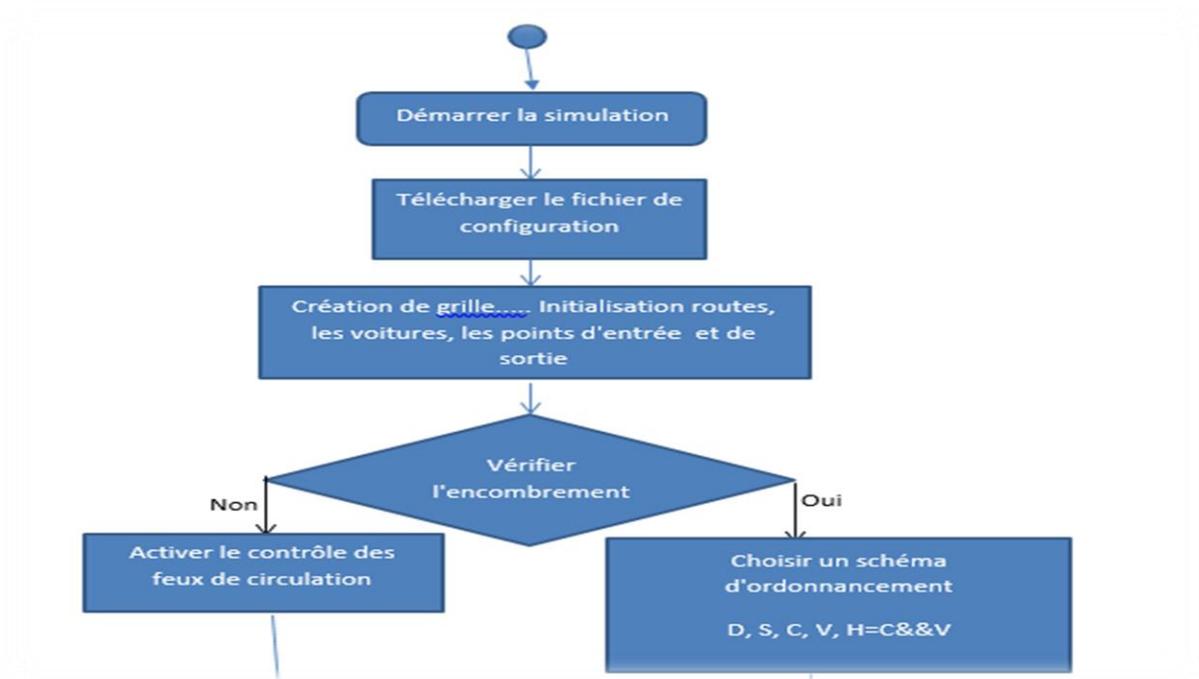
La classe Grid dépend la classe simulation qu'il dessine notre grille de routes avec ces attributs : NumbStreets, NumbAvenu, maxBlock_side, minBlock_side

Les classes Car, TrafficPoint et Road sont des composants de la classe Grid

La classe Car et Road ont une relation l'une avec l'autre, car les voitures traversent plusieurs routes, en plus de cela la route est traversée par une voiture ou plusieurs voitures

La relation entre la route et le feu de circulation est qu'une intersection doit être formée pour nous (ce qui nous a obligés à établir une relation avec la route elle-même) puis trois feux de circulation sont placés

Dans la relation entre le feu de circulation et l'horaire, nous pouvons voir plusieurs horaires dans un feu de circulation et nous pouvons également mettre un horaire dans plusieurs feux de circulation



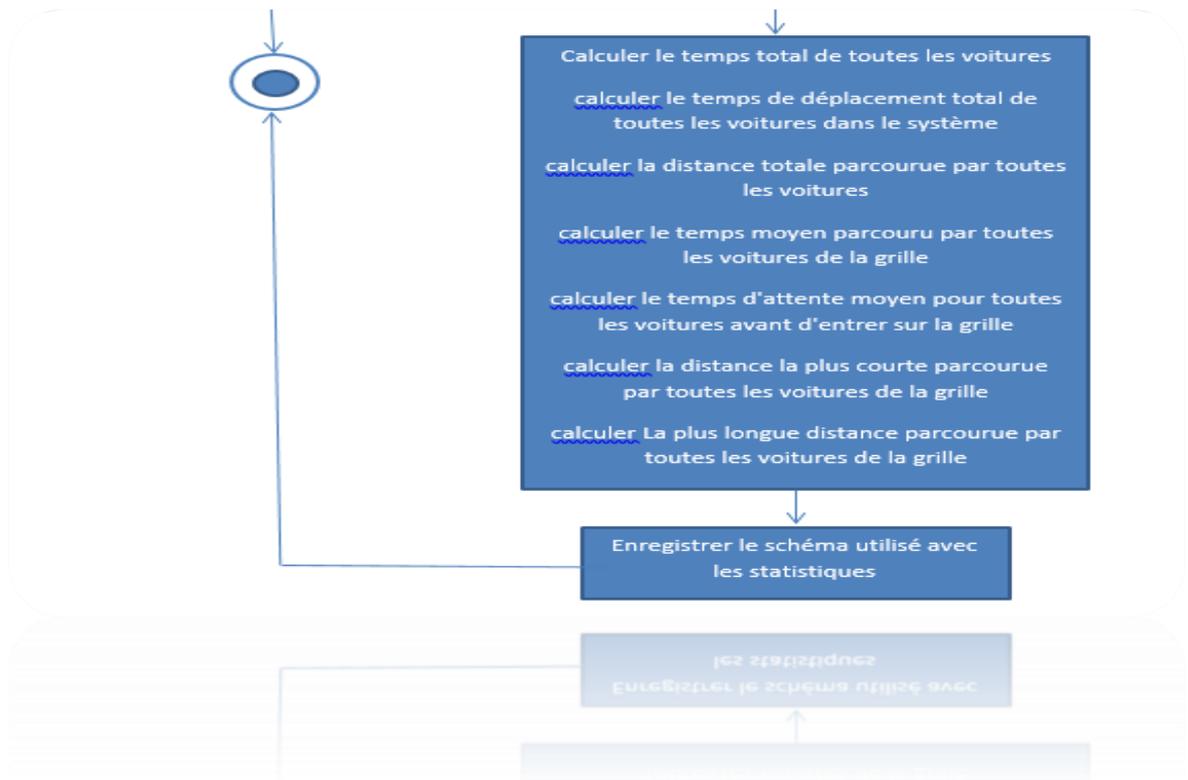


Figure 16 Diagramme d'activité

Figure16. Dans notre diagramme d'activité tout d'abord il faut démarrer la simulation puis télécharger le fichier de configuration ensuite le programme créé de grille, initialiser les routes

