

*République Algérienne Démocratique et Populaire.
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
Faculté de Génie Électrique et D'informatique.
Département D'informatique.*



MEMOIRE

DE FIN D'ETUDE

**En vue d'obtention du diplôme Master deux en Informatique.
OPTION : réseaux mobilité et systèmes embarqués.**

THEME

**Préparation des données pour une
éventuelle technique de localisation des
véhicules**

Proposé et dirigé par :

M^d Aoudjit Rachida

Réalisé par :

M^{elle} Dehak Kahina

Promotion 20013/2014

Sommaire

Chapitre I : état de l'art sur les réseaux véhiculaire

I.1 Introduction	2
I.2 Les réseaux mobiles	2
I.2.1 Définition d'un réseau mobile.....	2
I.2.2 Classification des réseaux mobiles selon l'infrastructure.....	2
I.2.2.1 les réseaux mobiles avec infrastructure (réseaux cellulaire)	3
I.2.2 .2 les réseaux mobiles sans infrastructure (réseaux ad hoc).....	3
I.3 Types des réseaux ad hoc	4
I.3.1 les réseaux mobiles ad-hoc (MANETs)	4
I.3.1.1 Définition	4
I.3.1.2 Modélisation des réseaux mobiles Ad Hoc	5
I.3.1.3 Caractéristiques	6
I.3.1.4 application	7
I.3.2 les réseaux ad hoc véhiculaire (VANET)	7
I.3.2.1 définition des VANET	7
I.3.2.2 Entités communicantes	8
I.3.2.3 Types de message	9
I.3.2.4 Architectures de communication	10
I.3.2.5 caractéristiques d'un réseau VANET.....	11
I.3.2.6 application des réseaux VANET.....	12
I.4 conclusion	13

Chapitre II : les techniques de localisations :

II.1 Introduction	14
II.2 La localisation	14
II.3 La localisation en espaces libre.....	14

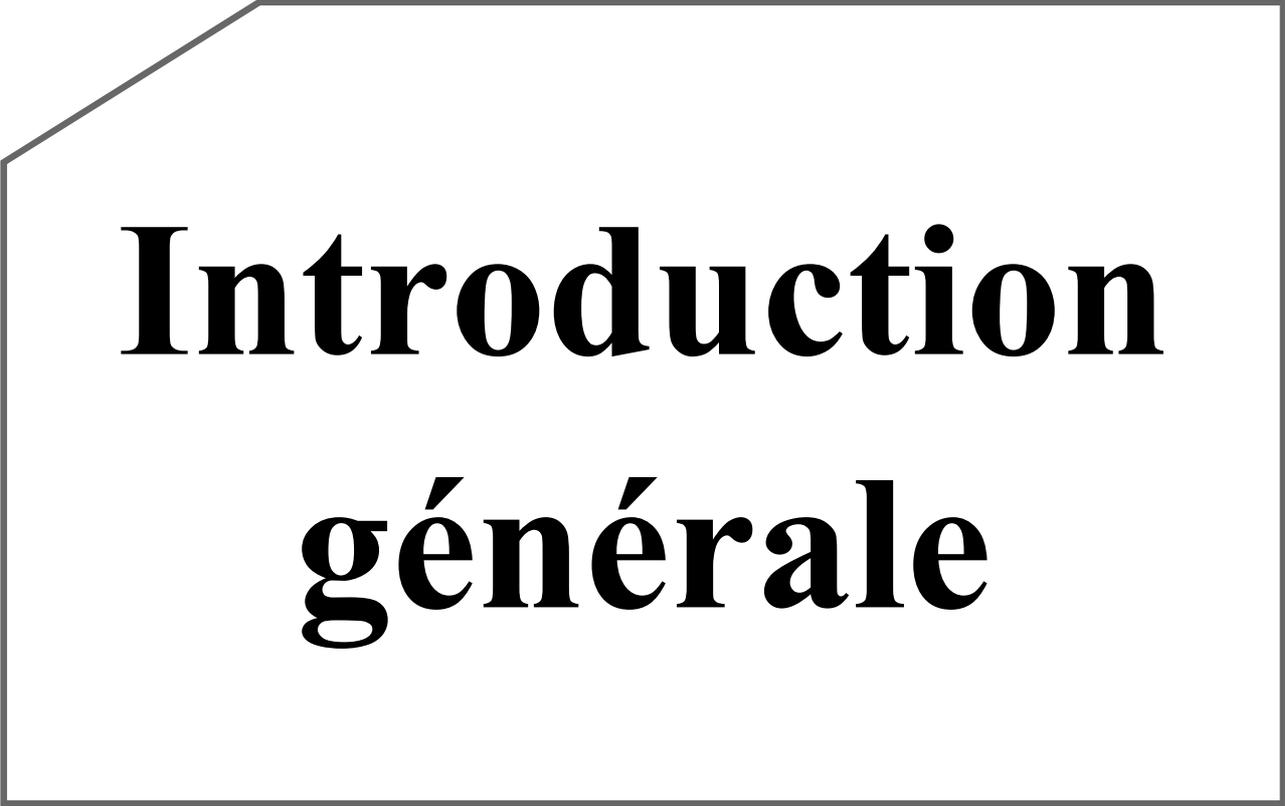
II.3.1 La localisation par satellites.....	14
II.3.1.1 Le GPS (Global Positioning System).....	15
II.3.1.1.1 Définition.....	15
II.3.1.1.2 Les composants du système GPS	15
II.3.1.1.3 Fonctionnement du GPS.....	17
II.3.1.2 Le GPS pour véhicule.....	19
II.3.1.3 Les améliorations du GPS.....	19
II.3.1.3.1 Le GPS Assisté (A-GPS).....	19
II.3.1.3.2 Le GPS Différentielle (DGPS).....	19
II.3.1.4 Le GLONASS.....	20
II.3.1.5 Galileo.....	21
II.3.2 la localisation en utilisant les réseaux cellulaires (GSM).....	22
II.3.2.1 La méthode Cell-ID.....	22
II.3.2.2 La méthode E-OTD.....	23
II.3.2.3 La méthode U-TDOA.....	24
II.3.2.4 La localisation de véhicules en utilisant les réseaux GSM.....	25
II.4 Les techniques de localisations indoor.....	25
II.4.1 La localisation par ondes radio.....	25
II.4.1.1 RFID.....	25
II.4.1.2 La localisation par wifi	26
II.4.1.3 La localisation par Bluetooth.....	26
II.4.1.4 La localisation par infrarouge et ultrason.....	26
II.4.2 La localisation par image vidéo	27
II.5 Les techniques de localisation conçue spécialement pour les réseaux véhiculaires	27
II.5.1 GPS-RFID.....	27
II.5.1.1 Les composant du système.....	28

II.5.1.2 Le fonctionnement du système.....	29
II.5.2 La localisation cartographique.....	30
II.5.3 Dead Reckoning.....	31
II.6 Conclusion	32
Chapitre III: la simulation et analyse des résultats	
III.1 Introduction	33
III.2 L'environnement de la simulation.....	33
III.2.1 Le système d'exploitation utilisé	33
III.2.2 Le simulateur utilisé pour réaliser notre travail	33
III.3 Le langage de programmation utilisé.....	34
III.4 Simulation et résultats.....	34
III.4.1 objectif	34
III.4.2 simulation	36
III.4.2.1 Création de la carte routière	38
III.4.2.2 Création des véhicules	50
III.4.2.3 Extraction de donnée à partir du fichier trace	73
III.5 Conclusion.....	82

Liste des figures :

Figure I.1 : La classification des réseaux mobiles selon l'infrastructure.....	2
Figure I.2: Exemple d'un réseau mobile avec infrastructure.....	3
Figure I.3 : Exemple d'un réseau sans infrastructure.....	4
Figure I.4 : Exemple d'un réseau MANET.....	5
Figure I.5 : Modélisation d'un réseau mobile ad hoc.....	6
Figure I.6: Exemple d'un réseau véhiculaire.....	8
Figure I.7: véhicule intelligent	9
Figure I.8: Communication VANET (V2V)	10
Figure I.9: Communication VANET (V2I)	11
Figure I.10: Communication VANET hybride	11
Figure II.1: Les satellites du système GPS.....	16
Figure II.2: Les stations de surveillance.....	16
Figure II.3 : Le principe de la localisation par GPS.....	17
Figure II.4 : Positionnement par Differential-GPS	20
Figure II. 5: Le principe de la localisation cell-ID.....	23
Figure II. 6: Le principe de la localisation E-OTD.....	24
Figure II.7 : Exemple d'une étiquette RFID.....	26
Figure II.8: La localisation par GPS-RFID.....	28
Figure II.9 : Le principe de la localisation cartographique.....	31
Figure II.8 : La localisation en utilisant le Dead Reckonig.....	32
Figure III.1 : Les étapes à suivre pour réaliser notre travail.....	35
Figure III.2 : Exemple d'une carte routière.....	36
Figure III. 3 : L'interface principale de l'outil MOVE.....	37
Figure III.4 : L'interface qui permet la création manuelle des cartes et des véhicules.....	37
Figure III.5 : Création des nœuds.....	38
Figure III.6 : La table des nœuds.....	39

Figure III.7 : création des routes.....	40
Figure III.8 : La table des routes.....	41
Figure III.9 : création de la configuration de la carte.....	46
Figure III.10 : La configuration que nous avons créée pour notre carte.....	46
Figure III.11 : création de la carte routière.....	47
Figure III.12 : La génération de la carte.....	48
Figure III.13 : Visualisation de la carte.....	49
Figure III.14 : La carte routière obtenue.....	50
Figure III.15 : Création de véhicules.....	51
Figure III.16 : la table de véhicule.....	52
Figure III.17 : la génération de mouvement de véhicules.....	54
Figure III.18 : configuration des paramètres de la simulation.....	55
Figure III.19 : Visualisation du fichier de configuration.....	56



Introduction générale

Introduction générale

Ces dernières années, le véhicule est devenu le moyen de transport le plus utilisé mais aussi le moins sûr. Pour cela et grâce à la technologie sans fil des recherches sont menées afin d'améliorer cette sûreté, et cela en utilisant un réseau de véhicule qui communique entre eux, ce qu'on appelle un réseau véhiculaire VANET (véhicular ad hoc network).

De nombreux projets de recherche dans ce domaine sont lancés dans le monde entier surtout dans les pays développés afin d'améliorer l'efficacité de ces réseaux où les informations échangées entre les véhicules sont de très grandes importances. En effet grâce à ces dernières nous pouvons prévenir d'autres véhicules d'un danger éventuel, comme nous pouvons grâce à ces informations localiser un véhicule ce qui est une information très importante dans les réseaux véhiculaires puisque de nombreuses applications de sécurité nécessitent cette information de localisation comme les applications de l'assistance à la conduite.

De nombreux systèmes de localisation sont utilisés dans les véhicules afin de pouvoir localiser ces derniers parmi lesquels nous pouvons citer le GPS et la technologie RFID.

Afin d'étudier un réseau véhiculaires nous avons besoin des données concernant les déplacements de ces véhicules telle que la vitesse, la position ... et comme nous savons, le déploiement sur terrain de ces réseaux de véhicules n'est malheureusement pas envisageable à ce jour pour cela nous allons utiliser la simulation.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

Dans **le premier chapitre** nous donnons un état de l'art sur les réseaux véhiculaire en présentant des généralités concernant ces réseaux tels que l'architecture de communication, leurs différentes caractéristiques et les applications existantes.

Dans **le deuxième chapitre** nous allons donner l'ensemble des techniques de localisation existantes dans la littérature et mentionner celles utilisées pour les VANET ; comme nous allons donner quelque techniques conçues spécialement pour la localisation dans ces réseaux comme le GPS-RFID et la localisation cartographique.

Dans **le troisième chapitre** nous allons réaliser notre simulation qui consiste en création d'une carte routière et d'un ensemble de véhicules circulant sur cette carte ; nous allons aussi récupérer la trace de ces véhicules qui est un fichier xml et enfin extraire les informations nécessaires qui seront utiles pour une éventuelle exploitation.

Chapitre I :

**État de l'art sur les
réseaux véhiculaires**

I.1 Introduction :

De nos jours, les véhicules prennent de plus en plus d'importance dans nos vies et pour le moment la voiture est le moyen de transport le moins sûr, et pour cela de nombreux gouvernements et constructeurs automobiles ont fixé la réduction des accidents de la route comme une priorité majeure.

Afin de réussir ce challenge, l'idée première a été de rendre les véhicules et les routes plus Intelligentes et cela grâce à des capteurs installés au sein de ces véhicules, et d'autre situés au bord des routes et des centres de contrôle, ce qui permet une communication entre ces véhicules, ces communications véhiculaires permettront aux conducteurs d'être avertis suffisamment tôt de dangers éventuels .

De plus, ces réseaux ne se contenteront plus d'améliorer la sécurité routière seulement, mais ils permettront aussi d'offrir de nouveaux services aux usagers des routes rendant la route plus agréable.

Dans ce premier chapitre nous allons présenter les réseaux mobiles sans fil leurs classification selon l'infrastructure, nous allons aussi présenter quelque types des réseaux ad hoc où nous allons détailler les réseaux VANETs.

I.2 Les réseaux mobiles :

I.2.1 Définition d'un réseau mobile:

Un réseau mobile est un système composé de nœuds reliés les uns aux autres par des liaisons de communication utilisant des ondes radioélectriques (radio ou infrarouge). Ces nœuds sont libres de se déplacer sans perte de leurs connexions au réseau. Un réseau mobile peut contenir des sites fixes pour permettre l'accès à d'autres types de réseaux (filaire). [MER11]

I.2.2 Classification des réseaux mobiles selon l'infrastructure:

Les réseaux mobiles sans fil peuvent être classés en deux grandes catégories : les réseaux avec infrastructure et les réseaux sans infrastructure.

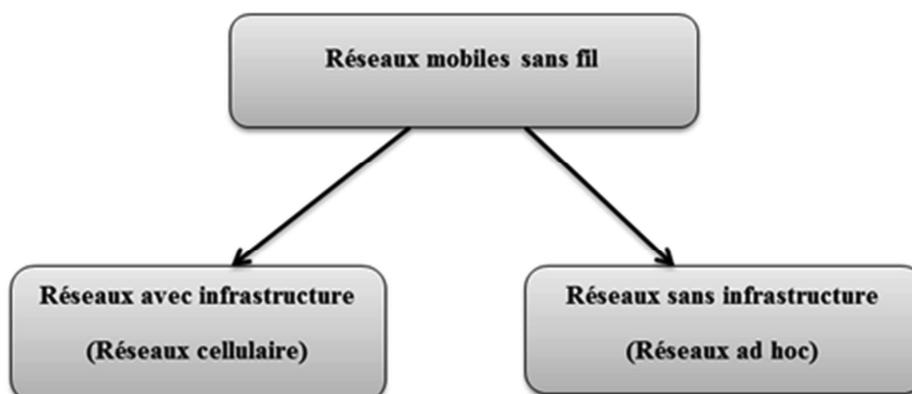


Figure I.1 : la classification des réseaux mobiles

I.2.2.1 Les réseaux mobiles avec infrastructure (réseaux cellulaire) :

Dans ce type de réseaux, chaque nœud (appelé aussi unité mobile) se connecte à un point d'accès (appelé aussi site fixe ou station de base SB) via une liaison sans fil. La station de base et les unités mobiles situés dans sa zone de couverture forment un ensemble de services de base (en anglais Basic Service Set, noté BSS) et constitue une cellule.

Il est possible de relier plusieurs points d'accès entre eux par une liaison appelée système de distribution (notée DS pour Distribution System) afin de constituer un ensemble de services étendus (Extended Service Set ou ESS). Le système de distribution peut être un réseau filaire, généralement fiable et à haut débit, ou bien un réseau sans fil.

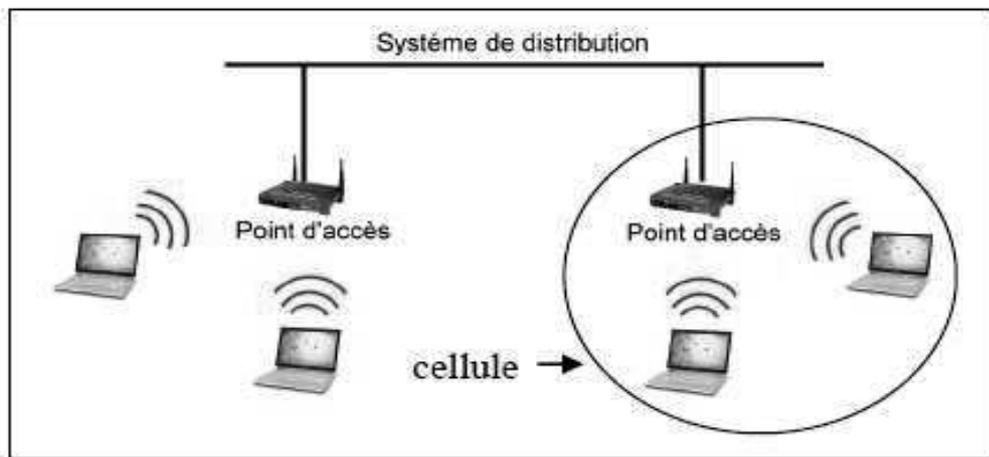


Figure I.2: Exemple d'un réseau mobile sans infrastructure [MER 11]

I.2.2.2 les réseaux mobiles sans infrastructure (réseaux ad hoc) :

Dans ce type de réseaux, les nœuds sont équipés par des antennes et peuvent communiquer entre eux sans aucune administration centralisée, en utilisant une technologie de communication sans fil comme WiFi, Bluetooth, etc. Les nœuds jouent à la fois le rôle de client et de point d'accès afin de maintenir la connectivité du réseau.

Dans un réseau mobile sans infrastructure (réseau ad-hoc), un nœud peut communiquer directement (mode point-à-point) avec n'importe quel nœud s'il est situé dans sa zone de transmission, tandis que la communication avec un nœud situé en dehors de sa zone de transmission s'effectue via plusieurs nœuds intermédiaires c'est ce qu'on appelle (mode multi-sauts).

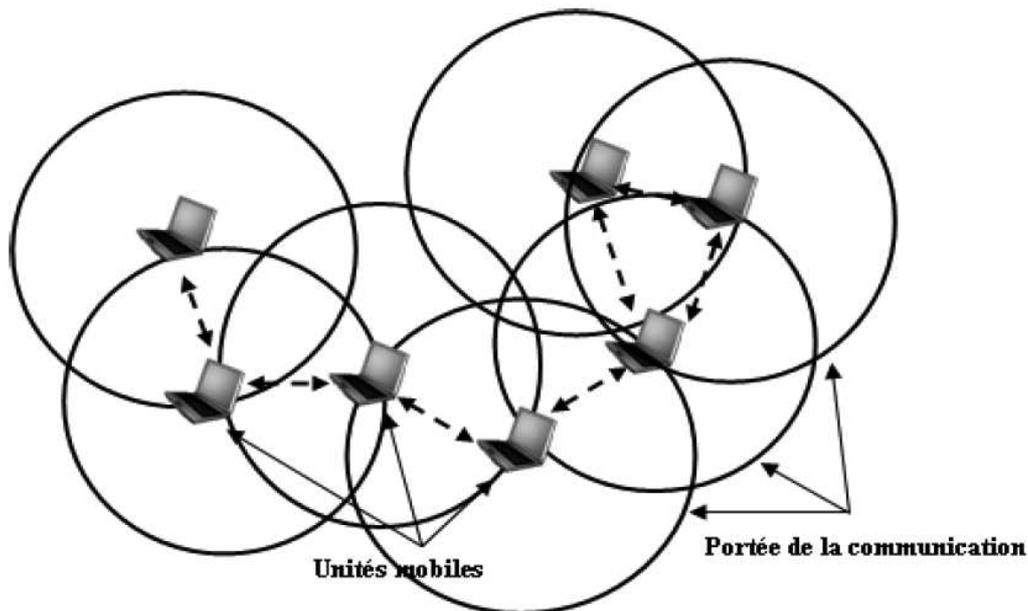


Figure I.3 : Exemple d'un réseau sans infrastructure [MER

I.3 Types des réseaux ad hoc :

Il existe plusieurs types de réseau ad hoc tel que les réseaux mobiles ad-hoc (MANETs), les réseaux ad hoc véhiculaires (VANETs), les réseaux de capteurs (WSNs) et les réseaux maillés (WMNs).

Dans cette section nous allons détailler deux types de réseaux : les réseaux mobiles ad-hoc (MANETs) et les réseaux ad hoc véhiculaires (VANETs),

I.3.1 les réseaux mobiles ad-hoc (MANETs) :

I.3.1.1 Définition :

Les réseaux ad hoc, dans leur configuration mobile, sont connus sous le nom de réseau mobile ad hoc. Un réseau ad hoc mobile est appelé MANET (Mobile Ad hoc Network), le terme MANET est le nom d'un groupe de travail de l'IETF (Internet Engineering Task Force), est un groupe de nœud capable de s'auto organiser, et qui communiquent les uns avec les autres sans le support d'une quelconque infrastructure de gestion prédéfinie, les MANETs sont des réseaux paire à paire, multi sauts, qui s'appuient sur les nœuds intermédiaires en tant que relais pour acheminer les paquets. Ceci signifie que les nœuds jouent à la fois le rôle d'hôte et de routeur : ils sont d'une part responsables de l'émission et de la réception de leurs propres données, et ils assurent d'autre part la retransmission du trafic des autres nœuds. [YAH11].

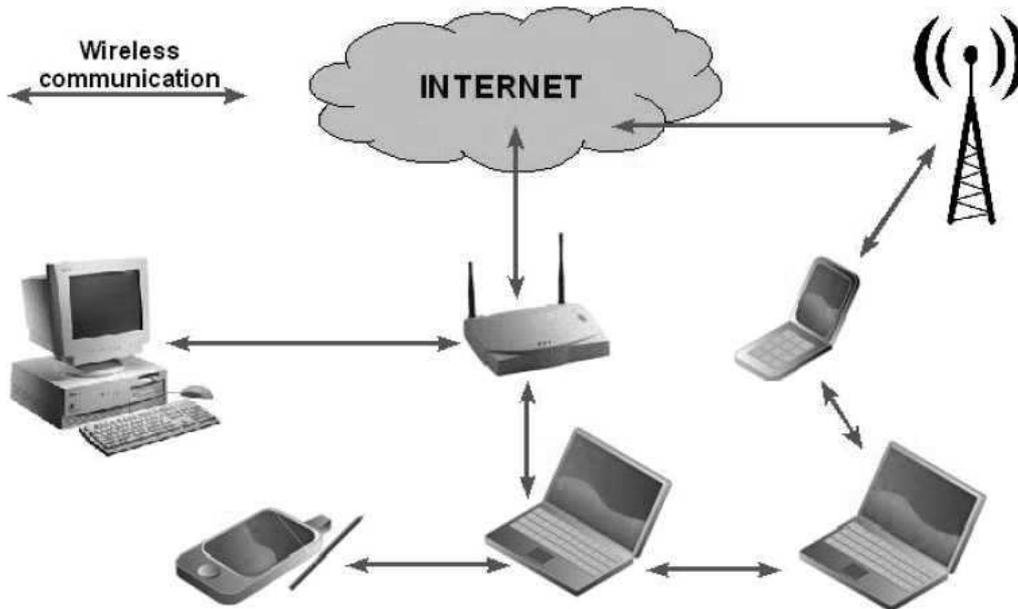


Figure I.4 : Exemple d'un réseau MANET [HAM 08]

I.3.1.2 Modélisation des réseaux mobiles Ad Hoc :

Un réseau mobile Ad Hoc peut être modélisé par un graphe $G_t = (V_t, E_t)$ où :

V_t : représente l'ensemble des nœuds (les unités ou les hôtes mobiles) du réseau.

E_t : modélise l'ensemble des connexions entre ces nœuds.

Si $e = (u, v)$ appartient à E_t , cela veut dire que les nœuds u et v peuvent communiquer directement à l'instant t .

Le réseau mobile Ad Hoc est modélisé par un graphe dont les nœuds représentent les stations mobiles du réseau et une connexion entre deux nœuds qui signifie qu'à cet instant, les deux nœuds peuvent communiquer directement (sans passer par d'autres nœuds pour acheminer le paquet transmis). La figure suivante montre un exemple d'un réseau Ad Hoc de 8 unités mobiles modélisé sous forme d'un graphe. [MER11]

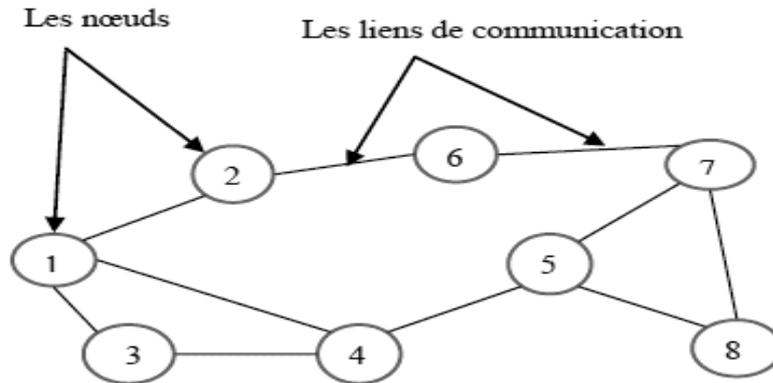


Figure I.5 : Modélisation d'un réseau mobile ad hoc

I.3.1.3 Caractéristiques des réseaux MANETs:

- **Une topologie dynamique:**

Les unités mobiles du réseau, se déplacent d'une façon libre et arbitraire. Par conséquent la topologie du réseau peut changer, à des instants imprévisibles, d'une manière rapide et aléatoire. Les liens de la topologie peuvent être unis ou bidirectionnels.

- **Sécurité limitée :**

La communication sans fil entre les nœuds est assurée par l'échange d'ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'air. Ces ondes peuvent être facilement capturées, surveillées et modifiées ce qui compromet la sécurité dans les MANETs. Par exemple, le trafic peut être facilement désorienté de sa destination réelle.

- **Les ressources énergétiques :**

Les hôtes mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.

- **Bande passante limitée :**

Le médium de communication sans fil a une capacité plus réduite que celui filaire. De plus, le débit effectif de la communication sans fil (avec prise en compte des effets du bruit, d'affaiblissement, des collisions, etc.) est souvent inférieur au débit maximal théorique. Une conséquence directe de la capacité relativement faible du médium sans fil, est bien la congestion facile du réseau.

- **Communications multi-sauts :**

Chapitre I : état de l'art sur les réseaux véhiculaires

Dans un MANET, les nœuds qui ne peuvent directement atteindre les nœuds destinations auront besoin de relayer leurs données via d'autres nœuds. Ainsi, chaque nœud doit être capable d'accomplir la tâche de routage.

- **L'absence d'infrastructure :**

Les réseaux MANETs se distinguent des autres réseaux mobiles par la propriété d'absence d'infrastructures préexistante et de tout genre d'administration centralisée. Les hôtes mobiles sont responsables d'établir et de maintenir la connectivité du réseau d'une manière continue.

I.3.1.4 Applications :

La particularité du réseau mobile Ad hoc est qu'il n'a besoin d'aucune installation fixe, ceci lui permet d'être rapide et facile à déployer. Parmi ces applications nous citons :

- **Applications militaires :**

Ces réseaux peuvent être déployés rapidement et avec très peu d'intervention humaine dans n'importe quelle situation, ils sont bien adaptés aux environnements hostiles tels que les champs de bataille. [CHI]

- **Contrôle d'environnement :**

Des détecteurs (capteurs) éparpillés à travers une zone géographique peuvent être utilisés afin de collecter un ensemble d'informations (par exemple : la température, l'humidité...), et de l'envoyer à travers un réseau ad hoc à une station traitant ces informations.

- **Opérations de secours:**

Les unités de secours peuvent utiliser ces réseaux, lorsque les infrastructures de télécommunications sont détruites (par exemple : à cause d'une catastrophe naturelle) et que l'établissement d'une liaison satellite pour chaque entité en communication est très coûteux. [CHI]

- **Événements occasionnels:**

Les réseaux mobiles ad hoc peuvent être utilisés pour la mise en place instantanée d'un réseau reliant plusieurs ordinateurs portables entre eux. Ils s'avèrent particulièrement utiles lors de l'organisation d'événements tels que des conférences, des séminaires,...etc.

I.3.2 Les réseaux ad hoc véhiculaire (VANET) :

I.3.2.1 Définition des VANET :

Les réseaux VANETs (Vehicular Ad hoc NETWORKS) est une particularité des réseaux MANET où les nœuds mobiles sont des véhicules (intelligents). Ils permettent d'établir des communications entre véhicules ou bien avec une infrastructure située aux bords de routes.

Chapitre I : état de l'art sur les réseaux véhiculaires

Par rapport à un réseau ad hoc classique, les réseaux VANET sont caractérisés par une forte mobilité des nœuds rendant la topologie du réseau fortement dynamique.

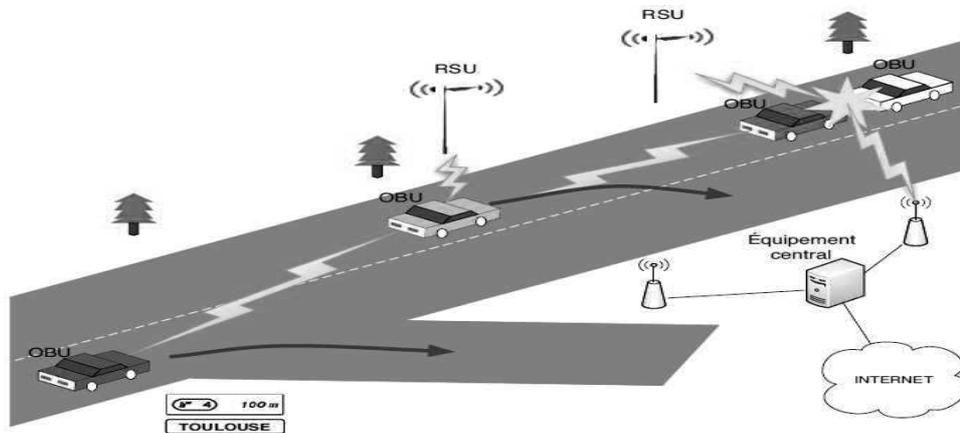


Figure I.6: Exemple d'un réseau véhiculaire [JON11]

I.3.2.2 Entités communicantes dans un réseau VANET : [JON11]

Dans un réseau sans fil véhiculaire, il existe quatre entités communicantes :

- **Les équipements personnels :**

Sont les équipements qui peuvent être apportés par l'utilisateur à l'intérieur de son véhicule. Cela peut être un téléphone portable, un ordinateur portable...etc. Ces équipements peuvent interagir avec le véhicule.

- **Les véhicules :**

Sont des véhicules intelligents équipés d'une unité nommée On-Board Unit (OBU). Cette unité peut enregistrer, calculer, localiser et envoyer des messages sur une interface réseau. La Figure 7 illustre un exemple de véhicule intelligent et les équipements le constituant. Ces équipements forment un système nommé DSRC (Dedicated Short Range Communication).

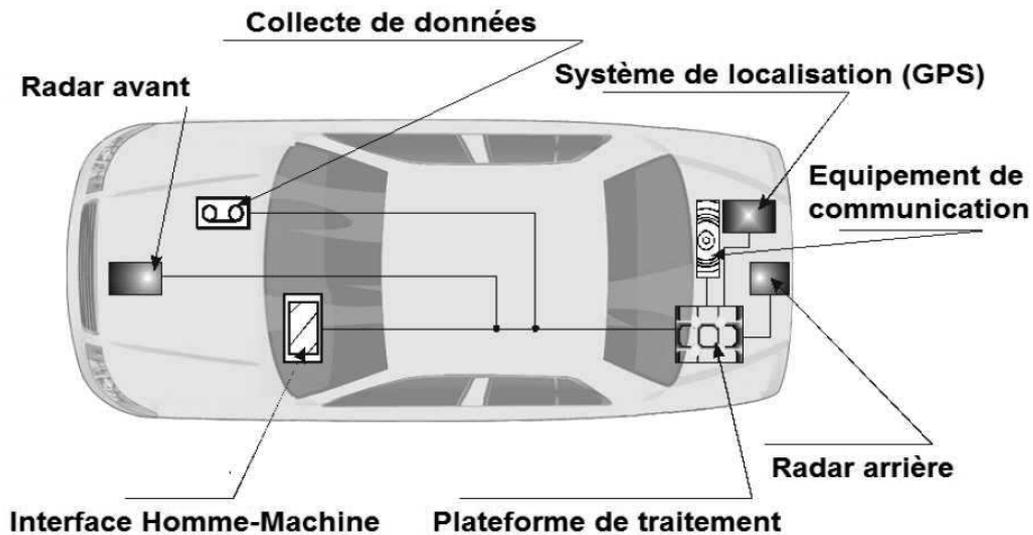


Figure I.7: véhicule intelligent [CHI]

- **Les entités de bord de route :**

Elles sont appelées Road-Side Unit (RSU). Ces unités peuvent informer les véhicules à proximité en diffusant les conditions de trafic, météorologiques ou spécifiques à la route (vitesse maximale, autorisation de dépassement, etc.). Les RSU peuvent aussi jouer le rôle de station de base en relayant l'information envoyée par un véhicule.

- **L'équipement central :**

Se situe du côté « serveur ». Il est transparent pour l'utilisateur. Cet équipement central pourra être un serveur de stockage, un point d'entrée à un réseau filaire (Internet) ou un serveur de transaction (télépéage par exemple).

I.3.2.3 Types de message :

Les entités formant un réseau ad hoc véhiculaire vont générer et s'échanger des messages. En fonction de l'application et du contexte environnemental, un véhicule peut envoyer (ou recevoir) un message de contrôle, d'alerte ou « autre ».

