

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Guelma
Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière
Mémoire de Master



Département d'Informatique

Spécialité : Ingénierie des médias

Thème :

Dissémination de données dans un réseau de capteurs véhiculaire
(VSN)

Présenté par: Merad Lotfi.

Boussehal Mouna.

Sous la direction de:

Mr. Zemmouchi Fares.

Juin 2014

Remerciement

Nous tenons à remercies en premier lieu Allah qui nous a donné vie et santé pour le parachèvement de ce modeste travail.

Nous remercions après de tout cœur notre encadreur « Mr Zemmouchi Fares » pour son soutien, sa sympathie, ses encouragements, la confiance qu'il nous témoignée en acceptant de diriger ce travail et pour avoir mis à notre disposition ses conseils pour une meilleure maitrise du sujet.

Nous remercions nos familles qui nous ont toujours donné la possibilité de faire ce que nous voulions durant nos études et qui ont toujours cru en nous.

En fin, nous remercions tous ceux qui ont contribué à ce travail par leurs remarques, leurs suaaestions et leurs soutiens.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail de mes années d'étude :

A mon exemple supérieur dans ma vie mon cher père qui m'a toujours servi de modèle et des baux principes pour une vie idéale par sa patience, ses conseils, sa compréhension et pour m'avoir donné la possibilité de faire ce que je voulais et pour leur soutien sans faille tout au long de mes années d'étude.

A ma très chère mère qui m'a assuré un soutien inconditionnel par ses encouragements sur tous les plans, sa disponibilité, leur affection et leur grand amour aussi.

A tous mon frère et mes sœurs

.....

A mon binôme Ahmed, mon intime la princesse «Mouna», mes amies Najla, Meryem, Majda, Oumaima, Housseem, Azzedine, Amine, Rachid, Cherif, Abd lmomen, brahim.

Khattab Ahmed

Dédicace

Je dédie ce modeste travail de mes années d'étude :

A mon exemple supérieur dans ma vie mon cher père qui m'a toujours servi de modèle et des beaux principes pour une vie idéale par sa patience, ses conseils, sa compréhension et pour m'avoir donné la possibilité de faire ce que je voulais et pour leur soutien sans faille tout au long de mes années d'étude.

A ma très chère mère qui m'a assuré un soutien inconditionnel par ses encouragements sur tous les plans, sa disponibilité, leur affection et leur grand amour aussi.

A mes frères Mohamed et Youssouf , à mes tentes Fatima et son fille Houda, a Samia et son princesse « el-feloussa Wissal » , a Nadia et son fille Hadil , Hassina et Zahia et son fille Yasmine, Naima, roubila, et Farida , Toma et ses enfants « Fifi et Assil », Sousou, Fatiha, Sakina et Noura, Mounira, Salma, Massika, à tous mes oncles Djamel, Hacem, Toufik, Ahmed, Brahim, et Nour el-dinne .

A mon binôme Lotfi, mon intime la princesse «jiji», a mes cousins Housseem, Saïd, Wided, Amel, Rayan, Asma, Iness, Salma, Nada, Mouhamed, Chouaib, Amjad, Majda, Radja, Marwa, Rahma, Isrraa , Yahia, mes amis Amina, Fayza, Najla, Bouchra, Abdou, Brahim, « Ayoub » et surtout « Imad ».

Boussehal Mouna



Résumé

Les réseaux VSN émergent en tant qu'une nouvelle architecture de VANETs, qui a pour objectif la collecte et la diffusion proactive et temps réelle des données relatives à l'environnement dans lequel évoluent les véhicules, plus particulièrement en zones urbaines.

Ceci peut être utile pour l'obtention d'information sur le trafic routier (embouteillages, ralentissements, vitesse moyenne du trafic, ... etc.), dans le cadre d'informations plus générales telles que la consommation moyenne de carburant et le taux de pollutions ou encore pour des applications de surveillance, via des caméras embarquées sur des voitures par exemple.

Autre exemple, est celui des événements concernant les places de stationnement disponibles, qui peuvent être exploités, lorsqu'il n'y a aucune place disponible diffusée par les autres véhicules, pour déterminer l'endroit où la probabilité de trouver une place de parking libre est la plus importante (en fonction du jour et de l'heure par exemple).

Dans un autre contexte, grâce à la corrélation des différents messages reçus sur les accidents et les freinages d'urgence, les zones dangereuses peuvent être dynamiquement détectée set indiquées au conducteur, qu'elles soient d'ailleurs continuellement dangereuses ou seulement temporairement du fait des conditions climatiques par exemple.

Mots Clés : Réseaux VSN, VANET, la collecte des données, temps réelle, zones urbaines, le trafic routier,

.

Introduction Générale

Le domaine de la communication sans fil a connu un essor extraordinaire ces derniers temps par la mise au point de nouvelles technologies permettant ainsi l'accès aux informations et données à tout instant et à n'importe quel endroit.

Quotidiennement un nombre important de pertes en vies humaines survenues sur nos routes s'ajoute aux statistiques déjà trop alarmantes.

Ces statistiques trop élevées ont amené les chercheurs, les constructeurs d'automobiles et les pouvoirs publics à conjuguer leurs efforts à l'effet de diminuer le nombre de pertes humaines.

Ainsi les chercheurs se sont attelés à améliorer la sécurité de nos systèmes de transport par la mise au point de nouvelles technologies dans le domaine de la communication, à l'effet de renforcer la prévention routière, d'équiper nos moyens de transport ainsi que nos routes de nouvelles capacités techniques plus performantes, de rendre la route plus sécurisante d'améliorer le confort des passagers et par là même rendre le temps passé sur la route plus agréable et convivial (Ces applications sont l'exemple type de ce que nous appelons les systèmes de transports intelligents (ITS, Intelligent Transportation System) et dont le but est d'améliorer la sécurité, l'efficacité et la convivialité dans les transports routiers grâce à l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC).

Accompagnant l'évolution de l'industrie automobile, les véhicules sont de plus en plus équipés de capteurs, dont le but d'améliorer à la fois la sécurité des passagers et le confort de conduite. Prises individuellement, les informations locales provenant des différents capteurs d'un même véhicule fournissent le plus souvent une connaissance imparfaite, tronquée ou bien incomplète de l'environnement relatif à la route. Cependant, en confrontant les informations issues de plusieurs véhicules, il devient possible d'étoffer et de compléter la perception qu'ont les véhicules de leur environnement. En d'autres termes, en échangeant et en comparant les informations émanant de diverses automobiles, l'information devient plus précise et plus pertinente.

Ce travail a pour but l'amélioration de l'efficacité des communications inter-véhiculaires sous différents scénarios. Tout d'abord, nous nous concentrons sur le développement d'une nouvelle solution, pour diminuer la charge dans un réseau véhiculaire tout en assurant des courts délais de bout en bout et une efficacité pour les transmissions.

Nous avons organisé la structuration de ce mémoire en quatre principaux chapitres :

Le premier chapitre traite un état de l'art sur les réseaux sans fil, Nous abordons aussi les réseaux mobiles, les réseaux mobiles Ad Hoc (MANET), les réseaux Ad Hoc véhiculaires(VANET) et leurs caractéristiques, les réseaux de capture (VSN).

Dans Le deuxième chapitre, nous traitons la dissémination des données dans un réseau véhiculaire, ainsi que les protocoles de dissémination dans les VSN,

Le troisième chapitre montre l'expérimentation des données inter-véhicule.

Enfin, le quatrième chapitre, contient la description du protocole de diffusion des messages que nous avons proposé, et l'analyse de son efficacité par différentes simulations.



Sommaire

Chapitres 01 : Les réseaux sans fils		Page
I. Introduction		04
II. Bref historique de la communication sans fil		04
II.1 Définition d'un réseau sans fil		05
II.2 Techniques de communication sans fil		05
III. Catégories des réseaux sans fil		06
III.1 Réseaux personnels sans fil (WPAN)		07
III.1.1 Avantages		07
III.1.2 Inconvénients		07
III.2 Réseaux locaux sans fil (WLAN)		08
III.2.1 Inconvénients		08
III.3 Réseaux métropolitains sans fil (WMAN)		08
III.4 Réseaux étendus sans fil (WWAN)		08
IV. Les réseaux mobiles		10
IV.1 Les réseaux mobiles avec infrastructure (cellulaires)		10
IV.2 Réseau mobile sans infrastructure		11
V. Les réseaux Ad hoc		12
V.1. Définition et modélisation d'un réseau Ad hoc		12
V.2. Les applications des réseaux Ad Hoc		12
V.3 Caractéristiques des réseaux Ad Hoc		13
V.3.1. Topologie dynamique		13

V.3.2. L'hétérogénéité des nœuds	14
V.3.3. L'absence d'infrastructure	14
V.3.4. Routage par relais	14
V.3.5. La taille des réseaux ad hoc	15
V.3.6. Une Bande passante limitée	15
VI. Réseaux Véhiculaires Ad hoc	16
VI.1. Définition d'un réseau VANET	16
VI.2. Le Nœud du réseau VANET	16
VII. Réseaux de Capteur (Sensors Networks).....	17
VII.1 Réseau de capteur véhiculaire (VSN)	17
VII.2 Technologies de communication dans les VSN	18
VII.2.1 Communication de véhicule à véhicule (V2V)	19
VII.2.2 Communication de véhicule avec utilisation d'infrastructures (V2I)	20
VII.2.3. Communication Hybride	21
VII.3 Environnement de déplacement des véhicules.....	21
VII.4 Applications des Réseaux de Capteurs Véhiculaire	22
VII.4.1 Applications de sécurité routière	22
VII.4.2 Application de confort	23
VII.4 Les principaux problèmes des Réseaux de Capteurs Véhiculaires.....	24
VIII. Conclusion	25
Chapitre 02 : La dissémination de données dans les réseaux de véhicules	
I. Introduction	27
II. Agrégation et collecte des données dans les réseaux VSN	27
II.1 Agrégation par les timestamp	28
II.2 Agrégation par ratio	28
II.3 Agrégation probabiliste	28
III. La dissémination des données	28

IV. Les types de dissémination	29
IV.1 Disséminations des messages d'urgence	29
IV.2 Dissémination pour des applications de confort	30
V. Définition du routage	31
VI. Les protocoles de routage pour les réseaux.....	31
VI.1 Les protocoles donnés centrales (Data- centric protocols).....	32
VI.1.1 Propagation et discussion (flooding and gossiping).....	32
VI.1.2 Protocoles de capteur pour l'information par négociation (SPIN)....	33
VI.1.3 Routage par rumeur	33
VI.2 Les protocoles basés sur la localisation (géographique)	34
VI.2.1 MECN et SMECN	34
VI.2.2 GAF	34
VI.2.3 GEAR (geographic and energy-aware routing).....	35
VI.3 Les protocoles hiérarchiques.....	35
VI.3.1 Cluster-based approach (approche à grappe).....	36
VI.3.1.1 LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy).....	36
VI.3.2 Chain-based approach (approche à chaîne).....	37
VI.3.2.1 PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems)	37
VII. Conclusion.....	38
Chapitre 03 : Expérimentations de la communication inter véhicules	
I. Introduction	40
II. Solution proposée par Ismail SALHI: Clustered Gathering Protocol – CGP ..	40
II.1 Définition du Protocole CGP	40
II.2 Mécanisme de dissémination dans le CGP	41
II.3 Environnement du Protocole CGP	41

II.4 Vue générale du protocole	43
II.5 Le détail du déroulement de l'algorithme du CGP	43
II.5.1. Election du Cluster Head	43
II.5.2. Collecte locale des données	44
II.5.3. Agrégation des données	45
II.5.4. Envoi vers la station fixe	45
II.6 Les limites du protocole CGP	47
III. Conclusion	48
 Chapitre 04 : Propositions pour la création d'un protocole de diffusion	
I. Introduction.....	50
II. Environnement de travail.....	50
III. Description de notre protocole	50
IV. Algorithme de mouvements des voitures.....	51
V. Algorithme de communication selon notre protocole.....	53
VI. Algorithme de communication selon le protocole CGP.....	54
VII. Algorithme de générateur	55
VIII. Méthode de vérification.....	55
IX. Implémentation des algorithmes.....	56
IX.1 Les classes utilisées	56
IX.1.1 Classe principale	56
IX.1.2 Classe Generateur	56
IX.1.3 Classe Contrôle	56
IX.1.4 DiagramLabel	56
IX.1.5 Message.....	56
IX.1.6 Modem Virtuel.....	56

IX.1.7 MouvementThread	56
IX.1.8 Passerelle	57
IX.1.9 Voiture	57
IX.1.10 EnvoiPeriodique	57
X. Discription de l'interface	57
XI Test et résultat	61
XI .1 L'environnement de simulation	61
XI .2 La durée de simulation	61
XI.3 Les scénarios de simulation	62
XI.3.1 Dans le cas d'une simulation de 50 voitures	62
XI.3.2 Dans le cas d'une simulation de 75 voitures	63
XI.3.3 Dans le cas d'une simulation de 100 voitures	64
X.II. Conclusion	65
Conclusion Général	66
Bibliographie	67

Liste des figures

Figure 1.1 :	Type des réseaux sans fils	Page 07
Figure 1.2:	La décomposition des réseaux mobiles	Page 10
Figure 1.3:	Mode avec infrastructure	Page 11
Figure 1.4:	Le modèle des réseaux mobiles sans infrastructure	Page 12
Figure 1.5:	Topologie dynamique des réseaux ad hoc	Page 13
Figure 1.6:	Portée d'un nœud	Page 15
Figure 1.7 :	Exemple de réseau VANET	Page 16
Figure 1.8 :	Hiérarchie des réseaux sans fil	Page 17
Figure 1.9 :	Exemple les éléments constituant le véhicule intelligent	Page 18
Figure 1.10 :	Types de communication dans un réseau de véhicules	Page 19
Figure 1.11 :	Communication véhicule à véhicule	Page 20
Figure 1.12 :	Communication véhicule à station de base	Page 20
Figure 1.13 :	communication hybride	Page 21
Figure 1.14 :	Exemple de Fonction d'alerte entre véhicules	Page 22
Figure 1.15 :	Exemple de Coopération entre véhicules	Page 23
Figure 1.16 :	Exemple de gestion des espaces libres dans les parkings	Page 24
Figure 2.1 :	La dissémination d'information d'une source vers une destination	Page 29
Figure 2.2 :	Exemple d'alerte de freinage d'urgence	Page 30

Figure 2.3 :	Exemple d'applications de confort (télécharger de la musique via internet)	Page 30
Figure 2.4 :	Exemple de chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination	Page 31
Figure 2.5 :	Exemple de protocole central	Page 32
Figure 2.6 :	le protocole SPIN. Le nœud A annonce ses données au nœud B (a). B répond par une requête (b). B reçoit les données requises (c). B fait de la publicité à ses voisins (d) qui répondent par des requêtes (e-f)	Page 33
Figure 2.7 :	Le routage hiérarchique	Page 35
Figure 2.8 :	Cluster-based approach (approche à grappe)	Page 36
Figure 3.1 :	Segmentation d'une route pour CGP	Page 42
Figure 3.2 :	Vue générale de CGP	Page 43
Figure 3.3 :	Election du Cluster Head	Page 44
Figure 3.4 :	Collecte locale des données	Page 45
Figure 3.5 :	Envoi direct vers la station	Page 46
Figure 3.6 :	Envoi inter-segments	Page 46
Figure 3.7 :	Store & forward	Page 47
Figure 5.1 :	schéma descriptif de notre protocole	Page 51
Figure 4.2 :	l'avant démarrage de la simulation automatique	Page 58
Figure 4.3 :	démarrage de la simulation automatique	Page 59
Figure 4.4 :	l'avant démarrage de la simulation manuelle	Page 60
Figure 4.5 :	démarrage de la simulation manuelle	Page 61
Figure 4.6 :	résultat de simulation (50voitures).	Page 62

Figure 4.7 : résultat de simulation (75voitures).

Page 63

Figure 4.8 : résultat de simulation (100voitures)

Page 64

Liste des tableaux

Table 1.1 : Classification des réseaux sans fil.

Page 06

I. Introduction

Les recherches en technologie de la communication avancent d'une manière efficace, on a l'impression que les laboratoires et les entreprises de recherche travaillent jour et nuit, et ces travaux sont favorables à toutes les disciplines qui appliquent ces technologies dans leurs domaines respectifs : que ce soit dans la médecine à distance, dans l'armée, dans la gestion des catastrophes naturelles etc. En effet, l'essor des technologies sans fil offre aujourd'hui de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. Contrairement à l'environnement filaire, celui sans fil permet aux utilisateurs une souplesse d'accès et une facilité de manipulation des informations à travers des unités de calcul mobiles (PC portable, capteur ...).

Le but principal de ce chapitre est consacré la définition du réseau sans fil (WiFi), en la présentation de ses différentes catégories existantes et mieux comprendre, d'une part, les modes de communication inter-véhicules et d'autre part, les réseaux de capteurs véhiculaires, leurs avantages et leurs principaux problèmes.

II. Bref historique de la communication sans fil

La communication sans fil est aussi vieille que la communication filaire, a permis aux utilisateurs de se réjouir des bienfaits des télécommunications quel que soit leurs lieux géographiques. Les théories de Maxwell ont été vérifiées expérimentalement par Heinrich Hertz. Ces théories montrent que toutes perturbations électriques donnent naissance à des oscillations électromagnétiques. Ces oscillations sont connues sous le nom d'ondes hertziennes.

En 1890 Edward Branly découvre le premier récepteur sensible aux ondes hertziennes. Le premier appareil de télégraphie sans fil a été inventé par l'italien Guglielmo Marconi en 1894, après les travaux de Branly, Puis Marconi va de succès en succès en augmentant les distances de transmission pour atteindre, en 1903, la transmission complète d'un message sur une distance de 3400 km.

La technologie sans fil a surtout été utilisée dans le cadre de la radio, de la télévision ou des communications réservées à d'importants organismes comme l'armée Jusqu'à la fin des années 1980.

C'est grâce à l'arrivée de des téléphones cellulaires GSM (Global System for Mobile communication) a offert à tous la possibilité de communiquer de n'importe où, avec n'importe qui. Cependant, un tel dispositif nécessite le déploiement d'une infrastructure coûteuse devant assurer le relais entre les téléphones portables et le réseau téléphonique filaire.

