



HAL
open science

Le Cloud Computing pour une Gestion Intelligente du Trafic Urbain : Proposition d'un service de prise en charge et de coopération pour la gestion de personnes victimes de malaise pendant la conduite

Meriem Benadda

► To cite this version:

Meriem Benadda. Le Cloud Computing pour une Gestion Intelligente du Trafic Urbain : Proposition d'un service de prise en charge et de coopération pour la gestion de personnes victimes de malaise pendant la conduite. Calcul parallèle, distribué et partagé [cs.DC]. Université Oran 1 - Ahmed Ben Bella, 2019. Français. <NNT : >. <tel-02519803>

HAL Id: tel-02519803

<https://hal.science/tel-02519803v1>

Submitted on 30 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme
de Doctorat en Informatique

Spécialité : Informatique de la Répartition et Aide à la Décision

Présentée par : **Meriem BENADDA**

**Le Cloud Computing pour une Gestion Intelligente
du Trafic Urbain : Proposition d'un service de prise
en charge et de coopération pour la gestion de per-
-sonnes victimes de malaise pendant la conduite**

Soutenue publiquement le **07.03.2019** devant le jury composé de :

Ghalem BELALEM	Pr. Univ. Oran1-A.B	Président
Yahia LEBBAH	Pr. Univ. Oran1-A.B	Examineur
Mohammed Amine CHIKH	Pr. Univ. de Tlemcen-A.B	Examineur
Sidi Mohamed BENSLIMANE	Pr. ESI SBA	Examineur
Djamila HAMDADOU	Pr. Univ. Oran1-A.B	Examinatrice
Karim BOUAMRANE	Pr. Univ. Oran1-A.B	Directeur de Thèse
Abdelkader BELLALA	Direction de la Protection Civile de la Wilaya d'Oran	Invité

Le courage et la persévérance ont un talisman magique devant lequel les difficultés disparaissent et les obstacles s'évaporent.

John Quincy Adams

Homage

A la mémoire de mon défunt beau-frère GHEZZAL Djamel (Hamid). Malgré que plus de trois années soient écoulées depuis ton décès, personne encore, n'arrive à croire ce qui s'est passé ce malheureux Mercredi.

Pour chacun de nous tu étais le frère, le père, l'ami et le confident.

Après ton départ, j'ai longuement réfléchi, j'ai cherché comment te rendre un hommage. Un hommage qui soit digne de la personne que tu étais. Un hommage à la hauteur de ta bonté et de la gentillesse que tu incarnais. Alors j'ai décidé de faire ce travail. . . Un travail qui n'a pas permis de te sauver ni permettra de te rendre mais qui sauvera un jour, peut-être, la vie de quelqu'un d'autre.

أنا لله وأنا اليه المرجع

A

Mon eau, mon oxygène, Meriem Ines,

Mon tendre époux,

Mes chers parents,

Mes frères,

Ma belle-famille,

Mes neveux, Ma belle-sœur,

Tous ceux qui me sont chers.

Remerciements

Le seul moyen de se délivrer d'une tentation, c'est d'y céder paraît-il ! Alors j'y cède en remerciant, d'abord, *Allah* le tout puissant de m'avoir donné de la force, de la patience et du courage pour pouvoir arriver au bout de ce travail, dont le chemin a été jalonné d'embûches.

J'exprime mes plus vifs remerciements à M. Karim BOUAMRANE qui fut pour moi un directeur de thèse attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Elles ont été et resteront des moteurs pour mon travail de chercheuse.

Mes plus sincères remerciements vont, aussi, à M. Ghalem BELALEM. D'abord, pour la gentillesse et la patience qu'il a manifestées à mon égard durant cette thèse. Sa patient pour son métier et son amour pour le partage ont fait de lui un enseignant exemplaire et irréprochable. Ce fut un honneur pour moi d'être l'une de ses étudiantes. Je tiens, ensuite, à le remercier pour l'immense honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de cette thèse.

J'exprime, également, tous mes remerciements à l'ensemble des membres de mon jury : Mme Djamila HAMDADOU, M. Yahia LEBBAH, M. Mohammed Amine CHIKH et M. Sidi Mohamed BENSLIMANE. Je vous dis, à tous, merci d'avoir pris de votre précieux temps pour faire partie du jury de cette thèse.

Aux professeurs CHIKH et BENSLIMANE, je vous dis merci d'avoir accepté de vous déplacer de vos universités respectives pour nous honorer de votre présence.

A tous mes enseignants de la faculté des sciences de l'Université Oran1 - Ahmed Ben Bella, je vous dis merci d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Je tiens également à adresser mes plus sincères remerciements à la Direction de la Protection Civile de la Wilaya d'Oran pour l'accueil et la coopération privilégiés qui m'ont été offerts.

Ma plus profonde gratitude va à mon cher époux pour son soutien quotidien indéfectible et son enthousiasme contagieux à l'égard de mes travaux de recherche comme de la vie en général. Au terme de cette thèse, je tiens à m'excuser de t'avoir un peu délaissé et à te remercier d'avoir supporté mes nombreuses absences et de

m'avoir appris à toujours avancer quelle que soit la nature de l'obstacle auquel je fais face. Notre couple a grandi en même temps que mon projet scientifique, le premier servant de socle solide à l'épanouissement du deuxième.

Une plus profonde gratitude va à celui qui m'a tout appris dans la vie «*Mon père*». Ta présence, tes encouragements et tes Douâas ont été pour moi les piliers fondateurs de ce que je suis et de ce que je fais. Merci de m'avoir permis d'être forte et persévérante. Merci de n'avoir jamais hésité à garder *Meriouma* et à, même, la langer quand c'était nécessaire pour que je puisse travailler en toute quiétude. Qu'*Allah* te garde pour nous.

Maintenant que j'estime avoir exprimé ma reconnaissance envers toutes les personnes qui m'ont soutenue, je tiens à consacrer la partie qui suit au remerciement d'une personne chère et unique. A l'issue de la rédaction de cette thèse, je suis convaincue que sans ta présence je n'aurais jamais pu prétendre à ce Doctorat. Pendant ces six longues années, tu as su me motiver et me ressourcer. Grâce à toi, j'ai pu cocher une nouvelle case dans ma liste d'objectifs. Merci d'avoir supporté mes sautes d'humeur quand je stressais. Merci d'avoir pris en charge *Meriouma*. Ce que tu as fait pour moi, m'a permis de travailler et d'avancer, sans me soucier des questions du quotidien qui me tracassaient : Le déjeuner ? Le dîner ? Et le ménage ? A travers cette thèse, je tiens à ce que tu saches que tout ce que j'ai fait dans ma vie c'était pour te rendre fier de moi. En deux mots je te dis «*Merci Maman*».

Enfin, un grand Merci à toutes les personnes qui ont cru en moi et qui m'ont permis d'arriver au bout de cette thèse.

Meriem BENADDA.

Résumé

Au cours de la dernière décennie, le Cloud Computing Véhiculaire est apparu comme un domaine de recherche attractif et très prometteur. En effet, avec la prolifération de l'industrie automobile, les véhicules sont devenus de plus en plus équipés avec divers ressources et dispositifs de calcul, de communication, de stockage et de détection. Ces équipements sont en continuelle amélioration même pour les véhicules destinés à un simple usage quotidien.

Moins récents que le Cloud Computing Véhiculaire, les réseaux de capteurs corporels sont apparus comme une sous-catégorie de la technologie des réseaux de capteurs sans fil. Ces réseaux sont particulièrement intéressants dans le domaine médical. En effet, ils permettent de fournir un suivi et une surveillance continus de la santé d'un patient sans aucune contrainte sur ses activités quotidiennes normales.

Bien qu'il soit difficile à mettre en évidence, dans un accident, le malaise au volant reste considéré comme l'une des causes principales d'accidents de la circulation. En effet, c'est un phénomène de plus en plus fréquent qui se matérialise par une crise, une syncope ou un endormissement.

En utilisant le Cloud Computing Véhiculaire et les réseaux de capteurs corporels, nous proposons, dans ce travail, de prendre en charge les personnes victimes de malaise au volant et de gérer leurs véhicules en cas de perte de contrôle. Pour ce faire, nous présenterons un nouveau service de Cloud Computing Véhiculaire appelé HAaaS « Health-Assistance as a Service ». Ce service fournit un support d'aide à la décision et de prise en charge capable, d'une part, de surveiller et de gérer le malaise d'un conducteur et, d'autre part, de fournir un mécanisme de coopération entre les véhicules permettant de secourir le conducteur en malaise. Notre objectif est de réduire le nombre d'accidents de la circulation, les dégâts matériels et humains pouvant être engendrés ainsi que le temps et le carburant perdus dans les embouteillages causés par ces accidents.

Mots clés : Cloud Computing Véhiculaire, réseau de capteurs corporels, malaise au volant, surveillance de la santé, coopération.

Abstract

Over the last decade, the Vehicular Cloud Computing has appeared as an attractive and very promising field of researches. Indeed, with the proliferation of the automotive industry, vehicles have become increasingly equipped with various resources and devices for calculation, communication, storage and detection. These equipments are continually improving even for vehicles intended for everyday use.

Less recent than the Vehicular Cloud Computing, the Body Area Networks have emerged as a sub-category of Wireless Sensor Networks technology. These networks are particularly interesting in the medical field. Indeed, it provides a continuous health monitoring of a patient without any constraint on his/her normal daily life activities.

Although difficult to highlight in an accident, malaise behind the wheel remains one of the most important causes of traffic accidents. Indeed, it is an increasingly frequent phenomenon that is materialized by a crisis, syncope or a falling asleep.

By using Vehicular Cloud Computing and Body Area Networks, we propose, in this work, to undertake persons taken malaise behind the wheel and manage their vehicles in case of loss control. To do this, we will present a new service of Vehicular Cloud Computing called HAaaS "Health-Assistance as a Service". This service provides a decision support able, on the one hand, to monitor and manage the malaise of a driver and, on the other hand, to provide a mechanism for cooperation between vehicles to rescue the driver taken malaise. Our objective is to reduce the number of traffic accidents, the material and human damage that can be caused as well as the time and fuel lost in traffic jams caused by these accidents.

Keywords : Vehicular Cloud Computing, Body Area Networks, malaise behind the wheel, health monitoring, cooperation.

ملخص

برزت، خلال العقد الماضي، الحوسبة السحابية للعربات كمجال للبحوث ، جذاب وجد. واعد. في الواقع ، مع انتشار صناعة السيارات ، أصبحت هذه الأخيرة مجهزة على نحو متزايد بمختلف الموارد والأجهزة للحساب والتواصل والتخزين و الكشف. هذه المعدات تتحسن باستمرار حتى بالنسبة للمركبات المخصصة للاستخدام اليومي البسيط.

ظهرت شبكات استشعار الجسم كقوة فرعية من تكنولوجيا شبكات الاستشعار اللاسلكية، و تعتبر هذه التكنولوجيا أقل حداثة من الحوسبة السحابية للعربات. هذه الشبكات مثيرة للاهتمام بشكل خاص في المجال الطبي إذ إنها تسمح بتوفير متابعة مستمرة لصحة المريض دون أي قيود على أنشطته اليومية العادية.

يشكل التوعك أثناء القيادة أحد الأسباب الرئيسية لحوادث المرور على الرغم من صعوبة إثباته في الحادث والواقع أن هذه الظاهرة تتكرر بشكل متزايد. قد يتجسد التوعك في أزمة أوغشيان أو نوم.

نقترح في هذا العمل ، أن نستخدم الحوسبة السحابية للمركبات و شبكات استشعار الجسم للتكفل بالأشخاص الذين يشعرون بتوعك أثناء القيادة و كذا بسياراتهم في حالة فقدان السيطرة عليها. للقيام بذلك ، سوف نقدم خدمة جديدة من خدمات الحوسبة السحابية للمركبات والمسمى "Health-Assistance as a Service" HAaaS. توفر هذه الخدمة دعم للمساعدة على إتخاذ القرار و التكفل قادر ، من ناحية ، على رصد وإدارة توعك السائق ، ومن ناحية أخرى ، توفير آلية للتعاون بين المركبات لإنقاذ السائق المتوعك. هدفنا هو التقليل من عدد حوادث المرور ، والأضرار المادية والبشرية التي يمكن أن تنتج، فضلا عن الوقت والوقود المفقود في الاختناقات المرورية الناجمة عن هذه الحوادث.

الكلمات المفتاحية: الحوسبة السحابية للعربات ، شبكات استشعار الجسم ، التوعك أثناء القيادة ، مراقبة الصحة ، التعاون.

Table des matières

Table des matières	xi
Table des figures	xiv
Liste des tableaux	xvii
Notation	xviii
Introduction Générale	1
1 Systèmes de Transport Intelligents, VANets et Cloud Computing Véhiculaire	6
1.1 Introduction	7
1.2 Systèmes de Transport Intelligents	7
1.3 Réseaux VANets	7
1.3.1 Présentation	7
1.3.2 Composants	8
1.3.3 Architecture	8
1.3.4 Caractéristiques	10
1.3.5 Types de messages	12
1.3.6 Application	12
1.4 Mobile Cloud Computing	13
1.4.1 Définition	13
1.4.2 Utilisation	13
1.4.3 Fonctionnalités	13
1.4.4 Architecture	14
1.5 Vehicular Cloud Computing	15
1.5.1 Définition	15
1.5.2 Objectifs	15
1.5.3 Principe de fonctionnement	16
1.5.4 Architecture	16
1.5.5 Cloud Computing (CC) Versus Cloud Computing Véhiculaire (VCC)	18
1.6 Conclusion	20

2	Body Area Networks	
	Réseaux de capteurs corporels	21
2.1	Introduction	22
2.2	Réseau de capteurs corporels	22
2.2.1	Définition	22
2.2.2	Apparition	22
2.2.3	Présentation	23
2.2.4	Terminologie	24
2.2.5	Architecture	24
2.2.6	Capteurs et Actionneurs	25
2.2.7	Usages	27
2.2.8	Parallèle avec les WSNs	31
2.2.9	Enjeux et Perspectives	32
2.2.10	Les enjeux sociaux du BAN	33
2.3	Conclusion	33
3	Revue de la Littérature	35
3.1	Introduction	36
3.2	Travaux connexes	36
3.2.1	Wang, Cho, Lee et Ma	36
3.2.2	Cai et Sun	38
3.2.3	Bitam et Mellouk	40
3.2.4	Abuelela et Olariu	42
3.2.5	Djamel Bektache	43
3.2.6	Sam, Evangelin et Cyril Raj	44
3.2.7	Mousannif, Khalil et Al Moatassime	46
3.3	Etude comparative	49
3.4	Conclusion	51
4	Health-Assistance as a Service	
	HAaaS	52
4.1	Introduction	53
4.2	Health-Assistance as a Service	53
4.2.1	Architecture proposée	54
4.2.2	Description de l'architecture	54
4.2.3	Fondement	58
4.2.4	Processus du Health-Assistance as a Service	59
4.3	Conclusion	80
5	Développement Du Service HAaaS.	81
5.1	Introduction	82
5.2	Architecture fonctionnelle du service HAaaS	82
5.3	Modélisation du trafic routier	84
5.3.1	La route	84
5.4	Acteurs du modèle routier	85
5.4.1	Les véhicules	85
5.4.2	Les conducteurs	87
5.4.3	Les unités de la protection civile	90
5.5	Configuration du Cloud	92
5.6	Simulation	94
5.6.1	Simulation des scénarios avec HAaaS	94
5.6.2	Simulation d'un scénario sans HAaaS	96

5.7	Impacts du service HAaaS	96
5.7.1	Impact sur le nombre d'accidents	97
5.7.2	Impact sur le nombre de décès	98
5.7.3	Impact sur le nombre de blessés	99
5.7.4	Impact sur le nombre d'heures perdues, la quantité d'essence perdue et le coût	100
5.7.5	Impact sur le temps d'attente avant la prodigation des pre- miers secours	100
5.8	Conclusion	101
Conclusion Générale		103
Bibliographie		106
A Simulation et Expérimentation		112
A.1	Introduction	113
A.2	Outils de développement	113
A.2.1	Simulateur Cloud	113
A.2.2	Environnement de développement	114
A.2.3	Langage de programmation	115
A.3	Description de l'application	116
A.3.1	Lancement de l'application	116
A.3.2	Présentation de l'interface principale	117
A.3.3	Simulation avec le service HAaaS	119
A.3.4	Simulation sans le service HAaaS	129
A.4	Conclusion	130
B Coordonnées Géographiques		132

Table des figures

1.1	H hiarchie des r e reseaux sans fil	8
1.2	Architecture de VANet [1]	10
1.3	Architecture du Cloud Computing Mobile [2]	15
1.4	Architecture du Cloud Computing V ehiculaire [3]	17
2.1	Dimensions des r e reseaux sans fil [4]	23
2.2	Architecture BAN trois tiers [5]	25
2.3	Architecture d'un capteur CAN : Convertisseur Analogique-Num erique [5]	26
2.4	Architecture Virtual Doctor Server [5]	29
2.5	Capteurs utilis es dans le domaine sportif [5]	30
3.1	Architecture V-Cloud trois tiers [6]	37
3.2	Architecture du Cloud Transportation System (CTS) [7]	39
3.3	Architecture de l'ITS-Cloud [8]	40
3.4	L'architecteur du mod e le de communication propos e [9]	44
3.5	Le mod e le syst e me propos e [10]	45
3.6	Exemple d'une t a che noire [10]	46
3.7	La structure r e seau propos e e [11]	47
3.8	Les sc e narios possibles de l'infrastructure [11]	49
4.1	Architecture du HAaaS	54
4.2	Les sous-syst e mes de la couche Appareil	55
4.3	Taxonomie de la couche Appareil	57
4.4	Taxonomie de la couche Communication	58
4.5	Les e tapes de la phase de surveillance et de reconnaissance	59
4.6	Exemple d'un formulaire d'identification	60
4.7	Repr e sentation de l'identifiant fourni par le Cloud	61
4.8	Diagramme d'activit e du cas n o 2	63
4.9	Diagramme d'activit e du cas n o 3	64
4.10	Algorithme des e tapes de traitement et de prise d e cision	67
4.11	Algorithme du cas n o 1	68
4.12	Algorithme du cas n o 4	68
4.13	Envoi du message d'avertissement	70
4.14	Repr e sentation de la distance d'arr e t	72
4.15	Algorithme des k plus proches voisins sup e rieurs	77
4.16	Algorithme d'envoi du message d'aide	79

TABLE DES FIGURES

5.1	Architecture fonctionnelle du service HAaaS	83
5.2	L'autoroute A1 [12]	84
5.3	La pénétrante El Kerma - Oued Tlélat [13]	85
5.4	Liste non exhaustive des coordonnées géographiques obtenues	86
5.5	Ceinture de sécurité de la protection civile de la wilaya d'Oran	91
5.6	Les unités de la protection civile de la Wilaya d'Oran	91
5.7	Unités de la protection civile à proximité de la pénétrante d'Oran	92
5.8	Diagramme de séquence représentant les messages échangés entre le Cloud et les véhicules	96
5.9	Impact sur le nombre total d'accidents	97
5.10	Impact sur le nombre d'accidents survenus sur autoroute	97
5.11	Impact sur le nombre total de décès	98
5.12	Impact sur le nombre de décès survenus sur autoroute	98
5.13	Impact sur le nombre total de blessés	99
5.14	Impact sur le nombre de blessés sur le réseau autoroutier	99
5.15	Impact sur le nombre d'heures perdues, la quantité d'essence perdue et le coût	100
5.16	Impact sur le temps d'attente avant la prodigation des premiers secours	101
A.1	Architecture de CloudSim [14]	114
A.2	NetBeans 8.1	115
A.3	Comparaison entre le fonctionnement d'un programme Java et celui d'un programme écrit avec un langage non portable — ici le C++ [15]	116
A.4	Page d'accueil	117
A.5	Interface principale	117
A.6	Chargement du scénario El Kerma -Oued Tlélat avec HAaaS	118
A.7	Chargement du scénario El Kerma-Oued Tlélat sans HAaaS	119
A.8	Création du Datacenter	119
A.9	Allocation des machines virtuelles	120
A.10	Liste des machines virtuelles allouées	120
A.11	Allocation des machines physiques "Hosts"	121
A.12	Algorithme du First Fit Decreasing	121
A.13	Liste des machines physiques allouées	121
A.14	Injection des véhicules «scénario avec HAaaS»	122
A.15	Positionnement des véhicules avec des coordonnées en points pixels	122
A.16	Phase d'identification «scénario avec HAaaS»	122
A.17	Liste globale des conducteurs	123
A.18	Liste des identifiants	124
A.19	Liste des conducteurs des véhicules équipés	124
A.20	Lancement de la simulation	125
A.21	Mise à jour des véhicules au niveau du Cloud	125
A.22	Mise à jour des VMs au niveau du Cloud	126
A.23	Mise à jour des hosts au niveau du Cloud	126
A.24	La phase traitement	127
A.25	Détection du malaise	127
A.26	Envoi du message help	128
A.27	Conduite du véhicule à la bande d'arrêt d'urgence	128
A.28	Envoi du message à la plateforme de la protection civile	128
A.29	Arrivée des véhicules pour la prodigation des premiers secours	129
A.30	Injection des véhicules dans le scénario sans HAaaS	129
A.31	Phase d'identification «scénario sans HAaaS»	129
A.32	Liste des conducteurs «scénario sans HAaaS»	130

A.33 Résultat d'un malaise au volant «scénario sans HAaaS» 130

Liste des tableaux

1.1	Etude comparative entre CC et VCC [3]	19
2.1	Liste de capteurs couramment utilisés dans les réseaux BAN [5]	27
2.2	Récapitulatif des usages du BAN dans le domaine médical.	29
2.3	Comparaison entre les WSN et les WBAN [16]	32
3.1	Étude comparative entre les travaux connexes	50
4.1	Liste non exhaustive des capteurs disponibles sur les véhicules	56
4.2	Distance d'arrêt pour un freinage de $-11 m.s^{-2}$ et de $-8.5 m.s^{-2}$ [17]	73
4.3	Exemple de différentes vitesses de conception [17]	74
5.1	Propriétés d'un conducteur	88
5.2	Aperçu sur la liste globale des conducteurs	89
5.3	Aperçu sur la liste des conducteurs des véhicules équipés	89
5.4	Aperçu de la liste des identifiants renvoyés par le Cloud	90
5.5	Caractéristiques d'un Datacenter dans Cloudsim	93
5.6	Caractéristiques d'une machine virtuelle dans Cloudsim	93
5.7	Caractéristiques d'une machine physique (Host) dans Cloudsim	94
5.8	Configuration initiale du Cloud Computing correspondant au scénario El-Kerma – Oued Tlélat	94
5.9	Paramètres utilisés dans la simulation avec l'approche HAaaS	95

Notation

ABS : Anti-blocage des roues, (de l'allemand "Antiblockiersystem").

ACC : Active Cruise Control/Adaptive Cruise Control.

AFIL : Alerte de Franchissement Involontaire de Ligne.

AFL : Adaptive Forward Lighting.

AFU : Aide au Freinage d'Urgence.

AP : Access Point.

ASFA : Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes.

AVC : Accident Vasculaire Cérébral.

BAN : Body Area Network.

BASN : Body Area Sensor Network.

BLA : Bees Life Algorithm.

BP : Bande Passante.

BS : Base Station.

CaaS : Cooperation as a Service.

CAN : Convertisseur Analogique-Numérique.

CBC : Cornering Brake Control.

CBR : Content Based Routing.

CC : Cloud Computing.

CCDI : Common Development and Distribution License.

CCI : Camion-Citerne d'Incendie.

CTS : Cloud Transportation System.

DA : Distance d'Arrêt.

DD : Degrés Décimaux.

DDS : Deflation Detection System.

DF : Distance de Freinage.

DOI : Domain Of Interest.

DR : Distance de Réaction.

DSRC : Dedicated Short Range Communication.
EBA : Emergency Brake Assist.
ECG : Électroencéphalogramme.
EDI : Environnement de Développement Intégré.
EEG : Électrocardiogramme.
EMG : Électromyogramme.
ENaaS : ENtertainment as a Service.
EWM : Emergency Warning Message.
FCAA : Forecasting collision Avoidance Approach.
GPCR : Greedy Perimeter Coordinator Routing.
GPRS : General Packet Radio Service.
GPS : Global Positioning System.
GSM : Global Systems for Mobile communications.
HAaaS : Health-Assistance as a Service.
I2I : Infrastructure to Infrastructure.
IaaS : Infrastructure as a Service.
IBM : International Business Machines.
IMS :
INaaS : INformation as a Service.
INS : Inertial Navigation Sensor.
INRETS : Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité.
ITS : Intelligent Transportation System.
JDK : Java Development Kit.
LLC : Logical Link Control.
M2M : Machine to Machine.
MAC : Media Access Control.
MANet : Mobile Ad-hoc Network.
MCC : Mobile Cloud Computing.
MIPS : Million d'Instructions Par Seconde.
NaaS : Network as a Service.
NIST : National Institute of Standards and Technology.
OBU : On-Board Unit.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
P2P : Peer to Peer.
PaaS : Platform as a Service.
PAN : Personal Area Network.
PDA : Personal Digital Assistant.
PE : Processing Element.
PNA : Parc National Automobile.

QoS : Quality of Service.
RSI : Road Side Infrastructure.
RSU : Road Side Unit.
SaaS : Software as a Service.
STaaS : SStorage as a Service.
STI : Système de Transport Intelligent.
TA : Trusted Authority.
TOGAF : The Open Group Architecture Framework.
VANet : Vehicular Ad-hoc Network.
V2V : Vehicle to Vehicle.
V2I : Vehicle to Infrastructure.
VADD : Vehicle-Assisted Data Delivery.
VC : Vehicular Cloud.
VC2 : Vehicular Cloud 2.
VCC : Vehicular Cloud Computing.
VDS : Virtual Doctor Server.
VMM : Virtual Machine Monitor.
VSN : Vehicular Sensor Network.
VTAMN : Vêtement de Téléassistance Médicale Nomade.
WAN : Wide Area Network.
WBAN : Wireless Body Area Network.
WBASN : Wireless Body Area Sensor Network.
WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access.
WLAN : Wireless Local Area Network.
WMAN : Wireless Metropolitan Area Network.
WPAN : Wireless Personal Area Network.
WRI : Wireless Roadside Inspection.
WSN : Wireless Sensor Network.

Introduction

Depuis quelques années, nous assistons à une importante évolution dans le domaine des télécommunications qui a favorisé le développement du système de transport. Cette évolution est due essentiellement aux besoins actuels en termes de disponibilité et d'accessibilité aux données à n'importe quel moment et depuis n'importe quel endroit. En effet, cette révolution a pour objectif de rendre les réseaux routiers plus sûrs, plus efficaces, plus fiables et plus écologiques sans avoir nécessairement à modifier matériellement l'infrastructure existante.