Le feu de signalisation fonctionne automatiquement sous une certaine période de temps pour chaque feu de signalisation, estimée en secondes

Lorsqu'un embouteillage se produit, réglez le feu sur le schéma d'ordonnancement approprié (D, S, C, V, H)

Le programme calculer quelques critères et l'enregistrer

IV.6. Caractéristiques des modèles proposés

Système qui gère le trafic sur un tracé de rue à plusieurs intersections. Les rues et les intersections sont configurées comme dans l'image suivante :

À chaque intersection, nous mettons des feux de circulation et à chaque feu de circulation, nous mettons l'un des programmes que nous avons inventés et le premier d'entre eux :

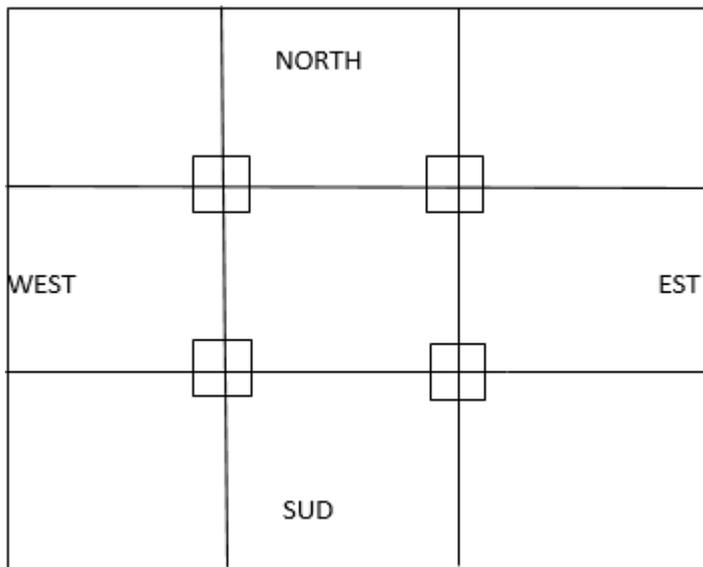


Figure 17 grille de rues

D = Dump-scheduling :

C'est le schéma d'ordonnancement par défaut connu dans notre vie quotidienne, qui dépend de temps de chaque feu. Par exemple, nous constatons que le feu vert a une durée de 30 secondes, le feu jaune est de 5 secondes, puis le feu rouge a un total de 35 secondes.

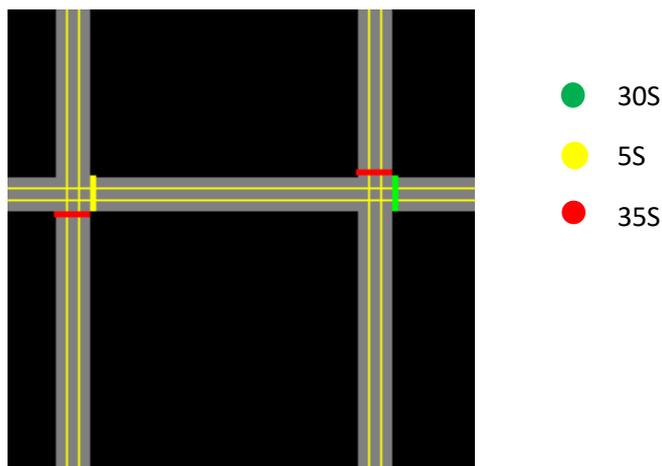


Figure 18 Dump-scheduling

S = Self-scheduling:

Dans ce schéma d'ordonnement, nous avons ajouté aux feux de circulation une sorte d'intelligence, où nous comparons le nombre de voitures arrivant sur la route avec le nombre de voitures arrivant sur la route secondaire, puis déterminons la route qui recevra le feu vert.

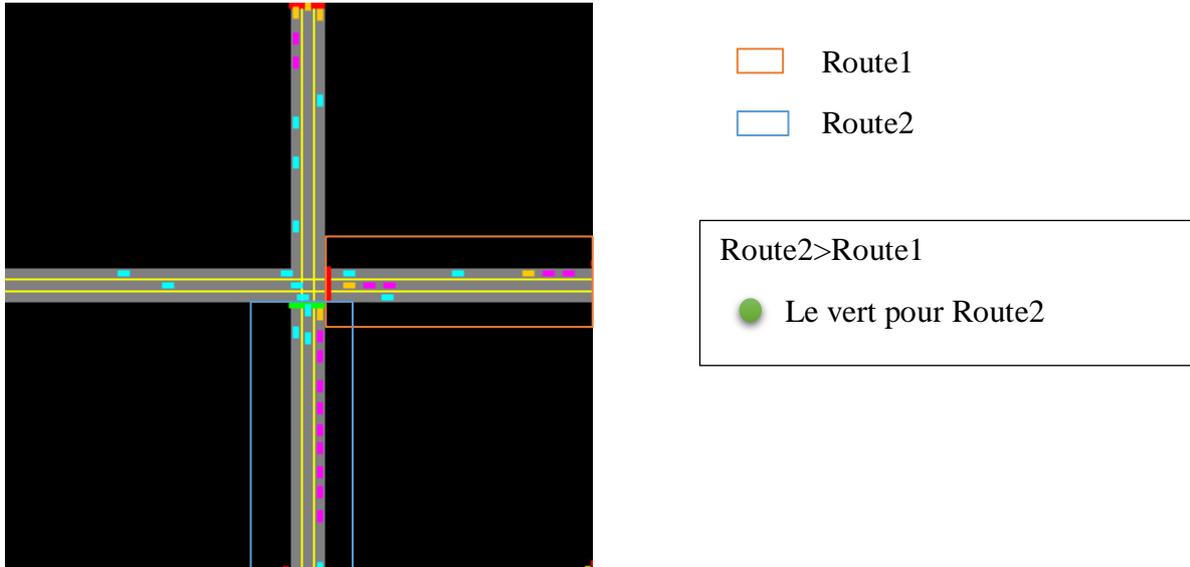


Figure 19 Self-scheduling

C = Coordinated-scheduling:

Ce schéma d'ordonnement est exactement le même que le schéma précédent, sauf que nous avons ajouté un autre critère de comparaison, qui consiste à calculer le nombre de voitures arrivant sur la route + le nombre de voitures en attente et à le comparer avec la route secondaire, puis déterminons la route qui recevra le feu vert.