II.1 Définition d'un réseau sans fil

Un **réseau sans fil** (en anglais Wireless Network) est, comme son nom l'indique, un réseau dans lequel un ou plusieurs terminaux (ordinateur portable, PDA, etc.) peuvent entrer en communication sur de différentes distances sans liaison filaire.

On entend toujours parler de « notion de mobilité ou mobile » cela veut dire que l'utilisateur peut rester connecté avec autrui tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu ,et tout ça grâce au réseaux sans fil.

Les réseaux sans fil sont basés sur une liaison utilisant des ondes radio-électriques (radio et infrarouges) au lieu et à la place des câbles habituels. Il existe plusieurs technologies se distinguant d'une part, par la fréquence d'émission utilisée, et d'autre part le débit et la portée des transmissions.

II.2 Techniques de communication sans fil

Dans le système de transmission de données, on a défini le support ou bien le chemin physique entre l'émetteur le récepteur comme média ou medium peut être guidé (câble en cuivre, fibre optique,...) ou non guidé (basé sur les liaisons infrarouges et les ondes radios).

- **Liaisons infrarouges**

Les liaisons infrarouges pénètrent à travers le verre, mais pas à travers les murs ou tout autre obstacle opaque. Les caractéristiques de ces liaisons sont la simplicité, peu coûteuses, et les bandes passantes très large. Les émetteurs et récepteurs à infrarouge sont capables de fournir des débits élevés à des coûts relativement faibles.

- **Liaisons radios**

Le principe est d'émettre des ondes électromagnétiques qui constituent la porteuse du signal à transmettre. Ces ondes sont donc propagées dans toutes les directions et peuvent être captées par plusieurs antennes. Le medium radio est découpé en bandes de fréquences divisées en canaux. Il est caractérisé par sa moindre fiabilité par rapport au medium filaire, c'est un medium partagé, c'est-à-dire si deux nœuds géographiquement proches tentent d'émettre une trame simultanément, il y a interférence entre les deux émissions, ces interférences entraînent des collisions entre les trames, ce qui oblige les émetteurs à émettre une autre fois. Ce problème de collisions est résolu grâce à des techniques d'accès au medium utilisées dans les réseaux Ad Hoc [1]:

- TDMA : (Time Division Multiple Access):Solution à accès multiple à répartition dans le temps.
- CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) : Technique permettant d'éviter les collisions entre les utilisateurs d'un réseau, en s'assurant que chacun parle à son tour et pas tous en même temps.

III. Catégories des réseaux sans fil

Les réseaux sans fil sont en plein développement du fait de la flexibilité de leur interface, qui permet à un utilisateur de changer de place tout en restant connecté. Les communications entre équipements terminaux peuvent s'effectuer directement ou par le biais de stations de base, appelées points d'accès, ou AP (Access Point). Les communications entre points d'accès peuvent être hertziennes ou par câble. Les débits de ces réseaux se comptent en mégabits par seconde, voire en dizaines de mégabits par seconde. La figure suivante décrit les différentes catégories de réseaux sans fil suivant leur étendue (appelé zone de couverture).

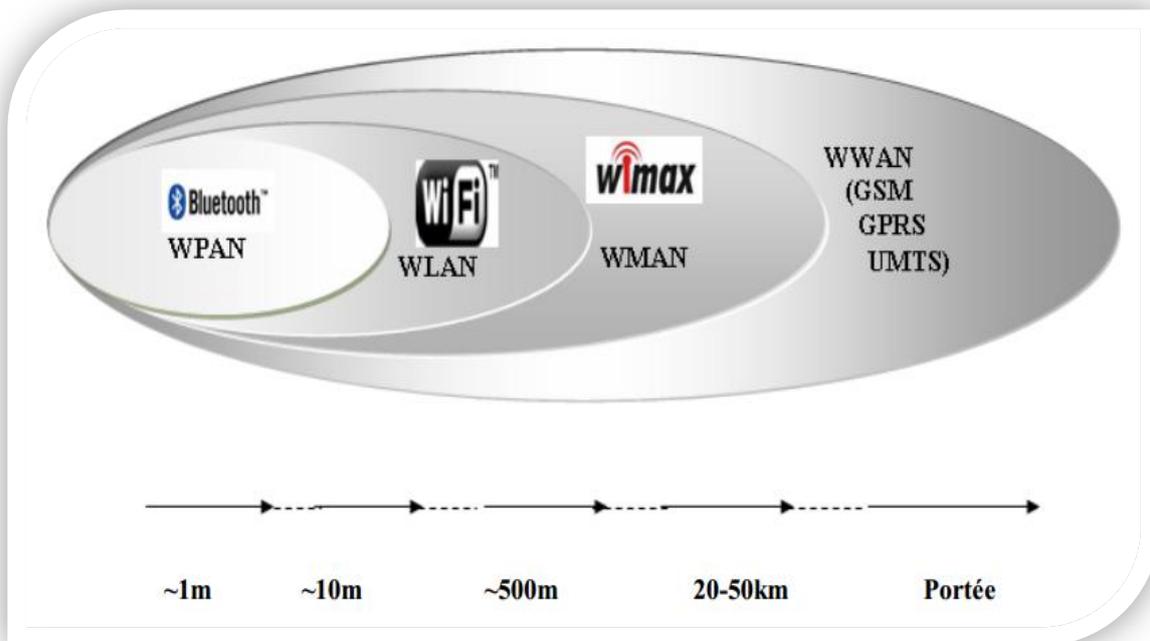


Figure 1.1 : Type des réseaux sans fils.

III.1 Réseaux personnels sans fil (WPAN)

Réseau domestique d'une faible portée (quelques dizaines de mètres). L'objectif principal de ce type de réseau est de relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques, un ordinateur portable, un agenda électronique, une souris sans fil...) à une unité centrale câblée ou de connecter deux ou trois machines très peu éloignées. Les technologies utilisées sont: **Bluetooth, ZigBee, HomeRF** et **IrDA, infrarouges** [1].

III.1.1 Avantages

Grâce à la standardisation du matériel utilisé (Bluetooth, 802.15), l'interconnexion est facile et peu coûteuse. De plus, les WPANs peuvent être utilisés pour d'autres systèmes comme les réseaux de capteurs, la domotique etc... [2].

III.1.2 Inconvénients

Du fait de la faible bande passante permise, il est impossible d'appliquer des services nécessitant des débits élevés. En effet les WPANs offrent un débit faible (<1Mbits/sec)

partagé entre tous les sites ce qui convient parfaitement pour l'interconnexion de matériel mais pas pour d'autres services comme le transfert de données.

La faible portée (quelques mètres), reste une limite mais demeure une condition sans laquelle des interférences entre les différents sites interviendraient [2].

III.2 Réseaux locaux sans fil (WLAN)

D'une portée d'environ une centaine de mètres, le réseau local sans fil (Wireless Local Area Network) est utilisé notamment dans une entreprise afin de permettre les liaisons des terminaux entre eux au niveau de la zone de couverture ainsi plusieurs technologies concurrentes en vus le jour depuis . parmi celles-ci : **Le WIFI, hiperLAN2.**

III.2.1 Inconvénients

La limitation forte en distance reste un des inconvénients majeurs des WLANs à cause de la faible puissance autorisée aux fréquences utilisées.

Vu que toutes les machines présentes dans le réseau partagent le même média donc la même bande passante en termes de débit (bits/sec), le nombre de nœuds (machines) limite le débit par machine.

De plus, comme nous l'avons vu, avoir du WLAN c'est comme avoir une prise Ethernet dans la rue à savoir que l'aspect sécurité est un gros problème pour les fabricants des systèmes WLAN actuellement. En effet, n'importe qui peut se procurer un terminal WLAN et se connecter à n'importe quel réseau pour peu qu'il sache décoder les mots de passe [2].

III.3 Réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Le WMAN (Wireless Metropolitan Area Network), avec un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de quelques kilomètres (4 à 10km) également connu sous le nom de Boucle Locale Radio(BLR) est destiné principalement aux opérateurs de télécommunication. La technologie principale utilisée est Le **WiMAX.**

III.4 Réseaux étendus sans fil (WWAN)

Le réseau étendu sans fils est également connu sous le nom de réseau cellulaire mobile. Il s'agit des réseaux sans fils les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fils [3].

Les technologies principales utilisées sont :

- GSM** : Global System for Mobile communication.
- GPRS** : General Packet Radio Service.
- UMTS** : Universel Mobile Telecommunication System.

Le tableau 1.1 suivant résume les différentes technologies utilisées dans chaque catégorie et leurs caractéristiques [1].

Catégorie	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Standard	IEEE 802.15	IEEE 802.11	IEEE 802.16	IEEE 802.20
Technologie	Bluetooth HomeRF Zigbee IR(infrarouge)	Wifi Hyperlan1 Hyperlan2	Wimax	GSM GPRS UMTS
Couverture	Quelque dizaines de mètres	Unecentaine de mètres	Quelques dizaines de kilomètres	Une centaine de kilomètres
Débit	< 1Mbps	2 à 54 Mbps	Jusqu'à70 Mbps	10 à 385 Kbps
Applications	Point à point Equipement à	Réseau d'entreprise	Fixe, accès au dernier	GSM PDA

	équipement		kilomètre	
--	------------	--	-----------	--

Tableau 1.1: Classification des réseaux sans fil.

IV. Les réseaux mobiles

Un réseau mobile est un ensemble de nœuds reliés entre eux par une interface de communication sans fil qui permet de diffuser les signaux sur une certaine distance. Ce réseau permet aux utilisateurs d'accéder à l'information indépendamment de leurs positions géographiques.

L'utilité des réseaux mobiles donnent une plus grande flexibilité d'emplois et un plus grand confort par rapport aux réseaux statiques.

Le réseau sans fil offre deux modes de fonctionnement, le mode avec infrastructure et le mode sans infrastructure ou mode ad hoc.

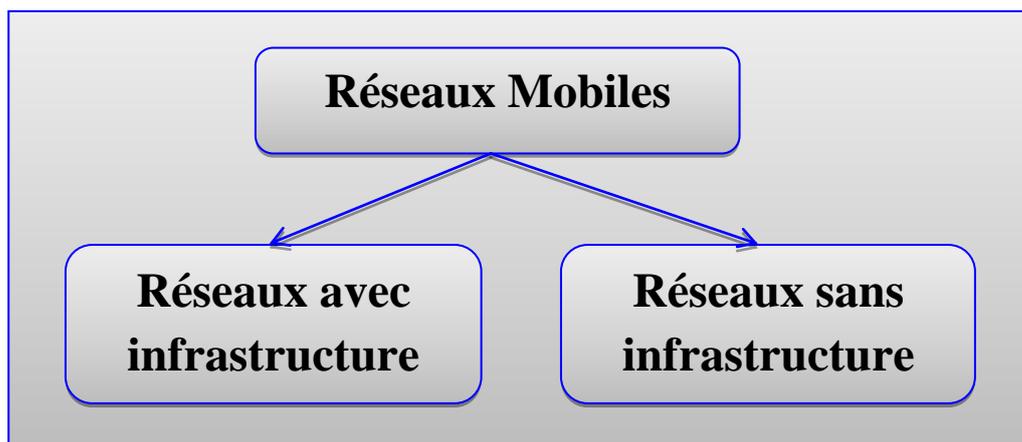


Figure 1.2: La décomposition des réseaux mobiles.

IV.1 Les réseaux mobiles avec infrastructure (cellulaires)

Dans ce genre de réseau, c'est seulement le premier et le dernier saut qui sont transmis sur medium sans fil, la communication inter terminal se fait par le biais des stations de base constituant le backbone fixe de tout le réseau et assure la gestion de toutes les communications entre les terminaux. A titre d'exemple, si un terminal A désire entrer en communication un terminal B il ne peut le faire qu'à la condition sine quanone de passer par au moins une station de base qui relie les deux terminaux.

La figure 1.3 suivante illustre un exemple d'un réseau mobile avec infrastructure.

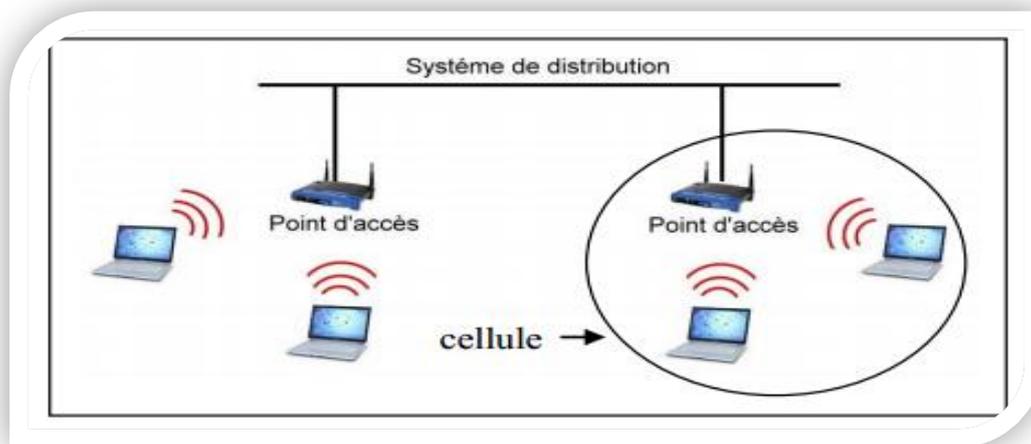


Figure 1.3: Mode avec infrastructure.

IV.2 Réseau mobile sans infrastructure

Contrairement au réseau base infrastructure les communications entre les nœuds du réseau ad hoc ne se font plus par des stations de bases fixes mais a travers les différents nœuds du réseau qui prennent désormais la fonction de routeurs.

Ainsi si un nœud A veut communiquer avec le nœud B, les données devront être acheminées à travers des nœuds intermédiaires, si le nœud A n'est pas dans le rayon de transmission du nœud B.

Néanmoins ce type d'action n'est utile que dans les zones des pourvus d'infrastructure afin de mener à point les opérations de secours dans zones enclavés.

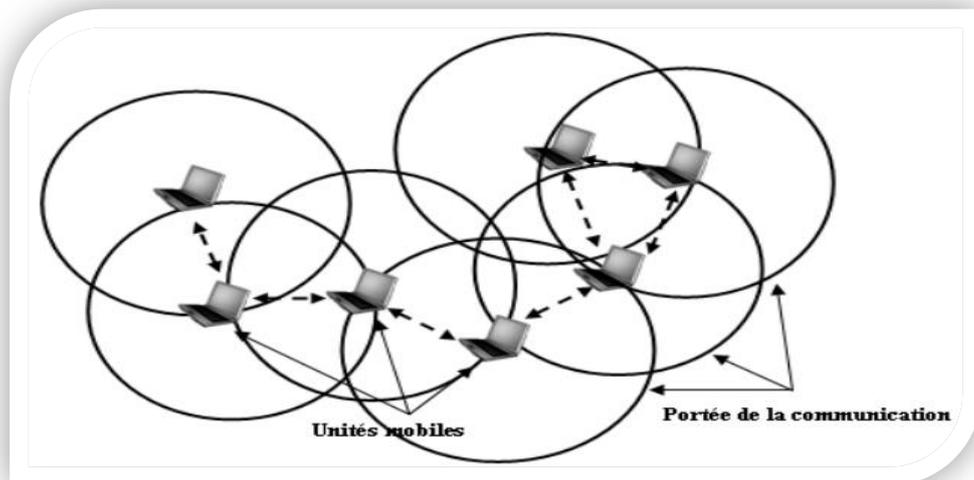


Figure1.4: Le modèle des réseaux mobiles sans infrastructure.

V. Les réseaux Ad hoc

V.1. Définition et modélisation d'un réseau Ad hoc

Un réseau mobile Ad Hoc appelé généralement MANET (Mobile Ad Hoc NETwork), consiste en une grande population, relativement dense, d'unités mobiles qui se déplacent dans un territoire quelconque et dont le seul moyen de communication est l'utilisation des interfaces sans-fil, sans l'aide d'une infrastructure préexistante ou administration centralisée [4].

V.2. Les applications des réseaux Ad Hoc

Les réseaux ad hoc sont rapides et faciles à déployer, ils sont particulièrement intéressants pour les applications militaires ou l'installation d'infrastructure fixe est souvent impossible, ils peuvent être aussi utilisés dans [5]:

- ❖ **Les opérations de recherche et de secours:** en cas de tremblement de terre, de feux ou d'inondation, dans le but de remplacer rapidement l'infrastructure détruite.
- ❖ **L'informatique embarquée:** dans des véhicules communiquant par exemple.
- ❖ **Les entreprises :** dans le cadre d'une réunion ou d'une conférence.

- ❖ **Les gares et aéroports:** pour la communication et la collaboration entre les membres du personnel.

D'une façon générale, les réseaux ad hoc sont utilisés dans toute application où le déploiement d'une infrastructure réseau fixe est trop contraignant, soit parce qu'il est difficile à mettre en place, soit parce que la durée d'installation du réseau ne le justifie pas.

V.3 Caractéristiques des réseaux Ad Hoc

Les réseaux mobiles Ad Hoc présentent plusieurs caractéristiques, à savoir :

V.3.1. Topologie dynamique

Une particularité très importante qui distingue les réseaux mobiles AdHoc des réseaux filaires est la mobilité de ses nœuds. Les nœuds sont libres de se déplacer arbitrairement, des routes peuvent se créer et disparaître très souvent, ce qui provoque des changements fréquents dans la topologie du réseau. Ces modifications doivent être prises en compte par le protocole de routage. Cette caractéristique rend la topologie de ce type du réseau sans fil très dynamique [1].

La figure 1.5 suivante illustre la topologie dynamique des réseaux Ad Hoc.

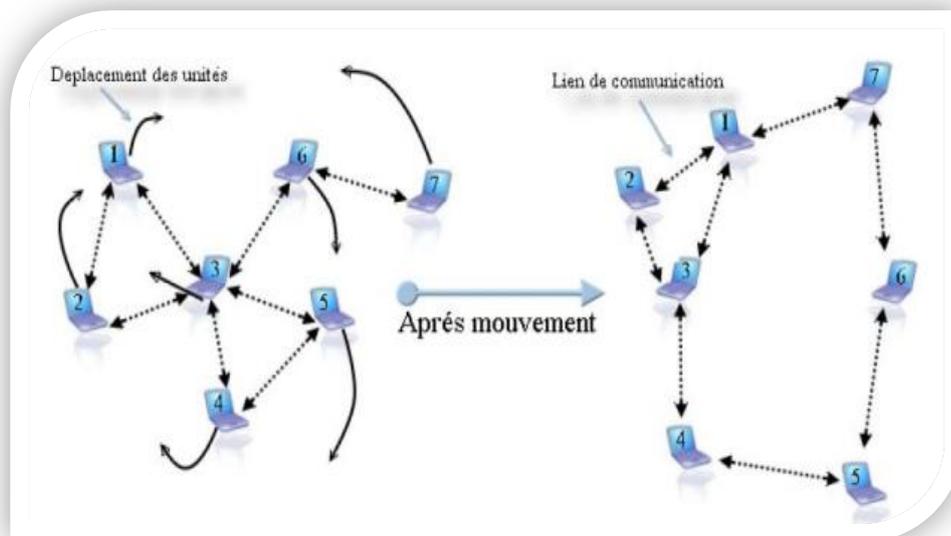


Figure 1.5: Topologie dynamique des réseaux ad hoc.