- **Message de contrôle :**

Le message de contrôle est généré à intervalle régulier. Conventionnellement, chaque véhicule émet un message de contrôle toutes les 100 ms. Ce message, appelé aussi « beacon », contient la position, la vitesse, la direction et l'itinéraire du véhicule émetteur. Grâce aux messages de contrôle, chaque véhicule se crée une vue locale de son voisinage. Le véhicule peut aussi prédire et anticiper des situations accidentogènes ou de congestion. Le message de contrôle est l'équivalent du message « HELLO » des protocoles de routage. Chaque véhicule se fait donc connaître de son voisinage direct. [JON11]

- **Message d'alerte :**

Chapitre I : état de l'art sur les réseaux véhiculaires

Le message d'alerte est généré lorsqu'un évènement est détecté. Cela peut être la détection d'un accident, d'un obstacle ou la réception d'un autre message d'alerte. Le message d'alerte doit être émis à intervalle régulier afin d'assurer la pérennité de l'alerte.

Les messages d'alerte doivent être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible. Ils contiennent en particulier les coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres de la zone de retransmission.

- **Autres messages :**

Ce type de message contient tous les messages qui ne sont pas des messages d'alerte ou de contrôle.

Ces messages ne sont généralement pas répétés à intervalle régulier. En effet, cela peut être par exemple un message de transaction financière ou l'envoi de courrier électronique.

I.3.2.4 Architectures de communication :

Les services proposés dans les réseaux VANETs permettent de distinguer plusieurs types de communication les communications véhicule à véhicule (V2V) Communications de Véhicule à Infrastructure (V2I) et La combinaison de ces deux types de communications permet d'obtenir une communication hybride.

- **V2V (Véhicule à véhicule) :**

La communication ne se fait qu'entre les véhicules eux-mêmes .Ils forment alors un réseau mobile sans avoir besoin d'un élément de coordination centralisé. Cette situation est nécessaire (et essentielle) si certains équipements de bord de route (Road-Side Unit RSU) deviennent indisponibles (en panne ou hors de portée).

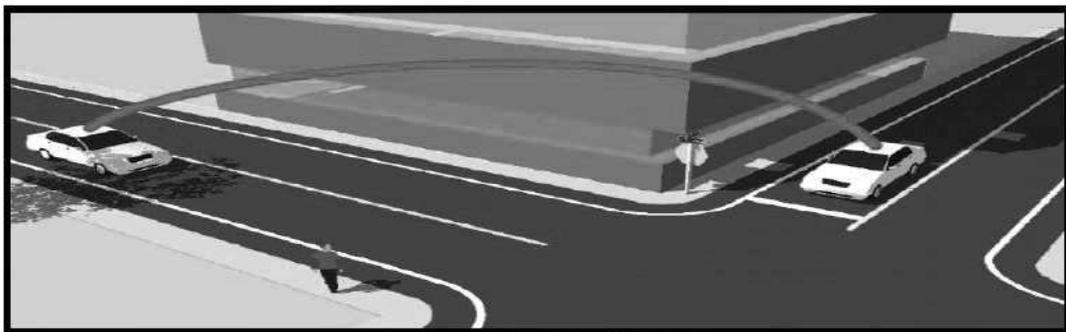


Figure I.8: Communication VANET (V2V) [MAD12]

- **V2I (Véhicule à Infrastructure) :**

La communication se fait entre les véhicules et des infrastructures fixées au bord de la route (Sensors, stations de base BTS...), permettant d'accéder à internet, fournir aux utilisateurs plusieurs services concernant le trafic etc.

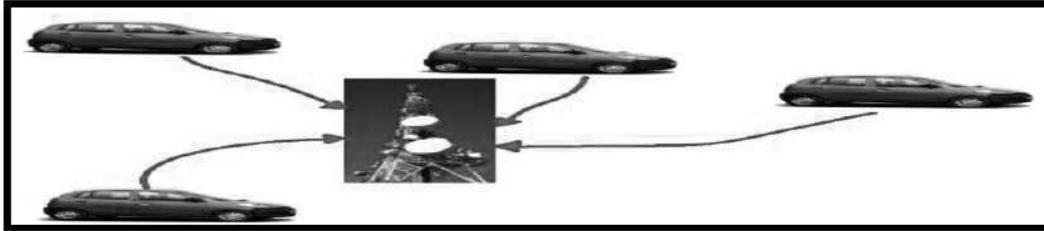


Figure I.9: Communication VANET (V2I) [MAD12]

- **Hybride :**

La combinaison de ces deux types d'architecture de communication (V2V et v2I) permet d'obtenir une architecture de communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures étant limitées, l'utilisation de véhicules comme relais permet d'étendre cette distance. Dans un but économique et en évitant de multiplier les bornes à chaque coin de rue, l'utilisation de sauts par véhicules intermédiaires prend toute son importance.

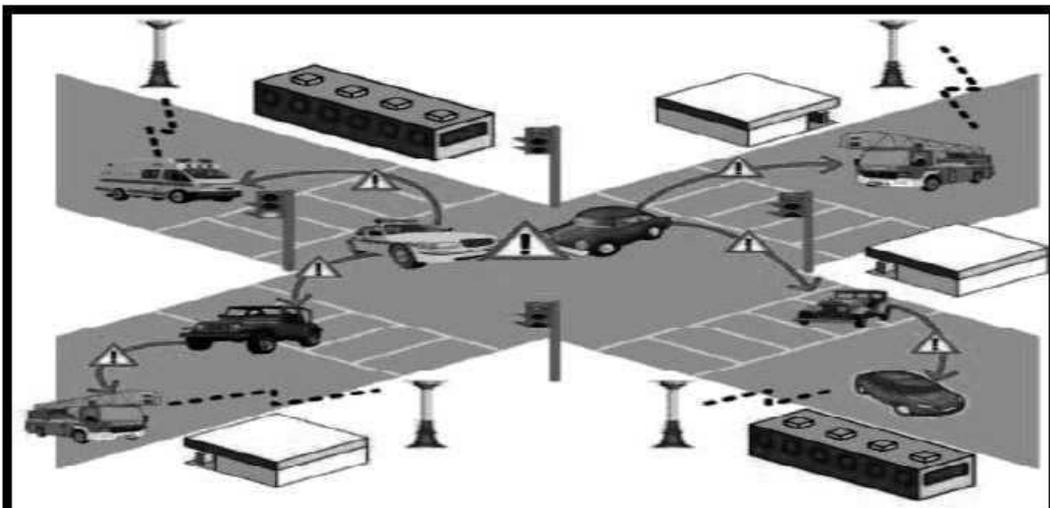


Figure I.10: Communication VANET hybride [MAD12]

I.3.2.5 Caractéristiques d'un réseau VANET:

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent des réseaux ad hoc mobiles, Ces caractéristiques doivent être prises en compte lors de la conception des protocoles pour les VANETs.

- **Le potentiel énergétique:**

Contrairement au contexte des réseaux MANET où la contrainte d'énergie représente un défi pour les chercheurs, les entités des réseaux véhiculaires disposent de grandes capacités énergétiques qu'elles tirent du système d'alimentation des véhicules. Même en cas d'arrêt du moteur et donc d'arrêt du système d'alimentation, il est toujours possible pour une plateforme embarquée de recourir à l'important dispositif de batteries dont seul un véhicule du fait de sa

taille, peut disposer. Les plateformes embarquées dans les véhicules étant pleinement alimentées, elles peuvent, tout aussi pleinement, tirer parti de capacités de calcul plus massives et de multiples interfaces de communication.

- **L'environnement de communication :**

Les environnements de communications dans les réseaux sans fil traditionnels se résument généralement à des espaces complètement ouverts et sans obstacles ou à des espaces clos en intérieur, les réseaux véhiculaires imposent la prise en compte d'une plus grande diversité environnementale. Du fait de la mobilité des véhicules, il est en effet possible de passer d'un environnement urbain caractérisé par de nombreux obstacles à la propagation des signaux, à un environnement périurbain ou autoroutier présentant des caractéristiques différentes. Il est également nécessaire de prévoir dans les réseaux véhiculaires une volatilité des conditions climatiques et des contraintes topologiques.

- **Modèle de mobilité :**

Les réseaux véhiculaires se distinguent des réseaux sans fil classique par un modèle de mobilité dont une des traductions les plus évidentes est la vitesse des nœuds (voitures) qui est très importante, Par conséquent, un nœud peut rejoindre ou quitter le réseau en un temps très court, ce qui réduit considérablement les durées de temps pendant lesquelles les nœud peuvent communiquer.

- **Le modèle de communication:**

L'une des applications clés des réseaux de véhicules étant la prévention et la sécurité routière (exemple diffusion de messages d'alerte). Dans ce type d'application, les communications se font presque exclusivement par relayages successifs d'une source vers une multiplicité de destinataires. Le modèle de transmission en Broadcast ou en Multicast est donc appelé à dominer.

- **La taille du réseau:**

Étant donné les avancées importantes réalisées dans le domaine des communications sans fil et les bas coûts des équipements associés, les véhicules qui intègrent déjà massivement des systèmes GPS et des équipements Bluetooth, seront très probablement équipés et ce, tout aussi massivement, de plateformes de communication leur permettant de constituer de véritables réseaux. Ce faisant, et compte tenu de l'importance sans cesse grandissante de la densité du parc des véhicules, on peut s'attendre à ce que la taille des réseaux véhiculaires dont les déploiements restent encore très confidentiels, soit d'une tout autre ampleur. L'importance potentielle de la taille des réseaux véhiculaires constitue donc une caractéristique majeure à prendre en compte dans la conception de ces réseaux. [CHE 08]

I.3.2.6 Application des réseaux VANET :

Les principales applications des réseaux VANETs peuvent être classées en trois catégories: applications de sécurité routière, applications d'aide à la conduite, et applications de confort. Nous détaillons ci-après ces catégories et donnons ensuite des exemples d'applications.

- **Applications pour la sécurité routière :**

La sécurité routière est devenue une priorité dans la plupart des pays développés. Cette priorité est motivée par le nombre croissant d'accidents sur ses routes associé à un parc de véhicules de plus en plus important. La diminution du nombre de personnes blessées ou tuées sur les routes est une des principales motivations du développement et de l'étude des communications véhiculaires. Cette catégorie contient tous les services qui visent à améliorer la sécurité routière. Il s'agit d'améliorer le champ de vision du conducteur en lui proposant une aide à la conduite. Le conducteur pourra ainsi anticiper et agir pour rendre la conduite plus sûre. Le conducteur pourra être informé qu'un véhicule vient de passer un feu rouge ou qu'un piéton est en train de traverser la route.

Dans cette catégorie, on retrouve les applications qui utilisent les informations des autres véhicules :

L'alerte d'état de la route (verglas, obstacle), l'aide au dépassement (calcul des distances, vérification de l'angle mort), l'alerte de freinage ou de collision.

On remarque donc que les applications de sécurité du trafic routier ont un rôle majeur dans la réduction du nombre d'accidents.

On remarque aussi que cette catégorie d'applications a des contraintes temporelles fortes. En effet, si l'alerte de danger arrive trop tard, alors le conducteur ne pourra pas anticiper.

- **Applications d'aide à la conduite :**

Le trafic automobile peut être grandement amélioré grâce à la collecte et au partage de données collectées par les véhicules, ce qui devient un support technique pour les conducteurs. Une voiture peut, par exemple, être avertie en cas d'un ralentissement anormal.

- **Applications de confort du conducteur et des passagers :**

Cette catégorie comporte toutes les applications qui participent au confort du conducteur. En particulier les services de communication et d'informations des utilisateurs comme l'accès mobile à l'Internet, la messagerie, le chat inter-véhicules, les jeux en réseaux, etc.

I.4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur les réseaux mobiles et les réseaux ad hoc puis on a vu les concepts généraux concernant les réseaux véhiculaires (leurs différentes caractéristiques et applications existantes telle que les applications de sécurité), ces dernières nécessitent une connaissance précise de la localisation du véhicule.

Dans le chapitre suivant nous allons détailler les différentes techniques de localisation existantes dans la littérature ainsi que ceux conçus pour les VANETs.

Chapitre II :

**Les techniques de
localisations**

II.1 Introduction :

Les réseaux ad hoc véhiculaires (VANets) sont considérés comme une particularité des réseaux ad hoc mobile (MANets). Ils sont caractérisés par une forte mobilité et un grand nombre de nœuds (véhicules).

Dans ces réseaux ad hoc véhiculaires la localisation est devenue une nécessité critique depuis que nombreuses applications VANets exigent des données de position exacte, surtout les applications de sécurité telle que les applications de l'assistance à la conduite. Plusieurs techniques de localisation ont été proposées pour améliorer l'exactitude de cette dernière.

Il existe plusieurs techniques de localisation dans la littérature, certaines de ces techniques sont adapté pour la localisation des nœuds (véhicules) dans les réseaux véhiculaires, ainsi il existe des techniques proposés et conçus spécialement pour la localisation dans ces réseaux.

Dans ce deuxième chapitre nous allons essayer de détailler ces techniques de localisation que nous avons classé en trois grandes catégories : la localisation en espace libre où on trouve le GPS, ses variation AGPS, DGPS et la localisation GSM. La deuxième catégorie est localisation en indoor ou on trouve plusieurs techniques, et par la suite la troisième catégorie où nous avons cité quelques techniques conçues spécialement pour les réseaux véhiculaire (GPS-RFID, localisation cartographique et le Dead-Reckoning).

II.2 La localisation :

Le terme localisation est utilisé pour faire référence à un système permettant de déterminer l'emplacement d'un objet (c'est la position d'un objet ou d'une personne dans un repère). Pour situer un objet dans l'espace, il faut être capable de le placer dans un plan bidimensionnel (latitude, longitude) ou tridimensionnel (latitude, longitude, altitude).

Ils existent plusieurs systèmes de localisation qu'on peut classer en trois catégories :

- La localisation en espace libre
- La localisation en indoor
- Et les techniques de localisations conçues spécialement pour les réseaux véhiculaires.

II.3 La localisation en espace libre:

II.3.1 La localisation par satellites:

Chapitre II : Les techniques de localisation

Il existe plusieurs systèmes de localisation par satellites telle que le GPS (c'est le système le plus connue), GLONASS et Galileo. Ces systèmes utilisent des satellites afin de localiser un objet sur terre.

Nous allons détailler dans cette section le système GPS ainsi que ses variations (AGPS et DGPS) et aussi nous allons parler brièvement des systèmes GLONASS et Galileo.

II.3.1.1 Le GPS (Global Positioning System):

II.3.1.1.1 Définition:

Global Positioning System signifie en Français système de positionnement global, c'est à dire valable pour la terre entière. Il s'agit d'un système de localisation par satellite conçu au début des années 1970 par le Département de la Défense des États-Unis à des fins militaires. Il permet à ses utilisateurs sur terre, sur mer ou dans les airs, équipés des récepteurs appropriés d'avoir leurs positions en trois dimensions ainsi que leurs vitesse de déplacement et temps de référence précis (l'heure) et cela a n'importe quel moment du jour ou de la nuit.

II.3.1.1.2 Les composants du système GPS :

Le système GPS se compose de trois segments: le segment spatial, le segment de control et le segment utilisateur.

- **Le segment spatial:**

Ce segment est constitué d'une constellation de 24 satellites opérationnels répartis sur six orbites circulaires a une altitude de 20200 kilomètres, cette répartition sur 6 orbites différentes a été étudiée afin de couvrir l'ensemble de la surface terrestre de façon optimale (au moins quatre satellites sont visibles à tout instant en tout point du globe terrestre et c'est le nombre minimal de satellite nécessaire pour avoir une bonne précision de localisation en trois dimension "latitude", "longitude" et "altitude"). De ces 24 satellites, 21 sont des satellites de navigation (SV) et 3 des satellites de secours utilisé en cas de panne. Chacun de ces satellites fait deux rotations complètes par jour et transmettent continuellement leurs données, qui sont reçues et traitées par les récepteurs GPS afin de déterminer la position tridimensionnelle de l'utilisateur (latitude, longitude, altitude) ainsi que sa vitesse et l'heure.

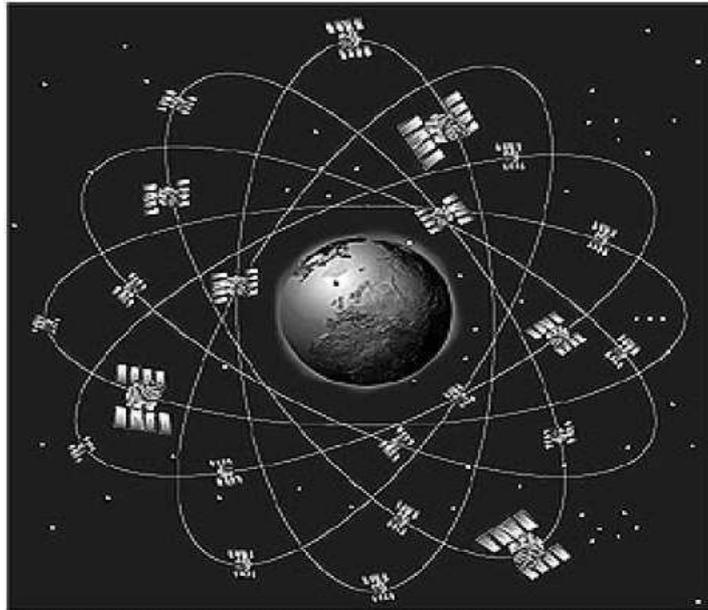


Figure II.1: Les satellites du système GPS

- **Segment de contrôle:**

Ce segment se compose d'une station de contrôle principal situé à Colorado Springs et de quatre stations de contrôle situées à Hawaii, Ascension, Diego Garcia et Kwajalein. Ces stations de contrôle surveillent tous les satellites GPS et reçoivent les informations envoyées par ces derniers. Ces stations éloignées sont capables de poursuivre et de surveiller la position de chacun des satellites du segment spatial pendant 92% du temps. Les stations de contrôle transmettent les données obtenues des satellites à la station de contrôle principale à Colorado Springs qui calcule alors les orbites très précises des satellites. Les résultats de ce calcul seront ensuite transmis pour chaque satellite.



Figure II.2: Les stations de surveillance

- **Le segment utilisateur:**

Ce segment comprend les récepteurs, processeurs et antennes qui permettent aux opérateurs se trouvant en mer, sur terre et dans les airs, de recevoir les transmissions des satellites GPS et de calculer avec précision leur position, vitesse et heure. Ces récepteurs sont passifs (reçoivent uniquement les informations des satellites).

II.3.1.1.3 Fonctionnement du GPS:

Les récepteurs GPS utilise le principe de la trilatération pour calculer leurs positions. Ces récepteurs reçoivent les signaux radiodiffusés par les satellites qui se propagent à la vitesse de la lumière. Ces signaux sont utilisés pour calculer le positionnement du récepteur ainsi que la distance le séparant du satellite.

La trilatération est un concept géométrique qui permet de calculer les coordonnées d'un point dans un plan à l'aide de trois points de références et cela se fait en se basant sur la distance entre le point qu'on veut calculer sa distance et les points de référence.

Si un objet mobile équipé de GPS effectue une mesure pour déterminé sa position ce dernier doit se référencé de quatre satellite pour une localisation à trois dimensions, et cela en calculant la distance entre cet objet et chaque satellite de référence. Une fois la distance entre un satellite et l'objet est calculé on affirme que ce dernier se trouve sur une sphère dont le centre c'est le satellite de référence et le rayon c'est la distance qui sépare l'objet du satellite. On sait que l'intersection de deux sphères est un cercle. L'intersection de ce cercle avec une sphère donne deux points de l'espace et la dernière sphère détermine la position occupée par l'objet. La figure suivante montre le fonctionnement de ce système.

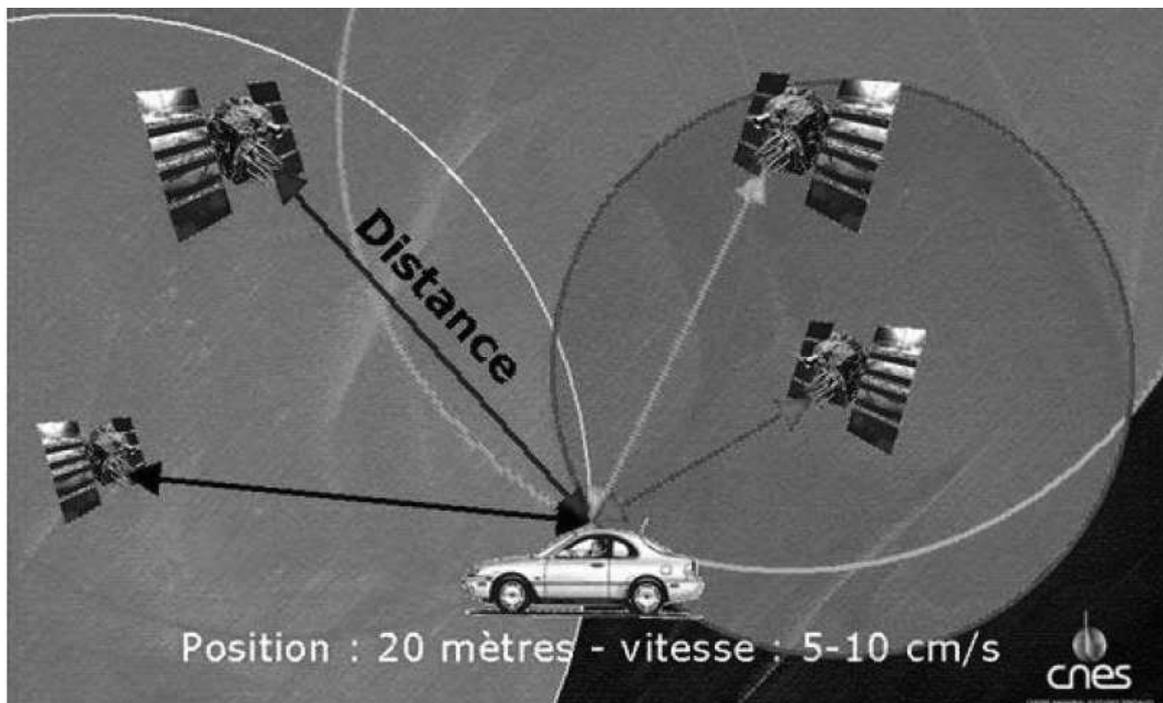


Figure II.3 : Le principe de la localisation par GPS

Chapitre II : Les techniques de localisation

Un objet recherchant à se localiser mesure la distance qui le sépare du satellite en question grâce au signal émis par ce dernier à l'instant " t_e ". Le récepteur a la tâche de calculer le temps de réception de ces signaux " t_r ", connaissons leurs vitesse de propagation " c " qui est la vitesse de la lumière ($3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Le récepteur GPS peut calculer la distance le séparant du satellite grâce à la formule suivante:

$$d = c (t_r - t_e)$$

Le temps d'envoi des signaux par le satellite est déterminé grâce à une horloge atomique embarqué dans le satellite, cet horloge est très couteuse mais aussi très précise. Le temps d'arrivée des signaux est calculé par une horloge de récepteur qui est moins précise. À cause de l'imperfection de cette horloge la distance calculé est aussi imprécise elle est appelé la pseudo-distance. On suppose, donc, qu'il y a un biais entre le véritable temps de réception des signaux et le temps déterminé par le récepteur. Pour déterminer la position du récepteur ce dernier doit résoudre le système d'équation suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_1 = \frac{1}{c} \sqrt{[(x_m - x_1)^2 + (y_m - y_1)^2 + (z_m - z_1)^2]} + \Delta H_m \\ \Delta t_2 = \frac{1}{c} \sqrt{[(x_m - x_2)^2 + (y_m - y_2)^2 + (z_m - z_2)^2]} + \Delta H_m \\ \Delta t_3 = \frac{1}{c} \sqrt{[(x_m - x_3)^2 + (y_m - y_3)^2 + (z_m - z_3)^2]} + \Delta H_m \\ \Delta t_4 = \frac{1}{c} \sqrt{[(x_m - x_4)^2 + (y_m - y_4)^2 + (z_m - z_4)^2]} + \Delta H_m \end{array} \right.$$

Ou Δt_i représente le temps de propagation calculé par le récepteur (x_m, y_m, z_m) sont les coordonnées de l'objet qu'on désire calculé sa distance, (x_i, y_i, z_i) sont les coordonnées du satellite i et ΔH_m est le biais inconnu de l'horloge du récepteur.

Pour calculer la distance entre le satellite et l'objet mobile on suppose que la vitesse des signaux émis par les satellites est constante et est égale à la vitesse de la lumière ($3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Ce fait n'est vrai que dans l'espace libre car cette vitesse change avec le déplacement du signal à travers des particules électriquement chargées de l'ionosphère¹ terrestre, et ensuite à travers la vapeur d'eau de la troposphère². Ce changement peut entraîner des erreurs dans la distance mesurée.

¹ L'ionosphère est une zone de l'atmosphère située entre 60 et 1000 km d'altitude, dont la forte concentration en ions favorise la diffusion des ondes radioélectriques.

² Couche inférieure froide de l'atmosphère terrestre, où se manifestent les phénomènes météorologiques.

II.3.1.2 Le GPS pour véhicule:

La solution principale pour la localisation dans les réseaux VANETs c'est d'équiper chaque nœud véhicule d'un receveur GPS. C'est une solution raisonnable; depuis que les receveurs GPS peuvent être embarqués facilement dans les véhicules.

Comme les réseaux véhiculaire avance dans des domaines critique et devient de plus en plus dépendant des systèmes de localisation, GPS commence à montrer quelque problèmes indésirable telle que : ne pas être toujours disponible et ne pas être assez robuste pour des applications critique. Le problème est que les signaux émis par les satellites sont facilement perturbés ou bloqué par des obstacles surtout dans les environnements urbain (bloqué par des bâtiments etc.) et peuvent être indisponible dans les environnements d'intérieur (tel que les tunnels et les parkings etc.).Ainsi que le GPS a une erreur de localisation qui varie de 10 à 30 mètres.

Pour améliorer la précision du GPS plusieurs système sont apparus, tel que A-GPS et le D-GPS qu'on détaillera dans la section suivante.

II.3.1.3 Les améliorations du GPS:

Afin d'améliorer la précision et la performance du système GPS plusieurs approches sont proposées.

II.3.1.3.1 Le GPS Assisté (A-GPS) :

- **Définition:**

L'Assisted GPS (A-GPS) ou Wireless Assisted GPS (WAG), est une technique de positionnement par satellites qui a été introduite pour améliorer la réactivité du GPS, d'où son nom de « GPS assisté ».

- **Le fonctionnement d'AGPS:**

Le système AGPS est constitué d'un réseau de stations qui peut observer régulièrement les satellites et enregistrer des informations sur leurs positions. Un récepteur GPS connecté à ce réseau utilise directement ces informations pour calculer sa position. Cette technique fournit au récepteur GPS les informations nécessaires pour le calcul de sa position même si ce dernier n'est pas en visibilité avec des satellites.

II.3.1.3.2 Le GPS Différentielle (DGPS):

- **Définition:**

Le GPS différentiel (en anglais Differential Global Positioning System) c'est un système de localisation conçu pour améliorer la précision de la position obtenue par un récepteur GPS mobile et cela se fait à partir des mesures effectuées par un récepteur de référence dont la position est connue.

- **Fonctionnement de DGPS :**

Un réseau de stations de bases terrestres (stations de références) est mis en place pour couvrir une zone (ce sont des récepteurs GPS immobile installé sur des points dont les coordonnées sont connues avec précision par ces derniers). Chaque station de base estime tout d'abord sa position et cela en utilisant le système GPS (en utilisant les signaux obtenus par les satellites en visibilité). La position obtenue par ce calcul est souvent différente de la position connue par la station de base (qui est la position précise de cette dernière). La station de base calcule la différence entre ces deux positions ensuite elle détermine précisément les corrections à affecter à chacune des pseudos distances mesurées afin que la position réelle de la station et celle retournée par le calcul effectué précédemment soit identique. Un récepteur mobile peut ainsi corriger les pseudo-distances qu'il a mesurées et cela en utilisant les corrections reçues à partir de la station de base.

Cette méthode supprime toutes les erreurs provenant de la traversée des couches atmosphériques (Ionosphère et troposphère). Ainsi elle permet d'augmenter la précision de la position obtenue par le GPS.

Pour que ce système de localisation soit efficace, l'équipement mobile doit se trouver à proximité de la station effectuant les corrections. Généralement la zone de couverture est de l'ordre de 50 kilomètres pour des zones terrestres.

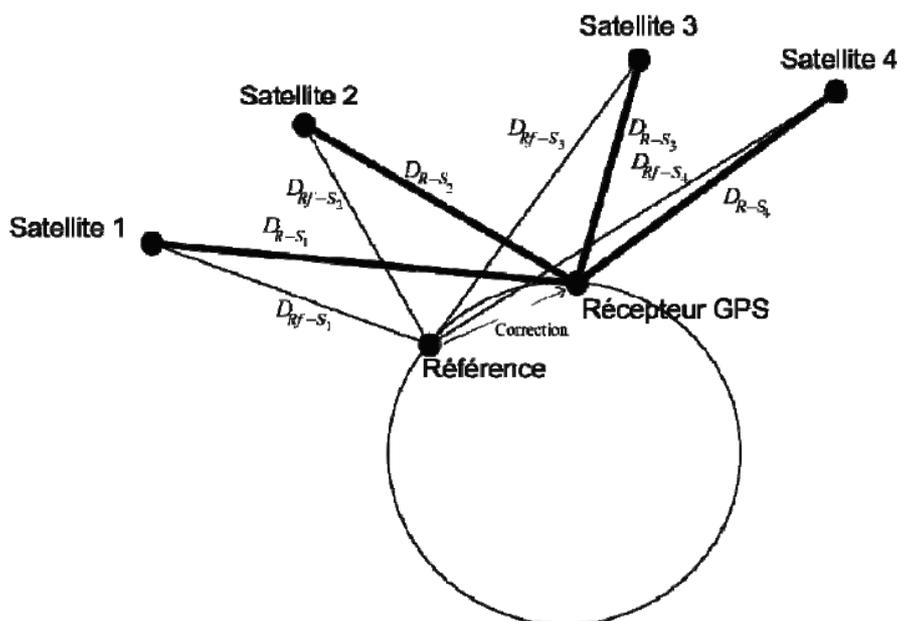


Figure II.4 : Positionnement par Differential-GPS. [AHR 10]

Le système DGPS est mieux adapté pour la localisation de nœud véhicule dans les réseaux véhiculaire car il nous permet d'avoir une localisation plus précise du véhicule qui est nécessaire pour les applications à haute sureté critique.

II.3.1.4 Le GLONASS:

- **Définition:**

GLONASS (GLObal'naya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) qui signifie Système Global de Navigation par Satellite, c'est une alternative du GPS mis en place par les militaires Russes a fin de rivaliser les militaires américains. La conception du système GLONASS a débuté en 1982 et a été déclaré complètement opérationnel en 1993 par les autorités russes.

- **Les composants du système GLONASS:**

Le système GLONASS est constitué de trois segments : segment spatial, segment au sol et segment utilisateur.

- **Le segment spatial:** ce segment est constitué de 24 satellites répartis sur trois plans orbitaux à une altitude de 19 100 kilomètres, Huit satellites sont prévus pour chaque plan orbital.
- **Le segment sol :** ce segment est composé de cinq stations de contrôle, la principale se trouve à Krasnoznamensk dans la région de Moscou.
- **Le segment utilisateur :** ce segment constitue l'ensemble de récepteurs capable de recevoir les signaux satellitaire.

II.3.1.5 Galileo :

- **Définition:**

C'est un système de localisation par satellites conçue par l'Union Européenne et l'ESA (Agence Spatiale Européenne) son but est de doter l'Europe d'une alternative civile fiable face au système de positionnement militaire américain (GPS).

GALILEO suit le même principe de fonctionnement que le GPS qui est semblable au principe de la trilatération.

- **Les composants du système Galileo :**

Le système Galileo est composé de quatre segments : le segment spatial, le segment sol de contrôle, le segment sol de mission et le segment test des utilisateurs.

- **Segment spatial :**

Il est constitué d'une constellation de 30 satellites, placés sur trois orbites à une altitude de 23,616 kilomètres.

- **Segment sol de contrôle :**

Ce segment permet de surveiller et de contrôler les satellites, il est composé de deux centres localisés en Europe et de cinq stations qui ont la charge de maintenir les liaisons de télécommande et de télémessures avec les satellites.

- **Segment sol de mission :**

Ce segment a pour tâche de créer les messages diffusés par le satellite et aussi de localiser les éventuelles anomalies du système et prévenir les récepteurs via des messages envoyés par les satellites.

- **Segment de test des utilisateurs :**

Ce segment est constitué de tous objets équipés d'un récepteur capable de recevoir les signaux satellitaires.

II.3.2 La localisation en utilisant les réseaux cellulaires (GSM) :

Il existe plusieurs techniques de localisations qui utilisent les infrastructures des réseaux mobiles cellulaire présentent dans la plus part des environnements urbains afin d'estimer la position d'un objet. Plusieurs applications de localisation utilisent ces réseaux GSM telle que la localisation de téléphone mobile, la localisation de véhicule etc.

Les techniques de localisation utilisées sont les suivantes : méthodes d'identification de la cellule dans laquelle se trouve l'objet (méthode de Cell ID ou Cell Identification), puis des méthodes plus complexes basées sur des mesures temporelles comme La méthode E-OTD (Enhanced - Observed Time Difference).

II.3.2.1 La méthode Cell-ID:

Cette méthode est très simple à mettre en place et aussi elle n'est pas très couteuse, elle consiste à identifier au niveau du réseau la cellule dans laquelle l'objet mobile se trouve et à transmettre à cet objet la position connue de la station de base servant cette cellule. Le temps de calcul de cette position est très court il se fait en utilisant un serveur de localisation chargé de faire le lien entre l'identifiant de la cellule et les bases de données géographiques et de couverture de l'opérateur afin de fournir la position de la station de base.

Cette méthode n'est toutefois pas très précise. Elle situe un objet à 250 mètres près en zone urbaine où le réseau GSM est dense contre une dizaine de kilomètres en milieu rural.