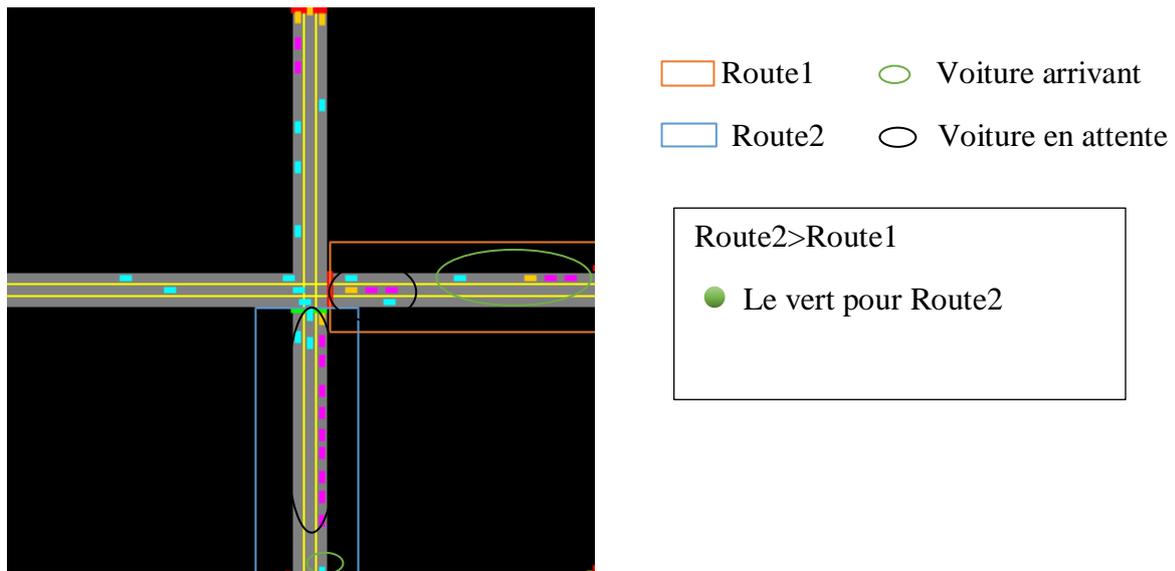


Figure 20 Coordinated-scheduling

V = Convoy-scheduling:

Dans ce schéma d'ordonnancement, les convois de voitures suffisamment proches des feux de circulation sont déterminés au feu jaune, le temps du feu jaune sera prolongé jusqu'à ce que la dernière voiture du convoi traverse la route.

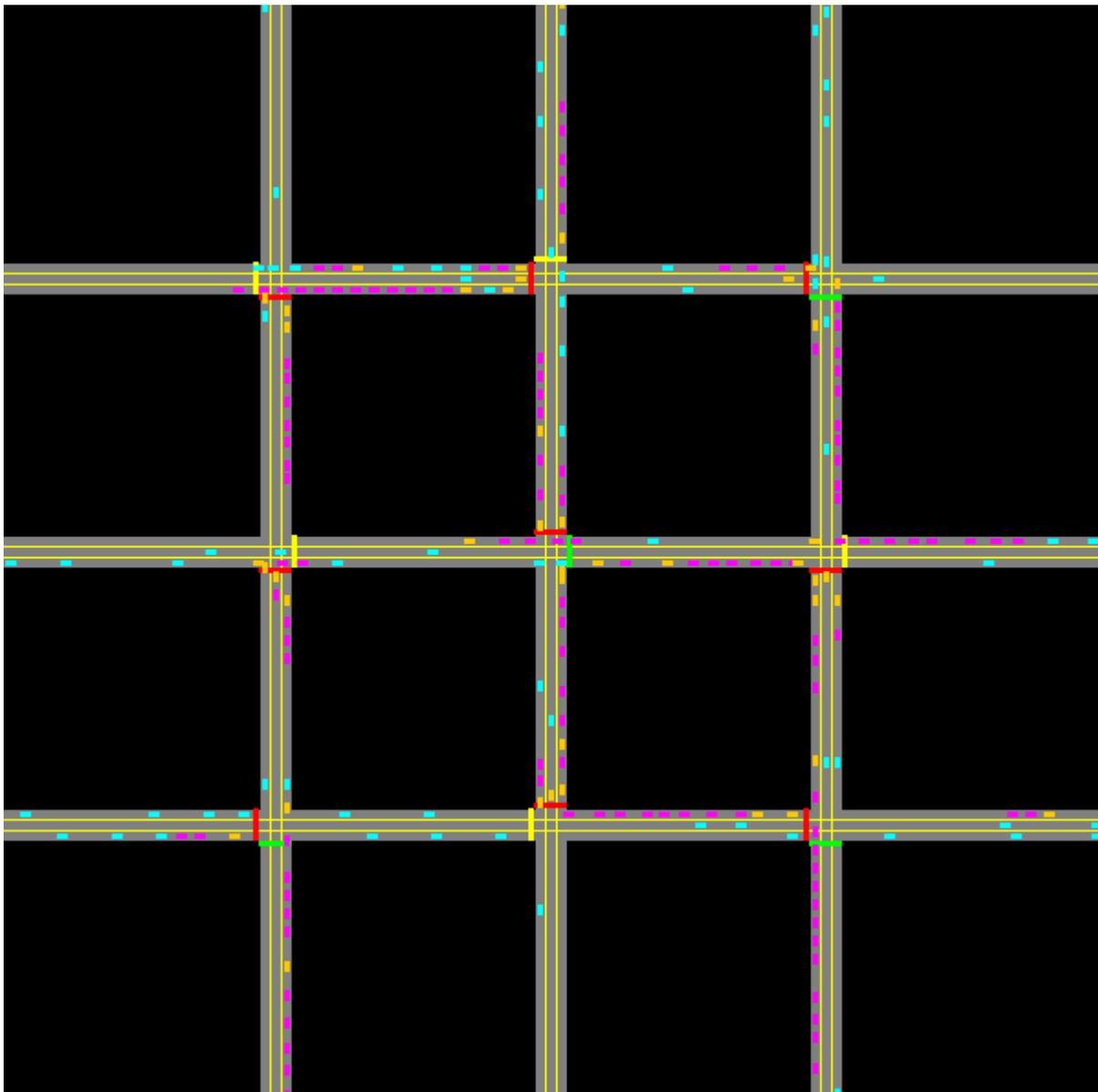


Figure 21 Convoy-scheduling

Si dans une route le feu est jaune et Convoy ≥ 15 Alors le feu Vert allumer.

H = Hybridization scheduling between C & V:

Ce schéma d'ordonnancement est le résultat de la fusion des deux schémas précédents C et V pour tenter de profiter de tous les avantages des schémas précités

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre modèle de conception. Le modèle de conception s'articule autour de trois vues, à savoir : la vue interface, la vue structurelle, et la vue dynamique.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter notre solution proposée et comment résoudre le problème de circulation routière.

CHAPITRE V :

Solution proposée

V.1. Introduction :

Dans cette section, nous allons passer à l'implémentation du système proposé.

