

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDE (Licence)

Domaine : Mathématiques et Informatique

Filière : Informatiques

Option : Systèmes et Réseaux Informatiques

Par :

HADJADJ Taha ElAmine

THEME

Réalisation d'un Simulateur des Réseaux Véhiculaires sous Java LUVicSim

Encadré par : Mr BRIK Bouziane

Maitre-assistant – Université Amar Thelidji Laghouat

Année Universitaire 2014/2015

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail,

À ma chère mère et mon cher père,

À eux qui je ne pourrai jamais récompenser pour ce qu'ils ont fait pour moi, eux qui ont su m'orienter dans le bon chemin et m'offrir la bonne éducation,

Aux personnes proches à mon cœur,

Qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de mon travail,

À mon cher frère et à mes chères sœurs,

À mes grands-parents,

À mes chers oncles et mes aimables tantes,

À mes chers amis.

REMERCEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier Dieu, notre créateur, pour le courage et la patience qu'il m'a donnée pour accomplir ce travail.

Les travaux qui ont fait l'objet de ce mémoire ont été réalisés au sein du département d'informatique à la faculté de sciences de l'Université Amar Telidji de Laghouat, sous l'encadrement de Monsieur BRIK Bouziane à l'Université Amar Telidji – Laghouat. Je tiens à lui exprimer ma gratitude, c'est bien lui qui a dirigé ce mémoire avec une disponibilité à tous les instants ; il a guidé mes travaux avec patience et sérieux tout au long de la préparation de ce mémoire, et aussi pour la clarté de ses enseignements, les conseils judicieux et le soutien constant qu'il m'a prodigué au cours de l'élaboration de ce travail.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements au jury :

Monsieur l'enseignant GUELLOUMA Younes, maitre-assistant à l'U.A.T.L pour l'honneur qu'il me fait en acceptant la présidence du jury.

Je remercie tous les membres de l'équipe d'enseignants qui ont participé à ma formation de licence.

A tous ceux qui m'ont aidé, que ce soit par une grande collaboration ou par une tendre parole.

Mille Merci,

Taha ElAmine HADJADJ

Sommaire

Liste des Figures	4
Liste des tableaux.....	5
Résumé	6
Introduction.....	7
Motivation	7
Problématique	7
Objectifs	7
Organisation	7
Les simulateurs de Mobilité véhiculaire	8
Modèles de mobilité véhiculaire.....	9
Modèles Synthétiques.....	9
1. Stochastiques	9
2. Modèle de flux du trafic.....	9
3. Modèle « Car-following ».....	9
4. Modèle de la queue.....	9
5. Modèle comportementale.....	9
Modèles basé sur une étude.....	9
Modèles basé sur la trace	9
Modèle basé sur un simulateur du trafic	10
Modèles de mobilité véhiculaire urbaine	10
1. SSM (Stop Sign Model).....	10
2. TSM (Traffic Sign Model)	10
Modèles de Mobilité STRAW (Street Random WayPoint)	10
1. Mobilité intra-segment.....	11
2. Mobilité inter-segment.....	11
Simulateurs de mobilité existant.....	11
Comparaison qualitatif des générateurs de mobilité	13
Les simulateurs de réseau véhiculaire	15
Simulateurs de réseau existant.....	16
Simulateurs faiblement intégrés.....	16
Comparaison entre les simulateurs réseau faiblement intégrés.....	17
Simulateurs Fortement Intégrés.....	18
Comparaison des simulateurs VANET	20
Notre Simulateur LUVicSim (Laghouat University Vehicular Simulator).....	22
Architecture du LUVicSim	23
L'éditeur de carte	23

Dessin de carte.....	23
Simulateur de mobilité.....	24
Modèle de détails.....	24
Les facteurs affectant la mobilité implémenté.....	24
Le choix de routes par le conducteur.....	24
Une douce accélération et décélération.....	24
Gestion des intersections.....	24
Le Dépassement.....	25
Modèle de mobilité.....	25
Simulateur de réseau.....	25
Les applications de IVC implémenté.....	25
L'échange de messages d'informations V2V.....	25
Le dépassement avec communication V2V.....	26
Feu de circulation avec communication V2I.....	26
Le plus court chemin.....	26
Description détaillée de l'interface graphique.....	27
Le menu d'accueil.....	27
Fenêtre de la simulation de mobilité.....	27
Barres de commandes.....	28
L'espace de simulation.....	29
Menu de paramètres.....	30
Fenêtre de la liste des véhicules.....	31
Fenêtre de la liste des messages.....	31
L'éditeur de cartes.....	32
Le plus court chemin.....	33

Liste des Figures

Figure 1. Une taxonomie des logiciels de simulation VANET [10]......	16
Figure 2. Connecter une route avec une intersection.....	23
Figure 3. Dessin d'un segment de route.....	23
Figure 4. Mécanismes de gestion d'intersections implémentées.....	24
Figure 5. Dépassement.....	25
Figure 6. Communication V2V.....	26
Figure 7. Menu d'accueil avec les composantes.....	27
Figure 8. Interface simulateur de mobilité.....	28
Figure 10. Direction des voies.....	29

Figure 11. Menu d'options	30
Figure 12. Fenêtre de la liste des véhicules.....	31
Figure 13. Fenêtre de la liste des messages reçus par le véhicule 1.....	32
Figure 14. Editeur de cartes	32
Figure 15. Fenêtre de la recherche du plus court chemin	33
Figure 16. Le plus court chemin avec congestion.....	33

Liste des tableaux

Table 1. Une comparaison entre les générateurs de mobilité [10].....	13
Table 2. Une comparaison entre les simulateurs de réseau [11].....	18
Table 3. Une comparaison entre les simulateurs VANET.....	20

Résumé

Informar los usuarios en tiempo real del estado de las rutas puede ayudarlos a anticipar ciertos peligros, mejorar la seguridad vial, y reducir la congestión del tráfico. Estos son precisamente los objetivos principales de los VANETS que lo hacen un campo muy prometedor.

Comparado con el costo y el tiempo necesario para instalar un testbed completo que contiene varios computadores conectados, routers y enlaces de datos, los simuladores son relativamente rápidos y no costosos. Es por eso que permiten a los investigadores probar escenarios que pueden ser particularmente difíciles o costosos de probar usando hardware real y especialmente en los VANETS. Actualmente, la implementación se hace en dos herramientas de simulación separadas, se genera la traza de movilidad con un simulador de movilidad, después de haber usado un simulador de red para simular la comunicación. Sin embargo, la respuesta del conductor a la aplicación es un aspecto importante en un modelo de simulación para los VANETS. Es por eso que hay una necesidad clara de un simulador fuertemente integrado de red y movilidad.

El objetivo de este trabajo es doble. Primero, se estudian los simuladores de red y movilidad vehicular existentes. Segundo, se concibe y se realiza un simulador de redes vehiculares en JAVA, cuyo objetivo es implementar ciertos modelos de movilidad de vehículos así como ciertas aplicaciones de comunicaciones inter-vehiculares.

Mots clés : Simulateur de mobilité, Simulateur VANET, IVC, V2V, V2I, Simulateur réseau, LUVicSim

Introduction

Motivation

En 2012, 4447 personnes ont été décédées et 48 875 autres blessées sur les routes en Algérie. Informer les usagers à temps réel de l'état des routes peut les aider à mieux anticiper certains dangers et améliorer la sécurité routière. Ce sont justement là Les objectifs principaux des VANETS par le déploiement d'applications permettant aux conducteurs de mieux anticiper les dangers de la route. Cette vision fait des VANETS un domaine très prometteur.

Problématique

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 ce but (NS2, GloMoSim...). Lors d'une simulation, la mobilité est un paramètre à ne pas négliger, car les unités 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. Actuellement les modèles de mobilité et de réseau dans les systèmes d'IVC (communication inter-véhiculaire) sont implémentés dans deux outils de simulations séparés, il faut générer la trace de mobilité avec un simulateur de mobilité, après avoir utilisé un simulateur réseau pour simuler la communication. Cependant, la réponse du conducteur à l'application est un aspect important dans un modèle de simulation pour les VANET. C'est pour ça il y a un besoin clair pour un simulateur fortement intégré de réseau et de mobilité pour évaluer effectivement la performance des systèmes IVC, car les informations échangées dans les protocoles de communication peuvent influencer le comportement du véhicule dans le modèle de mobilité.

Objectifs

- Programmer un simulateur fortement intégré,
- Implémenter des applications de communications inter-véhiculaires au simulateur,
- Faciliter l'utilisation du simulateur avec des outils (éditeur de cartes, plus court chemin).

Organisation

Dans le but de réaliser nos objectifs, ce travail sera répartie entre une introduction, trois chapitres et une conclusion générale avec des perspectives.

Le premier chapitre sera consacré à la présentation des modèles de mobilité véhiculaire et une étude comparative des simulateurs de mobilité existant.

Le deuxième chapitre présente une étude comparative entre les simulateurs de réseau faiblement connectés, et une autre entre les simulateurs de réseau fortement connectés.

Dans le troisième chapitre, nous allons parler sur notre simulateur « LUVicSim », présenter ses composantes et détailler son l'interface graphique.

Chapitre 1 :

Les simulateurs de Mobilité véhiculaire

Les simulateurs de mobilité véhiculaire génèrent des traces de mobilité véhiculaire réalistes pour être utilisées comme des entrées dans un simulateur de réseau. Les entrées du générateur de mobilité se constituent du modèle de la route, et des paramètres du scénario (ex., la vitesse maximum, le taux d'arrivée et de départ des véhicules.. etc.). La sortie de la trace contient en détails l'emplacement de chaque véhicule à chaque instant durant tout le temps de la simulation.

Modèles de mobilité véhiculaire

Les modèles de mobilité sont classifiés dans différentes classes [1].

Modèles Synthétiques

Ce modèle englobe tous les modèles basés sur un modèle mathématique. Ces modèles sont classifiés à leurs tours dans cinq classes :

1. **Stochastiques** : c'est une description de la mobilité qui a comme contrainte le mouvement aléatoire des nœuds. Car les véhicules, individuellement ou en groupe dynamique, suivent un chemin colossal sur la route, leurs vitesses sont aussi choisies aléatoirement.
2. **Modèle de flux du trafic** : ce modèle considère la mobilité véhiculaire comme un phénomène hydrodynamique [2].
3. **Modèle « Car-following »** : dans ce modèle le comportement de chaque conducteur est calculé par rapport à l'état du véhicule. Ça veut dire sa position, sa vitesse, et l'accélération des véhicules voisins.
4. **Modèle de la queue** : le modèle traite les véhicules avec leur positionnement dans la queue, et considère les routes comme des files d'attente.
5. **Modèle comportementale** : dans ce modèle chaque mouvement du véhicule est déterminé par ses règles comportementales. Les règles sont imposées par des influences sociales, des décisions rationnelles ou des actions suite à une réaction stimulée.

