



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de mathématiques et d'informatique
Filière Informatique

Rapport de projet

pour l'obtention du diplôme de master en Informatique.

Titre :

**Modélisation d'un système de transport intelligent pour un terminal à
conteneurs automatisé**

**Etudiants : Larbes Noureddine.
Ghani Oussama.**

Encadreur : Bahnes Nacéra.

Deuxième Année Master Ingénierie des Systèmes d'Information
Année Universitaire 2013/ 2014

Remerciements

Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce modeste travail, particulièrement l'encadreur Madame Bahnes Nasira , qui a été très patient avec nous pour venir à bout de ce projet.

Pour toutes ces personnes nous disons merci encore.....

Les étudiants :

Mr. Larbes Noureddine

Mr. Ghani Oussama

Résumé

Les terminaux à conteneurs consistent en un ensemble d'interfaces intermodales essentielles pour le réseau de transport maritime mondial. Une manutention efficace des conteneurs dans des terminaux est d'une importance cruciale pour la réduction des coûts de transport et la détermination des plans d'embarquement. Dans ce mémoire, nous proposons d'améliorer la gestion de déplacement des conteneurs en introduisant le concept d'IAV (Véhicule autonomes intelligents).

Nous avons tout d'abord fait une étude approfondie sur les TC et les moyennes mobiles utilisés pour le transport des conteneurs. Nous avons aussi présenté une étude comparative des techniques de routages des véhicules IAV dans un conteneur, et une étude des mécanismes de collision /inter blocage dans les intersections en exploitant le concept de coopération entre véhicules grâce à la communication de messages entre les véhicules en utilisant des technologies sans fil.

Mots Clé : Terminaux portuaires de conteneurs, système de transport intelligent, AGV, IAV, Communication, inter-blocage.

Table des matières

Résumé	I
Divers Acronymes	V
Liste de figure.....	VI
Liste des tableaux	VII
Introduction Générale.....	viii
Chapitre I Système de transport de conteneurs dans TC.....	xi
I.1 Introduction	xi
I.2 Transport maritime des conteneurs	xi
I.3 Rôle des terminaux portuaires dans le transport maritime	xii
I.4 Représentation schématique d'un terminal à conteneurs (TC)	xii
I.4.1 Zone d'opérations portuaires	xiii
I.4.2 Zone de stockage du terminal	xv
I.4.3 Zone d'opérations terrestres	xv
I.6 Les véhicules autoguidés dans un terminal à conteneurs	xv
I.6.1 Le contrôleur AGV	xvi
I.5 Les problèmes liés aux terminaux à conteneurs	xvi
I.5.1 Problème d'ordonnancement des opérations de chargement / déchargement	xvi
I.5.2 Problème de déploiements des équipements de manutention.....	xvii
I.5.3 Problème d'ordonnancement de l'entreposage.....	xvii
I.5.4 Problème de routage des véhicules de transport automatisé	xvii
I.6.2 Méthodes d'orientation d'un AGV dans un terminal à conteneurs [02]	xvii
I.6.3 Caractéristique d'un AGV dans un TC [04]	xvii
I.7 Véhicules Autonomes Intelligents « IAV »	xviii
I.7.1 Architecture d'un IAV	xviii
I.7.2 Propriétés d'un IAV.....	xix

I.7.3 Comparaison entre IAV et AGV [08].....	xx
I.8 Conclusion.....	xxi
Chapitre II Communication dans les systèmes de transport intelligents.....	xxii
II.1 Introduction.....	xxii
II.2 Technologie des réseaux véhiculaire	xxiii
II.2.1 Les réseaux mobiles Ad hoc.....	xxiii
II.2.2 Réseaux Véhiculaires Ad hoc.....	xxiv
II.3. WAVE.....	xxvii
II.4 Technologies utilisées dans la communication véhiculaire	xxvii
II.2.1 Communication de véhicule à véhicule.....	xxvii
II.2.2 Communication de véhicule avec utilisation d’infrastructures	xxviii
II.2.3 Communication Hybride	xxix
II.6 Conclusion	xxx
Chapitre III Proposition des Schémas de routage et un mécanisme de coopération entre les IAV	xxxii
III.1 Introduction	xxxii
III.2 conception de l’environnement d’étude	xxxii
III.3 Les schémas de routage d’IAVs proposés	xxxii
III.3.1 Circulation en boucle	xxxii
III.3.2 La circulation croisée	xxxiii
III.3 Planification de tâches aux véhicules	xxxiii
III.5 problématique	xxxiv
Mécanisme de coopération entre IAVs	xxxv
III.5.1 communication entre les IAV’s	xxxv
III.5.3 Notion de voisinage	xxxv
III.6 Conventions de circulation croisé.....	xxxv

III.5.4 Organigramme de mécanisme d'évitement de collision / inter- blocage.....	xxxvi
III.7 Présentation de l'environnement de simulation.....	xxxvii
III.7.1 Le simulateur OMNET++.....	xxxvii
III.8.2 Le simulateur SUMO.....	xl
III.3 Mixim (Mixed Simulator).....	xli
III.4 Viens.....	xlii
III.9 Conclusion.....	xlii
Chapitre IV Analyse des résultats.....	xliii
IV.1 Introduction.....	xliii
IV.2 Les interfaces de notre application.....	xliii
IV.3 Les paramètre de simulation.....	xliv
IV 4 Les résultat de simulation.....	xlvi
IV 4.1. La vitesse.....	xlvi
IV 4.2 Les distances parcourant par chaque véhicule.....	xlviii
IV 4.3 Le temps total d'exécution de chaque véhicule.....	xlviii
IV.5 Discussion.....	xliv
IV .6 Conclusion.....	l
Références.....	lii

Divers Acronymes

- **VANET** Vehicular Adhoc NETWORKSre
- **WVN** Wireless Vehicular Networks
- **V2VC** Vehicle-to-Vehicle Communications
- **V2IC** Vehicle-to-Infrastructure Communications
- **C2C** Car to Car Communications
- **TC** Terminal a conteneur
- **ACT** Automatised container Terminal
- **QC** Quay Crane
- **YC/SC** Stacking crane/Yard Crane
- **AGV** Automated Guided Vehicules
- **ALV** Automated Lifting Vehicules
- **SC** Straddle Carrier
- **ASC** Autonomous straddle carrier
- **IAV** Intelligent Autonomous Vehicule
- **ITS** Intelligent Transport System
- **RFID** Radio Frequency Identification
- **Wi-Fi** Wireless Fidelity
- **GPS** Global Positioning System
- **GSM** Global System for Mobile Communications
- **GPRS** General Packet Radio Service
- **ACA** Autonomous Component Architecture
- **WAVE** Wirless Local Area Network
- **SUMO** Simulation of Urban Mobility
- **DSRC** Dedicated Short Range Communication
- **WSM** Wave Short Message
- **IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **Ack_msg** acquittement message
- **Coop_msg** cooperation message
- **ITS** Intelligent system stransport

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma de terminal maritime spécialisé dans la manutention de conteneurs.....	13
Figure I.2 : Les équipements utilisés dans la Zone d'opérations portuaires.....	14
Figure I.3 : Véhicule autonome intelligent.....	18
Figure I.4: Architecture de l'IAV.....	19
Figure II.1 : Hiérarchie des réseaux sans fil.....	23
Figure II.2 : Exemple d'un réseau VANET.....	24
Figure II.3 : Véhicule intelligent	25
Figure II.4 : Communication véhicule à véhicule.....	28
Figure II.5 : Communication véhicule à station de base.....	29
Figure II.6 : communication hybride	29
Figure III.1 : circulation en boucle.....	32
Figure III.2 : circulation croisée	33
Figure III.3 : Schéma montre les points d'intersection.....	34
Figure III.4 : Architecture de simulation de Veins (OMNeT++ & SUMO).....	42
Figure IV.1 : interface graphique (OMNE++).....	44
Figure IV.2 : interface des informations de simulation (OMNET++).....	44
Figure IV.3 : interface graphique de simulation (SUMO).....	45
Figure IV.4 : graphe des vitesses des IAVs à circulation en boucle.....	46
Figure IV.5 : les vitesses des IAVs dans la circulation croisée.....	47
Figure IV.6 : histogramme des distances.....	48
Figure IV.7 : histogramme représente le temps d'exécution.....	49

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Comparaison entre IAV et AGV	20
Tableau III.1 : Les paramètres de TraCIScenarioManager.....	40
Table IV.1 : paramètres de simulation.....	46

Introduction Générale

Dans tous les secteurs d'activité économique, les terminaux portuaires de conteneurs constituent un maillon important de plusieurs chaînes de transport intermodal. La croissance rapide des volumes de conteneurs manutentionnés dans ces terminaux a pour conséquence d'entraîner une congestion de ceux-ci et par le fait même, une perturbation des réseaux d'approvisionnements de plusieurs entreprises.

Avec 50 000 navires navigant dans le monde entier en 2012, le transport maritime reste un des moyens de transport les plus importants, en terme de capacité et Plus de 8,7 milliards de tonnes empruntent ainsi la mer (en 2011), assurant 90 % du trafic mondial¹.

Dans l'évolution du phénomène de conteneurisation, les ports maritimes ont connu de grands développements des techniques de manutention, et la gestion est devenue plus moderne et performante dans un terminal à conteneur (TC), d'où de nombreuses technologies (GPS, GSM, GPRS, RFID, utilisation de WIFI...) peuvent être utilisées à des fins de localisation et communication, par exemple : **RFID**². L'utilisation de cette technologie permet de traiter le conteneur d'aller au stock, quitter le stock et même la gestion de stock.

Avec le développement rapide des technologies de communications sans fil, une nouvelles architecture basée sur des communications véhicule à véhicule (V2V, Vehicle to Vehicle) suscite ces dernières années un réel intérêt auprès des constructeurs automobiles, de la communauté des opérateurs Télécoms. Ce type d'architecture est formé par les véhicules eux même sans l'appui d'une infrastructure fixe pour le relayage des données et des messages. Nous parlons dans ce cas d'un réseau Ad Hoc de véhicule (VANET).

¹ http://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_maritime

² La radio-identification, le plus souvent désignée par le sigle RFID (de l'anglais radio frequency identification), est une méthode pour mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes » (« RFID tag » ou « RFID transponder » en anglais)

Afin d'étudier les VANETs, le déploiement sur terrain n'est malheureusement pas envisageable à ce jour, d'où le recours à la simulation. Plusieurs simulateurs ont été mis à la disposition des chercheurs dans cet axe (NS2, GloMoSim SUMO...). Lors d'une simulation, la mobilité est un paramètre à ne pas négliger, car les véhicules dans un VANET peuvent se déplacer à grande vitesse suivant un schéma de mobilité particulier. Pour modéliser la mobilité des VANETs, plusieurs modèles ont été conçus. Ces modèles de mobilité doivent prendre en considération les contraintes de la mobilité véhiculaire, pour que la simulation soit proche de la réalité.

Notre mémoire a pour objectif d'améliorer la gestion de déplacement des conteneurs dans un Terminal de conteneur (T.C) en introduisant le concept d'AGV (véhicules auto guidé)/IAV (Véhicule autonomes intelligents). Cette amélioration est dictée par le bon choix d'un routage optimal sans risque d'avoir des collisions ou des inter-blocages, ceci en étudiant ces problèmes selon plusieurs scénarios réalistes. D'où notre étude est décomposée en trois étapes:

- Etude bibliographique approfondie sur les TC et les moyennes mobiles utilisées pour le transport des conteneurs.
- Etude sur les systèmes de transport intelligents et ces technologies.
- Proposition d'un mécanisme d'évitement de collision /inter blocage dans les intersections en exploitant le concept de coopération entre les IAV. Les coopérations peuvent être effectuées grâce à la communication de messages entre les IAV en utilisant des technologies sans fil.

Notre mémoire est organisé comme suit:

• **Chapitre 1 : Système de transport de conteneurs dans TC**

Il s'agit de représenter les différents éléments de terminal à conteneur. Nous parlons de véhicules autoguidés (AGV) et les véhicules intelligents (IAV). Enfin, nous exprimons une étude comparative sur les « AGV/IAV ».

• **Chapitre 2 : communication dans les system de transport intelligent**

Dans ce chapitre nous traitons les différentes technologies des réseaux véhiculaires ainsi que la communication entre eux.

• **Chapitre 3 : Schéma de routage et mécanisme de coopération entre IAV**

Nous présentons ensuite les obstacles de circulation (collision, inter blocage). Ce chapitre est consacré à la réalisation la solution que nous avons proposée pour modéliser le routage des véhicules autonomes intelligents, en évitant les collisions et l'inter blocage.

• **Chapitre 4: Analyse des résultats**

Ce chapitre est consacré à la simulation de notre modèle de communication sous Omnet++ et la mobilité des IAV sous SUMO suivant les layouts proposés afin d'éviter les collisions au niveau des point d'intersections.

Chapitre I

Systeme de transport de conteneurs dans TC

I.1 Introduction

Un terminal à conteneurs est une zone dédiée au stockage des conteneurs située dans un port maritime. Plusieurs activités se font au sein d'un terminal, parmi celles-ci, nous citons les déplacements des véhicules de transport, les chargements/déchargement des conteneurs, etc. Un terminal à conteneurs est souvent relié à un réseau routier ou ferroviaire ou aux deux en même temps.

Afin d'assurer toutes ces activités, un terminal à conteneurs est doté de plusieurs engins spécifiques à chaque activité et d'un réseau routier interne conçu pour relier tous les emplacements conteneurs au réseau des clients externes, que ce soit les quais pour les navires ou les zones d'échange pour les camions et les trains.

En pratique, afin d'améliorer l'efficacité des opérations portuaires, il est nécessaire d'identifier et de résoudre une série de problèmes d'optimisation comme : la planification des déplacements des camions de transport, la planification des opérations des portiques de cour et la planification des opérations des portiques de quai.

Dans ce chapitre, nous présentons les différents équipements de transport utilisés dans un terminal à conteneurs et leurs classifications, en conséquence une étude sur les véhicules autoguidés et les véhicules autonomes intelligents.