Tout d'abord, nous commençons par les détails de configuration matérielle et logicielle et les outils de développement avec lesquels notre système a été réalisé. Ensuite, nous expliquons le fonctionnement de système développé et définissons les métriques et les notations utilisées aussi les schémas d'ordonnancement proposés. Enfin nous discutons et évaluons leurs performances et analysons les résultats obtenus lors des différentes simulations.

V.2. Outils de développement

V.2.1. Environnement machine

Pour obtenir des résultats qui soient les plus fiables possibles, nous avons réitéré les mêmes expériences plus de dix fois. L'ensemble de ces expériences a été réalisé sur un PC Intel(R) Core(TM) i5-3340M CPU @ 2.70GHz 2.70 GHz doté d'une mémoire 8GB de RAM fonctionnant sous un système d'exploitation de Windows 2010 64 bits

V.2.2 Environnement logiciel

Tout projet informatique nécessite l'utilisation de technologies performantes afin d'assurer une bonne implémentation des besoins définis dans les phases précédentes. Et pour le développement de cette application, nous avons utilisé les outils logiciels suivants :

- **Eclipse**

Est un projet, décliné et organisé en un ensemble de sous-projets de développements logiciels, de la fondation Eclipse visant à développer un environnement de production de logiciels libre qui soit extensible, universel et polyvalent,

en s'appuyant principalement sur Java.

Son objectif est de produire et fournir des outils pour

la réalisation de logiciels, englobant les activités

de programmation (notamment environnement de

Développement intégré et frameworks) mais aussi

d'AGL recouvrant modélisation, conception, test, gestion de configuration, reporting...



Figure 22 Eclipse

Son EDI, partie intégrante du projet, vise notamment à supporter tout langage de programmation à l'instar de Microsoft Visual Studio

- **StarUML**

Est un logiciel de modélisation UML, qui a été « cédé comme open source » par son éditeur, à la fin de son exploitation commerciale (qui visiblement continue ...), sous une licence modifiée de GNU GPL.

Aujourd'hui la version StarUML V3 n'existe qu'en licence propriétaire.

StarUML gère la plupart des diagrammes spécifiés dans la norme UML 2.0.

StarUML est écrit en Delphi¹, et dépend de composants Delphi propriétaires (non open-source).



Figure 23 Star UML

V.2.3 Environnement expérimental

Pour évaluer l'efficacité de nos schéma d'ordonnancement proposés, nous avons mis en place un environnement expérimental en utilisant un simulateur, qui est une grille qui forme pour nous un ensemble de routes et de carrefours que nous avons représentés en termes de street et avenue. Ces routes comprennent un certain nombre de Forward Lanes et nombre de TurningLanes et la partie la plus importante dans ce scénario sont les feux de circulation aux intersections, sans oublier les voitures, tout ce que nous avons mentionné précédemment peut être contrôlé via le fichier de configuration à partir des dimensions des voitures et leur nombre, le nombre de lines, Nombre d'intersections et même dimensions de la grille. L'interface de simulateur est donnée à la figure Fig1. La figure Fig2 présente le fichier de configuration.

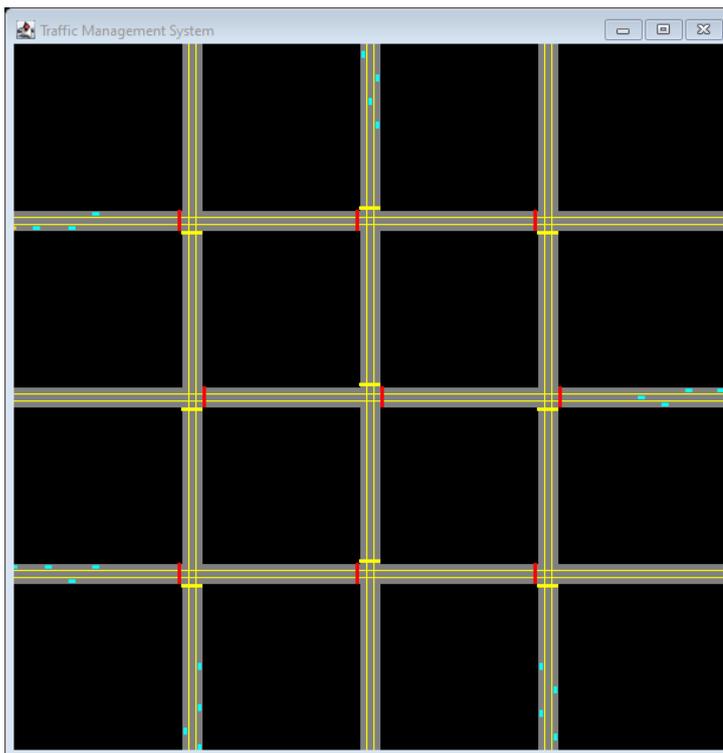


Figure 24. Interface de simulateur

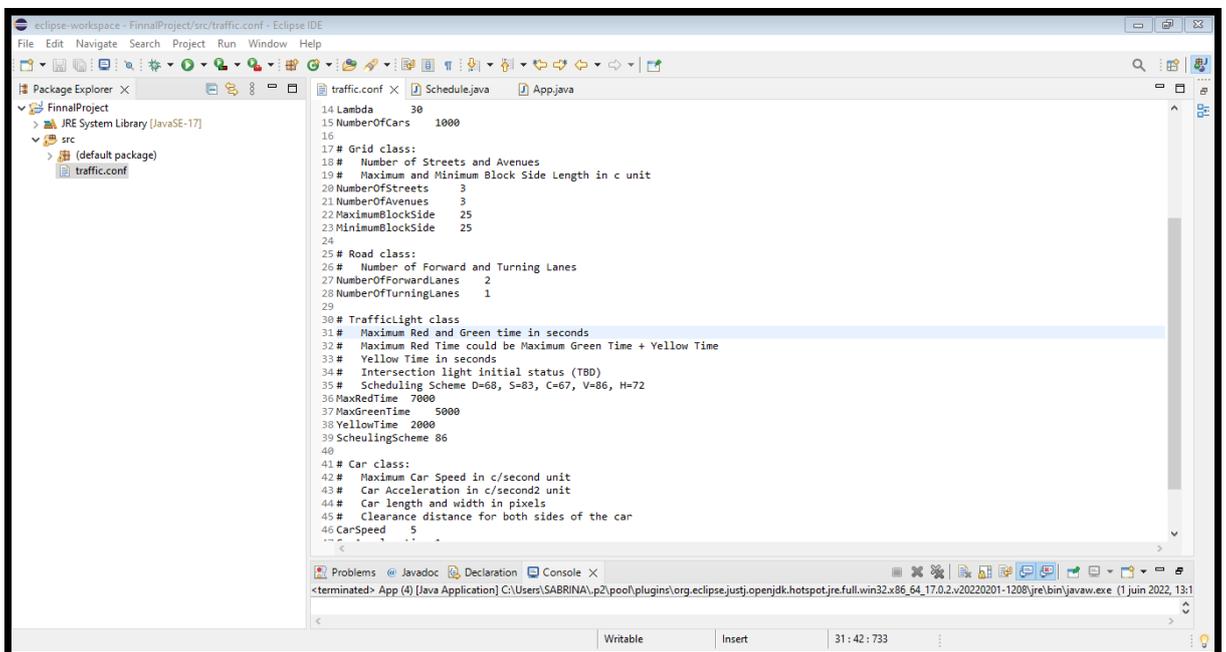


Figure 25. Fichier de configuration

V.3. Paramètres de simulation :