Modèles basé sur une étude

Ces Modèles sont utilisés pour représenter un comportement humain réaliste spécialement dans un environnement urbain [3]. L'entrée de ces modèles est les données collectées de l'étude effectuée sur les activités humaines. Les simulateurs de mobilité qui implémente les modèles basé sur étude simulent les heures de pointe (travaille, déjeuner, pauses). L'avantage de ce modelé est sa capacité à représenter une mobilité particulière qui est très complexe à modéliser avec des équations mathématiques. En outre, l'inconvénient principal de ce modèle est que les études fournissent une mauvaise caractérisation de la mobilité au lieu d'un mouvement précis.

Modèles basé sur la trace

Ces modèles de mobilité sont générés d'une trace de mobilité réelle [4]. Au lieu de développer des modèles complexes après les avoir validé avec des traces de mobilité, un temps crucial sera gagné en extrayant ces modèles directement des traces. Ces dernières sont collectées par les différentes compagnies de mesure.

La difficulté principale est de généraliser les modèles non observés directement par la trace. C'est possible de prédire les modèles de mobilité non inclus dans la trace en utilisant des équations mathématiques complexe. Un autre problème est que les traces gratuites sont peu disponibles.

Modèle basé sur un simulateur du trafic

Dans ce modèle, les traces de la mobilité véhiculaire sont extraites d'un simulateur de circulation. Les modèles sont faites en raffinant les modèles synthétiques et un processus de validation plus fort en utilisant des traces réels ou des études de comportement. Parallel Microscopic Simulation of Road Traffic (PARAMICS) [5], Corridor Simulation (CORISM) [6], Transportation Analysis and Simulation System (TRANSIMS) [7] peuvent modéliser une surveillance d'un trafic urbain microscopique¹. L'inconvegnante de ce modèle est la configuration de ces simulateurs de trafic, comme ils ont un énorme ensemble de paramètres.

Modèles de mobilité véhiculaire urbaine

Dans le modèle de mobilité véhiculaire urbaine, les rues sont un facteur crucial qui force les nœuds à définir leurs mouvements à des trajectoires bien définis vers leurs destinations finales. Il y a deux modèles de mobilité véhiculaire urbaine [8] :

1. **SSM (Stop Sign Model)**: Le modèle de panneau d'arrêt imite la mobilité des véhicules dans la présence d'un panneau Stop dans chaque intersection. Chaque véhicule attend une période de temps fixe à n'importe quelle intersection avant de passer à sa destination. Chaque véhicule maintient une distance précise entre lui et le véhicule à proximité (distance de sécurité).
2. **TSM (Traffic Sign Model)**: dans ce modèle, le véhicule décide de s'arrêter ou pas devant un feu de circulation. Si un véhicule attend dans une intersection, tous les véhicules qu'il précède dans la même intersection attendent son mouvement. Les véhicules dans n'importe quelle file d'attente se déplacent ensemble après que le temps s'écoule.

Modèles de Mobilité STRAW (Street Random WayPoint)

STRAW [9] est un modèle de mobilité ruelle qui intègre un modèle de car-following simple dans des conditions de circulation réelle, il repose sur les plans d'une région spécifique pour créer une carte routière et il fournis au moins une ligne par chaque direction où les véhicules peuvent circuler. Il utilise un modèle d'emplacement de rues aléatoire pour déterminer la position initiale des véhicules sur le terrain. Dans ce modèle, un véhicule est placé dans la ligne d'une rue précédant une intersection. Si un autre véhicule existe déjà dans cette ligne, le

¹ Modèle microscopique: c'est un degré de détails de la simulation où il permet de simuler le comportement de chaque véhicule dans la rue, en général, en supposant que le comportement du véhicule dépend sur la capacité physique du véhicule à bouger ainsi que le comportement du conducteur qui le contrôle [13]

nouveau véhicule est placé derrière lui. Il y a deux différents types de mobilité [9] dans STRAW :

1. **Mobilité intra-segment** : dans ce modèle de mobilité, le véhicule change de vitesse selon les règles suivantes :
 - Si le véhicule détecte un nouveau segment et le segment de route suivant de sa destination est occupé. Dans ce cas, le véhicule décélère et s'arrête avant l'intersection.
 - Si un véhicule précède le véhicule en cours. Dans ce cas, le véhicule décélère pour maintenir une distance basé sur la vitesse des deux véhicules en question. La formule de la distance est mentionnée dans [9] :

$$S = \alpha + \beta V + \gamma V^2$$

Où S est la distance entre les deux véhicules, V est la vitesse actuelle du véhicule, α est la longueur du véhicule, β est le temps de réaction, γ est deux fois le maximum de la décélération moyenne du véhicule suivant.

2. **Mobilité inter-segment**: Le modèle de mobilité inter-Segment influence le comportement des véhicules entre les segments de route et les intersections. L'implémentation du comportement du véhicule dans une intersection comporte deux niveaux. Premièrement, le modèle de mobilité doit effectuer un contrôle d'admission dans chaque intersection. Deuxièmement, vérifier qu'il y a de l'espace pour le véhicule dans le segment de route suivant avant de franchir l'intersection.

Simulateurs de mobilité existant

Aujourd'hui, il existe plusieurs logiciels de simulation qui sont capable de générer des fichiers de trace qui reflète les mouvements des véhicules [10].

3. VanetMobiSim [11] est une extension de l'environnement de simulation de mobilité CANU (CanuMobiSim) [12] qui se concentre sur la mobilité véhiculaire, caractérisé par des modèles de mouvement d'automobiles réaliste dans les niveaux macroscopique² et microscopique. Au niveau macroscopique, VanetMobiSim peut importer des cartes depuis la base de données du bureau de recensement des US TIGER (topologically integrated geographic encoding and referencing), ou les générer aléatoirement en utilisant Voronoi Partitionné³. Il supporte les routes multi-ligne, les flux bidirectionnels séparés, les différentes constantes de vitesses et les feux de circulation. Au niveau microscopique, il supporte des modèles de mobilité comme l'IDM/IM (Intelligent Driving Model with Intersection Management), IDM/LC (Intelligent Driving Model with line changing) et un modèle de dépassement MOBIL qui interagit avec l'IDM/IM pour gérer le changement de ligne et l'accélération/décélération du véhicule pour fournir une interaction réaliste entre les véhicules. VanetMobiSim est basé sur JAVA et peut générer des traces de mouvement dans plusieurs formats.

² Modèle macroscopique: c'est un degré de détails de la simulation où on génère la circulation véhiculaire comme la densité du trafic, le flux du trafic et les distributions initial des véhicules en considérant les contraintes de mouvement comme les routes, les rues, les carrefours et les feux de circulation [3]

³ Un modèle topologique de cartes aléatoires [3]

1. SUMO (Simulation Urbain MObility) [13] est un simulateur open source, très portable, il implémente une simulation microscopique afin de gérer de grands réseaux routiers. Ses caractéristiques principales incluent un mouvement sans collisions des véhicules, différents types de véhicules, des rues multi-lignes, et un interface graphique OpenGL (GUI)... etc. SUMO peut gérer les environnements très larges ex. 10 000 rues. De plus, en combinant SUMO et openstreetmaps.org [14], on peut simuler la circulation dans différent endroits du monde. Cependant, SUMO génère des traces qui ne peuvent pas être utilisé directement par les simulateurs de réseau disponibles.
2. MOVE (MObility model generator for VEhicular networks) [15] génère des modèles de mobilité réaliste pour les simulations VANET. MOVE est construit au-dessus de SUMO. Sa sortie est un fichier de trace qui contient les informations du mouvement réaliste des véhicules qui peuvent être utilisé immédiatement par les simulateurs de réseaux populaires comme ns-2 ou GloMoSim. En plus, MOVE fournis une interface qui permet de générer des scénarios de simulation sans prendre la peine d'écrire de nouveaux scripts de simulation.
3. STRAW (Street RAndom Waypoint) [16] fournis une simulation détaillée en utilisant des modèles de mobilité dans de vraies villes de l'US, basé sur les opérations d'une vraie circulation. Les traces de mobilité obtenue du STRAW ne peuvent pas être utilisées directement par les simulateurs de réseaux. Un modèle de mobilité réaliste avec un niveau approprié de détails des réseaux véhiculaires est critique pour une simulation de réseaux précise. Le modèle de mobilité de STRAW contraint le mouvement des nœuds par rue définis par les données de la carte de la vraie ville de l'US et limite ses mobilités selon la congestion des véhicules et des mécanismes de contrôle de trafic simplifiés.
4. FreeSim [17] est un simulateur macroscopique et microscopique de trafic entièrement personnalisable qui permet à plusieurs systèmes d'autoroutes de facilement les représenter et les charger dans le simulateur comme une structure de données graph avec des poids déterminé par le vitesse courante. Les algorithmes de circulation ou du graphe peuvent être crée et exécuté pour tout le réseau ou pour des véhicules spécifiques ou des nœuds, et les données du trafic utilisées par le simulateur peuvent être générées ou convertis de données en temps réel, collecté par une organisation de transport. Les véhicules dans FreeSim peuvent communiquer avec le système qui surveille la circulation dans l'autoroute, qui rend FreeSim idéal pour la simulation ITS (Intelligent Transportaion System). FreeSim est sous licence GNU (General Public Licence), et le source est disponible pour le téléchargement gratuit.
5. CityMob [18] est un générateur de modèles de mobilité compatible avec ns-2 proposé pour l'utilisation dans VANETs. CityMob implémente trois différents modèles de mobilité :
 - Modèle Simple (SM)
 - Modèle Manhattan (MM)
 - Modèle Centre-ville réaliste (Downtown model DM)
 Dans le modèle DM, les rues sont arrangés dans un style Manhattan grid, avec une taille du bloque uniforme. Toutes les rues sont à double sens. Les véhicules se déplacent avec

une vitesse aléatoire, dans un intervalle de valeurs définis par l'utilisateur. Ce dernier modèle aussi simule des sémaophores dans des positions aléatoires (non seulement dans les passages), et avec des délais différents. DM ajoute une densité du trafic proche à celle d'une vraie ville, où le trafic n'est pas uniformément distribué. D'où il y aurait des zones avec une densité plus grande, ces zones sont généralement au centre-ville, et les véhicules doivent bouger plus lentement. CityMob DM a aussi ses capacités :

- Voies multiples dans les 2 directions dans chaque rue.
- Chaîne de véhicules à cause des embouteillages.
- La possibilité d'avoir plus d'un centre-ville.