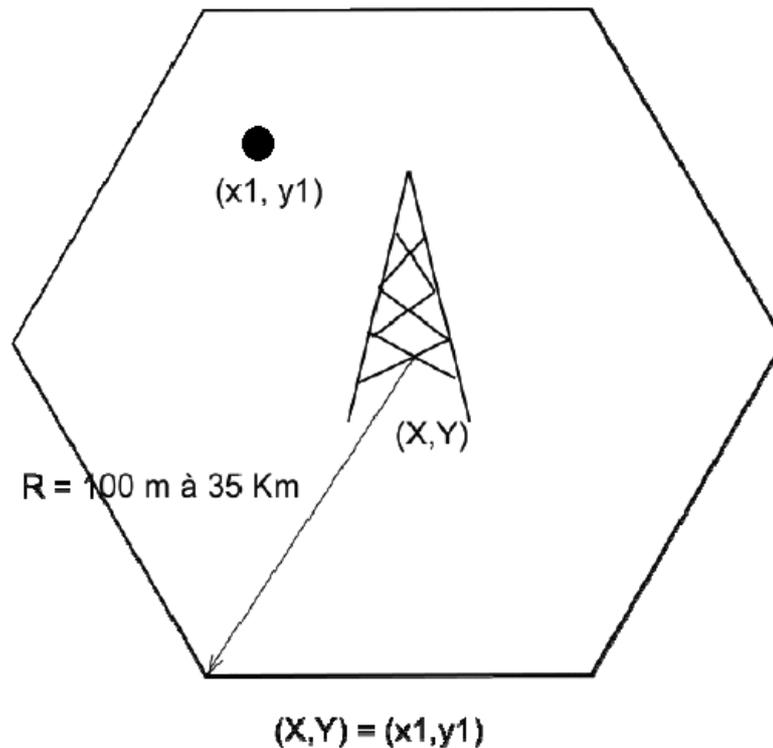


Figure II. 5: Le principe de la localisation cell-ID

II.3.2.2 La méthode E-OTD (Enhanced - Observed Time Difference):

C'est une technique à base de triangulation qui mesure les temps de parcours des signaux en provenance de plusieurs stations de base. Cette mesure est effectuée par l'objet mobile, ce dernier calcule les différences du temps d'arrivée des signaux émis par deux stations de base, cette mesure permet de décrire une hyperbole. Avec trois stations de base On peut estimer la position de cet objet mobile grâce à l'intersection de ces hyperboles. L'exactitude de la position obtenue par cette méthode est de 125m.

Les mesures des différences du temps sont basées sur trois paramètres : La différence du temps réel RTD (en anglais Real-Time Difference), La différence du temps observée OTD (en anglais Observed Time Difference) et la différence du temps géométrique GTD (en anglais Geometric Time Difference).

- **temps réel RTD :**

Représente la différence de synchronisation entre deux stations de base, Si une station de base envoie un signal à l'instant t_a et une autre station fait la même chose à l'instant t_b , la valeur de RTD résultante sera $t_b - t_a$. Ce calcul est effectué par l'unité LMU (en anglais location Measurement unit).

- **La différence du temps observée OTD:**

Chapitre II : Les techniques de localisation

La valeur OTD correspond à l'intervalle de temps entre la réception par le terminal de signaux de deux stations de base différentes. Par conséquent, OTD est dépendant de la distance entre la station de base et l'équipement mobile. Si le signal de la première station de base est reçu à l'instant t_1 et le signal de la deuxième station de base est reçu à l'instant t_2 , la valeur de OTD est $t_2 - t_1$.

- **la différence du temps géométrique GTD:**

GTD représente le délai de propagation absolu entre deux signaux de stations de base différentes. Pour obtenir ce délai, on soustrait la valeur de RTD de OTD :

$$GTD = OTD - RTD$$

La valeur GTD peut être aussi obtenue par la formule suivante:

$$GTD = \frac{(d_2 - d_1)}{c}$$

Avec d_1 et d_2 les distances entre l'objet mobile et deux différentes stations de base et c la vitesse de la lumière.

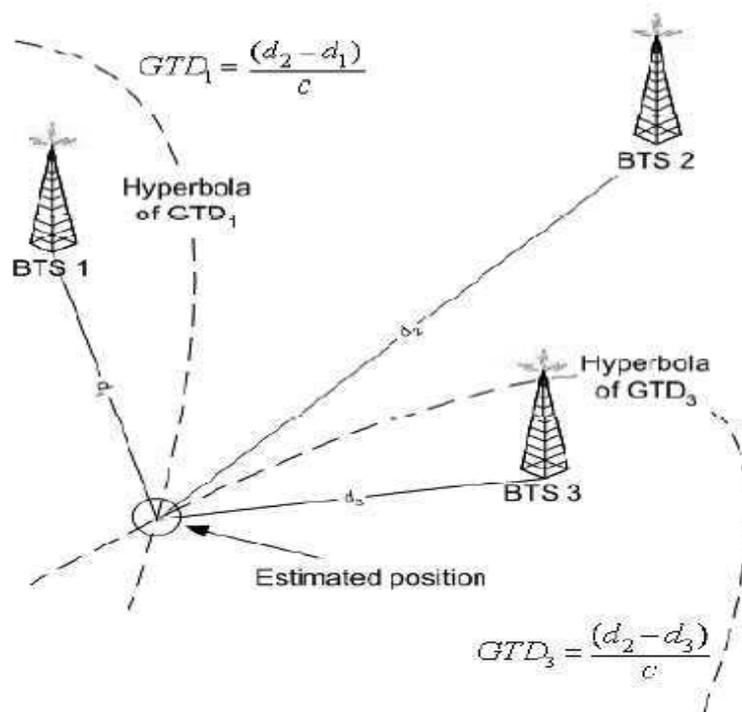


Figure II. 6: Le principe de la localisation E-OTD [HAS08]

II.3.2.3 La méthode U-TDOA (Uplink Time Difference of Arrival):

Chapitre II : Les techniques de localisation

Cette méthode permet de comparer les temps d'arrivée au niveau des stations de base des signaux transmis par l'objet mobile. Aucune modification n'est nécessaire au niveau de l'équipement mobile.

La précision de la méthode dépend du nombre de stations de base disponibles et de leur densité. [FAL 13]

II.3.2.4 La localisation de véhicules en utilisant les réseaux GSM :

Les techniques de localisation cellulaires sont aussi utilisées pour la localisation des véhicules, et cela grâce aux stations de bases de ces réseaux qui sont disponible surtout dans les environnements urbains.

Les signaux des infrastructures Cellulaire ont plus de disponibilité dans les environnements urbains que les signaux satellitaires (utilisé par les receveurs GPS) ce qui peut être utile dans des situations où les signaux GPS sont indisponible. Noté que les techniques de localisation cellulaire est moins précise que la localisation par GPS.

II.4 Les techniques de localisations indoor :

La localisation indoor a comme objectif de déterminer la position d'un objet situé en intérieur (telle que les parkings, tunnels etc.). Ils existent plusieurs techniques de localisations indoor :

II.4.1 La localisation par ondes radio:

II.4.1.1 RFID (Radio Frequency IDentification):

Cette technique est basée sur l'échange des signaux radio entre un lecteur RFID et une étiquette RFID. Le lecteur RFID est constitué d'une antenne, d'un processeur et d'une alimentation. L'étiquette RFID est constituée d'une antenne et d'une mémoire.

Il existe deux types d'étiquettes RFID les étiquettes passives et les étiquettes actives, la différence entre ces deux types d'étiquette se trouve au niveau de leurs alimentations. Les étiquettes actives possèdent leurs propres alimentations, tandis que les étiquettes passive son alimentée par le signal radio reçu, ce dernier est émis par un lecteur RFID. Ce signal fournit aux étiquettes passives l'énergie dont elles ont besoin pour répondre aux requêtes reçues.

Les étiquettes qui répondent aux signal transmis par le lecteur RFID sont localisées dans la zone à proximité de ce dernier et cela grâce aux signaux radio échangés. La portée d'un système RFID reste limitée (3 à 4 mètres).

Selon la taille de la zone à couvrir, le nombre d'objet à localiser et le coût prévu pour l'infrastructure, le déploiement de cette technologie peut être effectué de deux manières :

- Équiper les objets mobiles d'étiquettes RFID et les bornes fixes de lecteurs RFID.
- la structure à couvrir est équipée d'étiquettes RFID et les objets à localiser sont équipés lecteurs RFID.

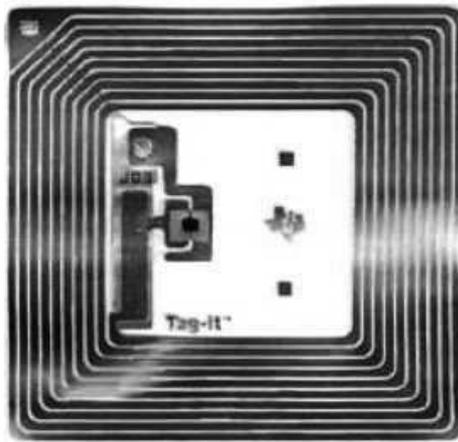


Figure II.7 : Exemple d'une étiquette RFID

II.4.1.2 La localisation par wifi (Wireless Fidelity):

Les signaux WiFi peuvent être utilisés à des fins de localisation. Les points d'accès wifi (Access Point AP) peuvent être vus comme les stations de bases du réseau GSM et tout appareil capable de capter le signal d'un point d'accès se trouvant dans sa cellule. Les techniques de localisation utilisées pour les réseaux GSM peuvent donc être appliquées.

La localisation par ondes wifi peut être considérée comme une bonne solution pour la localisation de véhicules surtout dans des environnements où le GPS est indisponible (dans des environnements indoor telle que les tunnels, les parkings ... etc.), et cela grâce au fait que les ondes wifi sont capables de traverser certains obstacles.

La précision par identification des Points d'accès connaît cependant les mêmes limitations que le Cell-ID (précision moins bonne que le GPS en ville, précision mauvaise en campagne). Il faut noter que cette technique ne nécessite pas spécialement d'accéder à un Point d'accès, il suffit de pouvoir le reconnaître et de retrouver l'identité unique du point d'accès dans une base de données. [DES 06]

II.4.1.3 La localisation par Bluetooth (Wireless Fidelity):

Le principe de la localisation par Bluetooth est similaire à celui de la localisation par identification de cellule (Cell-ID) dans le cas de la localisation en utilisant les réseaux GSM. La position du mobile est assimilée à celle du centre de la cellule assurant la communication. La précision de localisation obtenue par cette technologie dépend du nombre de cellules et de leur taille. [FAL 13]

II.4.1.4 La localisation par infrarouge et ultrason:

La possibilité de localisation par capteurs infrarouges et ultrasonores a aussi été explorée. Le système de localisation infrarouge est constitué d'un tag infrarouge émettant un signal

Chapitre II : Les techniques de localisation

infrarouge toutes les 10 secondes, ce dernier est reçu par des capteurs installés à des positions connues. Ce signal permet de localiser cet objet mobile.

Les systèmes à ultrason sont utilisés pour déterminer la position d'un objet mobile, ce dernier peut estimer sa position à partir du temps de propagation d'un signal provenant d'émetteurs ultrasonores dont les positions sont connues.

Grâce à la courte portée des signaux infrarouges et ultrasonores, ces solutions offrent une précision de localisation acceptable. [AHR 10]

II.4.2 La localisation par image vidéo :

La vidéo et les dispositifs recevant des images d'une scène permettent d'effectuer d'une part une détection de présence d'un élément dans une scène, mais aussi de localiser cet élément dans la scène. La localisation est effectuée grâce à des transformations entre l'image de la scène et les angles de vues de la caméra. Grâce aux techniques de reconnaissance de contours, un objet est repérable sur une image. Il est possible de suivre le déplacement de ce contour tant qu'il reste dans le champ de vision de la caméra [EVE 07].

Dans le but de localiser les véhicules les caméras de surveillance qui sont déjà installées dans les parkings et les tunnels sont utilisées.

II.5 Les techniques de localisation conçues spécialement pour les réseaux véhiculaires:

II.5.1 GPS-RFID (RFID assisted GPS):

La localisation des nœuds (véhicules) dans les réseaux véhiculaires est devenue une nécessité critique depuis que nombreuses applications VANET nécessitent des informations de position. La technique la plus utilisée pour obtenir cette information c'est le GPS, mais ce dernier fournit des positions imprécises. Les applications de sécurité et d'urgence telles que les applications d'aide à la conduite nécessitant une connaissance précise de la position. À fin d'avoir la position avec une grande précision une technique basée sur le GPS et RFID a été proposée (RF-GPS).

Pour réaliser ce système, tous les véhicules sont équipés d'une étiquette/lecteur RFID mais seulement un ensemble de véhicules sont équipés de récepteur GPS. Des étiquettes RFID sont placées sur les unités de bord de la route fournissent aux véhicules passant sa position précise. La figure suivante représente un système de localisation GPS-RFID.

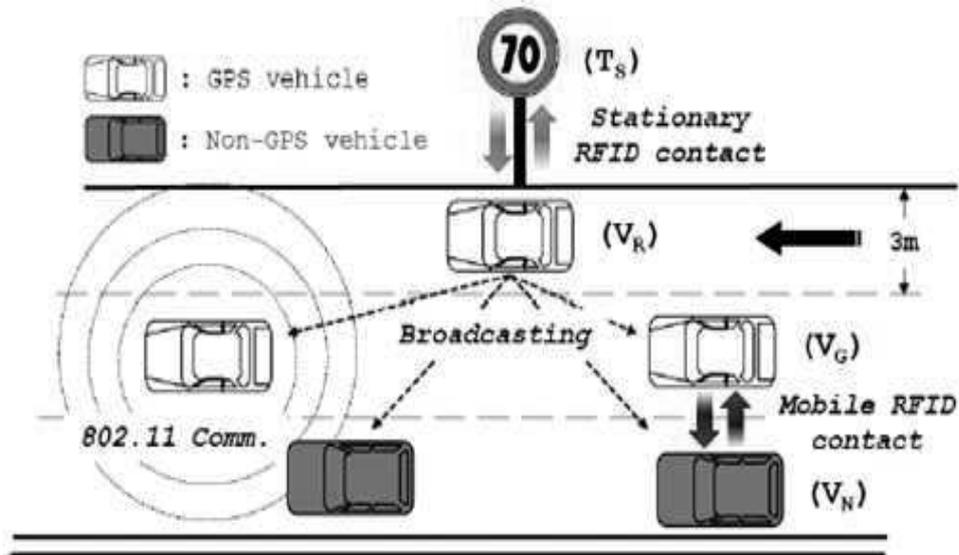


Figure II.8: La localisation par GPS-RFID [Eun 09]

II.5.1.1 Les composants du système:

Le système est composé de :

- **L'étiquette RFID stationnaire:**

L'étiquette RFID stationnaire (en anglais Stationary RFID tag) est une étiquette passive de portée radio de 4m apposée à une unité de bord de la route. Elle stocke ses coordonnées (position) précis et les transmet aux véhicules passant.

- **L'étiquette RFID mobile :**

L'étiquette RFID mobile (en anglais Mobile RFID tag) est une étiquette semi-passive fixée à chaque véhicule. Elle stocke et envoie l'identifiant du véhicule (ID) aux voisins et cela en réponse à leurs interrogations.

- **Lecteur RFID mobile:**

Lecteur RFID mobile (en anglais Mobile RFID tag) est un interrogateur fixé sur les véhicules, il extrait des données soit auprès d'une étiquette RFID stationnaire ou d'une étiquette RFID mobile.

- **Le véhicule de référence:**

Le véhicule de référence (en anglais Reference véhicule) est un véhicule équipé de GPS, ce dernier a obtenu ses coordonnées précises à partir d'une étiquette RFID stationnaire. Après avoir calculé l'erreur de GPS, il annonce cette dernière par l'intermédiaire de la radio d'IEEE 802.11.

- **Les coords GPS :**

Les coords GPS c'est les coordonnées obtenues à partir d'un receveur GPS embarqué dans le véhicule. **coords ABS** c'est les coordonnées stocké dans l'étiquette RFID stationnaire qui représente la position exacte de cette dernière. **Les coords précis** sont les données de la position d'un véhicule avec une marge d'erreur de 3 m. **Différentiel coords** c'est la différence entre coords GPS et coords précis de véhicule.

- **Les données de voyage:**

Les données de voyage représentent les informations du mouvement d'un véhicule ; identifiant du véhicule, coords précis, vitesse, et orientation.

II.5.1.2 Le fonctionnement du système:

Des véhicules voyagent dans la portée radio de l'étiquette RFID stationnaire (placées sur une unité de bord de la route), les lecteurs RFID mobile placé sur ces véhicules obtiennent les coords ABS stocké dans cette étiquette RFID stationnaire et cela à l'aide d'une communication RFID. À cause de la portée radio courte des communications RFID (3 à 4m), seulement les véhicules qui se déplacent à proximité de l'étiquette RFID stationnaire (qui se déplacent près du diviseur de route) peuvent lire les coords ABS. La distance entre le centre de la route et l'étiquette RFID stationnaire est connue, en utilisant cette distance ainsi que les coords ABS reçue, un véhicule peut calculer ses coords précis.

Un véhicule équipé de GPS qui a calculé ses coords précis peut calculer les coords différentiel et cela en soustrayant ses coords précis de ses coords GPS. Après avoir calculé les coords différentiel ce véhicule est prêt à être un véhicule de référence (V_N dans la figure dans la figure 2.5), ce dernier diffuse les coords différentiel aux voisins en utilisant la radio l'IEEE 802.11, grâce à ces coords différentiels les véhicules équipés de GPS qui se trouvent en dehors de la portée radio de l'étiquette RFID stationnaire peuvent calculer leurs coords précis et cela en utilisant les coords GPS et les coords différentiel reçus. Noter qu'un véhicule non équipé de GPS ne peut pas être un véhicule de référence, puisqu'il n'a pas les coords de GPS.

Dans les systèmes RF-GPS traditionnel, un véhicule non équipé de GPS peut obtenir sa position exacte seulement à travers l'étiquette RFID stationnaire comme on a cité ci-dessus. Pour améliorer le positionnement des véhicules non équipé de GPS qui se trouvent en dehors de la portée radio de l'étiquette RFID stationnaire, une solution a été proposée dans [Eun 09]. Quand le véhicule non équipé de GPS rencontre un véhicule équipé de GPS qui a déjà calculé ses coords précis, il établit deux communications sans fils; un contact RFID mobile et un lien peer to peer via la radio IEEE 802.11.

Quand un véhicule non équipé de GPS (V_N dans la figure 2.5) rencontre un véhicule équipé de GPS (V_G dans la figure 2.5) il établit un contacte RFID mobile, le V_N lit l'identifiant du V_G (ID_G), le lecteur RFID mobile sur le véhicule V_N accède à l'étiquette RFID mobile sur le véhicule V_G . Le véhicule non équipé de GPS enregistre aussi le temps du contact T_M et ID_G pour un futur calcul.

Chapitre II : Les techniques de localisation

Le contact RFID mobile déclenche la connexion peer to peer ; le véhicule équipé de GPS diffuse un message comprenant son identifiant, sa position précise, et les données de voyage. Quand un véhicule non équipé de GPS reçoit le message, il enregistre le temps T_S ainsi que les données suivantes: $\{I'D_G, (x_G, y_G), S_G, O_G\}$ qui sont l'identifiant, coords précis, vitesse, et orientation de véhicule équipé de GPS.

Le véhicule non équipé de GPS tient compte également de ses données de voyage $\{S_N, O_N\}$ qui sont la vitesse et l'orientation de ce véhicule.

En supposant que $\Delta T = T_S - T_M$, $\Delta O = O_G - O_N$, et $\Delta L =$ la largeur de la route.

Afin de calculer les coords précis (x_N, y_N) du véhicule non équipé de GPS ce dernier doit résoudre l'équation suivante:

$$\begin{cases} x_N = x_G + \Delta T * (S_G - S_N * \cos(\Delta O)) \\ y_N = y_G - \Delta T * S_N * \sin(\Delta O) - \Delta L \end{cases}$$

II.5.2 La localisation cartographique (map-matching) :

La technique map-matching (en français localisation cartographique) permet de déterminer la position d'un véhicule par rapport à une carte routière numérique. Cette technique de positionnement nécessite l'utilisation d'un système de positionnement par satellite (GPS), d'une base de données géographiques (la carte routière numérique) et d'un Système d'Information Géographique (SIG) pour accéder à ces données.

- **La carte routière numérique (la base de données géographique) :**

Une carte routière numérique est la représentation vectorielle numérique d'une carte routière. Cette numérisation est effectuée par l'intermédiaire des systèmes d'information géographique (SIG) qui fournissent ce qu'on appelle une base de données routière. [ELB 03]

Les cartes numériques contiennent, par exemple, les informations suivantes :

- Types et classes des routes,
- Restrictions des routes,
- Sens de circulation,
- Nom des rues,
- Ponts et tunnels,
- Points d'intérêt (i.e. hôtels, restaurants, etc.).

- **Le Système d'Information Géographique (SIG) :**

Chapitre II : Les techniques de localisation

Un Système d'Information Géographique (SIG) est une collection de logiciels qui permettent de créer, visualiser, rechercher et analyser des données géographiques.

- **Le principe de la technique map-matching :**

Dans la technique Map-matching plusieurs positions sont obtenues dans un intervalle de temps régulier (obtenue par un récepteur GPS) peuvent être utilisées pour créer une trajectoire. La trajectoire obtenue est alors comparée aux données de la carte numérique connue afin de trouver la géométrie de chemin la plus convenable sur la carte qui est égale à la trajectoire créée. En utilisant cette technique, les informations de positionnement obtenues peuvent être détectées correctement sur la carte.

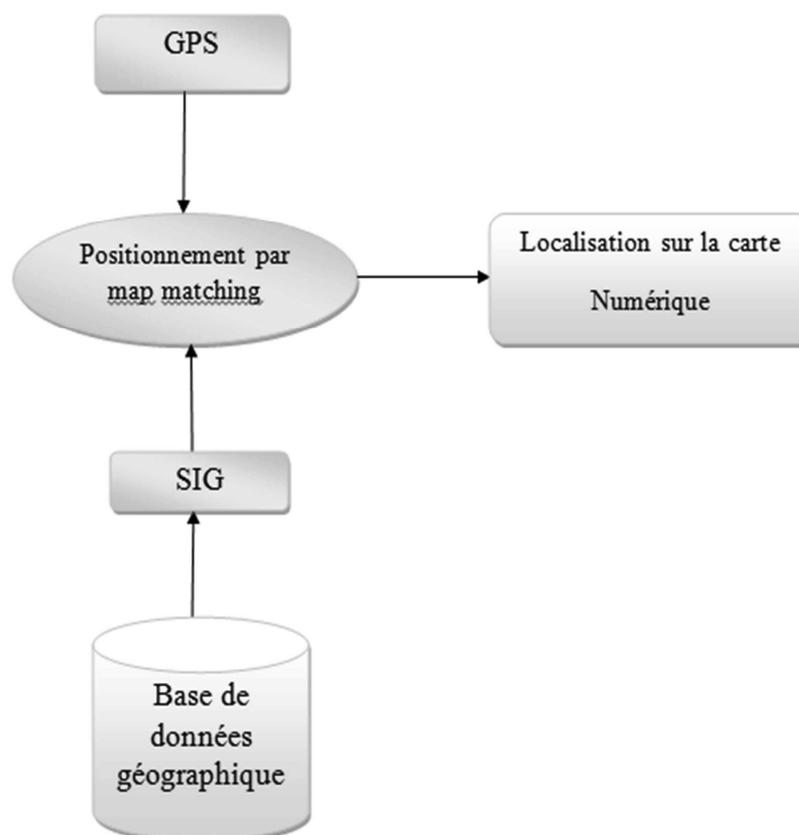


Figure II.9 : Le principe de la localisation cartographique

II.5.3 Dead Reckoning :

La technique Dead Reckoning est une technique de localisation qui permet de calculer la position courante d'un véhicule et cela en se basant sur sa dernière position connue. Cette technique nécessite l'utilisation d'un ou plusieurs capteurs, ces derniers permettent de délivrer des informations concernant le déplacement du véhicule (mesure de la vitesse de chacune des roues du véhicule et grâce à ces mesures une estimation de la position courante de véhicule est générée).

Chapitre II : Les techniques de localisation

Cette technique est souvent utilisée pour affiner la localisation GPS ou bien dans des situations où GPS est indisponible (par exemple dans les parkings couverts, tunnels, forêts...) donc elle est considérée seulement comme une technique auxiliaire qui aide le GPS.

La dernière position connue du véhicule peut être obtenue par exemple en utilisant un récepteur GPS ou en localisant une référence connue traversée par ce véhicule (route traversée, parkings, maison, etc.) sur la carte numérique du véhicule.

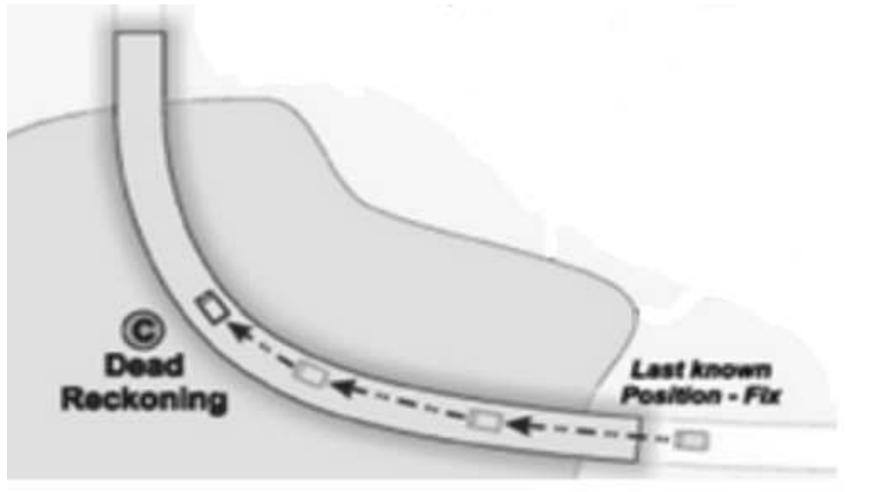


Figure II.10 : La localisation en utilisant le Dead Reckoning [MUT 13]

II.6 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'ensemble des techniques de localisations existantes dans la littérature ainsi que leurs adaptations pour les réseaux véhiculaires comme nous avons aussi présenté quelques techniques conçues spécialement pour les réseaux véhiculaires. Ces techniques sont utilisées pour des applications critiques dans ces réseaux qui nécessitent une localisation très précise, mais malheureusement ces techniques souffrent d'un manque de précision. L'un des buts de recherche majeurs dans ce domaine c'est de trouver des techniques de localisation qui offrent une localisation avec une grande précision.

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

III.1 Introduction :

Beaucoup de chercheurs considèrent les réseaux ad hoc véhiculaires comme une des technologies les plus importantes pour améliorer l'efficacité et la sécurité des systèmes de transport moderne, d'où l'apparition de beaucoup de projet de recherche dans ce domaine ; mais mettre un réseau de véhicules en pratique dans le but de la recherche est très couteux, pour cela plusieurs simulateur sont conçus afin de faciliter cette tâche.

Dans ce troisième chapitre, nous allons créer un réseau de plusieurs véhicules qui circulent dans une carte que nous avons aussi créée. Le but principal de notre simulation est de récupérer la trace de ces véhicules (leurs déplacements) afin de préparer ces données pour une éventuelle exploitation.

III.2 L'environnement de la simulation :

III.2.1 Le système d'exploitation utilisé :

Le système d'exploitation utilisé pour réaliser notre travail est « **ubuntu 12.04** » version 32 bits.

Ubuntu est un système linux qui appartient à la grande famille des systèmes Unix, il est constitué de logiciels libres, et il est disponible gratuitement.

Ubuntu est diffusé sous forme de «distributions», ensemble complets et cohérents de programme grâce auxquels on peut installer un système utilisable.

III.2.2 Le simulateur utilisé pour réaliser notre travail :

Le simulateur utilisé pour réaliser notre travail est « **SUMO MOVE** » qui est un outil composé de deux simulateurs le premier est « **SUMO** » (Simulation of Urbain MObility) qui est un simulateur de la mobilité urbaine et l'outil « **MOVE** » qui est un outil programmé en java et qui fonctionne avec l'outil sumo afin de générer le modèle de mobilité.

○ **SUMO (Simulation of Urbain MObility) :**

Le développement de SUMO (simulation of urbain mobility) en français « Simulation de la Mobilité Urbaine » a commencé dans l'année 2000. La raison majeure qui a mené au développement d'un outil de simulation du trafic routier était de faciliter les recherches dans ce domaine sans être obligé de mettre un réseau de véhicules en pratique.

○ **MOVE :**

MOVE est un outil qui permet de générer un modèle de mobilité dans le cadre des simulations VANET, cet outil est développé sur la couche haute du logiciel de simulation de microtrafic open-source « SUMO ».

MOVE crée un fichier de mobilité trace qui contient les informations à propos des mouvements des véhicules. Il est implémenté en langage java et fonctionne au-dessus de SUMO, et contient deux composants essentiels :

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

- l'éditeur de MAP que l'on utilise pour créer les routes, les nœuds afin de modéliser la topologie d'un réseau routier.
- l'éditeur de véhicules que l'on utilise pour créer des flux de véhicules sur la carte précédemment créée avec de nombreux paramètres.

Afin d'installer le simulateur « **SUMO** », nous avons besoin d'installer auparavant les outils suivant : « **XERCES** », « **FOX-toolkit** », « **PROJ** », « **GDAL** ». Ces outils vont compléter le simulateur SUMO et donner des résultats de modélisation.

- **XERCES** : c'est un outil portatif programmé en C++ qui va permettre à diverses applications de lire et d'écrire dans des fichiers XML. Nous verrons par la suite que les fichiers créés (les nœuds, les routes...) sont enregistrés en xml. [MAD12]
- **FOX-toolkit** : c'est un ensemble d'outils codés en C++, développant des interfaces utilisateurs graphiques. Cela offre une palette de contrôles permettant d'effectuer des manipulations graphiques. Il est d'ailleurs utilisé dans le cadre de la 3D. [MAD12]
- **PROJ** : c'est une librairie qui permet de convertir des données géographiques comme la longitude et la latitude en coordonnées cartésiennes au moyen d'une large variété de fonctions de projection cartographique. [MAD12]
- **GDAL** : c'est une librairie traductrice de format de données géospaciales et créée par la Fondation Géospatiale Open Source (OSGF). [MAD12]

III.3 Le langage de programmation utilisé :

Le langage de programmation utilisé pour réaliser notre travail c'est le langage « java ».

Le langage java est apparu en fin 1995 début 1996 et développé par Sun Microsystems, il s'est très rapidement taillé une place importante en particulier dans le domaine de l'internet et des applications client-serveur. Destiné au départ à la programmation de centraux téléphoniques, la société Sun a eu l'idée de le recentrer sur les applications de l'internet et des réseaux.

L'environnement de programmation utilisé pour réaliser notre travail est « **eclipse** ».

III.4 Simulation et résultats :

III.4.1 objectif :

Le but de notre simulation est de créer une carte routière constituée de cinquante-quatre routes. Certaines de ces routes ont deux voies, et aussi créer cinquante véhicules que nous allons lancer à partir des points de départ différents vers des destinations différentes ; et enfin nous devons récupérer le fichier trace qui contient les mouvements de ces véhicules et extraire les informations dont nous avons besoin.

Nous pouvons résumer les étapes à suivre pour réaliser notre travail dans le schéma suivant :

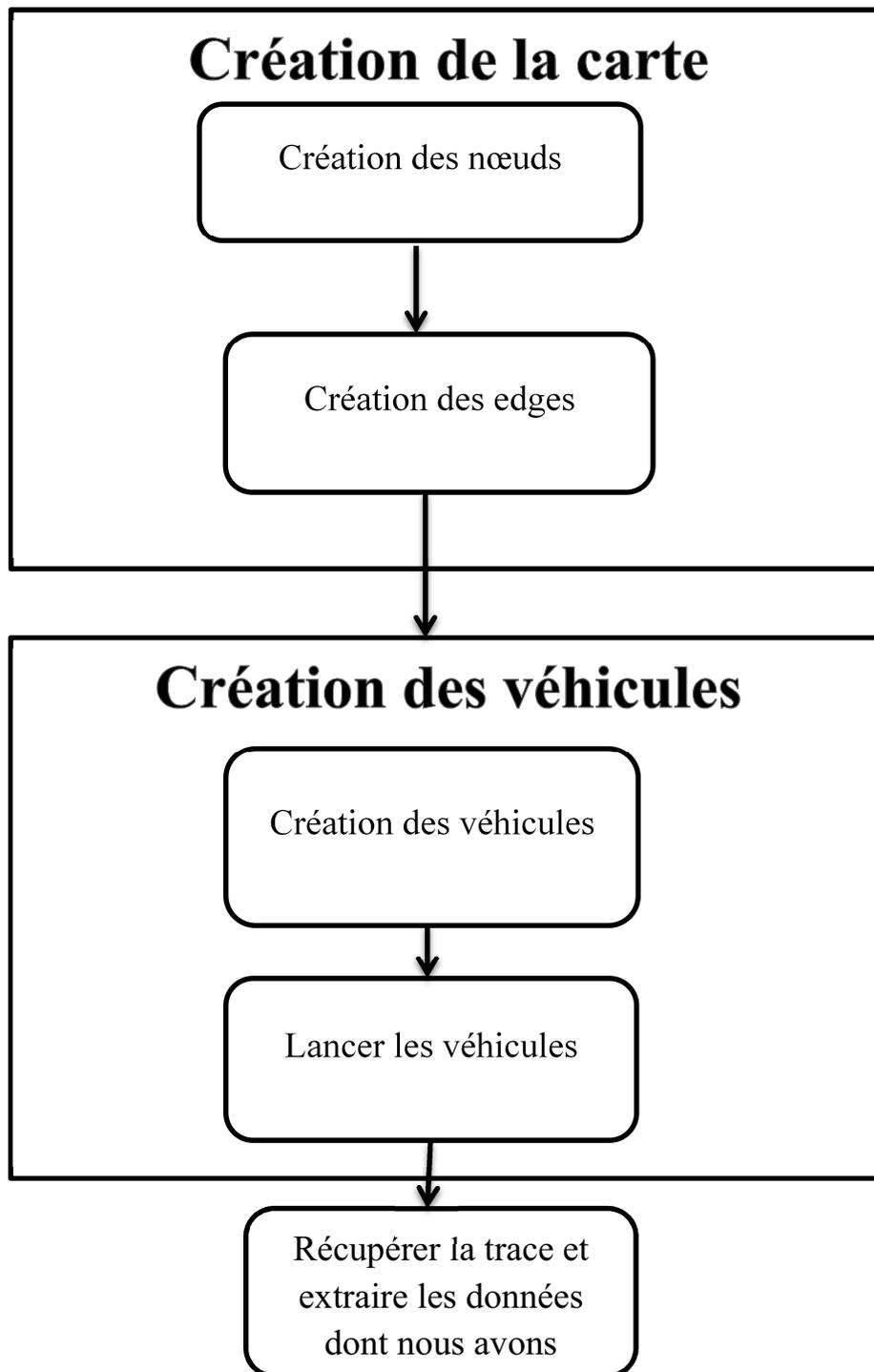


Figure III.1 : Les étapes à suivre pour réaliser notre travail

- **Définition d'un nœud :** Un nœud c'est l'extrémité d'une route, ou bien c'est l'intersection de plusieurs routes.
- **Définition d'une route (Edge) :** Une route est considéré comme une connexion entre deux nœuds.