V.3.2. L'hétérogénéité des nœuds

Un nœud mobile peut être équipé d'une ou plusieurs interfaces radio ayant des capacités de transmission variées et opérant dans des plages de fréquences différentes. Cette hétérogénéité de capacité peut engendrer des liens asymétriques dans le réseau. De plus, les nœuds peuvent avoir des différences en terme de capacité de traitement (CPU, mémoire), de logiciel, de taille (petit, grand) et de mobilité (lent, rapide). Dans ce cas, une adaptation dynamique des protocoles s'avère nécessaire pour supporter de telles situations [8].

V.3.3. L'absence d'infrastructure

Les réseaux ad hoc 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 [3].

V.3.4. Routage par relais

Dans un réseau Ad hoc, un terminal peut communiquer directement avec les terminaux à sa portée (ses voisins).

Lorsqu'une machine veut communiquer avec une autre se trouvant hors de sa portée, chaque nœud actif du réseau sert de routeur pour ses voisins.

Dans l'exemple ci-dessus, la machine A dont la portée est schématisée par le cercle orange, veut communiquer avec la machine C se trouvant hors de son champ de réception. Pour aboutir, la connexion réseau va donc utiliser la machine B se trouvant à portée de réception des machines A et C [1].

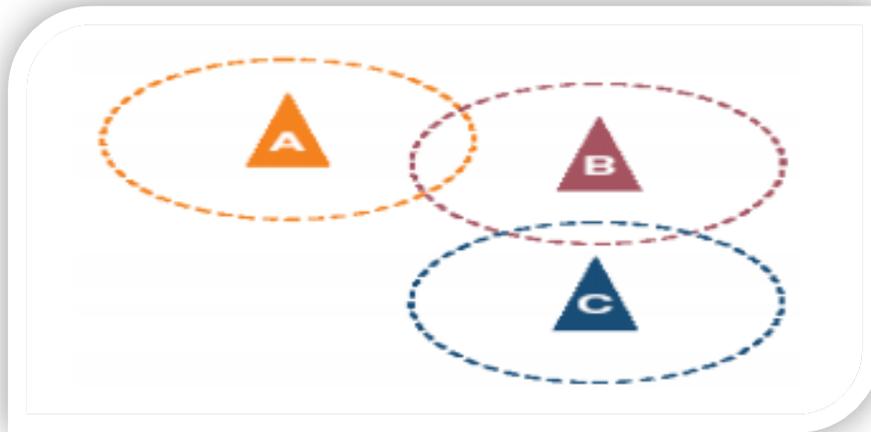


Figure 1.6: Portée d'un nœud.

V.3.5. La taille des réseaux ad hoc

Elle est souvent de petite ou moyenne taille (une centaine de nœuds) , le réseau est utilisé pour étendre temporairement un réseau filaire, comme pour une conférence ou des situations où le déploiement du réseau fixe n'est pas approprié (ex : catastrophes naturelles). Cependant, quelques applications des réseaux ad hoc nécessitent une utilisation allant jusqu'à des dizaines de milliers de nœuds, comme dans les réseaux de senseurs. Des problèmes liés au passage à l'échelle tels que : l'adressage, le routage, la gestion de la localisation des senseurs et la configuration du réseau, la sécurité, etc., doivent être résolus pour une meilleure gestion du réseau [6].

V.3.6. Une Bande passante limitée

Les nœuds dans les réseaux ad hoc utilisent une technologie de communication sans fil, malgré des progrès très importants la bande passante reste modeste comparée aux technologies des réseaux filaires [5].

VI. Réseaux Véhiculaires Ad hoc

VI.1. Définition d'un réseau VANET

Un réseau de véhicule VANET est vu comme un cas particulier du réseau MANET (Mobile Ad Hoc Network). Les réseaux VANETs permettent d'établir des communications entre véhicules ou bien une infrastructure située aux bords de routes.

Un exemple de réseau VANET urbain est illustré dans la figure 1.7.

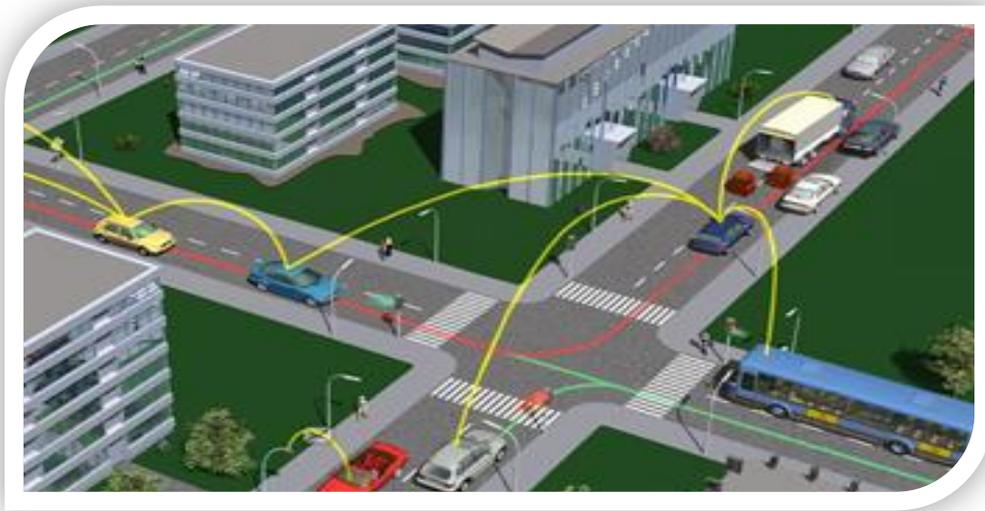


Figure 1.7 : Exemple de réseau VANET.

VI.2. Le Nœud du réseau VANET

Des véhicules sont mis à la place des terminaux intelligents (ordinateur, PDA...etc) qui constituaient au paravent des nœuds du réseau. Il y a connexion de tous les véhicules les uns aux autres permettant ainsi la construction d'un réseau point à point (P2P pour peer to peer) d'où le double rôle joué par chaque véhicule : celui de client et celui de point d'accès.

La figure 1.8 représente la hiérarchie des réseaux sans fil où elle schématise l'inclusion des réseaux véhiculaires Ad Hoc VANET dans les réseaux mobile Ad Hoc MANET, les MANET dans les réseaux Mobiles ainsi que les réseaux mobiles dans les réseaux sans fil.

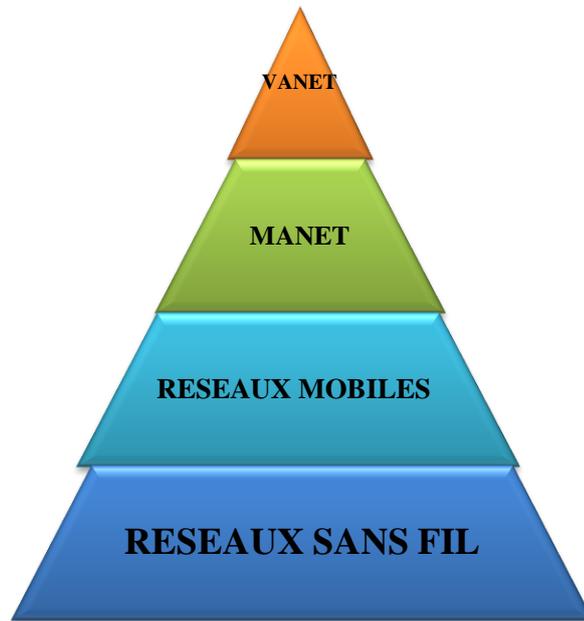


Figure 1.8 : Hiérarchie des réseaux sans fil.

VII. Réseaux de Capteurs (Sensors Networks)

Dans ce réseau (SN.SENSORS NETWORKS), les nœuds ne sont plus des terminaux intelligents (Ordinateur, PDA...etc) mais des capteurs équipés de dispositifs de mesure, (température, vitesse, pression, vibration, localisation) de microcontrôleur d'un système d'alimentation et d'une (ou plusieurs) antenne (s) radio.

Ainsi le traitement des mesures réparties sur une zone donnée et leurs transfert vers une (ou plusieurs) station (s) de base a été le but du déploiement d'un tel réseau.

VII.1 Réseau de Capteur Véhiculaire (VSN)

Nous assistons actuellement à l'émergence des VSN, une nouvelle architecture de réseau de véhicule dont le but est de procéder à la collecte et la diffusion proactive et en temps réel des paramètres ou données propres à l'environnement où évoluent les véhicules.

A cet effet, pratiquement la majorité des véhicules récents sont munis d'une panoplie de capteurs (camera, capteur de pluie, capteur de l'état des pneumatiques, capteur de pollution, GPS...etc).

Nous pouvons dire que ceux-ci peuvent être utiles pour plus d'informations sur le trafic routier.

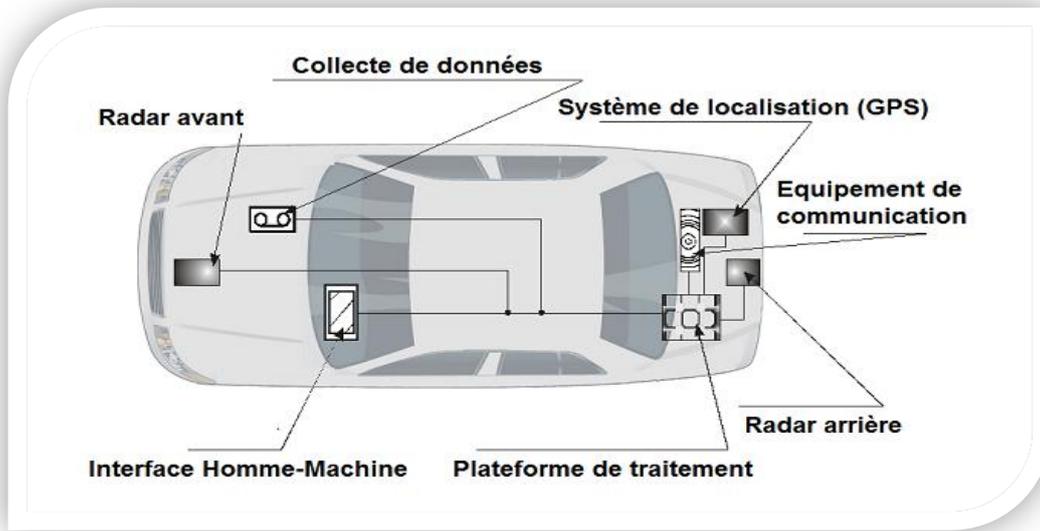


Figure 1.8 : Exemple les éléments constituant le véhicule intelligent

La différence entre un réseau de capteur véhiculaire et un réseau ad hoc, réside dans le fait que dans un réseau de capteurs, le routage est généralement directionnel et est basé sur l'agrégation des données qui sont envoyées vers les stations de bases par une liaison multi sauts où chaque nœud intermédiaire ajoute sa propre mesure jusqu'à ce que toutes les données arrivent au niveau d'une station de base [7].

VII.2 Technologies de communication dans les VSN

- ❖ La communication de véhicule à véhicule(V2V).
- ❖ La communication de véhicule à infrastructure (V2I).
- ❖ La communication hybrides : c'est la combinaison entre les deux types de communication cités précédemment afin d'obtenir une communication hybride intéressante qui a pour avantage l'extension de l'intervalle de réseau.

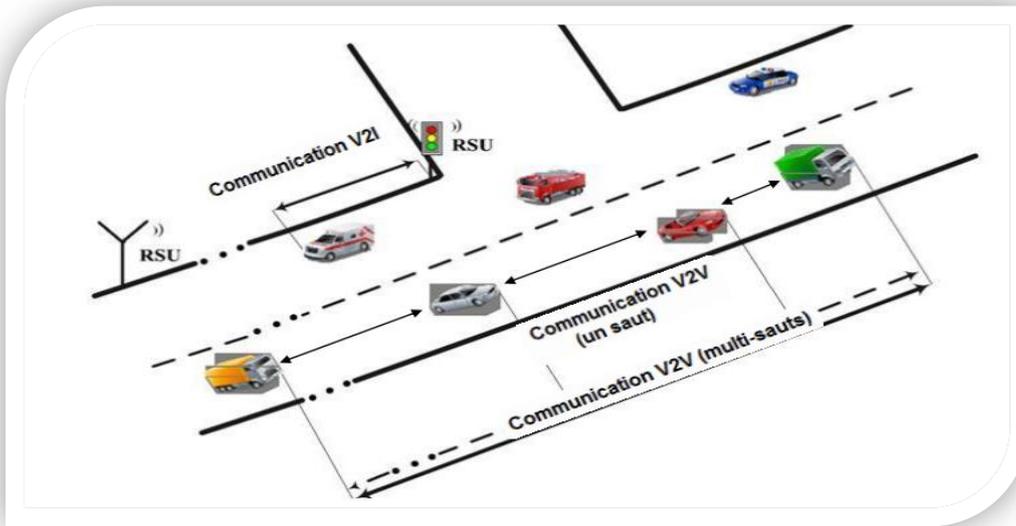


Figure 1.9 : Types de communication dans un réseau de véhicules.

VII.2.1 Communication de véhicule à véhicule (V2V)

Un réseau VANET est une particularité des réseaux MANET (Mobile Ad Hoc Network). Aucune infrastructure n'est utilisée, aucune installation n'est nécessaire sur les routes et le véhicule est équipé pour communiquer directement avec autre véhicule s'il se situe dans sa zone radio, ou bien un protocole multi-sauts qui utilise les nœuds voisins dans la transmission des messages.

Communication de véhicule à véhicule (V2V) est très efficace pour la transmission des informations dans la route. Mais elle ne garantit pas une connectivité permanente entre les véhicules.

Cette approche souffre de certains inconvénients sont :

- La sécurité réseau est très limitée.
- Lorsque la communication utilise le multi sauts, Les délais de communication sont élevés.
- Les déconnexions fréquentes dues au fait que les véhicules sont mobiles.

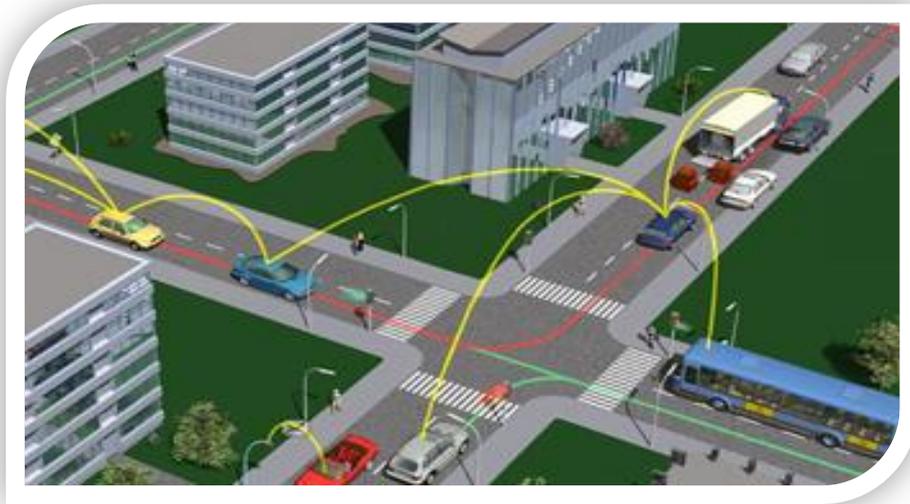


Figure 1.10 : Communication véhicule à véhicule.

IV.2.2 Communication de véhicule avec utilisation d'infrastructures (V2I)

Ce mode de communication permet une meilleure utilisation des ressources partagées et démultiplie les services fournis (par exemple : accès à Internet, échange de données de voiture-à-domicile, communications de voiture-à-garage de réparation pour le diagnostic distant, ...etc.) grâce à des points d'accès RSU (Road Side Units) déployés aux bords des routes; ce mode est inadéquat pour les applications liées à la sécurité routière car les réseaux à infrastructure ne sont pas performants quant aux délais d'acheminement [8].



Figure 1.11 : Communication véhicule à station de base.

IV.2.3. Communication Hybride

La combinaison des communications véhicule à véhicules avec les communications de véhicules avec utilisation d'infrastructures, permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures (stations de bases) étant limitées, l'utilisation des véhicules comme relais permet d'étendre cette distance. Dans un but économique et afin d'éviter la multiplication des stations de bases à chaque coin de rue, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance [1].

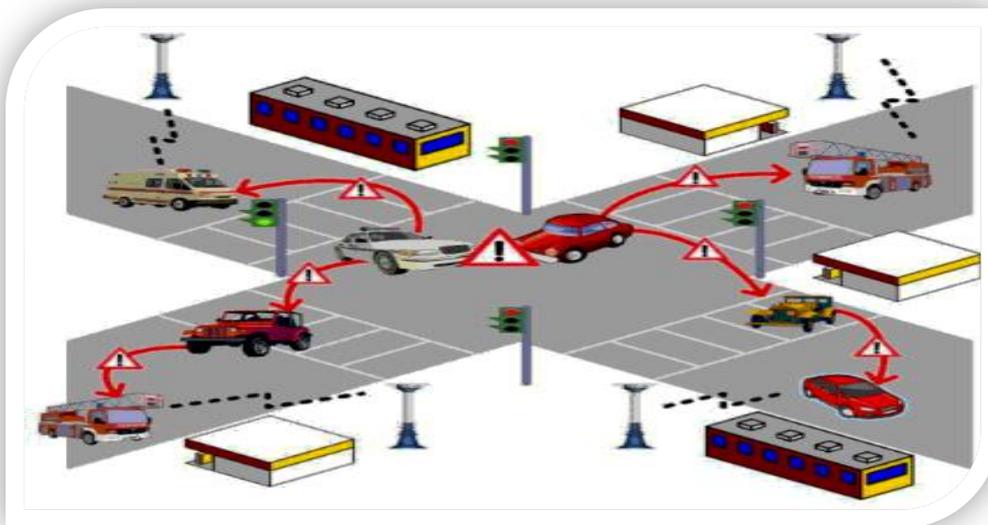


Figure 1.11 : communication hybride.