Comparaison qualitatif des générateurs de mobilité

Pour conclure ce chapitre, la Table 1 représente un résumé des générateurs de mobilité mentionnés en se concentrant sur ses caractéristiques principaux regroupées dans cinq différentes catégories : (a) caractéristiques logiciel, (b) types des graphes, (c) modèles de mobilité supporté, (d) modèles de trafic implémenté et (e) format de trace supporté.

Table 1. Une comparaison entre les générateurs de mobilité [10]

	VANETMOBISIM	SUMO	MOVE	STRAW	FREESIM	CITYMOB
LOGICIEL						
PORTABILITE	X	X	X	X	X	X
GRATUIT	X	X	X	X	X	X
OPEN SOURCE	X	X	X	X	X	X
CONSOLE		X	X			X
INTERFACE GRAPHIQUE	X	X	X	X	X	X
EXEMPLES DISPONIBLES	X	X	X		X	
FACILITE DE L'INSTALLATION	Modéré	Modéré	Simple	Modéré	Simple	Simple
FACILITE DE L'UTILISATION	Modéré	Difficile	Modéré	Modéré	Simple	Simple
GRAPHES						
REELS	X	X	X	X	X	
DEFINIS PAR L'UTILISATEUR	X	X	X			
ALEATOIRES	X	X	X			X
MANHATTAN						X
VORONOI	X					
MOBILITE						
RANDOM WAYPOINT	X	X	X			X
STRAW		X	X	X		
MANHATTAN		X	X			X
CENTRE-VILLE						X
MODELES DE TRAFIC						
MACROSCOPIQUE					X	
MICROSCOPIQUE	X	X	X	X	X	X
ROUTES A PLUSIEURS VOIES	X	X	X	X		X
CHANGEMENT DE VOIES	X	X	X	X		X
FLUX BIDIRECTIONNEL SEPARES	X	X	X	X		X
CONTRAINTES DE VITESSE	X	X	X	X	X	X
PANNEAUX DE SIGNALISATION	X	X	X	X		X
GESTION D'INTERSECTIONS	X	X	X			
DEPASSEMENT	X					

RESEAU ROUTIER LARGE		X	X	X		X
MOUVEMENT SANS COLLISION		X	X			X
DIFFERENTS TYPES DE VEHICULES		X	X			X
CALCULE DE ROUTES	X	X	X	X	X	
TRACES						
SUPPORTE NS-2	X		X			X
SUPPORTE GLOMOSIM	X		X			
SUPPORTE QUALNET	X		X			
SUPPORTE SWANS				X		
SUPPORTE TRACE BASE SUR XML	X					
IMPORTE DES FORMATS	X	X	X			
DIFFERENTS						

Chapitre 2

Les simulateurs de réseau véhiculaire

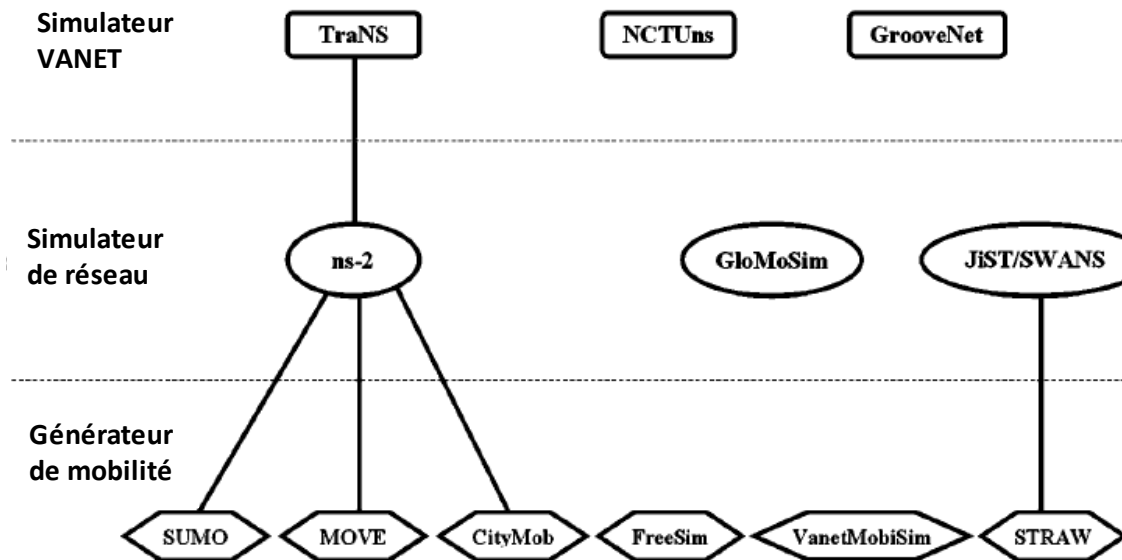


Figure 1. Une taxonomie des logiciels de simulation VANET [10].

Les simulateurs de réseau permettent aux chercheurs d'étudier le réseau sous différentes conditions. Les utilisateurs peuvent personnaliser le simulateur afin de combler leurs besoins d'analyses spécifiques. Comparé au coût et le temps nécessaire pour installer un testbed en entier contenant plusieurs ordinateurs connectés, routeurs et liens de données, les simulateurs de réseau sont relativement rapide et non coûteux. C'est pour ça ils permettent aux chercheurs à tester des scénarios qui peuvent être particulièrement difficile ou coûteux à essayer, en utilisant de vrais hardware, spécialement dans les VANETs. Les simulateurs de réseau sont particulièrement utiles à tester de nouveaux protocoles de réseau ou à proposer des modifications à ceux qui existent déjà d'une manière contrôlée et productible.

Simulateurs de réseau existant

Plusieurs simulateurs peuvent être utilisés pour simuler la communication entre les véhicules (voir Figure 1). Les simulateurs de réseaux véhiculaires peuvent être groupés en deux catégories [19].

Simulateurs faiblement intégrés

1. NS-2 [20] est un simulateur à événements discrets développé dans le cadre du projet de recherche VINT [20] dans l'université de la Californie à Berkeley. Le simulateur a été étendu par le groupe de recherche de Monarchie à l'université de Carnegie Mellon [21] pour inclure :
 - Mobilité des nœuds.
 - Une couche physique réaliste avec un modèle de propagation radio.
 - Des interfaces réseau radio.
 - Le protocole IEEE 802.11 MAC (Medium Access Control) en utilisant la fonction de coordination distribué (DFC distributed coordination function) [10].

Les modèles de simulation sont écrits en TCL (Tool Command Language), le noyau du simulateur ainsi que plusieurs composants pour les réseaux sont écrits en C++. Ces composants sont accessibles par le TCL. La topologie du réseau ainsi que les statistiques sont enregistré dans un fichier script TCL. NS-2 a évolué à NS-3. La version courante

du NS-3 a été purement écrite en C++, on n'a plus besoin d'utiliser le TCL, par conséquent le code est écrit en moins de ligne. NS-2 occupe plus d'espace mémoire pour simuler un grand nombre de nœuds comparé par NS-3. [22]

2. GloMoSim [23] est un environnement de simulation extensible pour les réseaux câblé ou sans fil. Il a été conçu en utilisant la simulation parallèle à événement discret fournis par Parsec [24]. GloMoSim est construit en utilisant une approche de couches similaire au modèle OSI protocole à sept couches. Les APIs standards sont utilisées entre les couches de simulation. Ceci permet l'intégration rapide des modèles développés entre les différentes couches par les différents gens. Il supporte aussi le parallélisme ce qui permet de simuler des centaines de nœuds, par conséquent ça coûte moins d'espace mémoire et de vitesse processeur. L'interface graphique est programmée en JAVA. Cependant, il ne supporte pas IEEE 802.11p mais on peut l'ajouter en la programmant en C. QualNet [25] est une version commerciale du GloMoSim, mise en vente depuis que PARSEC c'est arrêté en 2000.
3. JiST/SWANS [26] JiST est un moteur de simulation à événements discrets très performant qui travaille sur une machine virtuelle standard Java. C'est un prototype d'une nouvelle approche à la construction des simulateurs à événements discrets, qui unifie les systèmes traditionnels et les conceptions des simulateurs basé sur langage. Il dépasse les moteurs de simulation existants hautement optimisés dans le temps et la consommation de la mémoire. Le code de simulation qui fonctionne sur JiST doit être écrit en JAVA, compilé en utilisant un compilateur Java régulier et fonctionne dans une machine virtuelle standard non modifiée.
SWANS est un simulateur de réseaux extensible construit sur une plateforme JiST. Ça a été créé parce que les outils de simulation des réseaux existants ne sont pas suffisants pour les besoins de recherche actuels. SWANS contient des composants logiciels indépendants qui peuvent être composés pour former un réseau sans fil complet ou un réseau de capteurs. Ces capacités sont similaires aux capacités du NS-2 et GloMoSim, mais SWANS peut simuler des réseaux beaucoup plus larges. SWANS améliore la conception JiST en réalisant un débit de simulation plus haut et en utilisant moins de mémoire. SWANS peut simuler des réseaux qui ont un ou deux ordres de magnitude plus large que ceux possibles avec GloMoSim et NS-2, en utilisant la même durée de temps, la même capacité mémoire et le même niveau de détail [27].

Comparaison entre les simulateurs réseau faiblement intégrés

Le tableau suivant montre un résumé des simulateurs de réseau faiblement intégrés présentés et leurs caractéristiques. Comme montré NS-2 est moins adapté pour simuler des réseaux larges mais il est populaire et facile à utiliser, contrairement à JiST/SWAN. En fait JiST/SWAN est le plus difficile à installer. Tous les simulateurs présentés fournissent le code open source et sont disponibles gratuitement sur internet.

Table 2. Une comparaison entre les simulateurs de réseau [11]

	NS-2	GloMoSim	JiST/SWANS
LOGICIEL			
PORTABILITE	X	X	X
GRATUIT	X	X	X
OPEN SOURCE	X	X	X
CONSOLE		X	X
INTERFACE GRAPHIQUE	X	X	X
EXEMPLES DISPONIBLES	X	X	X
FACILITE DE L'INSTALLATION	Simple	Modéré	difficile
FACILITE DE L'UTILISATION	Modéré	Difficile	difficile
ÉVOLUTIVITÉ	Pauvre	Haute	Haute
DEVELOPEMENT CONTINUE	x		X
RÉSEAUX LARGES		x	x
VANET			
802.11p	NS-2.33 seulement		
OBSTACES			
MODELE DE CIRCULATION VEHICULAIRE			

Simulateurs Fortement Intégrés

Un aspect important dans un modèle de simulation pour un système IVC (communication Inter-véhiculaire) est la réponse du conducteur à l'application IVC. La réponse du conducteur dans les différentes situations peut avoir un effet sur le débit du trafic [28]. Par exemple un conducteur qui reçoit un message d'avertissement d'une collision peut soit freiner ou sortir de l'autoroute, ça dépend de la distance entre la scène de collision et les sorties disponibles.