I.2 Transport maritime des conteneurs

Le transport maritime occupe une place importante dans les mouvements internationaux de conteneurs. En effet, plus de 60% du cargo général transporté par navire est aujourd'hui conteneurisé, certaines routes entre les pays industrialisés atteignant un taux de 100%. De plus, cette conteneurisation s'est effectué rapidement, le premier service régulier remontant seulement à 1961 [01]. De nos jours, le trafic international de conteneurs est estimé à environ 300 millions de conteneurs EVP (Équivalent Vingt Pieds). L'EVP est la mesure utilisée dans le domaine du transport intermodal de conteneurs. Un EVP équivaut à l'espace occupé par un

conteneur de norme ISO³, qui a une largeur de 8 pieds, une hauteur de 8 pieds et une demi et une longueur de 20 pieds [01]. Selon cette unité de mesure, un conteneur de 40 pieds de long correspond donc à deux EVP.

Avec les développements technologiques, les moyens de transport sont devenus de plus en plus automatisés dans l'industrie ou les entrepôts.

I.3 Rôle des terminaux portuaires dans le transport maritime

Malgré qu'il existe plusieurs types de terminaux intermodaux, les terminaux qui impliquent les manutentions les plus complexes sont les terminaux portuaires. En effet, ceux-ci doivent effectuer des transbordements entre divers modes de transport, comparativement aux autres types de terminaux qui se limitent à une interface entre un ou deux modes. De plus, l'équipement nécessaire à l'exploitation d'un terminal portuaire est très dispendieux. Bien que les équipements utilisés dans les terminaux soient semblables à ceux utilisés dans les terminaux terrestres. La nécessité d'utiliser des grues de quais pour les transferts entre les navires et le quai contribue à augmenter la capitalisation des terminaux portuaires.

La complexité des opérations et l'augmentation des volumes manutentionnés confèrent aux terminaux maritimes un rôle prépondérant dans les réseaux de transport internationaux. En effet, ils doivent être en mesure d'assurer un cycle de déchargement/chargement rapide. Les coûts d'acquisition et d'opération des porte-conteneurs représentent des milliers de dollars par jour, c'est pourquoi les armateurs cherchent à utiliser les terminaux les plus efficaces. Cependant, l'efficacité opérationnelle n'est pas la seule tributaire de la compétitivité d'un port. Puisque les conteneurs doivent être ensuite livrés aux destinataires finaux, la connectivité aux modes de transport terrestres joue aussi un rôle important. Afin de s'adapter à ces changements, des terminaux maritimes spécialisés dans la manutention de conteneurs se sont développés. Un terminal à conteneurs est souvent relié à un réseau routier ou ferroviaire ou les deux en même temps.

I.4 Représentation schématique d'un terminal à conteneurs (TC)

Les opérations des terminaux de conteneurs peuvent être divisées en trois grandes catégories :

3 ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION) EN ANGLAIS C'EST L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

- La première catégorie regroupe les opérations liées au chargement/déchargement des navires
- La deuxième catégorie contient l'ensemble des opérations de stockage et de manutention des conteneurs dans la cour.
- La troisième catégorie concerne le transfert des conteneurs vers les modes de transport terrestres. La figure 1.1 représente la disposition d'un terminal maritime spécialisé dans la manutention de conteneurs [01].

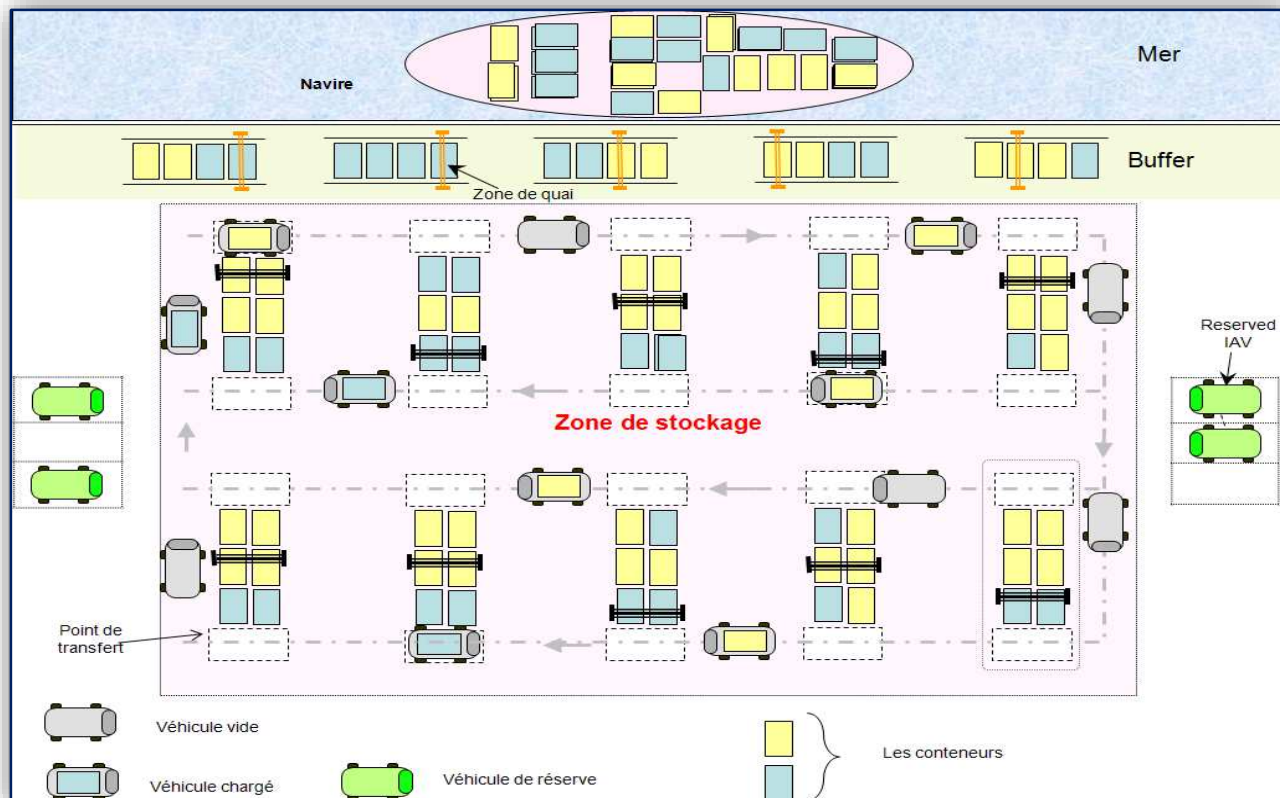


Figure I.1 : Schéma de terminal maritime spécialisé dans la manutention de conteneurs.

I.4.1 Zone d'opérations portuaires

Cette zone comprend l'équipement utilisé pour effectuer les opérations de chargement/déchargement des navires ainsi que les opérations de transport entre le quai et la cour du terminal. Le rôle de cette zone est de servir de point de transfert des conteneurs entre le terminal et les navires [01]. La figure I.2 représente des différents équipements utilisés dans cette zone.



A : grue de quai.



B : Système de transport à remorques multiples.



C : Système de convoyeur à moteur linéaire



D : chariot cavalier



E : Véhicule à guidage automatique AGV.



F : ALV (Automated Lifting Vehicles)

Figure I.2 : Les équipements utilisés dans la Zone d'opérations portuaires.

a. Les grues de quai (Figure 1.2(A))

Un Grue de quai s'occupe essentiellement du chargement des conteneurs du quai au navire (ou déchargement du navire au quai). Il est capable de se déplacer dans une seule direction au long du quai. L'épandeur d'une grue de quai est capable de se déplacer dans les deux autres directions.

b. Système de transport à remorques multiples (Figure1.2(B))

L'alternative consiste à utiliser un système de remorques tirées par des camions opérés par des employés du TC [01].

c. Systèmes de convoyeurs à moteurs linéaires (Figure 1.2(C))

Le principe de ce système consiste à bâtir une infrastructure de rails sur lesquels circulent les plateformes de transport des conteneurs [01].

d. Chariots cavaliers (Figure 1.2(D))

N'ont pas besoin de l'intervention d'une tierce machinerie pour soulever le conteneur, puisqu'ils possèdent un treuil dans leur empattement leur permettant de le lever [01].

e. Véhicule à guidage automatique AGV (Figure 1.2(E))

AGV (Automated Guided Vehicles) est un véhicule sans conducteur capable de se déplacer le long de trajets prédéterminés et l'exécution de certaines fonctions prescrites.

f. ALV (automated lifting vehicles) (Figure 1.2(F))

ALV est un véhicule autonome qui ramasse et délivre un conteneur sur l'espace tampon à un point de transfert de la cour.

I.4.2 Zone de stockage du terminal

La zone de stockage du terminal est la zone où sont entreposés les conteneurs lorsqu'ils sont déchargés des navires ou en attente d'être chargés. Le rôle de cette zone est de servir de tampon afin d'absorber temporairement les flux de conteneurs en provenance et à destination des navires et des autres modes de transport [01].

I.4.3 Zone d'opérations terrestres

La zone d'opérations terrestres est la zone où sont effectuées toutes les opérations de réception et d'expédition des conteneurs provenant de trains, de camions et de barges. Le rôle de cette zone est de servir le terminal et les moyens de transport précédemment mentionnés. De plus, ce rôle d'interface implique que c'est cette zone qu'est responsable de la gestion des entrées/sorties des trains et des camions.

I.6 Les véhicules autoguidés dans un terminal à conteneurs

Le premier système AGV a été construit et mis en place en 1953. C'était un tracteur modifié de remorquage qui a été utilisé pour tirer une remorque et suivre un fil de garde dans un entrepôt d'épicerie. Au début des années 60, AGV remorquages étaient en opération dans de nombreux types d'usines et d'entrepôts [02]. Le tableau 1 résume les travaux de recherche traitant la planification des différents véhicules de transport dans un TC.

Actuellement, les AGV sont devenus de plus en plus populaire comme un moyen de système de transport horizontal de manutention. Ils sont utilisés partout où il y a un besoin pour un système de transport automatique. AGV sont particulièrement utiles lorsque les produits doivent être manipulés soigneusement ou de l'environnement est potentiellement dangereux pour les

humains. Dans le secteur de l'automobile, AGV ont été combinés avec des robots pour effectuer l'opération de soudage et de peinture [3].

Ces véhicules de transport de façon générale ont pour mission le transport des conteneurs à partir de l'aire de stockage, après leur chargement par les portiques de cour, vers le quai où ils seront déchargés par les portiques de quai. C'est le cheminement lorsqu'il s'agit une opération d'exportation. De même, ils transportent les conteneurs d'importation à partir du quai vers les aires de stockage. Pour certains types de moyens de transport, tels que les ALV, la fonctionnalité principale dépasse la mission de transport vers le stockage des conteneurs (rappelons que les ALV jouent un double rôle: le transport et la manutention des conteneurs).

I.6.1 Le contrôleur AGV

Le fonctionnement d'un AGV est géré et contrôlé par un contrôleur qui peut être considéré comme le cerveau du système, Le contrôleur AGV acquiert les informations nécessaires des différentes lignes, afin de définir les opérations à exécuter.

L'approche contrôleur centralisé utilise un dispositif informatique (comme le PC) pour gérer la circulation des véhicules où les deux (le routage et de contrôle de la circulation fonctions) seraient effectués par le contrôleur central. L'AGV prendrait la direction appropriée du central contrôleur par l'intermédiaire d'une liaison de communication. L'approche de commande décentralisée ne nécessite pas de dispositif de commande central pour le déplacement du véhicule. Au lieu de cela, les véhicules effectuent leur propre routage et des fonctions de contrôle du trafic. Ceci est souvent désigné comme le véhicule intelligent. Les AGV se servent de leur intelligence embarquée de choisir leur itinéraire vers une destination et qu'ils éviteraient en cours d'exécution dans les autres AGV opérantes sur le trajet de la communication directe entre AGV [02].

I.5 Les problèmes liés aux terminaux à conteneurs

I.5.1 Problème d'ordonnancement des opérations de chargement / déchargement

L'objectif d'ordonnancement des opérations de chargement / déchargement est de déterminer la séquence des opérations qui permettra de minimiser le temps d'attente de navire au quai. La majorité de la recherche s'est concentrée sur le problème de l'ordonnement des opérations de chargement, puisque c'est celui-ci qui a le plus grand impact sur les couts de manutention des conteneurs.

I.5.2 Problème de déploiements des équipements de manutention

Le problème de déploiements des équipements de manutention de la cour vise à minimiser le temps total d'opérations de ces équipements.

I.5.3 Problème d'ordonnement de l'entreposage

L'objectif d'ordonnement de stockage est s'affecter une position aux conteneurs dans la zone de stockage du terminal de manière à minimiser les remaniements de conteneurs lors des opérations de chargement.

I.5.4 Problème de routage des véhicules de transport automatisé

Les problèmes de routage des véhicules de transport automatisé consistent à affecter les véhicules de transport interne aux tâches de transport à effectuer, de manière à minimiser la distance totale parcourue par les véhicules. La distance totale dépend des transports à vide, des routes affectées aux véhicules et de la congestion du terminal.

I.6.2 Méthodes d'orientation d'un AGV dans un terminal à conteneurs [02]

- **Filo guidage** : dans ce cas, les AGV se déplacent par détection d'une piste, tracée dans ou sur le sol. Il peut s'agir de fil émetteur d'ondes enfoui, de rail métallique au sol ou de fil électrique noyé au sol.
- **Laser guidage** : un terminal équipé d'un laser tournant, les AGV laserguidés détectent les réflecteurs intégrés dans l'environnement dans lequel ils évoluent. Les AGV se déplacent grâce au principe de l'odométrie et précisent leur position grâce à la visibilité de 3 réflecteurs (principe de la triangulation).
- **Optoguidage** : Le système Optoguidage à l'AGV permet de suivre une ligne peinte au sol grâce à des caméras embarquées.
- **Géoguidage** : Le Géoguidage permet aux AGV de se repérer dans leur environnement de travail de façon autonome et de calculer leurs trajets automatiquement. Grâce à cette technologie, les AGV connaissent leur position en permanence et de façon très précise.

I.6.3 Caractéristique d'un AGV dans un TC [04]

L'AGV est caractérisé par :

- Véhicule sans conducteur
- Capable de déplacer le long de trajets prédéterminés et d'exécuter de certaines fonctions

prescrites.

- Véhicule contrôlé automatiquement.
- Défaire la capacité humaine pour des tâches plus difficiles.
- Effectue en permanence 24/24h et 7/7jours.
- Utiles dans l'environnement est potentiellement dangereux pour les humains.

I.7 Véhicules Autonomes Intelligents « IAV »

IAV est un véhicule plus avancé encore au stade de concept qui pourrait être utilisé comme une mise à niveau de l'AGV. Ainsi il est prévu que le système IAV sera plus efficace, plus facile à mettre en place et nécessite moins d'espace pour fonctionner. Il réduit le temps d'attente car il n'a besoin que des cassettes à attendre dans les files d'attente. [05]



Figure I.3 : Véhicule autonome intelligent.