VII.3 Environnement de déplacement des véhicules

On distingue les environnements suivants :

- **Autoroute** : ses spécificités tiennent compte des déplacements à grande allure avec des dépassements de véhicules et une densité de nœuds qui coïncide avec l'heure de la journée, le jour de la semaine et la période de l'année.
- **Ville** : vitesse moyenne en vue d'intersections plus grandes. Il existe des endroits d'arrêt aux feux, des densités de voitures plus ou moins grandes et l'existence de routes

plus fréquentées que d'autres (routes principales, endroit commercial ou touristique par exemple).

- **Campagne** : elle se caractérise par des vitesses modérées avec un nombre de voitures plus faible.

VII.4 Applications des Réseaux de Capteurs Véhiculaire

Le fait de munir nos voitures et nos routes de capacités de communication rend la route plus au moins sûre et le temps qu'on n'y passe plus agréable, néanmoins ces applications de confort et de sécurité routière présentent des contraintes multiples : L'exemple d'un accident nous permet de détecter les limites de ces applications (la vitesse de propagation de l'information) - prévenir les usagers cela demande du temps. Par contre, la diffusion de la publicité n'a pas la contrainte de temps mais plus consommatrice de bande passante.

Nous avons jugé nécessaire de vous informer :

VII.4.1 Applications de sécurité routière

- Message d'alerte dans le cas d'un accident.
- Message d'alerte dans le cas de freinage prompt (circulation dense. Encombrement, travaux, intempéries).

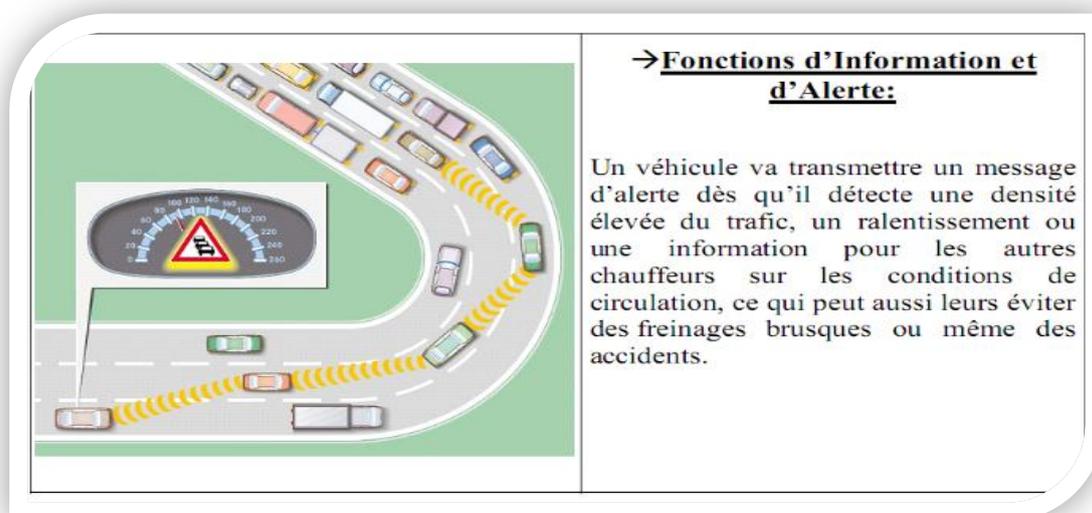


Figure 1.11 : Exemple de Fonction d'alerte entre véhicules.

- La conduite coopérative.

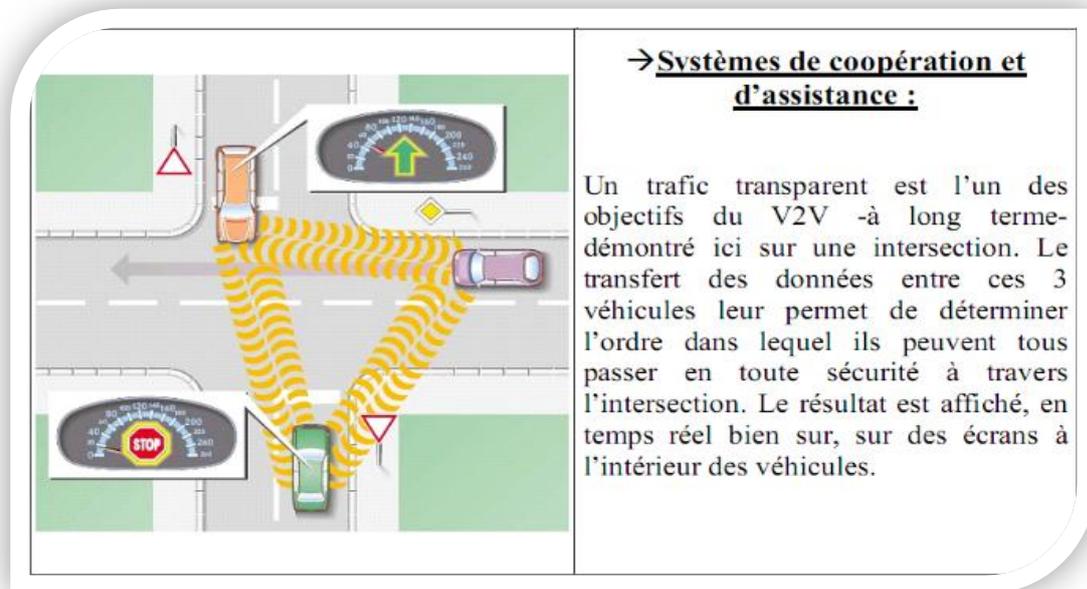


Figure 1.12 : Exemple de Coopération entre véhicules.

VII.4.2 Application de confort

Réseaux collaboratifs : par exemple le partage de musique et vidéo entre véhicules (programme de diffusion continu).

L'utilisation d'internet dans les transports : les passagers à l'intérieur des voitures peuvent naviguer sur net entre eux.

L'obtention des informations sur la disponibilité des aires de stationnement dans les parkings grâce au service de gestion intelligent.

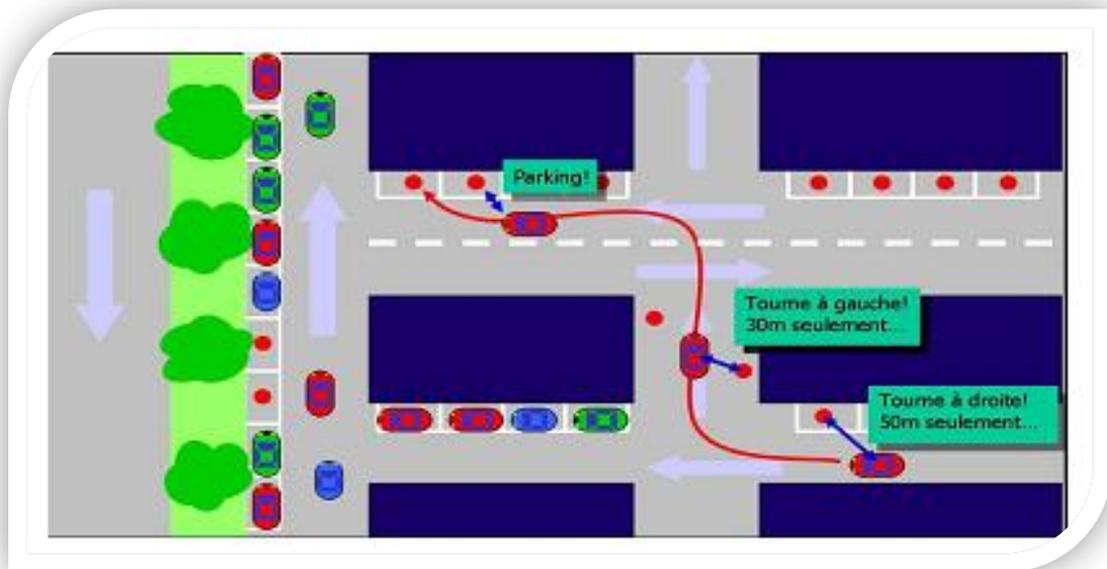


Figure 1.13 : Exemple de gestion des espaces libres dans les parkings

VII.4 Les principaux problèmes des Réseaux de Capteurs Véhiculaires

- **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, et d'une manière rapide et aléatoire.
- **Une bande passante limitée** : Une des caractéristiques primordiales des réseaux basés sur la communication sans fil est l'utilisation d'un médium de communication partagé. Ce partage fait que la bande passante réservée à un hôte soit modeste.
- **Des contraintes d'énergie** : Les hôtes mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes (batteries, autres sources consommables). Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.
- **Une sécurité physique limitée** : Les réseaux mobiles ad hoc sont plus touchés par le paramètre de sécurité, que les réseaux filaires classiques. Cela se justifie par les contraintes et limitations physiques qui font que le contrôle des données transférées doit être minimisé.
- **Interférences** : Les liens radios ne sont pas isolés, deux transmissions simultanées sur une même fréquence ou utilisant des fréquences proches peuvent interférer [9]

VIII. Conclusion

De ce fait nous pouvons conclure que le réseau hybride présente des avantages nettement meilleurs que les réseaux basé infrastructure seuls et les réseaux sans infrastructure seuls également. Par conséquent, nous allons nous baser sur les VSN (VEHICULARE SENSORS NETWORKS) pour développer notre méthode de travail qui consiste en l'utilisation d'un réseau plus sûr, plus efficace, plus fiable.

Nous nous intéresserons dans le chapitre suivant à la collecte et à la dissémination des données d'un véhicule à un autre et en utilisant les protocoles de routage.

I. Introduction

Au niveau du réseau VSN (Vehicular Sensors Networks), les véhicules, roulant dans un environnement caractérisé par le changement rapide de topologies, s'échangent mutuellement les informations qui pourraient être utilisées comme alertes afin d'attirer l'attention des conducteurs sur un événement (accident, freinage d'urgence, place de stationnement disponible, etc.). Aussi pour assurer l'échange de ces informations, nous avons besoin d'un mécanisme permettant la sélection des chemins dans le réseau afin de procéder à la transmission des événements cités précédemment depuis un expéditeur jusqu'à un destinataire d'où la notion de routage. Que nous allons essayer de décrire ci-après.

II. Agrégation et collecte des données dans les réseaux VSN

Nous remarquons essentiellement l'existence de différentes techniques et méthodes d'agrégation de données, dans les réseaux de capteurs. Pour être traitées, les données doivent tout d'abord se déplacer sur le réseau vers des stations de bases. L'agrégation de données dans un réseau de capteurs véhiculaires est basée sur le même principe que dans un réseau de capteurs classiques. Pour éviter certaines contraintes techniques (les tempêtes de broadcast, les collisions, les interférences), il va falloir procéder à l'envoi d'un maximum d'informations utiles vers les stations de bases tout en adressant un minimum des messages via le médium de communication sans fils durant une période très réduite.

Pour se faire, Il faut traiter l'information reçue par le biais des techniques suivantes :

- La compression des données.
- La fusion des informations redondantes.
- La suppression des informations non valides (dépassées, non significatives, ...etc.).
- Un recodage de l'information.

Le traitement de l'agrégation des données VSN (Vehicular Sensors Networks) se résume selon trois axes principaux :

II.1 Agrégation par les timestamp

La solution d'agrégation opportuniste pour les réseaux de véhicules, basée sur le timestamp et proposée par les auteurs en [10], fait que les nœuds procèdent à l'envoi des données dès qu'ils en ont la possibilité. et, c'est au moment de la consultation des indicateurs temporels générés qu'il y a vérification de la validité de l'information ou de son rejet.

II.2 Agrégation par ratio

Un modèle d'agrégation est proposé pour les VSN par les auteurs dans [11], qui se servent d'un ratio pré calculé à l'effet d'être utilisé dans le but de définir d'autres *informations* similaires. Ainsi seront prises en compte toute erreur induite par l'information quant aux données agrégées et la distance du nœud pour un coût est associé pour chaque enregistrement.

II.3 Agrégation probabiliste

Ce modèle *se distingue des autres*, introduit par [12]. Ce modèle, très paramétrable, utilisé par un grand nombre de réseaux se base sur l'usage d'un modèle mathématique afin d'aboutir à une approximation des données similaires dans l'ensemble des entités. La mise en place des paramètres nécessite une bonne connaissance de la topologie vu la complexité d'implémenter ce modèle.

III. La dissémination des données

Afin d'enrichir la connaissance générale de la scène routière, les différentes informations prises par les capteurs des véhicules (position, vitesse et direction) et les données de l'environnement qui les entourent (informations sur le trafic routier, embouteillages, ralentissements, vitesse moyenne du trafic, ... etc.) sont collectées puis disséminées aux véhicules voisins ou bien vers un point central, appelé station de base. Qui, à son tour, procède à la collecte des différentes données générées par les capteurs, lesquels capteurs présentent des ressources matérielles limitées en termes de calcul et de capacités de stockage.

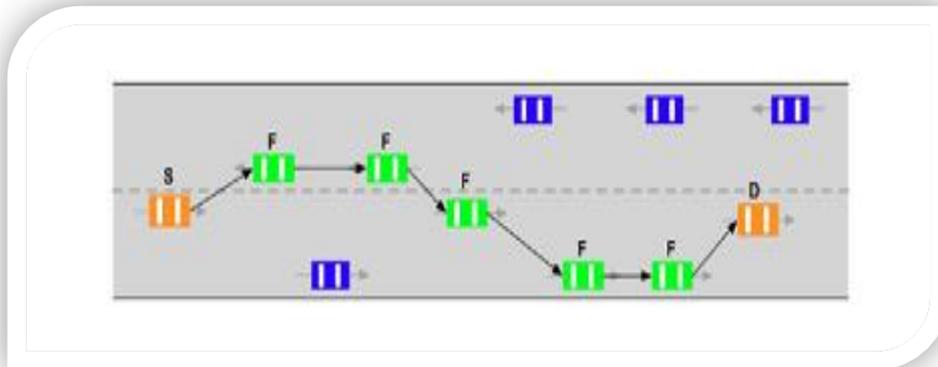


Figure 2.1 : La dissémination d'information d'une source vers une destination.

IV. Les types de dissémination

Nous avons pu extraire deux types de dissémination avec des contraintes différentes : La dissémination des messages d'urgence et celle des messages relatifs aux applications de confort.

IV.1 Disséminations des messages d'urgence

Un message d'urgence est caractérisé par son lieu de génération, sa zone de pertinence et sa durée de validité.

Donc la contrainte spatiale et temporelle doit être assurée par Le protocole de dissémination.

Tous les véhicules qui sont proches de la zone d'alerte doivent être avertis le plutôt possible pour agir rapidement (pour prise de décision).



Figure 2.2 : Exemple d'alerte de freinage d'urgence.

IV.2 Dissémination pour des applications de confort

Les applications de confort sont généralement plus consommatrices de bande passante par exemple le téléchargement de fichier. La propagation de message est donc sans contrainte de délai mais doit optimiser la bande passante. Une spécificité des applications de confort est que le contenu du message peut aussi être dynamique et se modifier lors du passage de nœud en nœud (par exemple pour mettre à jour une information) [13].

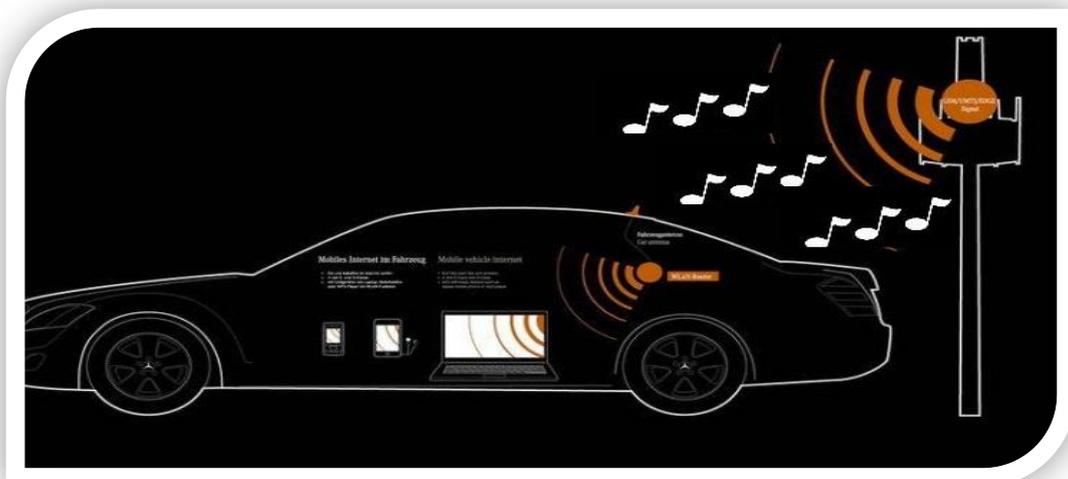


Figure 2.3 : Exemple d'applications de confort (télécharger de la musique via internet).

V. Définition du routage

L'acheminement des messages vers une destination donnée à travers un réseau de connexion x s'appelle le routage, ce dernier consiste à déterminer le meilleur chemin (optimal) des données à travers le réseau au sens d'un certain critère de performance.

Le but du routage est d'assurer l'arrivée adéquat des paquets vers la bonne destination avec le moindre coût en assurant un bon fonctionnement même en cas de panne d'arc ou de nœud.

Exemple

Supposons que les liens ont les mêmes coûts, le chemin optimal reliant la source et la destination est représenté dans la figure ci-dessous. On dit que le routage a une bonne stratégie si ce chemin est utilisé dans le transfert des données entre les deux nœuds.