Le logiciel qui permet le changement du comportement des véhicules est connu comme système fortement intégré ou un simulateur VANET.

Il n'existe pas beaucoup de simulateurs fortement intégrés. Actuellement, les modèles de mobilité et de réseau dans les systèmes fortement intégrés sont implémentés dans deux outils de simulation séparés. C'est pour cela qu'il y a un besoin clair de simulateur fortement intégré du réseau et de mobilité pour évaluer effectivement la performance des systèmes IVC.

1. TraNS (Traffic and Network Simulation environment) [29] est un environnement de simulation qui intègre un générateur de mobilité et un simulateur de réseaux et il fournit un outil pour construire une simulation VANET réaliste. TraNS fournit une connexion entre le comportement du véhicule et le modèle de mobilité. Par exemple, quand un véhicule diffuse une information sur un accident, certains véhicules voisins ralentissent. TraNS est un projet Open-Source, écrit en Java et en C++ et fonctionne sous Linux et Windows (mode générateur de traces). L'implémentation actuelle utilise le simulateur de trafic SUMO et le simulateur de réseau NS-2. Il est en train d'être développé dans EPFL, Suisse.

TranNS v1.2 a plusieurs caractéristiques y compris :

- Support pour la réaliste 802.11p.
- Génération automatique de réseaux de routes, des carets TIGER et Shapefile.
- Génération automatique de routes véhiculaires aléatoires.

- Génération de traces de mobilité pour NS-2, SUMO et NS-2 à travers l'interface TraCI [30]
- La possibilité de simuler les événements routiers comme les accidents.

Et il fournit ainsi des applications VANET prêtes à utiliser :

- L'Alerte des dangers sur la route (sécurité).
- Des Routes dynamiques.

TraNS peut simuler des réseaux à grande échelle (testé jusqu'à 3000 véhicules), et permet de visualiser des cartes réelles depuis Google Earth.

2. GrooveNet supporte 3 types de simulation de nœuds :

- Transfert de données en multi-sauts à travers un ou plusieurs communications à courte portée DSRC (Dedicated Short-Range Communication),
- Nœuds infrastructure fixe.
- Passerelle mobile capable de réaliser une communication V2V et véhicule-infrastructure (V2I).

GrooveNet supporte plusieurs types de messages comme les messages GPS, qui sont diffusés périodiquement pour informer les voisins de la position actuelle du véhicule, et les messages d'événements d'urgence et d'avertissement avec priorités. Plusieurs approches de rediffusion multiple ont été implémentées pour résoudre le problème du broadcast storm⁴. GrooveNet est capable de supporter des simulations hybrides où la position du véhicule simulé, sa direction et ses messages sont diffusés à partir de plusieurs nœuds infrastructures. GrooveNet génère des cartes au niveau des rues de n'importe quel endroit dans l'USA, en important les fichiers TIGER qui sont disponibles gratuitement du bureau de recensement des US.

3. NCTUns (National Chiao University Network Simulator) [31] est un simulateur de réseaux extensibles à haute-fidélité et émulateur capable de simuler plusieurs protocoles dans les réseaux IP câblés et sans-fil. Sa technologie avancée fournit plusieurs avantages uniques qui ne peuvent pas être atteints par les simulateurs de réseau traditionnels comme NS-2. Le simulateur et émulateur NCTUns a plusieurs caractéristiques, ça peut être facilement utilisé comme émulateur puisque ça supporte une intégration d'émulation et de simulation. Ça utilise le protocole Linux TCP/IP pour avoir des résultats de simulation haute-fidélité. Les réseaux supportés comportent Internet fixe basé sur Ethernet, IEEE 802.11b LANs sans fil, IEEE 802.11e, QoS LANs sans fil, IEEE 802.16d réseaux sans fils WiMAX, réseaux satellite DVBRCS, réseaux véhiculaires sans fil pour les systèmes de transport intelligents (incluant V2V et V2I), etc.

En utilisant une approche de simulation parallèle innovante, NCTUns supporte la simulation parallèle dans les machines multi-cœurs. Comme il fournit une interface graphique professionnelle qui permet à l'utilisateur une rapidité de :

- Dessiner des topologies de réseaux.
- Configurer les modules du protocole dans un nœud.
- Spécifier le chemin des nœuds mobiles.
- Revoir l'animation d'une trace enregistrée...etc.

⁴ L'accumulation des paquets dans les broadcast et les multicast cause une compétition entre les paquets du RREQ (route request, des paquets diffusés pour découvrir de nouvelles routes) et les paquets de données

Sont point négatif principal est que NCTUns fonctionne seulement sur la distribution Linux Fedora, ce qui pose un grand problème pour beaucoup de chercheurs.

Comparaison des simulateurs VANET

Le tableau suivant montre un résumé des simulateurs de réseau fortement intégrés présentés et leurs caractéristiques. Comme montré, TraNS utilise SUMO et NS-2. Tous les simulateurs supportent différents modèles de mobilité et fournissent une simulation de circulation microscopique. NCTUns fournit des modèles de vitesses aléatoires alors que les autres simulateurs fournissent le modèle de vitesse de la rue. Actuellement, tous les simulateurs supportent différents modèles d'intersections et des voyages. Jusqu'à maintenant, il y a seulement TraNS et NCTUns qui implémentent 802.11p et seulement GrooveNet et TraNS fournissent des applications VANET incluses. En termes de facilité d'installation, NCTUns est le plus difficile. En termes de facilité d'utilisation, TraNS et GrooveNet sont préférables. Puisque ces simulateurs sont développés pour des buts différents, les résultats obtenus après la simulation de scénarios VANET similaires sont largement différents. TraNS et GrooveNet sont développés pour simuler VANETs. NCTUns est créé pour d'autres réseaux plus généraux.

Table 3. Une comparaison entre les simulateurs VANET

	TraNS	GrooveNet	NCTUns
GÉNÉRATUEUR DE MOBILITÉ	SUMO	GrooveNet	NCTUns
SIMULATEUR DE RESEAU	NS-2		
MODELE DE MOBILITE	Routes aléatoires et manuels	Random waypoint, Origine-destination explicite, origine-destination distribué	Routes aléatoires et manuels
TYPE DE SIMULATION	Microscopique, espace-continue et temps-discret		
MODELE DE LIGNE	Rues multi-lignes avec changement de lignes		
MODELES DE VITESSE	Vitesse de rue	Uniforme, vitesse de rue, modèle markov, basé sur charge	Aléatoire
MODELES DU FLUX DE TRAFIC	Car-following SK et allocation de trafic en utilisant l'approche DUA	Car-following	Car-following
TOPOLOGIE DE LA ROUTE	N'importe	N'importe	Définis par l'utilisateur Généré
FEUX DE CIRCULATION	Définis manuellement	Définis manuellement	automatiquement dans les intersections
MODELE D'INTERSECTION	Priorité à droite	Feux de circulation	Feux de circulation
MODELES DU VOYAGE	Aléatoire, manuel	Dijkstra, sightseeing	Manuel
PROTOCOLES VANET ET AMENAGEMENTS	802.11p Applications VANET près à utiliser : avertissement de danger dans la route (safety), déroutage de circulation dynamique (congestion) testé pour jusqu'à 300 véhicules	Supporte les communications V2V et V2I types de messages multiple, qui sont diffusé périodiquement pour informer les voisins de la position du véhicule, sa priorité d'urgences	802.11p, supporte multiple interfaces au même temps le comportement au volant des agents de contrôle des voitures qui circulent dans une route
APPLICATIONS VANET IMPLEMENTÉES	avertissement de danger routier et déroutage trafic dynamique	Avertissements des véhicules et rediffusion	

INTERFACE GRAPHIQUE			
FACILITE D'INSTALLATION	Modéré	Modéré	Difficile
FACILITE D'UTILISATION	Modéré	Difficile	Difficile
VUE TOPOLOGIQUE	Google Earth Avec capacité de zoom Sans obstacles	Vue ruelle Avec capacité de Zoom Sans obstacles	Définis par l'utilisateur Capacité de zoom Avec obstacles
PARAMETRES D'ENTREE	Fichier street map Fichier de mobilité Entrée graphique	Fichier street map Fichier de simulation Entré graphique	Fichier de topologie Entré graphique
EN SORTIE	Trace NS-2 Fichier .kmz (Google Earth)	Fichier de simulation Vue d'animation	Fichier de simulation Vue d'animation
COMPARAISON DE POPULARITE⁵			
NOMBRE DES PAPIERS PUBLIE UTILISENT LE SIMULATEUR	2	8	13
NOMBRE DES CITATIONS TROUVEES DANS IEEE EXPLORE	5	5	9
NOMBRE DES CITATIONS TROUVEES DANS GOOGLE SCHOLAR	5	4	14
COMMENTAIRES	Intègre simulateur de trafic et de réseau à la fois. Les informations échangées dans les protocoles de communication peuvent influencer le comportement du véhicule dans le modèle de mobilité	Peut supporter des simulations hybrides (i.e., communication entre les véhicules simulés et les vrais véhicules sur la route)	Supporte plusieurs intégrations d'émulation et de simulation, mais il a besoin de Fedora 9 OS pour fonctionner

⁵ Données obtenu le 20 Janvier 2009

Chapitre 3

Notre Simulateur LUVicSim

(Laghouat University Vehicular Simulator)

Architecture du LUVicSim

LUVicSim (Laghoutat University Vehicular Simulator) est implémenté sous JAVA. Il se constitue de quatre composantes principales (voir Figure 7) : le Simulateur de mobilité, le simulateur de réseau, le plus court chemin et l'éditeur de carte. .

- L'éditeur de carte est utilisé pour créer la topologie de la route. Pour l'instant, notre implémentation fournit deux méthodes pour créer la carte, la carte peut être créée manuellement par l'utilisateur, ou choisit parmi ceux enregistrées.
- Le simulateur permet d'ajouter des véhicules soit aléatoirement soit dans un endroit désigné dans la carte avec une vitesse choisie, comme il permet de visualiser la simulation de la circulation véhiculaire avec ses différentes applications (dépassement, communications V2V ou V2I, gestion des intersections...).
- Pour avoir le plus court chemin, l'utilisateur peut choisir 2 points de départ et d'arrivée dans la carte ainsi que l'algorithme de trie souhaitable (Sinon l'algorithme de Dijkstra est disponible par défaut) et le simulateur dessinera le plus court chemin sur la carte.

L'éditeur de carte

Dans LUVicSim, les cartes peuvent être choisies directement, il y a des topologies prêtes dans le menu de sélection, ou dessinées manuellement.