- **Définition d'une carte routière :** Une carte routière est considérée comme un ensemble de routes.



Figure III.2 : Exemple d'une carte routière

III.4.2 simulation :

Dans cette partie nous allons expliquer et détailler les étapes que nous avons suivies afin de réaliser notre travail.

Pour réaliser notre travail nous avons utilisé l'outil « **sumo move** » comme nous l'avons déjà mentionné.

Afin d'exécuter l'outil move il suffit d'accéder au fichier où se trouve l'outil MOVE ensuite exécuter la commande suivante :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~/MOVES$ java -jar MOVE.jar
```

L'interface de l'outil MOVE va apparaître :

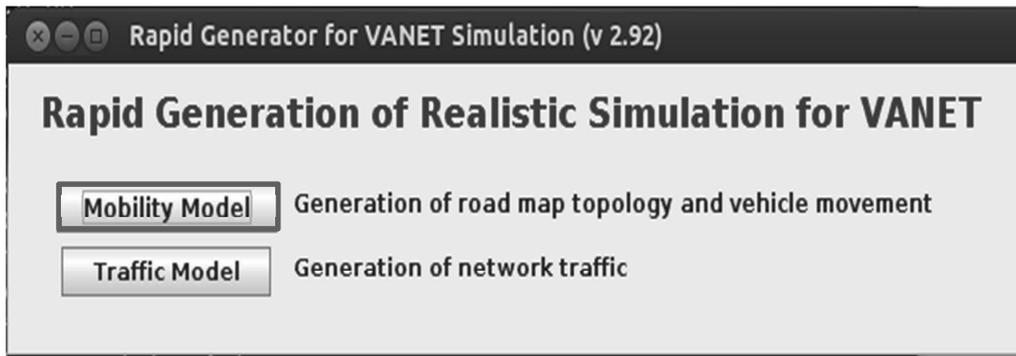


Figure III. 3 : L'interface principale de l'outil MOVE

Une fois cette interface est apparue on clique sur le bouton « Mobility Model », une autre interface va apparaître :

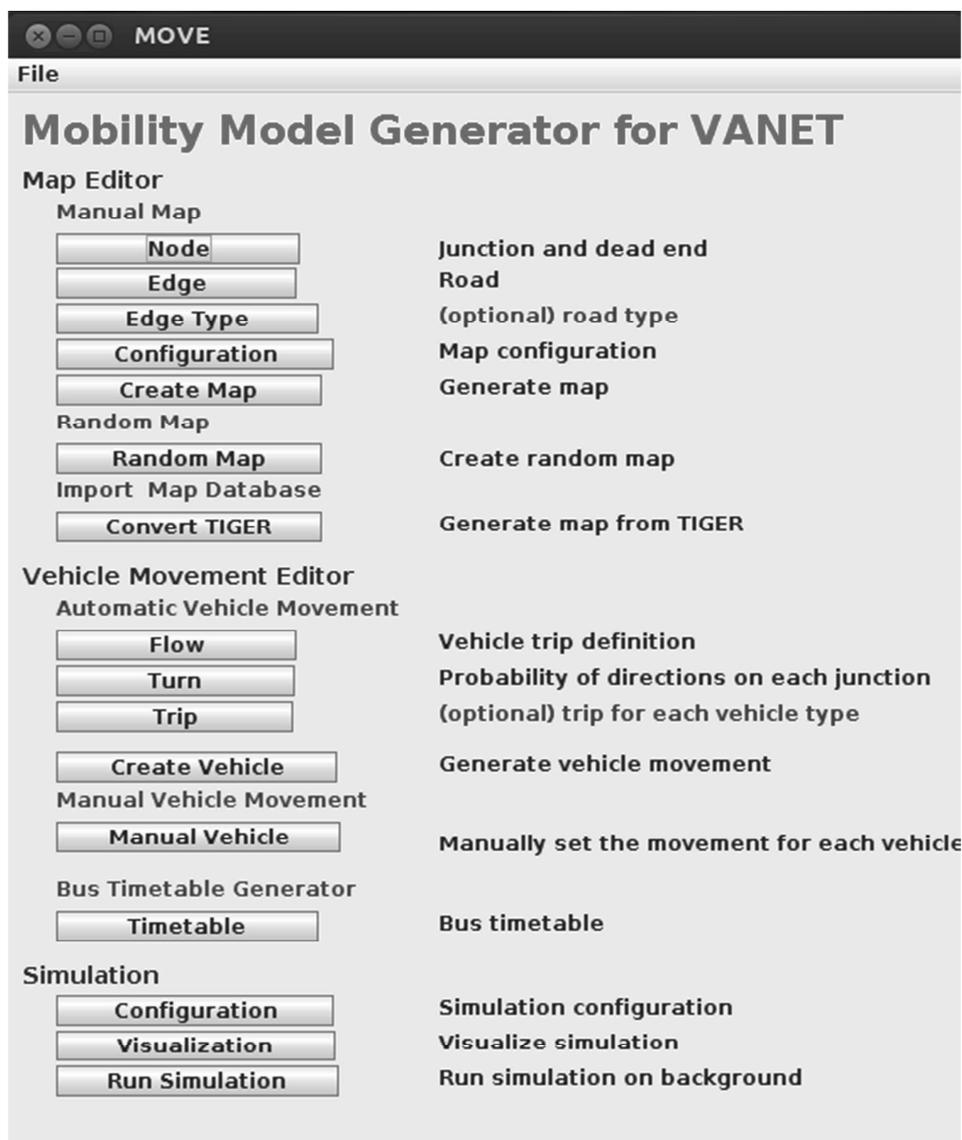


Figure III.4: L'interface qui permet la création manuelle des cartes et des véhicules

III.4.2.1 Création de la carte routière :

Pour créer une carte routière, nous devons créer toutes les routes qui forment cette carte, mais avant de les créer nous devons d'abord créer les nœuds (les extrémités et les intersections) qui forment ces routes.

Les étapes que nous avons suivies pour réaliser cette carte sont les suivantes :

1. Création des nœuds :

Pour créer les nœuds on clique sur le bouton « node » :

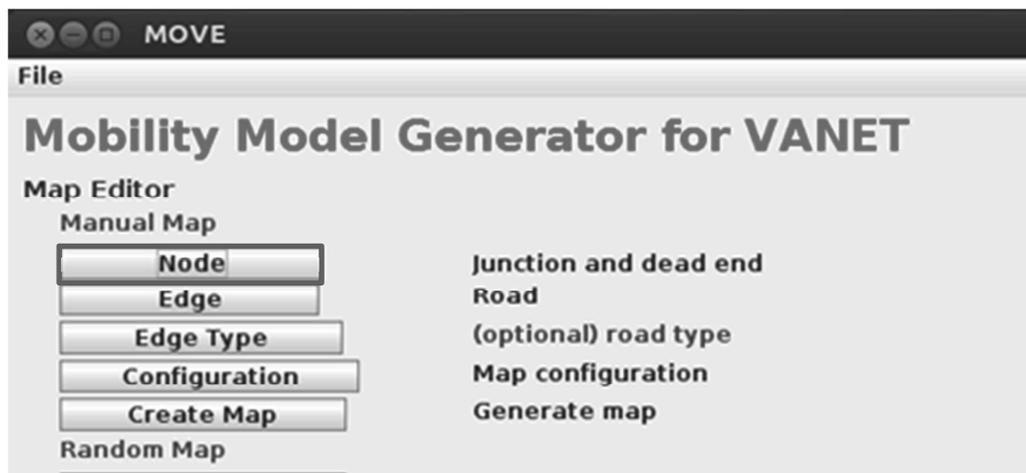


Figure III.5 : Création des nœuds

Une fois nous avons cliqué sur le bouton « node », une autre interface va apparaître, cette dernière nous permet de créer chaque nœud en lui attribuant un identifiant « ID » et les coordonnées « X » et « Y » de ce nœud.

La case « traffic light » permet de déterminer si le nœud créé est une intersection de plusieurs routes équipées d'un feu rouge (et cela en cochant sur cette case), ou bien c'est juste une extrémité d'une route.

La figure suivante représente notre table de nœuds créés afin de réaliser notre carte routière :

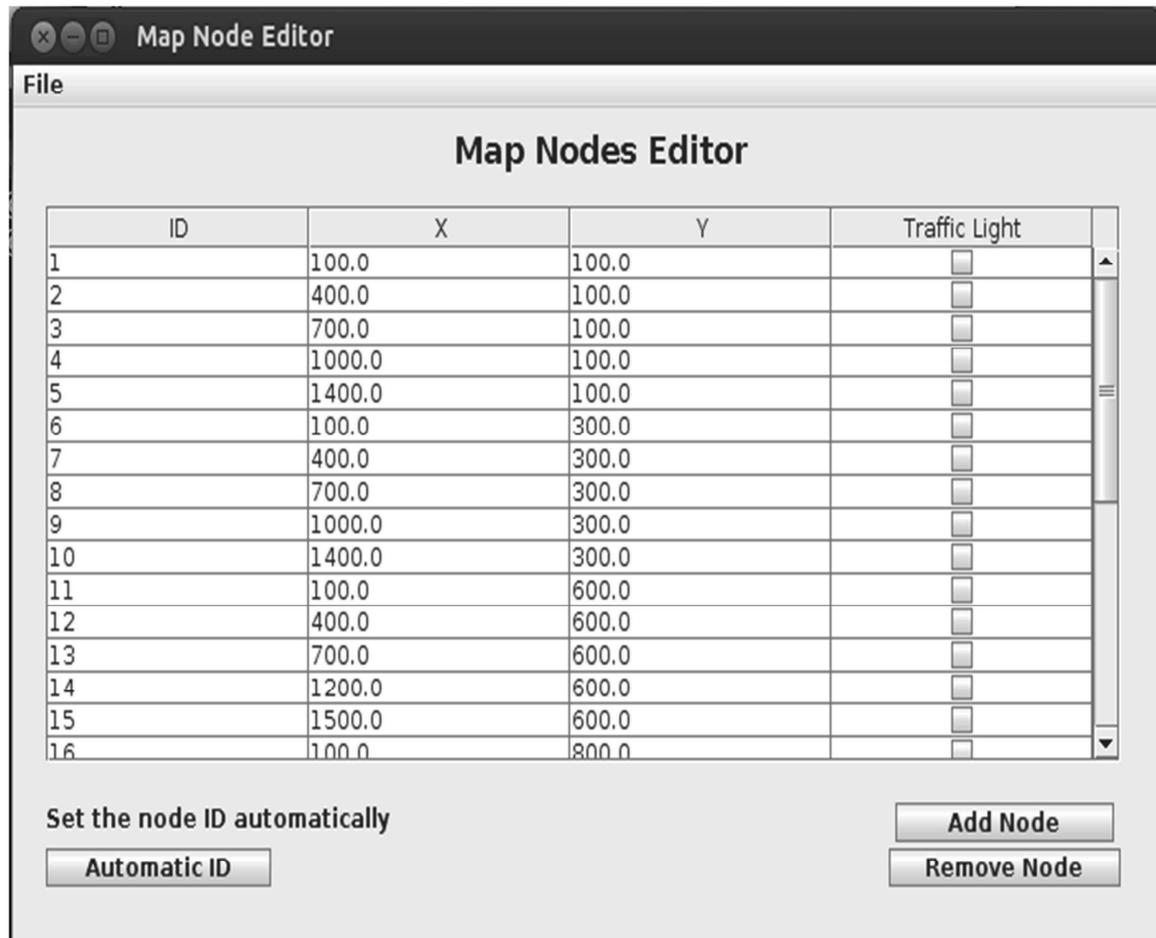


Figure III.6 : La table des nœuds

Une fois la table est remplie, elle doit être enregistrée et cela en cliquant sur file ensuite save « **file** → **save** ».

Le nom affecté à la table des nœuds doit respecter le format suivant :

« **Nom** ».nod.xml, pour notre simulation le nom que nous avons attribué est :
« **nodess.nod.xml** »

Le fichier « nodess.nod.xml » obtenu est le suivant :

```
<nodes>
<node id="1" x="100.0" y="100.0" type="priority"/>
<node id="2" x="400.0" y="100.0" type="priority"/>
<node id="3" x="700.0" y="100.0" type="priority"/>
<node id="4" x="1000.0" y="100.0" type="priority"/>
<node id="5" x="1400.0" y="100.0" type="priority"/>
<node id="6" x="100.0" y="300.0" type="priority"/>
<node id="7" x="400.0" y="300.0" type="priority"/>
<node id="8" x="700.0" y="300.0" type="priority"/>
<node id="9" x="1000.0" y="300.0" type="priority"/>
```

```
<node id="10" x="1400.0" y="300.0" type="priority"/>
<node id="11" x="100.0" y="600.0" type="priority"/>
<node id="12" x="400.0" y="600.0" type="priority"/>
<node id="13" x="700.0" y="600.0" type="priority"/>
<node id="14" x="1200.0" y="600.0" type="priority"/>
<node id="15" x="1500.0" y="600.0" type="priority"/>
<node id="16" x="100.0" y="800.0" type="priority"/>
<node id="17" x="700.0" y="800.0" type="priority"/>
<node id="18" x="1200.0" y="800.0" type="priority"/>
<node id="19" x="1500.0" y="800.0" type="priority"/>
<node id="20" x="100.0" y="900.0" type="priority"/>
<node id="21" x="170.0" y="950.0" type="priority"/>
<node id="22" x="230.0" y="1000.0" type="priority"/>
<node id="23" x="700.0" y="1000.0" type="priority"/>
<node id="24" x="1200.0" y="1000.0" type="priority"/>
<node id="25" x="1500.0" y="1000.0" type="priority"/>
<node id="26" x="1200.0" y="1200.0" type="priority"/>
<node id="27" x="1700.0" y="100.0" type="traffic_light"/>
<node id="28" x="1700.0" y="300.0" type="traffic_light"/>
<node id="29" x="1700.0" y="600.0" type="traffic_light"/>
<node id="30" x="1700.0" y="800.0" type="traffic_light"/>
<node id="31" x="1700.0" y="1000.0" type="traffic_light"/>
</nodes>
```

Donc nous avons créé trente et un nœuds dont quatre sont des intersections équipées d'un feu rouge.

Une fois nous avons créé notre fichier nœud, nous pouvons créer les routes de notre carte.

2. Création des routes :

Comme nous avons déjà mentionné une route est la connexion entre deux nœuds, donc nous devons créer ces connexions sous forme d'une table et cela en cliquant sur le bouton « **edge** » comme le montre la figure suivante :

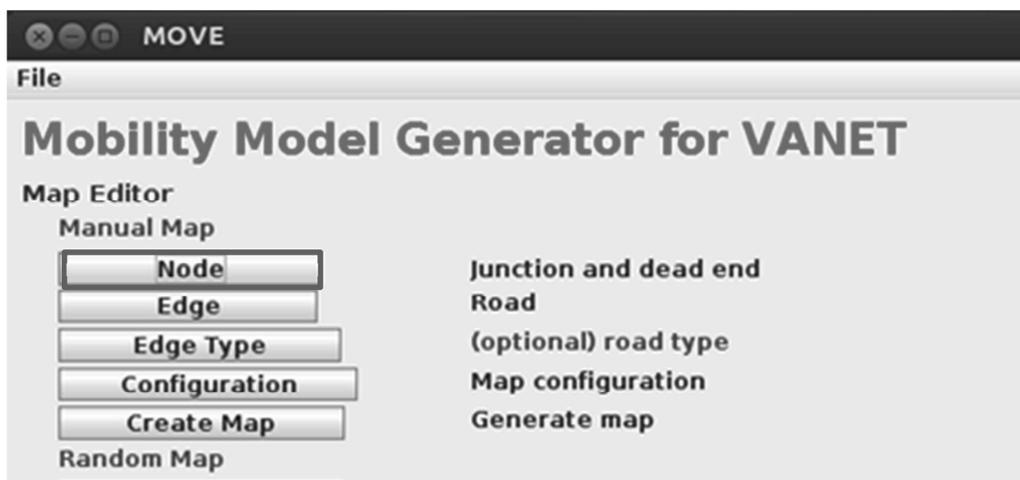


Figure III.7 : création des routes

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

Une fois nous avons cliqué sur le bouton « Edge » on remplit la table des routes comme le montre la figure suivante :

The screenshot shows the 'Roads Editor' window. At the top is a menu bar with 'File'. Below it is the title 'Roads Editor'. The main area contains a table with the following data:

ID	From Node	To Node	Type	No Lanes	Speed	Priority
R1-2	1	2		2	60	75
R2-1	2	1		2	60	75
R1-6	1	6		2	80	75
R6-1	6	1		2	80	75
R2-7	2	7		2	60	75
R7-2	7	2		2	60	75
R2-3	2	3		2	60	75
R3-2	3	2		2	60	75
R3-8	3	8		2	80	75
R8-3	8	3		2	80	75
R3-4	3	4		2	60	75
R4-3	4	3		2	60	75
R4-9	4	9		2	60	75
R9-4	9	4		2	60	75
R4-5	4	5		2	60	75
R5-4	5	4		2	60	75

Below the table are several controls:

- Assign automatic edge IDs:** A button labeled 'Automatic ID'.
- Descriptions of roads and attributes:** Radio buttons for 'own definitions' (selected) and 'definitions from types file'. A note below reads: '*Using types will ignore nolanes, speed, priority, and length'.
- Buttons:** 'Add Edge' and 'Remove Edge'.
- Set Defaults:** Input fields for 'nolanes' (value: 2), 'speed' (value: 40), and 'priority' (value: 75).

Figure III.8 : La table des routes

« **ID** » : représente l'identifiant de la route.

« **From Node** » : représente la première extrémité de la route.

« **To Node** » : représente la deuxième extrémité de la route.

« **No lanes** » : représente le nombre de voies de cette route.

« **Speed** » : représente la vitesse maximale autorisée dans cette route.

« **priority** » : c'est une valeur numérique qui montre l'importance de la route.

Par exemple la route R1-2 c'est la route qui commence à partir du nœud « 1 » ver le nœud « 2 », le nombre de voie de cette route c'est « 2 » et la vitesse maximale autorisée dans cette route c'est « 60 ».

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

R2-1 c'est la route qui commence à partir du nœud « 2 » vers le nœud « 1 », le nombre de voies de cette route c'est 2 et la vitesse maximale autorisée dans cette route c'est 60.

Le fichier doit être enregistré en respectant le format suivant : « Nom ».edg.xml. Le nom de notre fichier est « **edgess.edg.xml** ».

Le fichier « edgess.edg.xml » obtenu est le suivant :

```
<edges>
<edge id="R1-2" fromnode="1" tonode="2" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R2-1" fromnode="2" tonode="1" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R1-6" fromnode="1" tonode="6" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R6-1" fromnode="6" tonode="1" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R2-7" fromnode="2" tonode="7" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R7-2" fromnode="7" tonode="2" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R2-3" fromnode="2" tonode="3" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R3-2" fromnode="3" tonode="2" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R3-8" fromnode="3" tonode="8" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R8-3" fromnode="8" tonode="3" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R3-4" fromnode="3" tonode="4" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R4-3" fromnode="4" tonode="3" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R4-9" fromnode="4" tonode="9" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R9-4" fromnode="9" tonode="4" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R4-5" fromnode="4" tonode="5" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R5-4" fromnode="5" tonode="4" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R5-10" fromnode="5" tonode="10" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R10-5" fromnode="10" tonode="5" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R6-11" fromnode="6" tonode="11" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R11-6" fromnode="11" tonode="6" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R6-7" fromnode="6" tonode="7" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R7-6" fromnode="7" tonode="6" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R7-12" fromnode="7" tonode="12" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
```

```
<edge id="R6-7" fromnode="6" tonode="7" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R7-6" fromnode="7" tonode="6" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R7-12" fromnode="7" tonode="12" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R12-7" fromnode="12" tonode="7" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R7-8" fromnode="7" tonode="8" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R8-7" fromnode="8" tonode="7" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R8-13" fromnode="8" tonode="13" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R13-8" fromnode="13" tonode="8" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R8-9" fromnode="8" tonode="9" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R9-8" fromnode="9" tonode="8" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R9-14" fromnode="9" tonode="14" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R14-9" fromnode="14" tonode="9" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R9-10" fromnode="9" tonode="10" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R10-9" fromnode="10" tonode="9" priority="75" nolanes="2"
speed="80"/>
<edge id="R10-15" fromnode="10" tonode="15" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R15-10" fromnode="15" tonode="10" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R11-16" fromnode="11" tonode="16" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R16-11" fromnode="16" tonode="11" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R11-12" fromnode="11" tonode="12" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R12-11" fromnode="12" tonode="11" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R12-17" fromnode="12" tonode="17" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R17-12" fromnode="17" tonode="12" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R12-13" fromnode="12" tonode="13" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R13-12" fromnode="13" tonode="12" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R13-17" fromnode="13" tonode="17" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R17-13" fromnode="17" tonode="13" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
```