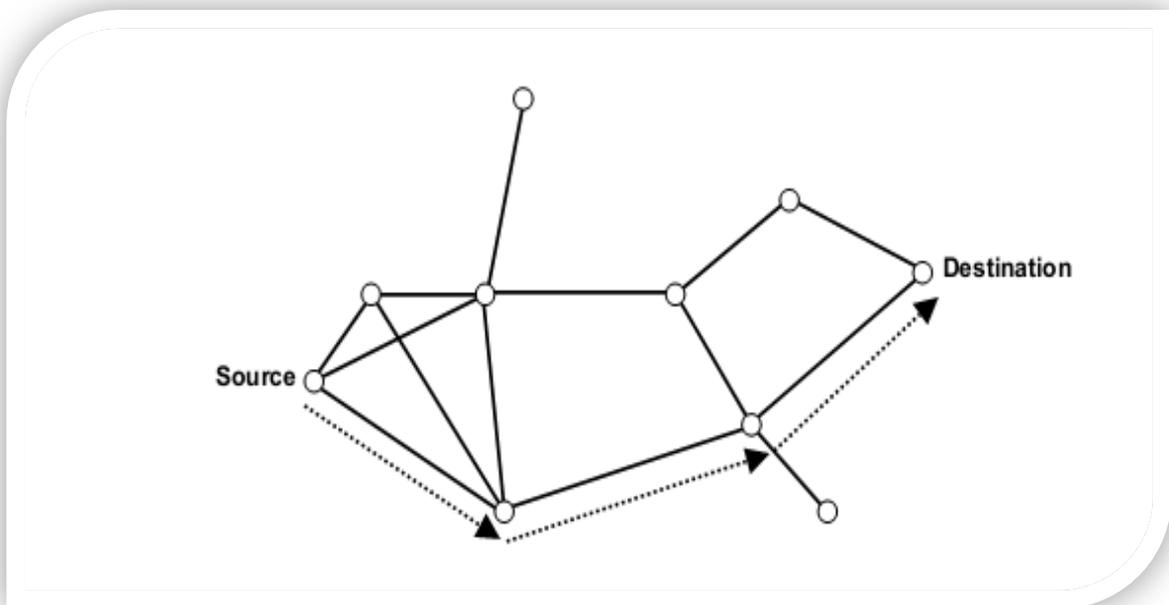


Figure 2.4 : Exemple de chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination.

VI. Les protocoles de routage pour les réseaux

Puisque le réseau Ad-Hoc est différent du réseau de capteur, les protocoles du premier ne sont pas compatibles avec le deuxième, aussi, l'amélioration et le développement de nouveaux protocoles sont nécessaires.

De nombreuses techniques de routages en été conçues spécialement pour les réseaux capteurs sans fil.

Les algorithmes de routage sont classés en trois familles : les algorithmes de routage donnés centrales, hiérarchiques et géographiques.

VI.1 Les protocoles donnés centrales (Data- centric protocols)

Dans ce protocole tous les véhicules ont le même rôle, ce qui explique sa simplicité. Chaque véhicule envoie ses données à la station de base. Les nœuds capteurs coordonnent leurs efforts afin d'achever la tâche de capter. La station de base envoie des requêtes à certaines régions et reste en quête de réception d'éventuelles données des capteurs situés dans la même zone.

A titre d'exemple :

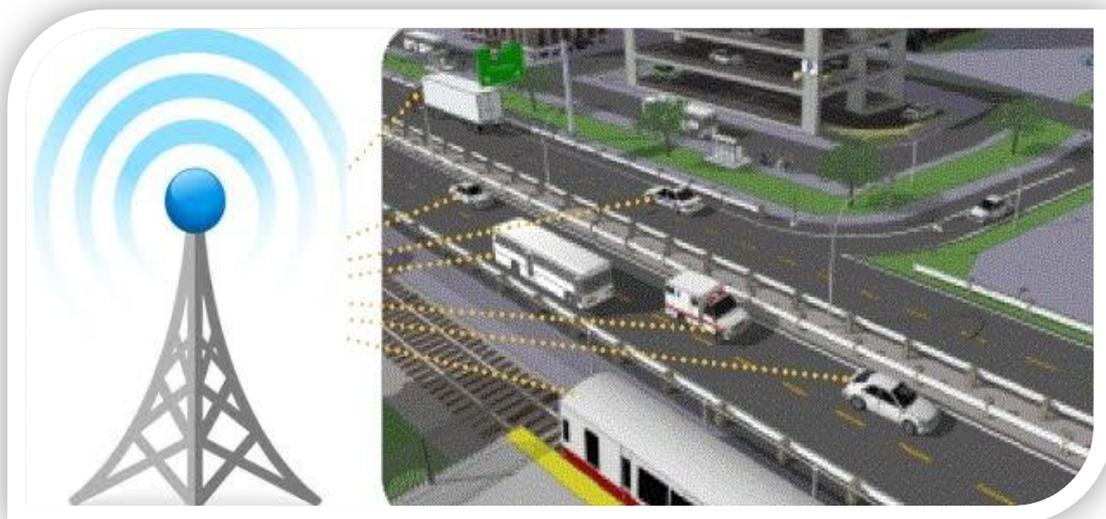


Figure 2.5 : Exemple de protocole central.

VI.1.1 Propagation et discussion (flooding and gossiping)

Dans la propagation tout ensemble de données (paquet) reçues par un capteur est transmis à tous ses voisins. La même opération se poursuit jusqu'à ce que le paquet arrive à destination ou jusqu'à ce que le nombre maximum de sauts pour le paquet soit atteint. Contrairement au flooding, le gossiping est une version légèrement améliorée car le nœud récepteur envoie le paquet à un voisin choisi aléatoirement.

VI.1.2 Protocoles de capteur pour l'information par négociation (SPIN)

L'intérêt d'utiliser le spin est de donner un nom aux données par le biais des descripteurs de haut niveau ou méta- données, ces dernières sont envoyées entre les voitures capteurs par le mécanisme de publicité de données. Une fois les données reçues, chaque véhicule les annonce à ses voisins. Ceux qui sont intéressés lancent leur requête (figure suivante), pour en recevoir.

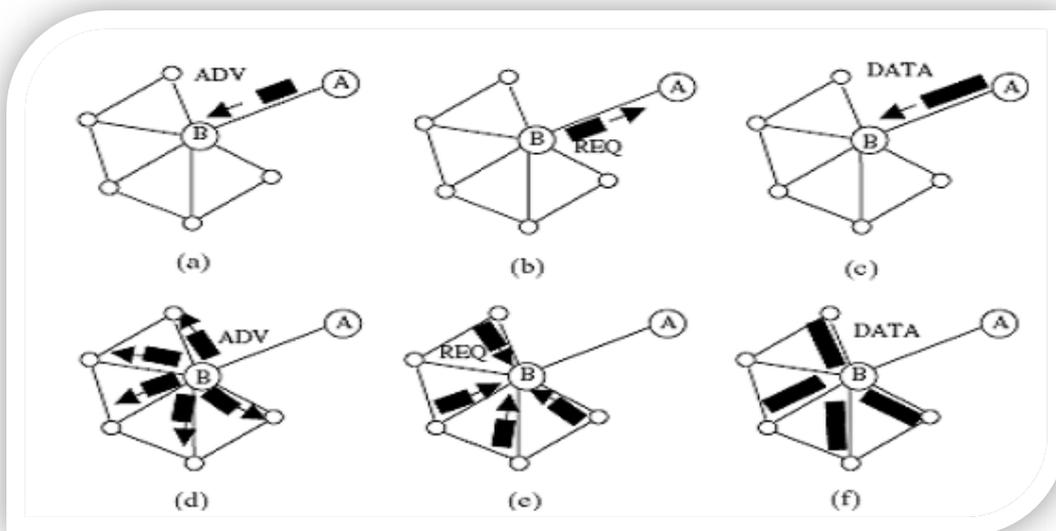


Figure 2.6: le protocole SPIN. Le nœud A annonce ses données au nœud B (a). B répond par une requête (b). B reçoit les données requises (c). B fait de la publicité à ses voisins (d) qui répondent par des requêtes (e-f).

VI.1.3 Routage par rumeur

L'idée derrière le routage par rumeur est la transmission des requêtes aux véhicules qui ont détecté un événement particulier.

Dès qu'un nœud observe un événement, il l'ajoute à sa table locale d'événements et crée un agent. Ce dernier balaie tout le réseau afin de propager, aux nœuds éloignés, les informations propre à l'événement détecté.

Seuls les nœuds qui ont une bonne vision du chemin peuvent répondre à la requête générée par le nœud, tout en se référant à la table d'événements.

VI.2 Les protocoles basés sur la localisation (géographique)

Une fois leur localisation connue, les nœuds capteurs sont adressés aux nœuds voisins, ainsi les coordonnées relatives aux nœuds voisins peuvent être obtenues en s'informant mutuellement. Par ailleurs le fait également d'entrer directement en contact avec un satellite en utilisant le GPS (système de positionnement global). La localisation des nœuds peut être disponible.

Ainsi dans la plupart des protocoles de routage, le calcul de la distance entre deux nœuds particuliers et l'estimation de la consommation d'énergie sont subordonnés à l'information sur la localisation des nœuds.

Parmi ces protocoles nous distinguons :

VI.2.1 MECN et SMECN

Tout en se basant sur l'utilisation du GPS à faible puissance, le MECN (Minimum energy communication network) souhaite trouver un sous réseau avec un nombre limité de nœuds et exigeant moins de puissance pour la transmission entre les deux nœuds les plus éloignés possibles.

SMECN (Small MECN) a produit un sous- réseau plus petit (en termes de nombre d'arcs) que celui construit par MECN.

VI.2.2 GAF

Par le biais de la mise en veille des nœuds inutiles dans le réseau, l'énergie demeure non seulement conservée mais sans pour autant que le niveau de fidélité du routage ne soit affecté.

A cet effet est formée une grille virtuelle pour le domaine couvert où chaque nœud peut s'associer à un point dans la grille virtuelle grâce au GPS qui indique son positionnement (Geographic adaptive fidelity). Afin d'économiser de l'énergie et, tout en mettant quelques

nœuds appartenant à un secteur particulier de la grille en état de veille, nous pouvons procéder à l'exploitation de cette équivalence.

VI.2.3 GEAR (geographic and energy-aware routing)

Vu le nombre très important de nœuds à équiper, il est conseillé d'abandonner la solution basée sur le GPS qui s'avérera extrêmement chère. Aussi il est plus économique de diminuer le nombre d'intérêts dans la diffusion dirigée tout en tenant compte simplement d'une partie des régions plutôt que le réseau tout entier.

VI.3 Les protocoles hiérarchiques

Le routage hiérarchique se base sur l'idée (véhicule standard – véhicule maître) où les véhicules standard disséminent leurs données à leur maître qui les transmet à son tour dans tout le réseau via d'autres véhicules maîtres jusqu'à la station de base. Ce type de protocoles est considéré comme étant la solution idéale du point de vue de l'efficacité énergétique.

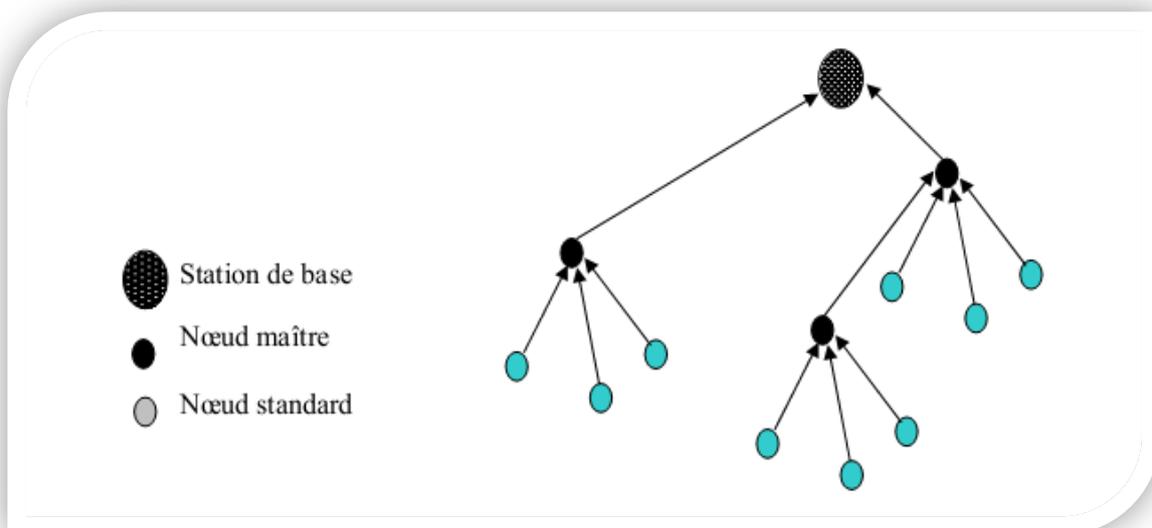


Figure 2.7 : Le routage hiérarchique

L'avantage de ce type de protocole apparaît dans l'agrégation et la fusion des informations afin de réduire le nombre des paquets transmis à la station de base, ce qui déduit à une meilleure économie d'énergie.

Les deux grandes approches dérivées de ce protocole sont : chaîne-based approach (approche chaînée) et cluster-based approach (approche à grappe).

VI.3.1 Cluster-based approach (approche à grappe)

Cette approche consiste à décomposer le réseau en grappe (clusters) où on trouve dans chacun d'entre eux un seul véhicule sélectionné comme un maître (Cluster Head). Ce dernier joue le rôle d'une passerelle (point de transfert). Chaque Cluster Head génère un plan de transmission pour les capteurs dans la même grappe, ce plan permet aux véhicules standards (non Cluster Head) d'être endormis sauf durant sa période de transmission.

Le nœud qui a une importante énergie peut être utilisé dans le traitement et l'envoi des données et ce qui a une faible énergie peut être utilisé dans la collecte des données.

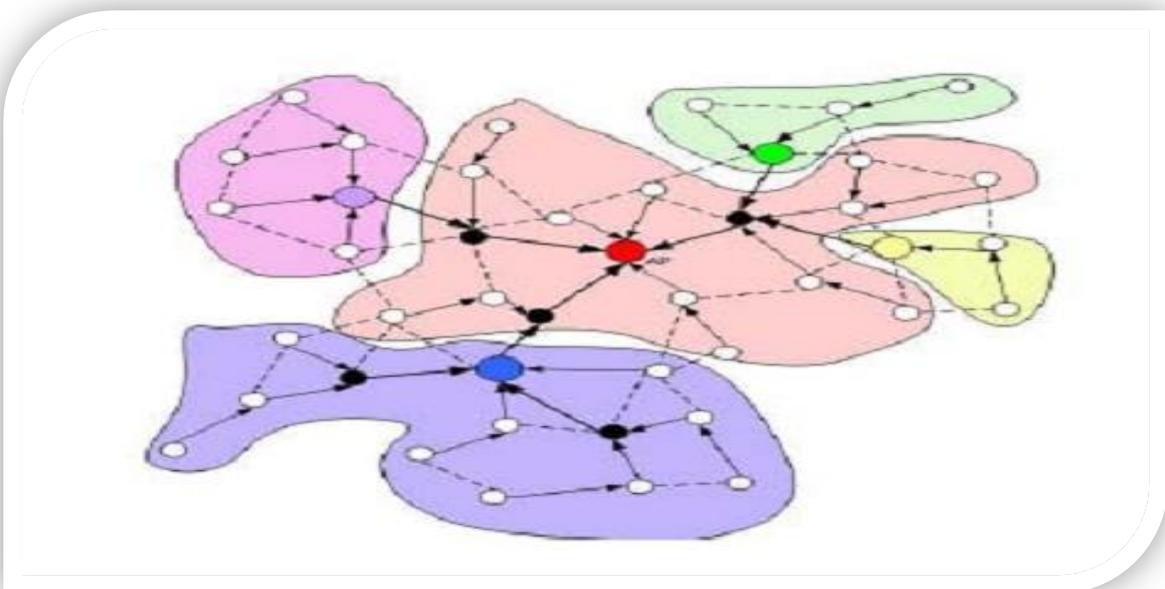


Figure 2.8 : Cluster-based approach (approche à grappe).

VI.3.1.1 LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) est un protocole auto-organisateur basé sur le clustering adaptatif, qui utilise la rotation randomisée des têtes de grappe pour distribuer équitablement la charge d'énergie entre les nœuds capteurs dans le réseau. Il est considéré comme étant l'une des premières approches de routage hiérarchique basées sur le clustering. LEACH

Il est fondé sur deux hypothèses de base :

- ❖ La station de base est fixe et est placée loin des capteurs,
- ❖ Tous les nœuds du réseau sont homogènes et limités en énergie.

L'idée derrière LEACH est de former des clusters des nœuds capteurs selon la force reçue du signal et d'utiliser les têtes locales de grappe (cluster head) comme des routeurs pour acheminer des données à la station de base [14].

VI.3.2 Chain-based approach (approche à chaîne)

Dans cette approche la notion de clustering n'est pas prise en compte. Le réseau est réorganisé sous forme d'une chaîne de proches voisins. Le véhicule qui se trouve en tête de la chaîne (le plus proche de la station de base) est sélectionné pour transférer les données à la station de base.

L'utilisation de la chaîne de proches voisins est apparue pour la première fois dans l'algorithme PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems).

VI.3.2.1 PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems)

Un perfectionnement meilleur que celui du protocole LEACH a été proposé. Le protocole PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems) est un protocole basé chaîne, proche de l'optimal. L'idée de base du protocole est que, dans le but de prolonger la durée de vie du réseau, les nœuds vont être organisés de telle sorte à ce qu'ils forment une chaîne. Ils n'auront ainsi besoin de communiquer qu'avec seulement leurs

voisins les plus proches et se relaient dans la communication avec la station de base. Quand le cycle de tous les nœuds communiquant avec la station de base serait finit, un nouveau cycle commence et ainsi de suite. Ceci réduit l'énergie exigée pour transmettre des données par cycle du moment que la dissipation d'énergie est diffusée uniformément au-dessus de tous les nœuds [15].

VII. Conclusion

Une des exigences des applications de la sécurité routière est la propagation du message d'alerte, de la fiabilité des transmissions ainsi que la durée minimale exigée.

Nous avons abordé ce chapitre par donner un aperçu sur l'agrégation et la collecte des données dans les VSN (Vehicular Sensor Network), la dissémination des données, leur type ainsi que la définition du routage et ses protocoles.

Dans le chapitre suivant nous étudierons un exemple de protocole de routage (VSN).

I. Introduction

Ce chapitre est consacré au CGP (Clustered Gathering Protocol), qui est un protocole utilisant le concept de dissémination hiérarchique et géographique afin de transmettre les données déjà collectées et agrégées vers la station de base. Pour mieux comprendre ce protocole nous jugeons utile de procéder comme suit :

Premièrement, nous commençons par définir le Protocole CGP, ses mécanismes de dissémination, et son environnement. Deuxièmement nous nous attardons sur le détail du déroulement du CGP. Enfin nous concluons par le troisième point qui a trait aux limites de ce protocole.