Afin d'évaluer la faisabilité et les performances de nos algorithmes, nous les avons testés dans le simulateur par utilisation des paramètres suivants:

Paramètres de grille:

- Nombre de rues et d'avenues
- Longueur maximale et minimale du côté du bloc en unité c

Paramètre des voitures :

- X, Y position dans la grille
- Sens entrée
- Sens de sortie
- Nombre de tours
- Unique ID
- Vitesse maximale de la voiture en c/seconde
- Accélération de la voiture en unité c/seconde²
- Longueur et largeur de la voiture en pixels
- Distance de dégagement pour les deux côtés de la voiture

Paramétrique de rues :

- Type de route //S=street, A=avenue
- Direction de la route // sens de la source du trafic
- Point d'entrée
- Point de sortie
- Nombre de voies avant
- Nombre de voies de virage

Paramètre du Point de trafic :

- Temps maximum rouge et vert en seconds
- Le temps rouge maximum pourrait être le temps vert maximum + le temps jaune
- Jaune Temps en secondes
- État initial du feu d'intersection (TBD)
- Schéma d'horaire D=68, S=83, C=67, V=86, H=72

V.4. Métriques utilisées

Nous sommes concentrés sur les métriques suivantes:

Temps d'attente total de toutes les voitures: C'est le temps total d'arrêt à l'intersection par véhicule.

Temps de déplacement total de toutes les voitures dans le système : C'est le temps total entre l'entrée et la sortie de l'intersection d'un véhicule.

Distance moyenne parcourue par toutes les voitures de la grille: longueur de l'espace à parcourir pour aller d'une voiture à leur destination.

V.5. Résultat et analyse :

Après avoir étudié le problème de la congestion du trafic et y avoir travaillé, nous avons développé notre stratégie et l'avons testée, et pour vérifier les résultats, nous avons utilisé certains critères avec l'augmentation de nombres de voitures.

Nous avons effectué quelques expérimentations pour évaluer l'efficacité et les performances de l'algorithme proposé.

Expérimentations 1

Dans la première expérimentation, nous avons concentré sur le temps d'attente total de toutes les voitures (en seconde) selon différents nombres des voitures et avec les différents schémas proposés (D, S, C, V, C&&V).

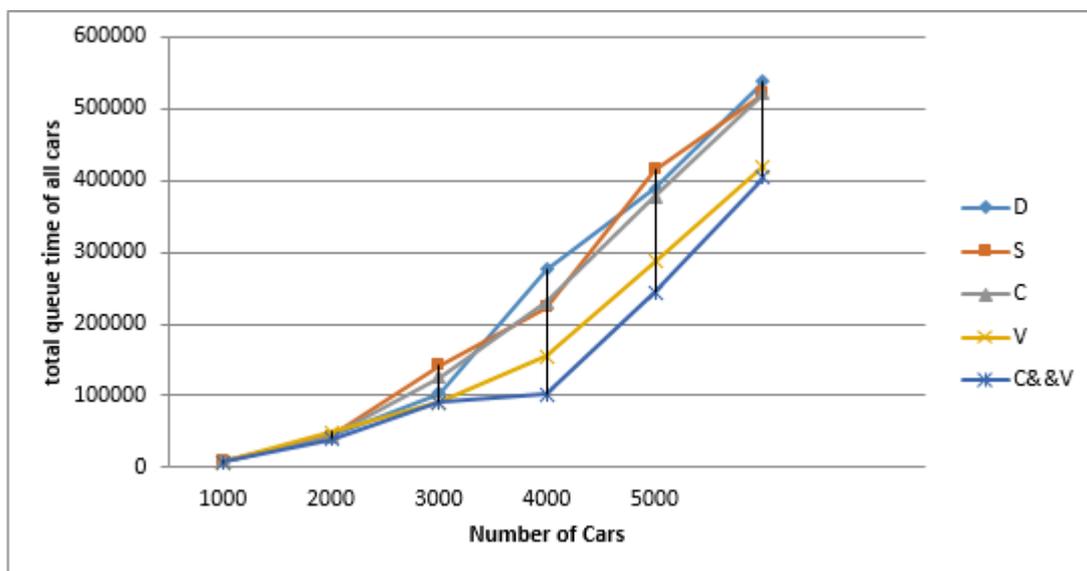


Figure 26 Le temps d'attente total de toutes les voitures

D'après la figure **Figure26**, on remarque que le temps d'attente pour toutes les voitures dans tous les schémas d'ordonnancement est relativement proche, même si on augmente le nombre de voitures à chaque fois, mais en V il y a moins, et quand on combine V et C, on constate un temps d'attente plus décroissant.

Expérimentations 2

Dans la deuxième expérimentation, nous avons concentré sur La plus longue distance parcourue par toutes les voitures dans la grille(en?) selon différents nombres des voitures (1000,2000,3000,4000,5000, et 6000) avec les différents schémas proposés (D, S, C, V, C&&V).