La gamme de technologies en jeu comprend l'informatique et les technologies des capteurs, les systèmes de contrôle et de communications ; elle touche des disciplines telles que les transports, l'ingénierie, les télécommunications, l'informatique, les finances, le commerce électronique, la construction automobile, etc.

Les principaux objectifs d'un système de transport intelligent concernent l'amélioration de la sécurité des déplacements, l'amélioration de l'efficacité globale du système de transport en réduisant les temps de parcours et les congestions, l'intégration des transports dans une politique de développement durable, notamment en réduisant les émissions de gaz pour les véhicules légers et les poids lourds et en optimisant la maintenance de l'infrastructure, et enfin l'amélioration du confort de l'usager en lui fournissant une multitude de services d'information, d'aide à la décision, de guidage, de suivi et de surveillance et d'accès à Internet.

En effet, de nombreux systèmes ont, depuis, vu le jour. L'une de leurs applications concerne la sécurité routière qui consiste à renforcer la prévention routière et à munir nos voitures et nos routes de capacités permettant de réduire le nombre d'accidents et de rendre les routes plus sûres et plus conviviales. Beaucoup d'informations sont générées grâce à ces systèmes, telles que les informations sur le trafic, sur les accidents, sur les dangers et les obstacles, les informations météorologiques, etc.

En conséquence, beaucoup de technologies ont été développées, telles que les VSN (Vehicular-based Sensor Networks) et les Clouds Véhiculaires, moyennant diverses formes de communication, principalement VANet.

Dès leur apparition, les réseaux VANet ont attiré l'attention des communautés de recherche, des principaux constructeurs automobiles et des gouvernements

en raison de leurs applications potentielles et de leurs caractéristiques spécifiques. Leurs résultats de recherche ont commencé avec la sensibilisation des véhicules à l'évitement des collisions, à l'accès à Internet, puis élargie aux communications multimédias véhiculaires. De plus, les ressources élevées de calcul, de communication et de stockage du véhicule constituent un terrain propice au déploiement de ces applications dans un avenir proche. Néanmoins, les ressources à bord des véhicules sont pour la plupart sous-utilisées.

L'introduction de la nouvelle technologie hybride connue sous le nom de VCC (Vehicular Cloud Computing) a eu un grand impact sur les ITS en utilisant les ressources sous-utilisées de véhicules telles que le GPS, le stockage, Internet et la puissance de calcul pour prendre des décisions instantanées et partager des informations sur le Cloud. En effet, le Cloud Computing Véhiculaire (VCC) a été développé pour utiliser efficacement les ressources de VANet et ainsi fournir aux abonnés des services sûrs et en temps réel.

Parallèlement, l'effervescence de l'industrie automobile, a permis de concevoir des véhicules plus équipés les uns que les autres. Ces véhicules comprennent relativement plus de systèmes de communication tels que le dispositif informatique embarqué, le stockage et la puissance de calcul, le GPS, etc. pour fournir un système de transport intelligent (STI). Ainsi, en combinant la technologie VCC et ces nouveaux véhicules introduits dans le marché, nous obtiendrons un système à la pointe de la technologie capable de résoudre la majorité des problèmes liés à la sécurité routière et au bien-être du conducteur.

Motivations

Les accidents de la circulation sont considérés comme l'une des causes principales de mortalité dans le monde. En effet, chaque année, plus de 1,25 million de personnes perdent la vie dans des accidents de la route et 20 à 50 millions d'autres sont blessées, parfois même deviennent handicapées à la suite de leurs blessures, selon l'Organisation Mondiale de la Santé [18].

Ces accidents entraînent des pertes économiques considérables pour ceux qui en sont victimes, leurs familles et les pays dans leur ensemble. En effet, ils nécessitent des traitements coûteux (y compris pour la réadaptation) et des enquêtes, et entraînent une perte de productivité (et de revenu) pour la victime et les membres de sa famille qui doivent interrompre leur travail (ou s'absenter de l'école) pour la prendre en charge [18].

Plus grave encore, ces chiffres augmenteront d'environ 65 % au cours des 20 prochaines années s'il n'y a pas un nouvel engagement en faveur de la prévention selon des projections réalisées au sein de l'Organisation Mondiale de la Santé. Pourtant, la tragédie que cachent ces chiffres attire moins l'attention des médias que d'autres types de drames moins fréquents [18].

De plus ces accidents entraînent des embouteillages sur les routes ce qui provoque une énorme quantité de coûts financiers. En 2014, et aux États-Unis seulement, il y a eu une perte de 160 milliards de Dollars avec 6,9 milliards d'heures perdues et 3,1 milliards gallons perdus d'essence gaspillée [19].

Alors qu'ils sont en grande partie prévisibles et évitables, pendant de nom-

breuses années, les accidents de la route demeurent l'une des causes principales de mortalité dans le monde.

Contexte et Problématique

La vigilance est considérée comme étant l'un des facteurs principaux d'une bonne conduite sur la route. Elle correspond à un état de veille sur lequel peuvent agir des facteurs de dégradation tels que la fatigue, la somnolence, la consommation de psychotropes (alcool, stupéfiants ou/et médicaments), mais aussi le caractère parfois répétitif ou monotone de la conduite. Ces aspects sont parfois difficiles à mettre en évidence dans un accident.

Selon le bilan national des activités opérationnelles de la protection civile [20], en 2016, le nombre d'accidents de la circulation s'élevait à 59.902 accidents avec 73.337 personnes blessées et 2.118 décédées. Ces accidents ont entraîné 113.312 interventions de la protection civile. A Oran seulement, il y a eu 2.626 accidents dans lesquels 2.685 personnes ont été blessées (1.731 hommes, 679 femmes et 275 enfants). Ces accidents ont entraîné la mort de 48 personnes dont 42 hommes, 03 femmes et 03 enfants et ont causé des dégâts matériels considérables se matérialisant en le dommage de 4.819 voitures, 208 camions, 107 bus et 293 motos. Ces accidents ont nécessité 5.085 interventions de la protection civile rien que dans la Wilaya d'Oran.

A ce jour, il existe très peu de statistiques mondiales et d'enquêtes scientifiques qui permettent de déterminer le nombre exact d'accidents de la circulation provoqués par un malaise au volant. Parmi ces enquêtes, une étude réalisée par l'INRETS, en 2010 [21], a fait ressortir que les problèmes de vigilance concernaient 11,9 % des conducteurs impliqués dans les 1.107 accidents analysés. Ces accidents se matérialisent quasi systématiquement par des pertes de contrôle du véhicule. Aussi, dans ces accidents, 38,8% des conducteurs ont été victimes d'un endormissement ou d'un malaise. Toujours selon cette étude [21], un malaise au volant touche autant d'hommes que de femmes avec une moyenne d'âge de 45 ans et ayant des problèmes de santé.

Aussi, selon l'association Prévention Routière [22], le facteur "malaise fatigue" apparaît dans 9% des décès sur l'ensemble du réseau routier. Ce risque apparaît de jour comme de nuit. Par exemple, sur la période 2007-2011, dans le Gers, le facteur "malaise fatigue" a été retenu dans 88 accidents corporels (soit dans 9,3 % des accidents) dont 16 accidents mortels (soit 12,8 % des accidents mortels). Le bilan des victimes s'élevait à 19 tués (soit 13,8% des tués) et à 196 blessés (soit 15,7%) dont 82 hospitalisés [23].

Une autre étude est celle menée par le Pr. Pierre Phillip et l'Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes (ASFA) sur un échantillon de conducteurs français en 2017 [24]. Cette étude a montré que 47% des conducteurs interrogés ont soufferts de somnolence lors de trajets de nuit et 28% ont eu au moins un épisode de somnolence sévère au volant avec obligation de s'arrêter et que 11% ont eu au moins un presque accident, avec sortie de route ou franchissement de ligne non contrôlé.

Toujours selon l'ASFA [25], le facteur «fatigue-somnolence» a été considéré, en 2017, comme la première cause d'accidents mortels sur autoroute avec 27% du

nombre total de décès et que ces accidents sont survenus dans 52% des cas le jour [26], principalement au petit matin (entre 4h et 6h), ainsi que dans l'après-midi (entre 15h et 16h), comme indiqué dans le dernier rapport sécurité de l'association [26].

De plus, de nos jours les véhicules ne servent que de spectateurs qui témoignent des événements reliés au trafic sans pour autant s'impliquer alors qu'ils ont le potentiel de coopérer entre eux pour obtenir de meilleures performances, offrir plus de services ou résoudre les problèmes qui prennent généralement une quantité considérable de temps pour être résolus.

En se basant sur les différentes statistiques locales, nationales et mondiales concernant le malaise au volant et en utilisant les nouvelles technologies dans le domaine de l'automobile et du transport intelligent, nous proposons, dans cette thèse, un nouveau service de Cloud Computing Véhiculaire que nous appelons HAaaS (Health-Assistance as a Service). Ce service appartient au domaine de la prévention et de la sécurité routière et plus précisément à l'assistance aux conducteurs malades, victimes de malaise ou en endormissement. Notre objectif est de fournir un support d'aide à la décision et de prise en charge capable de surveiller et de gérer, à la fois, le malaise, l'endormissement et le véhicule d'un conducteur en détresse sur une autoroute.

Nous cherchons, à travers cette thèse, à montrer qu'à partir d'un service de Cloud Computing Véhiculaire nous pouvons réduire le nombre d'accidents de la circulation, limiter les dégâts matériels et humains et réduire le gaspillage en termes de temps et de carburant pour les agents de la protection civile et les conducteurs des véhicules environnants.

Aussi, nous visons à montrer comment se fait la prise en charge des personnes victimes de malaise au volant, qu'elles soient conscientes, endormies ou évanouies et comment leur prodiguer les gestes de premiers secours dans les plus brefs délais.

Au final, notre objectif est de mettre en évidence la capacité du service HAaaS à permettre aux personnes souffrant de maladies chroniques de prendre leurs véhicules et de faire de longs trajets en toute sécurité.

Pour ce faire, nous avons structuré notre thèse selon le schéma suivant :

Dans le *chapitre 1*, nous présenterons les systèmes de transport intelligents, les réseaux VANets et le Cloud Computing Véhiculaire ainsi que leurs différentes composantes, leurs architectures et leurs caractéristiques.

Dans le *chapitre 2*, nous exposerons le concept de réseau de capteurs corporels, ainsi nous donnerons une définition complète de cette nouvelle technologie ainsi qu'un état de l'art des divers capteurs utilisés de nos jours.

Dans le *chapitre 3*, nous présenterons quelques travaux de recherche traitant la technologie Cloud Computing Véhiculaire afin de pouvoir faire le parallèle avec le travail que nous proposons.

Dans le *chapitre 4*, nous décrirons, à travers un ensemble de formules, d'algorithmes et de diagrammes le service HAaaS ; la solution que nous proposons pour la

gestion des personnes prises de malaise ou d'endormissement pendant la conduite de leurs véhicules.

Dans le *chapitre 5*, nous dévoilerons le modèle routier que nous avons développé et sur lequel nous effectuerons les simulations, aussi nous exposerons les différents résultats que nous obtiendrons.

Nous terminerons notre thèse par une conclusion générale où nous ouvrirons des perspectives pour le travail que nous proposons.

Enfin, nous fournirons deux annexes. Dans la première, nous dévoilerons les différentes étapes de simulation avec et sans le service HAaaS que nous proposons. Dans la deuxième annexe, nous donnerons la liste complète des coordonnées géographiques que nous avons utilisées dans le développement de notre système.

Chapitre **1**

Systèmes de **T**ransport
Intelligents, **VAN**ets et **C**loud
Computing **V**éhiculaire

1.1 Introduction

L'émergence des systèmes de transport intelligents est due principalement aux grands progrès technologiques dans les domaines des protocoles de communication sans fil et des systèmes embarqués et temps réel. Très prometteurs, ces systèmes permettent d'offrir un large éventail de nouvelles applications, de nouveaux véhicules communicants et de définir un écosystème de mobilités diversifiées. Les caractéristiques inhérentes à ces systèmes posent de nouveaux challenges en termes de protocoles et d'architectures de communications.

En effet, ce chapitre fournit une introduction et un aperçu sur les systèmes de transport intelligents, les réseaux véhiculaires et le Cloud Véhiculaire ainsi que les différentes relations qui existent entre eux. Le chapitre examine également les architectures et les types de communication qui régissent ces réseaux et discute des différents objectifs et applications qui caractérisent ces concepts technologiques.

1.2 Systèmes de Transport Intelligents

Les systèmes de transport intelligents (STI) (en anglais Intelligent Transportation Systems (ITS)) sont les applications des nouvelles technologies de l'information et de la communication au domaine des transports et de sa logistique. Ils sont appelés "Intelligents" car leur développement repose sur des fonctions généralement associées à l'intelligence : capacités sensorielles et de choix, mémoire, communication, traitement de l'information et comportement adaptatif. On trouve les STI dans plusieurs champs d'activité : dans l'optimisation de l'utilisation des infrastructures de transport, dans l'amélioration de la sécurité (notamment de la sécurité routière) et de la sûreté ainsi que dans le développement des services. Le recours aux STI s'intègre aussi dans un contexte de développement durable : ces nouveaux systèmes concourent à la maîtrise de la mobilité en favorisant entre autres le report de la voiture vers des modes plus respectueux de l'environnement. Les réseaux véhiculaires sont une projection des systèmes de transport intelligents (Intelligent Transportation Systems - ITS) [27].

1.3 Réseaux VANets

1.3.1 Présentation

Un réseau VANet est une particularité des réseaux MANets (Mobile Ad-hoc Networks) où les nœuds mobiles sont des véhicules (intelligents) [9] équipés de matériels de très hautes technologies (Calculateurs, radars, systèmes de géolocalisation (GPS), différents types de capteurs et périphériques réseau) [28]. Comme tout autre réseau Ad hoc, les véhicules peuvent communiquer entre eux (pour échanger les informations sur le trafic par exemple) ou avec des stations de base placées tout au long des routes (pour demander des informations ou accéder à internet..).

La Figure 1.1 représente la hiérarchie des réseaux sans fil. Elle schématise l'inclusion des réseaux véhiculaires VANets dans les réseaux mobile MANets, les MANets dans les réseaux Mobiles ainsi que les réseaux mobiles dans les réseaux sans fil.

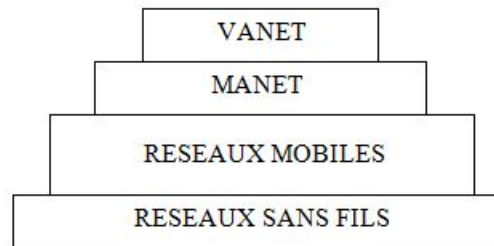


FIGURE 1.1: Hiérarchie des réseaux sans fil

Les réseaux VANets permettent des communications inter-véhiculaires (V2V) et véhicules à infrastructure (V2I). Les différents nœuds peuvent échanger toutes alertes ou informations utiles pour améliorer la sécurité de la circulation routière. Mais aussi des données (musique, vidéo, publicités, etc.) pour rendre le temps passé sur la route plus agréable et moins ennuyeux [28].

1.3.2 Composants

Un réseau VANet est constitué principalement de trois entités :

- **TA (*Trusted Authority*)**

Dites CA en français (autorité de confiance). C'est une source d'authenticité de l'information. Elle assure la gestion et l'enregistrement de toutes les entités sur le réseau (RSU et OBU). La TA est sensée connaître toutes les vraies identités des véhicules et au besoin les divulguer pour les forces de l'ordre. Aussi, la TA dans certains travaux se charge de la délivrance et l'attribution des certificats et des pseudonymes de communications [29].

- **RSUs (*Road Side Units*)**

Ces entités sont les subordonnés des TA. Elles sont installées au bord des routes. Elles peuvent être principalement, des feux de signalisation, des lampadaires ou autres. Leur principale responsabilité est de soutenir la TA dans la gestion du trafic et des véhicules. Elles représentent des points d'accès au réseau et aux différentes informations sur la circulation [28].

- **OBUs (*On-Board Units*)**

Ce sont des unités embarquées dans les véhicules intelligents, elles regroupent un ensemble de composants matériels et logiciels de hautes technologies (GPS, radar, caméras, différents capteurs et autres). Leurs rôle est d'assurer la localisation, la réception, le calcul, le stockage et l'envoi des données sur le réseau. Ce sont des émetteurs-récepteurs qui assurent la connexion du véhicule au réseau [28].

1.3.3 Architecture

En principe, il n'y a pas d'architecture ou de topologie fixe qu'un VANet doit suivre. Cependant, un VANet général consiste en des véhicules en mouvement com-

muniqueant avec d'autres véhicules aussi bien qu'avec quelques RSU proches.

Un VANet est différent d'un MANet en ce sens que les véhicules ne se déplacent pas aléatoirement comme le font les nœuds dans les MANets, mais que les véhicules en mouvement suivent des chemins fixes tels que les routes urbaines et les autoroutes. Alors qu'il est facile de considérer VANet comme une partie de MANet, il est également important de considérer les VANets comme un domaine de recherche individuel, surtout quand il s'agit de la conception de l'architecture du réseau. En effet, afin d'échanger les différentes informations et données liées à la sécurité et au confort des usagers de la route, VANet utilise trois catégories de communications (Figure 1.2) :

1- Les communications Véhicule à Véhicule (V2V)

Ce type de communication représente le premier modèle d'architecture que peut avoir un VANet. Il fonctionne à l'aide des dispositifs installés dans les véhicules, appelés OBUs (On-Board Units), suivant une architecture décentralisée. Il est semblable au type de communications entre les nœuds mobiles des réseaux MANets. La communication entre deux véhicules se fait directement, en mode Ad hoc inter véhiculaire. Ils n'ont pas besoin de faire appel aux infrastructures pour pouvoir communiquer entre eux. À condition que chaque véhicule soit à la portée de l'autre (zone radio). Sinon, ils font appel à d'autres véhicules, qui vont jouer le rôle d'un pont (intermédiaire) pour eux [28]. Dans ce type d'architecture, les véhicules agissent à la fois comme consommateurs et comme producteurs, car les véhicules reçoivent des informations provenant d'autres véhicules du réseau et distribuent ces informations à d'autres véhicules du réseau. Ainsi, la collecte et la distribution des données sont, à la fois, effectuées au sein du réseau pour une livraison plus rapide des messages [30]. Ce type de transmission est appelée communication à multi sauts.

2- Les communications Véhicule à Infrastructure (V2I)

Ce type de communication représente le deuxième modèle d'architecture que peut avoir un VANet. La communication véhicule à infrastructure (V2I) est aussi appelée une communication en mode infrastructure. Ce mode de communication est assuré grâce aux différentes entités du réseau VANet. En effet, les OBUs (On-Board Units) des véhicules, les RSUs (Road Side Units) placés en bord de routes et même les TA (Trusted Authority) contribuent tous entre eux pour assurer les communications dans le réseau véhiculaire [28]. Dans ce type d'architecture, l'infrastructure est utilisée pour collecter les informations à partir des véhicules pour les fournir, ensuite, à d'autres véhicules [30]. Ce mode de communication assure une connectivité relativement forte par rapport à la communication en mode V2V (véhicule à véhicule). Comme il assure une meilleure utilisation des ressources du réseau [28].

3- Les communications Hybrides (V2V-V2I-I2I)

La combinaison des deux types de communications cités ci-dessus permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures étant limitées, l'utilisation de véhicules comme relais permet d'étendre cette portée. Dans un but économique et afin d'éviter

la multiplication des stations de bases, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance [9].

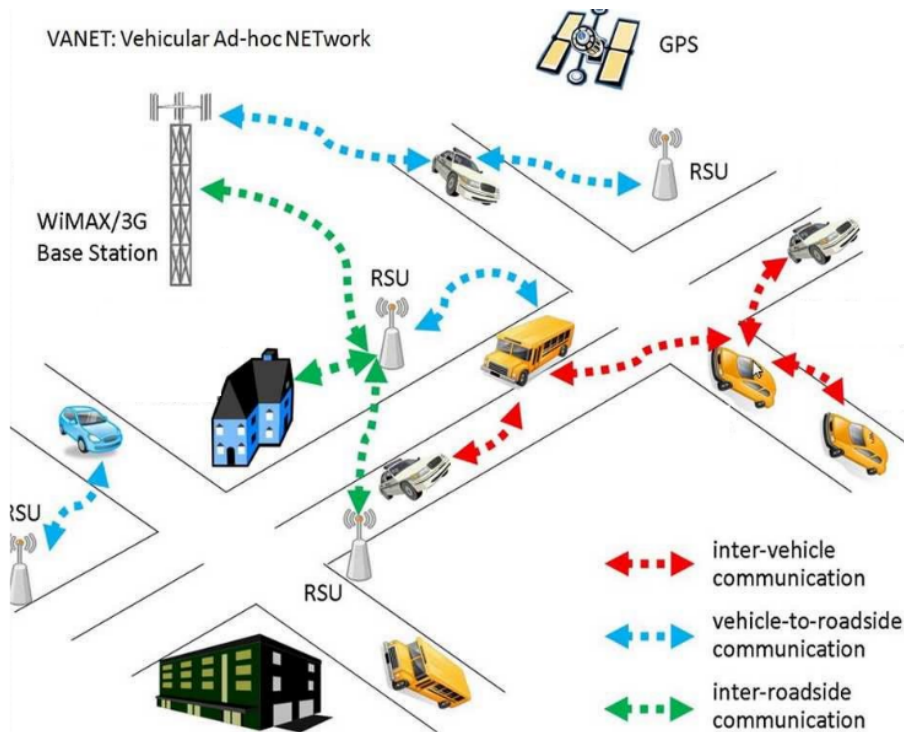


FIGURE 1.2: Architecture de VANet [1]

1.3.4 Caractéristiques

Bien que les réseaux VANets dérivent des réseaux Ad hoc mobiles, ils se distinguent avec certaines caractéristiques, qui retiennent une grande attention, à savoir :

- *Capacité et autonomie d'énergie*

Parmi les spécificités des réseaux VANets, la grande capacité d'énergie caractérisant les véhicules qui les détiennent de leurs systèmes d'alimentation. Ce qui n'est pas le cas des autres types d'appareils des réseaux sans fil, qui incitent une grande préoccupation par rapport à la limite de leurs batteries [31].

- *Communication, traitement et stockage*

Les véhicules sont caractérisés par la diversification de leurs modes de communications, car ils sont équipés de différentes interfaces (WIFI, Bluetooth, Radio et autres). Ceci implique une grande capacité de traitement et de stockage des données, qui est assurée grâce aux nouvelles technologies et aux nombreuses puces

électroniques très puissantes qui sont installées dans les véhicules [28].

- *Environnement de communication*

Contrairement aux environnements des réseaux Ad-hoc mobiles qui sont souvent stables et limités en espace (bâtiment, aéroport ou aéroport et centre commercial). Les réseaux VANets sont caractérisés par la grande diversité de leurs environnements qui sont déployés dans la nature à grande échelle. Passant du milieu urbain qui présente différents obstacles (immeubles) qui peuvent réduire la qualité de transmission radio, à un environnement autoroutier affecté principalement par les très grandes vitesses des véhicules [28].

- *Modèle de mobilité*

Le modèle de mobilité des réseaux VANets est lié à la diversité environnementale et aux infrastructures routières [32]. Cependant, dans une certaine mesure, il est possible de prévoir l'évolution des déplacements des véhicules grâce à leurs vitesses, leurs directions et surtout la connaissance des cartes routières. Car les déplacements des véhicules sont structurés par les routes et les rues [33]. Le mode de mobilité des réseaux VANets est affecté par la vitesse des véhicules et leurs déplacements aléatoires, qui peuvent réduire considérablement les durées de communications et leurs comportements face à des obstacles.

- *Modèle de communication*

Les réseaux VANets ont été déployés principalement pour des raisons de sécurité routière (message d'alerte). Ils doivent relier une source d'alerte vers une multitude de destinations (véhicules ou infrastructures), par exemple, ce type de communication nécessite principalement un modèle de transmission en Broadcast. Néanmoins, les entités ont parfois besoin de communiquer en mode Unicast [34].

- *Topologie et connectivité*

Les réseaux VANets sont caractérisés par une connectivité irrégulière et relativement faible, liée directement à la vitesse des véhicules, leurs déplacements aléatoires et leurs comportements face à des obstacles, qui peuvent réduire considérablement les durées des communications. En effet un véhicule peut rapidement rejoindre ou quitter un groupe de véhicules, ce qui rend les changements de topologie très fréquents et très dynamiques, constitués de plusieurs groupes séparés [31], ceci entraîne une réorganisation de la topologie du réseau.

- *Technologies de communications*

Pour mettre en place les différentes communications entre les entités du réseau VANet, diverses technologies ont été conçues, pour offrir les différents services et augmenter la portée des communications et des bandes passantes. Ainsi, une norme de communication appelée DSRC (Dedicated Short Range Communication) [35] a été adoptée. Sa couche physique est basée sur la norme IEEE 802.11a [36]. Plus tard, l'IEEE s'inspira de cette norme pour créer la norme actuellement utilisée 802.11p [35]. Cette norme définit essentiellement les services de sécurité et le format des messages.

1.3.5 Types de messages

Les différents messages échangés dans les réseaux VANets peuvent être facilement classés, selon leurs utilités et leurs contenus, en deux grands types de messages : des messages liés à la sécurité et des messages à valeur ajoutée [28].

1- Messages liés à la sécurité

L'objectif principal de la naissance des réseaux VANets était la sécurité des usagers de la route. Ainsi, on trouve deux types de messages de sécurité [28] :

a- Le message beacon

Ce type de message contient souvent les informations relatives à l'identité et à l'état actuel du véhicule (position, vitesse, direction et autres), il est diffusé périodiquement et est utilisé principalement pour permettre l'identification du voisinage. Ce type de message joue un rôle primordial dans la plupart des protocoles de routage et de sécurité.

b- Le message d'alerte (d'urgence)

Ce type de message est envoyé pour prévenir les autres véhicules de différentes urgences et des catastrophes sur la route (accident, congestion de la circulation, information météorologique, passage d'un véhicule de secours et autres), afin qu'ils aient plus de temps pour agir. Ce type de message aide à améliorer la circulation et la sécurité routière.

2- Message à valeur ajoutée

Ce type de message peut contenir n'importe quelle autre information ou donnée. Il peut contenir des informations sur des services [28]. Comme l'endroit des restaurants ou des hôtels. Il peut aussi contenir des données multimédias ou n'importe quelle donnée ou information, qui peut améliorer le confort des usagers de la route.