II. Solution proposée par Ismail SALHI: Clustered Gathering Protocol – CGP

L'approche de Mr Salhi Ismail consiste en un protocole appelé CGP (Clustered Gathering Protocol), qui combine à la fois l'approche base infrastructure V2I et l'approche sans infrastructure V2V qu'on appelle mode de communication hybride ayant pour but la collecte d'informations.

II.1 Définition du Protocole CGP

Le CGP (Clustered Gathering Protocol) qu'on appelle Protocole de Collecte par Clustering, est un algorithme comprenant plusieurs étapes qui mènent à la transmission des informations collectées par les véhicules vers une station fixe.

Le cycle de parcours de l'information est globalement décrit comme suit :

- Capture de l'information.
- La collecte locale des données <emplacement, température, vitesse, accélération, détection de mauvais temps, sens de conduite, niveau d'essence, ... >.
- L'envoi de données : la station est détectée envoi direct.
- L'envoi de données en multi-sauts : si la station de base n'est pas détectée.
- L'envoi des informations à l'opérateur par le biais de la station de base.
- L'étude de l'information au niveau du serveur.
- Retour de l'information aux VSNs via opérateur, après traitement de toutes les données.

La vision globale sur le trafic routier dépend, non pas des informations prises séparément car elles ne sont pas utiles, mais de l'ensemble des informations recueillies au niveau d'une région. Exemple : une circulation au niveau d'un segment ne signifie pas obligatoirement qu'il y en a une au niveau de toute la route. Néanmoins, si l'opérateur, qui dispose de toutes les informations récoltées détecte un ralentissement sur plusieurs kilomètres, il peut conclure qu'un incident est survenu.

II.2 Mécanisme de dissémination dans le CGP

Comme vu précédemment, l'approche par clusters permet de limiter les tempêtes de broadcast et ainsi éviter au maximum les collisions qui peuvent faire chuter le taux d'acheminement des messages et cela à cause du partitionnement inhérent aux réseaux de véhicules. D'autant plus que l'équité nécessaire dans un réseau de capteurs impose des taux d'acheminement élevés et cela afin d'avoir des mesures fiables et représentatives.

En ce qui concerne la communication entre véhicule et infrastructure, nous avons opté pour une dissémination géographique pour l'acheminement des messages vers les stations de base.

Et cela dans la mesure où un nœud connaît à chaque instant sa propre position et celle de la station fixe. Ainsi, le trafic sera toujours orienté (géographiquement) vers la station fixe la plus proche dans le sens ou avancent les nœuds [16].

II.3 Environnement du Protocole CGP

Le protocole CGP utilise le Clustering géographique pour rassembler et envoyer les messages. Pour ce faire, il faut diviser la route en une multitude de segments (voir fig. 2) de même taille. Dans chaque segment comprend une tête de cluster (élue) (Cluster Head). Ce cluster head aura pour tâche de collecter les données au niveau de son segment, et de les transmettre au prochain segment vers la direction de la station de base la plus proche dans le sens de l'avancement des nœuds. L'ensemble des segments alloués à la dite base représentent la zone où les données sont recueillies.

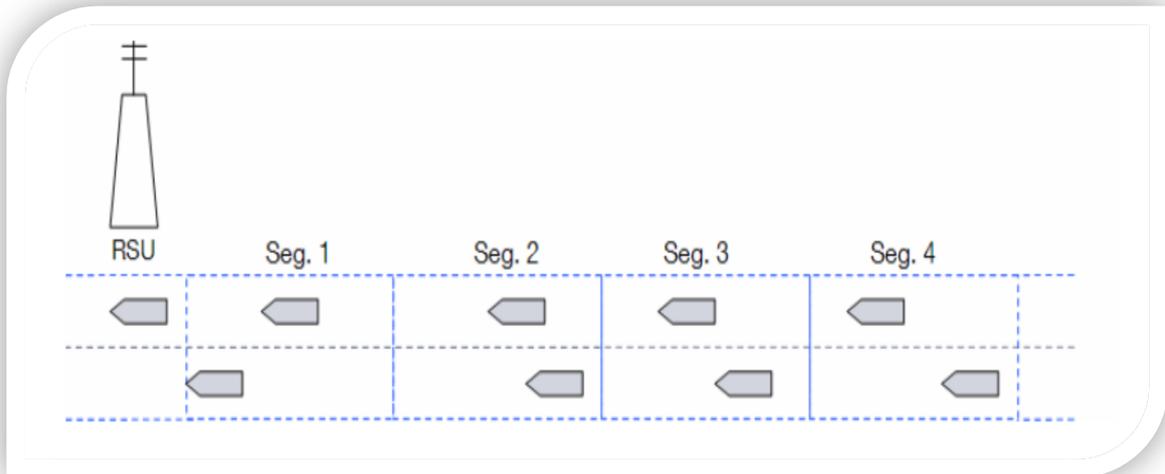


Figure 3.1 - Segmentation d'une route pour CGP

Le protocole CGP impose quelques exigences pour son exécution :

- Les véhicules doivent être équipés :
 - ❖ D'une carte 802.11 pour la communication entre les véhicules
 - ❖ D'un équipement pour communiquer avec les stations de l'opérateur (GSM, UMTS, WiMax etc...)
 - ❖ De GPS pour leur localisation et leur synchronisation
 - ❖ Matériel nécessaire pour calculer leur vitesse.
- Les véhicules doivent être en possession de la carte routière de la région et des endroits de toutes les stations fixes.
- Les nœuds doivent être synchronisés (via les GPS).
- L'utilisation des stations fixes pour transmettre les données vers l'opérateur.
- La dissémination se fait de multipoints à point (MP2P des véhicules vers les stations)
- La collecte et l'agrégation de l'information se font par le biais des communications en V2V.

II.4 Vue générale du protocole

La figure suivante montre les étapes que suit CGP durant son exécution. Chaque étape commence périodiquement et dure une période prédéfinie [17]:

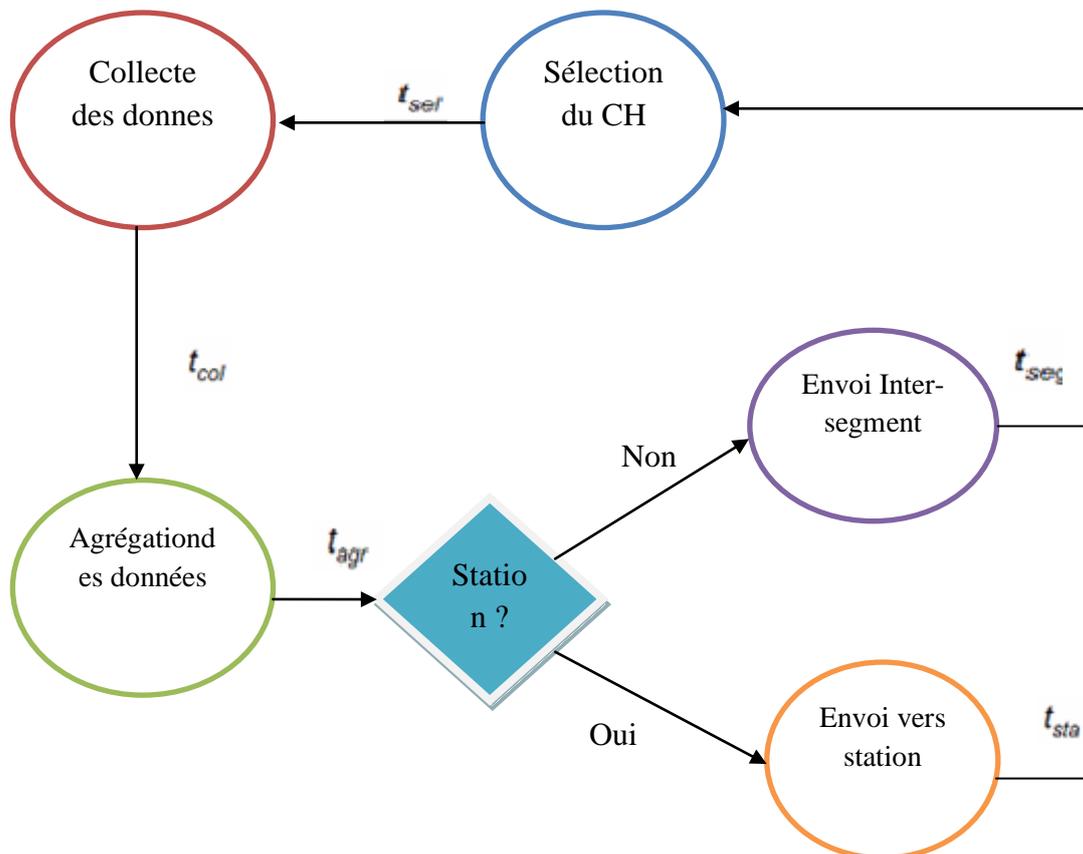


Figure 3.2 - Vue générale de CGP

II.5 Le détail du déroulement de l'algorithme du CGP

II.5.1. Election du Cluster Head

Durant cette période, les nœuds exécutent un algorithme de sélection de cluster head(CH) :

- Chaque nœud se considère comme CH jusqu'à ce qu'il reçoive l'annonce d'un autre nœud se trouvant dans une meilleure position que lui (plus proche de la RSU et de la fin de segment).
- Les nœuds utilisent un temps de back-off aléatoire pour annoncer qu'ils sont CH à leurs nœuds voisins.
- Dès qu'un nœud i reçoit une annonce d'un autre nœud j : si ce dernier a une meilleure position, le nœud i annule l'envoi de son annonce.

Au moment du déroulement de cette phase, les nœuds exécutent un algorithme d'élection de cluster head (CH) :

- Un nœud, en bonne et confortable position, est toujours considéré comme élu ; cependant, il est déchu au moment où il reçoit l'annonce d'un autre nœud se trouvant dans une meilleure position que lui (plus proche de la station de base)
- L'envoi et l'annulation d'une annonce d'un nœud vers un autre dépend de sa position (si elle est meilleure).

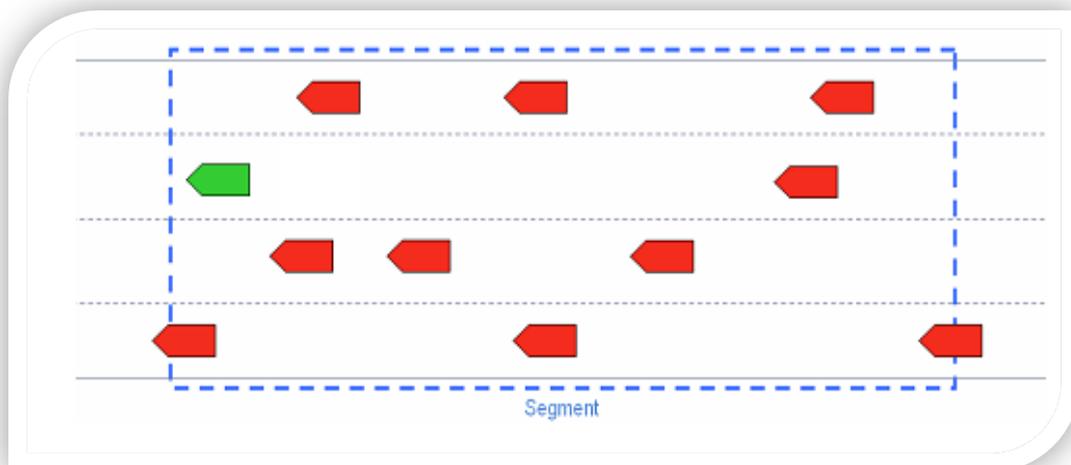


Figure 3.3 - Election du Cluster Head

II.5.2. Collecte locale des données

Pendant cette phase, les nœuds d'un même segment, ayant pris connaissance de la position du cluster head, commencent par lui transmettre en unicast les données récupérées par les capteurs [vitesse, accélération, position, direction].

- Le nœud demande la permission au cluster head pour l'envoi des données.
- Le cluster head accepte la demande formulée par le nœud.
- Alors commence l'opération d'envoi des données au cluster head.

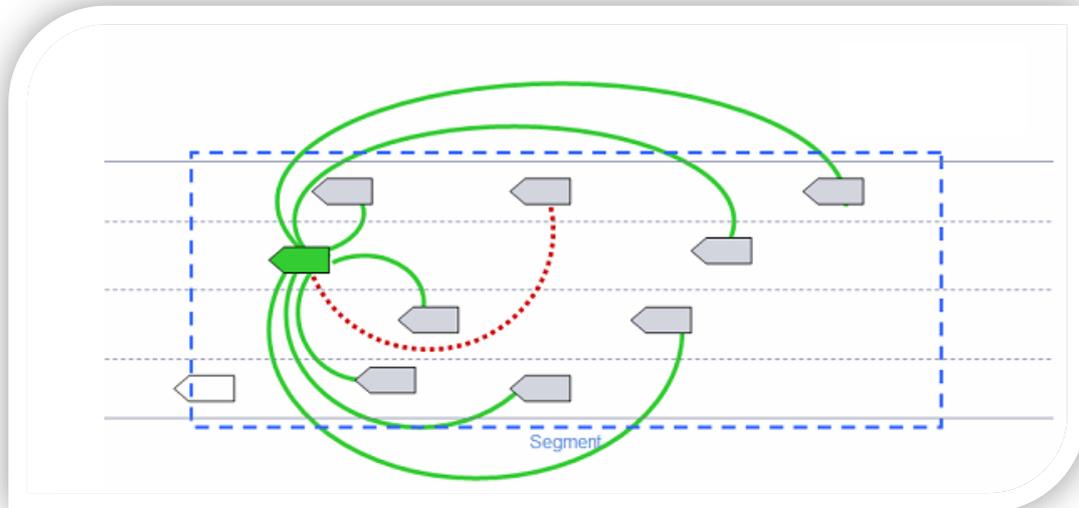


Figure 3.4 - Collecte locale des données

II.5.3. Agrégation des données

Pendant la collecte locale des informations le cluster head doit récupérer toutes les données de sa région (segment), récoltées par les véhicules se trouvant dans le même segment que lui. C'est à ce moment-là qu'il pourra y agréger ses données et procéder à l'estimation du trafic.

Les tâches ci-dessous représentent l'agrégation des données :

- La Suppression des informations inutiles (véhicules en sens inverse, ...).
- Suppression des informations dépassées.
- Mettre à jour les informations sur les voisins (positions...etc..).

Durant la phase d'agrégation le cluster head est tenu de connaître la vitesse moyenne, le nombre de nœuds dans son segment ainsi que l'identifiant de son segment.

II.5.4. Envoi vers la station fixe

A la fin de la phase d'agrégation des informations, trois cas possibles se posent au cluster head.

a. Envoi direct

Le nœud (cluster head) envoie toutes les informations agrégées à la station de base dans le cas où il se trouve dans le dernier segment (le plus proche de la base).

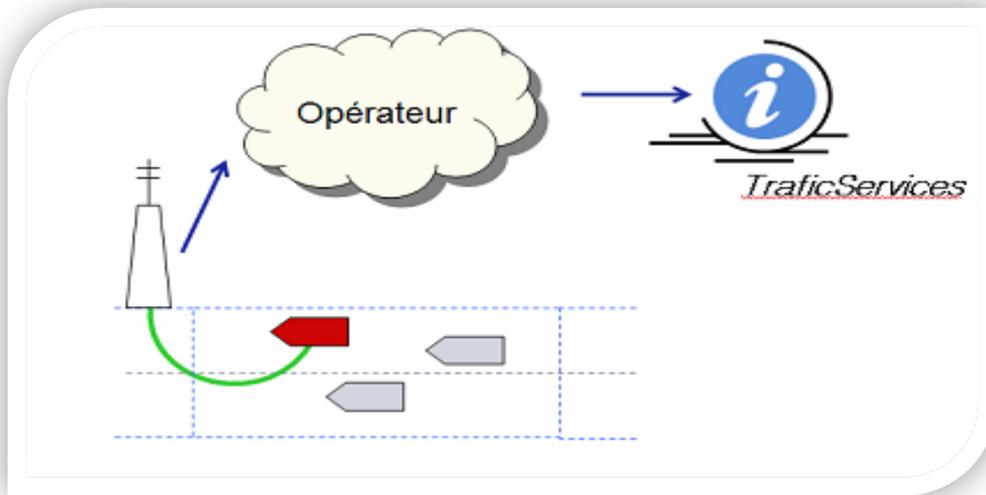


Figure 3.5 - Envoi direct vers la station

b. Envoi inter-segments

Le cluster head peut envoyer les informations agrégées vers le segment suivant s'il se trouve dans un segment loin de la station de base.

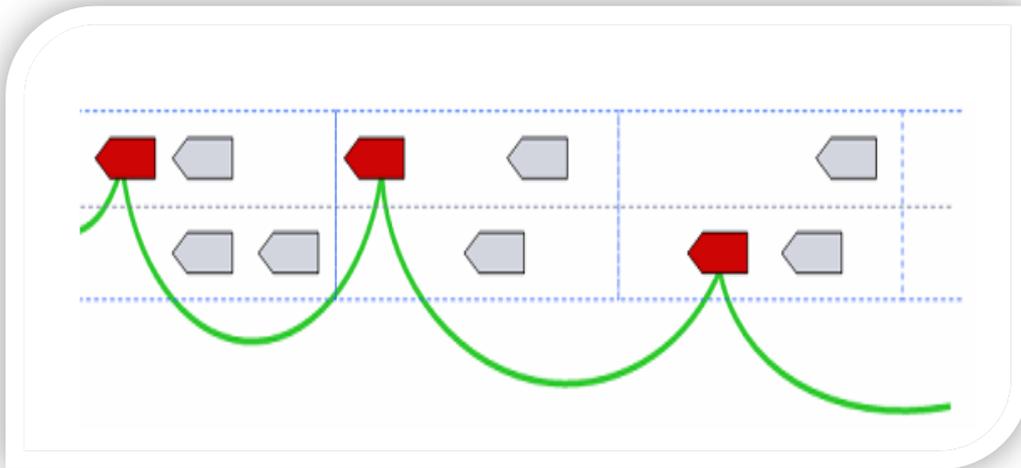


Figure 3.6 - Envoi inter-segments

c. Store & Forward

Un nœud qui fait du store & forward se trouve forcément dans un segment éloigné de la station fixe, de plus il n'arrive pas à envoyer ses données au cluster head suivant (parce que le segment suivant est vide, ou parce qu'il y a des interférences par exemple). Dans ce cas le nœud en question garde les données en mémoire pendant une durée prédéfinie (durée de validité des données) et les enverra dès qu'il pourra rejoindre le cluster head suivant ou qu'il sera dans le segment le plus proche de la station [18].