Dessin de carte

L'éditeur de cartes est facile à utiliser, la grille est découpée en carreaux et chaque carré est de 5 mètres le côté (un carré est suffisant pour un seul véhicule) (voir Figure 14). L'utilisateur peut mettre une route, ou une intersection. Pour créer une route il a besoin de définir deux points (début et fin) (voir Figure 2) pour cela il doit cliquer sur un carreau et glisser la souris autant de distance souhaité puis soit la connecter à une intersection (voir Figure 3) ou cliquer une 2^{ème} fois pour finir la route.

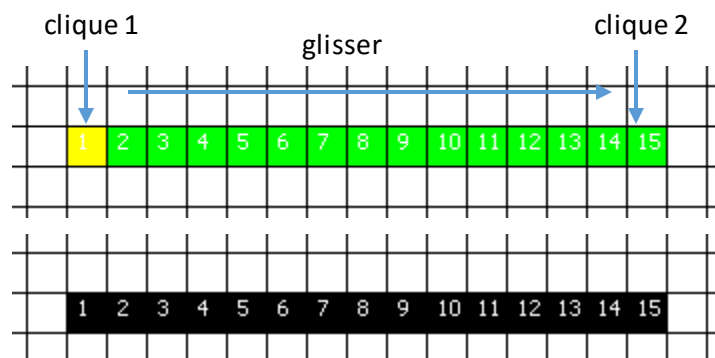


Figure 3. Dessin d'un segment de route

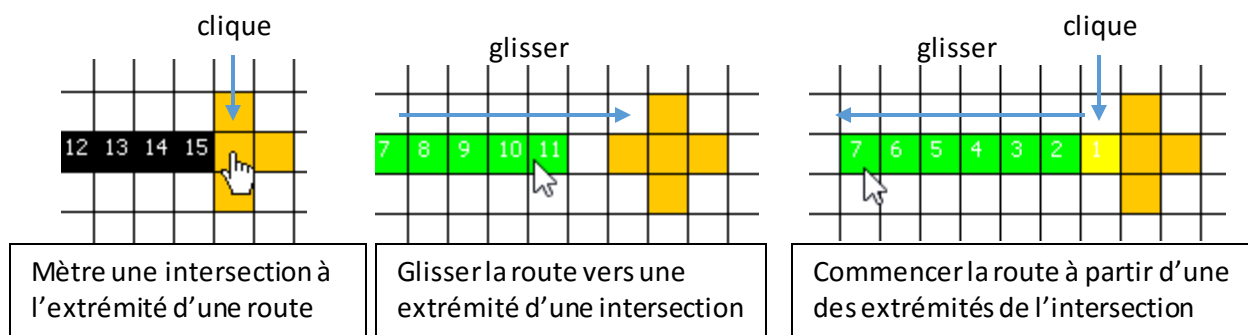


Figure 2. Connecter une route avec une intersection

Simulateur de mobilité

Modèle de détails

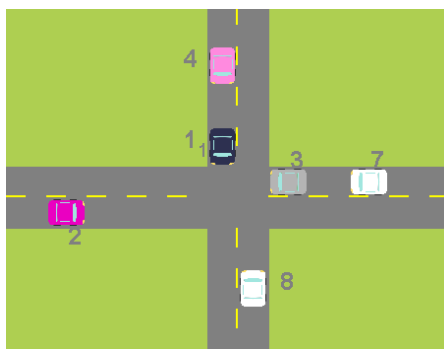
Le modèle de détails de mobilité implémenté est le modèle microscopique avec zoom qui permet de simuler le comportement de chaque véhicule dans la rue, en tenant compte de la capacité physique du véhicule à bouger ainsi que le comportement du conducteur qui le contrôle.

Les facteurs affectant la mobilité implémenté

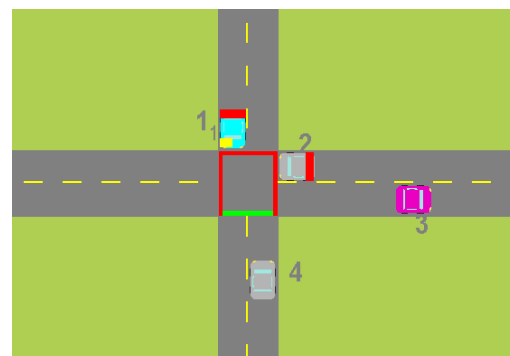
Le choix de routes par le conducteur : ce dernier décide de sa direction dans une intersection. Il peut choisir de partir directement, de tourner à gauche ou de tourner à droite puis son véhicule commencera à clignoter bien avant d'arriver à l'intersection.

Une douce accélération et décélération : puisque les véhicules ne bougent et ne feignent pas brusquement, l'accélération et la décélération sont considérées par rapport à la vitesse actuelle du véhicule et la distance entre l'objet en vue. Si l'objet en face est un véhicule, le conducteur freine jusqu'à ce qu'il roulerait dans la même vitesse avec lui, en laissant une distance de sécurité qui varie par rapport à la vitesse actuelle du véhicule, de telle sorte que si le véhicule freine brusquement le conducteur peut freiner sans percussion.

Gestion des intersections: pour gérer les flux de trafic qui se déplacent dans les différentes directions. Les intersections sont susceptibles d'avoir une plus grande densité de nœuds. Les carrefours sont munis de deux mécanismes de gestion (Figure 4), par priorité à gauche, ou par feux de circulation avec une durée d'attente choisie par l'utilisateur. Les véhicules s'arrêtent pour attendre leurs tours (queue).



Gestion d'intersection par priorité à gauche



Gestion d'intersection par feu de circulation

Figure 4. Mécanismes de gestion d'intersections implémentées

Le Dépassement: un véhicule plus rapide peut doubler d'autres véhicules plus lents quand le doublage est autorisé (voir Figure 5). Avant de doubler, le véhicule vérifie à portée de vue que le doublage est sans danger (aucun véhicule qui peut causer une collision n'arrive, aucun obstacle devant le véhicule doublé, et la distance est suffisante).



Figure 5. Dépassement

La simulation du déplacement du véhicule est une simulation à espace discret (automate cellulaire). La rue est divisée en cellules de 5 mètres de longueur (suffisante pour un seul véhicule) et les véhicules simulés "sautent" d'une cellule à l'autre.

Modèle de mobilité

Le modèle de mobilité implémenté est un modèle synthétique car-following. Le comportement du conducteur est calculé par rapport à l'état du véhicule (i.e. sa position, sa vitesse et son accélération) et les états des véhicules voisins.

Simulateur de réseau

LUVicSim est un simulateur fortement intégré d'un système IVC (communication inter véhiculaire). Autrement dit, les messages échangés dans le réseau peuvent affecter la mobilité des véhicules et le comportement du conducteur, ce qui permet d'évaluer effectivement la performance des systèmes IVC.

Les applications de IVC implémenté

L'échange de messages d'informations V2V : dans le système IVC, les véhicules s'échangent les messages de contrôle périodiquement. Ces messages contiennent des informations concernant le véhicule, qui sont utilisées dans les divers traitements et les applications (voir Figure 6), telles que Identifiant, position, vitesse, direction, nombre de voisins, nombre de voisins dans la direction contraire.

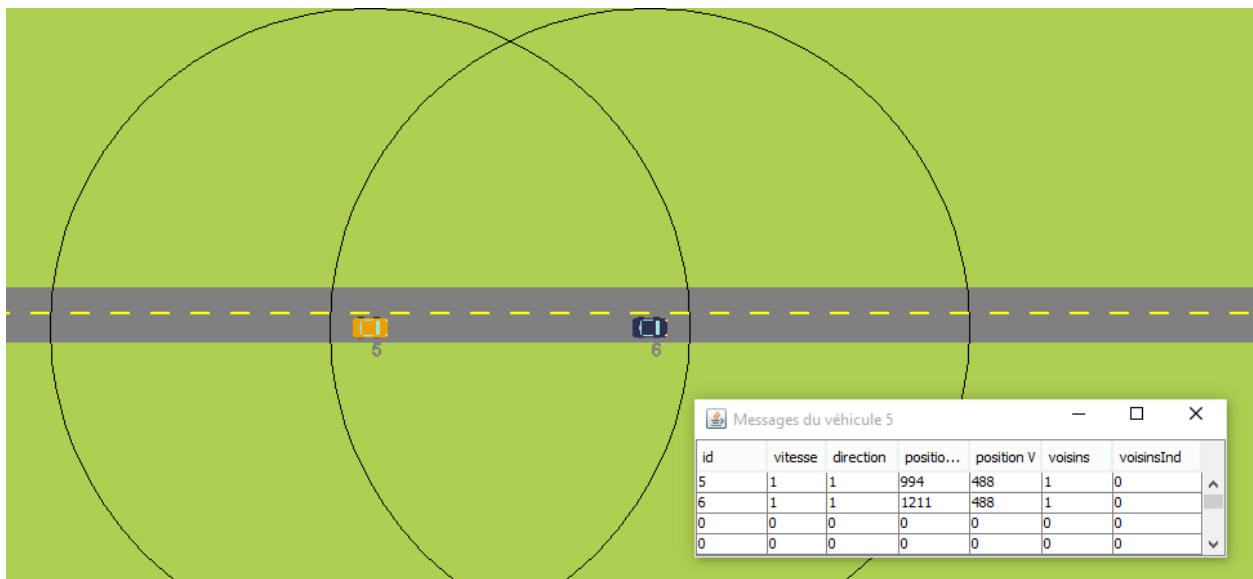


Figure 6. Communication V2V

Le dépassement avec communication V2V : avant qu'un véhicule dépasse un autre il vérifie dans ses messages reçus, si lui ou un véhicule voisin ont des voisins dans le sens contraire, le dépassement n'aurait pas lieu si c'est le cas, si non il double.

Feu de circulation avec communication V2I : dans le cas normal, les véhicules attendent le temps désigné que le feu rouge devient vert pour passer une intersection gérée par un feu de circulation. Mais dans le cas avec communication, l'infrastructure reçoit des messages périodiques des véhicules à proximités et gère la file d'attente pour obtenir un résultat optimal en prenant compte des priorités des véhicules et leurs temps d'attente pour décongestionner les intersections.

Le plus court chemin

Une des fonctionnalités du LUVicSim est la détermination du plus court chemin entre deux points (départ et arrivé), dans la carte de simulation utilisée (voir Figure 15). L'algorithme implémenté est l'algorithme de Dijkstra car il convient à l'implémentation actuelle du graphe.

Description détaillée de l'interface graphique

Dans ce qui suit, nous allons détailler l'interface graphique de notre simulateur LUVicSim.