I.7.1 Architecture d'un IAV

L'architecture d'un IAV comprend principalement Cinq modules nécessaires évidents qui sont montées comme suite :

- Microcontrôleur est le point central de cette architecture et est responsable du traitement de données à haut niveau et la prise de décision.
- Module de mémoire SDRAM et Flash sont des composants classiques qui sont responsables en grande partie des données et le stockage des programmes.
- Les actionneurs sont des éléments qui transforment les signaux ou ordres de l'environnement et d'agir directement sur les composants physiques en conséquence de ces ordres.

- Les capteurs sont responsable de la mesure des attributs de TAC et peuvent être de nature différente : scalaire comme température, vidéo, image ou audio. Pour être au courant de son localisation à tout moment dans le déploiement d'un espace confiné, un nœud IAV doit inclure un positionnement global du circuit System (GPS).
- Le module interfaces est prévu pour faciliter les communications directes avec l'extérieur (par exemple des interfaces UART ou USB).

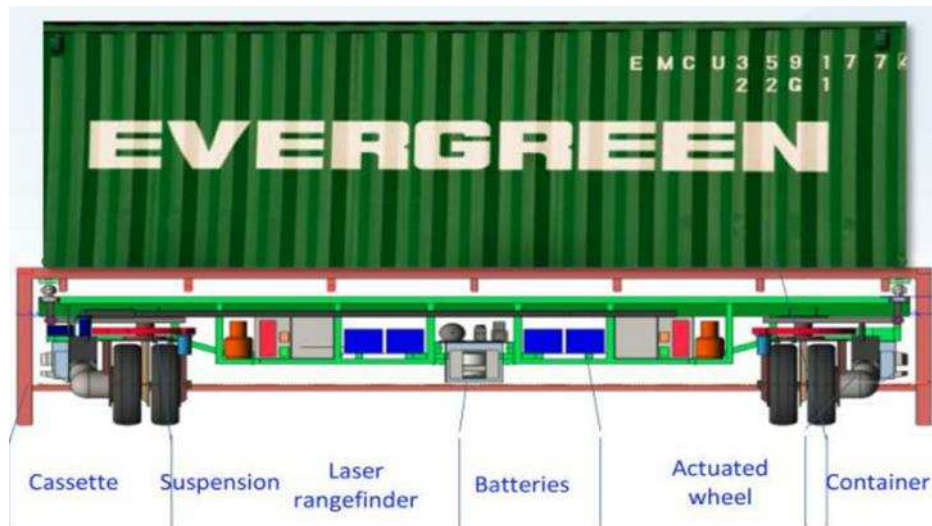


Figure I.4: Architecture de l'IAV.

I.7.2 Propriétés d'un IAV

- Ce type de véhicule travaille sans pilote et sans conducteur.
- IAV fonctionne normalement avec une cassette pour déplacer les conteneurs.
- l'IAV peuvent être couplés physiquement ou virtuellement comme un train.
- IAVs n'ont pas besoin de suivre segments signés de la route pour atteindre une destination et ne pas avoir à suivre des itinéraires particuliers. Au contraire, ils sont MIMO (Multi-sorties multi-entrée) les systèmes équipés de plusieurs capteurs qui leur permettent de bénéficier de systèmes de positionnement géographique (GPS) systèmes de navigation et de plusieurs autres capteurs pour détecter la distance à d'autres véhicules,
- Système IAV doit s'adapter à son environnement. Alors que dans le cas de systèmes AGV, c'est l'environnement existant qui doit être adapté pour eux.

I.7.3 Comparaison entre IAV et AGV [08]

Les IAVs sont des composants systèmes, qui opèrent souvent dans des espaces confinés et sécurisés. Ces véhicules sont utilisés pour améliorer la gestion de trafic, par exemple la vitesse du véhicule est adaptée en fonction de l'état du trafic. De nos jours, des véhicules guidés et automatisés (AGV) sont exploités dans plusieurs ports. Ces véhicules sont caractérisés par le suivi guidé sur le terrain, ou l'environnement d'exploitation doit s'adapter généralement au fonctionnement des AGV.

- L'avantage d'utiliser les IAV dans des applications de routage réside dans leur adaptation à des environnements variables contrairement aux AGV.
- L'exploitation des IAV dans des espaces confinés de type ports maritimes contribue à améliorer la gestion de trafic interne, à travers une gestion optimale du routage. Cette problématique d'optimisation est complexe car elle dépend de plusieurs paramètres tels que la cartographie du train, la densité de la circulation, la météo, l'état de véhicules ... Ainsi, l'optimisation d'un tel système de transport nécessite l'élaboration d'un modèle dynamique adapté aux opérations du trafic dans un environnement complexe. Le tableau 2 résume la différence entre IAV et AGV.

• **Tableau I.1 : Comparaison entre IAV et AGV**

AGV	IAV
Nécessite une infrastructure pour adapter à un environnement	S'adapte aux infrastructures existantes
Un système est livré dans une salle en cas de défaut ou une panne	Configuration fonctionnelle dans différents systèmes
Les routes sont fixes	Identification intelligente de trajectoires basées sur l'état du trafic
Sans conducteur et automatique	Peut être commandé à distance, sous le guidage de l'être humain ou sans pilote

Ne peut pas fonctionner dans un peloton	Arrangement de peloton avec guide et ses subordonnés
Guidés par des itinéraires fixes	Intelligent
Fonctionnement dans un espace confiné seulement	Fonctionnement dans un environnement avec évolution des conditions
Fonctionnement dans un environnement contrôlé	Peut fonctionner dans le secteur du transport multimodal et combiné des espaces confinés urbaines
Moteur diesel	A propulsion électrique

I.8 Conclusion

Ce chapitre a pour but de situer le terminal à conteneurs. A partir de cette représentation, il apparaît évident qu'il y a différents équipements dans un TC, nous intéressons sur les véhicules de transport des conteneurs de la partie de l'aire de stockage, après leur acheminement par les portiques de zone de stockage, vers le quai où ils seront déchargés par les QCs. Pour certains types de moyens de transport, tels que les ALV, la fonctionnalité principale dépasse la mission de transport vers le stockage des conteneurs (rappelons que les ALV jouent un double rôle : le transport et la manutention des conteneurs) [3].

Nous avons aussi parlé des systèmes de transport automatiques existant dans un TC dont on parle des systèmes intelligents en terminant par une comparaison entre les véhicules autonome intelligents (IAV) et les véhicules autoguidés (AGV).

Dans le but d'approfondir la compréhension des systèmes de transport intelligents, le chapitre suivant représente les technologies des réseaux véhiculaires ainsi que les méthodes de communication.

Chapitre II

Communication dans les systèmes de transport intelligents

II.1 Introduction

Les réseaux ad hoc mobiles (MANET) sont des réseaux sans infrastructure fixe, composés d'entités mobiles, appelées aussi nœuds. Ces nœuds communiquent entre eux directement sans l'intervention de points d'accès stationnaires. Dans les années 2000, les réseaux ad-hoc mobiles ont été déployés en particulier dans des environnements fortement dynamiques tels que les réseaux inter-véhicules (VANETs - Vehicular Ad hoc Networks).

Les réseaux véhiculaires regroupent deux grandes classes d'applications, à savoir les applications qui permettent de bâtir un système de transport intelligent ITS (Intelligent transport System) et celles liées au confort ou avertissement du conducteur et des éventuels passagers.

L'objectif majeur de ces applications est de fournir aux véhicules présents dans le réseau, des informations utiles concernant l'état de la circulation routière (info trafic). FleetNet (2001) [1] a été le premier projet STI pour les VANETs. Plus tard, d'autres projets ont également été conçus comme CarTALK 2000 [11], PReVENT [13], NOW (Network on Wheels) [14,15], etc. Actuellement, les réseaux VANETs attirent l'attention de grands constructeurs d'automobiles comme Volvo, BMW, Renault, Mercedes-Benz et beaucoup d'autres. Dans ce contexte, le consortium Car2Car (C2C) [12], réunissant la plupart des constructeurs d'automobiles européens, travaille pour définir et promouvoir des standards pour les technologies sans fil de véhicules.

Les STI ont connu un très grand essor, de nombreux standards, applications et mécanismes de routage ont été proposés pour répondre aux spécificités de cette nouvelle classe de réseaux. Les idées à relever pour leur conception découlent principalement de la forte mobilité des véhicules, de la diversité spatio-temporelle de la densité du trac et de la propagation des ondes radio en environnement extérieur défavorable à l'établissement des communications.

II.2 Technologie des réseaux véhiculaire

Les réseaux véhiculaires offrent une alternative intéressante aux réseaux cellulaires vus leur faible coût et le débit élevé qu'ils offrent. Ils se basent sur les technologies sans fils. La figure suivante représente la hiérarchie des réseaux sans fil où elle schématise l'inclusion des réseaux véhiculaires Ad Hoc VANET dans les réseaux mobile Ad Hoc MANET, les MANET dans les réseaux Mobiles ainsi que les réseaux mobiles dans les réseaux sans fil.

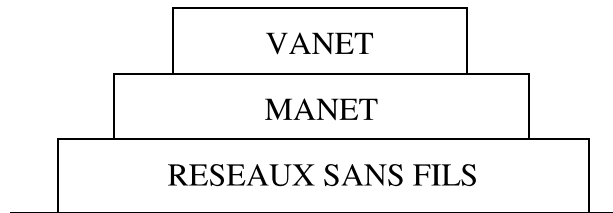


Figure II.1 : Hiérarchie des réseaux sans fil.

-Wi-Fi est une technologie qui vise à offrir un accès au Web sans fil et à haut débit. Le Wi-Fi permet d'affiner le maillage Internet, de rendre l'accès à internet plus confortable et particulièrement de préparer une bonne infrastructure pour les réseaux véhiculaires. En fait, les réseaux Wi-Fi permettent de faire communiquer des équipements compatibles en se basant des normes et des protocoles communs qui se manifeste à travers des bornes d'accès publiques appelées Hot Spots qui se trouvent un peu partout: restaurants, aéroports, facultés, etc...

La norme 802.11 s'attache à définir les couches basses du modèle OSI pour une liaison sans fil utilisant des ondes électromagnétiques, c'est-à-dire :

- La couche physique, proposant trois types de codages de l'information.
- La couche liaison de données, constitué de deux sous-couches : le contrôle de la liaison logique (**Logical Link Control**, ou **LLC**) et le contrôle d'accès au support (**Media Access Control**, ou **MAC**)

II.2.1 Les réseaux mobiles Ad hoc

Un réseau mobile ad hoc, appelé généralement MANET (Mobile Ad hoc NETwork), est un réseau sans fil qui consiste en une grande population, relativement dense, d'unités mobiles

qui se déplacent dans un territoire quelconque et dont le seul moyen de communication est l'utilisation des interfaces sans fil généralement le medium radio.

II.2.2 Réseaux Véhiculaires Ad hoc

Un réseau VANET est une particularité des réseaux MANET où les nœuds mobiles sont des véhicules (intelligents) équipés de calculateurs, de cartes réseau et de capteurs. Comme tout autre réseau Ad hoc, les véhicules peuvent communiquer entre eux (pour échanger les informations sur le trafic par exemple) ou avec des stations de base placées tout au long des routes.

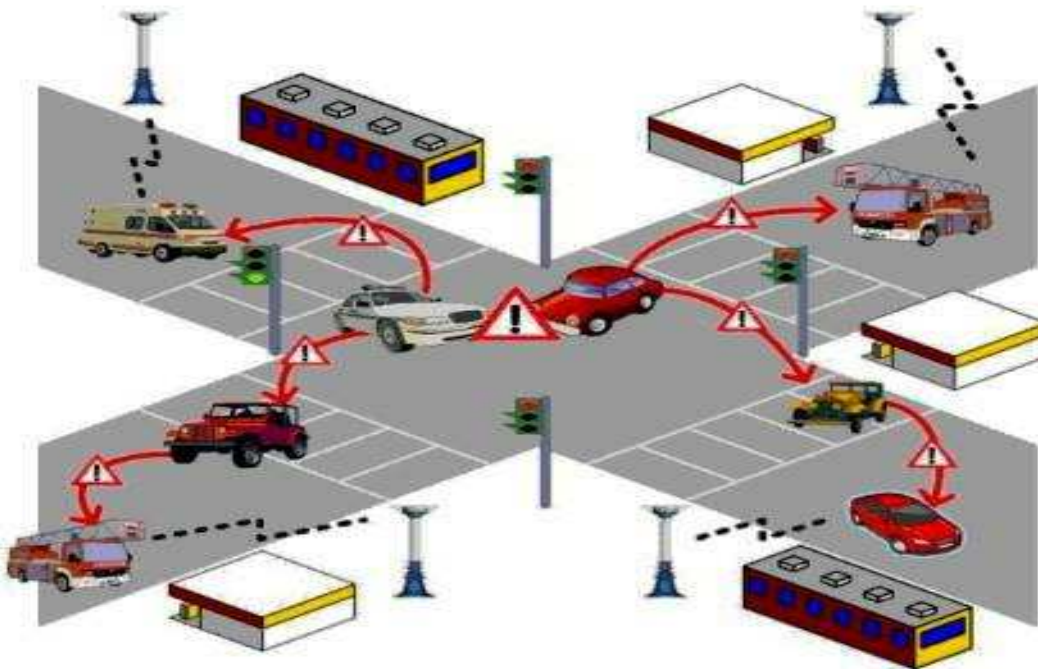


Figure II.2 : Exemple d'un réseau VANET[6]

II.2.2.1 Le Nœud du réseau VANET

Un nœud d'un réseau VANET est un véhicule équipé de terminaux tels que les calculateurs, les interfaces réseaux ainsi que des capteurs capables de collecter les informations et de les traiter. On parle de la notion de « véhicule intelligent ». La figure modélise un véhicule intelligent.