```
<edge id="R13-14" fromnode="13" tonode="14" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R14-13" fromnode="14" tonode="13" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R14-17" fromnode="14" tonode="17" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R17-14" fromnode="17" tonode="14" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R14-15" fromnode="14" tonode="15" priority="75"
nolanes="2" speed="80"/>
<edge id="R15-14" fromnode="15" tonode="14" priority="75"
nolanes="2" speed="80"/>
<edge id="R15-18" fromnode="15" tonode="18" priority="75"
nolanes="2" speed="80"/>
<edge id="R18-15" fromnode="18" tonode="15" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R15-19" fromnode="15" tonode="19" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R19-15" fromnode="19" tonode="15" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R16-20" fromnode="16" tonode="20" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R20-21" fromnode="20" tonode="21" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R21-22" fromnode="21" tonode="22" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R22-23" fromnode="22" tonode="23" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R16-17" fromnode="16" tonode="17" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R17-18" fromnode="17" tonode="18" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R18-17" fromnode="18" tonode="17" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R18-24" fromnode="18" tonode="24" priority="75"
nolanes="2" speed="80"/>
<edge id="R24-18" fromnode="24" tonode="18" priority="75"
nolanes="2" speed="80"/>
<edge id="R18-19" fromnode="18" tonode="19" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R19-18" fromnode="19" tonode="18" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R19-25" fromnode="19" tonode="25" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R25-19" fromnode="25" tonode="19" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R23-24" fromnode="23" tonode="24" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R24-23" fromnode="24" tonode="23" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R24-25" fromnode="24" tonode="25" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<edge id="R25-24" fromnode="25" tonode="24" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R23-26" fromnode="23" tonode="26" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R23-25" fromnode="26" tonode="25" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R17-23" fromnode="17" tonode="23" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R23-17" fromnode="23" tonode="17" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R27-5" fromnode="27" tonode="5" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R5-27" fromnode="5" tonode="27" priority="75" nolanes="2"
speed="60"/>
<edge id="R28-27" fromnode="28" tonode="27" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R27-28" fromnode="27" tonode="28" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R28-10" fromnode="28" tonode="10" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R10-28" fromnode="10" tonode="28" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R28-29" fromnode="28" tonode="29" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R29-28" fromnode="29" tonode="28" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R29-15" fromnode="29" tonode="15" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R15-29" fromnode="15" tonode="29" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R29-30" fromnode="29" tonode="30" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R30-29" fromnode="30" tonode="29" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R30-19" fromnode="30" tonode="19" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R19-30" fromnode="19" tonode="30" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R30-31" fromnode="30" tonode="31" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R31-30" fromnode="31" tonode="30" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R31-25" fromnode="31" tonode="25" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
<edge id="R25-31" fromnode="25" tonode="31" priority="75"
nolanes="2" speed="60"/>
</edges>
```

Une fois nous avons créé les nœuds et les route, nous devons créer la configuration de notre carte.

3. Création de la configuration de la carte :

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

Pour créer la configuration de la carte nous devons sélectionner « configuration » à partir du menu principale.

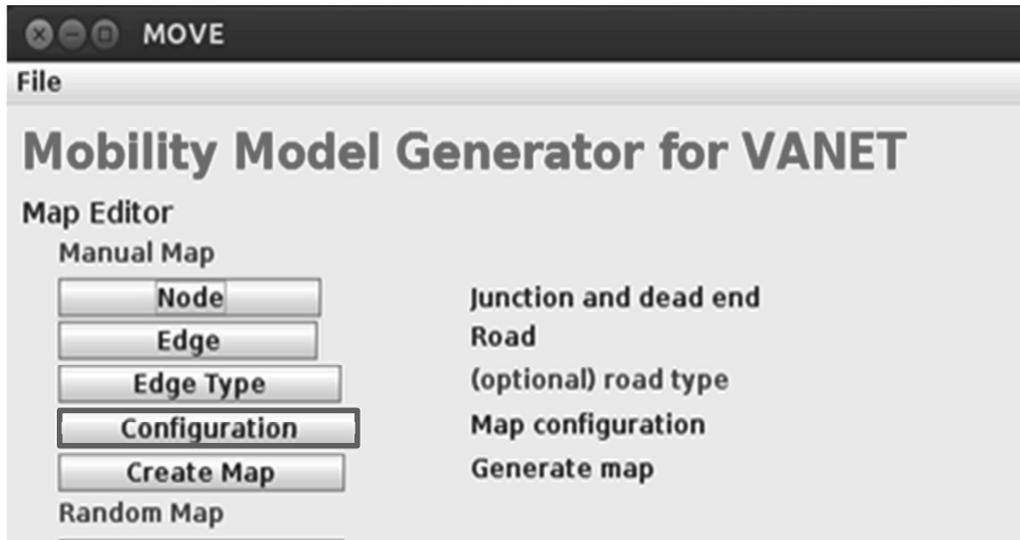


Figure III.9 : création de la configuration de la carte

Après avoir sélectionné le bouton « configuration » à partir du menu principal, l'interface suivante va apparaître :

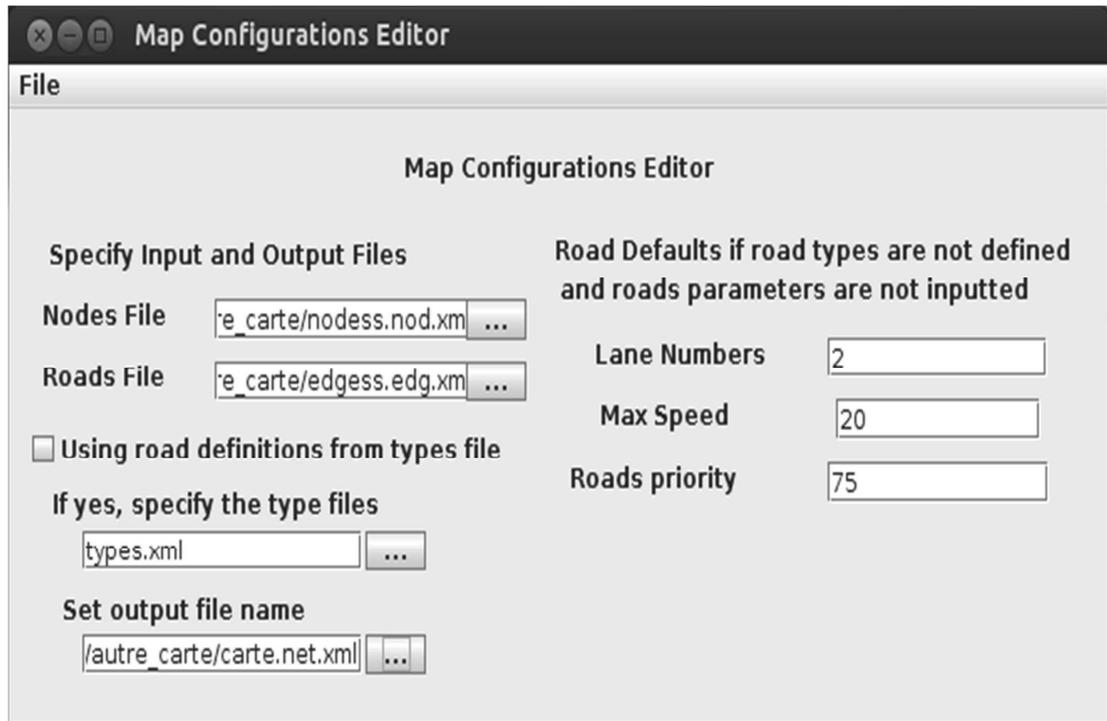


Figure III.10 : La configuration que nous avons créée pour notre carte

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

Dans la case « Node file » nous devons sélectionner le fichier node créé précédemment à partir de son emplacement.

Dans la case « Road File » nous devons sélectionner le fichier edge créé précédemment (les routes) à partir de son emplacement.

La case « Set output file name » représente le fichier contenant la carte, qui doit être enregistré sous la forme « nom ».net.xml . Dans notre simulation le nom que nous avons choisi c'est « **carte.net.xml** »

Après avoir sélectionné les fichiers « nodss.nod.xml » et « edgess.edg.xml », nous avons enregistré la configuration créée sous le nom « **carte.netc.cfg** ».

4. Création de la carte routière :

Pour créer notre carte routière nous devons sélectionner le bouton « Create Map » à partir du menu principal

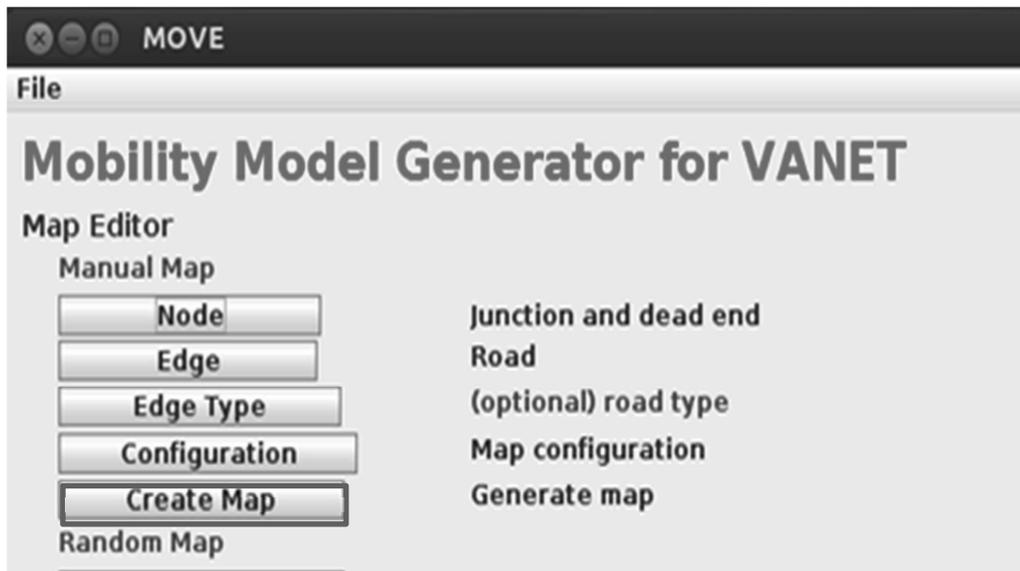


Figure III.11 : création de la carte routière

Une fois nous avons sélectionné ce bouton une autre interface va apparaître, où nous devons sélectionner la configuration créer précédemment à partir de son emplacement.

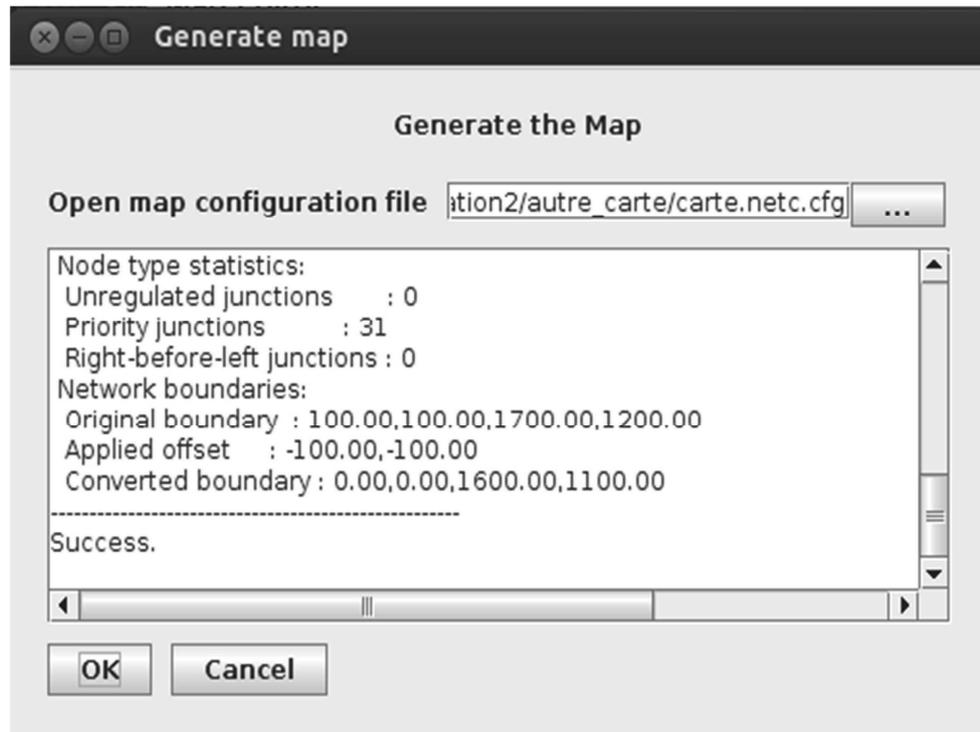


Figure III.12 : La génération de la carte

Une fois cette étape a été exécuté avec succès, la carte sera créée sous le nom choisi précédemment « carte.net.xml ».

Après avoir créé la carte nous devons la vérifier, et cela en sélectionnant le bouton visualisation à partir du menu principal, une fois ce bouton est sélectionné l'interface de sumo va apparaitre, cette interface nous permet de visualiser notre carte créée.

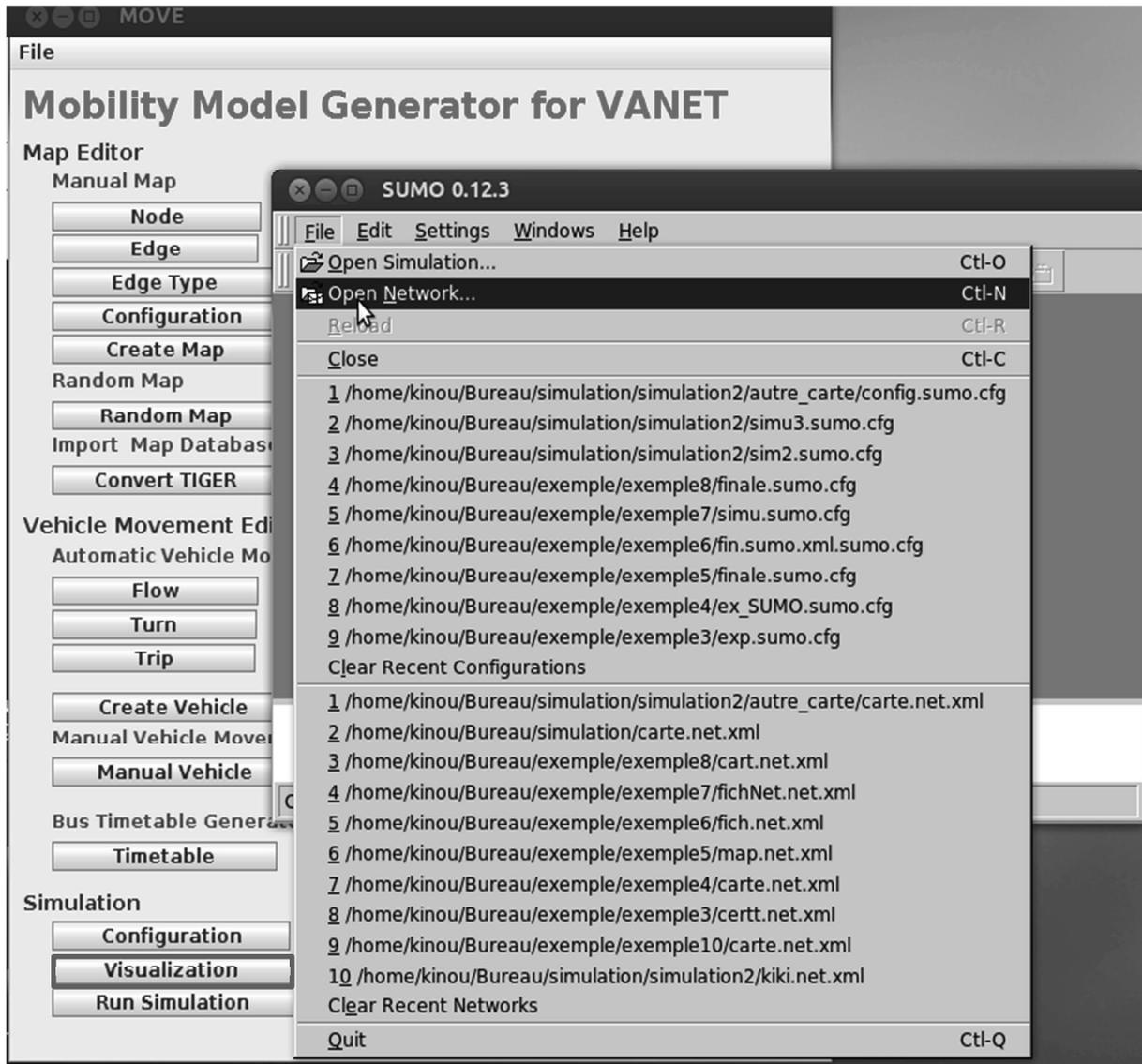


Figure III.13 : Visualisation de la carte

La carte obtenue est la suivante :

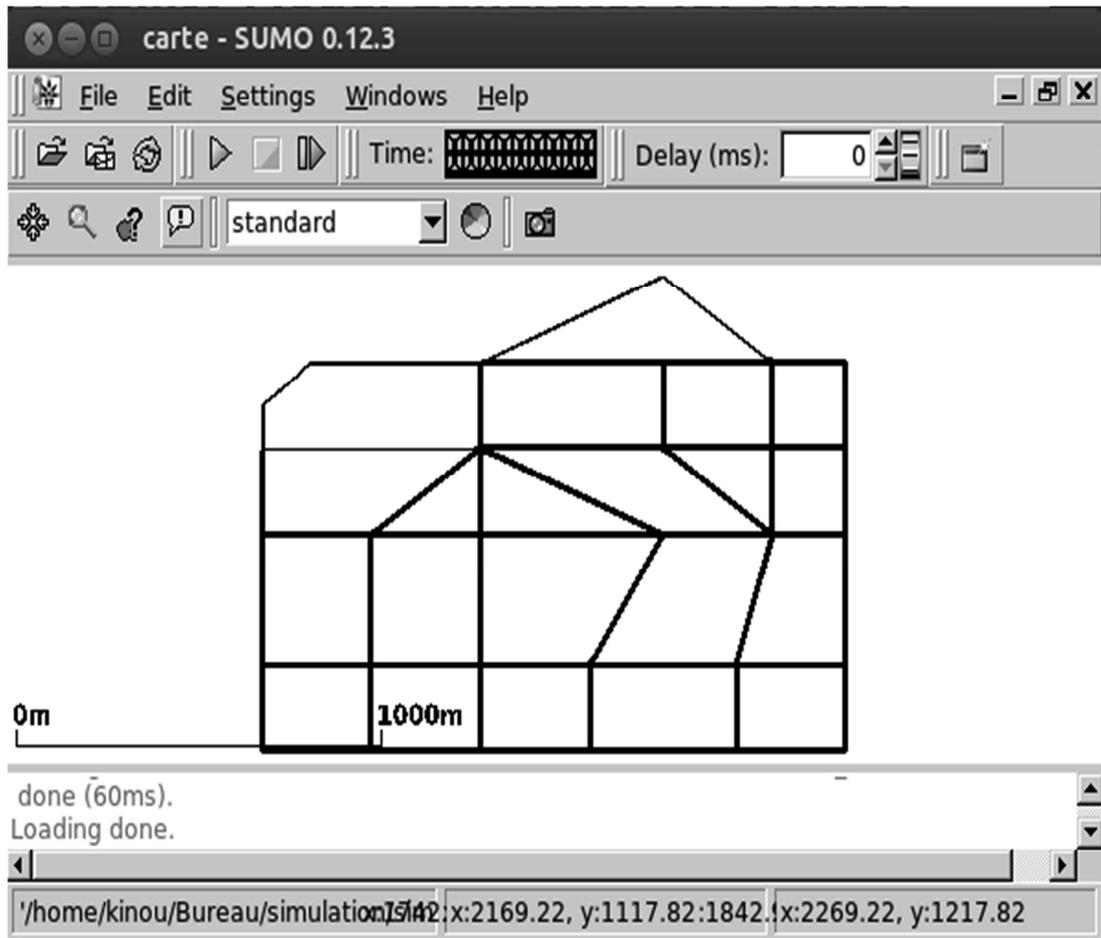


Figure III.14 : La carte routière obtenue

III.4.2.2 Création des véhicules :

Après avoir créé notre carte routière, nous devons créer les véhicules circulant dans cette carte.

Pour créer les véhicules nous devons d'abord sélectionner le bouton « Flow » à partir du menu principal :

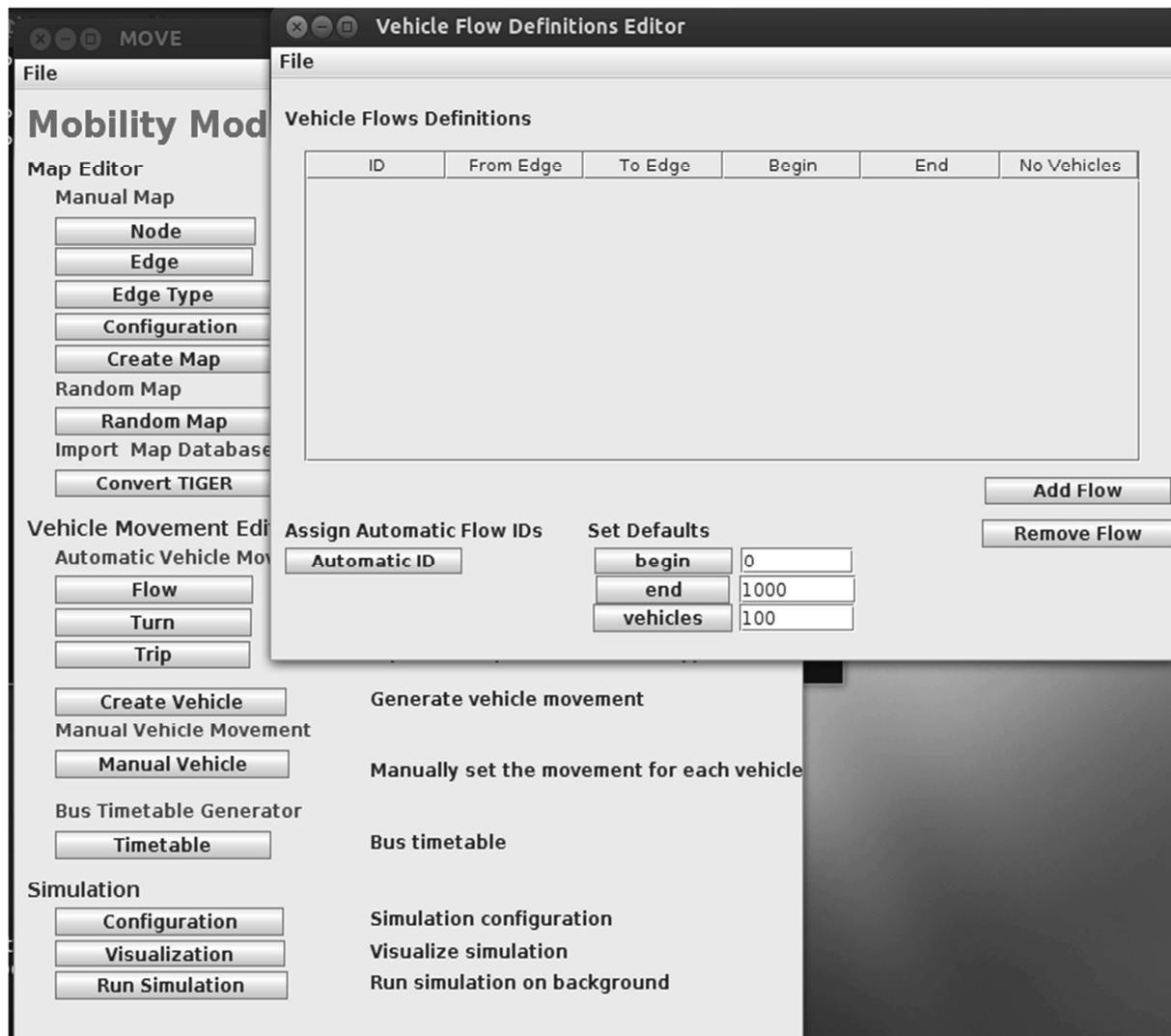


Figure III.15 : Création de véhicules

« **ID** » : représente l'identifiant du véhicule à créer.

« **From Edge** » : représente le point de départ du véhicule à créer.

« **To Edge** » : représente le point d'arrivée du véhicule à créer.

« **Begin** » : représente le temps de début de la simulation.

« **End** » : représente la fin de la simulation.

« **No véhicules** » : représente le nombre de véhicules à créer.

Dans notre travail nous avons créé cinquante flux de véhicules, chaque flux contient un seul véhicule, un point de départ, un point d'arrivée, le temps de début de simulation et le temps de fin de simulation.

La figure suivante montre la table de véhicule obtenue :

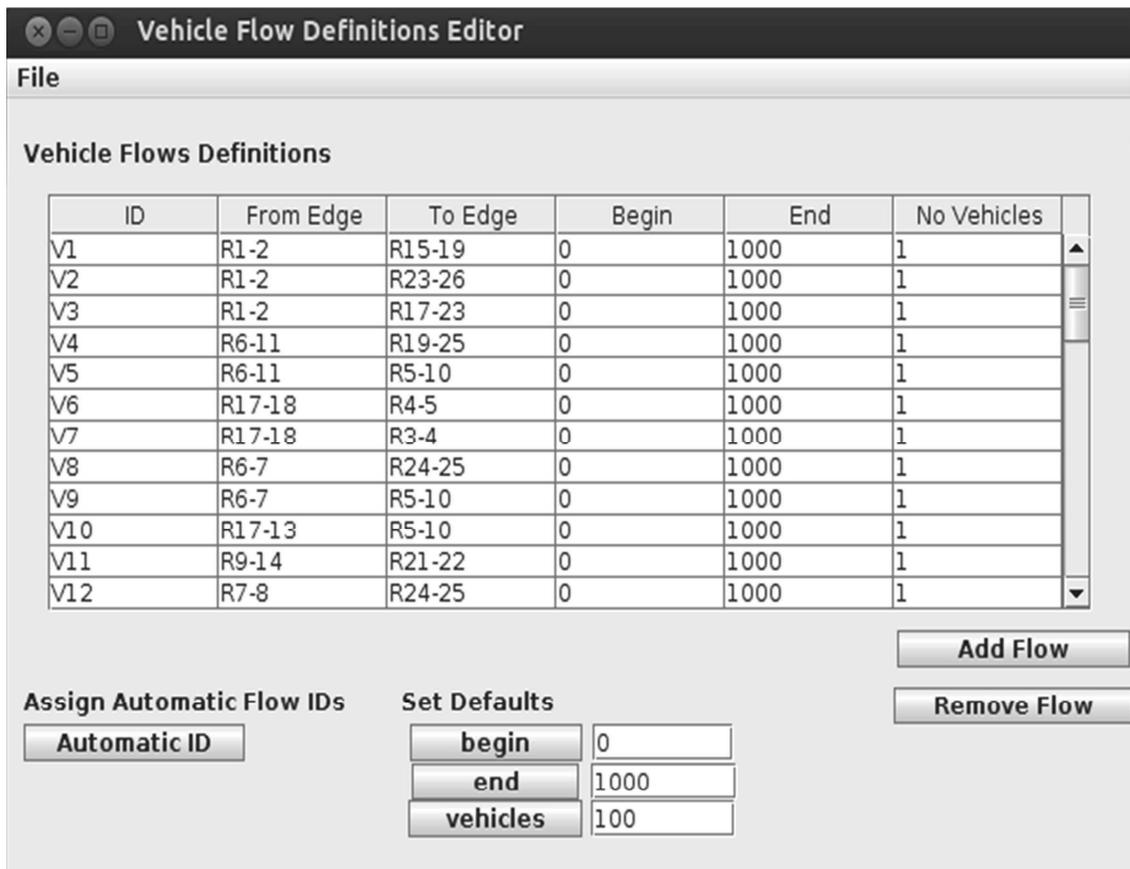


Figure III.16 : la table de véhicule

Cette table doit être enregistré en respectant le format suivant : « nom ».flow.xml (dans notre cas « flowSim.flow.xml »).

Le fichier « flowSim.flow.xml » obtenue est le suivant :

```
<flows>
<flow id="V1" from="R1-2" to="R15-19" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V2" from="R1-2" to="R23-26" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V3" from="R1-2" to="R17-23" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V4" from="R6-11" to="R19-25" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V5" from="R6-11" to="R5-10" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V6" from="R17-18" to="R4-5" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V7" from="R17-18" to="R3-4" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V8" from="R6-7" to="R24-25" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V9" from="R6-7" to="R5-10" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V10" from="R17-13" to="R5-10" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V11" from="R9-14" to="R21-22" begin="0" end="1000" no="1" />
<flow id="V12" from="R7-8" to="R24-25" begin="0" end="1000" no="1" />

```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<flow id="V13" from="R9-10" to="R24-23" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V14" from="R3-8" to="R23-26" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V15" from="R3-8" to="R24-25" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V16" from="R3-4" to="R11-12" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V17" from="R8-13" to="R19-25" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V18" from="R3-8" to="R16-17" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V19" from="R4-5" to="R23-24" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V20" from="R2-3" to="R14-15" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V21" from="R18-19" to="R1-2" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V22" from="R2-7" to="R29-30" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V23" from="R27-28" to="R23-24" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V24" from="R15-19" to="R6-11" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V25" from="R6-7" to="R24-25" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V26" from="R12-13" to="R24-25" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V27" from="R10-15" to="R16-20" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V28" from="R24-25" to="R12-11" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V29" from="R6-7" to="R30-31" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V30" from="R9-14" to="R6-1" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V31" from="R9-10" to="R30-31" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V32" from="R14-17" to="R8-9" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V33" from="R8-9" to="R29-30" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V34" from="R11-16" to="R27-28" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V35" from="R27-28" to="R16-17" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V36" from="R18-19" to="R7-8" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V37" from="R10-28" to="R16-17" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V38" from="R4-5" to="R13-12" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V39" from="R16-17" to="R5-27" begin="0" end="1000" no="1"
/>
<flow id="V40" from="R4-9" to="R30-31" begin="0" end="1000" no="1"
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<flow id="V41" from="R13-17" to="R10-5" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V42" from="R25-31" to="R3-2" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V43" from="R16-17" to="R4-5" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V44" from="R12-17" to="R10-28" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V45" from="R11-12" to="R10-28" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V46" from="R23-26" to="R5-27" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V47" from="R23-17" to="R4-5" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V48" from="R6-7" to="R18-19" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
<flow id="V49" from="R15-29" to="R1-2" begin="0" end="1000" no="1" />
/>
</flows>
```

Après avoir créé la table de véhicule nous avons attribué cette table à la carte routière créée précédemment et cela afin de pouvoir générer les mouvements de ces véhicules sur cette carte.

La figure suivante nous montre comment créer les véhicules en mouvement sur une carte:

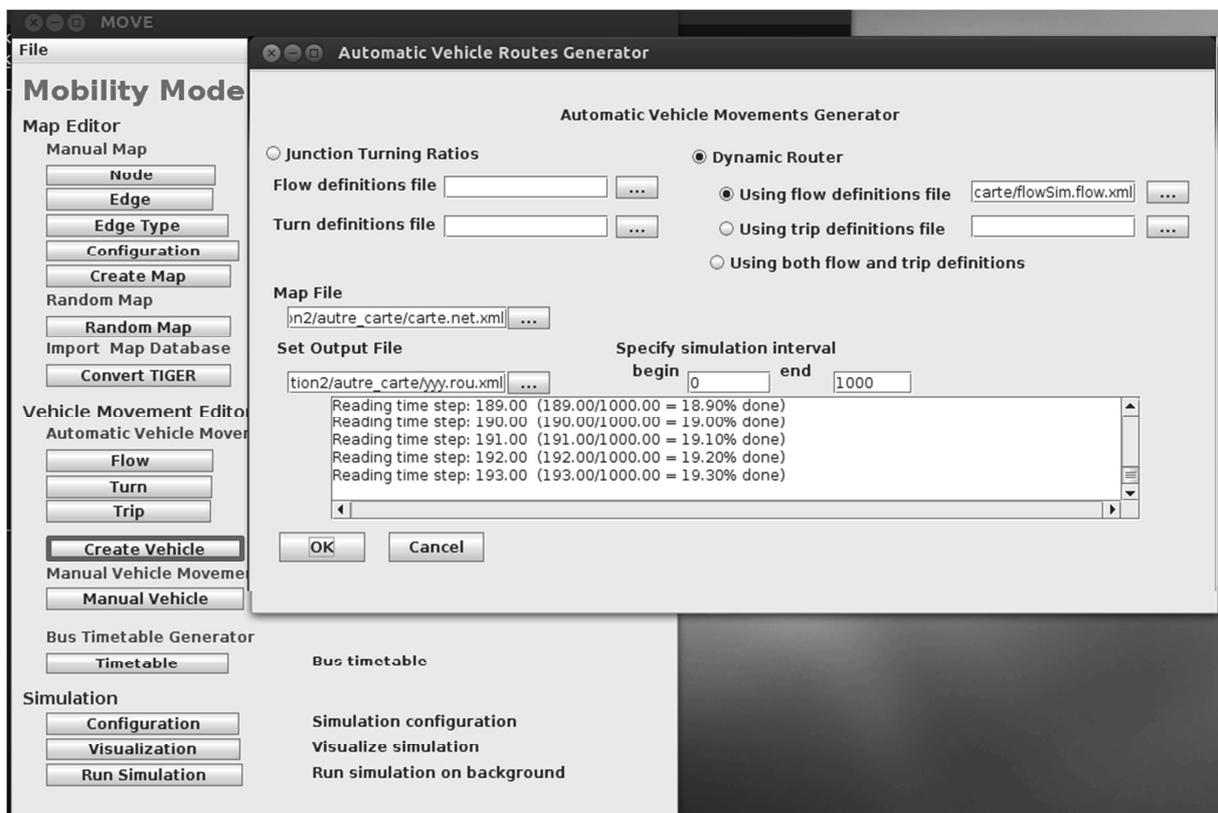


Figure III.17 : la génération de mouvement de véhicules

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

Dans la case « **Using flow definition file** » nous avons sélectionné la table de véhicule créé précédemment et dans la case « **Map file** » nous avons spécifié la carte sur laquelle les véhicules vont circuler.

La case « **set output file** » permet de donner un nom et l'emplacement du fichier obtenue (les véhicules en mouvement sur la carte).

Une fois nous avons créé les véhicules en mouvement sur notre carte, nous devons créer la configuration de la simulation qui est le fichier qui nous permet de réaliser et de visualiser notre simulation.

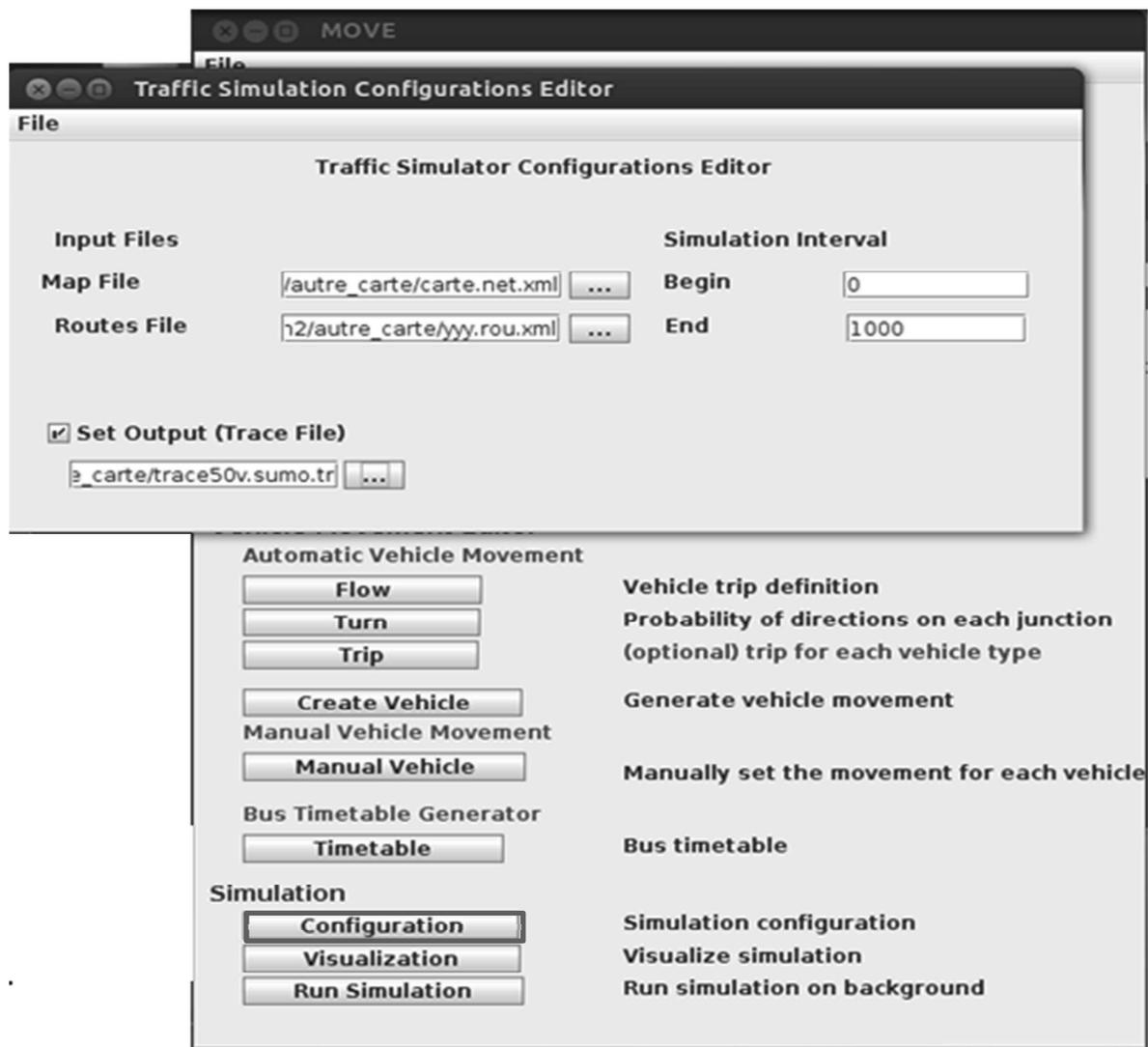


Figure III.18 : Configuration des paramètres de la simulation

Dans la case « **map file** » nous avons sélectionné la carte créée précédemment à partir de son emplacement.

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

Dans la case « **Road file** » nous avons sélectionné le fichier créé précédemment (les véhicules en mouvement).

La case « **Begin** » représente le temps du début de la simulation et « **end** » représente la fin de la simulation.

La case « **set out put file** » permet de générer la trace des cinquante véhicules créer, après avoir lancé la simulation. Le nom de la trace créée est « **trace50v.sumo.tr** ».

Une fois que nous avons remplis toutes les cases, nous allons enregistrer cette configuration, et cela en cliquant sur « file → save » en respectant le format suivant : « **nom** ».sumo.cfg. Le nom de notre configuration est « **config.sumo.cfg** ».

- **Lancer la simulation :**

Pour lancer la simulation nous pouvons sélectionner la case « **Run Simulation** » à partir du menu principal, comme nous pouvons sélectionner le bouton « **visualization** » ensuite « **open simulation** » et on lance la simulation.

En choisissant la deuxième méthode nous pouvons visualiser les mouvements des véhicules sur notre carte.

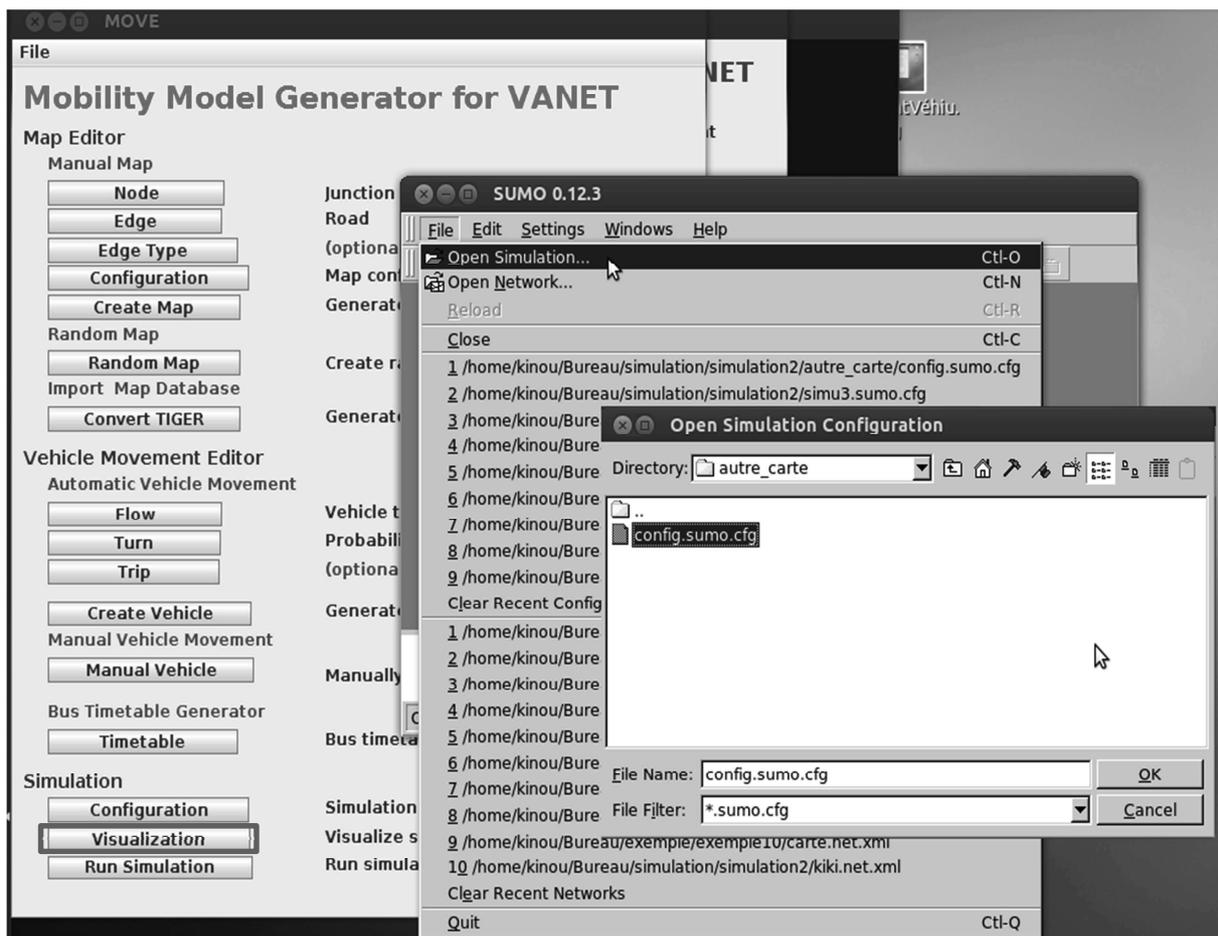


Figure III.19 : Visualisation du fichier de configuration

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

Après avoir sélectionné le fichier de configuration nous pouvons lancer la simulation. Une fois la simulation est effectuée la trace de ces véhicules sera créer automatiquement.

La trace obtenue est un fichier xml très volumineux (plus de 200 pages) pour cela nous allons représenter qu'une petite partie de ce dernier et nous allons essayer de l'expliquer.