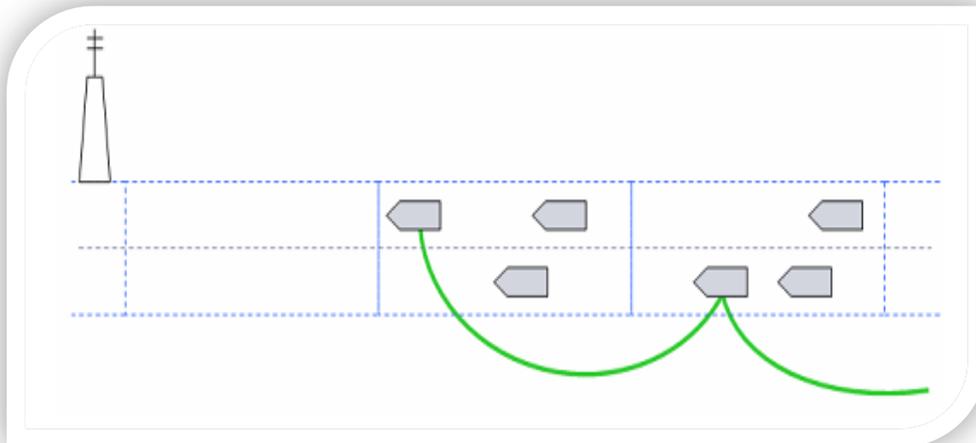


Figure 11 – Store & forward

II.6 Les limites du protocole CGP

Dans un segment tous les nœuds envoient leurs données au cluster head , ce qui explique la centralisation du protocole CGP (Clustered Gathering Protocol).

Néanmoins nous constatons les inconvénients suivants :

- **La contrainte d'énergie de stockage** : l'espace de stockage des voitures, étant réduit, la réception en même temps d'un nombre important de données font que le cluster head, soit saturé (en surcharge) d'où la perte de données.
- **Une bande passante limitée** : du fait de l'utilisation d'un médium de communication partagé.
- **Interférences** : deux transmissions simultanées sur une même fréquence ou à des fréquences proches peuvent entrainer des interférences.
- **Intolérance aux pannes** : si le cluster head tombe en panne, le protocole CGP s'arrête de fonctionner du faite qu'il est centralisé.

III. Conclusion

L'étude et l'analyse du protocole de routage CGP (Clustered Gathering Protocol) nous ont permis de proposer notre propre protocole que nous allons développer dans le chapitre suivant et dont l'objectif principal est de rendre le réseau plus performant tout en éliminant les problèmes qui apparaissent (capacité de stockage, la centralisation).

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons procéder à la simulation du protocole CGP (Clustered Gathering Protocol) et à celle du nôtre, afin de connaître les résultats pour pouvoir les comparer par la suite. Mais avant d'entamer ce processus, nous avons jugé utile de décrire notre protocole ainsi que les algorithmes appartenant aux deux protocoles (CGP et le nôtre).

II. Environnement de travail

Pour développer notre application, nous avons choisi d'utiliser l'environnement <<Eclipse Galileo 4.3.2 >>.qui est un environnement de développement intégré libre (le terme Eclipse désigne également le projet correspondant, lancé par IBM) extensible, universel et polyvalent, permettant potentiellement de créer des projets de développement mettant en œuvre n'importe quel langage de programmation. Eclipse IDE est principalement écrit en Java (à l'aide de la bibliothèque graphique SWT, d'IBM) .Ce langage est également utilisé pour écrire des extensions grâce à des bibliothèques spécifiques.

Ce choix n'était pas arbitraire ; il a été fixé grâce aux nombreux points forts d'éclipse, et les principaux points sont :

- Une plate-forme ouverte pour le développement d'applications et extensible grâce à un mécanisme de plug-ins.
- Un support multi langage grâce à des plug-ins dédiés : Cobol, C, PHP, C#, ...
- Support de plusieurs plates-formes d'exécution : Windows, Linux, Mac OS ...
- Malgré son écriture en Java, Eclipse est très rapide à l'exécution grâce à l'utilisation de la bibliothèque SWT [19].

III. Description de notre protocole

Afin d'éliminer les problèmes vus précédemment (capacité de stockage, la centralisation, interférences, intolérance aux pannes) et aussi rendre le réseau plus performant et plus sûr, nous suggérons une amélioration du protocole CGP (Clustered Gathering Protocol).par la mise en place de notre protocole qui utilise le concept de dissémination géographique pour

transmettre les données déjà collectées et agrégées à la station de base, en gardant les mêmes contraintes en employant une nouvelle technique de transmission des données qui se résume comme suit :

- Dans le cas où la voiture ne se trouve pas dans le segment le plus proche de la station de base, elle transmet son message vers le voisin le plus loin possible si ce dernier existe si non elle est obligée de le garder.
- Mais dans le cas où la voiture se trouve dans le segment le plus proche de la station de base le message est directement envoyé à cette dernière.

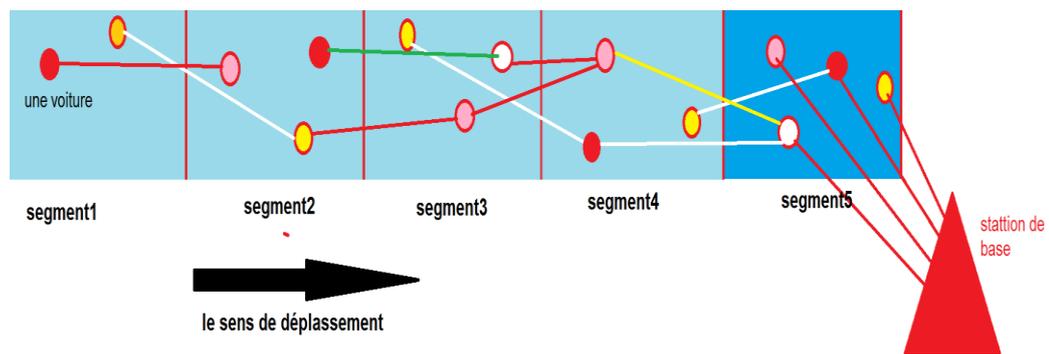


Figure 4.1 : schéma descriptif de notre protocole.

IV. Algorithme de mouvements des voitures

❖ Description

Durant tout le parcours des segments, la voiture doit toujours avancer avec un seul pixel aussi possible que ce soit ; si non, elle est contrainte de vérifier dans les voies voisines , s'il existe des places disponibles pour faire éventuellement un doublage , sachant que la route dispose de trois voies. Ce principe est utilisé juste pour que la voiture avance dans la route. Aussi la distance aléatoire est générée chaque fois que la vitesse change.

```

Pour i allant de debutRoute à finRoute{

    Verifier s'il y a une commande d'arrêt

    Si (cette voiture peut avancer) avancer
    Sinon DoublerSiPossible

    compteurDistance = compteurDistance+1 ;

    Si(compteurDistance ==distanceChangementVitesse ){

        compteurDistance =0;

//générer une autre distance pour la traverser avant que la
        voiture ne change sa vitesse

        distanceChangementVitesse=nouveau numéro aléatoire
        reaccelerer();
        doublerSiPossible=false;
        delaMiseAJour = delaMiseAJour+ numéro aléatoire;
    }

    Attendre(delaMiseAJour);

Si(la passerelle n'est pas vide)
    Si(depasser la passerelle){
        Passerelle = vide;
    }
}

```

```
}  
Terminer;
```

V. Algorithme de communication selon notre protocole

❖ Description :

L'unité de temps d'envoi des messages aux voisins est fixée à (500ms).

La distance de communication entre les voitures ne peut pas être dépassée car elle est déjà fixée à l'avance (1200pixel).

- Dans le cas où la voiture ne se trouve pas dans le segment le plus proche de la station de base, elle transmet son message vers le voisin le plus loin possible si ce dernier existe si non elle est obligée de le garder.
- Mais dans le cas où la voiture se trouve dans le segment le plus proche de la station de base le message est directement envoyé à cette dernière.
- Le message contient les informations transmises par certains voisins et celles qui ont été gardées car n'étant pas envoyées.

```
Chaque 500ms faire  
    Générer un nouveau message  
    Faire la somme (l'agrégation) des messages gardés  
avec le message généré  
    Si la voiture se trouve dans le segment le plus  
proche de la station de base, procéder à l'envoi direct (V2I)  
    Sinon Chercher le voisin le plus loin  
    Si il n'existe pas alors garder le message  
        Sinon envoyer le message vers ce voisin
```

VI. Algorithme de communication selon le protocole CGP

❖ Description :

L'unité de temps d'envoi des messages aux voisins est fixée à (500ms).

La distance de communication entre les voitures ne peut pas être dépassée car elle est déjà fixée à l'avance (1200pixel).

- Quand la voiture n'est pas maître :
- ❖ Elle transmet son message vers le voisin maître se trouvant dans le même segment.
- Quand la voiture est maître et ne se trouant pas dans le segment le plus proche de la station de base, elle envoie le message vers le maître du segment suivant s'il existe et si la distance ne dépasse pas celle prescrite plus haut. Sinon elle est tenue de garder son message.

```

Chaque 500ms faire
    Générer un nouveau message
    Faire la somme (l'agrégation) des messages gardés
avec le message généré
        Si la voiture est une voiture maitresse
            S'il existe une station de base
envoyer le message vers la station
            Sinon Chercher le maitre de segment
suivant
                S'il existe et distance =<1200pixel
lui envoyer le message
                Sinon garder le message
Sinon
        Sinon envoyer le message vers le maitre du
même segment

```

VII. Algorithme de générateur

❖ Description :

A chaque période, on doit chercher une passerelle vide, si elle existe ; on crée une voiture et on la lance dans cette passerelle. Chaque fois la période est générée aléatoirement.

```

Tant que (vrais) attendre période
Générer la période (un nombre aléatoire entre le temps min et
max entrée par l'utilisateur)
    Vérifier s'il n'y a pas un ordre d'arrêter
    Chercher une passerelle vide
    Si elle existe
        Créer une nouvelle voiture

```

```
Lancer la voiture dans cette passerelle
```

Le générateur est utilisé dans la simulation automatique seulement .Mais dans la simulation manuelle c'est l'utilisateur qui doit choisir le moment pour créer et lancer une nouvelle voiture.

VIII. Méthode de vérification

❖ Description :

Dans cette méthode on vérifie s'il existe un ordre, on l'exécute. Pour implémenter cet algorithme on a utilisé les méthodes Synchronized dans java qui nous permettent de contrôler la synchronisation.

```
Verification  
S'il y a un ordre de pause alors faire pause  
S'il ya un ordre d'arret alors faire l'arret  
S'il y a un ordre de reprendre faire reprendre
```

IX. Implémentation des algorithmes

IX.1 Les classes utilisées

IX.1.1 Classe principale

L'interface graphique de notre programme est organisée par des composants se trouvant dans la classe principale avec l'aide d'autres classes.

IX.1.2 Classe Generateur

C'est une classe héritée d'un Thread, qui génère des voitures de façon aléatoire (dans un intervalle de temps donné fixé par l'utilisateur).

IX.1.3 Classe Contrôle

Nous permet de synchroniser l'exécution les différents Threads de notre projet (suspendre, reprendre, arrêter Pour tous les Threads).

IX.1.4 DiagramLabel

Nous permet de dessiner le diagramme (changement de nombre de messages par rapport au nombre des voitures).

IX.1.5 Message

Est un objet java crée pour contenir les informations d'un message.

IX.1.6 Modem Virtuel :

Est une classe créée pour simuler un modem qui permet à chaque voiture de récupérer leurs voitures voisines, et où la distance entre la voiture et chacune de ses voisines puisse établir une communication.

IX.1.7 MouvementThread

Est un Thread responsable du mouvement de la voiture se déplaçant avec une vitesse variante et permettre à cette voiture de doubler les autres.

IX.1.8 Passerelle

Est un objet java qui simule l'entrée à la route, conçu pour tester la disponibilité de l'entrée de la voiture.

IX.1.9 Voiture

Est un JLabel créée pour remplacer une voiture qui se déplace grâce au MouvementThread.

Ce JLabel Contient :

- Une image d'une voiture choisie aléatoirement à partir d'un ensemble d'images que nous avons créées,
- Les listes des messages
- Une classe EnvoiPeriodique,

IX.1.10 EnvoiPeriodique

Responsable de l'envoi d'un message périodiquement (500ms).

X. Discription de l'interface

Notre interface de simulation est composé de :

- ❖ Bouton de démarrage.
- ❖ Jcombobox (choix de type de simulation automatique).
- ❖ Textarea pour choisir la durée de la simulation.
- ❖ Textarea pour choisir la période de lancement de voiture.
- ❖ Chronomètre.
- ❖ Scrollbar pour suivre l'avancement des voitures.

La figure ci-dessous présente l'interface précédant le démarrage de simulation automatique .

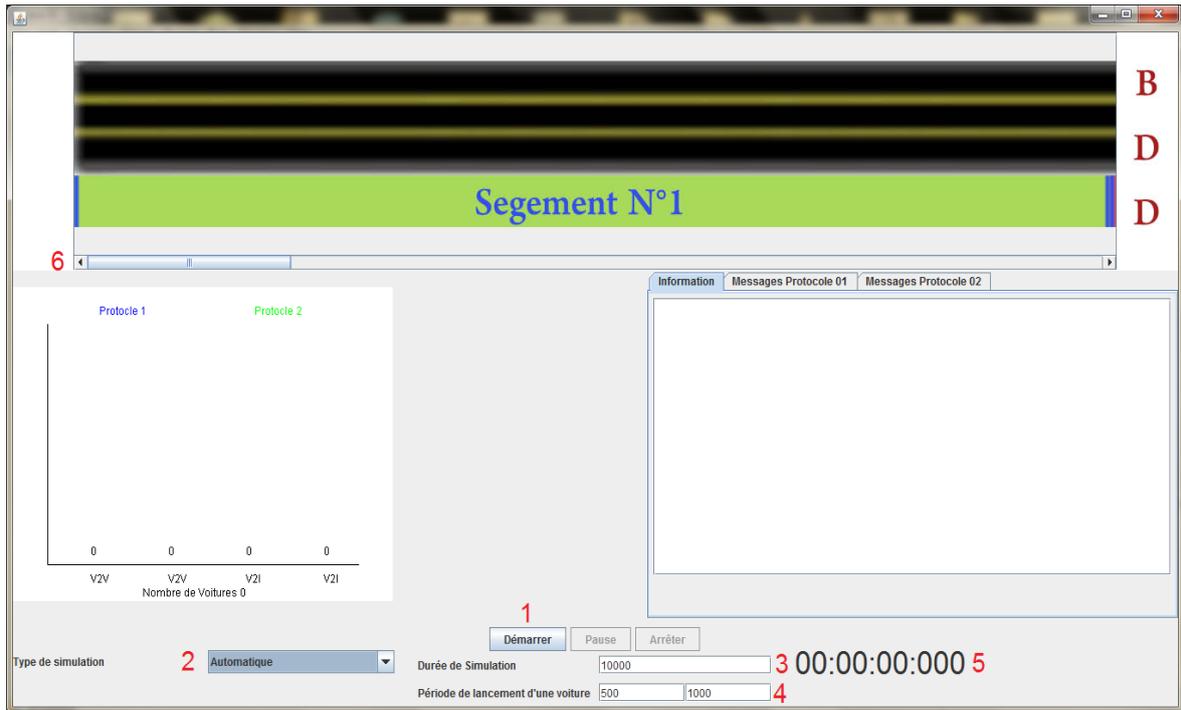


Figure 4.2 : l'avant démarrage de la simulation automatique.

La figure ci-dessous présente l'interface après le démarrage de la simulation automatique .

Ou d'autres informations apparaissent :

- ❖ Un bouton à double fonctions (suspendre/ reprendre).
- ❖ Un bouton d'arrêt.
- ❖ Jtablepan contenant les informations concernant les voitures .
- ❖ Jtable pour l'affichage du diagramme de l'envoi V2V.

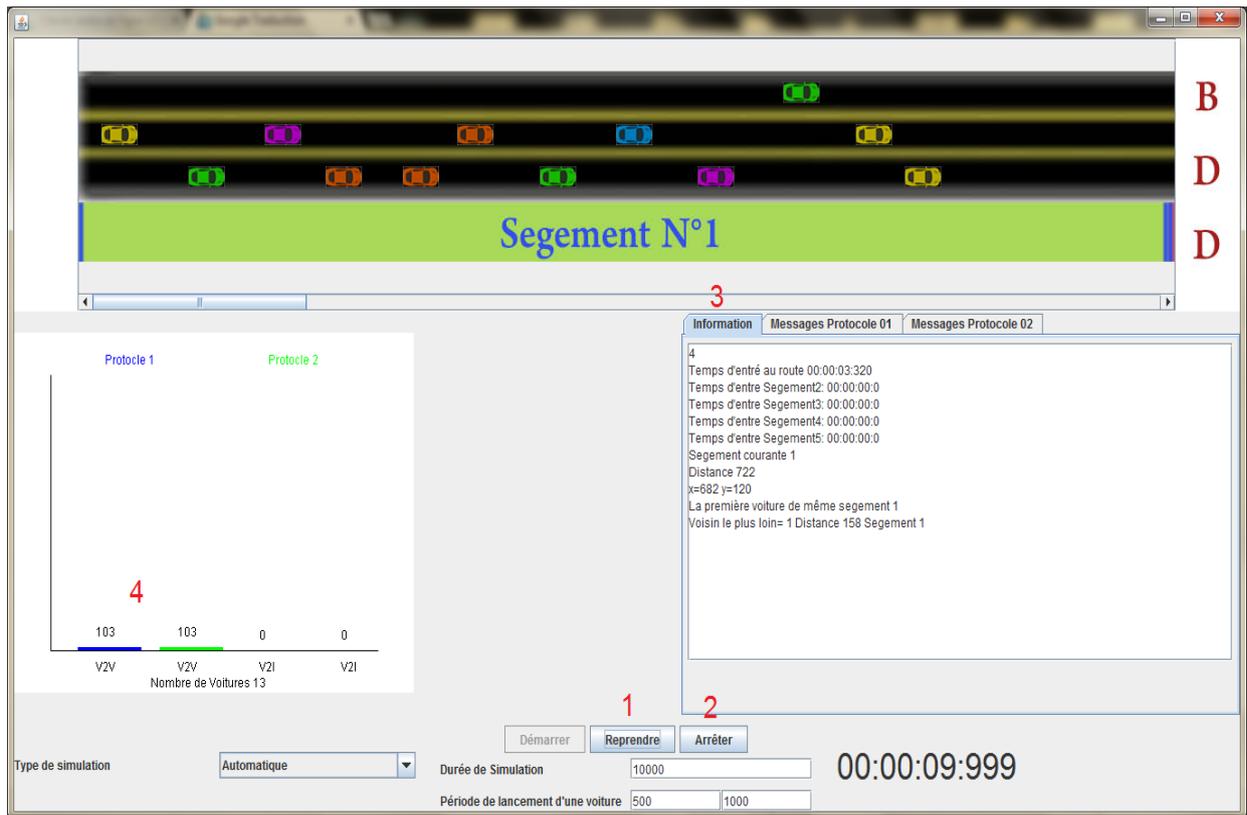


Figure 4.3 : démarrage de la simulation automatique.