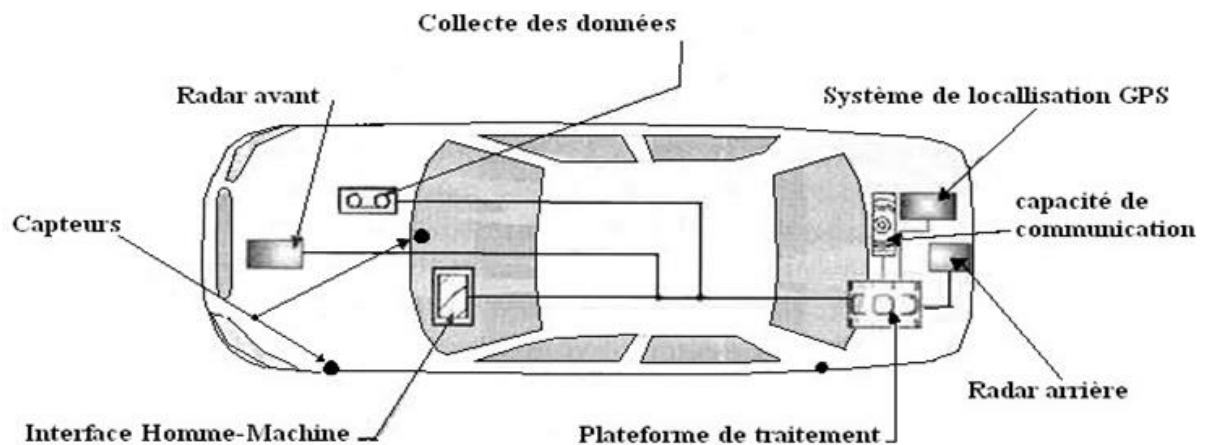


Figure II.3 : Véhicule intelligent.[6]

II.2.2.2 Protocoles de routage dans les réseaux VANET[6]

Différentes solutions pour le routage dans les réseaux VANET ont été proposées, nous distinguons deux classes de protocoles de routage: les protocoles basés sur la topologie qui sont divisés en protocoles proactifs, réactifs et hybrides et les protocoles basés sur la localisation (position) qui utilisent la position physique des nœuds mobiles pour configurer le routage. Parmi les protocoles de routage VANET, on cite:

a. Protocole GSR (Geographic Source Routing)

GSR est un protocole de routage géographique qui combine le routage basé sur la localisation avec le routage basé sur la topologie des routes pour construire une connaissance adaptée à l'environnement urbain. Le principe de GSR est que le véhicule source désirant envoyer des données vers un véhicule cible, calcule le chemin de routage le plus court à partir des informations géographiques d'une carte routière et en utilisant les algorithmes de recherche du plus court chemin, par exemple Dijkstra. A partir du chemin de routage calculé, le véhicule source sélectionne ensuite une séquence d'intersections par lesquelles le paquet de données doit transiter afin d'atteindre le véhicule destinataire. Cette séquence d'intersections est constituée d'un ensemble de points géographiques fixe de passage du paquet de données. Pour envoyer les messages d'une intersection à une autre, l'approche Gloutonne est utilisée.

b. Le protocole A-STAR (Anchor-based Street and Traffic Aware Routing)

A-STAR est un protocole de routage basé sur la localisation (position) pour un environnement de communication véhiculaire métropolitain. Il utilise particulièrement les

informations sur les itinéraires d'autobus de ville pour identifier une route d'ancre (Anchor route) avec une connectivité élevée pour l'acheminement des paquets. A-STAR est similaire au protocole GSR du fait qu'ils adoptent les deux une approche de routage basée sur l'ancrage (Anchor based) qui tient compte des caractéristiques des rues. Cependant, contrairement à GSR, il calcule les Anchor paths en fonction du trafic (trafic de bus, véhicules, etc.). Un point est associé à chaque rue en fonction de sa capacité (grande ou petite rue qui est desservie par un nombre de bus différent). Les informations de routes fournies par les bus donnent une idée sur la charge du réseau véhiculaire dans chaque rue. Ce qui donne une image de la ville à des moments différents.

c. Protocol UMB (Urban Multi hop Broadcast Protocol)

C'est un protocole efficace de la norme 802.11, basé sur l'algorithme de diffusion multi saut pour les réseaux inter véhiculaires avec support d'infrastructure, dans le but de réduire les collisions et d'utiliser efficacement la bande passante. Contrairement aux protocoles de diffusion par inondation, UMB confie les opérations d'envoi et de reconnaissance des paquets aux nœuds les plus éloignés sans connaître à priori des informations sur la topologie du réseau.

UMB est décomposé en deux phases : la première appelée diffusion directionnelle, où le véhicule source sélectionne un nœud dans la direction de diffusion pour faire un relai de données sans aucune information sur la topologie. La deuxième diffusion aux intersections pour disséminer les paquets dans toutes les directions, pour cela UMB utilise des répéteurs installés dans les intersections pour l'envoi des paquets vers tous les segments. On suppose que chaque véhicule est équipé par un récepteur GPS (Global Position System) et une carte routière électronique. Le principal avantage du protocole UMB est la fiabilité de diffusion multi-saut dans les canaux urbains.

II.2.2.3 Applications des VANet:

Les applications prévues avec cette technologie sont :

- Appel d'urgence
- Transfert de données (musique MP3, fichiers en provenance du bureau ou de la maison)
- Accès à Internet
- Péage électronique

Les applications en temps réel

- Info trafic urbain et météo en temps réel
- Alertes en cas de violations imminentes ou des feux de circulation.
- Notification en cas de freinage urgent
- Activation du système et échange de données avant crash.
- Alerte en cas d'accident

II.3. WAVE

Le standard WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) décrit l'ensemble des standards IEEE 1609.x déployés au niveau de la couche MAC (niveau 2) et de la couche réseau (niveau 3) du modèle OSI. Au niveau de la couche physique (niveau 1), c'est le standard IEEE 802.11p qui est utilisé. L'ensemble de WAVE et IEEE 802.11p, forme le standard

DSRC est actuellement considéré comme le standard le plus approprié pour les communications sans fil dans les réseaux ad hoc de véhicules. Grâce au standard DSRC, il est possible d'établir une communication véhicule-à-véhicule (VàV) ainsi qu'une communication véhicule-à-infrastructure

(VàI). Le standard DSRC est compatible avec les contraintes des réseaux de véhicules fortement dynamiques. En effet, il offre une fiabilité de communication ainsi qu'une faible latence lors de l'établissement de la communication. Les caractéristiques de DSRC sont :

- supporte une vitesse des véhicules dépassant 200km/h,
- offre une portée radio variant entre 300 et 1000 mètres,
- garantit un temps de latence pour l'établissement de la communication ne dépassant pas 50 ms, enfin,
- permet un débit théorique (bande passante) atteignant 6 Mbps.

II.4 Technologies utilisées dans la communication véhiculaire

Les réseaux véhiculaires par analogie à ce qui existe dans les réseaux sans fil peuvent être déployés suivant trois catégories.

II.2.1 Communication de véhicule à véhicule

Dans cette catégorie, un réseau de véhicule est vu comme un cas particulier du réseau MANET (Mobile Ad Hoc Network) où les contraintes d'énergie, de mémoire et de capacité

sont relaxées et où le modèle de mobilité n'est pas aléatoire mais prévisible avec une très grande mobilité. Cette architecture peut être utilisée dans le scénario de diffusion d'alertes (freinage d'urgence, collision, ralentissement...) ou pour la conduite coopérative.

Aucune infrastructure n'est utilisée, aucune installation n'est nécessaire sur les routes et tous les véhicules sont équipés pour communiquer directement entre eux n'importe où, que ce soit sur les autoroutes, des routes de montagnes ou des routes urbaines, ce qui donne une communication moins coûteuse et plus flexible.

Cette approche souffre de certains inconvénients dont nous citons :

- Les délais de communication qui sont élevés, étant donné que la communication se fait en utilisant le multi sauts.
- Les déconnexions fréquentes dues au fait que les véhicules sont mobiles.
- La sécurité réseau est très limitée

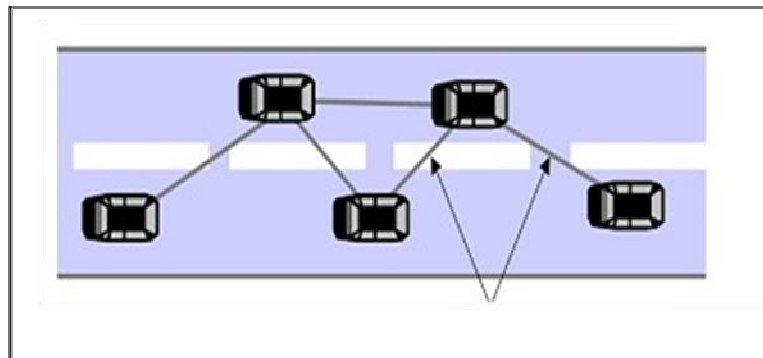


Figure II.4: Communication véhicule à véhicule

II.2.2 Communication de véhicule avec utilisation d'infrastructures

Dans cette catégorie, on ne se concentre pas seulement sur des simples systèmes de communications inter véhicules mais aussi ceux qui utilisent des stations de bases ou points d'infrastructure RSU (Road Side Units, dénomination proposée par le consortium C2C-CC). Cette approche repose sur le modèle client/serveur où les véhicules sont les clients et les stations installées le long de la route sont les serveurs. Ces serveurs sont connectés entre eux via une interface filaire ou sans fil. Toute communication doit passer par eux. Ils peuvent aussi offrir aux utilisateurs plusieurs services concernant le trafic, accès à internet, échange de données de voiture-à-domicile et même la communication de voiture-à-garage pour le diagnostic distant.

L'inconvénient majeur de cette approche est que l'installation des stations le long des routes est une tâche coûteuse et prend beaucoup de temps, sans oublier les coûts relatifs à la maintenance des stations.

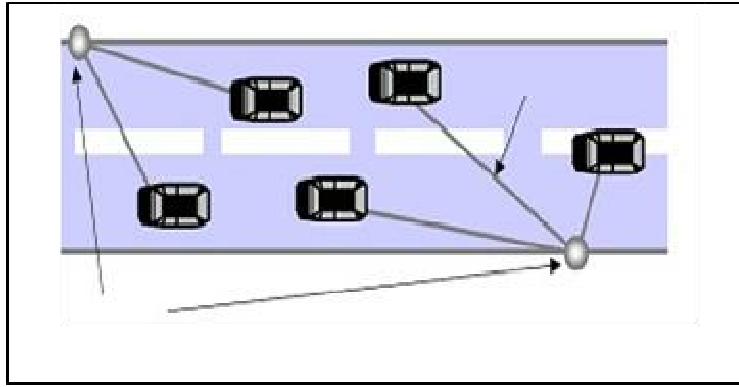


Figure II5 : Communication véhicule à station de base.

II.2.3 Communication Hybride

La combinaison des communications véhicule à véhicules avec les communications de véhicules avec utilisation d'infrastructures, permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures (stations de bases) étant limitées, l'utilisation des véhicules comme relais permet d'étendre cette distance. Dans un but économique et afin d'éviter la multiplication des stations de bases à chaque coin de rue, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance.

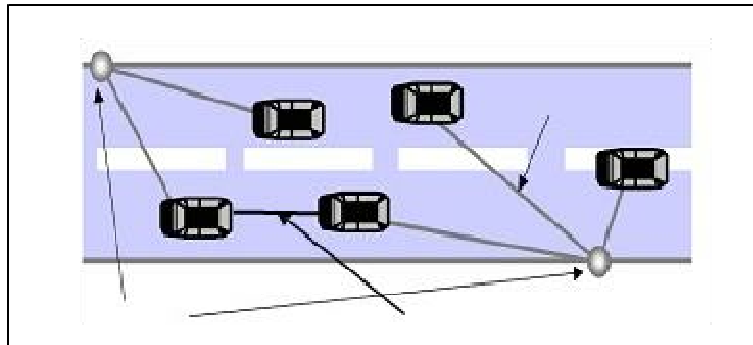


Figure II.6 : communication hybride

II.6 Conclusion

Les réseaux mobiles sans fil peuvent être classés en deux catégories : les réseaux avec infrastructure ou cellulaires qui nécessitent généralement l'installation des stations de base et les réseaux sans infrastructure ou Ad Hoc caractérisés par leur dynamisme, facilité et rapidité de déploiement. Ces caractéristiques les rendent utilisables dans plusieurs applications à savoir les applications militaires, environnementales, médicales et de sécurité routière.

Dans le but d'approfondir la compréhension des terminaux à conteneurs, le chapitre suivant représente une étude sur quelques Layouts pour l'acheminement des conteneurs de l'espace de quai à l'espace de stockage en définissant quelques problèmes.

Chapitre III

Proposition des Schémas de routage et un mécanisme de coopération entre les IAV

III.1 Introduction

Comme notre mémoire a pour objectif d'améliorer le déplacement des IAV, cette amélioration est dictée par le bon choix d'un routage optimal sans risque de collision ni inter blocage. Deux problèmes peuvent avoir lieu dans ces intersections et à lesquels le mécanisme proposé peut faire face : le problème de collision entre IAV's et le problème d'inter-blocage entre IAV's. Dans ce chapitre, nous allons présenter la conception graphique des différentes configurations de transport interne (nommés layouts) des IAV's. Ainsi qu'un mécanisme de contrôle de la circulation des IAV dans des endroits sensibles tels que les intersections.

III.2 conception de l'environnement d'étude

Avant d'entamer la partie conception de notre projet, nous présentons dans ce qui suit quelques définitions et notations utiles qui seront utilisées dans ce chapitre.

- **Route** : est une ligne connecter deux point d'intersections, elle est caractérisée par un identificateur et une vitesse maximale.
- **Véhicule prioritaire** : un véhicule est dit prioritaire s'il a le droit de circuler sur son chemin sans être obligé de marquer des attentes (si un véhicule prioritaire est devant un autre véhicule prioritaire, la notion de priorité ne s'applique pas). Ainsi, tout véhicule non prioritaire doit obligatoirement céder le passage aux véhicules prioritaires.
- **Limites de l'espace de circulation** : sont les limites traçant la partie du terminal à conteneurs effectivement utilisée comme étant une zone de mouvement des véhicules.
- **Les voies** : La voie est un segment de route sur laquelle le véhicule peut se déplacer avec direction prédéfinie et elle est soit multiples (2 voies parallèles ou plus) soit unique (une seul voie)
- **Les directions** : Une direction est le guide des véhicules qui doit être suivi pour traverser d'une route à une autre.
- **Positions des véhicules** : chaque véhicule peut déterminer sa position et aussi détecter la présence des autres véhicules circulant dans sa zone de communication.