Le fichier trace (trace50v.sumo.tr) :

```
<?xml version="1.0"?>

<!-- generated on mer. 10 sept. 2014 11:23:05 CET by SUMO gui
Version 0.12.3
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>

<configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.sf.net/xsd/sumo-
gui.exeConfiguration.xsd">

    <input>
        <net-file
value="/home/kinou/Bureau/simulation/simulation2/autre_carte/carte.n
et.xml"/>
        <route-files
value="/home/kinou/Bureau/simulation/simulation2/autre_carte/yyy.rou
.xml"/>
    </input>

    <output>
        <netstate-dump
value="/home/kinou/Bureau/simulation/simulation2/autre_carte/trace50
v.sumo.tr"/>
        <emissions-output
value="/home/kinou/Bureau/simulation/simulation2/autre_carte/output-
emissions.xml"/>
        <tripinfo-output
value="/home/kinou/Bureau/simulation/simulation2/autre_carte/output-
tripinfos.xml"/>
        <vehroute-output
value="/home/kinou/Bureau/simulation/simulation2/autre_carte/output-
vehroutes.xml"/>
    </output>

    <time>
        <begin value="0"/>
        <end value="1000"/>
    </time>

    <processing>
        <route-steps value="-1"/>
        <time-to-teleport value="-1"/>
    </processing>

    <report>
        <print-options value="false"/>
    </report>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<random_number>
  <srand value="23423"/>
</random_number>

<gui_only>
  <gui-settings-file value=""/>
</gui_only>

</configuration>
-->

<sumo-netstate>
  <timestep time="0.00">
    <edge id="R1-2">
      <lane id="R1-2_0">
        <vehicle id="V1_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R1-2_1"/>
    </edge>
    <edge id="R10-15">
      <lane id="R10-15_0">
        <vehicle id="V27_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R10-15_1"/>
    </edge>
    <edge id="R10-28">
      <lane id="R10-28_0">
        <vehicle id="V37_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R10-28_1"/>
    </edge>
    <edge id="R11-12">
      <lane id="R11-12_0">
        <vehicle id="V45_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R11-12_1"/>
    </edge>
    <edge id="R11-16">
      <lane id="R11-16_0">
        <vehicle id="V34_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R11-16_1"/>
    </edge>
    <edge id="R12-13">
      <lane id="R12-13_0">
        <vehicle id="V26_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R12-13_1"/>
    </edge>
    <edge id="R12-17">
      <lane id="R12-17_0">
        <vehicle id="V44_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
      </lane>
      <lane id="R12-17_1"/>
    </edge>
  </timestep>
</sumo-netstate>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<edge id="R13-17">
  <lane id="R13-17_0">
    <vehicle id="V41_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R13-17_1"/>
</edge>
<edge id="R14-17">
  <lane id="R14-17_0">
    <vehicle id="V32_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R14-17_1"/>
</edge>
<edge id="R15-19">
  <lane id="R15-19_0">
    <vehicle id="V24_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R15-19_1"/>
</edge>
<edge id="R15-29">
  <lane id="R15-29_0">
    <vehicle id="V49_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R15-29_1"/>
</edge>
<edge id="R16-17">
  <lane id="R16-17_0">
    <vehicle id="V39_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R16-17_1"/>
</edge>
<edge id="R17-13">
  <lane id="R17-13_0">
    <vehicle id="V10_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R17-13_1"/>
</edge>
<edge id="R17-18">
  <lane id="R17-18_0">
    <vehicle id="V6_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R17-18_1"/>
</edge>
<edge id="R18-19">
  <lane id="R18-19_0">
    <vehicle id="V21_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R18-19_1"/>
</edge>
<edge id="R2-3">
  <lane id="R2-3_0">
    <vehicle id="V20_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
  </lane>
  <lane id="R2-3_1"/>
</edge>
<edge id="R2-7">
  <lane id="R2-7_0">
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <vehicle id="V22_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R2-7_1"/>
</edge>
<edge id="R23-17">
    <lane id="R23-17_0">
        <vehicle id="V47_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R23-17_1"/>
</edge>
<edge id="R23-26">
    <lane id="R23-26_0">
        <vehicle id="V46_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R23-26_1"/>
</edge>
<edge id="R24-25">
    <lane id="R24-25_0">
        <vehicle id="V28_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R24-25_1"/>
</edge>
<edge id="R25-31">
    <lane id="R25-31_0">
        <vehicle id="V42_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R25-31_1"/>
</edge>
<edge id="R27-28">
    <lane id="R27-28_0">
        <vehicle id="V23_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R27-28_1"/>
</edge>
<edge id="R3-4">
    <lane id="R3-4_0">
        <vehicle id="V16_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R3-4_1"/>
</edge>
<edge id="R3-8">
    <lane id="R3-8_0">
        <vehicle id="V14_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R3-8_1"/>
</edge>
<edge id="R4-5">
    <lane id="R4-5_0">
        <vehicle id="V19_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
    <lane id="R4-5_1"/>
</edge>
<edge id="R4-9">
    <lane id="R4-9_0">
        <vehicle id="V40_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    </lane>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <lane id="R4-9_1"/>
    </edge>
    <edge id="R6-11">
        <lane id="R6-11_0">
            <vehicle id="V4_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R6-11_1"/>
    </edge>
    <edge id="R6-7">
        <lane id="R6-7_0">
            <vehicle id="V25_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R6-7_1"/>
    </edge>
    <edge id="R7-8">
        <lane id="R7-8_0">
            <vehicle id="V12_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R7-8_1"/>
    </edge>
    <edge id="R8-13">
        <lane id="R8-13_0">
            <vehicle id="V17_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R8-13_1"/>
    </edge>
    <edge id="R8-9">
        <lane id="R8-9_0">
            <vehicle id="V33_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R8-9_1"/>
    </edge>
    <edge id="R9-10">
        <lane id="R9-10_0">
            <vehicle id="V13_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R9-10_1"/>
    </edge>
    <edge id="R9-14">
        <lane id="R9-14_0">
            <vehicle id="V11_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        </lane>
        <lane id="R9-14_1"/>
    </edge>
</timestep>
<timestep time="1.00">
    <edge id="R1-2">
        <lane id="R1-2_0">
            <vehicle id="V1_0" pos="9.24" speed="1.64"/>
        </lane>
        <lane id="R1-2_1"/>
    </edge>
    <edge id="R10-15">
        <lane id="R10-15_0">
            <vehicle id="V27_0" pos="9.82" speed="2.22"/>
        </lane>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
    <lane id="R10-15_1"/>
  </edge>
  <edge id="R10-28">
    <lane id="R10-28_0">
      <vehicle id="V37_0" pos="10.16" speed="2.56"/>
    </lane>
    <lane id="R10-28_1"/>
  </edge>
  <edge id="R11-12">
    <lane id="R11-12_0">
      <vehicle id="V45_0" pos="9.90" speed="2.30"/>
    </lane>
    <lane id="R11-12_1"/>
  </edge>
  <edge id="R11-16">
    <lane id="R11-16_0">
      <vehicle id="V34_0" pos="9.52" speed="1.92"/>
    </lane>
    <lane id="R11-16_1"/>
  </edge>
  <edge id="R12-13">
    <lane id="R12-13_0">
      <vehicle id="V26_0" pos="9.70" speed="2.10"/>
    </lane>
    <lane id="R12-13_1"/>
  </edge>
  <edge id="R12-17">
    <lane id="R12-17_0">
      <vehicle id="V44_0" pos="9.09" speed="1.49"/>
    </lane>
    <lane id="R12-17_1"/>
  </edge>
  <edge id="R13-17">
    <lane id="R13-17_0">
      <vehicle id="V41_0" pos="9.17" speed="1.57"/>
    </lane>
    <lane id="R13-17_1"/>
  </edge>
  <edge id="R14-17">
    <lane id="R14-17_0">
      <vehicle id="V32_0" pos="9.02" speed="1.42"/>
    </lane>
    <lane id="R14-17_1"/>
  </edge>
  <edge id="R15-19">
    <lane id="R15-19_0">
      <vehicle id="V24_0" pos="9.41" speed="1.81"/>
    </lane>
    <lane id="R15-19_1"/>
  </edge>
  <edge id="R15-29">
    <lane id="R15-29_0">
      <vehicle id="V49_0" pos="9.82" speed="2.22"/>
    </lane>
    <lane id="R15-29_1"/>
  </edge>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<edge id="R16-17">
  <lane id="R16-17_0">
    <vehicle id="V39_0" pos="9.56" speed="1.96"/>
  </lane>
  <lane id="R16-17_1"/>
</edge>
<edge id="R17-13">
  <lane id="R17-13_0">
    <vehicle id="V10_0" pos="10.14" speed="2.54"/>
  </lane>
  <lane id="R17-13_1"/>
</edge>
<edge id="R17-18">
  <lane id="R17-18_0">
    <vehicle id="V6_0" pos="9.34" speed="1.74"/>
  </lane>
  <lane id="R17-18_1"/>
</edge>
<edge id="R18-19">
  <lane id="R18-19_0">
    <vehicle id="V21_0" pos="9.80" speed="2.20"/>
  </lane>
  <lane id="R18-19_1"/>
</edge>
<edge id="R2-3">
  <lane id="R2-3_0">
    <vehicle id="V20_0" pos="9.10" speed="1.50"/>
  </lane>
  <lane id="R2-3_1"/>
</edge>
<edge id="R2-7">
  <lane id="R2-7_0">
    <vehicle id="V22_0" pos="10.12" speed="2.52"/>
  </lane>
  <lane id="R2-7_1"/>
</edge>
<edge id="R23-17">
  <lane id="R23-17_0">
    <vehicle id="V47_0" pos="9.87" speed="2.27"/>
  </lane>
  <lane id="R23-17_1"/>
</edge>
<edge id="R23-26">
  <lane id="R23-26_0">
    <vehicle id="V46_0" pos="9.49" speed="1.89"/>
  </lane>
  <lane id="R23-26_1"/>
</edge>
<edge id="R24-25">
  <lane id="R24-25_0">
    <vehicle id="V28_0" pos="9.63" speed="2.03"/>
  </lane>
  <lane id="R24-25_1"/>
</edge>
<edge id="R25-31">
  <lane id="R25-31_0">
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <vehicle id="V42_0" pos="9.62" speed="2.02"/>
    </lane>
    <lane id="R25-31_1"/>
</edge>
<edge id="R27-28">
    <lane id="R27-28_0">
        <vehicle id="V23_0" pos="9.36" speed="1.76"/>
    </lane>
    <lane id="R27-28_1"/>
</edge>
<edge id="R3-4">
    <lane id="R3-4_0">
        <vehicle id="V16_0" pos="10.19" speed="2.59"/>
    </lane>
    <lane id="R3-4_1"/>
</edge>
<edge id="R3-8">
    <lane id="R3-8_0">
        <vehicle id="V14_0" pos="9.27" speed="1.67"/>
    </lane>
    <lane id="R3-8_1"/>
</edge>
<edge id="R4-5">
    <lane id="R4-5_0">
        <vehicle id="V19_0" pos="9.52" speed="1.92"/>
    </lane>
    <lane id="R4-5_1"/>
</edge>
<edge id="R4-9">
    <lane id="R4-9_0">
        <vehicle id="V40_0" pos="9.89" speed="2.29"/>
    </lane>
    <lane id="R4-9_1"/>
</edge>
<edge id="R6-11">
    <lane id="R6-11_0">
        <vehicle id="V4_0" pos="9.27" speed="1.67"/>
    </lane>
    <lane id="R6-11_1"/>
</edge>
<edge id="R6-7">
    <lane id="R6-7_0">
        <vehicle id="V25_0" pos="10.15" speed="2.55"/>
    </lane>
    <lane id="R6-7_1"/>
</edge>
<edge id="R7-8">
    <lane id="R7-8_0">
        <vehicle id="V12_0" pos="9.46" speed="1.86"/>
    </lane>
    <lane id="R7-8_1"/>
</edge>
<edge id="R8-13">
    <lane id="R8-13_0">
        <vehicle id="V17_0" pos="9.58" speed="1.98"/>
    </lane>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <lane id="R8-13_1"/>
</edge>
<edge id="R8-9">
    <lane id="R8-9_0">
        <vehicle id="V33_0" pos="10.14" speed="2.54"/>
    </lane>
    <lane id="R8-9_1"/>
</edge>
<edge id="R9-10">
    <lane id="R9-10_0">
        <vehicle id="V13_0" pos="9.31" speed="1.71"/>
    </lane>
    <lane id="R9-10_1"/>
</edge>
<edge id="R9-14">
    <lane id="R9-14_0">
        <vehicle id="V11_0" pos="9.08" speed="1.48"/>
    </lane>
    <lane id="R9-14_1"/>
</edge>
</timestep>
<timestep time="2.00">
    <edge id="R1-2">
        <lane id="R1-2_0">
            <vehicle id="V1_0" pos="12.76" speed="3.51"/>
        </lane>
        <lane id="R1-2_1"/>
    </edge>
    <edge id="R10-15">
        <lane id="R10-15_0">
            <vehicle id="V27_0" pos="14.22" speed="4.40"/>
        </lane>
        <lane id="R10-15_1"/>
    </edge>
    <edge id="R10-28">
        <lane id="R10-28_0">
            <vehicle id="V37_0" pos="15.19" speed="5.03"/>
        </lane>
        <lane id="R10-28_1"/>
    </edge>
    <edge id="R11-12">
        <lane id="R11-12_0">
            <vehicle id="V45_0" pos="14.54" speed="4.63"/>
        </lane>
        <lane id="R11-12_1"/>
    </edge>
    <edge id="R11-16">
        <lane id="R11-16_0">
            <vehicle id="V34_0" pos="13.18" speed="3.67"/>
        </lane>
        <lane id="R11-16_1"/>
    </edge>
    <edge id="R12-13">
        <lane id="R12-13_0">
            <vehicle id="V26_0" pos="14.11" speed="4.40"/>
        </lane>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
    <lane id="R12-13_1"/>
</edge>
<edge id="R12-17">
    <lane id="R12-17_0">
        <vehicle id="V44_0" pos="11.95" speed="2.86"/>
    </lane>
    <lane id="R12-17_1"/>
</edge>
<edge id="R13-17">
    <lane id="R13-17_0">
        <vehicle id="V41_0" pos="13.07" speed="3.90"/>
    </lane>
    <lane id="R13-17_1"/>
</edge>
<edge id="R14-17">
    <lane id="R14-17_0">
        <vehicle id="V32_0" pos="12.28" speed="3.26"/>
    </lane>
    <lane id="R14-17_1"/>
</edge>
<edge id="R15-19">
    <lane id="R15-19_0">
        <vehicle id="V24_0" pos="13.15" speed="3.74"/>
    </lane>
    <lane id="R15-19_1"/>
</edge>
<edge id="R15-29">
    <lane id="R15-29_0">
        <vehicle id="V49_0" pos="14.18" speed="4.36"/>
    </lane>
    <lane id="R15-29_1"/>
</edge>
<edge id="R16-17">
    <lane id="R16-17_0">
        <vehicle id="V39_0" pos="12.88" speed="3.32"/>
    </lane>
    <lane id="R16-17_1"/>
</edge>
<edge id="R17-13">
    <lane id="R17-13_0">
        <vehicle id="V10_0" pos="14.06" speed="3.92"/>
    </lane>
    <lane id="R17-13_1"/>
</edge>
<edge id="R17-18">
    <lane id="R17-18_0">
        <vehicle id="V6_0" pos="12.78" speed="3.44"/>
    </lane>
    <lane id="R17-18_1"/>
</edge>
<edge id="R18-19">
    <lane id="R18-19_0">
        <vehicle id="V21_0" pos="13.79" speed="3.99"/>
    </lane>
    <lane id="R18-19_1"/>
</edge>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<edge id="R2-3">
  <lane id="R2-3_0">
    <vehicle id="V20_0" pos="12.28" speed="3.17"/>
  </lane>
  <lane id="R2-3_1"/>
</edge>
<edge id="R2-7">
  <lane id="R2-7_0">
    <vehicle id="V22_0" pos="14.35" speed="4.22"/>
  </lane>
  <lane id="R2-7_1"/>
</edge>
<edge id="R23-17">
  <lane id="R23-17_0">
    <vehicle id="V47_0" pos="14.55" speed="4.68"/>
  </lane>
  <lane id="R23-17_1"/>
</edge>
<edge id="R23-26">
  <lane id="R23-26_0">
    <vehicle id="V46_0" pos="12.92" speed="3.43"/>
  </lane>
  <lane id="R23-26_1"/>
</edge>
<edge id="R24-25">
  <lane id="R24-25_0">
    <vehicle id="V28_0" pos="13.90" speed="4.27"/>
  </lane>
  <lane id="R24-25_1"/>
</edge>
<edge id="R25-31">
  <lane id="R25-31_0">
    <vehicle id="V42_0" pos="13.46" speed="3.85"/>
  </lane>
  <lane id="R25-31_1"/>
</edge>
<edge id="R27-28">
  <lane id="R27-28_0">
    <vehicle id="V23_0" pos="13.44" speed="4.09"/>
  </lane>
  <lane id="R27-28_1"/>
</edge>
<edge id="R3-4">
  <lane id="R3-4_0">
    <vehicle id="V16_0" pos="15.02" speed="4.83"/>
  </lane>
  <lane id="R3-4_1"/>
</edge>
<edge id="R3-8">
  <lane id="R3-8_0">
    <vehicle id="V14_0" pos="13.15" speed="3.88"/>
  </lane>
  <lane id="R3-8_1"/>
</edge>
<edge id="R4-5">
  <lane id="R4-5_0">
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <vehicle id="V19_0" pos="12.79" speed="3.27"/>
    </lane>
    <lane id="R4-5_1"/>
</edge>
<edge id="R4-9">
    <lane id="R4-9_0">
        <vehicle id="V40_0" pos="14.20" speed="4.31"/>
    </lane>
    <lane id="R4-9_1"/>
</edge>
<edge id="R6-11">
    <lane id="R6-11_0">
        <vehicle id="V4_0" pos="13.32" speed="4.05"/>
    </lane>
    <lane id="R6-11_1"/>
</edge>
<edge id="R6-7">
    <lane id="R6-7_0">
        <vehicle id="V25_0" pos="15.04" speed="4.89"/>
    </lane>
    <lane id="R6-7_1"/>
</edge>
<edge id="R7-8">
    <lane id="R7-8_0">
        <vehicle id="V12_0" pos="13.45" speed="3.99"/>
    </lane>
    <lane id="R7-8_1"/>
</edge>
<edge id="R8-13">
    <lane id="R8-13_0">
        <vehicle id="V17_0" pos="13.26" speed="3.68"/>
    </lane>
    <lane id="R8-13_1"/>
</edge>
<edge id="R8-9">
    <lane id="R8-9_0">
        <vehicle id="V33_0" pos="15.16" speed="5.01"/>
    </lane>
    <lane id="R8-9_1"/>
</edge>
<edge id="R9-10">
    <lane id="R9-10_0">
        <vehicle id="V13_0" pos="12.38" speed="3.08"/>
    </lane>
    <lane id="R9-10_1"/>
</edge>
<edge id="R9-14">
    <lane id="R9-14_0">
        <vehicle id="V11_0" pos="12.92" speed="3.83"/>
    </lane>
    <lane id="R9-14_1"/>
</edge>
</timestep>
<timestep time="3.00">
    <edge id="R1-2">
        <lane id="R1-2_0">
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <vehicle id="V2_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V1_0" pos="18.15" speed="5.40"/>
    </lane>
    <lane id="R1-2_1"/>
</edge>
<edge id="R10-15">
    <lane id="R10-15_0">
        <vehicle id="V27_0" pos="19.98" speed="5.75"/>
    </lane>
    <lane id="R10-15_1"/>
</edge>
<edge id="R10-28">
    <lane id="R10-28_0">
        <vehicle id="V37_0" pos="21.91" speed="6.72"/>
    </lane>
    <lane id="R10-28_1"/>
</edge>
<edge id="R11-12">
    <lane id="R11-12_0">
        <vehicle id="V45_0" pos="20.58" speed="6.04"/>
    </lane>
    <lane id="R11-12_1"/>
</edge>
<edge id="R11-16">
    <lane id="R11-16_0">
        <vehicle id="V34_0" pos="19.19" speed="6.01"/>
    </lane>
    <lane id="R11-16_1"/>
</edge>
<edge id="R12-13">
    <lane id="R12-13_0">
        <vehicle id="V26_0" pos="20.59" speed="6.48"/>
    </lane>
    <lane id="R12-13_1"/>
</edge>
<edge id="R12-17">
    <lane id="R12-17_0">
        <vehicle id="V44_0" pos="17.28" speed="5.33"/>
    </lane>
    <lane id="R12-17_1"/>
</edge>
<edge id="R13-17">
    <lane id="R13-17_0">
        <vehicle id="V41_0" pos="18.28" speed="5.20"/>
    </lane>
    <lane id="R13-17_1"/>
</edge>
<edge id="R14-17">
    <lane id="R14-17_0">
        <vehicle id="V32_0" pos="17.59" speed="5.30"/>
    </lane>
    <lane id="R14-17_1"/>
</edge>
<edge id="R15-19">
    <lane id="R15-19_0">
        <vehicle id="V24_0" pos="18.85" speed="5.71"/>
    </lane>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        </lane>
        <lane id="R15-19_1"/>
</edge>
<edge id="R15-29">
    <lane id="R15-29_0">
        <vehicle id="V49_0" pos="20.29" speed="6.11"/>
    </lane>
    <lane id="R15-29_1"/>
</edge>
<edge id="R16-17">
    <lane id="R16-17_0">
        <vehicle id="V43_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V39_0" pos="17.68" speed="4.81"/>
    </lane>
    <lane id="R16-17_1"/>
</edge>
<edge id="R17-13">
    <lane id="R17-13_0">
        <vehicle id="V10_0" pos="19.83" speed="5.77"/>
    </lane>
    <lane id="R17-13_1"/>
</edge>
<edge id="R17-18">
    <lane id="R17-18_0">
        <vehicle id="V7_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V6_0" pos="18.22" speed="5.44"/>
    </lane>
    <lane id="R17-18_1"/>
</edge>
<edge id="R18-19">
    <lane id="R18-19_0">
        <vehicle id="V36_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V21_0" pos="19.51" speed="5.72"/>
    </lane>
    <lane id="R18-19_1"/>
</edge>
<edge id="R2-3">
    <lane id="R2-3_0">
        <vehicle id="V20_0" pos="17.42" speed="5.15"/>
    </lane>
    <lane id="R2-3_1"/>
</edge>
<edge id="R2-7">
    <lane id="R2-7_0">
        <vehicle id="V22_0" pos="20.22" speed="5.87"/>
    </lane>
    <lane id="R2-7_1"/>
</edge>
<edge id="R23-17">
    <lane id="R23-17_0">
        <vehicle id="V47_0" pos="21.40" speed="6.86"/>
    </lane>
    <lane id="R23-17_1"/>
</edge>
<edge id="R23-26">
    <lane id="R23-26_0">
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
        <vehicle id="V46_0" pos="18.48" speed="5.56"/>
    </lane>
    <lane id="R23-26_1"/>
</edge>
<edge id="R24-25">
    <lane id="R24-25_0">
        <vehicle id="V28_0" pos="20.19" speed="6.29"/>
    </lane>
    <lane id="R24-25_1"/>
</edge>
<edge id="R25-31">
    <lane id="R25-31_0">
        <vehicle id="V42_0" pos="18.91" speed="5.45"/>
    </lane>
    <lane id="R25-31_1"/>
</edge>
<edge id="R27-28">
    <lane id="R27-28_0">
        <vehicle id="V35_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V23_0" pos="19.89" speed="6.44"/>
    </lane>
    <lane id="R27-28_1"/>
</edge>
<edge id="R3-4">
    <lane id="R3-4_0">
        <vehicle id="V16_0" pos="22.21" speed="7.19"/>
    </lane>
    <lane id="R3-4_1"/>
</edge>
<edge id="R3-8">
    <lane id="R3-8_0">
        <vehicle id="V15_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V14_0" pos="19.27" speed="6.12"/>
    </lane>
    <lane id="R3-8_1"/>
</edge>
<edge id="R4-5">
    <lane id="R4-5_0">
        <vehicle id="V38_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V19_0" pos="18.29" speed="5.50"/>
    </lane>
    <lane id="R4-5_1"/>
</edge>
<edge id="R4-9">
    <lane id="R4-9_0">
        <vehicle id="V40_0" pos="20.28" speed="6.08"/>
    </lane>
    <lane id="R4-9_1"/>
</edge>
<edge id="R6-11">
    <lane id="R6-11_0">
        <vehicle id="V5_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
        <vehicle id="V4_0" pos="19.73" speed="6.40"/>
    </lane>
    <lane id="R6-11_1"/>
</edge>
```

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

```
<edge id="R6-7">
  <lane id="R6-7_0">
    <vehicle id="V29_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    <vehicle id="V25_0" pos="21.96" speed="6.92"/>
  </lane>
  <lane id="R6-7_1"/>
</edge>
<edge id="R7-8">
  <lane id="R7-8_0">
    <vehicle id="V12_0" pos="19.52" speed="6.07"/>
  </lane>
  <lane id="R7-8_1"/>
</edge>
<edge id="R8-13">
  <lane id="R8-13_0">
    <vehicle id="V17_0" pos="18.23" speed="4.96"/>
  </lane>
  <lane id="R8-13_1"/>
</edge>
<edge id="R8-9">
  <lane id="R8-9_0">
    <vehicle id="V33_0" pos="22.37" speed="7.22"/>
  </lane>
  <lane id="R8-9_1"/>
</edge>
<edge id="R9-10">
  <lane id="R9-10_0">
    <vehicle id="V31_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    <vehicle id="V13_0" pos="17.87" speed="5.48"/>
  </lane>
  <lane id="R9-10_1"/>
</edge>
<edge id="R9-14">
  <lane id="R9-14_0">
    <vehicle id="V30_0" pos="7.60" speed="0.00"/>
    <vehicle id="V11_0" pos="18.11" speed="5.19"/>
  </lane>
  <lane id="R9-14_1"/>
</edge>
</timestep>
<timestep time="4.00">
  <edge id="R1-2">
    <lane id="R1-2_0">
      <vehicle id="V2_0" pos="9.02" speed="1.42"/>
      <vehicle id="V1_0" pos="25.32" speed="7.16"/>
    </lane>
    <lane id="R1-2_1"/>
  </edge>
  <edge id="R10-15">
    <lane id="R10-15_0">
      <vehicle id="V27_0" pos="27.17" speed="7.20"/>
    </lane>
    <lane id="R10-15_1"/>
  </edge>
  <edge id="R10-28">
```

Explication des résultats de ce fichier:

La simulation commence à partir du temp 0 (représenté comme « timestep time="0.00" » dans notre fichier).

« edge » représente la route (par exemple « edge id="R1-2" » dans notre fichier représente la route R1-2).

« lane » représente les voies qui compose une route (par exemple « lane id="R1-2_0" » représente la première voie de la route R1-2 et « lane id="R1-2_1" » représente la deuxième voie de cette route »).

« vehicle id="V1_0" » représente le véhicule V1 et « pos="7.60" speed="0.00"/ » représente la position et la vitesse de ce véhicule (ici speed= 0 car le véhicule n'est pas en mouvement »).

Donc à l'instant T=0, le véhicule V1 se trouve dans la route R1-2, pos=7,60 et sa vitesse est 0. Et si on vérifie ce résultat on constate qu'il est correct puisque nous avons lancé le véhicule V1 à partir de la route R1-2 (c'est son point de départ).

A l'instant T=0 dans la route R10-15, on trouve le véhicule V27 a la position pos= 7.60 et la vitesse speed=0.

C'est le même principe pour le reste du fichier.

III.4.2.3 Extraction de données à partir du fichier trace :

On remarque que le fichier trace obtenu est trop volumineux et contient beaucoup de données dont nous n'avons pas besoin, et aussi c'est un fichier xml donc ce n'est pas facile de le manipuler.

Afin de récupérer les données dont nous avons besoin (temps, l'identifiant de véhicule, la route ou se trouve le véhicule, la voie ou se trouve ce véhicule, sa position exacte et la vitesse) à partir de ce fichier xml nous avons écrit un programme en java en utilisant l'environnement « eclips ».

Nous avons créé quatre classes : **classe véhicule**, **classe Lane**, **la classe Edge**, **classe Timestep** et la classe principale **test**.

- La classe « **véhicule** » permet de créer un véhicule
- classe « **Lane** » permet de créer un ou plusieurs lane (voies) et d'ajouté un ou plusieurs véhicules
- la casse « **Edge** » permet de créer un ou plusieurs edge (routes) et d'ajouté un ou plusieurs lane
- la classe « **Timestep** » permet de créer les instant « t » et d'ajouté une ou plusieurs Edge (routes).
- La classe principal « **test** » permet de récupérer notre fichier trace « trace50vv.sumo.tr » et de trier juste les données dont nous avons besoin (le temps, identifiant du véhicule, la route où se trouve le véhicule, la voies exacte où se trouve le véhicule, la position et la vitesse de ce véhicule) ensuite les enregistrer dans un fichier texte.

Nous allons donner le code de ces cinq classes:

1. La classe véhicule :

```
public class vehicule {  
  
    public String id;  
    public double pos;  
    public double speed;  
  
    public vehicule(String ID,double POS,double SPEED){  
        id = ID;  
        pos = POS;  
        speed = SPEED;  
    }  
}
```

2. La classe Lane :

```
import java.util.ArrayList;  
import java.util.List;  
public class Lane {  
  
    public String id;  
  
    public List<vehicule> vehicles = new ArrayList<vehicule>();  
  
    public Lane(String ID){  
        id = ID;  
    }  
  
    public void addVehicle(String ID,double POS,double SPEED){  
        vehicles.add(new vehicule(ID,POS,SPEED));  
    }  
}
```

3. La classe « Edge » :

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
public class Edge {
    String id;
    public List<Lane> lanes = new ArrayList<Lane>();
    public Edge(String ID){
        id =ID;
    }
    public void addLane(String ID){
        lanes.add (new Lane(ID)); }
}
```

4. La classe Timestep :

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
public class Timestep {
    double time;
    public List<Edge> edges = new ArrayList<Edge>();
    public Timestep (double Time){
        time = Time;
    }
    public void addEdge(String ID){
        edges.add(new Edge(ID));
    }
}
```

5. La classe principale test :

```
import java.io.*;

import java.util.ArrayList;

import java.util.List;

public class test{

    public static void main(String args[]) throws IOException{

        List<Timestep> timesteps = new ArrayList<Timestep>();

        String monFichier;

        monFichier = "C:/Users/kahina/Desktop/trace50vv.sumo.tr";

        BufferedReader entree = new BufferedReader(new FileReader(monFichier));

        while(true){
            String lineLue = entree.readLine();
            if(lineLue == null)
                break;

            if(lineLue.indexOf("<timestep") != -1){
                String[] tab = lineLue.split("\\");
                double time = Double.parseDouble(tab[1]);

                timesteps.get(timesteps.size()-1).addEdge(idEdge);
            } else if(lineLue.indexOf("<lane") != -1){
                String[] tab = lineLue.split("\\");
                String idLane = tab[1];

                timesteps.get(timesteps.size()-1).edges.get(timesteps.get(timesteps.size()-1).edges.size()-1).addLane(idLane);

            } else if(lineLue.indexOf("<vehicle") != -1){
                String[] tab = lineLue.split("\\");
                String ID = tab[1];
                double POS = Double.parseDouble(tab[3]);
                double SPEED = Double.parseDouble(tab[5]);

                timesteps.get(timesteps.size()-1).edges.get(timesteps.get(timesteps.size()-1).edges.size()-1).lanes.get(timesteps.get(timesteps.size()-1).edges.get(timesteps.get(timesteps.size()-1).edges.size()-1).lanes.size()-1).addVehicle(ID, POS, SPEED);

            }

        }

    }

}
```

```

String nomfich ;
nomfich= "C:/Users/kahina/Desktop/trace.txt";
PrintWriter sortie = new PrintWriter (new FileWriter (nomfich)) ;

sortie.println("    Time |    idV    |    edge    |    lane    |    pos    |
    speed  |");

for(int i = 0;i<timesteps.size();i++){
for(int j = 0;j<timesteps.get(i).edges.size();j++){
for(int k = 0;k<timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.size();k++){
for(int m =0 ; m<timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).vehicules.size() ; m++){
System.out.println("|"+timesteps.get(i).time+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).vehic
les.get(m).id+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).id+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).i
d+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).vehicules.get(m).pos+"|"+timesteps.get(i).edges.
get(j).lanes.get(k).vehicules.get(m).speed+"|");

Sortie.out.println("|"+timesteps.get(i).time+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).vehicl
es.get(m).id+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).id+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).i
d+"|"+timesteps.get(i).edges.get(j).lanes.get(k).vehicules.get(m).pos+"|"+timesteps.get(i).edges.
get(j).lanes.get(k).vehicules.get(m).speed+"|");

        }
    }
}

    } sortie.close () ;
}
}

```

Après avoir exécuté cette classe on obtient un fichier texte nommé trace.txt ; ce fichier est très volumineux (plus de 150 pages) pour cela nous allons juste donner une petite partie afin de voir les résultats obtenue :

Time	idV	edge	lane	pos	speed
0.0	V1_0	R1-2	R1-2_0	7.6	0.0
0.0	V27_0	R10-15	R10-15_0	7.6	0.0
0.0	V37_0	R10-28	R10-28_0	7.6	0.0
0.0	V45_0	R11-12	R11-12_0	7.6	0.0
0.0	V34_0	R11-16	R11-16_0	7.6	0.0

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

0.0	V26_0	R12-13	R12-13_0	7.6	0.0	
0.0	V44_0	R12-17	R12-17_0	7.6	0.0	
0.0	V41_0	R13-17	R13-17_0	7.6	0.0	
0.0	V32_0	R14-17	R14-17_0	7.6	0.0	
0.0	V24_0	R15-19	R15-19_0	7.6	0.0	
0.0	V39_0	R16-17	R16-17_0	7.6	0.0	
0.0	V10_0	R17-13	R17-13_0	7.6	0.0	
0.0	V6_0	R17-18	R17-18_0	7.6	0.0	
0.0	V21_0	R18-19	R18-19_0	7.6	0.0	
0.0	V20_0	R2-3	R2-3_0	7.6	0.0	
0.0	V22_0	R2-7	R2-7_0	7.6	0.0	
0.0	V47_0	R23-17	R23-17_0	7.6	0.0	
0.0	V46_0	R23-26	R23-26_0	7.6	0.0	
0.0	V28_0	R24-25	R24-25_0	7.6	0.0	
0.0	V42_0	R25-31	R25-31_0	7.6	0.0	
0.0	V23_0	R27-28	R27-28_0	7.6	0.0	
0.0	V16_0	R3-4	R3-4_0	7.6	0.0	
0.0	V14_0	R3-8	R3-8_0	7.6	0.0	
0.0	V19_0	R4-5	R4-5_0	7.6	0.0	
0.0	V40_0	R4-9	R4-9_0	7.6	0.0	
0.0	V4_0	R6-11	R6-11_0	7.6	0.0	
0.0	V25_0	R6-7	R6-7_0	7.6	0.0	
0.0	V12_0	R7-8	R7-8_0	7.6	0.0	
0.0	V17_0	R8-13	R8-13_0	7.6	0.0	
0.0	V33_0	R8-9	R8-9_0	7.6	0.0	
0.0	V13_0	R9-10	R9-10_0	7.6	0.0	
0.0	V11_0	R9-14	R9-14_0	7.6	0.0	