1.3.6 Application

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

En effet, les réseaux véhiculaires permettent de mettre en œuvre des applications de sécurité (éviter des collisions, prévention des travaux, etc.), des applications temps-réel (aide à la conduite automatisée), les applications des systèmes de transport intelligents (gestion du trafic, proposition de détours, etc.), des applications de confort (péage automatique des autoroutes, connexion à du contenu multimédia en ligne, etc.). Pour fonctionner pleinement, le véhicule a besoin d'une puissance de calcul de plus en plus grande et d'une connexion quasi-continue. Afin de garantir cette contrainte, les réseaux véhiculaires font de plus en plus appel au Cloud.

1.4 Mobile Cloud Computing

1.4.1 Définition

Le Cloud Computing Mobile (MCC) est un nouveau paradigme émergent dans le domaine des technologies de l'information. Pour mieux comprendre et exploiter ses progrès technologiques, il est nécessaire de définir à la fois le Cloud Computing et le Mobile Cloud Computing.

L'Institut National des Standards et Technologies (NIST) donne une définition formelle du Cloud Computing : «*Le Cloud Computing est un modèle permettant un accès réseau commode et à la demande à un pool partagé de ressources informatiques configurables (par exemple, réseaux, serveurs, stockage, applications et services) pouvant être rapidement provisionnées et libérées avec un minimum d'effort de gestion ou d'interaction avec le fournisseur de services.*» [37].

Le Forum du Cloud Computing Mobile définit le MCC comme suit [38] : «*Le Cloud Computing Mobile dans sa simplicité se réfère à une infrastructure où, à la fois, le stockage et le traitement de données se produisent en dehors de l'appareil mobile. Les applications du Cloud Mobile déplacent la puissance de calcul loin des téléphones mobiles et la met dans le Cloud, amenant les applications et le calcul mobile pas seulement aux utilisateurs de smartphones, mais à une gamme beaucoup plus large d'abonnés mobiles.*»

En effet, le Cloud Computing Mobile est basé sur le fait que, sans le financement dans l'infrastructure, les entreprises peuvent fonctionner en louant l'infrastructure et les logiciels nécessaires pour leur organisation.

1.4.2 Utilisation

Le Cloud Computing Mobile (MCC) est un nouveau paradigme qui peut être utilisé par les conducteurs de véhicules pour exploiter les services en tant qu'utilisateur par un modèle de paiement pay as you go (paiement à l'usage), et qui peut traiter une grande quantité de données à la demande à n'importe quel moment et n'importe où. Les conducteurs peuvent utiliser leurs appareils mobiles pour se connecter au Cloud via Internet [3]. MCC fournit l'environnement et la base essentiels pour intégrer les plateformes et les technologies qui surveilleront la sécurité routière en traitant les données des réseaux de capteurs à l'aide de différentes architectures de Cloud mobile, telles que la Platform as a Service (PaaS). Cependant, les appareils mobiles souffrent de limitations de ressources informatiques (restriction de ressources et de batteries, temps de traitement [39]). De plus, télécharger de l'information en temps réel sur le Cloud, comme un embouteillage ou une situation d'accident, en utilisant Internet est coûteux et prend du temps [40].

1.4.3 Fonctionnalités

Plusieurs fonctionnalités sont uniques dans le Cloud Computing Mobile en termes de matériels et de service de provisionnement [2], [37] :

- Fournir aux utilisateurs la facilité de puissance de calcul illimitée accessible à la demande.
- Ne pas nécessiter une planification précoce du provisionnement en ressources.

- Les coûts initiaux peuvent être évités par les utilisateurs du Cloud, ce qui permet aux compagnies de lancer de nouvelles petites entreprises et d'étendre leurs ressources matérielles lorsqu'elles sont uniquement nécessaires pour des applications populaires.
- La possibilité de payer les ressources informatiques à court terme et de les libérer quand elles ne sont plus nécessaires.
- Les services peuvent être accessibles depuis n'importe où dans le monde.
- Capable d'accéder aux ressources à tout moment.
- Grâce aux techniques de virtualisation, une machine peut servir plusieurs utilisateurs et agir comme des machines séparées.
- Par la mise en pool des ressources, de nombreux clients peuvent être desservis par un grand centre de données en réseau.

1.4.4 Architecture

En considérant les définitions et les services décrits dans la section 4.1, l'architecture du MCC est illustrée dans la Figure 1.3 Cette architecture contient trois couches, la couche application (SaaS), la couche plateforme (PaaS) et la couche infrastructure (IaaS). Chacune de ces couches fournit un service spécifique pour les utilisateurs et peut être décrite comme suit [2] :

1- Infrastructure as a Service (IaaS) :

Plusieurs types de virtualisation opèrent dans cette couche. Parmi d'autres ressources, le calcul, le réseau, le matériel et le stockage sont également inclus. Dans la couche inférieure du framework, les dispositifs de l'infrastructure et le matériel sont virtualisés et fournis comme un service pour les utilisateurs pour installer le système d'exploitation (OS) et exécuter les applications logicielles. Par conséquent, cette couche est appelée Infrastructure as a Service (IaaS) [3].

2- Platform as a Service (PaaS) :

Dans PaaS, les systèmes d'exploitation mobile comme Android, iPhone, Symbian et d'autres OS, aussi bien que la gestion de bases de données sont inclus dans cette section. Cette couche contient l'environnement pour la distribution de stockage, la conception de programmation parallèle, le système de gestion pour l'organisation de systèmes de fichiers distribués et d'autres outils de gestion de Cloud Computing. Les développeurs de programmes sont les principaux clients de cette couche plateforme [3].

3- Software as a Service (SaaS) :

Des fonctionnalités analytiques, interactives, de transaction et de recherche sont incluses dans la couche application. SaaS fournit différents programmes logiciels et applications simples aussi bien que des interfaces clients pour les utilisateurs finaux. Ainsi, dans la couche application, ce type de services est appelé Software as a Service (SaaS). En utilisant le logiciel client ou le navigateur, l'utilisateur peut se connecter aux services du fournisseur via internet et payer des frais en fonction des services consommés, comme dans un modèle de payement «*pay as you go*» [3].

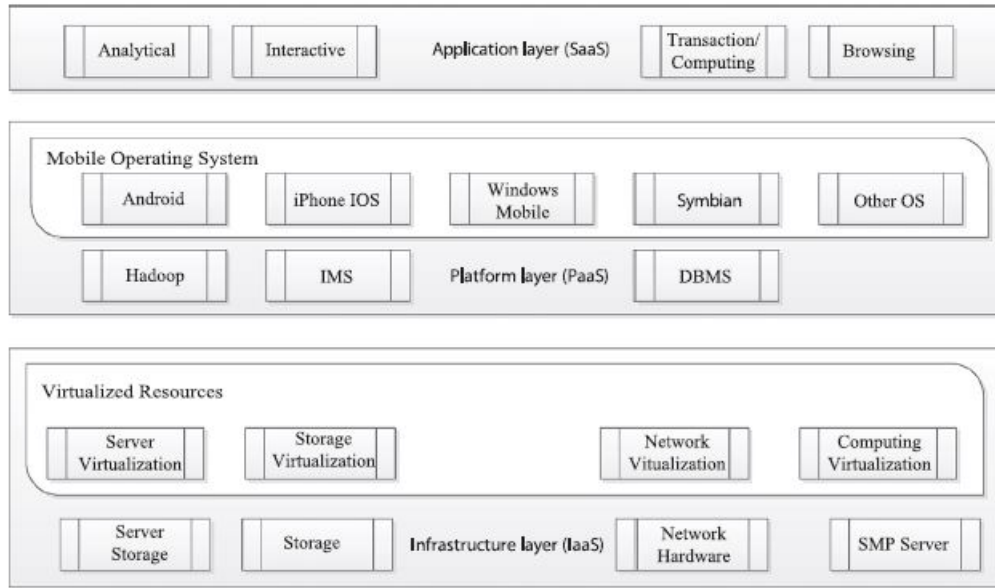


FIGURE 1.3: Architecture du Cloud Computing Mobile [2]

Dans l'architecture CC, MCC et Cloud-Sensor, une unité de centre de données physique est chargée d'effectuer le calcul et le stockage des données [41], [2]. Cependant, dans VCC, l'agrégat virtuel des ressources des véhicules génère le centre de données du Cloud [42], en fait ce sont les combinaisons des véhicules participants et les ressources combinées des RSUs.

1.5 Vehicular Cloud Computing

1.5.1 Définition

Le Cloud Computing Véhiculaire (VCC) est un nouveau transfert technologique, qui prend avantage du Cloud Computing pour servir les conducteurs de VANet avec un modèle de paiement «pay as you go» [3]. Il peut être défini comme suit [43], [44] : «Un groupe de véhicules largement autonomes dont les ressources informatiques, de détection, de communication et physiques peuvent être coordonnées et allouées dynamiquement aux utilisateurs autorisés».

En effet, les VCC sont en mesure d'offrir une intégration unifiée et une gestion réorganisée des installations à bord. Aussi, ils peuvent s'adapter dynamiquement en fonction des besoins changeants des applications et des environnements système [3].

1.5.2 Objectifs

Les objectifs du Cloud Computing Véhiculaire sont de fournir plusieurs services de calcul à faible coût aux conducteurs de véhicules ; de minimiser les embouteillages, les accidents, le temps de déplacement et la pollution de l'environnement ; et d'assurer l'utilisation de services de basse consommation et en temps réel, des logiciels, des plateformes et des infrastructures avec une qualité de service (QoS) pour les conducteurs [42]. Le VCC peut répondre à la convergence de l'ITS et

des énormes capacités de calcul et de stockage de MCC. En outre, VCC offre une intégration techniquement faisable de la détection omniprésente de WSN, ITS et MCC pour une meilleure sécurité routière et des systèmes de circulation urbaine intelligents sécurisés [45], [6].

Au final, l'objectif ultime des VCC est d'offrir des solutions à la demande pour des événements imprévisibles de manière proactive [44]. Il est nécessaire de décrire les caractéristiques structurelles, fonctionnelles et comportementales des VCC et reconnaître la coopération indépendante des ressources véhiculaires comme une caractéristique unique des VCC [3].

1.5.3 Principe de fonctionnement

Le paradigme du Cloud Computing a permis l'exploitation de l'excès de puissance informatique. Le grand nombre de véhicules dans les rues, les routes et les stationnements seront traités comme des ressources informatiques abondantes et sous-utilisées, qui peuvent être utilisées pour fournir des services publics. Chaque jour, de nombreux véhicules passent des heures dans un garage, une allée ou un parking. Les véhicules stationnés sont une vaste ressource inexploitée, qui est simplement gaspillée. Ces caractéristiques font des véhicules les candidats parfaits pour les nœuds dans un réseau de Cloud Computing. Certains propriétaires de véhicules peuvent accepter de louer les excédents de ressources à bord de leur véhicules, tout comme les détenteurs d'immenses installations de calcul et de stockage qui louent leur capacité excédentaire et en tirent des avantages économiques. Les voyageurs garent normalement leurs voitures dans les espaces de stationnement de l'aéroport pendant leurs voyages. L'administration aéroportuaire alimentera les ressources informatiques des véhicules et permettra l'accès à la demande à ce centre de données de stationnement. De même, les conducteurs bloqués dans la congestion du trafic accepteront de faire don de leurs ressources informatiques à bord pour aider les autorités de la circulation urbaine à exécuter des simulations complexes conçues pour éliminer la congestion en réordonnant les feux de circulation de la ville [3].

Au final, nos voitures passent beaucoup de temps sur la route et peuvent faire face à des emplacements dynamiques. Dans ce cas, les véhicules aideront les consultants locaux à résoudre les incidents de circulation en temps opportun, ce qui n'est pas possible avec les centres de gestion de la circulation municipaux uniquement en raison du manque de ressources de calcul adéquates. Il est attendu des véhicules qu'ils soient capables de résoudre les problèmes dans de nombreuses situations, cela peut nécessiter un temps indéfini pour un système centralisé.

En fin de compte, en utilisant des ressources autonomes et auto-organisées, les véhicules serviront à la demande en temps réel pour résoudre des problèmes importants et sérieux d'événements inattendus. Les nouveaux Clouds véhiculaires aideront à résoudre les problèmes techniques et contribueront à la complexité des systèmes de transport avec leur comportement évolutif.

1.5.4 Architecture

L'architecture du Cloud Computing Véhiculaire repose sur trois couches : l'intérieur du véhicule, la communication et le Cloud. Comme illustrée dans la Figure 1.4, la première couche est la couche intérieure du véhicule, qui surveille la santé et l'humeur du conducteur et collecte des informations à l'intérieur de la voiture telles

que la pression et la température en utilisant les capteurs internes du véhicule, les capteurs de navigation inertielle (INS) et la reconnaissance du comportement du conducteur [46], [47] pour prédire les réflexes et les intentions du conducteur. Ensuite, les informations collectées via ces capteurs doivent être envoyées au Cloud pour être stockées ou utilisées en tant qu'entrées pour divers programmes logiciels dans la couche application, par exemple, fournir des applications de reconnaissance de santé et d'environnement [3].

Il est supposé que chaque véhicule soit équipé d'un OBU incluant un système de navigation intégré avec une carte et l'emplacement des RSUs. Les OBUs disposent d'une communication sans fil à large bande pour transférer des données via des dispositifs de communication cellulaire 3G ou 4G, Wi-Fi, WiMAX ou avec accès sans fil dans un environnement véhiculaire (WAVE) [48] ou DSRC (Dedicated Short Range Communication) [49].

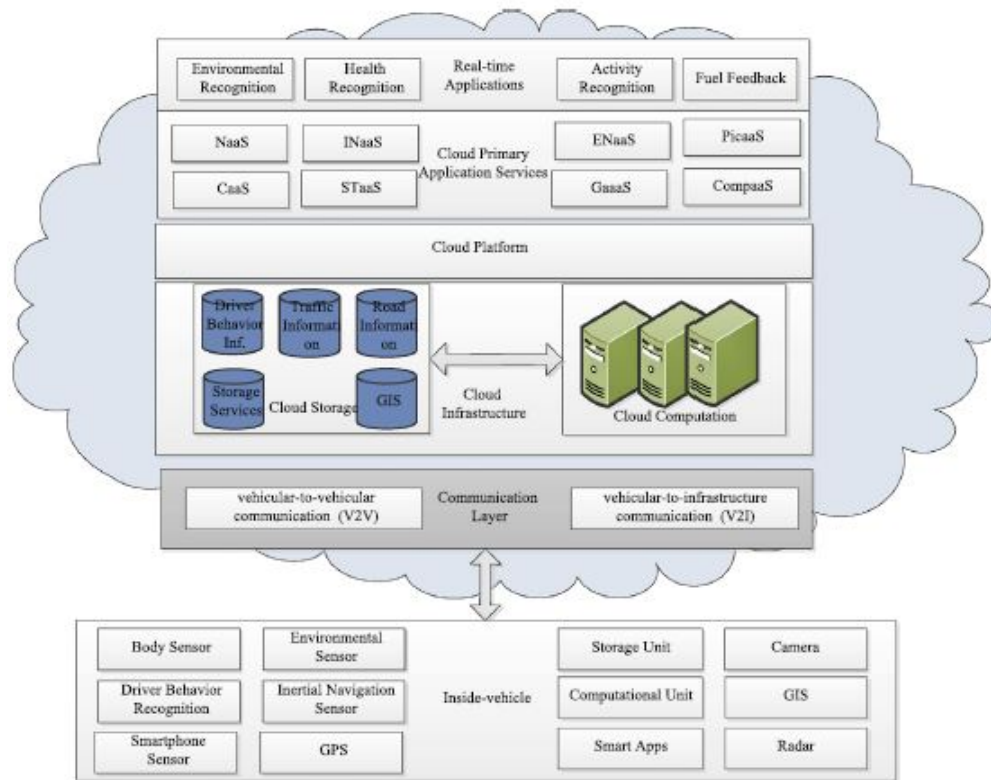


FIGURE 1.4: Architecture du Cloud Computing Véhiculaire [3]

La couche suivante de cette architecture est appelée communication. Elle comprend deux parties : les communications véhicule à véhicule (V2V) via DSRC [50] et les communications véhicule à infrastructure (V2I). Dans la première partie, si un conducteur indique un comportement anormal sur la route comme changer de direction de façon dramatique, dépasser la limitation de vitesse ou l'occurrence d'une défaillance mécanique majeure dans le véhicule, des messages d'alerte d'urgence (EWM) seront générés et envoyés au stockage du Cloud (et aux véhicules environnants). Ces messages contiennent l'emplacement géographique, la vitesse,

l'accélération et la direction du déplacement du délinquant [3]. La deuxième partie de la couche communication, à savoir V2I, est responsable, quant à elle, de l'échange des données opérationnelles entre les véhicules, les infrastructures et le Cloud à travers des réseaux sans fil tels que 3G, satellite ou Internet. Le composant V2I est utilisé pour augmenter le niveau de sécurité des véhicules sur les autoroutes en réduisant le pourcentage de collisions, de retards et de congestion pour améliorer la mobilité, et fournir l'inspection routière sans fil (WRI) pour inspecter automatiquement les véhicules commerciaux [51].

L'un des avantages les plus importants de VCC est l'agrégation de données en utilisant le stockage dans le Cloud, où diverses agences gouvernementales et privées, en particulier la police ou le département de météorologie peuvent utiliser les données stockées dans le Cloud pour effectuer diverses études. Cependant, le Cloud qui est la dernière couche de l'architecture VCC, peut effectuer des calculs massifs et complexes en un temps minimal [3]. La couche Cloud se compose de trois couches internes : l'application, l'infrastructure Cloud et la plate-forme Cloud. Dans la couche application, diverses applications et services sont considérés, soient comme des services en temps réel ou bien des services Cloud primaires, accessibles à distance par les conducteurs. Pour les services en temps réel, on peut trouver des applications qui concernent l'information sur le carburant, la reconnaissance de l'activité humaine, la reconnaissance de la santé et la reconnaissance environnementale. Dans les services Cloud primaires, plusieurs services sont déployés, tels que le réseau en tant que service (NaaS), le stockage en tant que service (STaaS), la coopération en tant que service (CaaS), l'information en tant que service (INaaS) et le divertissement en tant que service (ENaaS) [3]. L'infrastructure Cloud comprend deux parties : le stockage en Cloud et le calcul en Cloud. Les données recueillies par la couche véhicule intérieure seront stockées dans le système d'information géographique (SIG), dans un dispositif de contrôle de la circulation routière ou dans un système de stockage basé sur le type d'applications. La partie de calcul est utilisée pour calculer les tâches de calcul qui fournissent des performances plus rapides, par exemple, les capteurs de reconnaissance de santé envoient des données à la base de données du comportement du conducteur dans le stockage en Cloud.

1.5.5 Cloud Computing (CC) Versus Cloud Computing Véhiculaire (VCC)

Le Cloud Computing Véhiculaire dans une ambiance statique a le même comportement que le Cloud Computing conventionnel (CC). Nos voitures restent sur la route occupées avec diverses situations ou événements changeants dynamiquement tous les jours. La présence de véhicules à proximité d'un incident est très souvent un processus non planifié qui peut être appelé «*mobilité*» [3]. Encore une fois, les ressources de ces véhicules qui forment un VCC pour atténuer l'événement doivent se produire naturellement, ce qui peut être appelé «*l'autonomie*». Les Clouds conventionnels n'ont pas ces caractéristiques qui sont considérées comme une caractéristique majeure significative des VCC. En analysant ces caractéristiques, une étude comparative entre le CC et le VCC a été établie, comme indiquée dans le tableau suivant (Table 1.1) :

Caractéristique	Description	CC	VCC	Références
Application élastique à la demande	Obtenir le service requis si nécessaire et les applications peuvent s'exécuter et utiliser les ressources dynamiquement	Oui	Possible	Buyya et al., 2009 [52], Olariu et al., 2013 [44]
Virtualisation	Plusieurs requêtes peuvent être servies par une machine mais prétendent être des machines séparées	Oui	Oui	Pelzl et al., 2009 [53]
Pay as you go	Le modèle économique du paiement et de l'utilisation des services	Oui	Possible	Buyya et al. (2009) [52], Olariu et al. (2013) [44]
N'importe quand, n'importe où	Les services sont disponibles et en ligne chaque moment de n'importe où.	Oui	Non	Buyya et al., 2009 [52]
Network as a Service	Fourniture de services de communication et de réseau.	Oui	Oui	Arif et al., 2012 [54]
Storage as a Service	Fournir un stockage mutualisé et le proposer à l'utilisateur en tant que fournisseur de service de stockage.	Oui	Oui	Arif et al., 2012 [54]
Cooperation as a Service	Avec le covoiturage, des services d'information et de divertissement sont fournis.	Possible	Oui	Mousannif et al., 2011 [11]
Publicités et info-tainment	La Publicité, l'information et le divertissement pour les conducteurs.	Oui	Oui	Dinh et al., 2011 [2]
Gestion des catastrophes planifiée et non planifiée	Gestion des catastrophes en utilisant des routes et des véhicules.	Possible	Oui	Eltoweissy et al., 2010b [55]
Gestion des grands événements de circulation	Gestion du trafic à grande échelle.	Possible	Oui	Eltoweissy et al., 2010b [55]
Formation de Cloud Autonome	Un véhicule en marche ou inactif peut créer un Cloud de manière autonome.	Non	Oui	Eltoweissy et al., 2010b [55]
Fédération automatique de Cloud	En mouvement, plusieurs Clouds peuvent être formés comme un grand Cloud unique.	Non	Oui	Gerla, 2012 [42]
Gestion de confiance et d'authentification	Fournir une gestion de confiance et une authentification pour renforcer la confiance.	Oui	Oui	Yan et al., 2013 [56]
Mobilité des Clouds	Les Clouds ou les fournisseurs de Cloud servent en mouvement.	Non	Oui	Dinh et al., 2011 [2]

TABLE 1.1: Etude comparative entre CC et VCC [3]

1.6 Conclusion

L'évolution dans le domaine des technologies de l'information et l'explosion du nombre de véhicules dans le parc mondial automobile a permis à nos routes de se développer et de devenir plus intelligentes et plus interactives.

La naissance des réseaux véhiculaires a permis de résoudre de nombreux problèmes de sécurité routière et d'améliorer le bien-être du conducteur.

Cependant, la motivation incessante de l'utilisation de ressources embarquées sous-utilisées pour les systèmes de transport et les progrès de la technologie dans la gestion des ressources de Cloud Computing ont favorisé le concept de Clouds véhiculaires.

Dans cette thèse, nous utilisons le Cloud Computing Véhiculaire comme environnement de développement pour la mise en œuvre de notre service. Nous considérons le HAaaS comme un service fourni par le Cloud Computing Véhiculaire. Dans le chapitre suivant, nous discuterons des réseaux de capteurs corporels, une technologie émergente que nous utilisons, dans ce travail, pour la détection de malaise chez des personnes au volant de leurs véhicules.

Chapitre **2**

Body **A**rea **N**etworks

Réseaux de capteurs corporels

2.1 Introduction

Estimer les mouvements, les postures et les gestes du corps humain est une question importante et très utile dans beaucoup de domaines allant du simple jeu vidéo à la surveillance de la santé de personnes malades.

Grâce à l'évolution technologique dans le domaine des réseaux et des capteurs sans fil, un réseau de capteurs corporels (Body Area Network) est né. Ce dernier permet d'acquérir les données relatives au mouvement et à la santé de l'être humain sans recourir à du matériel encombrant.

Dans ce chapitre, nous commençons par définir un réseau de capteurs corporels (BAN ou WBAN). Ensuite, nous donnons un historique retraçant l'évolution des technologies menant à son apparition. Aussi, nous présentons les différentes terminologies définissant un réseau de capteurs corporels, son architecture, ainsi que les applications qui lui sont associées. De plus, en se basant sur les différents aspects qui caractérisent un BAN, nous faisons le parallèle entre lui et le réseau de capteur classique WSN (Wireless Sensor Network). Pour finir, nous présentons notre idée de comment exploiter cette technologie émergente pour sauver le maximum de vies humaines.

2.2 Réseau de capteurs corporels

2.2.1 Définition

Le Body Area Network (BAN) est une technologie de réseau sans fil basée sur les radio fréquences qui consiste à interconnecter sur, autour ou dans le corps humain de minuscules dispositifs pouvant effectuer des mesures (capteurs) ou agir de façon active (actionneurs). Ces capteurs très miniaturisés, disposant d'une grande autonomie et utilisant des courants de très faible puissance, peuvent être capables de dialoguer avec un centre de service distant, pour alerter un service d'urgences hospitalières par exemple. Les principales applications se trouvent dans les domaines de la santé, des premiers secours, du militaire, du divertissement, du sport, de l'Intelligence ambiante ou des Interactions homme-machine [5].

2.2.2 Apparition

Les réseaux de capteurs corporels ont pour principe fondamental le fait de porter sur soi des éléments intelligents et connectés. Ainsi, même si le terme de BAN est pour la première fois apparu en 2001 pour des applications médicales [57], le concept est bien antérieur. En effet, dès les années 1950, le terme d'ordinateur porté est utilisé [58]. Il s'agissait alors d'un système portatif utilisé pour prédire les résultats d'un jeu de hasard, à savoir la roulette dans les casinos. Il a fallu attendre les années 1990 pour que ce principe de communication au sein d'un environnement personnel refasse surface, grâce à l'évolution des technologies de transmission sans fil, avec l'apparition d'un nouveau terme, le réseau personnel (PAN ou Personal Area Network) [59]. Le principe du PAN est de faire communiquer les objets de l'environnement personnel entre eux, et sera standardisé en 2003 [60], puis finalisé en 2011.

Les années 2000 ont vu alors apparaître le besoin de réaliser des réseaux de capteurs corporels, capables d'être autonomes, et également de communiquer avec leur environnement proche. On parlera dès lors de BAN puis de WBAN (Wireless BAN) pour caractériser leur aspect sans fil (de même avec les WPAN pour Wireless PAN). Afin de mieux visualiser les dimensions de ces deux types de réseaux, leur taille est comparée à celle des réseaux classiques locaux (WLAN), métropolitains (WMAN), et étendus (WAN) sur la Figure 2.1. On y aperçoit bien le caractère de proximité attribué aux WBANs [4].