Le menu d'accueil

Le menu permet de sélectionner une des fonctionnalités suivantes :

- Simulation de mobilité,
- Simulation réseau,
- Plus court chemin,
- Editeur de carte.



Figure 7. Menu d'accueil avec les composantes

Fenêtre de la simulation de mobilité

Cette fenêtre contient (voir Figure 8) :

- Les Menus de controle:
 - En haut pour controler la simulation,
 - En bas pour controler les objets simulés.
- L'espace de simulation où la simulation est visualisé.

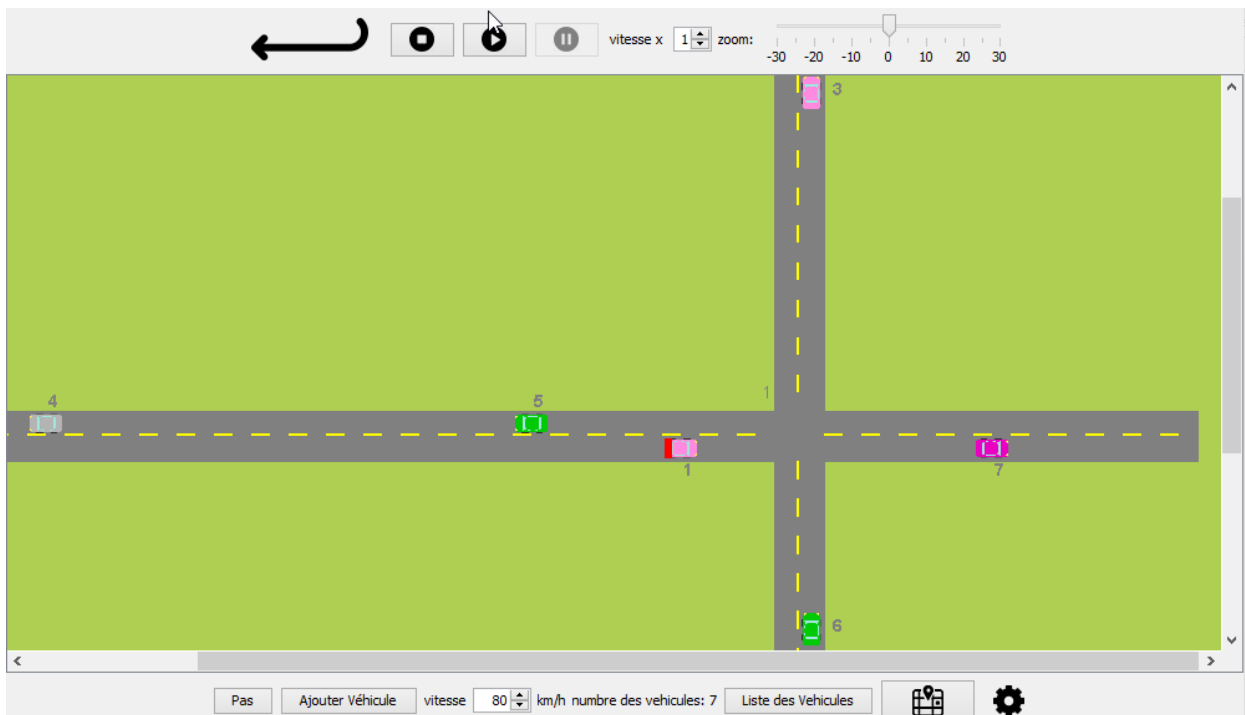
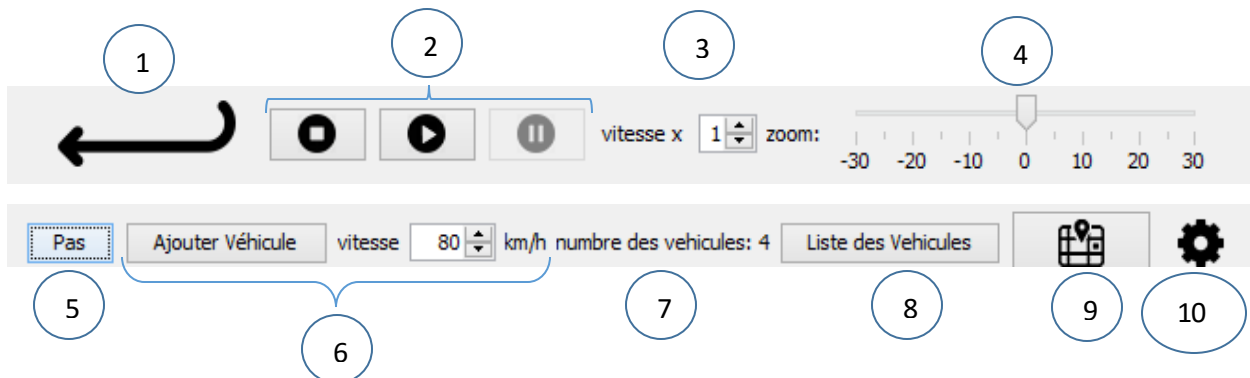


Figure 8. Interface simulateur de mobilité

Barres de commandes



La figure 9 illustre les différents éléments de la barre de commandes du LUVicSim :

1. Le bouton de retour au menu d'accueil,
2. Contrôles pour activer la simulation de la circulation automatique, l'arrêter ou tout effacer (la carte et les véhicules),
3. La Vitesse de la simulation de la circulation automatique. Initialement 1 pas/ seconde,
4. Le zoom sur la carte. Initialement l'échelle est de 10m \longrightarrow 60 pixel,
5. Pour simuler un seul pas,

6. Ajouter un véhicule aléatoirement dans la carte, avec une vitesse limite définie,
7. Le nombre de véhicules dans la simulation,
8. Le bouton d'accès à la liste des véhicules simulés,
9. Le bouton d'accès à l'éditeur de cartes,
10. Le bouton d'accès aux paramètres,

L'espace de simulation

Dans cet espace, l'utilisateur peut ajouter à n'importe quel moment un véhicule dans la carte en cliquant sur la cellule où il veut l'ajouter. La direction du véhicule dépend de la direction de la cellule où il est mis (voir Figure 10).

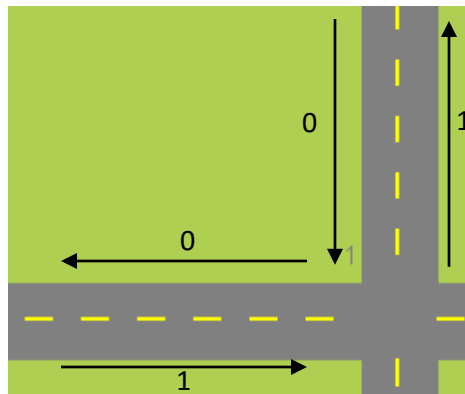


Figure 9. Direction des voies

Menu de paramètres

Le menu apparaît après que l'utilisateur clique sur le bouton des paramètres dans la barre de commande (voir Figure 9). Ce menu contient (voir Figure 11) :

- L'action du clique sur l'espace de simulation, afin d'activer l'ajout de véhicule ou le désactiver,
- Configuration du rayon de communication (range) :), changer la taille ou le rendre invisible. Initialement le rayon est de 450 pixel (75m),
- Activer le doublage des véhicules, ou le désactiver.

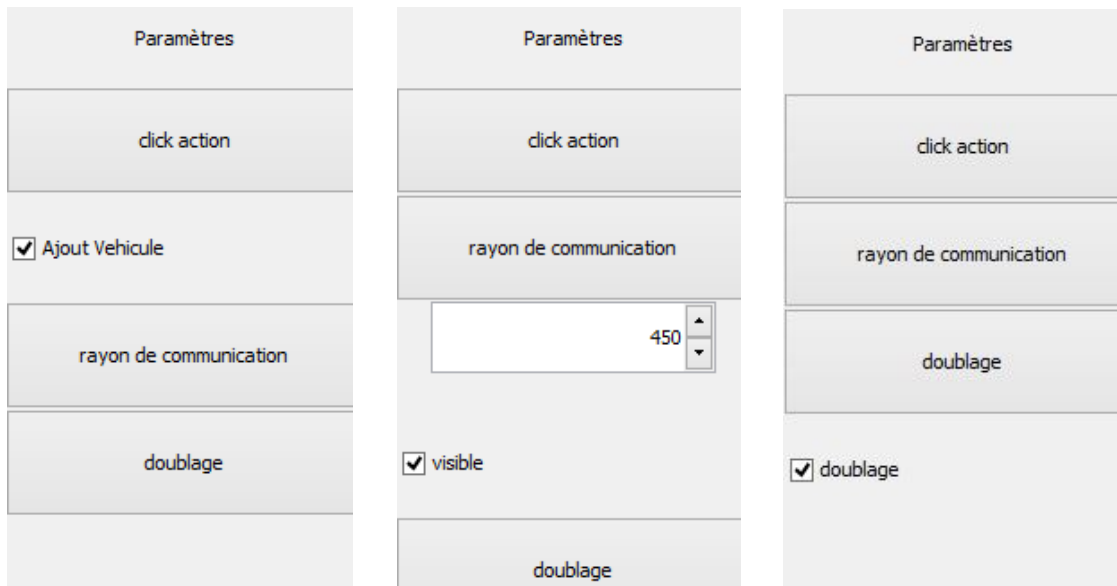
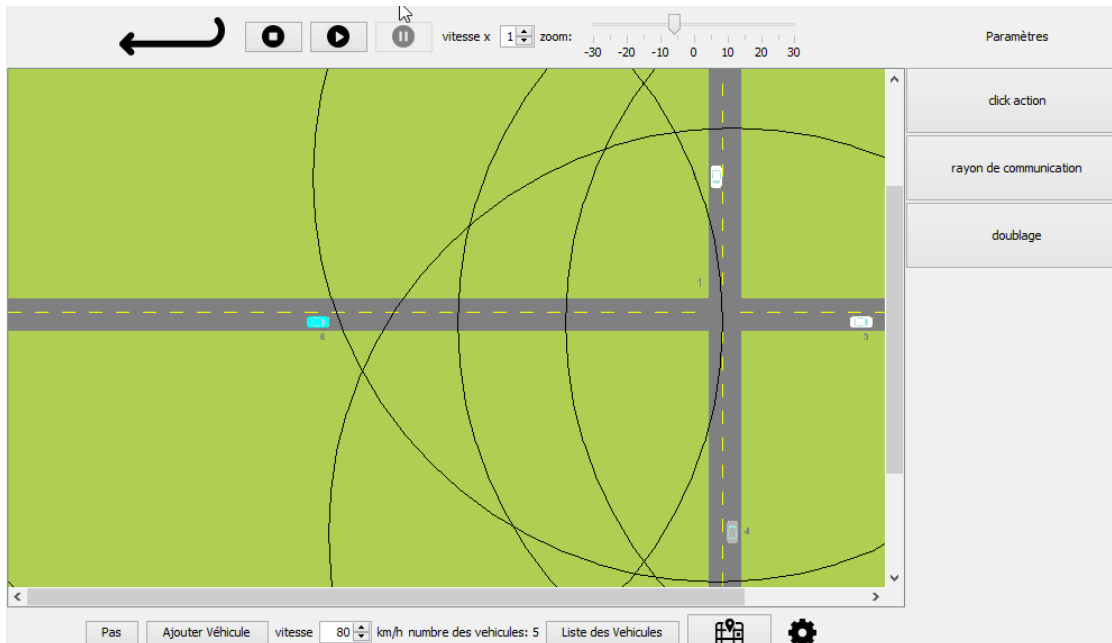
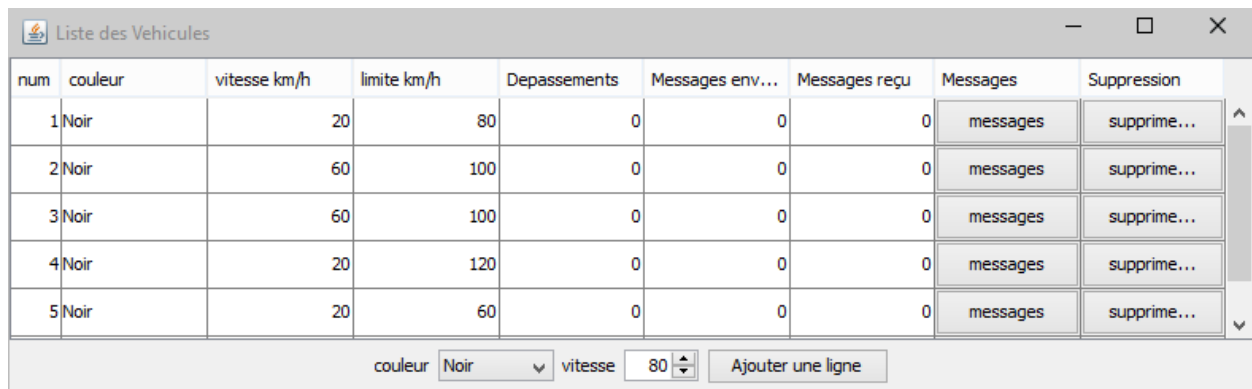