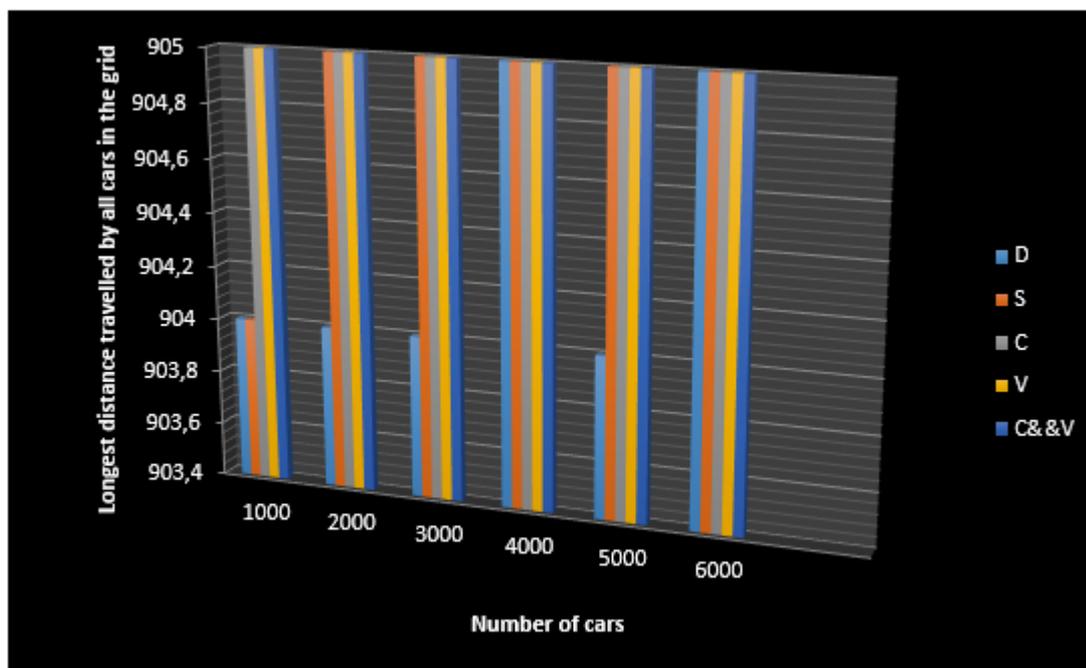


Figure 27 La plus longue distance parcourue par toutes les voitures

La figure **Figure27** montre que tous les schémas ont la même plus longue distance même si on augmente le nombre de voitures

Expérimentations 3

Dans la troisième expérimentation, nous avons concentré sur le temps d'attente moyen pour toutes les voitures avant d'entrer sur la grille. Nous avons supposé que le nombre des voitures varient de 1000 jusqu'a 6000 selon les schémas d'ordonnancement (D, S, C, V, C&&V)

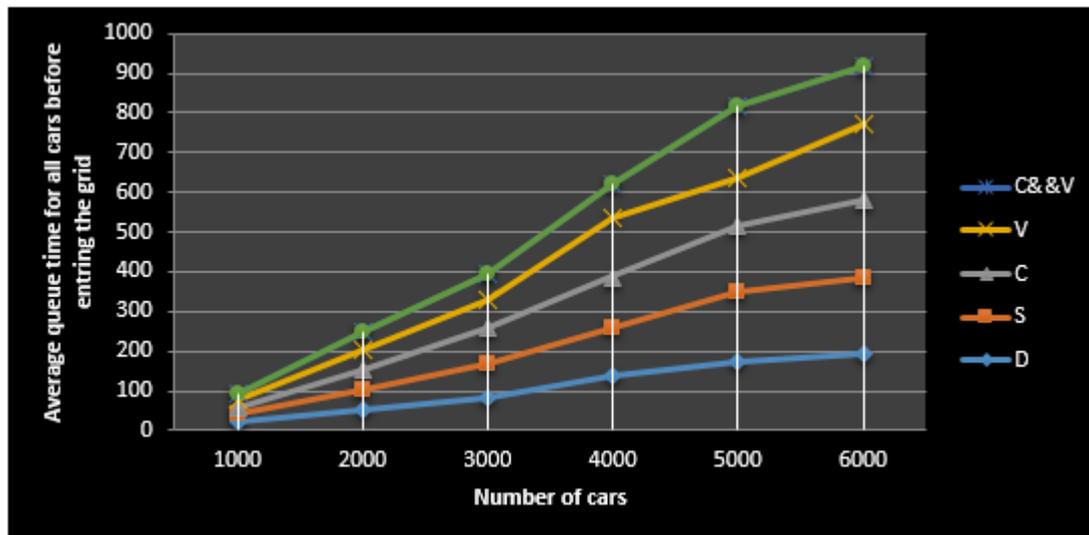


Figure 28 Le temps d'attente moyen pour toutes les voitures avant d'entrer sur la grille

L'examen de la figure **Figure28** a montré que C&&V est meilleur en termes de temps d'attente moyen par rapport au reste des Schedules, qui comme on voit qu'elles sont presque similaires

Expérimentations 4

Dans la quatrième expérimentation, nous avons concentré sur la distance la plus courte parcourue par toutes les voitures de la grille(U). Nous avons supposé que le nombre des voitures varient de 1000 jusqu'à 6000. En comparant les différents schémas proposés.

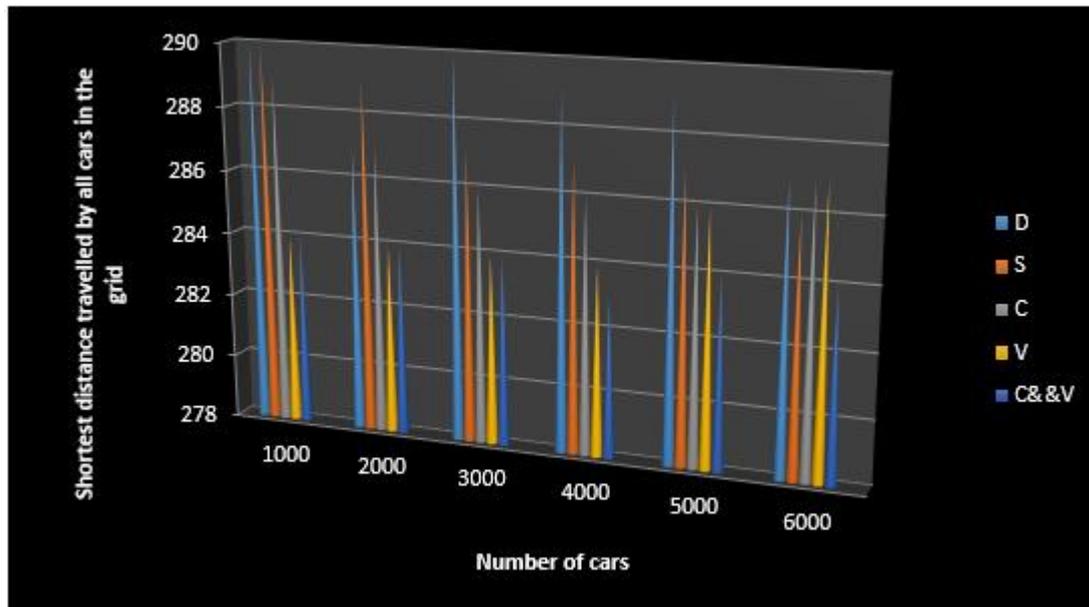


Figure 29 La distance la plus courte parcourue par toutes les voitures de la grille

On remarque sur la figure **Figure29**, le schéma C&&V est le meilleur en termes de Distance la plus courte parcourue par toutes les voitures de la grille par rapport les autres schémas, qu'elles sont presque similaires.