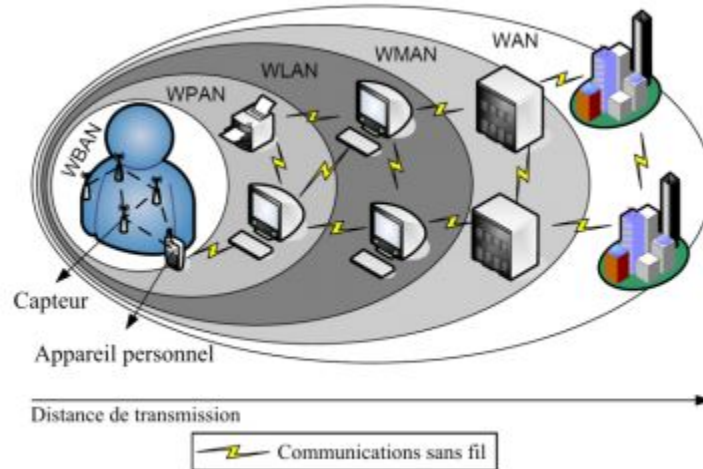


FIGURE 2.1: Dimensions des réseaux sans fil [4]

Les WBANs sont aujourd'hui largement étudiés, et constituent un des éléments de base des réseaux machine à machine (M2M), notamment dans le cadre d'applications médicales supportées par des systèmes sans fil [4]. En effet, le secteur de la santé s'intéresse de plus en plus à ces technologies car elles peuvent contribuer à une meilleure prise en charge des patients ce qui est un enjeu face à l'augmentation annoncée des maladies chroniques et du vieillissement de la population. Les WBANs pourraient donc s'inscrire dans ce que l'on entrevoit aujourd'hui comme le réseau du futur, mondial, reliant entre eux des millions d'objets, de machines et d'infrastructures, via des systèmes de Cloud. Au-delà de l'aspect technique, nécessaire à la réalisation de ce type de réseaux, il y a également des questionnements sur la sécurité et la confidentialité des données qui y transitent.

2.2.3 Présentation

Le BAN est défini par l'IEEE 802.15.6 comme «une norme de communication optimisée pour les appareils à basse consommation et qui fonctionnent sur, dans ou autour du corps humain (mais non limitée aux humains) pour servir une diversité d'applications (y compris médicales), l'électronique grand public, le divertissement et autre». Le groupe de travail standard IEEE 802.15.6 est chargé d'élaborer des dispositifs économes en énergie et de développer des applications pour le BAN. En 1996, les laboratoires de recherche d'IBM ont développé une nouvelle technologie de type PAN (le terme BAN n'est pas encore employé) utilisant la conductivité du corps humain pour transmettre des données. Cette technologie qui utilise les

propriétés conductrices du corps humain s'appuie sur des intensités très faibles, de l'ordre du Nano ampère [5]. Les applications envisagées, alors, sont :

- L'échange de données entre appareils portatifs en utilisant le corps des utilisateurs comme moyen de transmission ;
- L'identification automatique de la personne (remplacement de la carte de paiement, reconnaissance de la personne à des fins médicales).

Le BAN est constitué d'un ensemble de capteurs mobiles et compacts qui surveillent les paramètres vitaux du corps. Ces dispositifs portables (voire implantés), communiquent les données collectées à une station de base grâce à une technologie sans fil. Les données peuvent alors être réexpédiées en temps réel vers un hôpital, une clinique ou ailleurs. Ce type de réseau trouve des applications dans le domaine de la santé mais aussi du sport, de la défense et des loisirs. La demande croissante de capteurs pour l'électronique grand public, en particulier dans le domaine médical et du jeu, permet de réduire le coût des éléments constitutifs du BAN.

2.2.4 Terminologie

Les termes BAN (Body Area Network) et BSN (Body Sensor Network) sont souvent utilisés pour décrire la mise en œuvre de dispositifs informatiques portables au voisinage du corps humain. Ces acronymes sont équivalents. Il existe des variantes qui incluent les mots «Wireless» et/ou «Sensor», ainsi les abréviations WBAN (Wireless Body Area Network) et WBASN (Wireless Body Area Sensor Network) sont utilisées avec la même acception que le terme BAN. L'abréviation BASN (Body Area Sensor Network) est également employée par certains chercheurs. On notera que certaines publications emploient alternativement et indistinctement les termes WBAN et BAN [5].

2.2.5 Architecture

L'architecture de communication d'un réseau BAN peut se décliner en 3 niveaux (on utilise parfois l'anglicisme « tier »), comme il est montré dans la Figure 2.2 [5].

- Le premier niveau représente les communications Intra-BAN. Ces communications font référence aux échanges radio qui ont lieu à proximité immédiate du corps humain. On distinguera les communications entre les capteurs et les communications des capteurs vers un assistant personnel (PDA).
- Le deuxième niveau représente les communications Inter-BAN. Un réseau BAN fonctionne rarement de manière autonome. L'Inter-BAN recouvre les communications entre l'Assistant Personnel et un point d'accès au réseau.
- Le troisième niveau représente les communications hors BAN. C'est à ce niveau que le service est fourni. Dans le domaine de la santé, ce niveau représentera le service de télémédecine d'un hôpital.

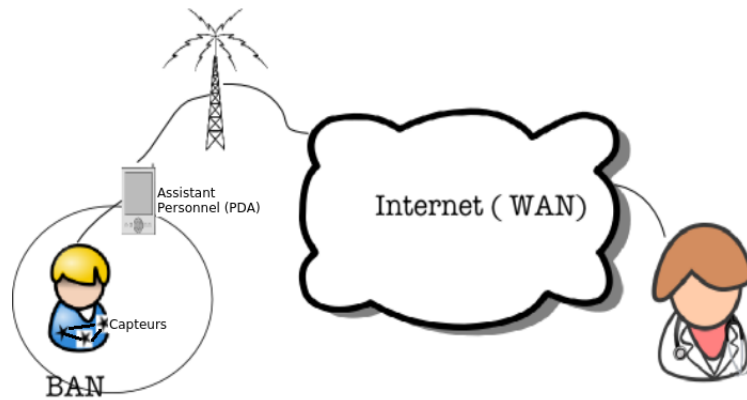


FIGURE 2.2: Architecture BAN trois tiers [5]

2.2.6 Capteurs et Actionneurs

Les capteurs (et actionneurs) sont au cœur du premier niveau fonctionnel qui correspond à la communication intra-BAN. La famille de normes IEEE 1451 a pour but de permettre l'accès aux données à travers un ensemble commun d'interfaces si les capteurs sont reliés à des systèmes ou des réseaux via des moyens filaires ou sans fil [5].

Le rôle des capteurs corporels consiste à recueillir des signaux analogiques qui correspondent à des activités physiologiques de l'homme ou à des actions du corps. Ce signal analogique est ensuite numérisé. Enfin, le signal numérique est transmis par un émetteur-récepteur radio [5].

Les capteurs sont parfois appelés senseurs. Ce composant est constitué de plusieurs éléments : la partie capteur proprement dite, un convertisseur Analogique-Numérique, une unité d'alimentation, un processeur, une mémoire et un émetteur (ou émetteur-récepteur) (Figure 2.3).

L'actionneur a quant à lui un rôle actif vis-à-vis de son porteur, il pourra par exemple délivrer sur commande une substance médicamenteuse. Cette action peut avoir lieu à un moment prédéterminé, ou sous l'influence d'une source externe (par exemple un médecin qui analyse les données). Elle peut être même réalisée en temps réel si le capteur décèle un problème.

Un actionneur est constitué d'un récepteur (ou émetteur-récepteur), d'une unité d'alimentation, de mémoire mais le composant principal en est le matériel de commande (un réservoir destiné à contenir le médicament et le matériel pour gérer le médicament) [5].

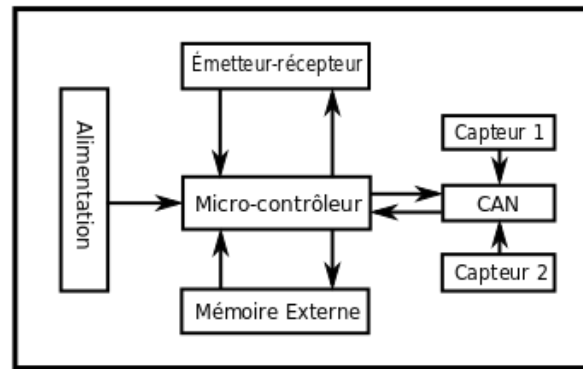


FIGURE 2.3: Architecture d'un capteur CAN : Convertisseur Analogique-Numérique [5]

Le tableau suivant (Table 2.1) présente une liste de capteurs couramment utilisés dans les réseaux BAN [5].

Capteur	Usage
Glycémie	Traditionnellement, les mesures de glycémie sont effectuées en piquant un doigt pour extraire une goutte de sang qui est appliquée sur une bande de test composée d'une substance sensible au glucose. Un glucomètre est ensuite utilisé pour analyser l'échantillon de sang. Dans le cadre du BAN, on utilise un système de surveillance de la glycémie non invasif grâce à la technologie infrarouge et la détection optique.
Pression artérielle	Le capteur de pression sanguine est un capteur non invasif conçu pour mesurer la pression diastolique et systolique en utilisant la technique oscillométrique ou par la mesure de temps de passage des impulsions.
Détection de CO ₂	Mesure les niveaux de dioxyde de carbone gazeux pour surveiller les variations de niveau de CO ₂ mais aussi contrôler la concentration en oxygène durant la respiration humaine.
Électrocardiogramme	L'Électrocardiogramme (ECG) est un enregistrement de l'activité électrique du cœur. Des électrodes sont fixées sur la peau à des endroits spécifiques (bras et poitrine en particulier), et les différences de potentiel entre ces électrodes sont mesurées. Ils peuvent être utilisés pour diagnostiquer une maladie cardiaque ou l'influence d'un médicament sur l'activité du cœur.
Électroencéphalogramme	L'Électroencéphalogramme (EEG) mesure l'activité électrique dans le cerveau par la fixation de petites électrodes à divers emplacements du cuir chevelu. Les informations recueillies par les électrodes sont transmises à un amplificateur afin d'obtenir un tracé.

Électromyogramme	L'Électromyogramme (EMG) mesure les signaux électriques produits par les muscles pendant les contractions et au repos. Des études de conduction nerveuse sont souvent faites conjointement dans la mesure où les nerfs contrôlent les muscles par des impulsions électriques. Des troubles musculaires et nerveux peuvent entraîner les muscles à réagir de façon anormale.
Oxymètre	Mesure la saturation en oxygène à l'aide d'une sonde non invasive. Un petit clip avec un capteur est fixé au doigt de la personne, au lobe de l'oreille, ou à l'orteil. Le capteur émet un signal lumineux qui passe à travers la peau et mesure la lumière absorbée par l'hémoglobine oxygénée (oxyhémoglobine).
Capteurs d'humidité et de température	Utilisés pour mesurer la température du corps humain et/ou l'humidité de l'environnement immédiat d'une personne. Un signal d'alarme peut être émis si un certain nombre de variations sont mesurées.
Accéléromètre	Ce dispositif est utilisé pour reconnaître et surveiller la posture du corps (debout, assis, à genoux, marche, course...). Cette information est essentielle pour de nombreuses applications touchant à la réalité virtuelle, la santé, les sports et les jeux électroniques.

TABLE 2.1: Liste de capteurs couramment utilisés dans les réseaux BAN [5]

La nature et le nombre de capteurs dépendront de l'usage attendu.

Les capteurs d'un réseau corporel sont des composants extrêmement compacts et complexes. Leur discrétion doit permettre à l'utilisateur d'oublier leur présence.

2.2.7 Usages

1- Domaine médical

Les réseaux de type BAN trouvent des applications dans divers domaines tels que le sport ou le jeu, mais leur utilisation dans le domaine médical est majeure, à tel point que certains auteurs présentent ce type de réseau comme étant dédié à la santé. En effet, l'augmentation des coûts de santé et l'augmentation de l'espérance de vie dans les pays développés conduit à innover dans le domaine de la santé, et une de ces innovations consiste à surveiller en temps réel les patients au moyen de capteurs connectés en WBAN. On peut ainsi surveiller les paramètres vitaux d'une personne et alerter le cas échéant les services d'urgence. Il est même possible d'injecter un médicament au moyen d'un actionneur disposé près du corps [5]. Le tableau suivant (Table 2.2) représente un récapitulatif des usages du BAN dans le domaine médical.

Champ d'application	Type de capteur/actionneur	Rôle, apports du WBAN
Maladies cardio-vasculaires.	Oxymètre, mesure du rythme cardiaque, électrocardiogramme.	Surveillance de l'état de santé, anticipation dans la préparation des traitements.
Paraplégie.	Accéléromètre, gyroscope, senseurs pour la position des jambes, senseurs couplés aux nerfs, actionneurs capables de stimuler les muscles.	Restaurer la mobilité.
Cancer.	Capteur sensible à l'acide Nitrique.	Le capteur peut être placé sur les zones suspectes, le médecin peut initier un traitement dès qu'une cellule suspecte est détectée.
Alzheimer, dépression, hypertension.		Alerter en cas de détection d'une situation anormale touchant une personne isolée, âgée, déprimée.
Diabète.	Biocapteur, gyroscope, pompe à insuline.	Sur détection d'une chute de glucose, un signal peut être envoyé pour injecter de l'insuline. Les nuisances engendrées par la maladie sont ainsi réduites.
Asthme.	Capteur d'allergènes.	Alerter le médecin ou le patient sur la détection d'un allergène.
Epilepsie.	«Mobi»	L'unité portable «Mobi» est conçue pour détecter les signes précurseurs d'une crise (une activité cérébrale anormale).
Traitement de la douleur.	Stimulateur.	L'actionneur est un stimulateur agissant sur la moelle épinière et permettant de réduire les douleurs chroniques.
Déficience visuelle.	Rétine artificielle (matrice de micro-capteurs), caméra externe.	Une rétine artificielle, constituée d'une matrice de micro-capteurs, peut être implantée dans l'œil sous la surface de la rétine. La rétine artificielle traduit les impulsions électriques en signaux nerveux. L'entrée peut aussi être obtenue à partir d'une caméra montée sur une paire de lunettes.
Hypertension.	Capteur de pression artérielle, pompe à médicament.	Un médicament peut être injecté par une pompe en cas de dépassement d'une valeur de seuil.

2.2. RÉSEAU DE CAPTEURS CORPORELS

Maladie de Parkinson	Détecteurs de mouvements, accéléromètres	Estimer la gravité des tremblements, la bradykinésie et la dyskinésie grâce aux données de l'accéléromètre et effectuer une évaluation approfondie de la maladie.
Surveillance post-opératoire.	Capteur de température, capteur de pression sanguine, capteur de fréquence cardiaque, ECG	Évite d'immobiliser le patient au lit.

TABLE 2.2: Récapitulatif des usages du BAN dans le domaine médical.

L'utilisation du WBAN dans le domaine médical permet d'envisager le concept de « Médecin Virtuel » (Figure 2.4). Un serveur, que nous désignerons sous l'acronyme de VDS (Virtual Doctor Server) intègre un ensemble d'applications permettant de fournir des services de santé et de premiers secours. Ce serveur s'intègre dans le troisième des trois tiers de l'architecture BAN [5].

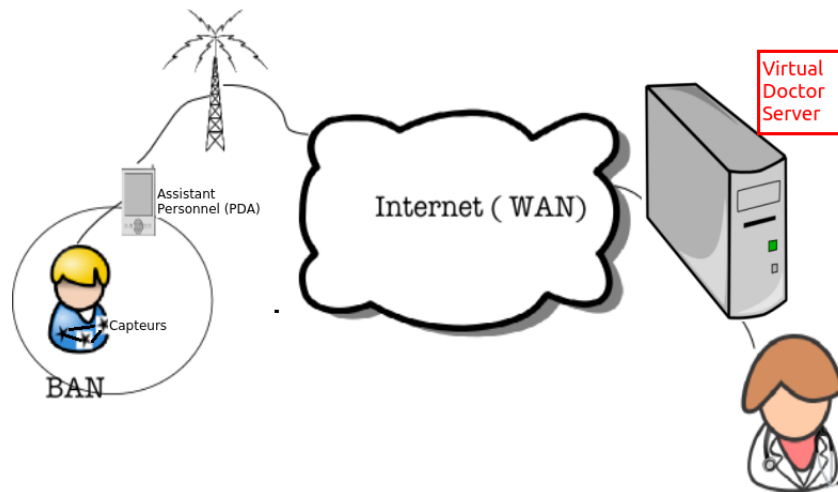


FIGURE 2.4: Architecture Virtual Doctor Server [5]

Un VDS pourrait avoir les usages suivants [5] :

- Conserver l'historique du patient ;
- Conseiller le patient ou le personnel de santé sur la base des signes vitaux recueillis par les capteurs ;
- Appeler les urgences si nécessaire, le patient pouvant être conseillé pour pratiquer lui-même les premiers gestes ;
- Guider un secouriste, en cas de perte de connaissance, dans l'administration des premiers secours.

L'utilisation du BAN et de ses micro-capteurs ouvre également la voie à de nouvelles techniques d'endoscopie : l'« endoscopie par capsule » consiste en

une micro-caméra de la taille d'une pilule, conçue à l'origine pour enregistrer des images du tube digestif en vue d'un diagnostic ultérieur.

2- Domaine des services d'urgence

L'utilisation de réseaux de type BAN dans le domaine des services d'urgence permet de préserver la vie des intervenants. Pour les pompiers, les capteurs collectent et transmettent des informations sur l'environnement (le méthane, l'oxygène, le monoxyde de carbone, la température de l'air et l'humidité), sur l'état du porteur (la température du corps, la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène du sang) ou sur l'état de ses équipements (le niveau d'air dans les bouteilles). Les pompiers en difficulté ou en danger peuvent être secourus grâce aux systèmes de localisation via GPS [5].

3- Domaine du sport

Dans le domaine du sport, les réseaux de type BAN sont utilisés pour mesurer en temps réel les performances et l'activité des sportifs. Les différents capteurs permettent la lecture de la fréquence cardiaque, l'analyse des mouvements, les flux de température, la respiration, et la localisation géographique via GPS (Figure 2.5). Pour le golf, outre un capteur placé dans le manche du club, le joueur est équipé de gyroscope, accéléromètre et magnétomètre afin d'analyser la qualité du swing et d'en améliorer les résultats [5].

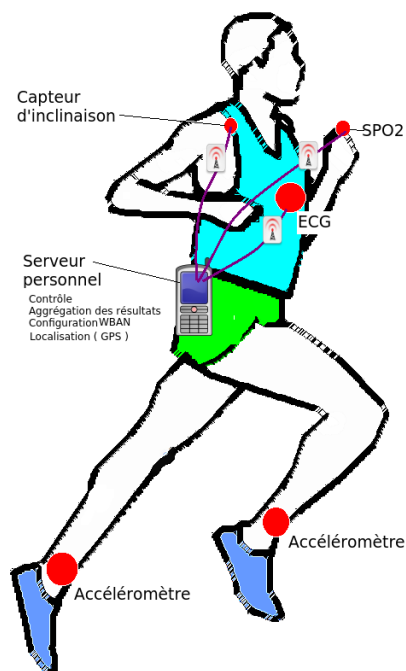


FIGURE 2.5: Capteurs utilisés dans le domaine sportif [5]

4- Domaine du jeu vidéo et des réseaux sociaux

Dans le domaine du jeu vidéo ou des réseaux sociaux, l'avatar d'un monde virtuel prend les positions réelles du joueur grâce aux capteurs de mouvement qui l'équipent. En ajoutant la localisation géographique, chacun est informé de la présence de ses contacts à proximité.

5- Domaine de la danse et du spectacle

Les réseaux de type BAN sont également utilisés dans le domaine de la danse et du spectacle. L'ambiance lumineuse et musicale évolue en fonction des capteurs portés par le danseur : un moniteur portable permet la collecte continue de données de bas niveau physiologique, y compris les flux de chaleur, la température de la peau, la température du corps à proximité, et la réponse galvanique de la peau.

6- Domaine de la défense

Ces différents usages se retrouvent dans le domaine de la défense. Le niveau de stress et l'efficacité d'un pilote de chasse est suivi via un réseau de capteurs comprenant : électroencéphalogramme, électrocardiogramme, électromyogramme, capteur mesurant la respiration, la pression artérielle, le pouls, la conductivité de la peau. Pour les forces armées américaines, la transmission et l'analyse des données collectées via des réseaux de capteurs disposés sur des militaires en opération sont utilisées pour déterminer l'impact de la chaleur extrême, le froid intense, les hautes altitudes terrestres, les tâches professionnelles, l'entraînement physique, les opérations de déploiement et les facteurs nutritionnels sur la santé et la performance du personnel militaire. Chaque soldat devient alors une plateforme réseau, interconnectée, disposant de systèmes de localisation de cible, de système à vision nocturne, de systèmes audio 3D facilitant l'identification et la position des bruits environnants [5].

2.2.8 Parallèle avec les WSNs

Dans leur principe de fonctionnement, les réseaux de capteurs corporels BAN (ou WBAN) ont pour finalité d'être portés sur un corps qu'il soit humain ou pas. Par conséquent, ils se distinguent des réseaux de capteurs classiques (WSN ou Wireless Sensor Network) par la présence du corps du porteur et de son impact sur le réseau. Cette différence ne représente pas l'unique point de divergence entre les BANs et les WSNs. En effet, le tableau (Table 2.3) [16] met l'accent sur différents points de comparaison entre ces deux concepts (La comparaison des WSNs a été faite avec les WBANs et non pas avec les BANs juste pour rester dans le contexte sans fil).

Points clés	WSN	WBAN
Taille	m/km	cm/m
Nombre de nœuds	Grand nombre, grande couverture	Petit nombre, espace limité
Taille des nœuds	Petite taille préférée, mais pas nécessaire	Petite taille nécessaire
Débit des nœuds	Souvent homogènes	Souvent hétérogènes
Fiabilité	Obtenue par la redondance des nœuds	Obtenue par la robustesse des nœuds
Remplacement des nœuds	Faisable facilement, possibilité de nœuds jetables	Difficilement réalisable, surtout en cas d'implants
Durée de vie des nœuds	Mois/années	Mois/années avec de faibles batteries
Source d'énergie	Facilement remplaçable	Difficilement remplaçable
Récupération d'énergie	Solaire ou éolienne	Mouvements ou chaleur du corps
Compatibilité Biologique	Peu considérée	Grande importance
Niveau de sécurité	Faible	Elevée (informations médicales)
Effet de la perte de données	Compensée par la redondance	Critique, requiert des mesures spécifiques
Technologie sans fil	Bluetooth, ZigBee, GPRS, WLAN...	Technologie à faible puissance requise

TABLE 2.3: Comparaison entre les WSN et les WBAN [16]

A travers ce tableau (Table 2.3), nous remarquons que les WBANs se différencient des WSNs par leurs petites tailles en raison de la miniaturisation des capteurs ; le nombre de nœuds qui les constituent, en effet, très faible comparé aux réseaux classiques ; la difficulté de remplacement des nœuds et des sources d'énergie ; mais aussi par différentes caractéristiques liées aux débits, à la fiabilité et à la sécurité.

2.2.9 Enjeux et Perspectives

Le vieillissement de la population et la hausse des coûts des soins de santé dans les pays développés incitent ceux-ci à adopter des solutions nouvelles, au nombre desquelles on trouve les réseaux de type WBAN, pour le suivi des patients.

Un rapport de 2008 de la « Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins » (rattachée au Ministère de la Santé et des Sports) [61] s'intéresse à la place de la télémédecine dans l'organisation des soins. Les auteurs rappellent le constat suivant : la durée de vie s'allonge de trois mois par an depuis plusieurs décennies, et cet allongement s'accompagne d'une augmentation des maladies chroniques (diabète, hypertension, insuffisances cardiaque et rénale, cancers). Parallèlement, des projets de recherche dans le domaine des vêtements intelligents sont conduits au niveau européen. Ces vêtements, en intégrant des accéléromètres et des magnétomètres, pourraient être utilisés dans le cadre de la télésurveillance des patients âgés au domicile, permettant de prévenir les chutes, cause importante de

mortalité dans cette population. Le projet européen «IST MyHeart» [61] s'attache à développer des « vêtements biomédicaux intelligents » intégrant des capteurs enfouis dans le tissu et capables de les transmettre sans fil vers un ordinateur ou un centre spécialisé.

En France, le projet VTAMN (Vêtement de Téléassistance Médicale Nomade) [61] a été retenu par le ministère de la recherche. Ces vêtements permettent la surveillance en continu des signaux vitaux des patients. Ces outils permettront d'améliorer la qualité de vie des personnes âgées, malades ou fragiles. Le rapport [61] indique ainsi que «*Ces personnes pourront disposer en permanence d'une surveillance médicale personnalisée et transparente grâce aux vêtements intelligents truffés de capteurs qu'elles porteront en permanence et qui communiqueront en temps réel, via un réseau BAN (Body Area Network), l'ensemble des données médicales à leur médecin traitant ou à leur hôpital de référence ou à une maison de santé*». Il prévoit que ces dispositifs pourront devenir aussi indispensables que peut l'être aujourd'hui un mobile, compte tenu du vieillissement de la population.

Cependant, les principaux problèmes de conception du système sont [5] :

- L'alimentation des capteurs ;
- La taille et le poids des capteurs ;
- La plage de communication sans fil et les caractéristiques de transmission des capteurs ;
- L'emplacement du capteur et son montage ;
- La configuration système homogène ;
- Le transfert automatique des données ;
- L'interface utilisateur (simple et intuitive) ;
- L'émission en continu, notamment pour les capteurs accéléromètres ou gyroscopes.

2.2.10 Les enjeux sociaux du BAN

En raison de la communication liée à la santé, entre les capteurs et les serveurs, toutes les communications du WBAN transmises par Internet doivent être chiffrées pour protéger la vie privée de l'utilisateur. Une réglementation juridique sera nécessaire afin de réglementer l'accès des données nominatives [5].

Les ingénieurs de l'université de l'état de l'Oregon ont développé une nouvelle technologie pour surveiller les signes vitaux médicaux, avec des capteurs perfectionnés, de faible volume et à bas coût qui pourraient tenir sur un bandage, être fabriqués en grandes quantités et coûter moins de 25 cents [5].

2.3 Conclusion

Les réseaux de capteurs corporels sont une technologie très récente qui a permis à la médecine et à la prise en charge des malades de faire un grand pas en avant. En effet, grâce à cette nouvelle technologie, beaucoup de vies ont été sauvées et beaucoup d'autres secourues. Dans la surveillance de la santé de l'être humain, ces capteurs ont été utilisés sur des personnes malades ou vieilles qui sont seules à la

maison, sur des malades en post-opératoire, sur des personnes souffrant de maladies chroniques pouvant entraîner des évanouissements ou sur des malades en phase terminale d'une maladie dangereuse telle que le cancer. Tous ces cas de figures sont dans un contexte soit de solitude, de faiblesse ou de maladies avérées et ont pour objectif de sauver, SEULEMENT, la vie de la personne porteuse de ces capteurs en dépit du coût et du temps consacrés à leur conception.

Afin de répondre en partie à cette problématique, nous proposons, dans cette thèse, d'utiliser le réseau de capteurs corporels (BAN) comme une manière de détection du malaise ou de l'endormissement d'une personne pendant la conduite de son véhicule, que cette personne soit malade ou en bonne santé. Notre objectif est de gérer le malaise du conducteur et (à l'aide d'autres technologies) prendre le contrôle du véhicule et éviter des accidents de la circulation et par conséquent sauver d'autres vies humaines qui auraient pu périr à cause du malaise de l'un des véhicules qui les entouraient.