- **Les nœuds mobiles :** les nœuds mobiles représentent les véhicules dont la mobilité est simulée par le modèle. Chaque nœud est représenté par des paramètres de mobilité définitifs (gardant les mêmes valeurs au long de la simulation), et par des paramètres temporaires (qui changent de valeur à tout instant).
- **Distance de sécurité :** la distance de sécurité est définie par la distance qui sépare deux véhicules. Elle dépend notamment de la longueur du véhicule, de sa vitesse actuelle et du temps de réaction.

III.3 Les schémas de routage d'IAVs proposés

Dans cette section, deux modèles de layouts sont proposées : circulation en boucle et circulation croisé.

III.3.1 Circulation en boucle

La circulation en boucle est similaire aux méthodes actuellement utilisé puisqu'elle consiste à faire passer les IAVs au long du quai, ensuite diriger vers la pile et à la fin les rediriger vers le navire sans qu'aucuns chemins ne se croisent. La figure 3.1 illustre le principe de circulation en boucle.

L'inconvénient de cette circulation est que la distance parcourue par un véhicule pour une tâche précis est beaucoup plus longue, comme indique la figure 3.1. C'est pour cette raison que la circulation croisée a été prévue.

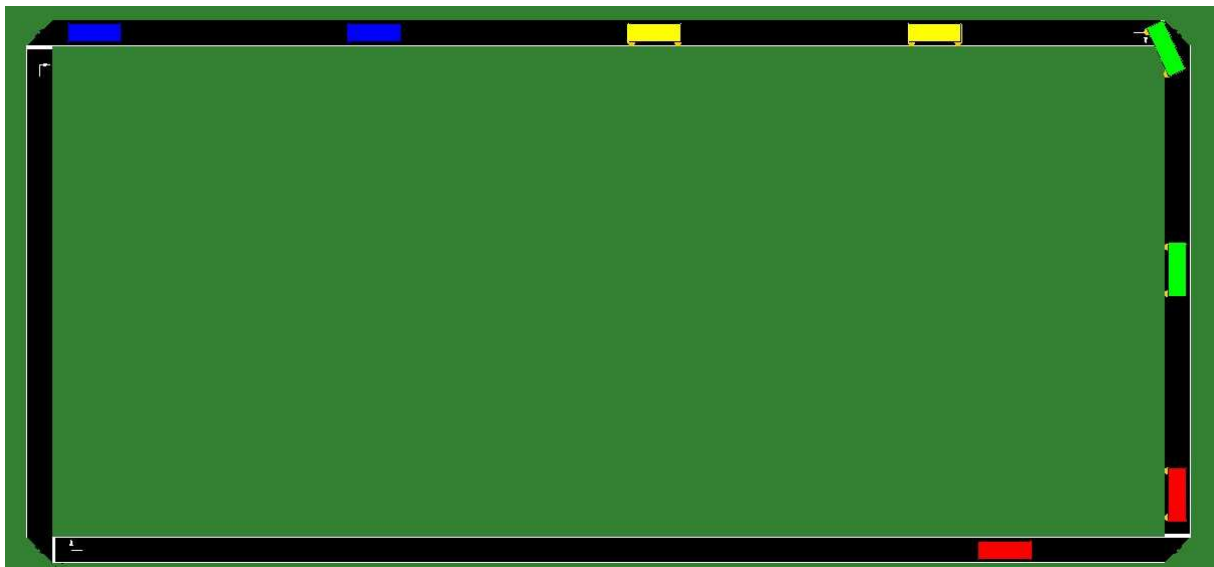


Figure III.1 : circulation en boucle

III.3.2 La circulation croisée

Dans la circulation croisée, les véhicules peuvent passer directement de la pile à la grue de quai sans avoir fait un tour sur toute la zone de transport, la figure 3.2 représente un schéma de circulation croisé avec des routes sont unidirectionnelles et les voies sont uniques.

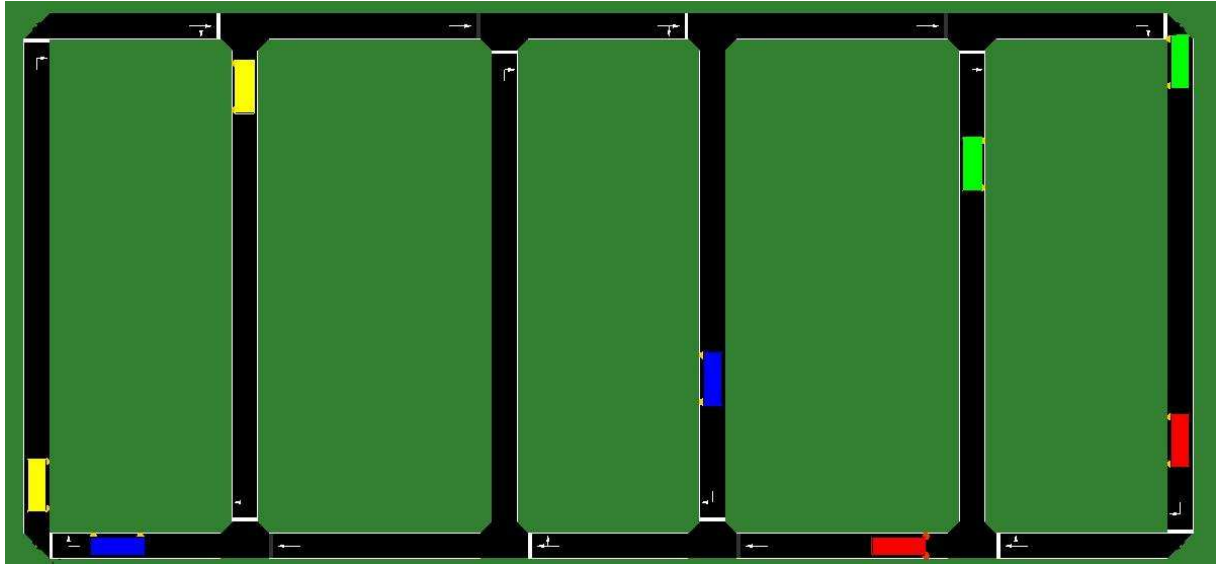


Figure III.2 : circulation croisée

III.3 Planification de tâches aux véhicules

La planification des activités de transport entre le quai et les piles de stockage, au niveau opérationnel, consiste à déterminer quelle stratégie sera utilisée pour affecter les véhicules aux tâches de transport. Il existe deux stratégies, soit l'affectation d'un groupe de véhicules à une grue de quai ou la mise en commun des véhicules qui peuvent ainsi servir toutes les grues sur tous les navires.

L'avantage de la seconde stratégie est qu'elle permet une meilleure utilisation des véhicules puisqu'elle diminue le nombre de déplacements sans chargement. Par contre, la coordination des véhicules et des grues est beaucoup plus complexe. Puisqu'elle doit être effectuée en temps réel, il est donc impossible d'avoir un plan d'affectation préétablie. C'est pourquoi en pratique la mise en commun des véhicules est seulement utilisée dans les terminaux qui utilisent des véhicules de transport automatisés, tandis que les autres terminaux appliquent une stratégie de véhicules dédiés, qu'il s'agisse de camions ou de chariots de cavaliers. En effet, avec l'adoption des technologies de communication sans fil, les réseaux ont connu ces dernières années un démarrage extraordinaire et s'imposent aujourd'hui de façon indéniable.

Au départ en simulate à toute IAV le conteneur a chargé et le dépôt où il va le déchargé donc à travers ces données l'IAV désigne son chemin.

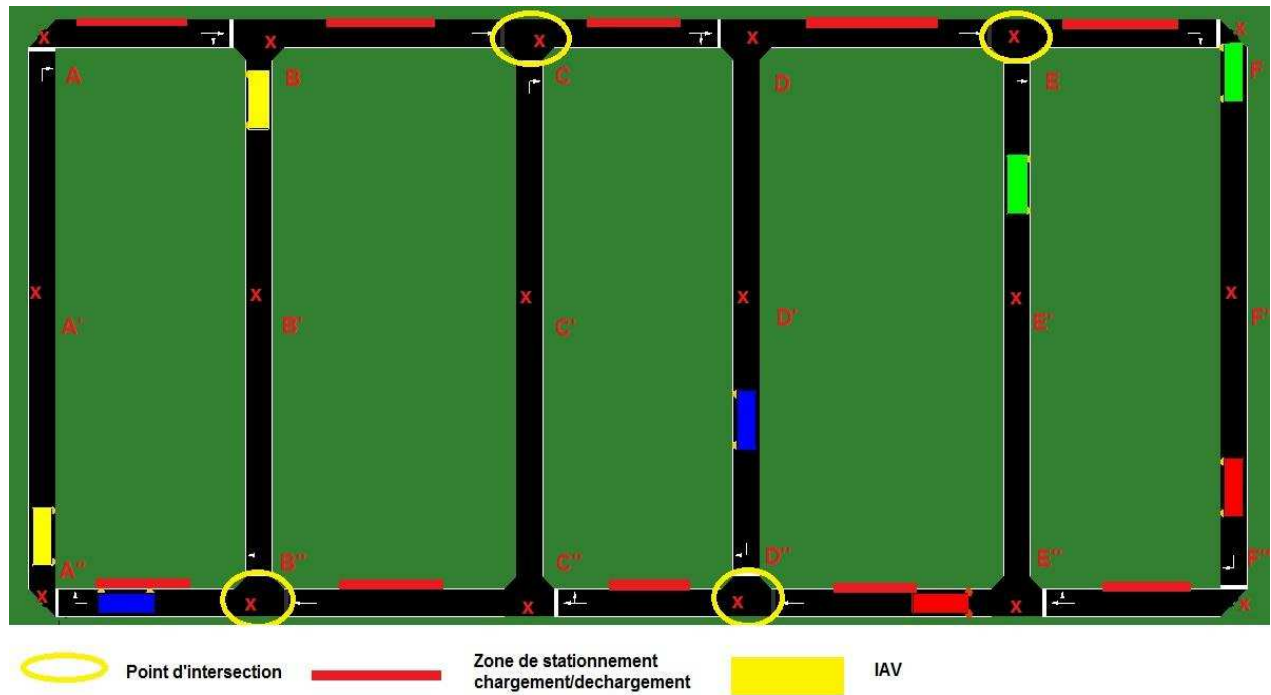


Figure III.3 : Schéma montre les points d'intersection

III.5 problématique

La circulation croisée permet de diminuer le nombre de véhicules utilisés par rapport à la circulation en boucles et optimiser le temps d'exécution (Chargement/Déchargement). Mais dans ce type de circulation, les véhicules peuvent être en conflit avec d'autres.

Deux véhicules désirant accéder à la même zone où un IAV est à l'intérieure d'une région et d'autre IAV vient d'y accéder, c'est-à-dire si les deux IAVs A et B veulent accéder à une intersection, dans ce cas on dit que les deux IAVs entre en collision.

Théoriquement, un inter-blocage peut être une situation où un ou plusieurs processus Simultanés dans un système sont bloqués, car la demande de ressources par les processus ne peut être satisfaite. La figure III.3 illustre bien ces deux problèmes.

Les problèmes de routage des véhicules de transport automatisé consistent à effectuer les véhicules de transport interne aux tâches de transport à effectuer, de manière à minimiser la distance totale parcourue par les véhicules. La distance totale dépend des transports à vide, des routes affectées aux véhicules et de la congestion du terminal.

Mécanisme de coopération entre IAVs

Il y a plusieurs scénarios pour qu'un IAV se déplace de la zone de quai à la zone de stockage, à un moment donné de la circulation il peut y avoir des conflits entre les véhicules ou des obstacles qui interrompent la mission de chargement/déchargement des conteneurs, parmi ces conflits nous pouvons citer les collisions et l'inter blocage

III.5.1 communication entre les IAV's

Pour la communication entre IAV's, nous avons implémenté trois message de type wsm :

- **Message HELLO** : il est périodique, à chaque moment donné, chaque IAV l'envoi à ces voisins.
- **Message de coopération** : est un message utilisé par les IAV's pour communiquer entre eux en cas de concurrence dans une intersection pour décider qui passe le premier.
- **Message acquittement** : il modélise la coopération entre les IAV's en concurrence.

III.5.3 Notion de voisinage

Chaque IAV doit détecter ses voisins adjacents, c'est-à-dire ceux avec qu'il a des liens de communications directs. En raison de l'incertitude de la propagation radio, le lien entre deux nœuds voisins peut être unidirectionnel. Les liens considérés comme valides sont ceux vérifiés dans les deux directions. Le principe de la détection du voisinage est que chaque nœud diffuse périodiquement un message HELLO qui contient sa position géographique. Les échanges des messages HELLO permettent à chaque nœud de découvrir ses voisins à un saut.