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

1.0	V1_0	R1-2	R1-2_0	9.82	2.22	
1.0	V27_0	R10-15	R10-15_0	10.16	2.56	
1.0	V37_0	R10-28	R10-28_0	9.9	2.3	
1.0	V45_0	R11-12	R11-12_0	9.52	1.92	
1.0	V34_0	R11-16	R11-16_0	9.7	2.1	
1.0	V26_0	R12-13	R12-13_0	9.09	1.49	
1.0	V44_0	R12-17	R12-17_0	9.17	1.57	
1.0	V41_0	R13-17	R13-17_0	9.02	1.42	
1.0	V32_0	R14-17	R14-17_0	9.41	1.81	
1.0	V24_0	R15-19	R15-19_0	9.82	2.22	
1.0	V39_0	R16-17	R16-17_0	9.56	1.96	
1.0	V10_0	R17-13	R17-13_0	10.14	2.54	
1.0	V6_0	R17-18	R17-18_0	9.34	1.74	
1.0	V21_0	R18-19	R18-19_0	9.8	2.2	
1.0	V20_0	R2-3	R2-3_0	9.1	1.5	
1.0	V22_0	R2-7	R2-7_0	10.12	2.52	
1.0	V47_0	R23-17	R23-17_0	9.87	2.27	
1.0	V46_0	R23-26	R23-26_0	9.49	1.89	
1.0	V28_0	R24-25	R24-25_0	9.63	2.03	
1.0	V42_0	R25-31	R25-31_0	9.62	2.02	
1.0	V23_0	R27-28	R27-28_0	9.36	1.76	
1.0	V16_0	R3-4	R3-4_0	10.19	2.59	
1.0	V14_0	R3-8	R3-8_0	9.27	1.67	
1.0	V19_0	R4-5	R4-5_0	9.52	1.92	
1.0	V40_0	R4-9	R4-9_0	9.89	2.29	
1.0	V4_0	R6-11	R6-11_0	9.27	1.67	
1.0	V25_0	R6-7	R6-7_0	10.15	2.55	

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

1.0	V12_0	R7-8	R7-8_0	9.46	1.86	
1.0	V17_0	R8-13	R8-13_0	9.58	1.98	
1.0	V33_0	R8-9	R8-9_0	10.14	2.54	
1.0	V13_0	R9-10	R9-10_0	9.31	1.71	
1.0	V11_0	R9-14	R9-14_0	9.08	1.48	
2.0	V1_0	R1-2	R1-2_0	14.53	4.71	
2.0	V27_0	R10-15	R10-15_0	15.04	4.88	
2.0	V37_0	R10-28	R10-28_0	13.95	4.04	
2.0	V45_0	R11-12	R11-12_0	13.74	4.22	
2.0	V34_0	R11-16	R11-16_0	13.17	3.47	
2.0	V26_0	R12-13	R12-13_0	12.92	3.83	
2.0	V44_0	R12-17	R12-17_0	12.57	3.4	
2.0	V41_0	R13-17	R13-17_0	12.39	3.37	
2.0	V32_0	R14-17	R14-17_0	13.37	3.96	
2.0	V24_0	R15-19	R15-19_0	13.39	3.57	
2.0	V39_0	R16-17	R16-17_0	12.91	3.35	
2.0	V10_0	R17-13	R17-13_0	14.36	4.21	
2.0	V6_0	R17-18	R17-18_0	12.9	3.55	
2.0	V21_0	R18-19	R18-19_0	13.64	3.85	
2.0	V20_0	R2-3	R2-3_0	12.33	3.23	
2.0	V22_0	R2-7	R2-7_0	15.05	4.92	
2.0	V47_0	R23-17	R23-17_0	13.67	3.8	
2.0	V46_0	R23-26	R23-26_0	13.62	4.13	
2.0	V28_0	R24-25	R24-25_0	13.5	3.86	
2.0	V42_0	R25-31	R25-31_0	13.95	4.34	
2.0	V23_0	R27-28	R27-28_0	13.38	4.02	
2.0	V16_0	R3-4	R3-4_0	14.97	4.78	

Chapitre III : La simulation et analyse des résultats

2.0	V14_0	R3-8	R3-8_0	12.29	3.03	
2.0	V19_0	R4-5	R4-5_0	13.46	3.95	
2.0	V40_0	R4-9	R4-9_0	14.54	4.65	
2.0	V4_0	R6-11	R6-11_0	13.32	4.05	
2.0	V25_0	R6-7	R6-7_0	14.8	4.65	
2.0	V12_0	R7-8	R7-8_0	13.02	3.56	
2.0	V17_0	R8-13	R8-13_0	14.06	4.47	
2.0	V33_0	R8-9	R8-9_0	14.04	3.89	
2.0	V13_0	R9-10	R9-10_0	13.36	4.05	
2.0	V11_0	R9-14	R9-14_0	12.18	3.09	
3.0	V2_0	R1-2	R1-2_0	7.6	0.0	
3.0	V1_0	R1-2	R1-2_0	20.64	6.11	
3.0	V27_0	R10-15	R10-15_0	22.22	7.18	
3.0	V37_0	R10-28	R10-28_0	20.08	6.13	
3.0	V45_0	R11-12	R11-12_0	20.38	6.64	
3.0	V34_0	R11-16	R11-16_0	17.94	4.78	
3.0	V26_0	R12-13	R12-13_0	18.77	5.85	
3.0	V44_0	R12-17	R12-17_0	17.95	5.38	
3.0	V41_0	R13-17	R13-17_0	17.54	5.15	
3.0	V32_0	R14-17	R14-17_0	18.81	5.44	
3.0	V24_0	R15-19	R15-19_0	18.81	5.43	
3.0	V43_0	R16-17	R16-17_0	7.6	0.0	
3.0	V39_0	R16-17	R16-17_0	18.26	5.36	
3.0	V10_0	R17-13	R17-13_0	20.29	5.93	
3.0	V7_0	R17-18	R17-18_0	7.6	0.0	
3.0	V6_0	R17-18	R17-18_0	18.41	5.52	
3.0	V36_0	R18-19	R18-19_0	7.6	0.0	

|3.0 |V21_0 |R18-19 |R18-19_0 |19.15 |5.5 |

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné une brève présentation du simulateur SUMO MOVE ainsi que le langage de programmation utilisé « java », par la suite nous avons donné en détail les étapes que nous avons suivie afin de réaliser notre simulation.

Conclusion générale

Conclusion générale

La réalisation de ce modeste travail nous a permis de découvrir un domaine dont on ignorait l'existence qui est le domaine des réseaux ad hoc véhiculaire, ce dernier est un nouveau type de réseaux issu des réseaux ad hoc mobiles (MANET). Leur particularité provient des communications qui peuvent s'échanger entre véhicules ou bien avec une infrastructure de bord de la route. La mobilité est également largement plus contrainte que dans les réseaux ad hoc traditionnels.

La réalisation de ce travail nous a permis aussi de connaître et de maîtriser un outil conçu spécialement pour la simulation dans ces réseaux qui est l'outil « SUMO MOVE » ; ce dernier nous a pris beaucoup de temps à le maîtriser et cela est dû au manque de la documentation qui explique le fonctionnement de ce dernier ; mais on a fini par mieux comprendre son fonctionnement. Nous avons aussi beaucoup appris sur le système d'exploitation linux ainsi que les commandes de base utilisées dans ce dernier puisque nous avons installé sumo move sur ce système.

Après avoir effectué notre simulation qui consiste en la création d'une carte routière et d'un ensemble de véhicules circulant sur cette carte, par la suite récupérer la trace de ces véhicules ainsi que d'extraire les données utiles, nous avons bien analysé et compris les résultats obtenus.

Nous avons aussi beaucoup appris sur les techniques de localisation en général comme nous avons beaucoup appris sur les techniques utilisées spécialement pour la localisation dans les réseaux ad hoc véhiculaires.

Nous estimons que l'objectif initialement fixé est atteint, néanmoins ce travail reste ouvert pour être continué par d'autres étudiants.

Les références bibliographiques

[AHI 11] Ahizoune Ahmed, « Un protocole de diffusion des messages dans les réseaux véhiculaires », Maîtrise ès sciences (M. Sc.), Université de Montréal Département d'informatique et de recherche opérationnelle Faculté des arts et des sciences, 2011.

[AHR 10] Iness AHRIZ ROULA, « Application des techniques d'apprentissage à la géolocalisation par radio fingerprint », thèse doctorat, Université Pierre & Marie Curie - Paris 6, 1er Décembre 2010.

[Azz 08] Azzedine Boukerche , Horacio A.B.F. Oliveira, Eduardo F. Nakamura , Antonio A.F. Loureiro , « Vehicular Ad Hoc Networks: A New Challenge for Localization-Based Systems », PARADISE Research Laboratory, SITE – University of Ottawa Canada Department of Computer Science – Federal University of Minas Gerais, Brazil Department of Computer Science – Federal University of Amazonas, Brazil FUCAPI – Analysis, Research and Technological Innovation Center, Brazil.

[BOU 08] Boulkamh Chouaib, « Prise en Compte de la QoS par les Protocoles de Routage dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc », mémoire de magistère, Université El Hadj Lakhdar de Batna Faculté des Sciences de L'ingénieur Département D'informatique, 2008.

[CHE 08] Chependa Christian, « Authentification dans les Réseaux Véhiculaires Opérés », thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de paris, 2008.

[CHI] Chaib Noureddine, « La sécurité des communications dans les réseaux VANET », mémoire de magistère en Informatique, UNIVERSITE ELHADJ LAKHDER – BATNA.

[CHS 08] Chettibi Saloua, « Protocole de routage avec prise en compte de la consommation d'énergie pour les réseaux mobiles ad-hoc », Magistère en Informatique, Université Mentouri Constantine Faculté des Sciences de l'Ingénieur Département d'Informatique, 2009.

[DES 06] Patrick Dessalle, « Conception et réalisation d'une plateforme de déploiement de services géolocalisés », Université Libre de Bruxelles Faculté des Sciences Appliquées Service Informatique et Réseaux, 2006.

[ELB 03] El Badaoui El Najjar Maan, « Localisation dynamique d'un véhicule sur une carte routière numérique pour l'assistance à la conduite », thèse doctorat, Laboratoire HeuDiasyc UMR UTC/CNRS 6599, 09 décembre 2003.

[Eun 09] Eun-Kyu Lee, Sungwon Yang, Soon Y. Oh, and Mario Gerla, «RF-GPS: RFID Assisted Localization in VANETs», Department of Computer Science University of California, Los Angeles.

[EVE 07] Frédéric Evennou, «Techniques et technologies de localisation avancées pour terminaux mobiles dans les environnements indoor», thèse doctorat, Université Joseph Fourier - Grenoble I Sciences. Technologie. Sante, 22 Janvier 2007.

[FAL 13] FALL, Bouna, « Évaluation des performances d'un système de localisation de véhicules de transports guidés fondé sur l'association d'une technique radio ULB et d'une technique de retournement temporel », thèse de doctorat, l'Université de Valenciennes Et Du Hainaut-Cambresis, 14 novembre 2013.

[JEA 03] Jean-Luc Cosandier, « principes généraux de la localisation par satellite », avril 2003.

[JON 11] Jonathan Petit, « Surcoût de l'authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fil véhiculaires », thèse de doctorat, UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 2011.

[HAM 08] Hamid Menouar, « Prédiction de Mouvement pour le Routage et le Contrôle d'Accès au Canal dans des Réseaux Sans-Fil Véhiculaires », thèse de doctorat, L'Ecole Nationale Supérieur des Télécommunications de Paris, 2008.

[KUB 07] Damien Kubrak, « Étude de l'hybridation d'un récepteur GPS avec des capteurs bas coûts pour la navigation personnelle en milieu urbain », thèse doctorat, école doctorale d'informatique, Télécommunications et électronique de Paris, 24 mai 2007.

[LIO 09] Lionel Barrère, « Étude et proposition de services dans les réseaux mobiles militaires de type MANet », thèse doctorat, l'université bordeaux I, 9 juillet 2009.

[LOU 10] Rami LOUKIL, « conception et mise en œuvre de module de contrôle de puissance et de génération de bruit pour conditionner les signaux RF d'un simulateur de constellation GPS et Galileo », École De Technologie Supérieure Université Du Québec, 4 mai 2010.

[MER 11] Meraihi Yassine. « routage dans les reseaux vehiculaires (vanet) cas d'un environnement type ville », magister en genie électrique, universite m'hamed bougara – boumerdes, 2011.

[MUT 13] Mitul K. Patel, « Study Of Localization Techniques In Vehicular Ad-Hoc Networks», Computer Engineering Department, S.S.A.S Institute of Technology, Surat, India, 2013.

[NAS 10] Nasreddine. Lagraa, Mohamed. Bachir. Yagoubi and Sarah. Benkouider1, « Localization technique in VANets using Clustering (LVC) », Laboratory of Computer sciences and Mathematics Computer science department University of Laghouat, Laghouat, Algeria, 2010.

[Sun 12] Sunita S.Shinde, Dr. Ravi M. Yadahalli, Arifa. S. Tamboli, « Vehicular Ad-Hoc Network Localization Techniques: A Review », Dept. of E & TC, Annasaheb Dange College of Engineering & Technology, Ashta, India Dept. of E & CE, PES Institute of Technology & Management, Shivamogga, India Dept. of IT, Annasaheb Dange College of Engineering & Technology, Ashta, India. 2012.

[YAH 11] Yahiatene Youceh, « Distribution de clés dans un réseau dynamique », Mémoire de magister, Université M'Hamed Bougara de Boumerdes.2011

Annexe 1 : Installation et configuration de sumo MOVE

Pour utiliser sumo move on aura besoin d'installer l'outil sumo (simulation of urban mobility) ainsi d'exécuté l'outil move.jar.

Dans cette annexe nous allons donner les étapes que nous avons suivis afin d'installer cet outil sous **ubuntu 12.04.LTS version 32 bits**.

1. Installation de sumo :

Pour installer sumo il suffit de suivre les étapes suivantes :

- Télécharger **sumo-src-0.12.3.tar.gz**
- Décompresser le fichier dans **usr/local**
- Pour installer sumo il faut installer d'abord ces dépendances et cela en utilisant cette commande (ou bien en utilisant le gestionnaire de tache synaptique) :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC: ~  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ sudo apt-get install g++ g++-4.4 gfortran libgdal-dev libproj-dev libxerces-c2-dev libfox-1.6-dev  
[sudo] password for kinou: █
```

Il suffit d'écrire votre mot de passe et aussi de se connecter à internet et l'installation commence.

- Accéder au fichier **sumo-0.12.3** se trouvant dans **usr /local** :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC: /  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ cd ..  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:/home$ cd ..  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:/~$ cd usr/local/sumo-0.12.3/
```

- Puis exécuter la commande suivante :

```
root@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:/usr/local/sumo-0.12.3# export CC=gcc-4.4 CXX=g++-4.4 && ./configure
```

- Ensuite on exécute la commande make :

```
root@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:/usr/local/sumo-0.12.3# make █
```

- On lance l'installation de sumo-0.12.3 en tapant la commande suivante

```
root@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:/usr/local/sumo-0.12.3# sudo make install
```

Une fois l'installation terminée on peut s'assurer que sumo est correctement installé et cela en tapant ces commandes :

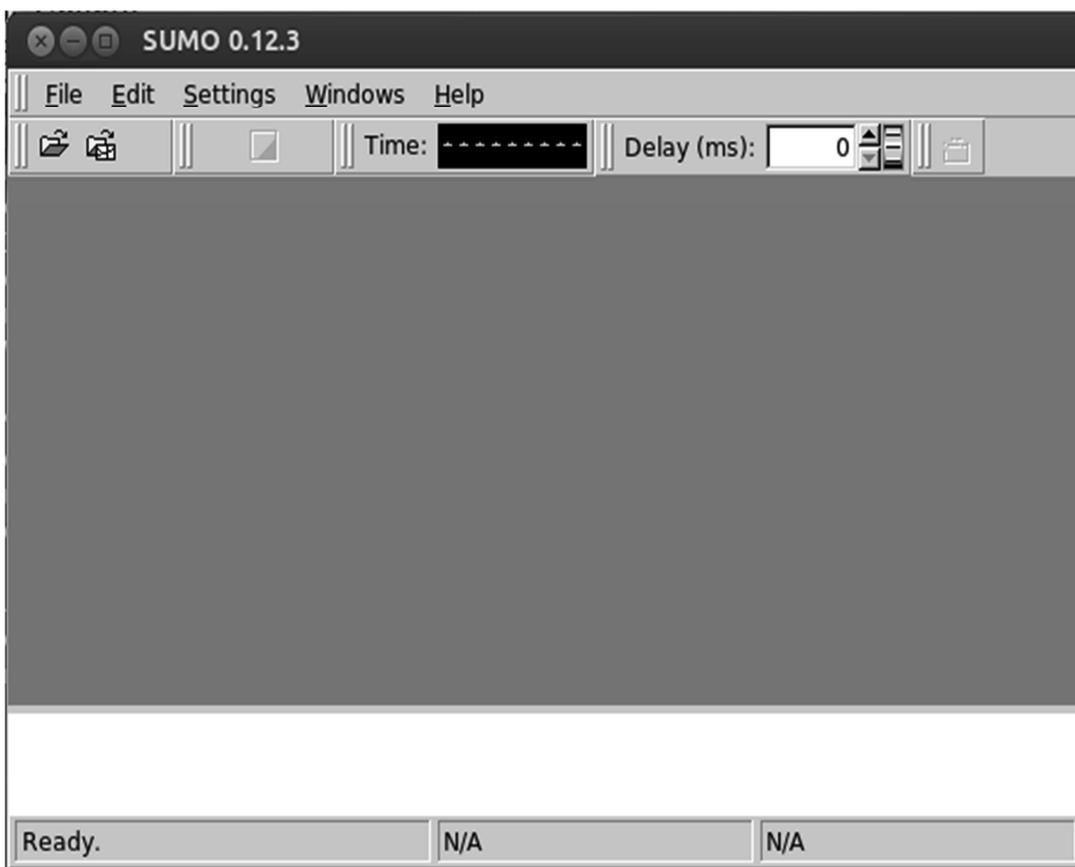
```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ sumo
SUMO sumo Version 0.12.3
Copyright (C) 2001-2011 DLR and contributors; http://sumo.sourceforge.net
License GPLv3+: GNU GPL Version 3 or later <http://gnu.org/licenses/gpl.html>
Use --help to get the list of options.
```

Cette commande nous permet de voir si sumo est installé sur notre machine et aussi elle nous permet de savoir quelle version est installée.

Pour avoir l'interface du simulateur « sumo » il suffit d'exécuter la commande suivante :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ sumo-gui
```

Après avoir exécuté cette commande la fenêtre de « sumo-gui » va apparaître :



2. Installation de MOVE :

L'outil MOVE est un outil programmé en java, ce dernier nécessite l'installation de java sur votre machine Ubuntu et précisément il nécessite la version 1.6 ou 1.7

Donc pour l'installer il suffit de télécharger un outil **MOVE.jar** (vous pouvez choisir la version que vous voulez).

- Créer un dossier dans home sous le nom de MOVE et mettre l'outil MOVE.jar dans ce dernier.
- Installer oracl java 1.7 et cela en suivant ces étapes :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC: ~  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ sudo add-apt-repository ppa:webupd8team/java  
[sudo] password for kinou: █
```

- Ensuite on met le système à jour :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ sudo apt-get update  
[sudo] password for kinou: █
```

- Et enfin on lance l'installation :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ sudo apt-get install oracle-java7-installer
```

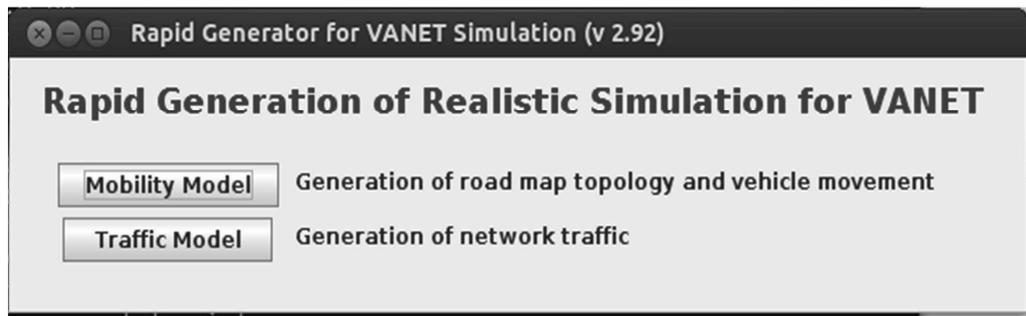
- Pour s'assurer que java s'est installé correctement il suffit de taper la commande suivante :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC: ~  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ java -version  
java version "1.7.0_60"  
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.7.0_60-b19)  
Java HotSpot(TM) Server VM (build 24.60-b09, mixed mode)  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ █
```

- Pour exécuter l'outil MOVE il suffit d'accéder au dossier MOVE créé précédemment et taper la commande suivante :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ cd MOVE/  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~/MOVE$ java -jar MOVE.jar █
```

La fenêtre suivante va apparaître :



Notes importantes :

- Ce guide d'installation est valable pour Ubuntu 12.04 LTS 32 bits, si vous utilisez une autre version d'Ubuntu ce guide ne sera peut-être pas utile.
- L'outil MOVE.jar n'est pas compatible avec les versions de sumo qui viennent après la version 0.13. Donc de préférence d'installé la version 12.03 pour s'assurer que vous n'allez pas rencontrer des problèmes de compatibilité durant l'exécution de l'outil MOVE.

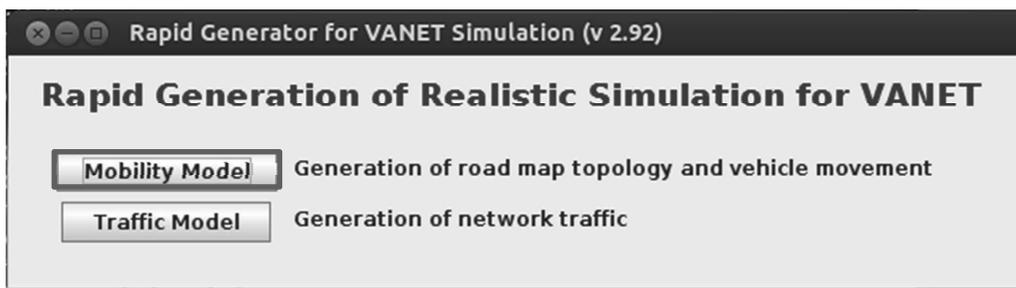
Annexe 2 : utilisation de sumo MOVE

L'outil sumo MOVE (Rapid generator for VANET simulation) est un simulateur qui permet de générer les cartes routières, les véhicules ainsi que la trace de ces véhicules. Cette outil montre son importance pour la simulation dans les réseaux véhiculaires puisque cette dernière est très couteuse, donc les chercheurs utilisent cette outil afin d'améliorer ces réseaux avant de les mettre en pratique.

Pour exécuter l'outil MOVE on tape la commande suivante après avoir accédé au dossier ou se trouve l'outil MOVE.jar :

```
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~$ cd MOVE/  
kinou@kinou-HP-Pavilion-g6-Notebook-PC:~/MOVE$ java -jar MOVE.jar
```

Une fois cette commande est exécutée correctement l'interface de l'outil MOVE va apparaitre :

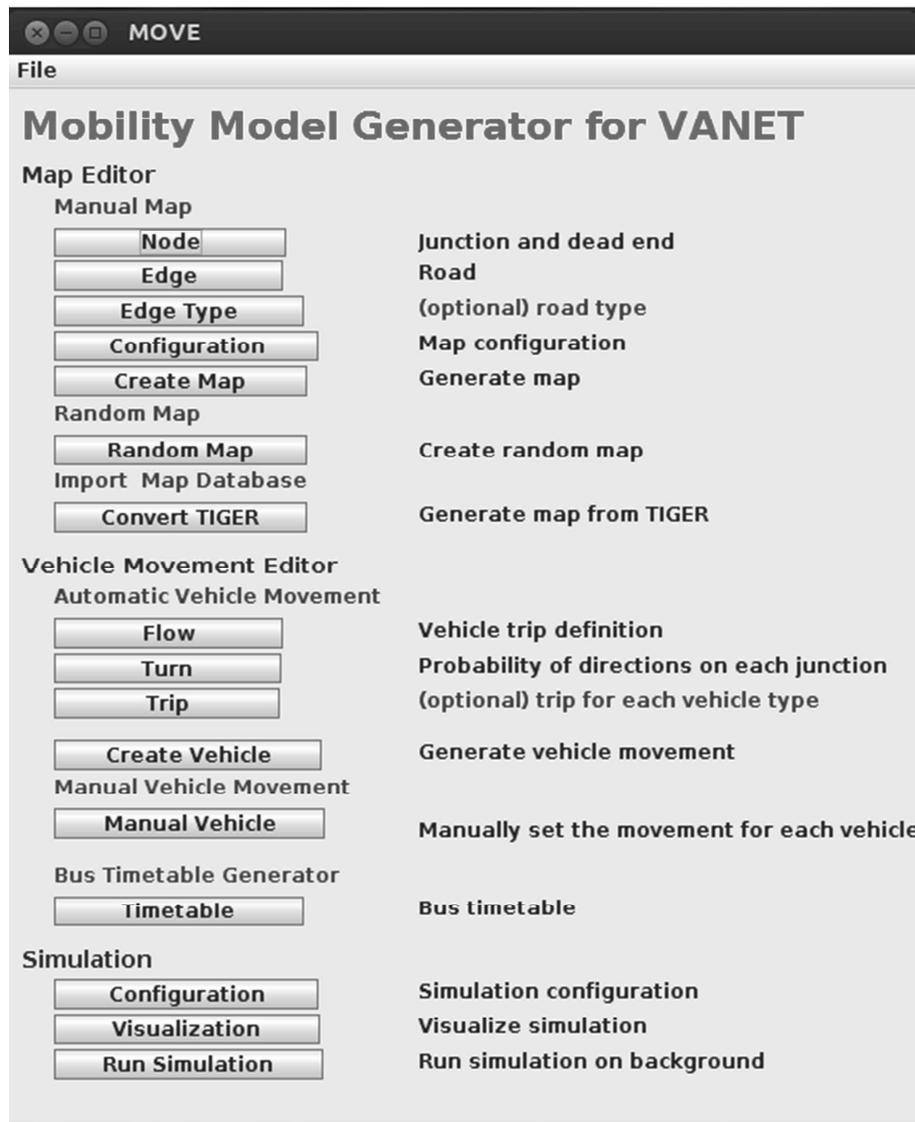


- **Utilisation de l'outil sumo move :**

- 1. Mobility Generation :**

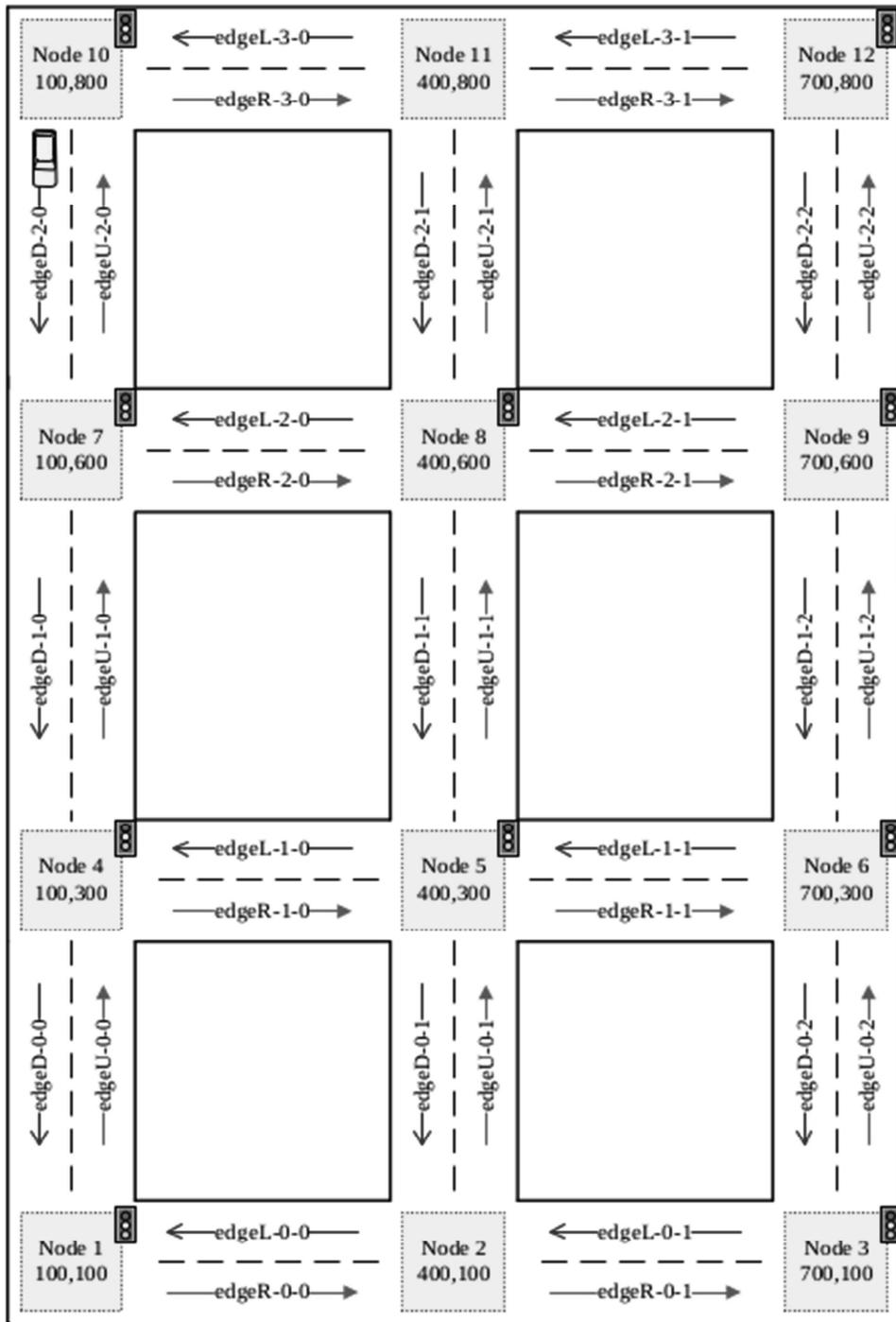
Cette partie de logiciel va permettre de générer le modèle de mobilité et cela en créant une carte routière ainsi que l'ensemble de véhicules circulant dans cette carte en sélectionnant « Mobility Model » dans le menu principal.

Une fois on a sélectionné ce bouton une autre interface va apparaitre :

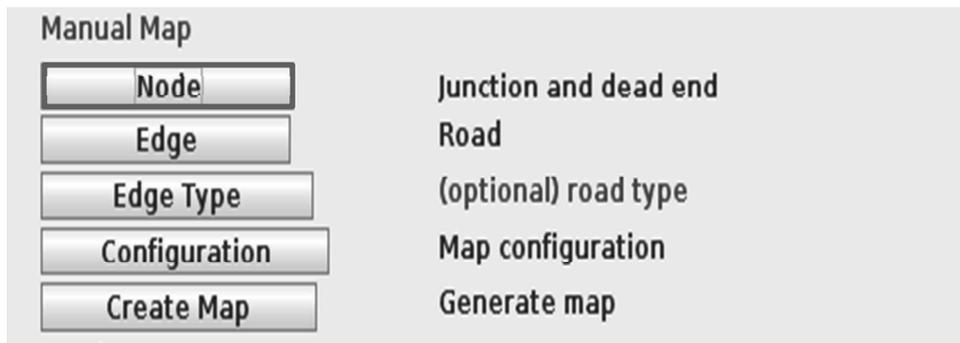


- **Création de la carte routière :**

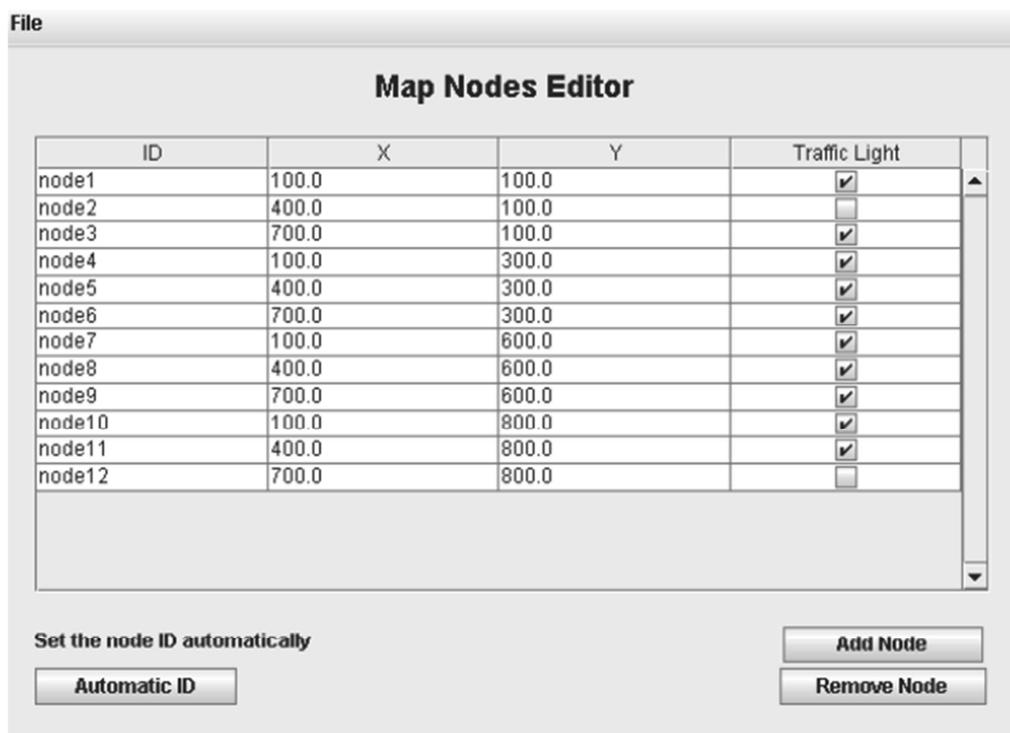
Pour mieux expliquer comment créer une carte routière on va essayer d'implémenter l'exemple suivant :



Pour créer la carte routière (MAP) on doit d'abord déterminer les extrémités et les intersections des routes constituant cette carte et cela en sélectionnant le bouton « node ».