Maintenant que les deux technologies utilisées dans notre travail ont été présentées, à savoir, le Cloud Computing Véhiculaire et les réseaux de capteurs corporels, nous passons à la présentation de certains travaux de recherche qui ont utilisé ces mêmes technologies ou bien des technologies semblables dans le domaine de la sécurité routière.

Chapitre **3**

Revue de la **L**ittérature

3.1 Introduction

Depuis peu, le Cloud véhiculaire est devenu un axe de recherche important et très émergent dans le domaine des technologies véhiculaires. Le développement de ce genre de technologie a conduit à l'expansion des Systèmes de Transport Intelligents. L'objectif principal de l'utilisation des Cloud véhiculaires étant la prévention des accidents de la circulation et la surveillance de la route, beaucoup de travaux ont ainsi vu le jour.

Dans ce chapitre, nous présentons, à travers divers travaux de recherche, différentes architectures, visions et implémentations des Cloud Véhiculaire. Aussi, nous fournissons une étude comparative entre ces contributions dans le but de situer le travail que nous proposons.

3.2 Travaux connexes

Dans le domaine des Clouds Véhiculaires, nous comptons un bon nombre de travaux qui ont été consacrés à la fourniture de services dans un environnement Cloud Véhiculaire. D'autre part, beaucoup de travaux ont été réalisés dans le domaine de la prévention et de la sécurité routière. Cependant, très peu de chercheurs se sont intéressés à la fourniture de services dans le domaine de la santé et plus particulièrement dans la surveillance de la santé et du bien-être du conducteur dans un environnement Cloud Véhiculaire. En effet, en conduisant notre recherche, le seul travail que nous avons trouvé et qui combine entre les concepts de la surveillance de la santé, des réseaux de capteurs corporels et du Cloud Véhiculaire est le travail de [6]. Toutefois, ce dernier ne présente aucune implémentation ni algorithmes, il reste, encore, au stade de la proposition.

3.2.1 Wang, Cho, Lee et Ma

Dans ce travail [6], les auteurs proposent leur nouvelle architecture du Cloud véhiculaire qui inclut le niveau appareil, le niveau communication et le niveau service. Ils introduisent le concept de Cloud Computing activé par des services de véhicules en temps réel avec un accent particulier sur les services personnalisés. Les auteurs évoquent l'énorme quantité de coûts financiers et humains provoquée par la congestion du trafic. Aussi, ils estiment que chaque véhicule doit coopérer avec d'autres véhicules ou RSI de manière véhicule à véhicule (V2V) ou véhicule à infrastructure (V2I) afin de partager et utiliser les ressources externes de manière plus efficace. Par conséquent, ils proposent une nouvelle architecture trois tiers du Cloud véhiculaire (V-Cloud) (Figure 3.1) avec une explication détaillée de chaque tiers.

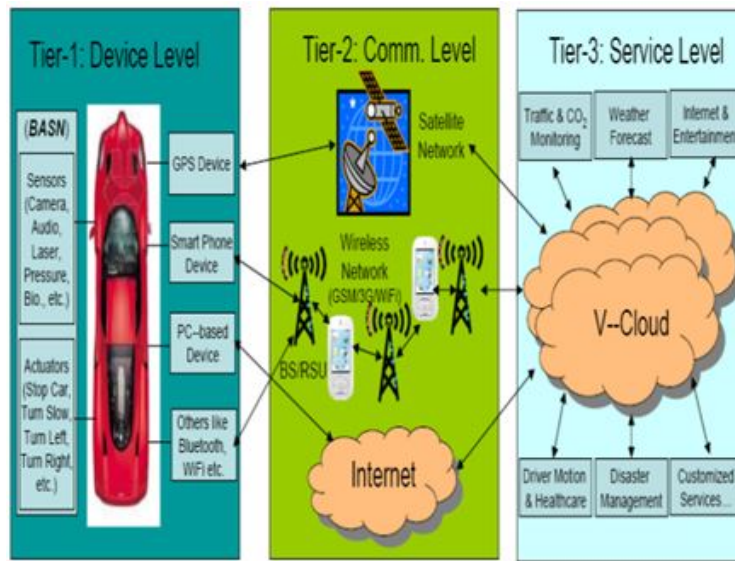


FIGURE 3.1: Architecture V-Cloud trois tiers [6]

Dans cette architecture (Figure 3.1), le concept de Cloud Computing est présenté du point de vue économique et l'idée clé est de louer les services de logiciel et de plate-forme plutôt que de les acheter. Pour commencer, les auteurs fournissent une analyse et une discussion détaillées des sous-modules tels que le réseau de capteur de zone de corps (BASN) dans la voiture, le module middleware sensible au contexte etc. Ensuite, ils présentent un organigramme, en plus, des taxonomies des différents tiers de l'architecture. Pour finir, ils présentent quelques services personnalisés et innovants en temps réel pour les futures applications de Cloud véhiculaires comme la surveillance de la santé du conducteur et les services de partage des ressources en voiture, etc. afin de faciliter l'interaction entre les conducteurs de véhicules et le monde extérieur de l'automobile.

A travers leur architecture (Figure 3.1), les auteurs [6] expliquent qu'il existe différents dispositifs dans le module Tier-1 tels que des capteurs, actionneurs, GPS, Smartphones et des appareils basés sur pc. Ils précisent que beaucoup de ces petits appareils peuvent former un réseau de capteurs de zone de corps (BASN) dans un rayon proche et que certains de ces dispositifs peuvent être équipés avec la voiture tandis que d'autres peuvent être des dispositifs portables ou fixés sur le conducteur pour surveiller les informations de santé physique.

Dans le tiers 2, les auteurs classent la communication sans fil dans trois groupes : La communication au réseau de satellite via les dispositifs GPS ; la communication aux réseaux sans fil GSM/3G/Wifi via un Smartphone ou autres dispositifs et la communication à l'Internet via PC ou des dispositifs de navigation. Ils notent que la communication avec la station de base (BS) ou l'unité de bord de la route (RSU) fait partie du groupe 2.

Dans le tiers 3, ils présentent le module de service de base (le cœur), qui est activé par la technique de Cloud Computing. Dans leur papier [6], les auteurs listent simplement plusieurs services représentatifs tels que la surveillance de la circulation

routière, la détection de la pollution de CO₂, l'accès Internet, le divertissement, l'humeur du conducteur et la surveillance de la santé, etc. De nombreux autres services personnalisés comme le stationnement, le manger, le rappel peuvent également être développés sur la base de l'exigence ou la préférence du conducteur, expliquent les auteurs. Cependant, ce travail ne présente aucune implémentation ni algorithmes, il reste, juste, au stade de la proposition.

3.2.2 Cai et Sun

Dans le domaine de la sécurité routière, les auteurs dans [7], présentent une nouvelle génération des systèmes de transport intelligents basée sur le Cloud Computing, visant des problèmes et des défis existants des ITS présents. Ils décrivent l'architecture d'un Cloud Transportation System du point de vue de la technologie et présentent comment le construire du point de vue de la gestion.

Pour commencer, les auteurs [7] relèvent un ensemble de problématiques, parmi lesquelles :

- L'infrastructure des ITS a été construite à plusieurs reprises et avec une distribution déséquilibrée des ressources.
- Le niveau de partage des ressources d'informations du transport est faible et la coopération est insuffisante.
- Le déficit en plate-forme complète et efficace pour l'information ne permet pas de fournir le service aux sous-systèmes de l'ITS tels que le partage des données, l'intégration de l'information et la découverte de la connaissance.
- La recherche dans le domaine du transport intelligent et l'exercice de pilotage sont dispersés de telle sorte qu'on ne peut pas former un système avec des technologies irrégulières.
- La haute vitesse et la tendance de développement intensive du transport ferroviaire apportent de la pression de calcul à la communication entre le véhicule et le sol avec une énorme quantité de traitement de données.
- L'application de la technologie de l'Internet des objets n'est pas encore explicite dans le domaine du transport intelligent.

Une fois les problématiques relevées, les auteurs [7] passent à la présentation de leur système CTS (Cloud Transportation System) (Figure 3.2) qu'ils considèrent comme la nouvelle génération d'ITS qui combine entre le Cloud Computing, l'Internet des objets, le calcul de haute performance, l'architecture orientée services et la technologie du transport intelligent.

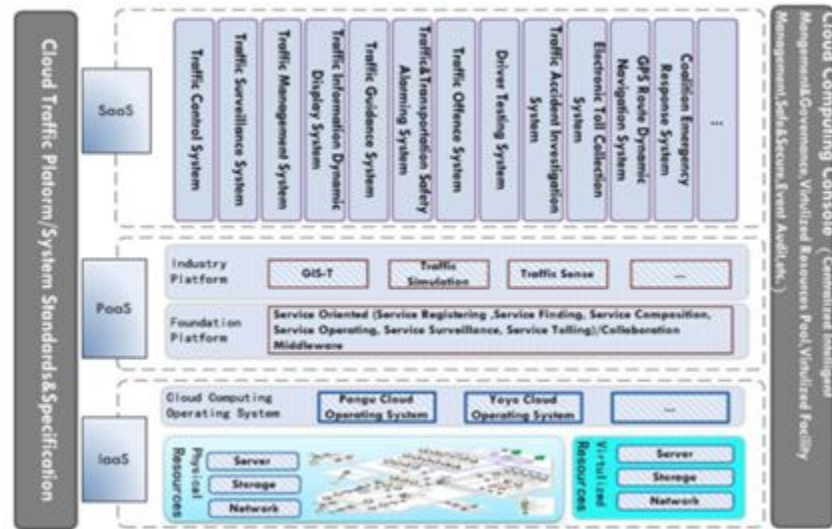


FIGURE 3.2: Architecture du Cloud Transportation System (CTS) [7]

A travers leur architecture, les auteurs [7] présentent une structure en trois couches et deux ailes. Les trois couches incluent l'infrastructure en tant que service (IaaS), la plate-forme en tant que service (PaaS) et le Software en tant que Service (SaaS). Les deux ailes comprennent la plate-forme Cloud transport/les normes et les spécifications du système et la console du Cloud Computing.

Les auteurs estiment que le CTS possède les caractéristiques suivantes :

- L'innovation d'application ;
- L'interopérabilité ;
- Le partage dynamique des ressources ;
- L'intégration de l'isométrie ;
- La réponse rapide.

Enfin, pour la mise en œuvre de leur système, les auteurs [7] utilisent le framework d'architecture d'entreprise comme méthode de conception et prennent le cadre de Contenu (Enterprise Continuum) de TOGAF (Foundation Architecture, Common Systems Architecture, Industry Architecture, Organization-Specific Architecture) comme l'exemple. Les auteurs prévoient que le CTS remplira les avantages dans les domaines suivants :

- **Transport en autoroute** : Système de télépéage, la vidéosurveillance et la vérification de la sécurité publique.
- **Transit ferroviaire** : Horaires de train, les applications multimédias du passager, la vidéosurveillance intelligente du transport ferroviaire.
- **Transport routier urbain** : Simulation de la virtualisation du trafic, la vidéosurveillance de la sécurité, la navigation GPS dynamique.

3.2.3 Bitam et Mellouk

Dans ce travail [8], un nouveau modèle de Cloud Computing appelé ITS-Cloud appliqué aux systèmes de transport intelligents (ITS) est proposé pour améliorer les résultats de transport tels que la sécurité routière, la productivité des transports, la fiabilité du voyage, les choix informés du voyage, la protection de l'environnement et la résilience de la circulation.

En effet, les auteurs [8] proposent un nouveau modèle architectural et fonctionnel appelé ITS-Cloud qui met le Cloud à la disposition des systèmes véhiculaires. Il se compose de deux sous-modèles : Cloud statique et dynamique. Dans le premier, les services de Cloud Computing classique sont offerts aux véhicules tels que les logiciels en tant que service, la plate-forme en tant que service et le matériel en tant que service. Cependant, le deuxième sous-modèle est formé par les véhicules eux-mêmes qui représentent les centres de données du Cloud.

Les auteurs [8] expliquent que leur modèle a été conçu pour élargir le Cloud permanent afin d'augmenter la capacité de traitement, de l'informatique et du stockage dans l'ITS-Cloud en utilisant les véhicules eux-mêmes. L'interaction entre les deux sous-modèles a également été suggérée pour assurer l'intégration du modèle entier.

Les auteurs perçoivent l'ITS-Cloud comme trois couches abstraites définies comme suit (Figure 3.3) :

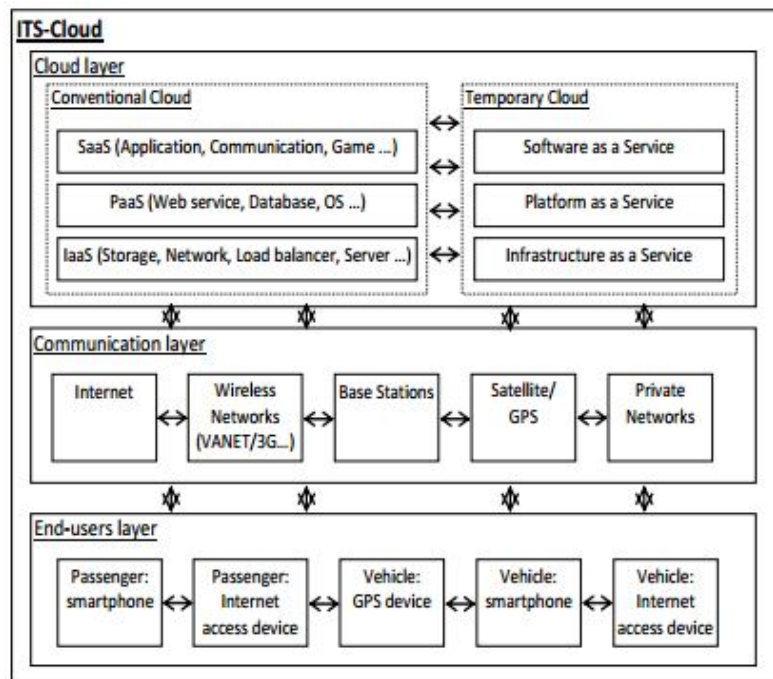


FIGURE 3.3: Architecture de l'ITS-Cloud [8]

1- La couche des utilisateurs finaux (End-users layer)

Les utilisateurs finaux représentent l'entité de base de cette couche et sont caractérisés par un certain niveau de mobilité. L'utilisateur final peut être soit un client ou un centre de données de l'ITS-Cloud. Dans le premier cas, l'entité représentée par un conducteur de véhicule ou un passager, peut établir sa demande de service à travers son dispositif de communication et d'informatique comme les Smartphones, les ordinateurs portables, l'ordinateur de bord, le GPS, le Wi-Fi, le point d'accès Internet, etc. Pour cette fin, l'utilisateur final reçoit la réponse de service à travers les couches supérieures. En outre, l'utilisateur final peut jouer le rôle de centre de données Cloud. Il est considéré comme une entité de calcul qui aide les autres à effectuer leurs demandes de service contre un prix de service. En fait, l'utilisateur final appartient à la couche de Clouds comme Cloud temporaire en raison de sa présence impermanente et de sa fonction.

2- La couche de communication

Le but de cette couche est d'assurer la connexion entre l'utilisateur final en tant que client et le Datacenter en tant que serveur Cloud (centre de données). Cette couche se compose de plusieurs dispositifs et schémas de communication à savoir l'Internet, les réseaux sans fil dans leurs différents formats (VANets, WSN, les réseaux 3G, etc.), la station de base cellulaire, la station de base de route, les satellites, les réseaux privés, etc. A ce niveau, toutes les technologies de connexion sont définies et fixées selon le dispositif de communication utilisé comme la couche physique, la couche de liaison de données, le contrôle d'accès au support (MAC), les protocoles de routage, etc. Le choix de la technologie dépend aussi du type de l'utilisateur final et du centre de données. Par exemple, si l'utilisateur final est un véhicule, la technologie LLC/MAC peut suivre la norme IEEE 802.11p.

3- La couche Cloud

La couche Cloud désigne le logiciel fourni comme service et le matériel situé dans les centres de données sur la couche de communication. Les services mis à la disposition du client, peuvent être divisés en trois types de services : logiciels (application, communication, e-mail, divertissement, etc.), plate-forme (base de données, entrepôts de données, système d'exploitation, services Web, etc.) et infrastructures (dispositifs de stockage, réseaux, outils d'équilibrage de charge, processus d'optimisation, etc.). Il convient de noter que cette couche peut être divisée en deux Clouds statique et dynamique, comme deux structures parallèles.

Selon les auteurs, la motivation de l'extension du Cloud est de tirer profit des ressources informatiques en particulier dans le domaine des véhicules à savoir un parking de voitures, les véhicules dans les intersections et les routes, etc. En outre, les conducteurs de véhicules bénéficient du prix de l'allocation de leurs ressources aux clients du Cloud. Par conséquent, les auteurs [8] définissent le sous-modèle Cloud temporaire comme un ensemble de véhicules et/ou passagers interconnectés placés d'abord dans le domaine des véhicules en tant que clients, qui acceptent, ensuite, d'allouer leurs ressources informatiques aux autres clients du Cloud. Ils sont appelés des centres de données ITS. Ces ressources informatiques varient du simple Smartphone à un ordina-

teur intégral installé à bord des véhicules. L'interconnexion entre les centres de données ITS est réalisée par la couche de communication en fonction des réseaux de véhicules tels que GPS, GSM, VANets, les réseaux 3G ou autres. Ces centres de données ITS seront intégrés avec le Cloud classique pour former l'ensemble du Cloud : ITS-Cloud. Par ailleurs, le Cloud temporaire fournit les mêmes services que le Cloud classique dans ses capacités en ressources. Il sert de dispositif de stockage, de dispositif de traitement et de calcul, de plate-forme virtuelle, etc.

Selon les auteurs [8], ITS-Cloud peut fournir plusieurs services à travers les applications principales suivantes :

- L'application de correspondance ;
- L'application de services Web ;
- La sauvegarde Cloud : L'application d'entreprise ;
- L'application de recherche ;
- La capacité d'équilibrage de charge.

Afin de valider leur proposition, une étude de simulation a été réalisée, par les auteurs [8]. L'idée a été de considérer l'équilibrage de charge comme un problème NP-complet. Les résultats ont été obtenus en utilisant l'algorithme de vie des abeilles (Bees Life Algorithm) (BLA) appliqué à l-ITS-Cloud et comparés à ceux obtenus par (BLA) appliqué seulement sur le Cloud classique. Ces résultats montrent que le temps d'exécution dans le cas d'ITS-Cloud est réduit par rapport à celui obtenu par BLA appliqué seulement sur le Cloud classique.

3.2.4 Abuelela et Olariu

Toujours dans le domaine des Clouds Véhiculaires, les auteurs de ce travail [62], partent du constat suivant :

- Le coût des dispositifs et des mécanismes mis en place pour la surveillance du trafic et la détection des incidents est élevé.
- La couverture Internet fournit par les points d'accès (AP), en bordure de route, est limitée.
- La sous-utilisation des capacités de bord.
- Les véhicules sont de simples spectateurs qui voient les événements sans pouvoir participer à l'atténuation de ses effets.

De ce fait, ils suggèrent de "prendre les réseaux de véhicules aux Clouds" en mettant en place ce qu'ils appellent un Cloud Computing Véhiculaire ou VC2. Ils proposent leur vision de comment les équipements sous-utilisés d'informatiques, de réseaux et de stockage dans VANet peuvent être utilisés efficacement pour être partagés entre les conducteurs ou loués à d'autres clients sur Internet. Ils présentent quelques-unes des idées nouvelles sur comment les fournisseurs de Cloud peuvent faire usage de VANet pour étendre leurs centres de données et plus important comment fournir des services moins chers pour leurs clients. Pour ce faire, ils proposent une amélioration de trois services existants dans VANet qui sont : Computing as a

Service, Network as a Service et Storage as a Service.

Pour le Computing as a Service Ils discutent de plusieurs instances d'un VC2 qui agrège les capacités de calcul de voitures garées et donnent ces trois exemples pour illustrer leur idée :

- **Le terrain de Parking d'une société** : Ils suggèrent que la société peut utiliser les ressources inutilisées ou sous-utilisées dans les voitures dans son propre parking, plutôt que de sortir pour louer ces ressources à grands frais.
- **Le Data Center au centre commercial** : Les auteurs estiment que des centaines de milliers de clients vont à différents centres commerciaux chaque jour, garent leurs voitures dans le garage du centre commercial et passent quelques heures à faire leurs achats tout en laissant leurs ressources informatiques dans leurs véhicules inactives pendant tout ce temps. Ainsi, ils proposent que ce matériel sous-utilisé puisse être utilisé par la direction du centre commercial, avec l'autorisation et le consentement du conducteur, pour fournir des ressources informatiques "pay-as-you-go" pour les clients sur Internet.
- **Synchronisation dynamique des feux de circulation** : En cas d'embouteillage, la situation est aggravée par la synchronisation des feux de circulation statique. Les auteurs contemplant un VC2 impliquant les voitures dans l'embouteillage ; ces voitures vont mettre leurs ressources à la disposition d'une autorité municipale en charge de réordonner les feux de circulation de manière à dissiper l'embouteillage dès que possible. L'autorité municipale a le code (programme) et l'autorité de l'exécuter. Cependant, ils n'ont pas l'infrastructure de calcul excédentaire sur laquelle exécuter le programme de ré-ordonnement. Cette installation est accordée, de manière dynamique, par la VC2 impliquant les voitures.

Quant au Network as a Service les auteurs proposent que chaque conducteur avec une connectivité Internet, qui est prêt à partager cette ressource, annonce ces informations à tous les véhicules autour de lui sur la route. Cette information peut alors être multi-sauts entre les véhicules sur le voisinage local en les informant sur les voitures existantes qui peuvent agir comme un saut à Internet, des points d'accès.

Enfin pour le Storage as a Service, les auteurs [62] supposent qu'il est fortement probable que les ordinateurs sur les voitures auront plusieurs téraoctets de stockage attachés à eux. Ce stockage disponible peut ensuite être utilisé dans de nombreuses applications dans le Cloud. Dans l'exemple du centre commercial, ce stockage disponible peut être loué par la direction du centre commercial aux clients à travers Internet. Un autre exemple est d'utiliser ce stockage dans la livraison de contenu et les applications P2P où un fichier est décomposé en plusieurs morceaux (blocs), répartis entre les nœuds du réseau. Les utilisateurs intéressés doivent collecter les différents blocs pour reconstruire le fichier à nouveau.

3.2.5 Djamel Bektache

Toujours dans VANet, cet auteur [9] propose une nouvelle architecture de communication dans un réseau VANet (Figure 3.4). La notion d'estimation des para-

mètres microscopiques (position, vitesse et direction) est la clé de cette architecture. En effet, elle est basée sur la modélisation cinématique de type véhicule et la méthode de Filtre de Kalman dans les estimations des trajectoires. La communication des messages est établie entre des entités du même réseau : le véhicule en question (SV) et ses véhicules voisins (OV) par le biais d'une norme sans-fil appelée DSRC (Dedicated Short Range Communication), qu'est un nouveau standard dédié aux communications inter véhicules. L'auteur s'est intéressé dans sa thèse à la conception, la modélisation et à la simulation d'une approche de prédiction FCAA (Forecasting Collision Avoidance Approach). Cette approche est basée sur la détection, la prédiction et l'évitement de la collision. L'approche proposée a été validée par la simulation de scénarios d'intersections réelles extraites de la ville d'Annaba. Les résultats obtenus démontrent que l'approche FCAA dans l'évitement des collisions est validée avec un taux significatif.

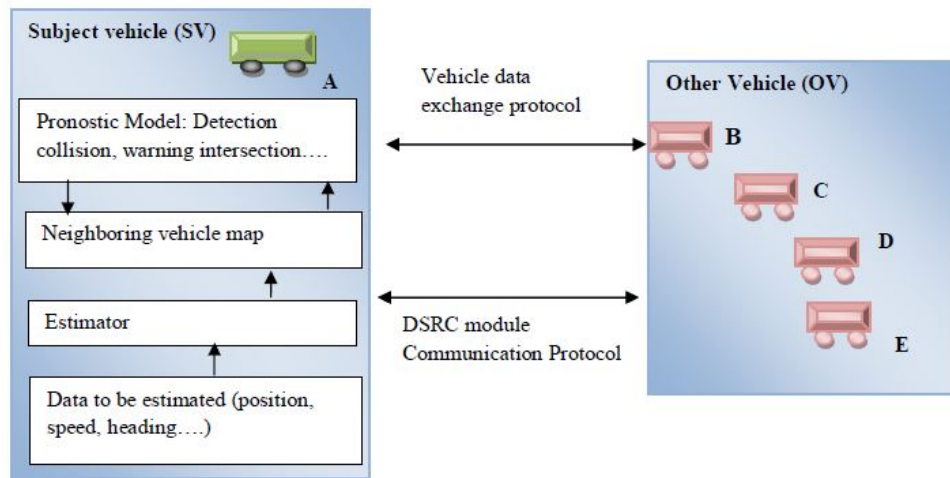


FIGURE 3.4: L'architecture du modèle de communication proposé [9]

3.2.6 Sam, Evangelin et Cyril Raj

Dans ce travail [10], les auteurs proposent une nouvelle idée pour concevoir un système VANet hybride qui intègre une unité corporelle avec le réseau ad-hoc véhiculaire (VANet). Le système est conçu de la manière suivante : Le VANet est composé de nœuds véhiculaires et d'unités de bord de route (RSUs), un capteur corporel attaché à un corps humain pourrait être conçu de manière à transmettre l'emplacement exact des piétons à l'RSU voisine ou aux véhicules qui s'approchent via des interfaces de communication. Ce capteur corporel communique avec la RSU ou le nœud véhiculaire dans la zone de voisinage du VANet formé. Ceci permettrait d'alerter les conducteurs sur les piétons avant qu'ils approchent de l'endroit. Chaque nœud véhiculaire, RSU et capteur corporel communiquent entre eux en utilisant l'interface de communication WiFi (IEEE 802.11). Le système VANet hybride proposé est représenté dans la Figure 3.5.



FIGURE 3.5: Le modèle système proposé [10]

En proposant leur système intégré, les auteurs [10], estiment qu'il pourrait améliorer la détection humaine par les véhicules et par conséquent prévenir les accidents des piétons. Ils considèrent, que leur système peut alerter les automobilistes dans des circonstances telles que : des piétons marchant au milieu de la route de façon inattendue, des piétons ivres, des personnes handicapées avec une vision limitée ou une mobilité réduite essayant de traverser la route, des enfants qui jouent dans la cour et qui se retrouvent, accidentellement, entrain de courir dans la route, des personnes âgées, ou des piétons marchant dans des zones à visibilité réduite.