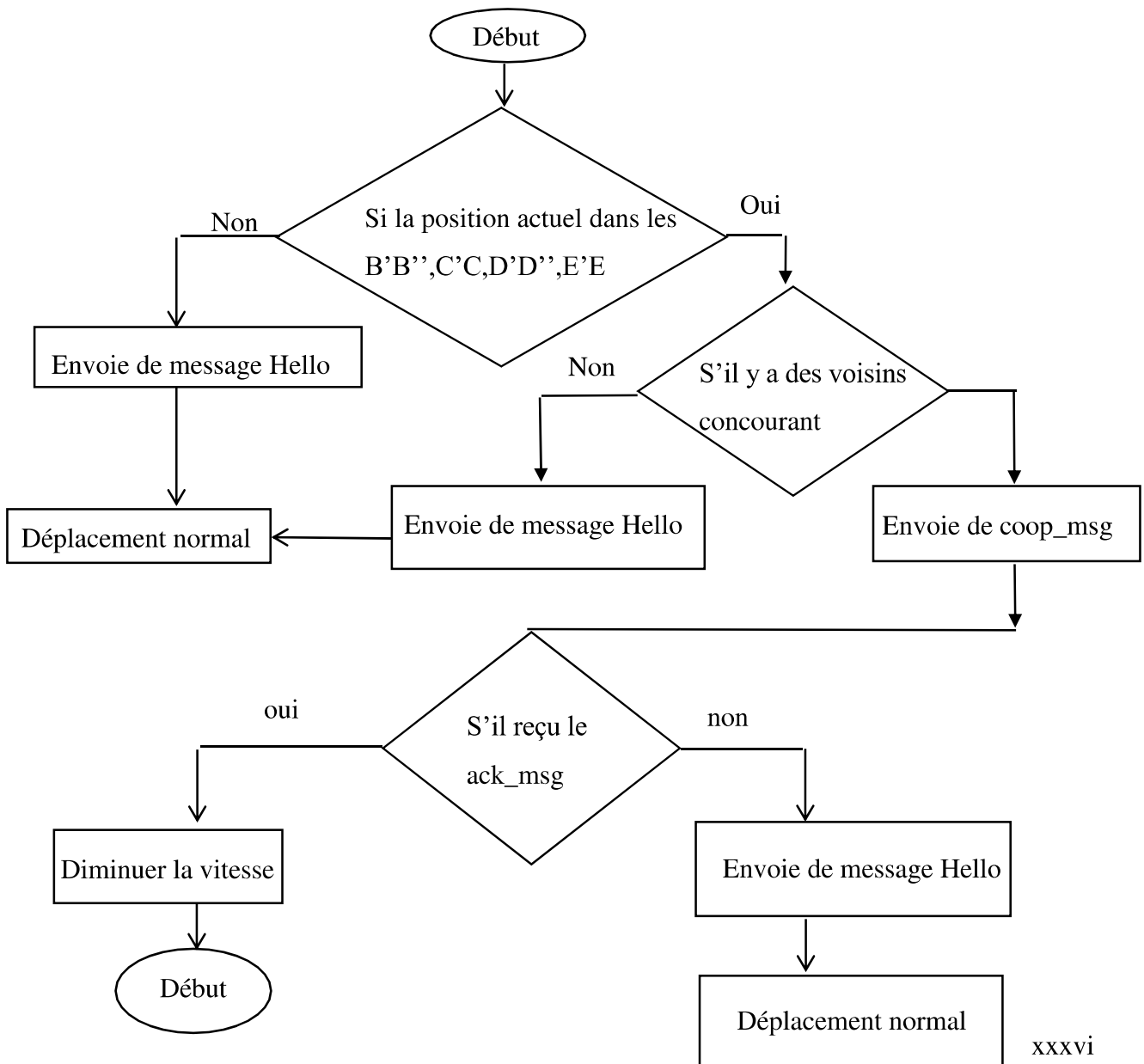
Chaque IAV a sa propre liste de voisins, et elle est variable, à n'importe qu'elle moment elle peut changer (ajouter ou supprimer un voisin, ceci dépendra de la situation des véhicules).

III.6 Conventions de circulation croisé

- Les informations de voisinages sont maintenues dans une base d'information qui contient des informations des voisins à un saut. Au début des échanges, les véhicules ne possèdent aucune information sur leur voisinage si l'IAV B par exemple reçoit le message HELLO de l'IAV A, il déduit que le véhicule A est un voisin. Les IAVs dans les deux voies horizontales de l'extrémité du terminal sont prioritaires à celles des voies verticales (c'est une convention prise dans cette étude).

- Les véhicules vont donc envoyer périodiquement un message Hello à leurs voisins (en broadcast).
- Les messages HELLO reçus permettent à chaque véhicule de mémoriser les positions des voisins dans une liste de voisinage.
- Lorsqu'un IAV se déplace dans un des voies (B'B'', C'C, D'D'', E'E), il doit vérifier qu'il n'y a pas d'autres IAVs proches de cette intersection (on les appelle IAVs concurrents), pour cela il envoie un message de coopération contenant sa position.
- Si l'IAV reçoit un message d'un autre voisin IAV concurrent qui est moins prioritaire, celui-ci doit envoyer un message d'acquiescement.
- IAV qui reçoit message Ack marque une attente après avoir diminué progressivement sa vitesse.

III.5.4 Organigramme de mécanisme d'évitement de collision / inter- blocage



III.7 Présentation de l'environnement de simulation

Le modèle de mobilité que nous avons implémenté est un modèle de mobilité permettant de créer un environnement des véhicules autonomes intelligent d'un terminal maritime de la zone de transport proche de la réalité. Il utilise des scénarios routiers réels. Dans ce modèle les véhicules circulent sur des routes bien tracées en respectant le chemin, vitesse limité, et les priorités entre les véhicules.

Nous avons utilisés deux simulateurs pour réaliser notre modèle, nous avons utilisés le simulateur SUMO pour construire les routes et OMNET++ pour défini la communication entre les véhicules.

Pour relier les deux simulateurs il faut créer un port de communication entre SUMO et OMNET++, la commande suivant réaliser ça :

```
C:\...\omnetpp-4.3.1>python C:\...\viens-2.1\sumo-launchd.py -vv -c C:\...\sumo-0.17.1\bin\sumo-gui.exe
```

III.7.1 Le simulateur OMNET++

Présentation

Dans ce projet, nous allons réaliser nos expérimentations à l'aide d'OMNET++ qui est un simulateur à évènements discrets orienté objet, basé sur C++. Il a été conçu pour simuler les systèmes réseaux de communication, les systèmes multi processeurs, et d'autres systèmes distribués. OMNET++ est un projet open source dont le développement a commencé en 1992 par Andras Vargas à l'université de Budapest.

Actuellement, Ce simulateur est utilisé par des dizaines d'université pour la validation de nouveaux matériels et logiciels, ainsi que pour l'analyse de performance et l'évaluation de protocoles de communication.

L'avantage de OMNET ++ est sa facilité d'apprentissage, d'intégration de nouveaux modules et la modification de ceux déjà implémentés.

Architecture d'OMNET++

L'architecture d'OMNET++ est hiérarchique composé de modules. Un module peut être soit module simple ou bien un module composé. Les feuilles de cette architecture sont les modules simples qui représentent les classes C++. Pour chaque module simple correspond un fichier **.cc** et un fichier **.h**. Un module composé est composé de simples modules ou d'autres modules composés connectés entre eux. Les paramètres, les sous modules et les ports de chaque module sont spécifiés dans un fichier **.ned**.

Par exemple dans notre application on a un module composé qui s'appelle « car » (véhicule), elle contient des modules simple «arp », «nic », « mobility », «appl »

```
module Car
{
    parameters:
        string applType; //type of the application layer
        string mobilityType; //type of the mobility module
    gates:
        input radioIn; // gate for sendDirect
    submodules:
        arp: BaseArp { parameters:
            @display("p=152,50");
        }

        nic: Nic80211p { parameters:
            @display("p=60,166");
        }

        mobility: <mobilityType> like IMobility { parameters:
            @display("p=130,172;i=block/cogwheel");
        }

        appl: TestWaveApplLayer { @display("p=60,35");
        }
}
```

La communication entre les différents modules se fait à travers les échanges de messages. Les messages peuvent représenter des paquets, des trames d'un réseau informatique, des clients dans

une file d'attente ou bien d'autres types d'entités en attente d'un service. Les messages sont envoyés et reçus à travers des ports qui représentent les interfaces d'entrer et de sortie pour chaque module.

Dans l'exemple précédent, nous avons établi les communications entre différentes sous-module de module « car » comme suite :

```
nic.upperLayerOut --> appl.lowerLayerIn;
appl.lowerLayerOut --> nic.upperLayerIn;
nic.upperControlOut --> appl.lowerControlIn;
appl.lowerControlOut --> nic.upperControlIn;
radioIn --> nic.radioIn;
```

La conception d'un réseau se fait dans un fichier **.ned** et les différents paramètres de chaque module sont spécifiés dans un fichier de configuration (**.ini**). OMNET++ génère à la fin de chaque simulation deux nouveaux fichiers **omnet.vec** et **omnet.sca** qui permettent de tracer les courbes et calculer des statistiques.

La simulation lancée par clic droit sur le fichier : `omnetpp.ini` → Run As → `omnet++ simulation`.

Il y a deux modules nécessaires pour faciliter le couplage bidirectionnel entre OMNET++ et serveur de trace (SUMO).

- **TraCIScenarioManager**

TraCIScenarioManager relie OMNET++ à un serveur de Trace des simulations de la circulation (SUMO), il met en place et contrôle des expériences de simulation, aussi contrôle le déplacement des nœuds à l'aide d'un module de TraCIMobility, voilà quelque paramètre de TraCIScenarioManager :

Tableau III.1 : Les paramètres de TraCIScenarioManager

Paramètre	Valeur par défaut	Description
Debug	True	Emettre des messages de débogage.
updateInterval	1s	Intervalle de temps des mises à jour de position des hôtes
ModuleType	wirelessHostSimplified	Type de module pour être utilisé dans la simulation.
moduleName	host	Nom de module pour être utilisé dans la simulation.
moduleDisplayString		Module displayString à être utilisé dans la simulation.
Host	localhost	Hôte du serveur trace
port	8888(9999 pour le sumo-launchd)	Port du serveur trace
launchConfig	(Uniquement pour le sumo-launchd)	Lancer la configuration à envoyer au sumo-launchd
AutoShutDown	Vrai	Shutdown Module dès que pas plus de véhicules sont dans la simulation
margin	25	Marge pour ajouter à l'ensemble reçu des positions du véhicule

- **TraCIMobility**

TraCIMobility est un module de mobilité pour les hôtes contrôlés par TraCIScenarioManager il reçoit position et l'état des mises à jour d'un module externe et met à jour le module parent en conséquence, voilà quelque paramètre de TraCIMobility.

III.8.2 Le simulateur SUMO

Pour la phase expérimentale de notre étude, nous avons choisi un environnement de simulation de réseau routier appelé SUMO (Simulation of Urban MObility) [4]. SUMO est un environnement autonome qui exécute des simulations routières microscopiques, c.a.d. que le comportement de chaque véhicule est géré individuellement selon un modèle de poursuite routière (*car following model* en anglais). SUMO offre une interface permettant d'opérer les simulations en mode client-serveur. Dans ce mode un système externe tel que notre cas d'essai ITS peut contrôler dynamiquement l'exécution pas à pas d'un scénario de simulation routière par l'entremise d'une interface de contrôle de trafic dénommée TraCI (*Traffic Control Interface* en anglais) et implémentée à l'aide du protocole TCP/IP. Alternativement les simulations SUMO peuvent aussi être effectuées en mode autonome. En mode serveur, SUMO initialise

une simulation en chargeant d'abord deux fichiers qui définissent la configuration du réseau et le trafic routier. Le simulateur se met ensuite en mode serveur et attend les commandes de contrôle qui lui seront soumises via l'interface *TraCI*. Ces commandes peuvent contrôler l'avancement de l'horloge, modifier les comportements des éléments physiques du réseau (ex. véhicules, feux de signalisation, voies de circulation). Le client (dans ce cas, le banc d'essai) peut superviser à chaque pas d'horloge l'état de la simulation et interroger l'état général du réseau ou des ses éléments individuels de manière à obtenir par exemple la position et la vitesse des véhicules, le taux d'occupation des voies, l'état d'un feu de signalisation. Les actions de contrôle et les requêtes de données d'état sont gérées par les *Agents Environnement* de notre cadre ITS.

Nous avons utilisés SUMO pour défini les routes, les véhicules, et la taille de Layouts, pour programme tout ça il faut créer des fichiers .XML suivant :

- Le fichier name.nod.xml : contient les coordonnées des nouds.
- Le fichier name.edge.xml : contient les vois entre les nouds.
- Le fichier name.con.xml : contient les connexions entre les vois.
- Le fichier name.rou.xml : contient les routes et les véhicules.
- Le fichier name.type.xml : contient les priorités des voix.
- Le fichier name.net.xml : ce fichier créer par la réalisation de la commande netconvert qui regroupé les fichiers name.nod.xml, name.edge.xml, name.con.xml, name.type.xml.

```
C:\exemple>netconvert -n name.nod.xml -e name.edge.xml -t  
name.type.xml -c name.con.xml -o name.net.xml
```

III.3 Mixim (Mixed Simulator)

MIXIM est une plateforme de modélisation créé pour les réseaux mobiles et fixes sans fil (réseaux de capteurs sans fil, les réseaux de corps, les réseaux ad-hoc, les réseaux de véhicules, etc.) Il propose des modèles détaillés de propagation radio à ondes, interférences estimation, émetteur-récepteur radio consommation d'énergie et les protocoles MAC sans fil.

III.4 Veins

Veins [10] est une plateforme open source pour les simulations du réseau des véhicules. Il est basé sur deux simulateurs bien établies: OMNeT++ et SUMO (simulateur de trafic routier). Il les étend à offrir une gamme complète de modèles pour la simulation IVC.

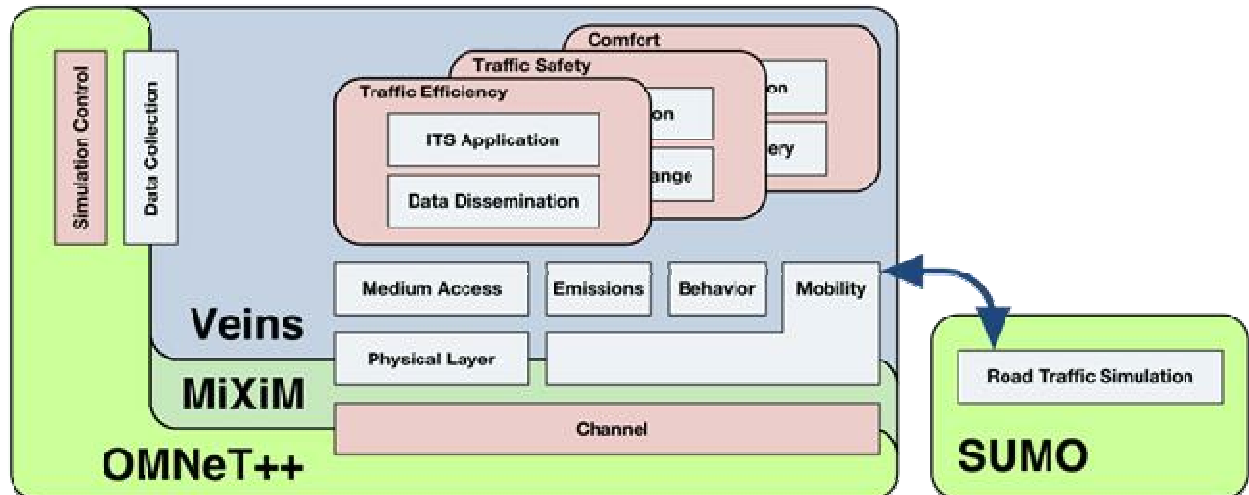


Figure III.4 : Architecture de simulation de Veins (OMNeT++ & SUMO)[10]

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents layouts de la zone réservée aux IAVs pour le transport des conteneurs d'un port maritime, le contrôle de trafic des IAVs. Nous avons mis l'accent sur le mécanisme de coopération en IAVs pour gérer la concurrence en présence d'intersections dans le terminal.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons les résultats de la simulation que nous avons proposé pour expérimenter les deux scénarios de routage d'IAVs afin d'acheminer des conteneurs de l'espace de quai à l'espace de stockage en évitant certains problèmes tel que la collision et l'inter blocage.