La figure ci-dessous présente l'interface précédant le démarrage de simulation manuelle .

Cet interface est composé de :

- ❖ Bouton de démarrage.
- ❖ Jcombobox (choix de type de simulation manuelle).

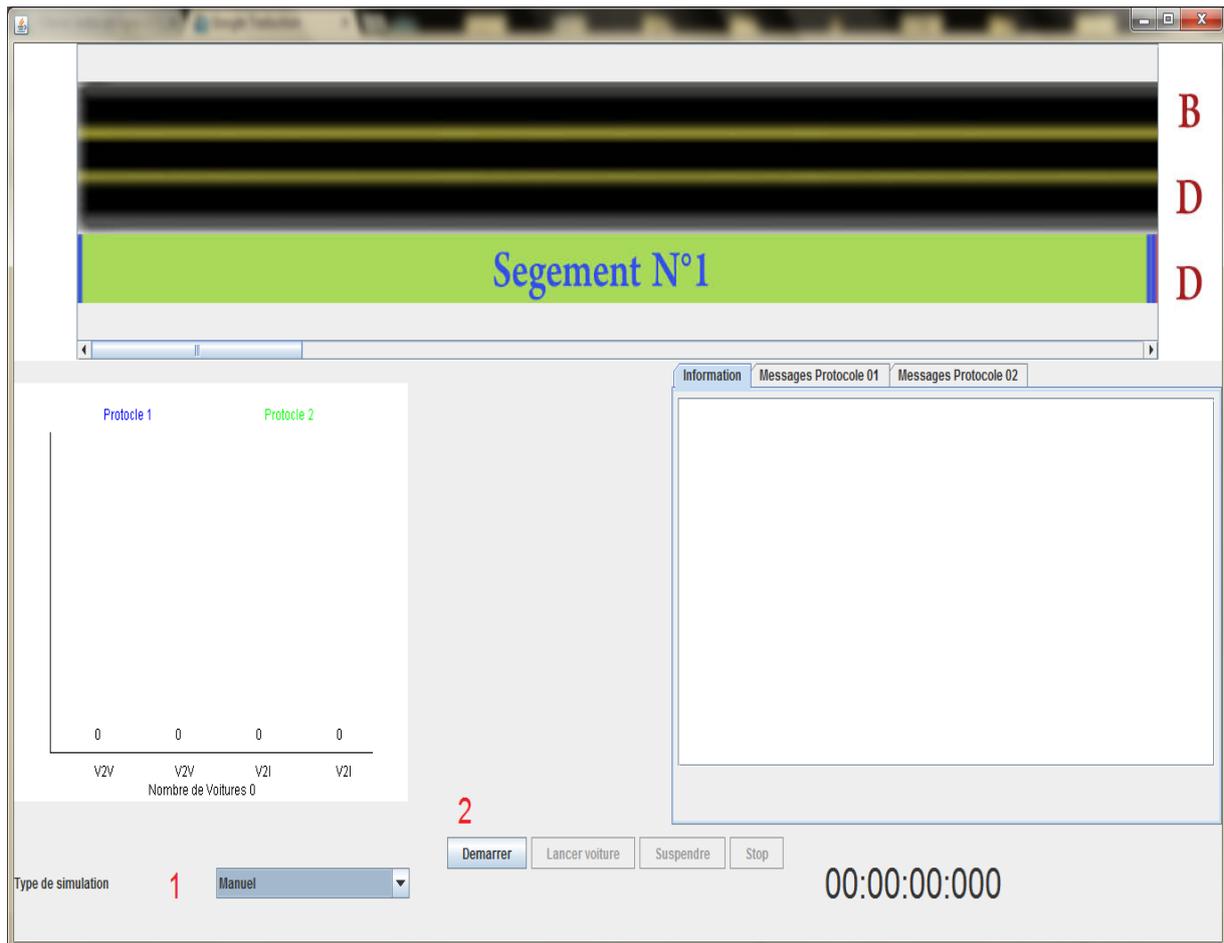


Figure 4.4 : l'avant démarrage de la simulation manuelle.

La figure ci-dessous présente l'interface après le démarrage de la simulation automatique .

Ou d'autres informations apparaissent :

- ❖ Bouton pou lancer la voiture.
- ❖ Bouton pour reprendre le déroulement de la sumélation.
- ❖ Bouton pour arrêter la simulation.
- ❖ Jtablepan contenant message entre les voitures .
- ❖ Jlable pour l'affichage du diagramme de l'envoi V2I.

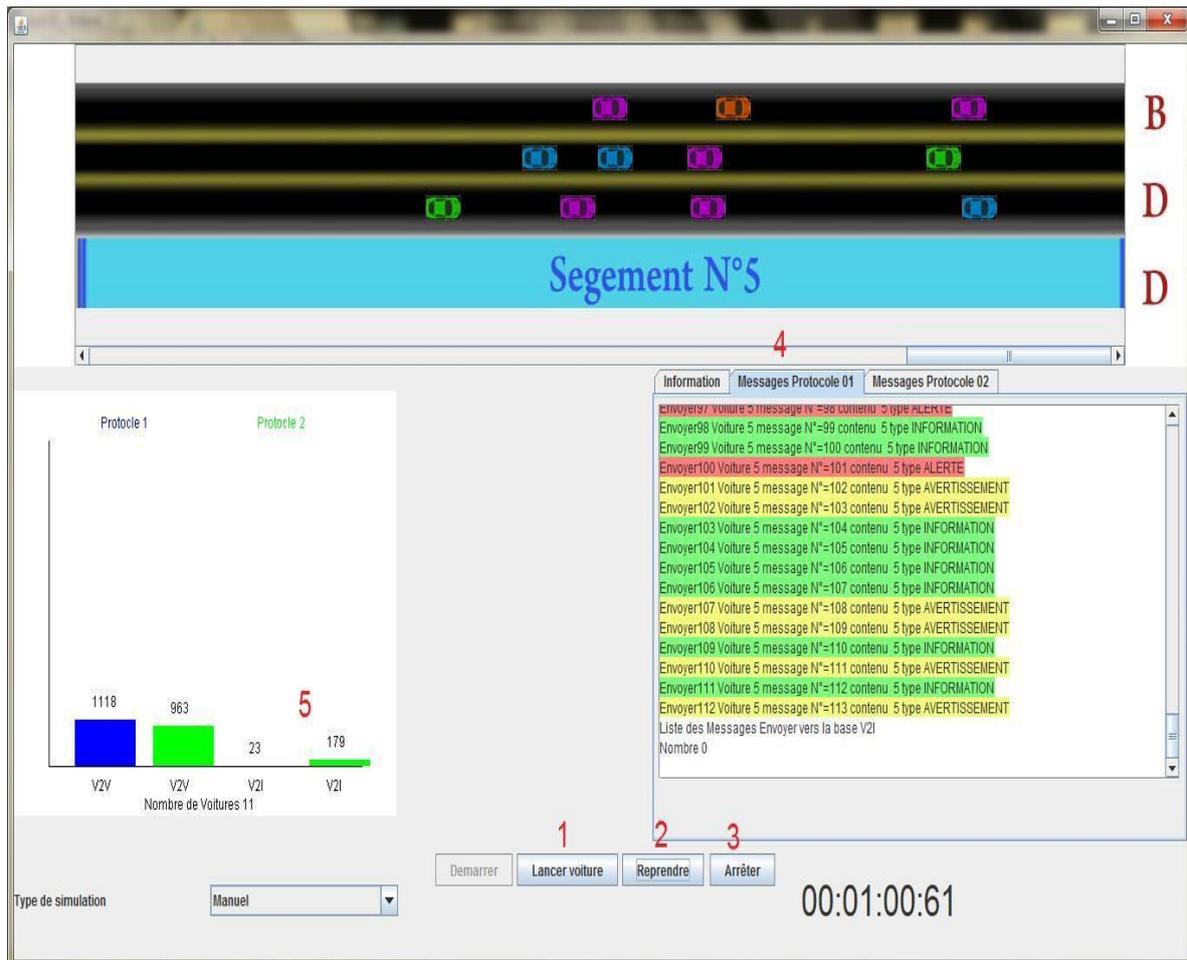


Figure 4.5 : démarrage de la simulation manuelle.

XI Test et résultat

XI.1 L'environnement de simulation

On a utilisé une route de 1km, qui est décomposée de cinq segments de longueur équivalente (200m), et dont la station de base se trouve à la fin du cinquième segment.

XI.2 La durée de simulation

Afin de tester les deux protocoles, nous faisons plusieurs simulations, dont chacune dure 600 secondes, et ce, en procédant à la variation du nombre de voitures.

XI.3 Les scénarios de simulation

Nous nous sommes basés sur Les paramètres de performances suivant :

- Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base.
- Nombre de messages envoyés de voiture à voiture.

La lecture de l'ensemble des graphiques fait apparaître une différence entre le protocole CGP et le nôtre. Aussi nous sommes arrivés à la conclusion suivante : plus le nombre de voitures croît plus la différence en nombre de messages envoyés est importante.

XI.3.1 Dans le cas d'une simulation de 50 voitures

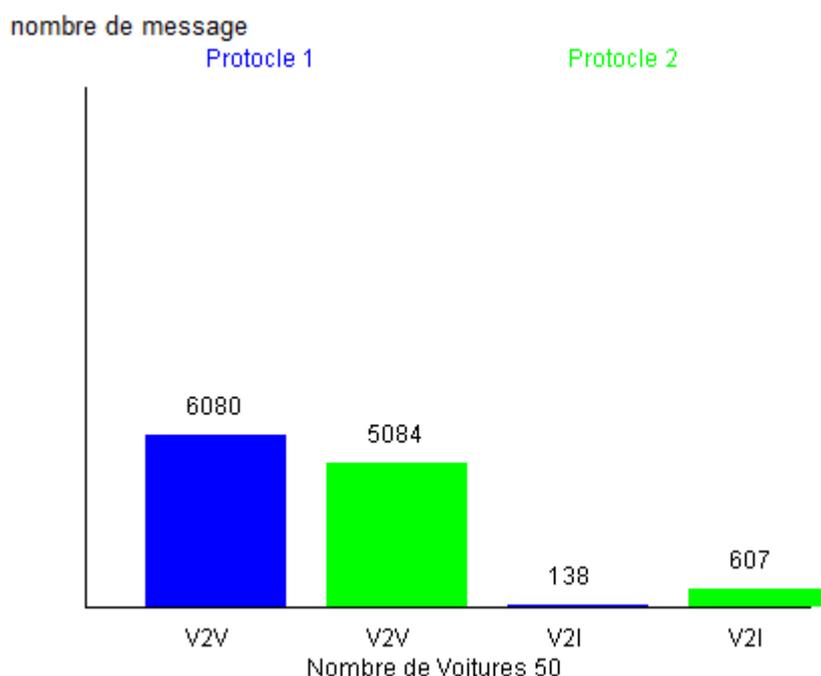


Figure 4.6 : résultat de simulation (50voitures).

- **Dans le protocole CGP :**
 - ❖ Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base = 138 messages.
 - ❖ Nombre de messages envoyés de voiture à voiture =6080 messages.

- **Dans notre protocole :**

- ❖ Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base=1350 messages.
- ❖ Nombre de messages envoyés de voiture à voiture. = 5084 message.

XI.3.2 Dans le cas d'une simulation de 75 voitures

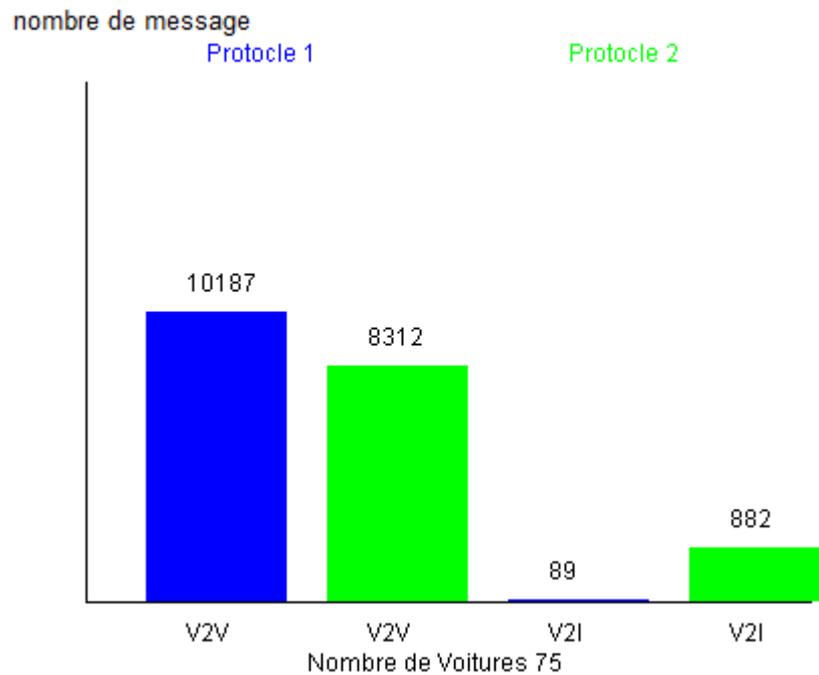


Figure 4.7 : résultat de simulation (75voitures).

- **Dans le protocole CGP :**

- ❖ Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base= 89 messages.
- ❖ Nombre de messages envoyés de voiture à voiture. =10187 messages.

- **Dans notre protocole :**

- ❖ Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base =882 messages.
- ❖ Nombre de messages envoyés de voiture à voiture=8312 messages.

XI.3.3 Dans le cas d'une simulation de 100 voitures

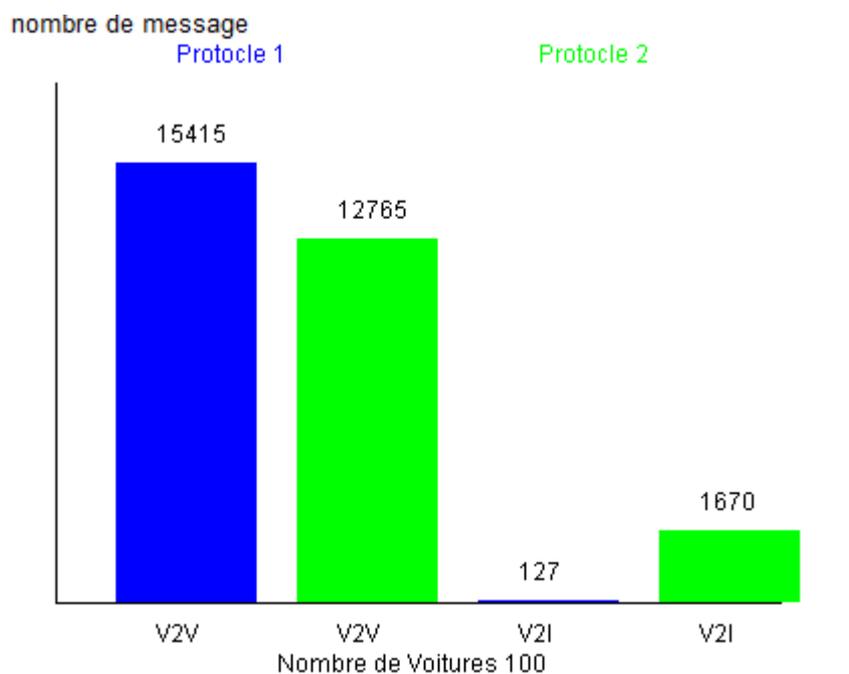


Figure 4.8: résultat de simulation (100voitures)

- **Dans le protocole CGP :**
 - ❖ Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base=127messages.
 - ❖ Nombre de messages envoyés de voiture à voiture=15415messages.
- **Dans notre protocole :**
 - ❖ Nombre de messages envoyés des voitures à la station de base=1670 messages.
 - ❖ Nombre de messages envoyés de voiture à voiture=1670 messages.

X.II. Conclusion

Nous avons abordé dans ce chapitre la comparaison entre le protocole CGP (Clustered Gathering Protocol) et le nôtre, tout en décrivant les différents algorithmes (Algorithme de mouvements des voitures, Algorithme de communication, Algorithme de générateur), ainsi que leur implémentation.

A cet effet une simulation avec différents scénarios a été au cœur de notre travail , ce qui nous a permis d'aboutir à de bons résultats. Ce qui pourrait constituer une base pour un éventuel travail de recherche dans le futur.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous nous sommes attelés à mettre en valeur l'amélioration de l'efficacité des communications inter-véhiculaires du protocole CGP (Clustered Gathering Protocol). dans le but de fournir une dissémination meilleure et plus sûre.

Aussi, on peut dire que l'approche proposée a permis d'atteindre de probants résultats.

NB : nous avons pris en considération uniquement le volet dissémination.

Future recherche :

Notre protocole devra prendre en considération le type de message d'urgence, d'où un changement de technique plus performante et extrêmement rapide d'envoi.

Nous essaierons, sans doute, de développer notre protocole qui devra tenir compte, non seulement de la dissémination, mais également du traitement des données récoltées. A cet effet, nous procéderons à leur compression après avoir éliminé les données redondantes, et les données périmées.

Enfin nous emploierons des mécanismes aussi performants que possible afin d'offrir plus de confidentialité des données échangées et de sécurité contre l'espionnage de ces données.