Expérimentations 5

Dans la cinquième expérimentation, nous avons concentré sur Temps de déplacement total de toutes les voitures dans le système. Nous avons supposé que le nombre des voitures varient de 1000 jusqu'a 6000 selon les schémas d'ordonnancement (D, S, C, V, C&&V)

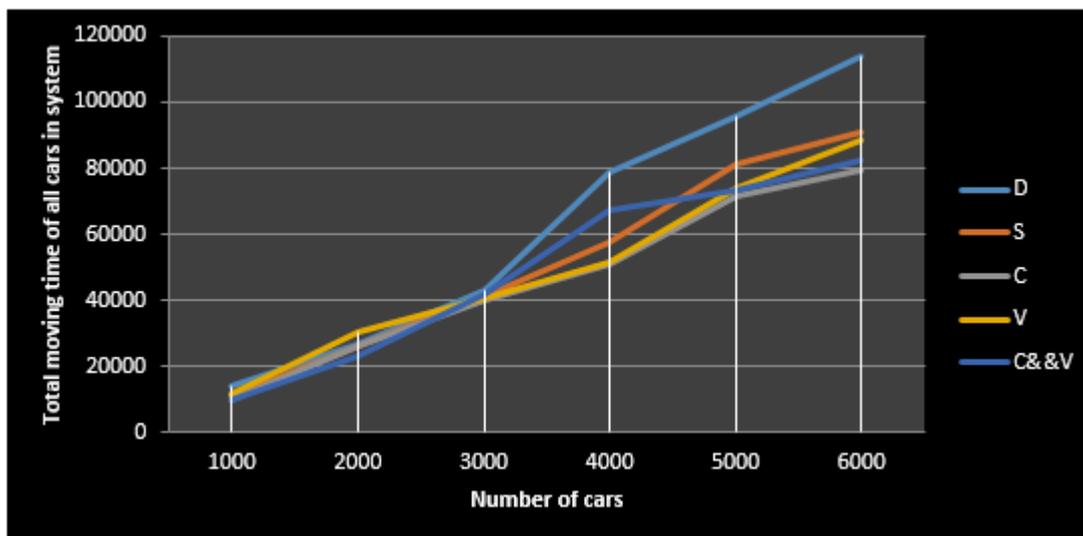


Figure 30 Temps de déplacement total de toutes les voitures dans le système

Dans la **Figure30**. On voit que le Schedule D sur cette courbe est éloigné des autres Schedules, ce qui signifie que le temps de déplacement est grand, contrairement à C qui est le plus petit.

Expérimentations 6

Dans la sixième expérimentation, nous avons concentré sur Distance moyenne parcourue par toutes les voitures de la grille. Nous avons supposé que le nombre des voitures varient de 1000 jusqu'à 6000. En comparant les différents schémas proposés.

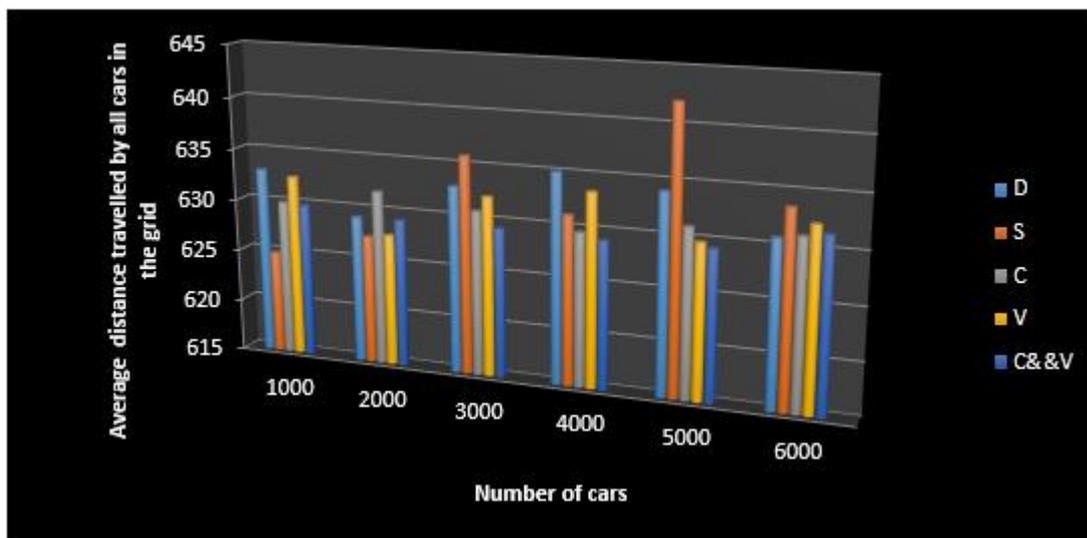


Figure 31 Distance moyenne parcourue par toutes les voitures du grille

On remarque sur la figure **Figure31**. La Distance moyenne parcourue par toutes les voitures de la grille Varie entre eux et est proche, mais on remarque une petite différence en V&&C pour le mieux

Expérimentations 7

Dans la septième expérimentation, nous avons concentré sur Temps moyen parcouru par toutes les voitures de la grille, selon différents nombres des voitures (1000,2000,3000,4000,5000, et 6000) avec les différents schémas proposés (D, S, C, V, C&&V).

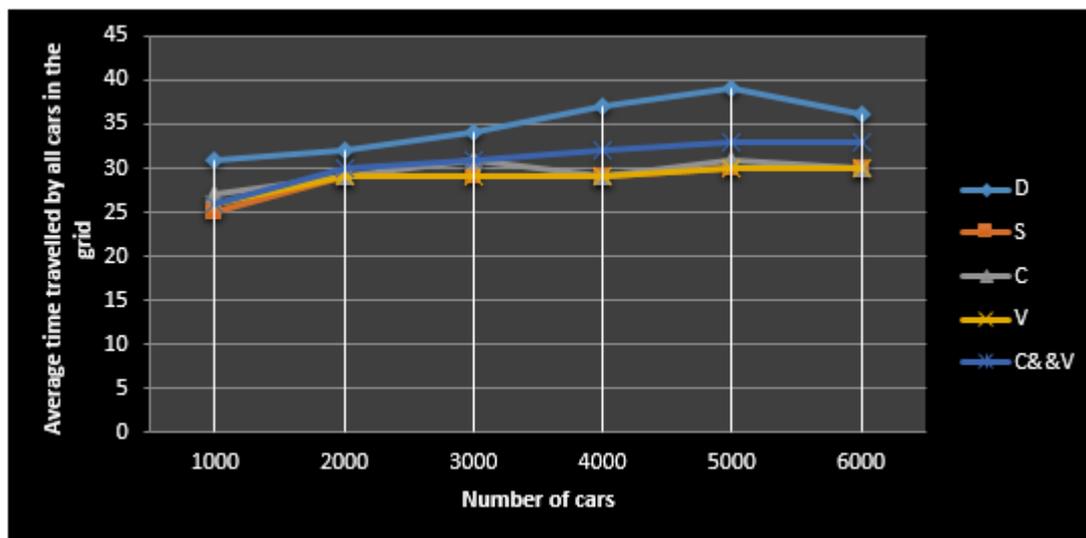


Figure 32 Temps moyen parcouru par toutes les voitures de la grille

L'examen de la figure **Figure32**. On constate, contrairement à toutes les courbes, que le Schedule C est le meilleur en terme de Temps moyen parcouru par toutes les voitures de la grille