Figure 10. Menu d'options

Fenêtre de la liste des véhicules

Le bouton d'accès à la liste des véhicules se trouve dans la barre de commande (voir Figure 9). Il contient (voir Figure 12) :

- L'identifiant du véhicule,
- La couleur du véhicule, modifiable ;
- La vitesse actuelle du véhicule,
- La vitesse maximum dont le véhicule peut atteindre, modifiable ;
- Le nombre de dépassements,
- Le nombre des messages envoyés,
- Le nombre des messages reçus,
- Bouton pour afficher la liste des messages que le véhicule a reçu,
- Bouton pour supprimer le véhicule,
- Menu pour ajouter un nouveau véhicule.



num	couleur	vitesse km/h	limite km/h	Depassements	Messages env...	Messages reçu	Messages	Suppression
1	Noir	20	80	0	0	0	messages	supprime...
2	Noir	60	100	0	0	0	messages	supprime...
3	Noir	60	100	0	0	0	messages	supprime...
4	Noir	20	120	0	0	0	messages	supprime...
5	Noir	20	60	0	0	0	messages	supprime...

couleur vitesse

Figure 11. Fenêtre de la liste des véhicules

Fenêtre de la liste des messages

Cette fenêtre est accessible depuis la liste des véhicules (voir Figure 12), car chaque véhicule a sa propre liste de messages. Il contient (voir Figure 13) :

- L'identifiant du véhicule,
- La vitesse du véhicule,
- La direction du véhicule, 1 signifie la voie directe 0 le sens contraire (voir Figure 10),
- Position horizontal et Vertical,
- Le nombre des voisins du véhicule,
- Le nombre des voisins dans le sens contraire,

id	vitesse	direction	position H	position V	voisins	voisinsInd
1	1	0	782	332	6	0
2	3	1	802	302	2	2
3	3	1	332	472	2	2
4	3	1	802	642	3	2
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Figure 12. Fenêtre de la liste des messages reçus par le véhicule 1

L'éditeur de cartes

L'éditeur est accessible soit par le menu d'accueil (voir Figure 7) ou par le menu la fenêtre de la simulation (voir Figure 9), il contient un espace de dessin et une barre de choix (voir Figure 14).

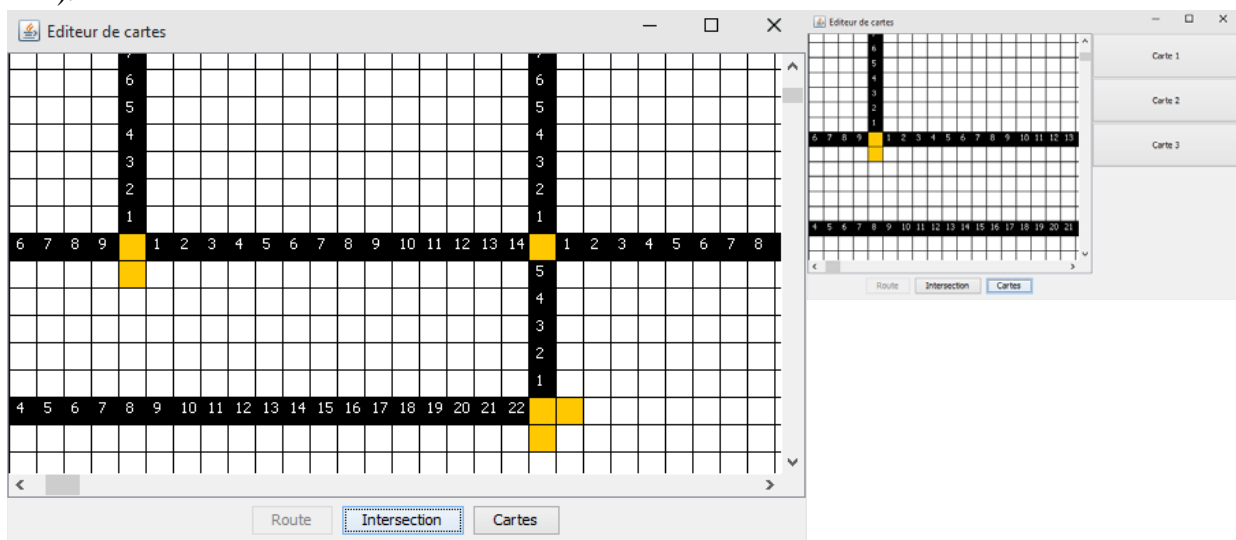


Figure 13. Editeur de cartes

Le plus court chemin

Le plus court chemin est accessible à partir de la fenêtre d'accueil (voir Figure 7). Pour l'utiliser, il suffit de désigner deux points, le programme dessine le chemin le plus court en jaune et les chemins annulés en gris (pour comprendre le déroulement de l'algorithme de Dijkstra) (voir Figure 15).

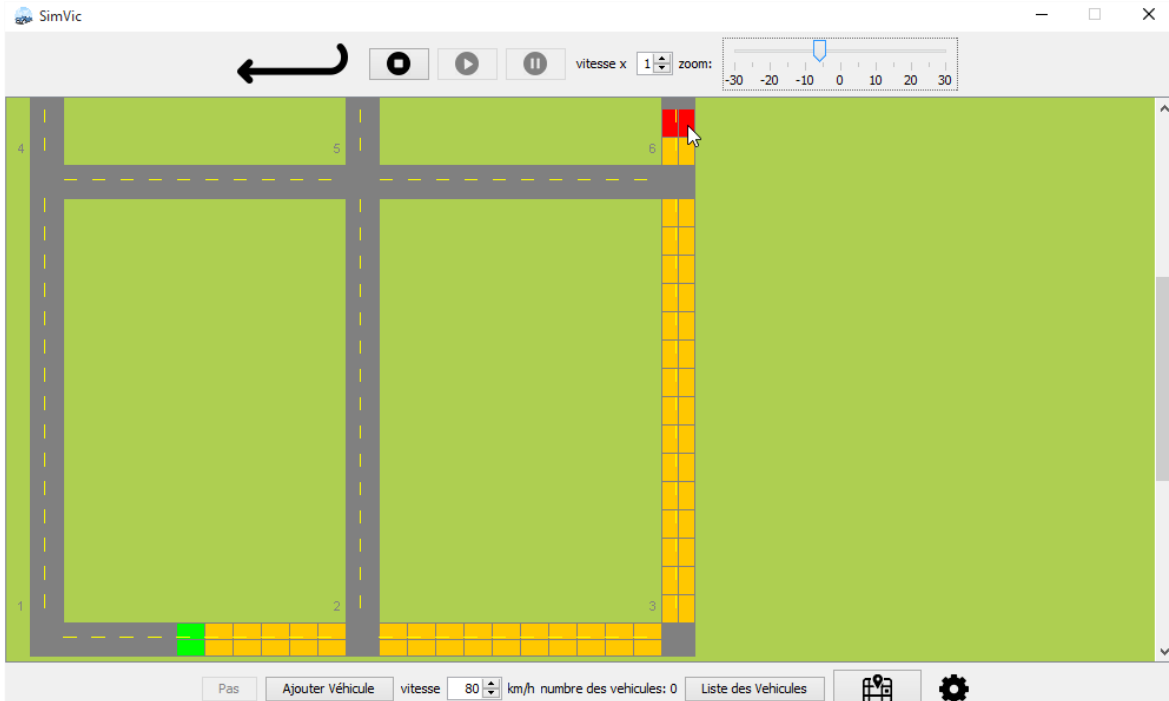


Figure 14. Fenêtre de la recherche du plus court chemin

La fenêtre permet d'ajouter des véhicules et de simuler la mobilité. Le plus court chemin change selon la congestion des rues, pour donner le chemin le plus optimal (voir Figure 16).