En effet, pour la simulation de leur système, les auteurs [10] proposent le scénario suivant : un piéton traverse une route à plusieurs voies et sans contrôle de la circulation. Un gros camion garé dans la première voie cache la vue des piétons sur les véhicules venant en sens inverse. Les auteurs précisent qu'un cas similaire se produit lors de chutes de neige importantes lorsqu'un tas de neige se dépose sur le trottoir et obscurcit la vue du piéton. Ils supposent qu'un véhicule arrive dans la deuxième voie et crée une tache noire. Ils estiment que le camion a de grandes chances de se retrouver dans un accident.

L'illustration du scénario proposé est représentée dans la Figure 3.6.

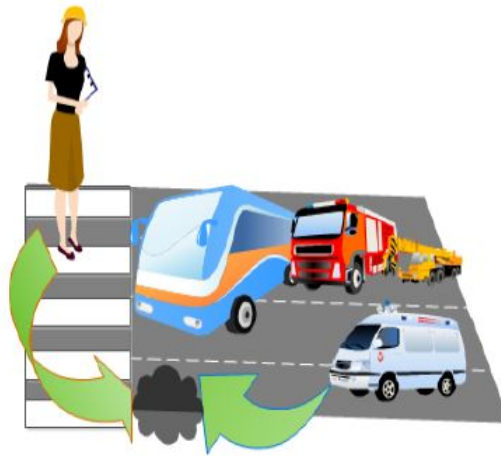


FIGURE 3.6: Exemple d'une tâche noire [10]

Le simulateur GrooveNet a été utilisé pour simuler le système VANet hybride proposé avec un capteur de corps. Les résultats obtenus ont prouvé qu'avec le système d'alerte, le système était capable de réduire considérablement les risques d'accidents.

3.2.7 Mousannif, Khalil et Al Moatassime

Pour finir, dans [11] les auteurs estiment que les réseaux 3G et les ITS sophistiqués, incluant le déploiement des infostations coûteuses en bordure de route, utilisées dans des réseaux comme VSN viennent avec un certain coût tant au niveau du réseau que celui du matériel.

Aussi, ils constatent que les véhicules ne servent que de spectateurs qui témoignent des événements reliés au trafic alors qu'ils ont le potentiel de coopérer entre eux pour obtenir de meilleures performances, offrir plus de services ou résoudre les problèmes qui prennent généralement une quantité considérable de temps pour être résolus comme les embouteillages.

Pour ce faire, les auteurs élargissent les deux nouveaux types de services des VCs (NaaS et SaaS proposés par [52], le VC adapte le concept classique du Cloud Computing aux véhicules) en introduisant ce qu'ils appellent «Coopération as a Service» ou CaaS.

L'architecture vise à fournir des ensembles de services gratuitement, et sans aucune infrastructure supplémentaire, pour les véhicules/conducteurs qui sont prêts à coopérer en profitant des communications V2V.

CaaS utilise un mécanisme hybride publish/subscribe où le conducteur (ou abonné) exprime ses intérêts en ce qui concerne un service (ou un ensemble de services) et où les véhicules/conducteurs ayant souscrit le même service coopéreront afin d'offrir à l'abonné les informations nécessaires concernant le service qu'il a souscrit, en publiant cette information dans le réseau. Les éditeurs n'ont aucune connaissance préalable ni sur les courtiers ni sur les abonnés. Un nœud peut devenir un abonné ou un éditeur à tout moment.

L'approche utilisée pour soutenir le paradigme publish/subscribe est le CBR (Content Based Routing) qui nécessite, traditionnellement, une topologie réseau en une seule structure arborescente. Cependant, les auteurs décident d'autoriser plus d'une structure arborescente dans le réseau. Chaque arbre représente un cluster dont la taille et la profondeur sont choisies de manière appropriée pour permettre un bon entretien des arbres. Dans la structure proposée, les auteurs utilisent CBR pour les communications intra-cluster ; les abonnements de tous les membres du cluster sont transmis à un clusterhead et régulièrement mis à jour pour faire face au mouvement continu des nœuds. Le routage géographique est utilisé pour les communications inter-cluster. La Figure 3.7 résume la structure réseau proposée par les auteurs :

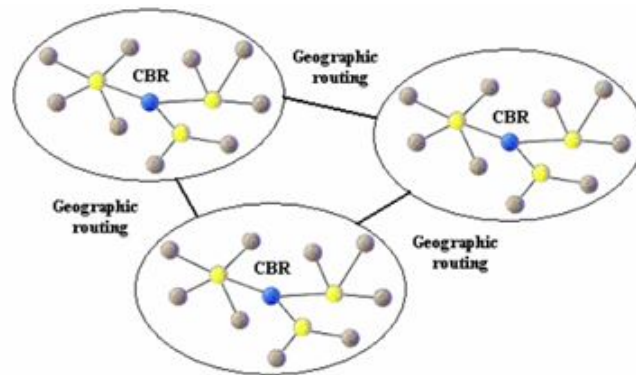


FIGURE 3.7: La structure réseau proposée [11]

Pour la Structure intra-cluster les auteurs [11] considèrent les rôles suivants pour mettre en place une infrastructure de routage :

- **Clusterhead** : nœud responsable de résumer les abonnements des membres du cluster et de les transmettre à d'autres clusters. Il est également responsable de la livraison des publications aux nœuds intéressés à l'intérieur du cluster.
- **Courtier** : nœud agissant principalement comme un relais. Chaque courtier détient un tableau de souscription utilisé pour déterminer comment diffuser souscriptions/publications le long de l'arbre.
- **Abonné** : un nœud qui exprime son intérêt pour un service (ou un ensemble de services).
- **Editeur** : toute entité dans le réseau qui publie des informations sur les services dans lesquels les véhicules pourraient être intéressés.

Pour la construction d'arbres, les auteurs [11] expliquent que chaque nœud diffuse un message *Hello* chaque *Hello_Interval* seconde pour annoncer son existence aux nœuds voisins. Quand un nœud ne reçoit plus les messages d'un voisin, cela signifie que ce voisin a disparu ou a quitté la plage de transmission du nœud courant.

Les messages Hello serviront également à mettre à jour les membres du cluster et les souscriptions des nœuds.

Quand un nœud entre dans le système, il tente de rejoindre un cluster existant en écoutant les messages diffusés *Hello* envoyés par les voisins et en considérant comme un parent le nœud dont le signal est le plus fort et dont le niveau est strictement inférieure à la hauteur maximale autorisée pour l'arbre.

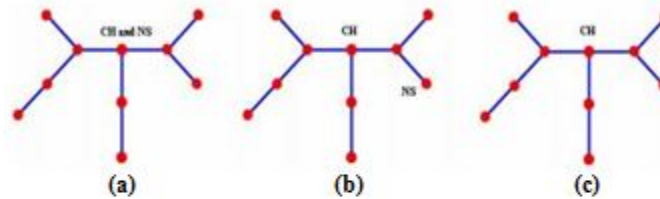
Pour la diffusion des souscriptions et des publications les auteurs expliquent qu'une fois l'arbre construit, les souscriptions et les publications peuvent être transmises le long des liens construits de l'arbre. L'idée est d'exploiter les messages *Hello* pour communiquer les abonnements d'un nœud vers les autres nœuds du cluster et en particulier au clusterhead qui sera chargé de transmettre ces abonnements aux autres clusterheads en utilisant le routage géographique. Les publications seront acheminées le long de la voie tracée par les abonnements seulement aux abonnés intéressés. En outre, chaque clusterhead devra transmettre les publications aux autres clusters.

Etant donné que les publications doivent seulement être conduites dans des domaines spécifiques d'intérêt (DOI), non pas à tous les clusters dans le réseau (même s'ils ont automatiquement souscrit pour les recevoir), les auteurs ont choisi le routage géographique pour la structure inter-cluster.

Pour leur structure inter-clusters, un compromis est proposé entre les deux options extrêmes suivantes dans le but de permettre un routage géographique :

- 1 Certains nœuds sont capables de déterminer leur propre position par l'équipement de véhicules avec un système de navigation.
- 2 Le reste des nœuds obtiendront leurs coordonnées soit par des techniques de triangulation ou par la moyenne des coordonnées de leurs voisins en utilisant les arbres construits plus tôt.

Ainsi, Trois scénarios sont possibles (Figure 3.8) : Optimiste, relativement optimiste, et pessimiste. Dans le premier, les auteurs considèrent que tous les clusterheads sont équipés d'un dispositif de navigation, afin qu'ils puissent facilement décider à quelles zones géographiques (par exemple d'autres clusterheads dans le réseau) le contenu doit être livré et en utilisant quels trajets. Ceci peut être réalisé en utilisant de nombreuses techniques existantes, par exemple par la détermination de la trajectoire que le message doit suivre en appliquant l'algorithme de Dijkstra sur le plan ou le déploiement d'autres solutions telles que les GPCR et VADD comme une alternative à l'algorithme de Dijkstra. Dans le deuxième cas de figure, les auteurs considèrent qu'il y a au moins un véhicule dans chaque cluster qui est équipé d'un système de navigation. Dans ce cas, ce véhicule doit communiquer régulièrement des informations sur la topologie de la zone au clusterhead qui fonctionnera alors comme dans le premier scénario. Le dernier scénario, aucun des véhicules n'est équipé d'un système de navigation. Dans ce cas, une approche fondée sur les inondations, est la meilleure option.



- (a) **Scenario1: Clusterhead (CH) is equipped with a Navigation system (NS)**
- (b) **Scenario2: The cluster contains at least a node which is equipped with a Navigation system**
- (c) **Scenario3: None of the nodes is equipped with a Navigation system**

FIGURE 3.8: Les scénarios possibles de l'infrastructure [11]

Toutefois, aucune simulation n'a été effectuée pour évaluer les performances de l'architecture proposée dans ce travail.

3.3 Etude comparative

Afin de donner une vue d'ensemble sur les différents travaux cités ci-dessus et dans le but de situer notre contribution par rapport à ces travaux, nous avons effectué une étude comparative que nous détaillons dans ce qui suit (Table 3.1) :

Travail De recherche	Objectif	Environnement de travail	Utilisation du BAN ou BSN	Sécurité routière	Surveillance de la santé	Simulation	Métrique
Wang et al., 2011	Fournir des services personnalisés	Cloud Véhiculaire.	Utilisé.	Non traitée.	Traitée.	Aucune.	Coût financier et humain.
Cai et Sun, 2011	Diffusion et partage de l'information pour améliorer la sécurité publique.	ITS et Cloud Computing.	Non utilisé.	Traitée.	Non traitée.	Effectuée.	Distribution des ressources.
Bitam et Mellouk, 2012	Améliorer la sécurité routière en partageant les ressources.	ITS et Cloud Computing.	Non utilisé.	Traitée.	Non traitée.	Effectuée.	Le temps d'exécution.
Abuelela et Olatariu, 2010	Partage et location des ressources.	Cloud Véhiculaire.	Non utilisé.	Traitée en partie	Non traitée.	Aucune.	Le coût.
Bektache, 2015	Détection, prédiction et évitement des collisions.	VANet	Non utilisé.	Traitée	Non traitée.	Effectuée.	Le nombre de collision.
Sam et al., 2015	Éviter les accidents grâce à une alarme de piétons.	VANet	Utilisé en partie (ont utilisé un seul capteur corporel).	Traitée	Non traitée.	Effectuée.	Le nombre d'accidents.
Mousanif et al., 2011	Introduire un nouveau service de Cloud pour le partage des ressources.	VSN (Vehicular Sensor Network) et Cloud Véhiculaire	Non utilisé.	Non traitée	Non traitée.	Aucune.	Le coût.

TABLE 3.1: Étude comparative entre les travaux connexes

À partir de cette étude (Table 3.1), nous remarquons qu'aucun des travaux que nous avons présentés ne traite à la fois la sécurité routière et la surveillance de la santé et que même pour l'unique travail que nous avons trouvé [6] et qui traite la surveillance de la santé du conducteur, aucune simulation n'a été effectuée. Aussi, nous remarquons que la technologie BAN n'a été utilisée qu'une seule fois et par conséquent nous déduisons qu'à l'exception de ce travail [6] aucun des travaux ne s'est intéressé à des conducteurs malades et que, généralement, l'objectif de ces travaux n'était que le partage et la location des ressources. De plus, même pour le travail de Sam et *al.* [10] un seul capteur corporel a été utilisé, non pas pour la surveillance de la santé mais pour la géolocalisation du piéton. Enfin, nous observons que pour tous les travaux cités ci-dessus, une seule métrique, à la fois, a été prise en charge.

En conséquence, nous allons, par le biais de cette thèse, présenter un travail qui s'inscrit dans les domaines de la sécurité routière et de la surveillance de la santé. Dans ce travail, de nombreuses métriques sont prises en charge à savoir : le temps, le coût, les dégâts humains et matériels. De plus, la technologie BAN est, entre autre, utilisée dans le but de prévenir et de gérer les malaises et la fatigue des conducteurs. Enfin, notre travail, est accompagné par un ensemble de simulations dans le but de montrer et de prouver l'efficacité du système que nous proposons.

3.4 Conclusion

Le développement des nouvelles technologies automobiles et des systèmes de transports intelligents ainsi que les technologies de communication telle que VANet, BAN et le Cloud Computing a donné naissance à de nouveaux environnements de travail tels que les Cloud Computing Véhiculaires (ou VCCs). Ces environnements, ont favorisé l'évolution des domaines de la sécurité routière et de la surveillance de la santé. En effet, beaucoup de systèmes ont, depuis, vu le jour.

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur certains travaux qui se rapportent à notre domaine de recherche. Aussi, nous avons établi une étude comparative entre ces différents travaux. Cette étude nous a permis de situer le cadre de notre travail par rapport à ce qui se fait dans le même domaine. Enfin, nous avons donné un bref aperçu sur le service que nous souhaitons présenter dans le chapitre suivant.

Chapitre **4**

Health-**A**ssistance **a**s **a** **S**ervice
HA**a**a**S**

4.1 Introduction

LA conception, l'implémentation et la validation des Cloud véhiculaires soulèvent de nombreuses questions de recherche spécifiques à ce domaine technologique. Ces questions incluent la définition de l'architecture adéquate et ses différentes composantes, le rôle du Cloud Computing, les véhicules intelligents et leurs équipements et les échanges effectués entre les véhicules du système et avec le Cloud Computing.

Dans ce chapitre, nous traitons toutes ces questions de recherche en présentant, d'abord, l'architecture que nous proposons pour le Health-Assistance as a Service, ensuite, nous décrivons le service HAaaS en définissant les différents types de véhicules intelligents qui composent le système. Aussi, nous présentons un ensemble de données et d'informations médicales sur lesquelles est fondé le service HAaaS. Enfin, nous définissons le processus du service HAaaS en présentant les différentes étapes qui le constituent ainsi que les différents échanges effectués tout au long de ce processus.

4.2 Health-Assistance as a Service

En raison du nombre important de décès et d'accidents engendrés par un malaise ou un endormissement au volant et compte tenu de l'absence de mécanisme dédié aux personnes malades conduisant un véhicule [22], [21], [23], [18], nous proposons, dans ce chapitre, un nouveau service de Cloud véhiculaire appelé « *Health-Assistance as a Service* » ou « *HAaaS* ». Ce dernier entre dans le domaine de la prévention et de la sécurité routière et plus particulièrement dans l'assistance aux conducteurs malades, en malaise ou en endormissement.

Notre objectif principal est de montrer comment peut-on, grâce à HAaaS, sauver des vies humaines en réduisant le nombre d'accidents de la circulation causés par un malaise et par conséquent réduire les éventuels dégâts matériels et humains. Aussi, nous cherchons à montrer comment prendre en charge une personne prise de malaise pendant la conduite et comment gérer les cas d'endormissement au volant.

Notre contribution majeure se matérialise en un support d'aide à la décision capable de fournir des services au conducteur victime de malaise afin d'améliorer le contrôle de son véhicule et de le prendre en charge.

Ainsi, en plus de réduire le nombre d'accidents de la circulation, les personnes souffrant de maladies chroniques telles que le diabète ou l'hypertension artérielle pourront, grâce à HAaaS, prendre leurs véhicules en toute sécurité sans se soucier de ce qu'il pourrait leur arriver s'ils subissaient un malaise ou que leur taux de glycémie ou leur tension artérielle augmentait pendant la conduite.

En outre, sachant qu'un malaise n'arrive pas uniquement à une personne malade, HAaaS est une assurance à toutes les personnes qui veulent prendre le volant ou à ceux qui veulent faire de longs trajets et qui ont peur de s'endormir au volant.

De plus, HAaaS, permet de donner, rapidement, les premiers secours aux personnes prises de malaise, en réduisant le temps d'attente avant l'arrivée des équipes de secours.

4.2.1 Architecture proposée

Afin de concrétiser notre idée, nous proposons une architecture en trois couches (Figure 4.1) qui inclut : La couche Appareil (device), la couche Communication et la couche Cloud [63].

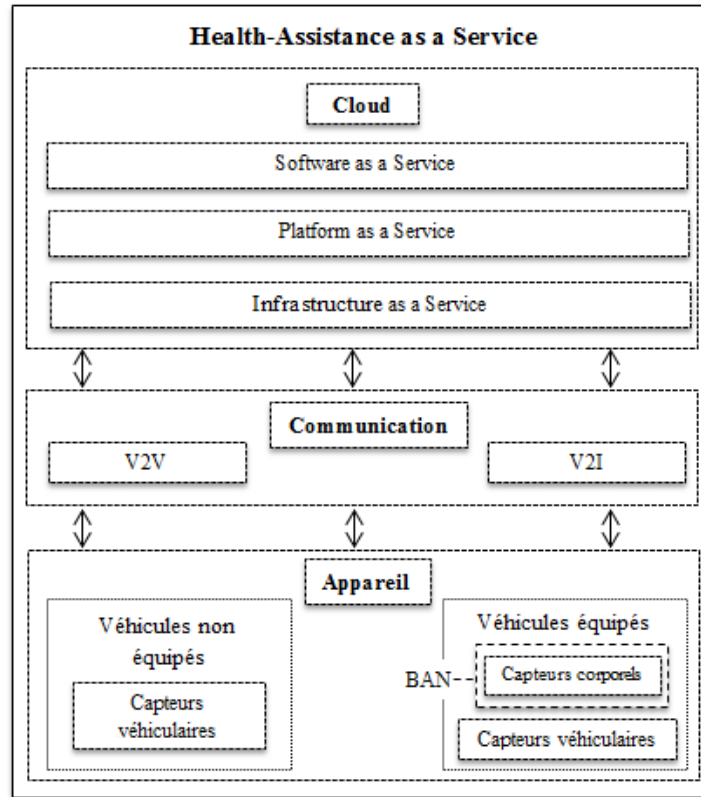


FIGURE 4.1: Architecture du HAaaS

4.2.2 Description de l'architecture

Notre choix a été porté sur une architecture en trois tiers en raison de la nature du service proposé. De plus, dans ce genre d'architecture chaque tiers est indépendant et ainsi les mises à niveau ou les remplacements techniques ou physiques sont faciles à réaliser.

En ce qui concerne le choix du Cloud Computing, l'explication est que dans son principe de fonctionnement, quand l'un des serveurs actuels ne peut plus répondre à une demande, un nouveau serveur virtuel est automatiquement créé par le Cloud ainsi le système ne tombe jamais en panne et ceci est très approprié dans un contexte sensible comme celui sur lequel nous travaillons et qui concerne la surveillance de la santé et la prise en charge des personnes prises de malaise pendant la conduite et dans lequel la paralysie du système entraînerait des dégâts humains et matériels considérables. En outre, la capacité d'allocation dynamique permet une adaptation au pic de charge surtout sur les autoroutes à très grande circulation.

1- La couche Appareil

La couche Appareil est la première couche de notre architecture dans laquelle chaque véhicule est muni d'un ensemble de capteurs et d'actionneurs. Ces capteurs ont pour tâche la collecte d'informations à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule.

Dans sa globalité, notre système se divise en deux sous-systèmes (Figure 4.2) ; le premier comprend les véhicules des personnes malades (ou des personnes saines voulant que leur santé soit surveillée ou qui prennent régulièrement de longs trajets et qui ont peur de s'endormir au volant) par conséquent ils sont équipés, en plus des capteurs et actionneurs du véhicule, d'appareillage médical spécifique (capteurs de glycémie, de tension artérielle, etc.) formant ainsi un réseau de capteurs corporels ou BAN ; le deuxième sous-système comprend les véhicules pouvant apporter une éventuelle aide aux personnes prises de malaise et dont le conducteur peut, lui aussi, être pris de malaise sans que sa santé soit surveillée par des capteurs BAN. Par conséquent, dans ce deuxième sous-système aucun appareillage médical n'est présent dans les véhicules ; seuls les capteurs automobiles sont présents.

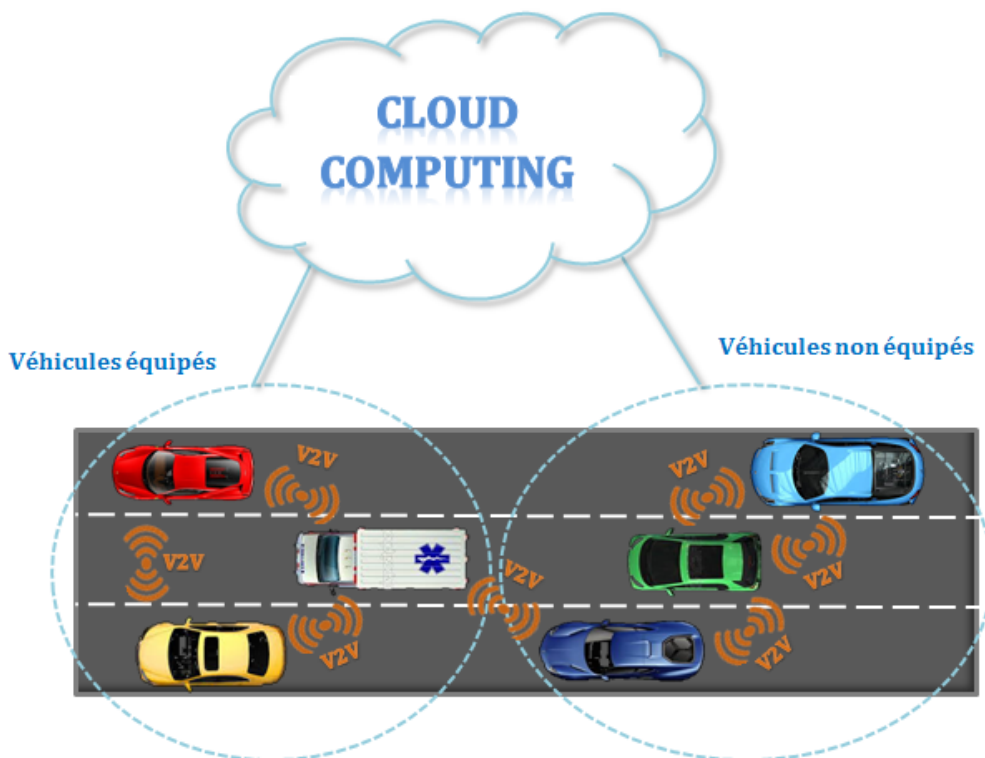


FIGURE 4.2: Les sous-systèmes de la couche Appareil

Comme résultat, deux catégories de capteurs se distinguent : des capteurs véhiculaires (Vehicular devices) et autres spécifiques au conducteur (Driver devices). Dans le premier type, les dispositifs sont reliés au véhicule. Ces

derniers permettent de contrôler une voiture et par conséquent diminuer les conséquences de l'accident. De nombreux dispositifs existent déjà sur les véhicules tels que les capteurs environnementaux (température, humidité), les smartphones, les radars, les systèmes de navigation inertielle (accéléromètre, régulateur de vitesse,...), le GPS, les caméras, etc. Le tableau suivant (Table 4.1) présente une liste non exhaustive de capteurs disponibles sur les véhicules de nos jours [64].

Dispositif	Fonction
ABS	Système antiblocage des roues : permet de garder le contrôle de la direction tout en freinant.
Aide au maintien dans la file de circulation	Ce système assiste le conducteur en agissant sur la direction, pour centrer la voiture entre les lignes blanches. Apparu sur la Lexus LS, sous l'appellation de Lane-Keeping Assist, il équipe aussi la Honda Accord (Lane Keep Assist).
Aide au stationnement automatique	Ce système d'aide au stationnement peut tourner le volant à la place du conducteur. Celui-ci se contente alors de gérer l'accélérateur et le frein. Le Park Assist de Volkswagen et l'Intelligent Park Assist (IPAS) de Toyota proposent notamment une telle fonctionnalité.
ACC	Active Cruise Control/Adaptive Cruise Control, détecteur anticollision, qui ajuste la vitesse de la voiture pour maintenir la distance de sécurité.
AFL	Adaptive Forward Lighting, l'éclairage s'ajuste selon la vitesse et la rotation du volant.
AFIL	Alerte de franchissement involontaire de ligne (Citroën) : un capteur infrarouge repère les lignes blanches des voies. Volvo et Honda ont eux aussi leur système de franchissement de ligne.
AFU	Aide au freinage d'urgence, assistance au freinage pour réduire la distance de freinage.
CBC	Cornering Brake Control, ajustement de la force de freinage sur les roues individuellement lors du freinage en virage.
DDS	Deflation Detection System, détection du dégonflage des pneus.
EBA	Emergency Brake Assist, un système pour réduire la distance de freinage.
Allumage automatique de feux de détresse	Cette fonction déclenche, instantanément, les feux de détresse durant un freinage d'urgence.

TABLE 4.1: Liste non exhaustive des capteurs disponibles sur les véhicules

Pour le deuxième type, il représente l'ensemble des capteurs et actionneurs rattachés au conducteur et qui constituent un réseau de capteurs corporels

BAN (ou un réseau de capteurs corporels sans fil WBAN). Ces dispositifs jouent le rôle d'indicateurs sur la santé du conducteur. Dans ce travail, nous n'utilisons que quelques capteurs afin d'illustrer un des cas de détection du malaise. Ces capteurs sont : l'Electroencéphalographe (ou EEG), l'Electrocardiographe (ou ECG), les capteurs de glycémie, de Pression artérielle et de battements cardiaques et un oxymètre (La liste exhaustive est disponible dans le chapitre 2, section 2.2.6).

La Figure 4.3 résume la taxonomie de la couche Appareil [63].