V.6. Synthèse des expérimentations:

Les modèles proposés ont été comparé entre eux. Le premier modèle (D) était basé sur l'ordonnancement par défaut. J'ai donc décidé de jouer sur le feu rouge dans le deuxième modèle (S) et d'ajouter quelques règles de comparaison. Quant au troisième modèle (C), il est basé sur le deuxième modèle avec une légère modification. Dans le quatrième modèle, j'ai suivi le principe des groupes de convoi mais J'ai joué sur le feu jaune. Et afin de tirer le meilleur parti de tous les modèles, nous avons combiné V&&C, sachant que (C) est le modèle (S) avec plus de modification.

Pour analyser avec précision les résultats des modèles, nous avons mis en œuvre le programme en gonflant le nombre de voitures plus d'une fois.

Donc J'ai conclu que le modèle (S) et (C) réduit l'encombrement 25% que le modèle (D),

Puis le modèle (V) réduit la circulation de 45% par rapport le modèle (D) et 10% que le modèle (C), Le dernier modèle réduit de 10% que (V) par rapport le Temps d'attente total de toutes les voitures.

Ces résultats ne sont pas négligeables par rapport aux travaux précédents que nous avons étudiés, d'autant plus que nous avons travaillé sur le temps d'attente que beaucoup de chercheurs que nous avons vus n'abordaient pas, donc nous l'avons réduit.

On peut confirmer que l'algorithme proposé résout le retard des véhicules uniformément.

V.7. Conclusion :

Brièvement, dans ce chapitre nous avons d'abord évoqué l'environnement de développement de notre projet, puis défini notre interface avec une explication de son utilisation, puis nous avons vu et analysé les résultats.

Enfin, nous avons discuté de notre travail, dont nous avons vu qu'il nous donnait des résultats respectables.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Au fil de ce mémoire, nous avons tout d'abord passé en revue les principales notions de base des villes intelligentes, la gestion du trafic et les problèmes de planification de la circulation routière. Et nous avons vu les travaux connexes tout ça sous le titre d'état de l'art, par la suite nous avons présenté dans le chapitre suivant l'analyse de la problématique et la proposition d'un modèle avec leur caractéristique et nous avons également mentionné notre apport.

Un algorithme d'ordonnement est l'algorithme qui permet de choisir parmi un ensemble de tâches prêtes celle qui va occuper le processeur. Ces algorithmes d'ordonnement sont soit préemptifs, soit non préemptifs. Les algorithmes d'ordonnement préemptif sont ceux qui sont basés sur la priorité des tâches. Nous avons fait un lien entre le problème d'ordonnement des voitures et le problème d'ordonnement des tâches avec des temps de réglage dépendants de la séquence. Voici les grandes lignes de la correspondance proposée:

- Les routes sont des machines
- Les voitures sont des tâches

L'importance réside dans le fait qu'il permet de prendre la bonne décision quand nous arrivons à l'heure d'affectation des voitures aux routes et faire aussi l'équilibrage entre les routes.

Lors de l'analyse et de la discussion des travaux antérieurs, nous avons constaté que la plupart des chercheurs se concentraient sur la réduction de la longueur de la file d'attente et c'est là que réside la différence, car nous avons travaillé pour réduire le temps d'attente.

Dans notre projet, nous avons présenté 4 modèles pour nous aider à réduire les embouteillages. Le premier modèle c'est le modèle par défaut (D) le plus utilisé en Algérie et trois autres (S, C, V) pour minimiser le temps d'attente et d'autres critères (temps déplacement ...) et aussi pour comparer avec lui. Enfin, nous avons combiné les modèles C&&V précédentes pour tenter de tirer parti de tous les avantages des modèles ci-dessus.

Nous avons consacré ce travail à la mise en œuvre de ces solutions par le langage de programmation Java. Où nous avons programmé un simulateur contenant une grille des routes, des voitures et des feux de circulation.

Nos modèles ont rencontré une grande réponse et nous ont conduit à de bons résultats qui réduit le temps d'attente à 50% par rapport à le modèle par défaut.

Dans nos prochains travaux, nous nous concentrerons sur le même principe, mais en nous appuyant sur d'autres technologies utilisant l'intelligence artificielle.

Bibliographie

- [1] HAJAOUI Y, BOUATTANE O, MOHAMMED Y, ILLOUSAMEN E (2019), Modèle d'application du problème d'ordonnancement des tâches dans les systèmes distribués résolvant les problèmes de planification du trafic routier dans les villes intelligentes. 978-1-7281-0003-6/19/31.00©2019IEEE. P7
- [2] SHAHID N, et al. (2021). Vers des villes intelligentes plus vertes et la prévision du trafic routier à l'aide des données sur la pollution de l'air. 2210-6707/© 2021 Elsevier Ltd. P8
- [3] SHYAM Shankaran R, LOGESH R. (2021) Système de contrôle adaptatif du trafic en temps réel pour les villes intelligentes. 978-1-7281-5875-4/21/\$31.00 ©2021 IEEE. P6
- [4] HYUNJIN J, et al. (2020). Contrôle des feux de circulation pour les villes intelligentes à l'aide de l'apprentissage par renforcement. Mars 2020 0140-3664/© 2020 Elsevier BV P.7
- [5] BERMAD N, et al. (2019) Négociation contextuelle, réputation et protocoles de gestion des feux de circulation prioritaires pour les villes intelligentes basées sur VANET. Elsevier Ltd. P9
- [6] ROOPA M, et al. (2020). Gestion dynamique des feux de circulation via l'IoT social. Elsevier BV. P9
- [7] Wikipédia [en ligne]. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Ville_intelligente (consulté le 01/06/2022)
- [8] HORCH, M, (2020), GESTION AUTOMATIQUE D'UN FEU DE SIGNALISATION DE TRAFIC URBAIN PAR UN API SIEMENS S7-300. Master. Université Dr. Taha r Mou l ay de Saïda Faculté des Sciences et de la Technologie Département d'Electronique. P 65
- [9] GALOUL, A, (2015), « LES VILLES INTELLIGENTES » : L'OPEN DATA CONTRIBUE-T-IL À LEUR DÉVELOPPEMENT ?. Doctorat. Louvain School of Management, Université catholique de Louvain. P 91