Chapitre VI

Analyse des résultats

VI.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la simulation de notre modèle de communication sous Omnet++ et la mobilité des IAV sous SUMO suivant les layouts proposés afin d'éviter les collisions au niveau des point d'intersections.

Dans ce chapitre nous présenterons quelques résultats de la simulation, pour fait une étude comparative entre les deux Layouts, pour montrer le meilleur choix entre les types de circulation proposé.

VI.2 Les interfaces de notre application

Notre application contient trois interfaces, deux lancés par OMNET++ et une lancé par SUMO.

Une des interfaces d'OMNET++ contient les informations sur la simulation et l'autre représente une petite interface graphique pour voir bien comment transfère les messages, l'interface de SUMO représente le graphisme de notre application.

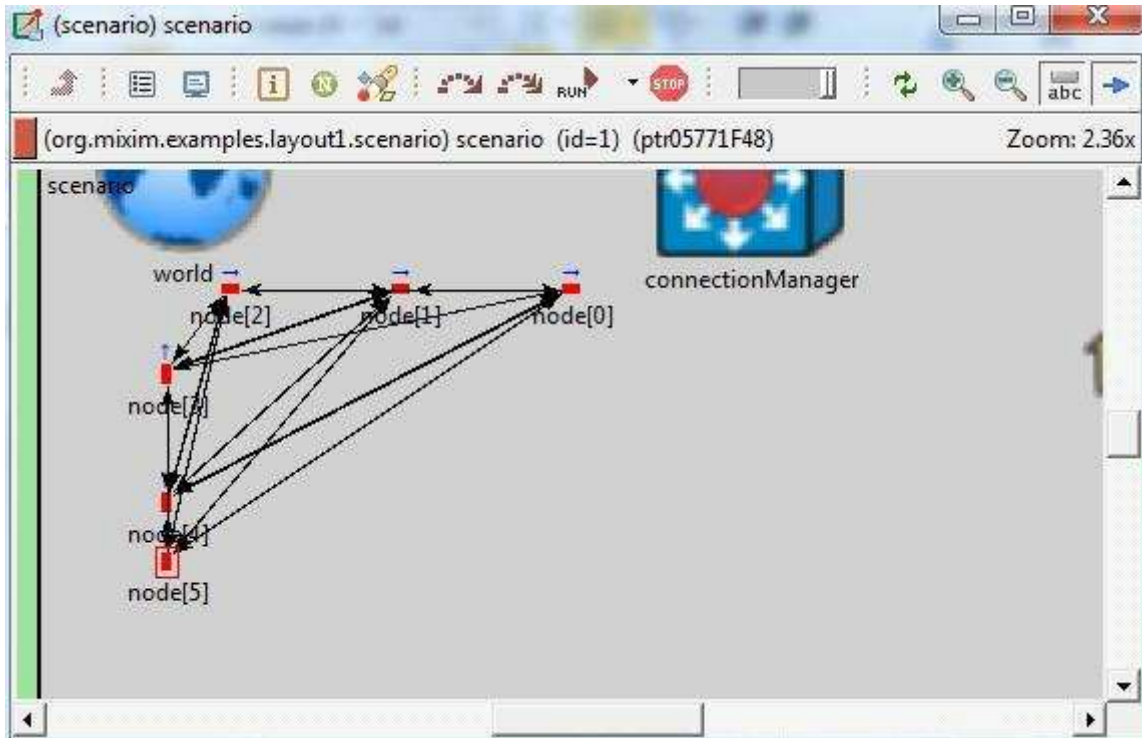


Figure VI.1 : interface graphique (OMNE++)

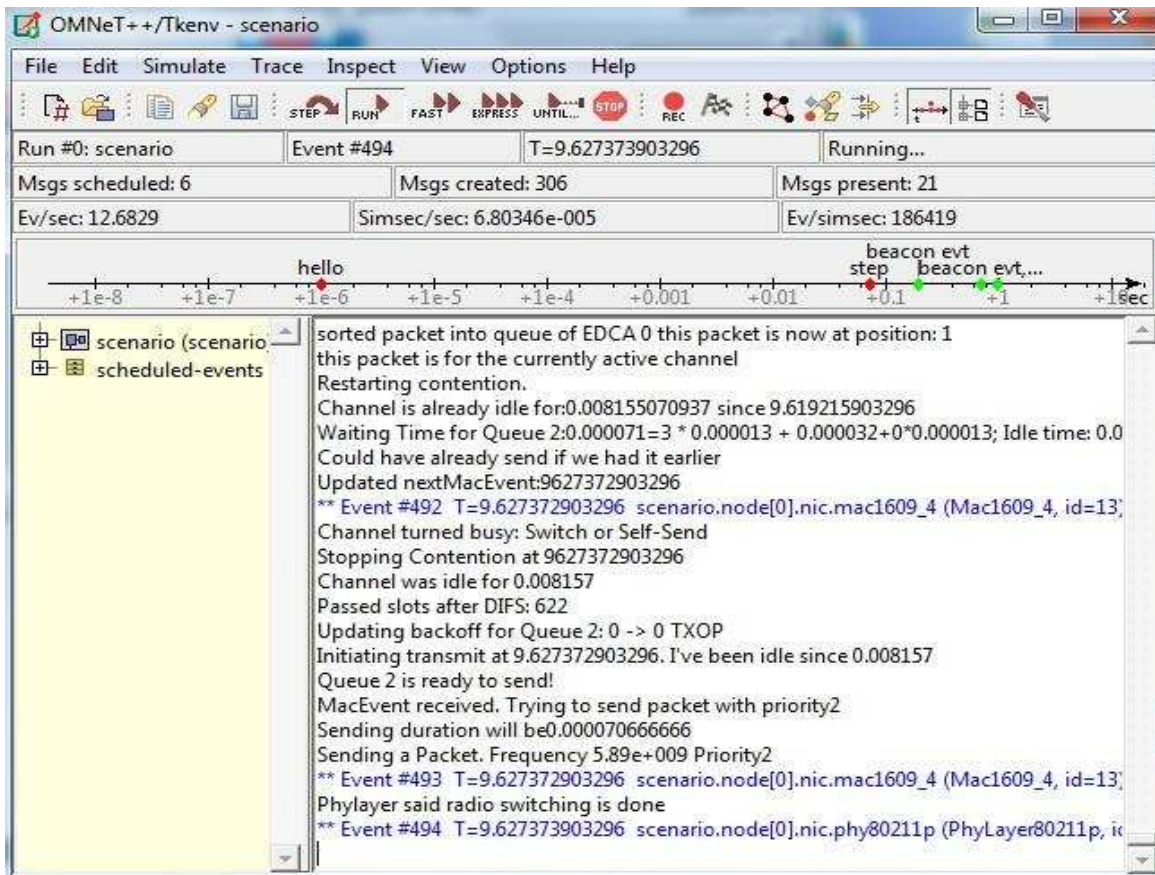


Figure VI.2 : interface des informations de simulation (OMNET++)

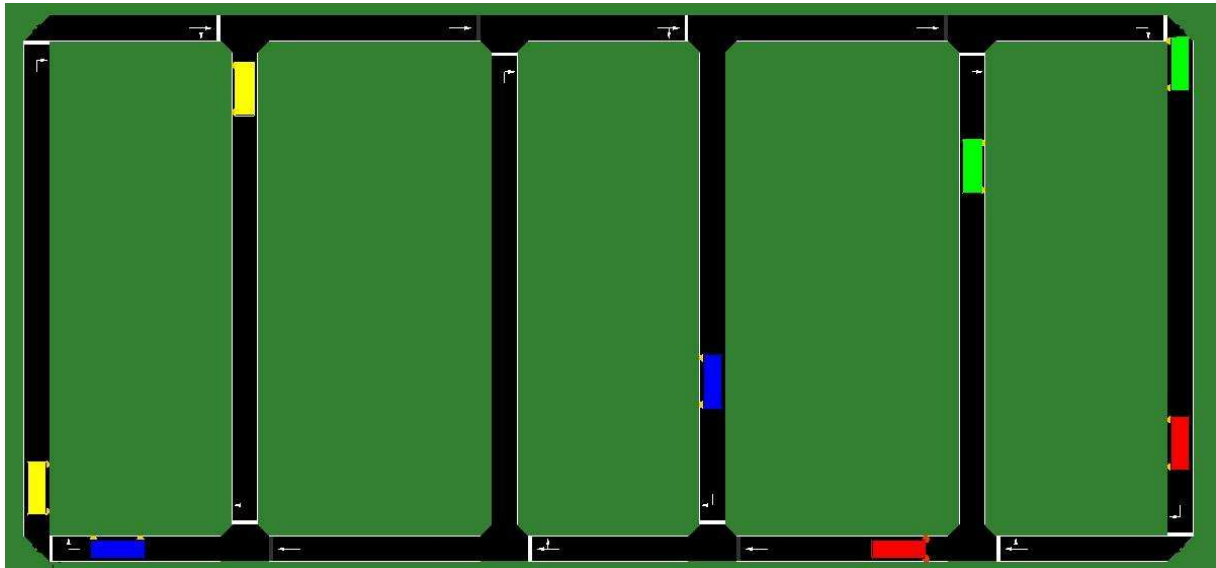


Figure VI.3 : interface graphique de simulation (SUMO)

VI.3 Les paramètres de simulation

La façon la plus simple d'obtenir propres itinéraires est d'éditer un fichier de routes à la main, mais seulement si le nombre de voies différentes n'est pas trop élevé. Avant de commencer, il est important de savoir que dans un véhicule SUMO consiste en trois parties:

- Un type de véhicule, qui décrit les propriétés physiques du véhicule,
- Une route, le véhicule doit prendre,
- Et le véhicule lui-même.

Les deux itinéraires et types de véhicules peuvent être partagés par plusieurs véhicules. Il n'est pas obligatoire de définir un type de véhicule. Si ce n'est pas donné, un type de défaut est utilisée.

Dans notre modèle nous avons utilisés les paramètres suivants :

Table VI.1 : paramètres de simulation

Paramètres	Description
Vitesse maximal d'IAV	Vitesse max = 13.889 m/s
La taille de Layout	Taille est fixe = (70 ,150)m
Distance de sécurité entre les IAVs	Distance de sécurité = 2m
Type des véhicules	Type = Bus
Nombre de conteneur transféré	Nombre de conteneur = 10

VI4 Les résultat de simulation

VI.4.1. La vitesse

Dans la circulation en boucle la vitesse de tous les véhicules est peut être uniforme, cela ne provoque aucun empêchement de la circulation des véhicules.

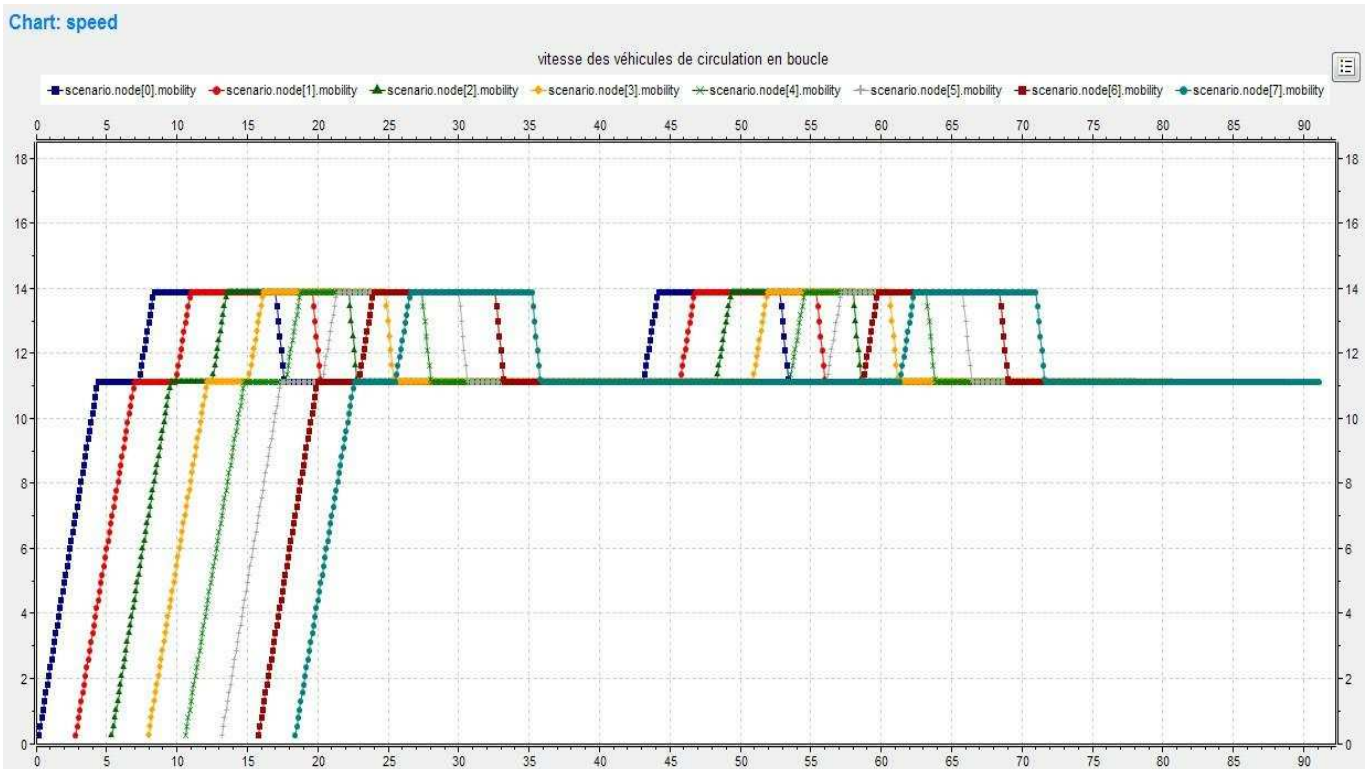


Figure VI.4 : graphe des vitesses des IAVs à circulation en boucle

Mais dans la circulation croisé, les véhitesse des IAVs sont plus variables, parce que il y a des intersection qui empêche la circulation.