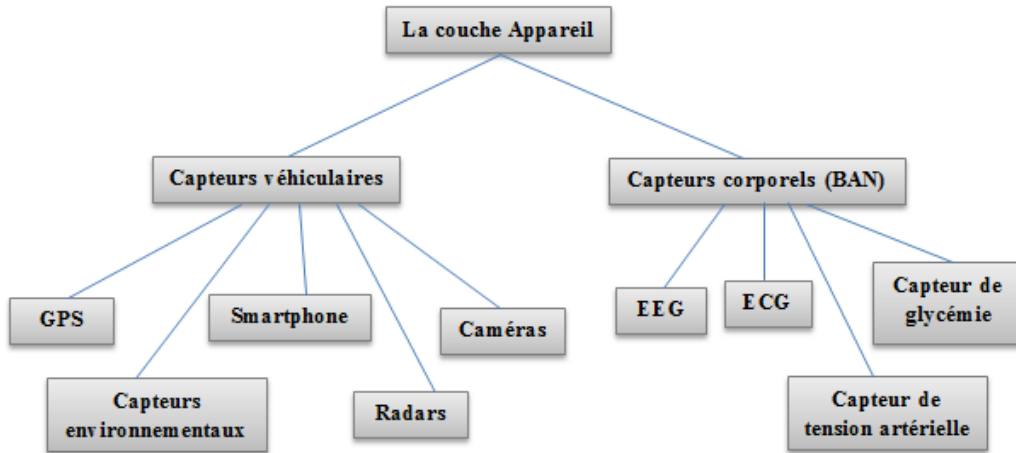


FIGURE 4.3: Taxonomie de la couche Appareil

En résumé, la couche Appareil est responsable de la collecte d'informations à l'intérieur du véhicule, sur et autour du conducteur dans le but de prédire les réflexes et intentions du conducteur. L'information collectée par ces capteurs sera, ensuite, envoyée pour être utilisée comme entrée pour divers programmes logiciels dans la couche Cloud.

2- La couche Communication

C'est la deuxième couche de notre architecture. A ce niveau, les véhicules communiquent les uns avec les autres et avec l'infrastructure, offrant ainsi le potentiel d'accroître considérablement la qualité et la fiabilité des informations disponibles sur les véhicules, leur emplacement et l'environnement routier.

Ces nouvelles informations permettent non seulement d'améliorer les services existants mais également de développer des nouveaux services pour les usagers de la route. Ces derniers échangent des données et des informations pertinentes relatives à la section de route traversée afin d'améliorer la sécurité et permettre une gestion coopérative du trafic. Plus précisément, au travers des protocoles de communication intégrés de type véhicule-à-véhicule ou véhicule-à-infrastructure. Différentes normes de communications pourront être utilisées dans les deux types de communications (Figure 4.4).

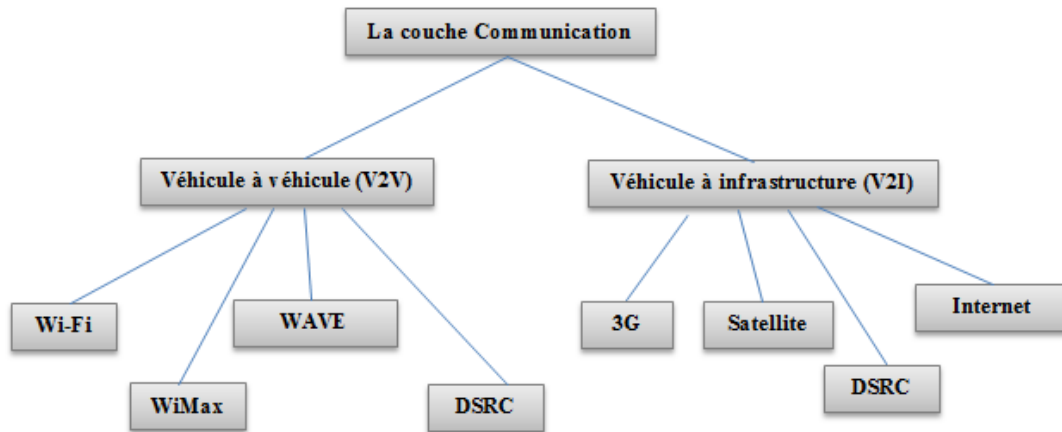


FIGURE 4.4: Taxonomie de la couche Communication

3- La couche Cloud

La couche Cloud est la dernière couche de notre architecture. Elle comprend les trois services de base du Cloud Computing, à savoir, l'Infrastructure en tant que service, la Plateforme en tant que service et le Software en tant que.

4.2.3 Fondement

Afin de mieux comprendre le fondement du service HAaaS, il est important de présenter certaines données et informations médicales réelles sur lesquelles nous sommes basés pour pouvoir proposer ce service. En effet, d'après la définition officielle de secourisme [65], « *le malaise correspond à une sensation pénible traduisant un trouble du fonctionnement de l'organisme sans pouvoir en identifier l'origine. Cette sensation peut être répétitive, fugace ou durable, brutale ou progressive* ».

Aussi, selon l'OMS [66], pour maîtriser le risque cardio-vasculaire une personne doit :

- Connaître sa tension artérielle car élevée ne s'accompagne en général d'aucun symptôme, mais c'est l'une des principales causes de crise cardiaque ou d'AVC. Un contrôle de la tension artérielle et sa mémorisation est nécessaire.
- Connaître son taux de lipides dans le sang car une hypercholestérolémie et un taux anormal de lipides dans le sang augmentent le risque de crise cardiaque et d'AVC.
- Connaître son taux de sucre dans le sang car une glycémie élevée (diabète) accroît le risque de crise cardiaque et d'AVC. Si une personne est diabétique, il est très important de contrôler sa tension artérielle et son taux de sucre afin de réduire le risque.

4.2.4 Processus du Health-Assistance as a Service

En se référant aux indications de l'OMS [66] et en se basant sur les différents capteurs et actionneurs qui existent sur les nouveaux véhicules et dans les réseaux BAN, nous avons établi le processus du service HAaaS [63]. Ce processus se déroule en deux grandes phases importantes et complémentaires : La première est la phase de surveillance et de reconnaissance (exploration) et la seconde, la phase de coopération et de prise en charge.

Il est à noter que les deux phases qui constituent le processus du service HAaaS comprennent elles aussi différentes étapes que nous expliquons dans ce qui suit.

A. Phase de surveillance et de reconnaissance (exploration)

Tout d'abord, il convient de rappeler que le service que nous proposons est destiné, en premier lieu, à des personnes souffrant de maladies chroniques pouvant provoquer des malaises, des évanouissements ou un endormissement telles que la pression artérielle ou le diabète et en second lieu à des personnes saines (qui ne souffrent d'aucune maladie chronique) car un malaise ou un endormissement n'arrive pas, uniquement, aux personnes malades. Ces conducteurs sont équipés de capteurs pour mesurer en temps réel le taux de glycémie, la tension artérielle, le battement cardiaques, le taux d'oxygène, etc. Cependant, il existe d'autres véhicules qui font partie du système et qui ne contiennent que des capteurs et actionneurs propres au véhicule.

Par conséquent, nous avons défini cinq étapes pour cette première phase du processus du service HAaaS. Ces étapes sont [63] : l'Identification, l'Acquisition des données, la Détection du malaise, le Traitement et la Prise de Décision (Figure 4.5).

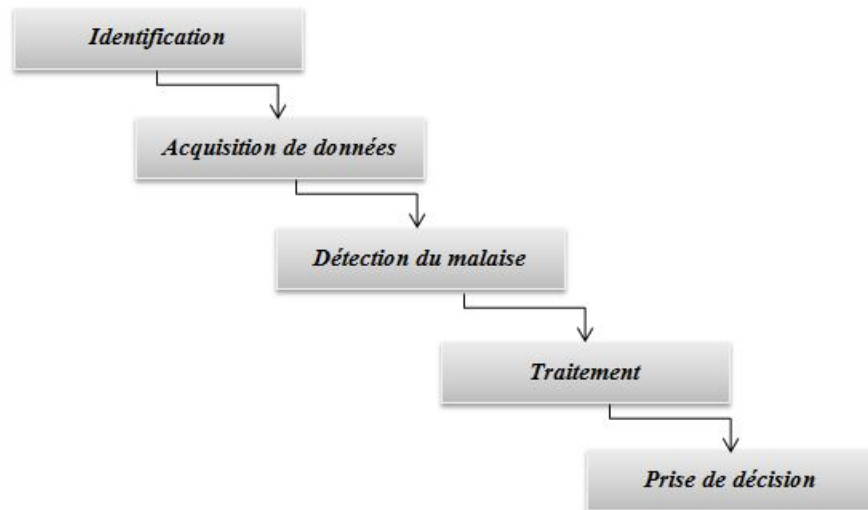


FIGURE 4.5: Les étapes de la phase de surveillance et de reconnaissance

1. Identification

La phase de surveillance et de reconnaissance du processus du service HAaaS commence par l'identification du conducteur. Ainsi, quand une personne prend un véhicule, elle doit remplir un formulaire (Ce formulaire n'est pas spécifique aux personnes malades, il est présent dans chaque véhicule du système). Ce dernier est rempli une et une seule fois pour chaque conducteur.

Pour chaque véhicule du système, ce formulaire comprend les informations suivantes : la date de naissance, le sexe, le groupe sanguin, aussi le conducteur doit cocher une case indiquant s'il a des notions de premiers secours ou pas et un numéro à appeler en cas d'urgence ainsi que le lien de parenté avec le titulaire du numéro pour faciliter l'identification du conducteur en cas de transfert à l'hôpital. Aussi, en prévention d'une mauvaise interaction médicamenteuse (en cas de malaise), le conducteur doit indiquer s'il a des allergies à un médicament en indiquant son nom, le cas échéant. De plus, pour les personnes malades, ce formulaire contiendra les informations suivantes : les maladies chroniques dont souffre le conducteur, les médicaments qu'il prend s'il est sous traitement, etc. En retour, le Cloud fournit à chaque conducteur un identifiant unique qu'il utilisera en cas de changement de véhicule. Cependant, si le même conducteur prend le même véhicule il sera connecté directement après le démarrage de la voiture via son OBU. La Figure 4.6 montre un exemple de formulaire d'identification.

Date de Naissance	05.09.1955
Sexe	F <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>
Groupe Sanguin	A ⁺
Notions de premiers secours	<input checked="" type="checkbox"/>
Numéro parent	0660.60.09.99
Lien de parenté	Fille
Allergies médicamenteuses	<input checked="" type="checkbox"/>
Nom médicament	Pénicilline
Personne Malade	<input checked="" type="checkbox"/>
Maladies chroniques	Hypertension
Traitement en cours	COZAAR 100 mg
Schéma du traitement	1 Cp * 2

FIGURE 4.6: Exemple d'un formulaire d'identification

Afin que chaque conducteur puisse avoir un identifiant unique, nous proposons que cet identifiant soit composé d'un mélange de 19 chiffres et lettres. La Figure 4.7 montre la représentation de cet identifiant.

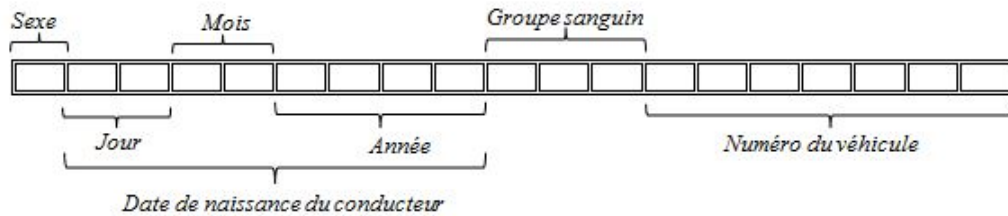


FIGURE 4.7: Représentation de l'identifiant fourni par le Cloud

On note par :

- **Sexe** : le sexe du conducteur, il est représenté par une seule lettre qui prend la valeur H si le conducteur est un homme et M si c'est une femme.
- **Date de naissance du conducteur** : représente la date de naissance du conducteur, elle comprend 8 chiffres répartis comme suit :
 - **Jour** : représente le jour de naissance du conducteur, il comprend deux chiffres ;
 - **Mois** : représente le mois de naissance du conducteur, il comprend deux chiffres ;
 - **Année** : représente l'année de naissance du conducteur, elle comprend quatre chiffres.
- **Groupe sanguin** : désigne le groupe sanguin du conducteur, il est représenté par trois lettres, dans le cas du groupe sanguin AB, qui sont respectivement : les deux lettres qui représentent le type du groupe sanguin et l'initiale d'un des deux types de rhésus à savoir positif ou négatif. Dans le reste des groupes sanguins, il est représenté par un croisillon (#) suivi des deux lettres qui représentent le groupe sanguin et l'initiale du rhésus. Ainsi, si le groupe sanguin du conducteur est A- alors sa représentation dans l'identifiant est #AN.
- **Numéro du véhicule** : représente un numéro d'identification du véhicule. Selon l'Office national des statistiques [67], le parc national automobile (PNA) a totalisé 5.986.181 véhicules à la fin 2016. Par conséquent, nous avons choisi de représenter le numéro du véhicule par 7 chiffres pour que tous les véhicules du PNA puissent être identifiés. Ce numéro reste le même pour chaque véhicule même si le conducteur change. Il commence par 1 et est incrémenté de 1 à chaque fois qu'un nouveau véhicule entre dans le système.

Ainsi, si nous prenons l'exemple du formulaire rempli ci-dessus (Figure 4.6), nous obtiendrons l'identifiant suivant : H05091955#AP0000596 (le numéro du véhicule a été choisi aléatoirement).

2. Acquisition de données

Dans cette deuxième étape, chacun des dispositifs rattachés au véhicule ou au conducteur commence son travail dès le démarrage du véhicule. Chaque dispositif collecte les données et les transmet directement au Cloud pour le stockage. Ces données serviront d'indicateurs dans certains cas de malaise. Aussi, elles pourront être utilisées, ultérieurement, pour d'éventuelles études ou statistiques.

3. Détection du malaise

La détection du malaise représente la troisième étape de la phase de surveillance et de reconnaissance du processus HAaaS. Dans cette étape, différents cas de figures peuvent indiquer qu'un malaise ou un endormissement est survenu pendant la conduite. Dans notre travail, nous présentons les cas suivants :

Cas n ° 1 : Si l'une des mesures prises par les capteurs du BAN comme la pression artérielle, la glycémie, le taux d'oxygène, la température du corps ou les battements cardiaques ne correspond pas aux mesures de référence [63]. La gravité du malaise est relative aux mesures prises ;

Cas n ° 2 : Une caméra intelligente est placée à l'intérieur du véhicule (face au conducteur), qui capte l'image du conducteur et la compare à d'autres images préétablies d'une silhouette humaine conduisant un véhicule. Si l'image prise ne correspond à aucune préétablie alors en déduire que le conducteur a subi un malaise ou s'est endormi car son corps ne tient plus debout [63]. La Figure 4.8 représente un diagramme d'activité de ce cas de figure.

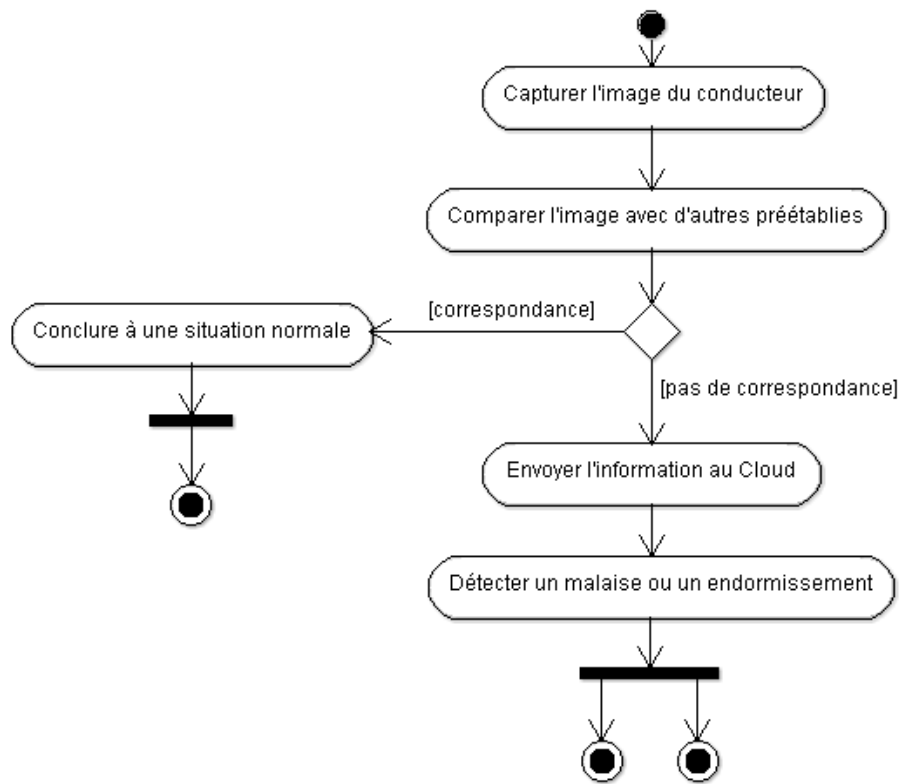


FIGURE 4.8: Diagramme d'activité du cas n ° 2

Cas n ° 3 : Un franchissement de ligne continue ou discontinue détecté par un capteur véhiculaire (Comme AFIL de Citroën [64]) et non accompagné d'un clignotant dans le cas de la ligne discontinue (c'est-à-dire ce n'est pas un cas de dépassement) alors en déduire que le conducteur a perdu le contrôle de son véhicule est par conséquent soit il s'est endormi ou bien il a subi un malaise [63]. La Figure 4.9 représente un diagramme d'activité de ce cas de figure.

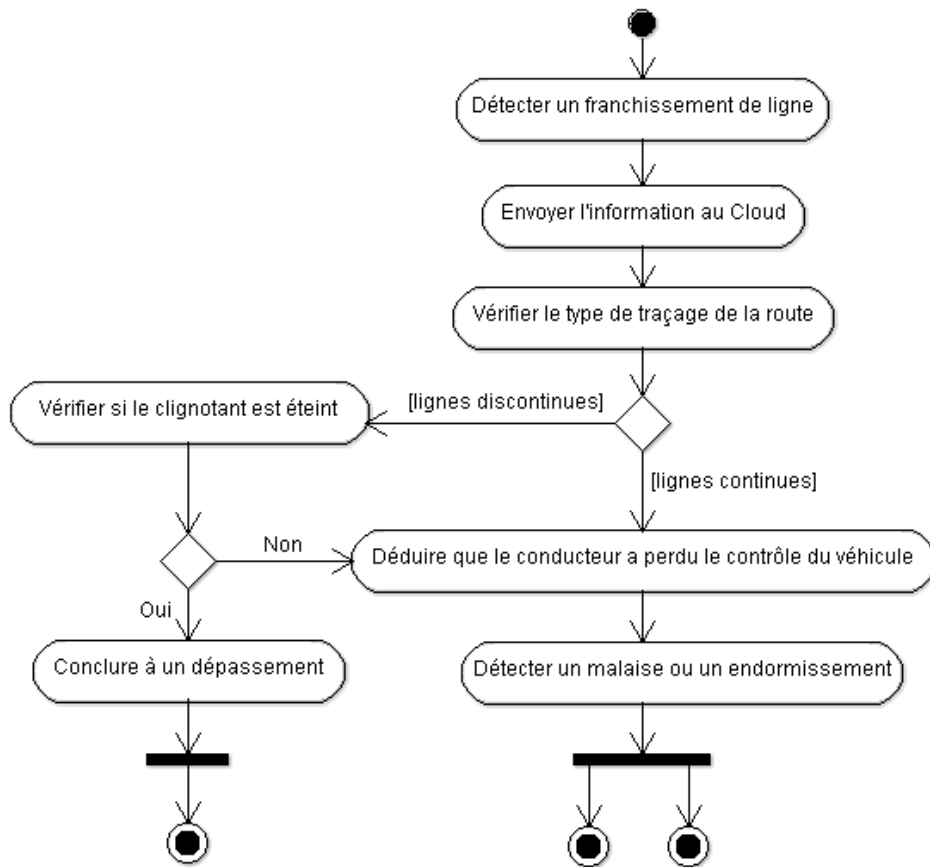


FIGURE 4.9: Diagramme d'activité du cas n° 3

Cas n° 4 : S'il n'y a pas de réponse aux messages «*message_veille*» ainsi qu'au message sonore «*message_réveil*» envoyés au conducteur afin de le réveiller (voir partie traitement) alors on considère qu'il y a eu malaise [63] ;

Il est important de savoir que, pour les quatre cas de détection du malaise, c'est le Cloud qui reçoit les informations des capteurs (BAN ou véhiculaire) et qui lance une procédure, à l'issue de laquelle, il conclut à un malaise ou un endormissement.

4. Traitement

L'étape de traitement constitue la quatrième étape de la phase de surveillance et de reconnaissance de notre processus. Le traitement se fait au niveau du Cloud, ainsi, périodiquement, un message que nous appelons «*message_veille*» ou «*vigil_message*» est envoyé au conducteur depuis le Cloud [63]. Le conducteur doit répondre à ce message pour prouver qu'il est bel et bien en vie ou qu'il ne dort pas. Etant donné que la personne est en train de conduire et qu'il ne faut pas détourner son attention, nous proposons que la réponse soit vocale ou via un simple choix entre deux réponses «*Oui*» ou «*Non*» sur le smartphone ou l'ordinateur de bord.

Si aucune réponse n'est envoyée au Cloud, un autre message est immédiatement ré-envoyé de la part du Cloud (on considère la perte de message c'est pour ça qu'on ré-envoie une seconde fois). S'il n'y a pas de réponse au second message alors un message sonore que nous appelons «*message_réveil*» ou «*wake_message*» est envoyé au conducteur afin de le réveiller si c'est un cas d'endormissement (on considère que le son est assez fort pour pouvoir réveiller une personne endormie) (cas n° 4), en même temps, le Cloud active l'Aide au maintien dans la file de circulation [64] afin d'éviter un éventuel dérapage.

Le message sonore est immédiatement suivi d'un «*message_veille*» : Si c'est un cas d'endormissement alors la personne est réveillée et peut répondre au message. En conséquence, le Cloud envoie un message d'alerte «*message_alerte*» au conducteur lui indiquant qu'il s'était endormi et qu'il est impératif de prendre une pause dès que possible (ce message peut être accompagné de l'emplacement de la plus proche aire de repos). Aussi, le conducteur peut désactiver, manuellement, l'Aide au maintien dans la file de circulation s'il en a envie.

Pour le deuxième et le troisième cas c'est aussi le même traitement. D'abord, un «*message_réveil*» (accompagné de l'Aide au maintien dans la file de circulation) suivi d'un «*message_veille*» puis un message d'alerte similaire à celui envoyé dans le cas n° 4 si c'est un cas d'endormissement.

Cependant, si c'est un cas de perte de connaissance, différentes actions sont envisagées que nous expliquerons dans la partie prise de décision.

5. Prise de décision

La prise de décision constitue l'étape finale de la phase de surveillance et de reconnaissance, elle comprend un ensemble d'actions à entreprendre en cas de détection d'un malaise. Ces actions sont les mêmes pour certains cas. Toutefois, il existe une certaine différence dans d'autres cas.

En effet, dans le cas n° 1, d'abord, un «*message_veille*» est envoyé au conducteur pour s'assurer qu'il est toujours conscient. S'il y a réponse alors envoyer un message d'alerte pour prévenir le conducteur de son état de santé en indiquant les mesures prises et en lui suggérant de prendre ses médicaments ou de s'arrêter dès que possible (en option indiquer le chemin de la plus proche pharmacie ou d'une unité de santé grâce au GPS) ;

Maintenant que le cas d'endormissement est épargné pour les quatre cas cités ci-dessus. Il ne reste plus que le cas de perte de connaissance. Ainsi, les actions suivantes sont entreprises [63] :

- D'abord, si la vitesse de la voiture est faible (elle est mesurée grâce au capteur de vitesse) alors envoyer un message d'avertissement aux véhicules environnants pour les avertir du déplacement du véhicule ensuite activer le pilotage à distance ; une technologie qui existe, déjà, depuis

2015 chez Land Rover [68] ; pour conduire le véhicule jusqu'à la bande d'arrêt d'urgence.

- Activer le freinage automatique d'urgence (une technologie déjà disponible sur Mercedes et Honda [64]) pour arrêter le véhicule.
- Cependant si la vitesse est élevée alors la réduire, d'abord, grâce au AFU (Table 4.1) puis suivre la même procédure citée dans les paragraphes ci-dessus ;
- Allumer les feux de détresse et envoyer un message aux véhicules environnants pour demander une éventuelle aide au conducteur (ceci est expliqué dans la phase de coopération et de prise en charge) ;
- Déverrouiller les portes du véhicules pour faciliter l'accès au conducteur ;
- Un message est envoyé aux urgences avec l'emplacement du véhicule et les informations concernant le malade que le Cloud détient grâce au formulaire rempli par le conducteur ;
- L'un des proches est appelé par les secours grâce au numéro laissé par le conducteur lors du remplissage du formulaire ;
- Il convient de rappeler que l'Aide au maintien dans la file de circulation est déjà activé.

La Figure 4.10 représente l'algorithme que nous proposons pour les étapes de traitement et de prise de décision [63]. Elle représente l'algorithme principal qui invoque deux sous-algorithmes (cas ° 1 et cas ° 4) représentés respectivement dans les Figures : Figure 4.11 et Figure 4.12.

On note :

$V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$, un ensemble de n véhicules.
 $CG = \{CG_1, CG_2, CG_3, \dots, CG_n\}$, un ensemble de n coordonnées géographiques.
 Chaque véhicule V_i est représenté par une coordonnée géographique CG_i .
 Chaque coordonnée géographique CG_i représente un couple de latitude et de longitude. Ainsi $CG_i = (Lat_i, Long_i)$

Par conséquent, le nombre total de véhicules dans un tronçon de route défini par des coordonnées de départ et d'arrivée CG_{dep} et CG_{arr} et noté $N_{Total-Tr}$ est :

$$N_{Total-Tr} = \sum_{i=1}^k V_i$$

où $k \leq n$, $Lat_{dep} < Lat_i < Lat_{arr}$

et $Long_{dep} < Long_i < Long_{arr}$

Algorithme principal**Entrées:**

$V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$, un ensemble de n véhicules.

$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$, un ensemble de n conducteurs.

t un intervalle de temps.

$V_{i,v}$, la vitesse du véhicule i .

Réponse1, *Réponse2*, *Réponse3*: les différentes réponses aux messages envoyés par le Cloud.

$ind(1), ind(2), \dots, ind(x)$ un ensemble de x indicateurs de santé (mesures prises par les capteurs de glycémie, de tension artérielle, etc.) définis dans le cas n°1 (détection du malaise).

Seuil le seuil normal pour les différents indicateurs de santé $ind(x)$.

Sortie: Traitement du cas d'endormissement.