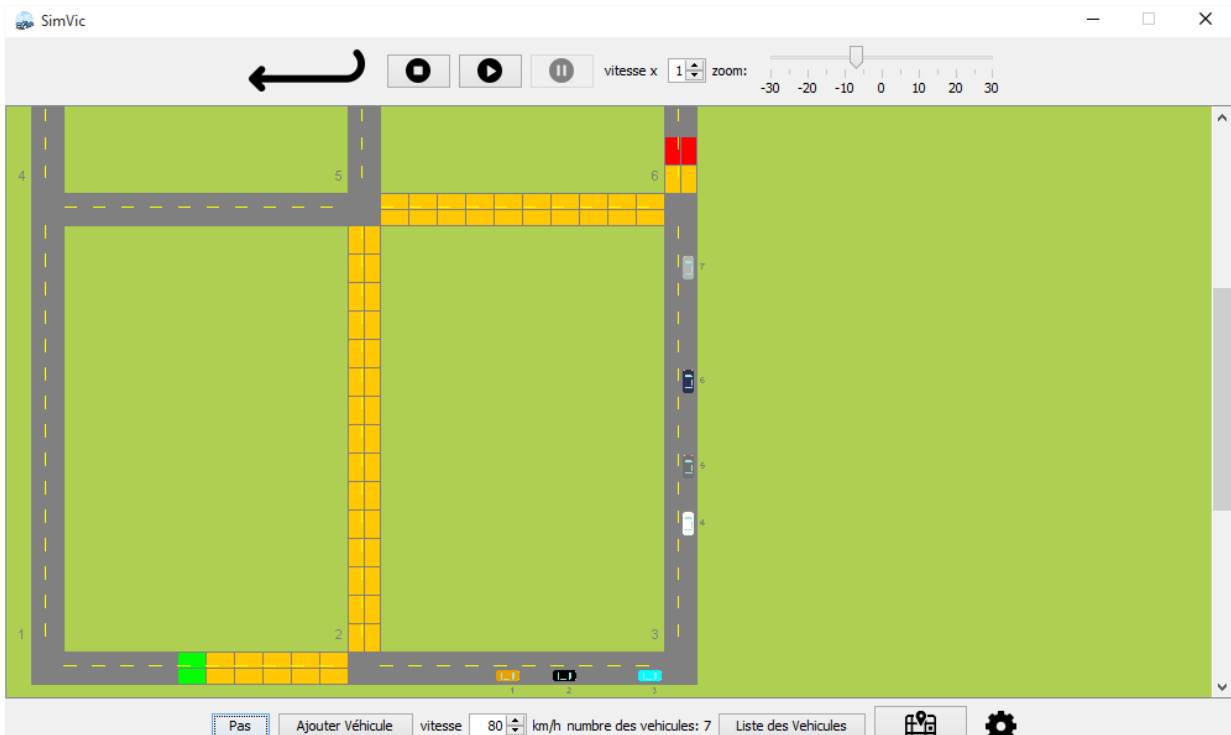


Figure 15. Le plus court chemin avec congestion

Conclusion et perspectives

Avec les complications de réalisation des scénarios de la communication inter-véhiculaire, le développement et l'amélioration des simulateurs fortement intégrés est devenue une nécessité pour avoir de meilleurs résultats de recherches. Dans ce mémoire, nous avons présenté notre travail qui consiste à créer un simulateur fortement intégré, où nous avons programmé des applications de communication inter-véhiculaire, V2V et V2I.

Notre simulateur, LUVicSim a donné de bons résultats en prouvant son efficacité pendant son exécution, durant le temps consacré à la réalisation de ce travail. Notre projet a un horizon plus vaste et des perspectives plus intéressantes. Nous pourrions réaliser des extensions dans de futures versions. Parmi les idées que nous pourrions développer:

- La possibilité de créer des topologies plus détaillées à plusieurs dimensions (3D) ;
- La possibilité d'ajouter des objets volant (drones),
- La génération de traces compatibles avec les simulateurs existant (NS-2, GloMoSim, SWANS),
- La génération d'illustration et animations (images et vidéos),
- La possibilité d'introduire des cartes réelles depuis google earth et street map,
- L'implémentation de plus d'algorithmes de plus court chemin avec une comparaison,
- L'implémentation davantage d'applications IVC,

Enfin, nous espérons que notre travail sera bénéfique et utilisé dans les domaines de recherche et dans les études universitaires

Ce travail nous a permis d'enrichir nos connaissances dans les domaines de VANET, la simulation réseau, les réseaux sans fils, la programmation et surtout la recherche.

Bibliographie

- [1] A. M. Sanjib Debnath, «SURVEY ON MOBILITY MODELS FOR VEHICULAR AD HOC NETWORKS,» *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 02, n° % 1special issue: 02, Decembre 2013.
- [2] I. Bonzani, «Hydrodynamic models of traffic flow: Drivers' behaviour and nonlinear diffusion,» *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 31, n° % 16-7, pp. 1-8, 2000.
- [3] F. F. a. C. B. J. Haerri, «Mobility Models for Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey and Taxonomy,» *Communications Surveys & Tutorials*, vol. 11, n° % 14, pp. 19-41, 2009.
- [4] J. Mathew, «Mobility Model for Vehicular Ad Hoc Networks: a survey and taxonomy,» *Department of computer Science, COCHIN University*, Juin 2010.
- [5] «Parallel Microscopic Simulation of Road Traffic (PARAMICS),» [En ligne]. Available: <http://www.Paramics-online.com>.
- [6] «Corridor Simulation (CORISM),» [En ligne]. Available: <http://www.mcstrans.ce.ufl.edu/featured/TSIS/Version5/corsim.htm>.
- [7] «Transportation Analysis and Simulation System (TRANSIMS),» [En ligne]. Available: <http://transims.tsasa.lanl.gov>.
- [8] N. P. K. G. a. A.-I. A. W. Atulya Mahajan, «Urban Mobility Models for VANETs,» *Computer Science, Florida State University.*, pp. 1-8, 2006.
- [9] F. E. B. David R. Choffnes, «STRAW - An Integrated Mobility and Traffic Model for VANETs,» *Department of Computer Science, Northwest University*, 2005.
- [10] C. K. T. J.-C. C. C. T. C. e. P. M. Francisco J. Martinez, «A survey and comparative study of simulators for vehicular ad hoc networks (VANETs),» *Wiley InterScience WIRELESS COMMUNICATIONS AND MOBILE COMPUTING*, 2009.
- [11] F. M. F. F. B. C. Haerri J, «VanetMobiSim: generating realistic mobility patterns for VANETs,» Institut Eurécom and Politecnico Di Torino, 2006. [En ligne]. Available: <http://vanet.eurecom.fr/>.
- [12] C. R. Group, «CanuMobiSim (Mobility Simulation Environment),» Institute of Parallel and Distributed Systems (IPVS). University of Stuttgart, 2001.. [En ligne]. Available: <http://canu.informatik.uni-stuttgart.de/mobisim/index.html>.
- [13] R. C. Krajzewicz D, «Simulation of Urban MObility (SUMO),» German Aerospace Centre, 2007. [En ligne]. Available: <http://sumo.sourceforge.net/index.shtml>.
- [14] «OpenStreetMap: The FreeWikiWorld Map,» 2008. [En ligne]. Available: <http://www.openstreetmap.org/>.
- [15] «MOVE (MObility model generator for VEhicular networks): Rapid Generation of Realistic Simulation for VANET,» 2007. [En ligne]. Available: <http://lens1.csie.ncku.edu.tw/MOVE/index.htm>.

- [16] «STRAW - STreet RAndom Waypoint - vehicular mobility model for network simulations (e.g., car networks),» 2008. [En ligne]. Available: <http://www.aqualab.cs.northwestern.edu/projects/STRAW/index.php>.
- [17] «FreeSim,» 2008. [En ligne]. Available: <http://www.freewaysimulator.com/>.
- [18] C. J. C. M. P. Martinez FJ, «Citymob: a mobility model pattern generator for VANETs.,» chez *IEEE Vehicular Networks and Applications Workshop (Vehi-Mobi, held with ICC)*, Beijing, China, Mai 2008.
- [19] B. Bouziane, «Intégration des technologies de communications sans fil dans STR,» *Université AMMAR TELIDJI Laghouat, Département d'informatique*, Octobre 2011.
- [20] V. K. Fall K, «ns notes and documents,» The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, February 2000. [En ligne]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/nsdocumentation.html>.
- [21] T. C. M. Project, «The CMU Monarch Project's wireless and mobility enhancements to ns,» Université de Carnegie-Mellon, 2001. [En ligne]. Available: <http://www.monarch.cs.cmu.edu>.
- [22] S. A. H. a. A. Saeed, «An Analysis of Simulators for Vehicular Ad hoc Networks,» *World Applied Sciences Journal*, vol. 23, n° % 18, 2013.
- [23] M. J, «GloMoSim. Global mobile information systems simulation,» UCLA Parallel Computing Laboratory, 2001. [En ligne]. Available: <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim/>.
- [24] «Parsec: Parallel Simulation Environment for Complex Systems,» UCLA Parallel Computing Laboratory, 2008.. [En ligne]. Available: <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/parsec/>.
- [25] S. N. Technologies, «Qualnet,» Scalable Network Technologies Inc., 2006.. [En ligne]. Available: <http://www.scalablenetworks.com/products/download.php>.
- [26] «JiST/SWANS: Java in Simulation Time/Scalable Wireless Ad,» 2004. [En ligne]. Available: <http://jist.ece.cornell.edu/>.
- [27] «SWANS User Guide,» 2004. [En ligne]. Available: <http://jist.ece.cornell.edu/docs/040319-swans-user.pdf>.
- [28] K. M. Sichitiu M, «Inter-vehicle communication systems: a survey,» *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 10, n° % 12, pp. 88-105, 2008.
- [29] R. M. L. A. P. P. G. M. H. J.-P. Piorowski M, «TraNS (Traffic and Network Simulation Environment),» Ecole Polytechnique Fédérale de Lausannem,EPFL, Switzerland, 2007. [En ligne]. Available: <http://trans.epfl.ch/>.
- [30] P. M. R. M. H. H. F. S. J.-P. Wegener A, «Traci: an interface for coupling road traffic and network simulators,» *CNS'08: Proceedings of the 11th Communications and Networking Simulation Symposium*, pp. 155-163, 2008.
- [31] «NCTUns 5.0,» 2008. [En ligne]. Available: <http://nsl10.csie.nctu.edu.tw/>.
- [32] F. F. C. B. Jérôme Harri, «Mobility Models for Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey and Taxonomy,» *EURECOM*, p. 8, 2006.

- [33] S. Fontanelli, «Vehicular Networks: Traffic Simulations and Communication Protocols,» *University of Pisa*, 2008..
- [34] F. F. e. C. B. Jérôme Harri, «Mobility Models for Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey and Taxonomy,» *Institut Eurécom - FRANCE*, Mars 2007.
- [35] «VISSIM,» 2008. [En ligne]. Available: <http://www.ptvamerica.com/vissim.html>.
- [36] «VISUM,» 2008. [En ligne]. Available: <http://www.ptvamerica.com/visum.html>.
- [37] «ArcView,» 2008. [En ligne]. Available: <http://esri.com/software/arcview/>.
- [38] V. K. Fall K, «ns notes and documents,» UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, February 2000. [En ligne]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/nsdocumentation.html>.