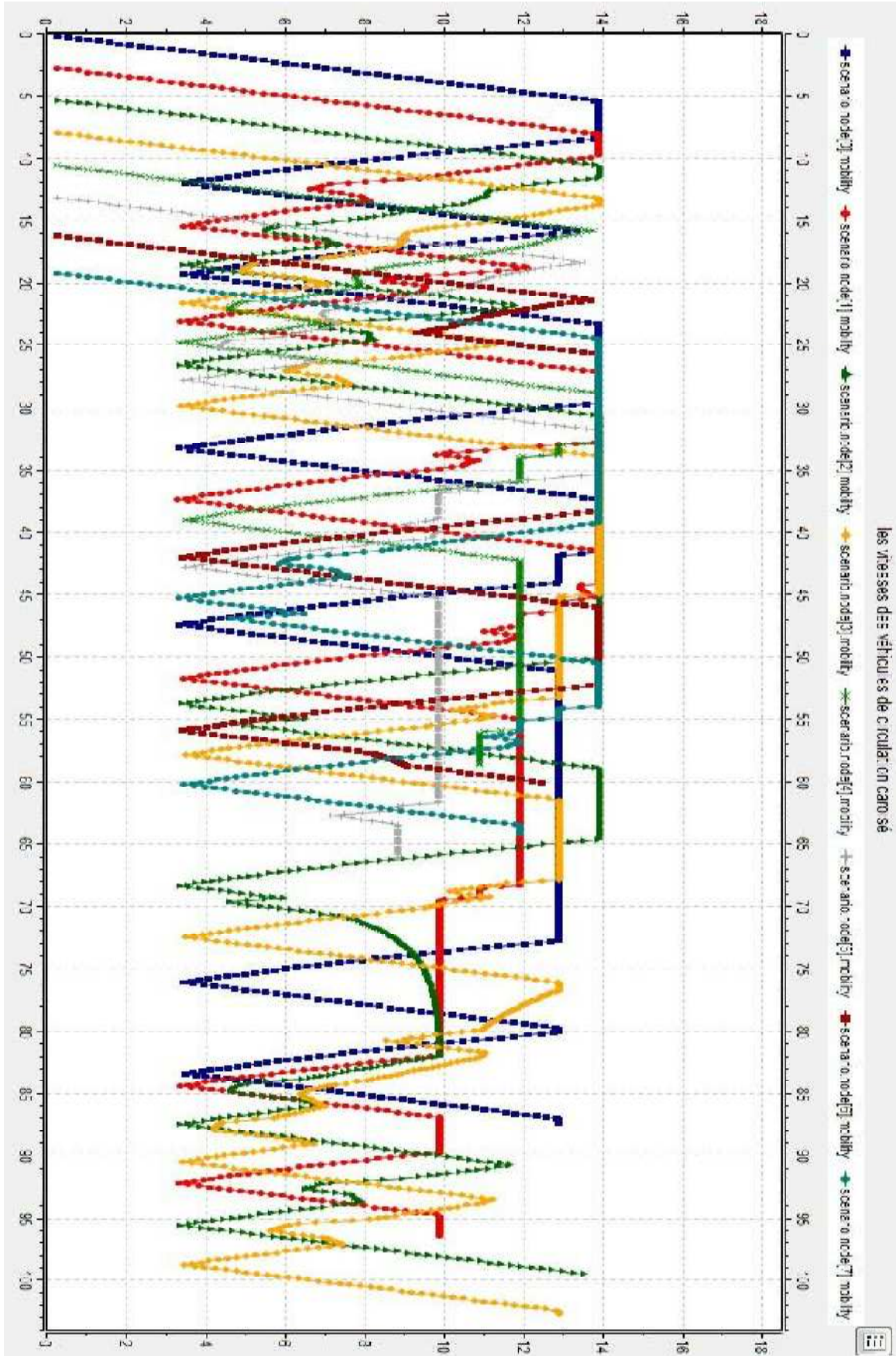


Figure VI.5 : les vitesses des IAVs dans la circulation croisée.

VI.4.2 Les distances parcourant par chaque véhicule

Dans la circulation en boucle tous les véhicules parcourant la même, distance parce que tous les IAVs circulent sur un seul voie, par contre dans la circulation croisée il existe plusieurs scénarios de circulation d'IAV, c'est pour ça la distance total parcourue par tous les véhicules dans la circulation croisée est moindre par rapport à la circulation en boucle.

Le histogramme suivant représente la distance parcourue par chaque véhicule dans les deux cas de circulation.

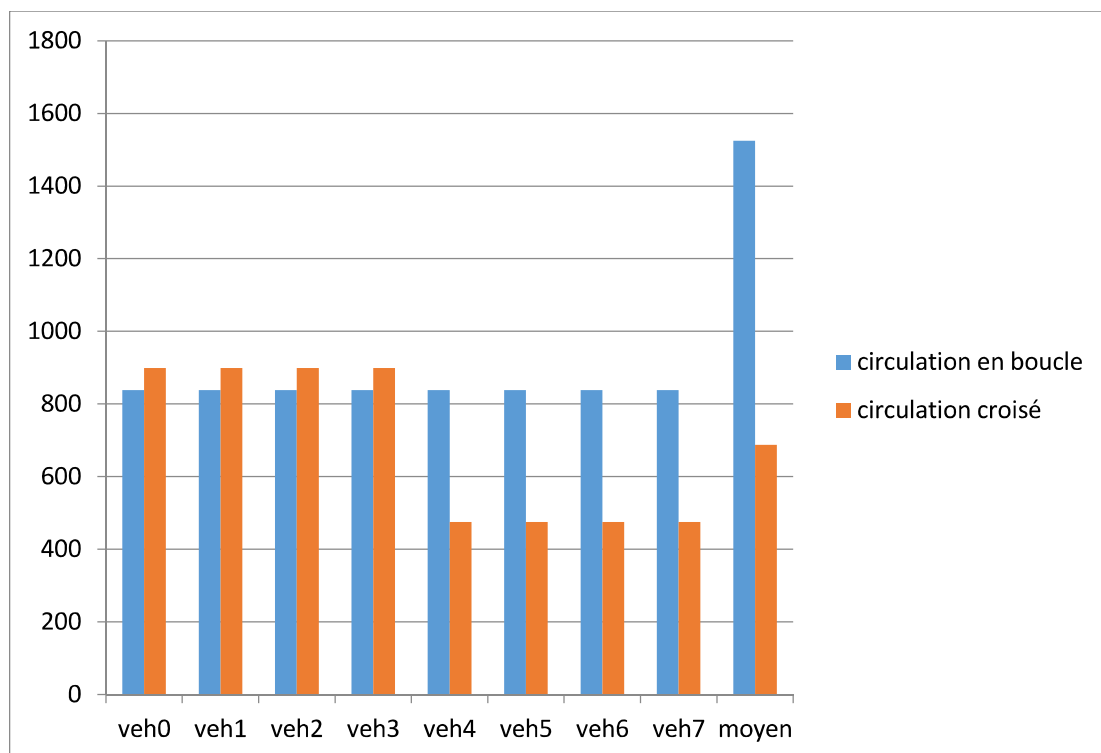


Figure VI.6 : histogramme des distances.

VI.4.3 Le temps total d'exécution de chaque véhicule

Le temps d'exécution dans la circulation en boucle est la même entre tous les IAVs, parce que tous les IAVs circulant sur même voie avec même vitesse et déplace le même nombre des conteneurs.

Mais dans la circulation croisée, le temps d'exécution des IAVs s'échange pour chaque véhicule.

Le histogramme suivant représente la différence entre la circulation entre les deux type de circulation par rapport au temps d'exécution.

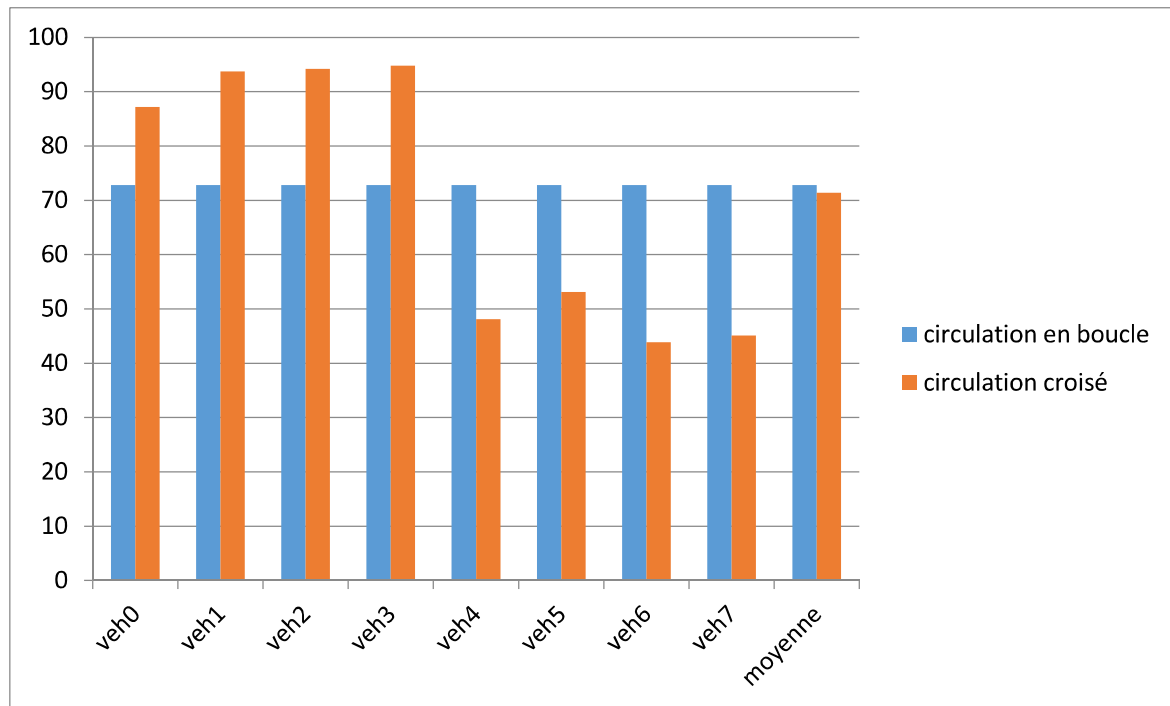


Figure VI.7 : histogramme représente le temps d'exécution

VI.5 Discussion

D'après l'analyse des résultats des scénarios qu'on a fait, on déduit que la circulation croisé plus efficace et performant par rapport à la circulation en boucle, parce que la distance parcourue par les IAVs et le temps totale d'exécution de chaque véhicule, est plus petit par rapport à la distance parcourue et le temps totale d'exécution des IAVs dans la circulation en boucle.

VI.6 Conclusion

L'implémentation de nos scénarios sous le simulateur SUMO et Omnet++, nous a permis d'extraire quelques résultats par simulation et d'évaluer l'efficacité de notre approche.

Ce but est atteint par la mise en œuvre d'un mécanisme de communication inter-IAV, l'envoi de différents messages de coopération est indispensable. Pour conclure, nous pouvons noter, grâce à ces simulations, que les résultats obtenus montrent le bon comportement de notre solution et nous encourage à orienter nos travaux de recherches futurs en favorisant la coordination entre les véhicules autonomes qui se trouvent dans une même zone.

Conclusion Générale

Ce mémoire présente une étude approfondie sur le système de transport dans les terminaux à conteneurs et les différents équipements de transport et leurs classifications, en conséquence une étude sur les AGV et les IAV.

Nous avons définis plusieurs scénarios de routage de véhicules intelligents pour l'acheminement des conteneurs de l'espace de quai à l'espace de stockage. Nous avons étudié aussi quelques les problèmes rencontrés dans un terminal tel que collision et inter-blocage.

Afin d'éviter les problèmes cités, nous avons proposés un mécanisme coopération entre les IAV. Ces coopérations peuvent être effectuées grâce à la l'envoie et la réception des messages de type wsm entre les véhicules en utilisant le protocole 802.11p (WAVE).

Nous avons simulés les scénarios proposés sous SUMO où nous avons définis pour chaque scénario un modèle de mobilité et nous avons implémenté la solution proposée dans VEINS (sous Omnet++).

Notre travail peut être amélioré par d'autres travaux de prolongation. Une première perspective consistera à étudier encore plus les performances de mécanisme de coopération entre les IAV.

Références

- [01] : J. Dubreuil « la logistique des terminaux portuaires de conteneurs », Mémoire au centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport, Montréal, Aout 2008.
- [02] : S.Yaghoubi, S.Khalilli, R.M.Nezhad, M.R.Kazemi, Mahsa Sakhaiifar, « Designing and methodology of automated guided vehicle robot/self guided vehicles systems » futur trends, young researchers club, Islamic azad University, Maku Branch, Maku, Iran,2010.
- [03] : K.CHEBLI, « OPTIMISATION DES MOUVEMENTS CONTENEURS DANS UN TERMINAL MARITIME », mémoire présenté en vue de l'optimisation du diplôme de maitre et sciences appliquées (Génie indutriel), Université de Montréal, décembre 2011.
- [04] : Y.Leon, H.Chan Sen, K.Natarajan « Dispatching Automated Guided vehicles in a container Terminal », University of Singapore, may 2003.
- [05] : W.khalil « contribution à la modélisation graphique de system de system », thèse de doctorat, université de lille 1, Février 2012.
- [06] : Dedicated Short Range Communication (DSRC).
<http://www.learmstrong.com/DSRC/DSRCHomeset.htm>.
- [07] : B.Kachar, H,Haffaf « communication architecture based on intelligent autonomous vehicles for container terminals », ITS Telecommunications (ITST), 12th International Conference IEEE 2012, p 769-774.
- [08] : H.Y.Bae, R.Choe, T.Park, K.R.ryu « Comparison of operations AGVs and ALVs in an automated container terminal », Springer 2011 (pp. 413-426).
- [09] : www.omnetpp.org, la dernière visite de site est le 28/01/2014.
- [10] : veins.car2x.org, la dernière visite de site est le 28/01/2014.
- [11] : <http://www.cartalk2000.net/> la dernière visite de site est le 20/04/2014.
- [12] : Car-To-Car Consortium <http://www.car-to-car.org/> la dernière visite de site est le 20/04/2014.
- [13] : PreVENT project. <http://www.prevent-ip.org>. European Inter-vehicle project.

(dernière visite 4/2014).

[14] : NOW : Network On Wheels project. <http://www.network-on-wheels.de>. European Inter-Vehicule project. 2004.

[15] : FESTAG A. NOECKER G. STRASSBERGER M., et al. 'Now – Network on Wheels' : Project Objectives, Technology and Achievements. In : 5th International Workshop on Intelligent Transportation (WIT), pp.211-216. Hamburg, Germany, March 2008.