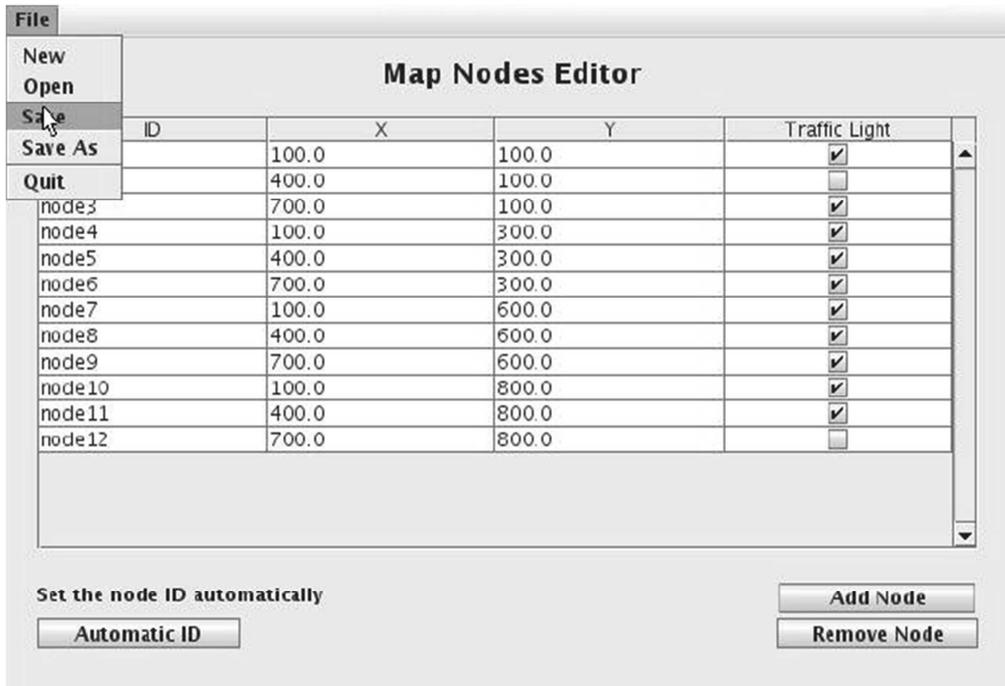


Pour chaque nœud on attribue un identifiant ainsi que les coordonnées X et Y de ce nœud et on coche sur la case « trafic light » si ce dernier est une intersection de plusieurs routes.



Une fois les nœuds sont créés on doit les enregistrer et cela en suivant les étapes suivantes :

On clique sur File ensuite save.



Le fichier doit être enregistré sous la forme : « **nom_de_fichier** ».nod.xml (par exemple ex_NODE.nod.xml).

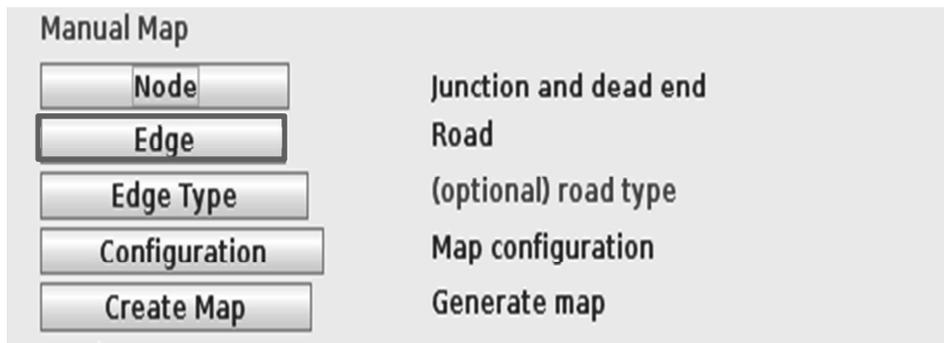
Le fichier obtenu est le suivant :

```

<nodes>
<node id="node1" x="100.0" y="100.0" type="traffic_light"/>
<node id="node2" x="400.0" y="100.0" type="priority"/>
<node id="node3" x="700.0" y="100.0" type="traffic_light"/>
<node id="node4" x="100.0" y="300.0" type="traffic_light"/>
<node id="node5" x="400.0" y="300.0" type="traffic_light"/>
<node id="node6" x="700.0" y="300.0" type="traffic_light"/>
<node id="node7" x="100.0" y="600.0" type="traffic_light"/>
<node id="node8" x="400.0" y="600.0" type="traffic_light"/>
<node id="node9" x="700.0" y="600.0" type="traffic_light"/>
<node id="node10" x="100.0" y="800.0" type="traffic_light"/>
<node id="node11" x="400.0" y="800.0" type="traffic_light"/>
<node id="node12" x="700.0" y="800.0" type="priority"/>
</nodes>

```

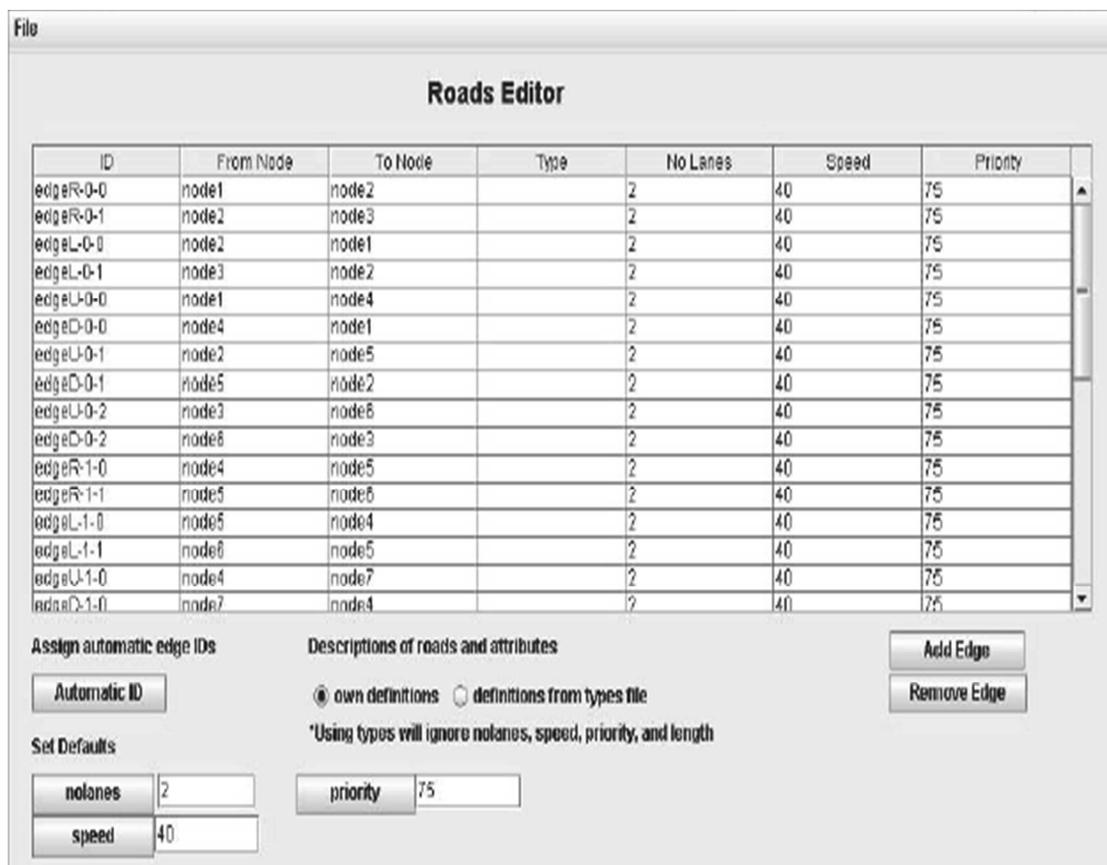
Une fois les nœuds créés, nous devons créer les routes constituées par ces nœuds. Pour cela on clique sur le bouton « edge » à partir du menu principal.



Une route est considérée comme une connexion entre deux nœuds.

Par exemple « edgeR0-0 » c'est la route qui relie le nœud « nod1 » vers le nœud « nod2 », le nombre de voie de cette route est 2.

« edgeL0-0 » c'est la route qui relie le nœud « nod2 » vers le nœud « nod1 ».



Pour enregistrer ce fichier on clique sur **file** → **save** en respectant le format suivant :

« **nom_de_fichier** ».edg.xml (par exemple ex_EDGE.edg.xml).

Le fichier obtenu est le suivant :

```
<edges>
<edge id="edgeR-0-0" fromnode="node1" tonode="node2" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
```

```
<edge id="edgeR-0-1" fromnode="node2" tonode="node3" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-0-0" fromnode="node2" tonode="node1" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-0-1" fromnode="node3" tonode="node2" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />

<edge id="edgeU-0-0" fromnode="node1" tonode="node4" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-0-0" fromnode="node4" tonode="node1" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeU-0-1" fromnode="node2" tonode="node5" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-0-1" fromnode="node5" tonode="node2" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeU-0-2" fromnode="node3" tonode="node6" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-0-2" fromnode="node6" tonode="node3" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeR-1-0" fromnode="node4" tonode="node5" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeR-1-1" fromnode="node5" tonode="node6" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-1-0" fromnode="node5" tonode="node4" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-1-1" fromnode="node6" tonode="node5" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />

<edge id="edgeU-1-0" fromnode="node4" tonode="node7" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-1-0" fromnode="node7" tonode="node4" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeU-1-1" fromnode="node5" tonode="node8" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-1-1" fromnode="node8" tonode="node5" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeU-1-2" fromnode="node6" tonode="node9" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-1-2" fromnode="node9" tonode="node6" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />

<edge id="edgeR-2-0" fromnode="node7" tonode="node8" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />

<edge id="edgeR-2-1" fromnode="node8" tonode="node7" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-2-0" fromnode="node8" tonode="node9" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-2-1" fromnode="node9" tonode="node8" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
```

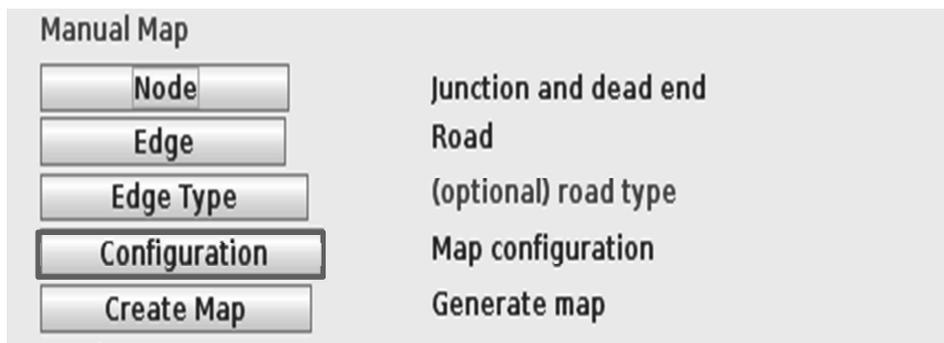
```

<edge id="edgeU-2-0" fromnode="node7" tonode="node10" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-2-0" fromnode="node10" tonode="node7" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeU-2-1" fromnode="node8" tonode="node11" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-2-1" fromnode="node11" tonode="node8" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeU-2-2" fromnode="node9" tonode="node12" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeD-2-2" fromnode="node12" tonode="node9" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />

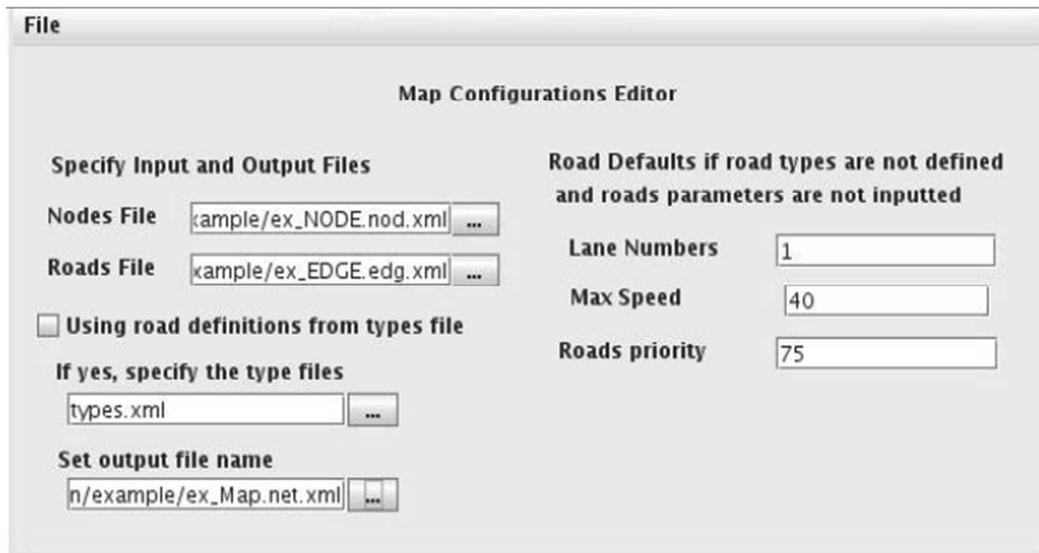
<edge id="edgeR-3-0" fromnode="node10" tonode="node11" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeR-3-1" fromnode="node11" tonode="node10" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-3-0" fromnode="node11" tonode="node12" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
<edge id="edgeL-3-1" fromnode="node12" tonode="node11" priority="75"
nolanes="2" speed="40" />
</edges>

```

Une fois on a créé toutes les routes on doit créer la configuration de la carte et cela en suivant les étapes suivantes :



On choisit d'abord le bouton « configuration » à partir du menu principale, une autre interface va apparaître :



Dans la case « Nodes File » on doit sélectionner le fichier nœud créé précédemment à partir de son emplacement (« ex_NODE » dans notre cas).

Dans la case « Roads File » on doit sélectionner le fichier edge créée précédemment (« ex_EDGE » dans notre cas).

Le fichier configuration doit être enregistré sous le format « nom ».netc.cfg (pour notre exemple le nom choisi c'est « ex_Map.netc.cfg »).

Le fichier ex_Map.netc.cfg obtenu est le suivant :

```
<configuration>
<input
xml-node-files="C:\For_MOVE\MOVE_example\ex_NODE.nod.xml"
xml-edge-files="C:\For_MOVE\MOVE_example\ex_EDGE.edg.xml"
xml-connection-files=""
type-file=""
/>
<output
output-file="C:\For_MOVE\MOVE_example\ex_Map.net.xml"
/>

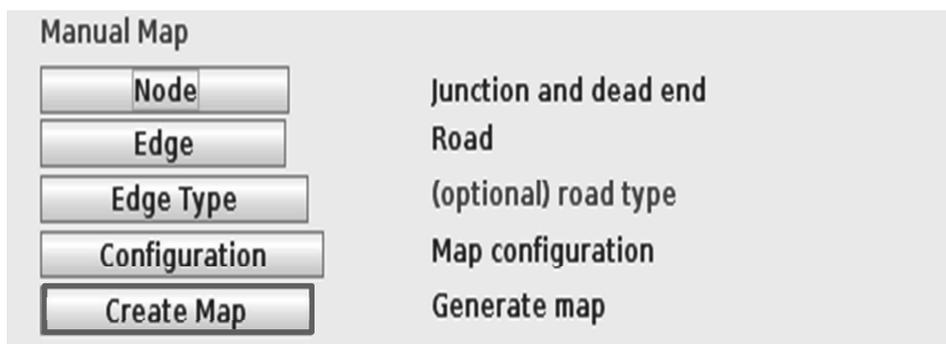
<defaults
type="Unknown"
lanenumber="1"
speed="40"

priority="75"

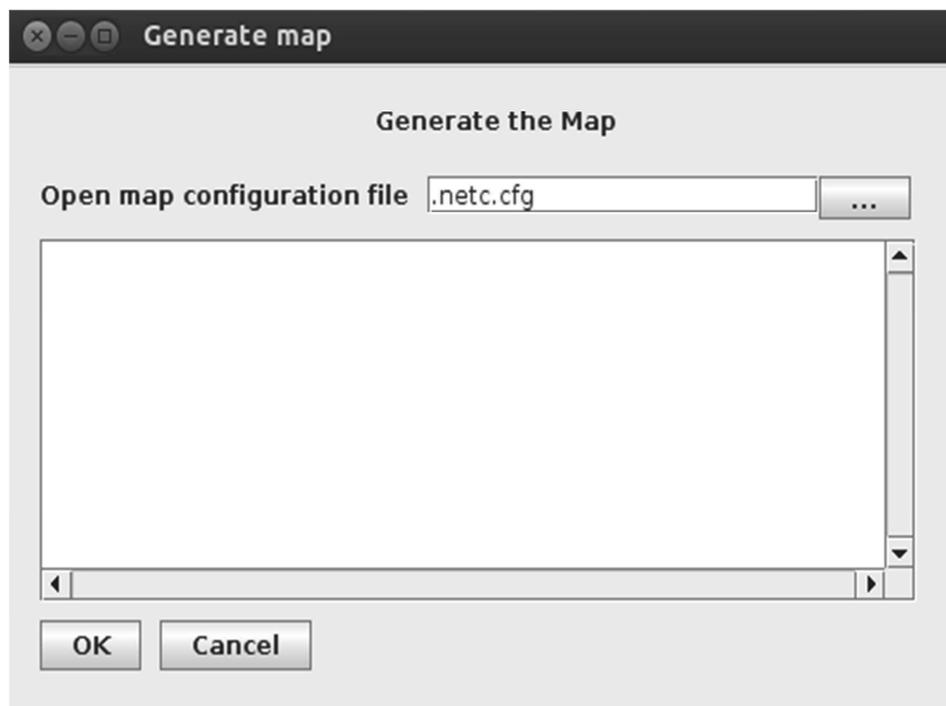
capacity-norm=""
/>
```

```
<reports
print-options="false"
/>
<processing
speed-in-kmh="false"
no-turnarounds="false"
remove-geometry="x"
/>
</configuration>
```

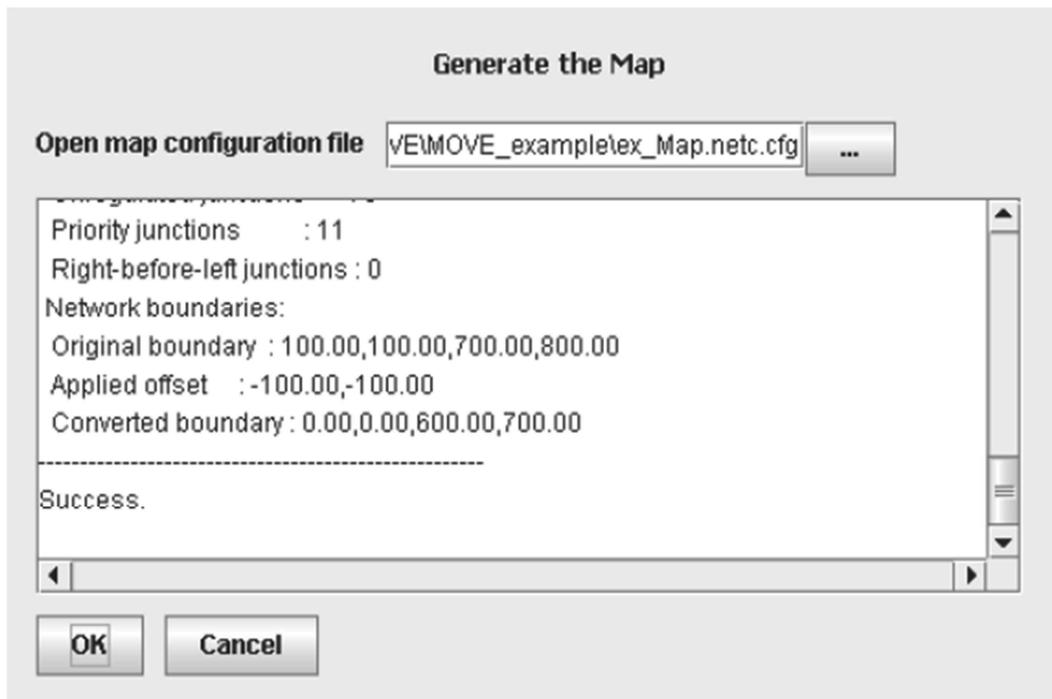
Une fois on a crée la configuration, on doit générer la carte :



Une fois le bouton « create map » est sélectionné, l'interface suivante va apparaître :

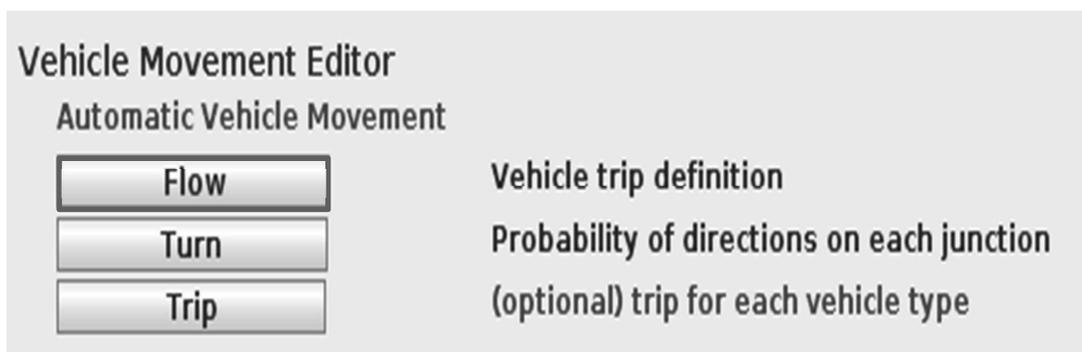


Il suffit de sélectionner le fichier configuration créé précédemment à partir de son emplacement et ensuite cliquer sur le bouton « ok », un fichier « nom ».net.xml sera automatiquement créé, ce dernier représente notre carte (dans notre exemple le nom choisit c'est « ex_Map.net.xml »).

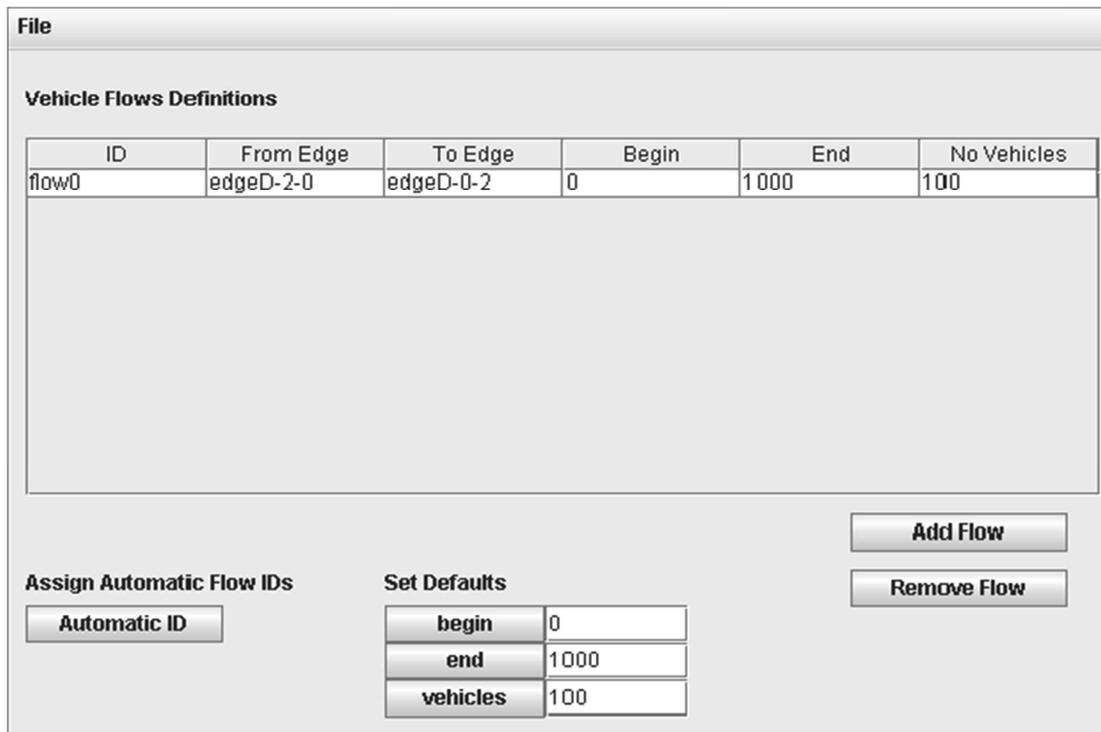


- **Création de véhicules :**

Pour créer un flot de véhicule il suffit de sélectionner « Flow » à partir du menu principal :



Une autre interface va apparaître, cette dernière nous permet de créer le flux de véhicules en lui attribuant un ID, sur quelle portion de route il va circuler en définissant la route de début et celle de la fin, en définissant sur quel intervalle de temps il va être appliqué ainsi que le nombre de véhicules dans ce flux :



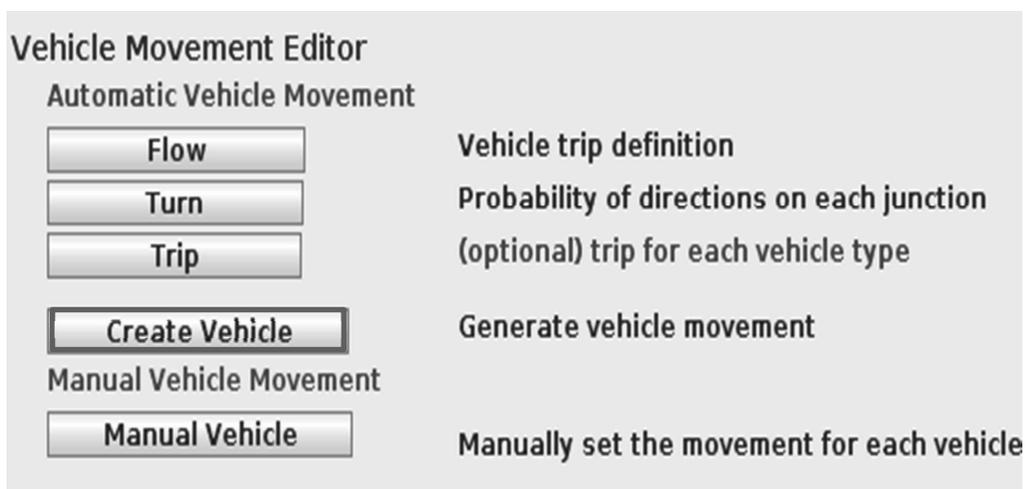
Enregistrer le fichier sous le nom **ex_FLOW.flow.xml**.

Le fichier obtenu est le suivant :

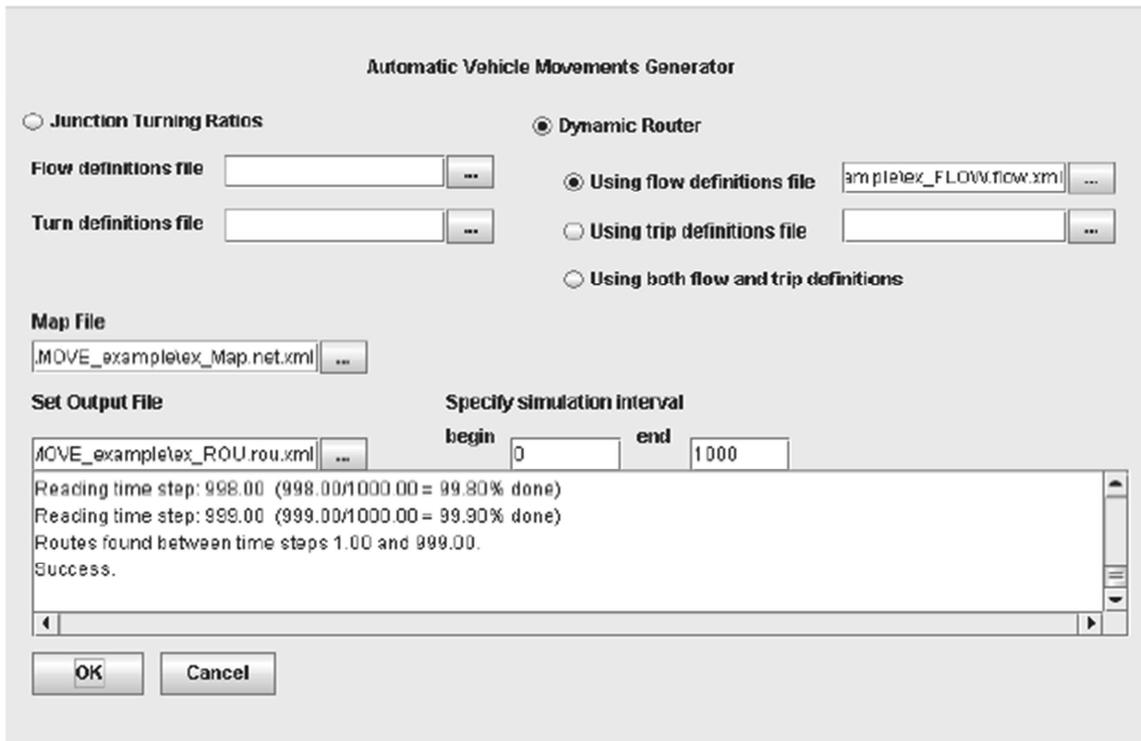
```
<flows>
<flow id="flow0" from="edgeD-2-0" to="edgeD-0-2" begin="0" end="1000"
no="100" />
</flows>
```

Une fois les flux de véhicules son créé on passe à l'étape suivante :

On sélectionne le bouton « create vehicle » à partir du menu principal.



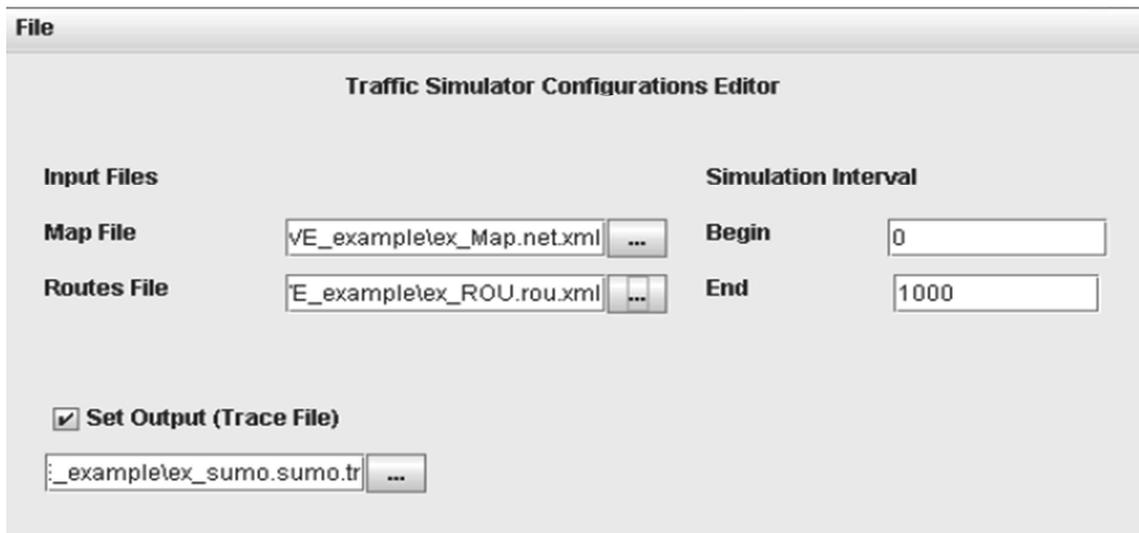
Il suffit de sélectionner le fichier flow et la carte créée précédemment et aussi préciser l'emplacement du fichier de sortie (« nom ».rou.xml, dans cette exemple ex_ROU.rou.xml) et ensuite on clique sur le bouton « ok ».



L'étape suivante c'est la création de la configuration de simulation :



Une fois le bouton configuration est sélectionné l'interface suivante va apparaître :



Il suffit de spécifier l'emplacement des fichiers ex_Map.net.xml et ex_ROU.rou.xml, ainsi que l'heure de début et de la fin de la simulation. On enregistre cette configuration sous le nom ex_SUMO. Sumo.cfg.

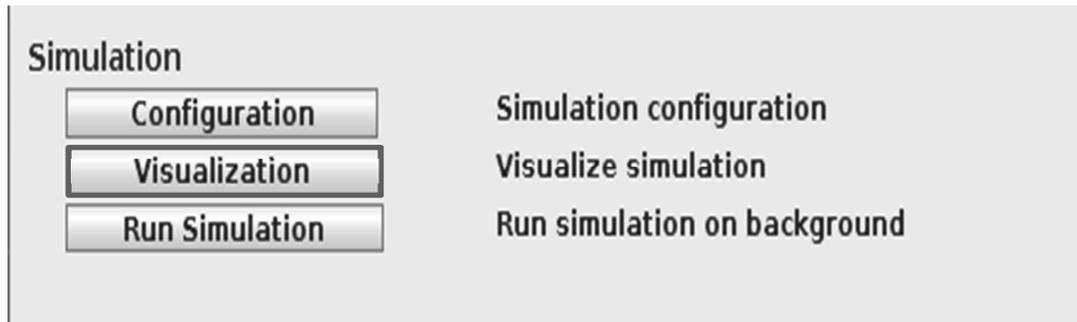
Si vous avez besoin de la trace des véhicules il suffit de cocher sur le bouton « set output », ainsi que lui donner un nom (par exemple ex_sumo.sumo.tr).

Le fichier configuration obtenu est le suivant :

```
<configuration>
<input
net-file="C:\For_MOVE\MOVE_example\ex_Map.net.xml"
route-files="C:\For_MOVE\MOVE_example\ex_ROU.rou.xml"
additional-files=""

junction-files=""
/>
<output
netstate-dump="C:\For_MOVE\MOVE_example\ex_sumo.sumo.tr"
tripinfo-output="output-tripinfos.xml"
emissions-output="output-emissions.xml"
vehroute-output="output-vehroutes.xml"
/>
<time
begin="0"
end="1000"
time-to-teleport="-1"
srand="23423"
route-steps="-1"
/>
<reports
print-options="false"
/>
</configuration>
```

Pour visualiser la simulation on clique sur « visualization » à partir du menu principale :



Ensuite on sélectionne le fichier **ex_SUMO.Sumo.cfg** créé précédemment, et quand on lance la simulation on peut voir les mouvements des véhicules.