/* Traitement */

```

1: Chaque  $t$  envoyer message_veille;
2: Cas_1(réponse1,  $ind(i)$ );
3: si (réponse1 = 0) alors
4:     Rê-envoyer message_veille;
5:     si (réponse2 = 0) alors
6:         Envoyer message_réveil; // c'est le message sonore
7:         Activer l'aide au maintien dans la file de circulation
8:         Envoyer message_veille;
9:         Cas_4(réponse3);
10:        si (response3 = 1) alors
11:            Endormissement  $\leftarrow$  1; // Le conducteur s'était endormi
12:            Envoyer message_alerte;
13:            Indiquer le chemin vers la plus proche aire de repos;
14:        fin-si
15:    fin-si
16: fin-si

```

FIGURE 4.10: Algorithme des étapes de traitement et de prise décision

Algorithme : Cas_1(réponse, ind(i))

Sortie: Traitement du cas de malaise avec conducteur conscient.

```

1: si (réponse1 = 1) alors           // le conducteur est conscient
2:   pour i=1 à x faire
3:     si (ind(i) > Seuil) alors
4:       /* Prise de décision */
5:       Envoyer message_alerte ;
6:       Indiquer le chemin vers la plus proche pharmacie ;
7:     fin-si
8:   fin-pour
9: fin-si

```

FIGURE 4.11: Algorithme du cas n° 1

Algorithme : Cas_4(réponse)

Sortie: Traitement du cas de malaise avec conducteur inconscient.

```

1: si (réponse3 = 0) alors
2:   malaise ← 1;           // le conducteur est inconscient
3:   /* Prise de décision */
4:   si  $V_{vm}$  est faible alors       //  $V_m$  est le véhicule du conducteur en malaise
5:     pour i=1 à m faire           // m < n
6:       Envoyer message_avertissement à  $V_i$  //voir algorithme k-ppvS
7:     fin-pour ;
8:     Activer la conduite à distance ;
9:     Activer l'assistant au freinage EBA pour arrêter  $V_m$  ;
10:   sinon
11:     Activer AFU pour réduire  $V_{vm}$  ;
12:     Répéter 4,5,6,7,8;
13:   fin-si
14:   Allumer les feux de détresse de  $V_m$ ;
15:   pour i=1 à z faire           // z < n
16:     Envoyer message_aide à  $V_i$ ; // voir algorithme envoi message d'aide
17:   fin-pour
18:   Déverrouiller les portes de  $V_m$  ;
19:   Envoyer un message aux urgences avec les informations sur  $C_m$ ;
20: fin-si

```

FIGURE 4.12: Algorithme du cas n° 4

B. Phase de Coopération et de prise en charge

La phase de coopération et de prise en charge constitue la deuxième phase du processus du service HAaaS. Afin de permettre une coopération entre les véhicules

du système, nous mettons en place un mécanisme que nous appelons Help/rescue. Ce dernier est utilisé pour une éventuelle aide aux personnes prises de malaise dans le but de fournir les premiers secours et par conséquent prendre en charge le conducteur en malaise. En effet, chaque année, entre 250 et 350 personnes pourraient être sauvées si les témoins d'un accident de la route leur prodiguaient les premiers soins avant l'arrivée des équipes médicales [69].

Le mécanisme Help/rescue permet la communication entre les deux sous-systèmes de notre système. Sa première utilisation est lors de l'envoi du message aux véhicules entourant le véhicule de la personne en malaise ; lors de l'activation du freinage automatique d'urgence et le déplacement du véhicule vers la bande d'arrêt d'urgence. Ensuite, il est utilisé pour demander de l'aide aux personnes ayant des notions de premiers secours afin de venir en aide au conducteur en malaise dans les plus brefs délais. Par conséquent, la phase de coopération et de prise en charge comprend les trois étapes suivantes : l'Envoi du message d'avertissement, la Diffusion de la demande d'aide et l'Envoi du message à l'unité de santé la plus proche.

1. Envoi du message d'avertissement

Lorsqu'une personne est victime de malaise et que le processus de prise de décision est lancé à savoir l'arrêt du véhicule, le Cloud envoie aux véhicules qui sont derrière le véhicule en question un message d'avertissement «*message_avertissement*» ou «*warning_message*» pour les prévenir de son arrêt et de son déplacement vers la bande d'arrêt d'urgence (Figure 4.13). Cette information est partagée entre les véhicules afin d'adapter le comportement de conduite des véhicules qui sont derrière le véhicule en question et qui représentent les véhicules en zone de danger¹ car ceux qui sont à l'avant ne courent aucun danger. Pour ce faire, l'idée est de récupérer les coordonnées géographiques des véhicules (grâce au messages beacon que les véhicules envoient périodiquement) et de les filtrer de telle sorte qu'ils n'en restent que les véhicules qui sont derrière le véhicule en question ensuite appliquer l'algorithme des K-ppv.

1. Les véhicules en zone de danger (VZD) sont définis comme l'ensemble des véhicules, courant un danger en cas d'arrêt brusque ou de déplacement d'un autre véhicule.

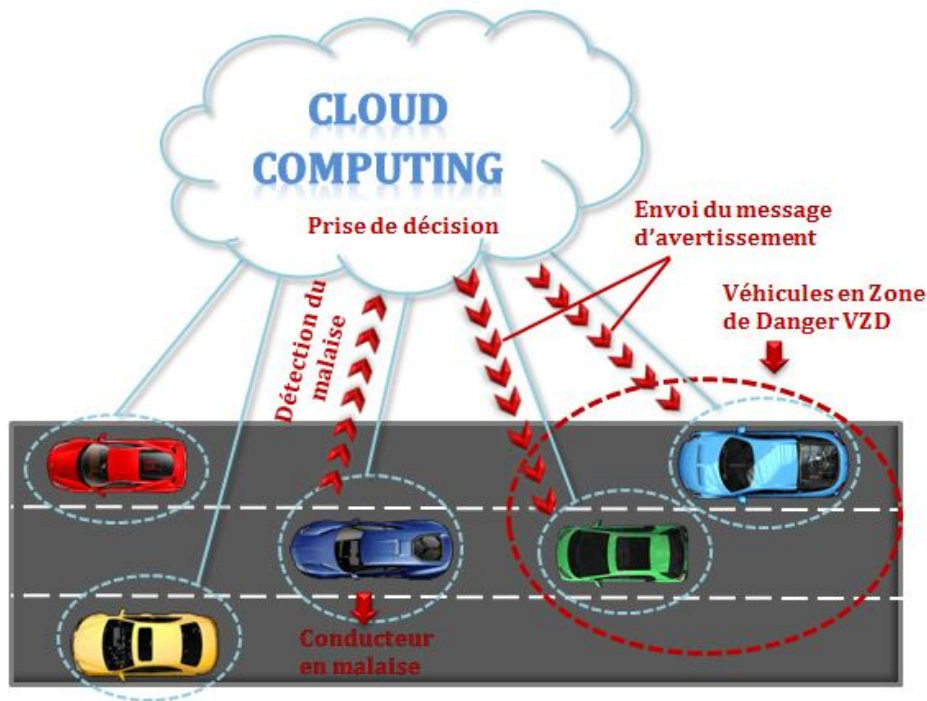


FIGURE 4.13: Envoi du message d'avertissement

Afin de mieux comprendre comment se fait le filtrage des véhicules à l'aide des coordonnées géographiques, nous allons définir certaines notions de base puis nous donnerons un exemple concret.

Pour se localiser sur la Terre, il est nécessaire d'utiliser un système géodésique duquel découlent les coordonnées géographiques figurant sur les cartes.

Par coordonnées géographiques (ou encore « repères géographiques »), on entend un système de trois coordonnées qui sont le plus souvent : la latitude, la longitude et l'altitude (ou l'élévation) par rapport au niveau moyen de la mer ou par rapport à une surface de référence.

Les coordonnées géographiques sont exprimées en degrés sexagésimaux (Degrés Minutes Secondes), degrés décimaux, grades ou radians et donnent la latitude et la longitude d'un lieu par rapport à un méridien.

Comme exemple, nous prenons le tronçon Tlemcen–Oran de l'autoroute Est-Ouest. Dans ce tronçon, nous avons pris les coordonnées géographiques de différents points (ces coordonnées ont été obtenues à l'aide de Google Maps [13]). A travers ces coordonnées, nous remarquons qu'à chaque fois qu'on avance (de l'Ouest vers l'Est) la longitude diminue ; par conséquent, si nous avons les coordonnées de deux véhicules circulant sur ce tronçon et que nous voudrions savoir quel véhicule devance l'autre, nous n'aurons qu'à comparer leurs longitudes. Le véhicule avec la plus petite longitude sera à l'avant (si les coor-

données sont en degré, minute, seconde mais si elles sont en degrés décimaux c'est la plus grande valeur car elle est exprimée en négatif pour l'Ouest).

Afin de mieux comprendre, nous prenons comme exemple deux véhicules V1 et V2 dont les coordonnées en degrés décimaux sont :

V1(DD) : latitude : 35.22744798187382 ; longitude : -0.6406402587890625

V2 (DD) : latitude : 35.22632617572702 ; longitude : -0.6214141845703125

On remarque que la longitude de V2 est plus petite que celle de V1. Ainsi, nous déduisons que V2 se trouve devant V1 en allant de l'Ouest vers l'Est.

Maintenant que l'ensemble des Véhicules en Zone de Danger a été défini, nous allons procéder à la définition du nombre de véhicule à avertir. Pour ce faire, nous allons calculer la distance d'arrêt d'un véhicule dans les conditions de notre système, ensuite nous calculerons le nombre moyen de véhicules pouvant se trouver sur ce tronçon d'autoroute pour pouvoir, enfin, envoyer le message d'avertissement.

Afin de mieux comprendre l'algorithme que nous proposons, les définitions suivantes sont indispensables :

- **Distance d'arrêt**

La distance d'arrêt d'un véhicule est la distance conventionnelle théorique nécessaire à un véhicule pour s'arrêter compte tenu de sa vitesse [17]. Cette distance est le cumul de la distance de freinage, distance conventionnelle nécessaire à un véhicule pour passer de sa vitesse initiale à la vitesse nulle, et de la distance de perception-réaction, distance parcourue par un véhicule à vitesse constante pendant le temps de perception-réaction du conducteur (Figure 4.14).

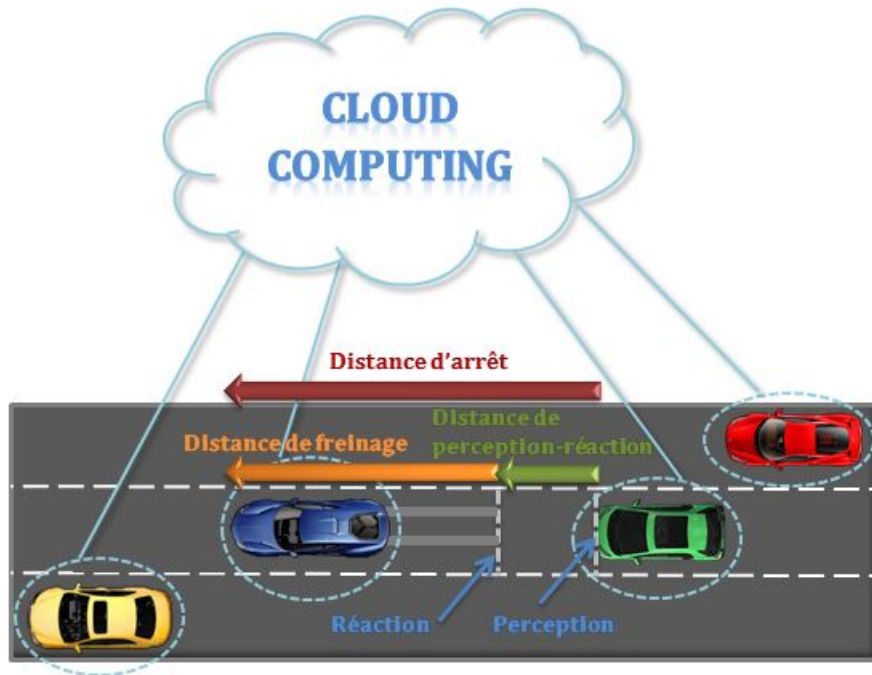


FIGURE 4.14: Représentation de la distance d'arrêt

i. Distance de perception-réaction

La distance de réaction (DR) est la distance parcourue durant le temps de perception-réaction. Ce temps est constitué du temps de perception-réaction (1,3 à 1,5 s) et du temps mort d'entrée en action des freins (0,5 s) [17].

Pour le calcul, on adopte généralement la valeur de 2 secondes pour ce temps de perception-réaction quelle que soit la vitesse, même s'il est admis qu'en situation d'attention soutenue (vitesse supérieure à 100 km/h ou trafic soutenu à vitesse importante), ce temps peut être réduit à 1,8 s [17].

Toutefois, une modification de 0,2 s joue peu sur la distance d'arrêt et les différentes études tendent à situer cette valeur entre 2 et 2,5 s. Cette dernière valeur est d'ailleurs adoptée aux États-Unis [17].

ii. Distance de freinage

La distance de freinage (DF) est la distance parcourue par le véhicule pendant que sa vitesse diminue, c'est-à-dire à partir du moment où les freins entrent en action. Elle peut être calculée comme suit [17] :

$$DF = \frac{-v_0^2}{2.a_0}$$

En notant :

$a(t)$ l'accélération qui sera une constante ;
 a_0 (nulle pendant le temps de réaction, négative pendant le freinage) ; ceci correspond à l'équation d'un mouvement uniformément varié ; retardé dans notre cas.
 v_0 la vitesse initiale (en mètres par seconde).

On obtient bien une distance positive, car a_0 est négatif.

◇ *Coefficient d'adhérence de la chaussée*

Le coefficient d'adhérence ou coefficient de frottement longitudinal a une influence directe sur les distances de freinage. Ce coefficient dépend de la nature et de l'état du revêtement. À titre indicatif, et de manière simplificatrice, on peut retenir les valeurs suivantes sur route sèche [17] :

0,8 pour un béton bitumineux propre et sec ;
 0,7 pour un revêtement moyen ;
 0,6 pour un pavé sec.
 Sur route mouillée, ce coefficient est divisé par deux.

À titre indicatif, voici les distances de réaction, de freinage et d'arrêt pour quelques vitesses courantes en France, calculées avec un temps de réaction de 2 secondes, et des valeurs de -11 m.s^{-2} et -8.5 m.s^{-2} pour a_0 , correspondant à du bon matériel de 2012 sur sec et mouillé (Table 4.2).

Type de route	Condition	v_0 [km/h]	v_0 [m/s]	DR [m]	DF [m]	DA [m]
centre-ville	sec	30	8	16	3	19
centre-ville	mouillé	30	8	16	4	20
agglomération	sec	50	14	28	9	37
agglomération	mouillé	50	14	28	11	39
nationale	sec	90	25	50	28	78
nationale	mouillé	90	25	50	37	87
voie rapide	sec	110	31	62	42	104
voie rapide	mouillé	110	31	62	55	117
autoroute	sec	130	36	72	59	131
autoroute	mouillé	130	36	72	78	150

TABLE 4.2: Distance d'arrêt pour un freinage de -11 m.s^{-2} et de -8.5 m.s^{-2} [17]

Cependant, la décélération peut-être plus faible, et donc les distances de freinage plus grandes, selon l'état de la route. La décélération dépend, en effet,

de la façon dont les pneus adhèrent à la route. Or, le coefficient de frottement au sol peut varier du simple au triple selon la qualité du revêtement, la présence ou non d'eau sur la route, la température extérieure, le poids du véhicule (à vitesse égale, un camion devra restituer beaucoup plus d'énergie qu'une moto), l'état du véhicule (système de freinage, l'état et la pression des pneus, l'état des amortisseurs, etc.).

◊ *Variabilité de la distance de freinage*

La valeur théorique de la distance de freinage ne correspond pas aux données des constructeurs du véhicule [17]. Elle est fonction de la vitesse initiale, de la déclivité et du coefficient de frottement longitudinal (valeur comprise entre 0 et 1). Ce dernier, de par ces hypothèses de calcul, offre des marges de sécurité importantes pour la majeure partie des situations. Elle est représentée par la relation suivante [17] :

$$DF = \frac{v^2}{2g(cfl \pm p)}$$

Avec :

v : la vitesse en mètres par seconde.
 g : $9,81 \text{ m/s}^2$ (accélération de la pesanteur).
 cfl : coefficient de frottement longitudinal.
 p : déclivité du profil en long (en m/m).

En effet, en conception routière, pour évaluer la distance de visibilité sur un obstacle fixe qui correspond à la distance d'arrêt du véhicule, on prend comme référence un coefficient de frottement longitudinal correspondant à une route légèrement humide et un pneumatique usagé (de 0,31 à 0,46 pour la France et de 0,28 à 0,38 pour le Canada) [17], ce qui donne des distances d'arrêt différentes et nettement plus longues (Table 4.3) :

Exemple :

Pays	Vitesse de conception (en km/h)					
	80	90	100	110	120	130
France	105	130	160	195	230	280
Canada	140	170	200	220	240	260

TABLE 4.3: Exemple de différentes vitesses de conception [17]

iii. Distance d'arrêt

La distance d'arrêt (DA) est la somme de la distance de réaction (DR) et de la distance de freinage (DF) : $DA = DR + DF$ [17].

Une fois la distance d'arrêt calculée, nous obtenons une valeur représentant un tronçon d'autoroute dans lequel un ensemble de véhicules est en danger suite à l'arrêt brusque ou au déplacement d'un autre véhicule et c'est ce qui

représente les VZD.

L'idée est de calculer, ensuite, le nombre moyen de véhicules dans ce tronçon d'autoroute. La valeur obtenue représente le k pour l'algorithme des k plus proches voisins (k-ppv). Pour ce faire, nous proposons de calculer le nombre moyen de véhicules de la manière suivante :

• **Capacité moyenne d'un tronçon de route Tr à l'instant t**

Afin de calculer le nombre de véhicules dans un tronçon de route à l'instant t , il est impératif de calculer la distance de sécurité entre les véhicules afin de soustraire cette distance de la longueur totale du tronçon de route ensuite calculer le nombre de véhicules en se basant sur leurs longueurs.

Ce nombre est calculé pour une seule voie de circulation puis multiplié par le nombre de voies dans cette route. Ainsi, pour calculer la distance de sécurité entre les véhicules, il est nécessaire de savoir que le code de la route prévoit que la distance de sécurité est égale à 2 secondes de circulation [70] et que :

$$1 \text{ seconde de circulation} = \text{dizaine de la vitesse } V * 3$$

Par conséquent, si l'on est sur une autoroute où la limitation de vitesse est de 120 km/h alors :

$$\begin{aligned} 1s \text{ de circulation} &= 12 * 3 = 36 \text{ m} \\ 2s \text{ de circulation} &= 36 * 2 = 72 \text{ m} \end{aligned}$$

Ainsi, 72m est la distance de sécurité dans une autoroute où la vitesse est de 120km/h.

En conséquence, la capacité moyenne d'un tronçon de route Tr à l'instant t notée Cp_{moy} peut être calculée comme suit :

$$Cp_{moy} = \lfloor \frac{L_{Tr}}{(Dis_{sec} + L_v)} \rfloor * N$$

Avec :

L_{Tr} : La longueur du tronçon en mètre.

Dis_{sec} : la distance de sécurité dans une autoroute limitée à 120 km/h

L_v : la longueur moyenne d'un véhicule (dans notre travail elle est égale à 5m).

N : Le nombre de voies de l'autoroute.

La valeur de Cp_{moy} obtenue est le k pour l'algorithme des k plus proches voisins.

• **Algorithme des k plus proches voisins supérieurs (k-ppv)**

En intelligence artificielle, la méthode des k plus proches voisins est une méthode d'apprentissage supervisé. Elle est considérée comme une méthode très

intuitive qui classe les exemples non étiquetés sur la base de leur similarité avec les exemples de la base d'apprentissage.

Ainsi, dans un contexte de classification d'une nouvelle observation x , l'idée fondatrice est de faire voter les plus proches voisins de cette observation. La classe de x est déterminée en fonction de la classe majoritaire parmi les k plus proches voisins de l'observation x .

Dans notre travail, l'algorithme des k -ppv n'est pas utilisé pour classer de nouveaux éléments mais pour identifier les véhicules les plus proches du véhicule dans le conducteur est en malaise. A vrai dire, ce que nous allons utiliser est une variante de l'algorithme des k -ppv que nous appelons l'algorithme des k -ppvs pour désigner l'algorithme des k plus proches voisins supérieurs. Supérieurs en référence aux coordonnées géographiques car nous ne retiendrons que les voisins dont la longitude est supérieure, ceux avec une longitude inférieure seront écartés automatiquement.

Dans son principe de fonctionnement, l'algorithme des k -ppv nécessite de connaître : Un entier k , le nombre de voisins à considérer ; Une base d'apprentissage et Une métrique pour la proximité. Par conséquent, les mêmes paramètres sont nécessaires pour le k -ppvs.

Nous présenterons dans ce qui suit, le fondement théorique de cette méthode (k -ppvs) et illustrerons cette technique d'apprentissage au travers de la diffusion du message d'avertissement.

Dans l'algorithme des k plus proches voisins supérieurs (Figure 4.15), l'entier k est la valeur obtenue par le calcul de Cp_{moy} (voir la partie Capacité moyenne d'un tronçon de route Tr à l'instant t) ; les véhicules de notre système représentent la base d'apprentissage et enfin la distance orthodromique est choisie comme métrique pour la proximité, elle est calculée à l'aide des coordonnées géographiques. Aussi, une condition est insérée à l'intérieur de l'algorithme permettant d'écarter de manière automatique les véhicules avec une longitude inférieure à celle du véhicule dont le conducteur est pris de malaise.

Algorithme: k-ppv**Entrées:**

$V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$, un ensemble de n véhicules.

V_m le véhicule avec le conducteur en malaise.

$long(V_i)$ la longitude du véhicule V_i .

k le nombre de voisins.

Sortie: Sélection des k véhicules à avertir.

```

1:  $k = Cp_{moy}$ ;
2:  $i = 0$ ;
3: pour chaque  $V_i \in V$  faire
4:   Lire les coordonnées de  $V_i$ ;
5:   si ( $long(V_i) < long(V_m)$ ) alors exclure  $V_i$ ;
6:   sinon
7:     Calculer les distances  $dist(V_m, V_i)$  // la distance orthodromique entre  $V_m$  et  $V_i$ 
8:     pour les  $m$  distances obtenues //  $m \leq n$ 
9:       Sélectionner les  $k$  véhicules avec les plus petites distances
10:    fin-pour;
11:  fin-si;
12: fin-pour.
```

FIGURE 4.15: Algorithme des k plus proches voisins supérieurs

- *La distance orthodromique*

La mesure de distance qui est le plus souvent utilisée dans l'algorithme des k -ppv est la distance Euclidienne : qui calcule la racine carrée de la somme des différences carrées entre les coordonnées de deux points. Cependant, dans le travail que nous proposons cette mesure ne peut être utilisée car nous travaillons avec des données géographiques. Pour ce faire, l'idée est de prendre comme mesure de distance la Distance Orthodromique.

L'orthodromie [71] désigne la géodésique (le chemin le plus court) entre deux points d'une sphère, c'est-à-dire le plus petit des deux arcs de grand cercle qui passe par ces deux points. Pour les navigateurs, une route orthodromique désigne ainsi la route la plus courte à la surface du globe terrestre entre deux points.

- ◇ *Formules relatives à l'orthodromie*

Les formules ci-dessous sont données en assimilant la Terre à une sphère de 40 000 *km* de circonférence [71]. Soient $A(\phi_A, \lambda_A)$ et $B(\phi_B, \lambda_B)$ deux points sur la terre, où ϕ désigne la latitude et λ la longitude. En notant R le rayon terrestre (soit 6378 kilomètres, rayon équatorial moyen), la distance orthodromique entre les deux points A et B est :

$$\text{arc}(A, B) = R * [\sin(\phi_A) \sin(\phi_B) + \cos(\phi_A) \cos(\phi_B) \cos(\lambda_B - \lambda_A)]$$

Il est à noter que les angles doivent être exprimés en radians. Comme les latitudes et les longitudes sont exprimées d'ordinaire en degrés, il faudra faire les conversions nécessaires.

2. Diffusion du message d'aide

La diffusion du message d'aide représente la deuxième étape de la phase de coopération et de prise en charge du processus du service HAaaS.

A ce stade du processus, le véhicule du conducteur en malaise est sur la bande d'arrêt d'urgence et est immobile. En conséquence, une aide au conducteur est impérative. Pour ce faire une demande d'aide doit être envoyée dans les plus brefs délais.

Pour que l'aide puisse être optimale, il est impératif qu'elle ait lieu avant l'arrivée des secours. Pour ce faire, l'idée est d'envoyer un message d'aide «*message_aide*» ou «*help_message*» aux véhicules qui se trouvent entre le véhicule dans le conducteur est en malaise et la plus proche unité de soin car le but ici est de prodiguer les premiers secours en attendant l'arrivée des secours. Autrement dit, nous essayons dans cette partie de transformer le temps perdu en l'attente de l'ambulance en un potentiel sauvetage d'une vie humaine.

Le Cloud détient la carte géographique de l'autoroute sur laquelle le véhicule dont le conducteur est en malaise circule. Dans cette carte tous les points importants sont indiqués à savoir toutes les coordonnées géographiques des unités de soins qui s'y trouvent.

Il est à noter que le Cloud détient, aussi, un tableau contenant les coordonnées géographiques de tous les véhicules connectés au Cloud sur ce tronçon d'autoroute grâce aux message *beacon* qu'il reçoit périodiquement. Il convient de rappeler que lors du remplissage du formulaire (Etape d'identification), les conducteurs ont indiqué s'ils avaient des notions de premiers secours. L'idée est, donc, de repérer les coordonnées géographiques des véhicules situés entre le véhicule dont le conducteur est en malaise et la plus proche unité de soins dont le conducteur connaît les gestes de premiers secours. Autrement dit, les véhicule ayant une longitude supérieure à celle du véhicule dans la personne est en malaise et inférieure à la longitude de la plus proche unité de soins et où la case premiers secours est cochée pour les conducteurs dans ce tronçon de route puis de leur envoyer un «*message_aide*». L'algorithme est décrit dans la Figure 4.16.

Algorithme: Envoi message d'aide**Entrées:**

$V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$, un ensemble de n véhicules.

$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$, un ensemble de n conducteurs.

V_m le véhicule avec le conducteur en malaise.

$long(V_i)$ la longueur du véhicule V_i .

$long(Unité)$ la longueur de la plus proche unité de soins.

PS_i booléen, égal à 1 si le conducteur C_i a des notions de premiers secours et 0 sinon.

Sortie : Sélection des véhicules et envoi des messages d'aide.

```

1:  $i = 0$  ;
2: pour chaque  $V_i \in V$  faire
3:   Lire les coordonnées de  $V_i$  ;
4:   si ( $long(V_i) > long(V_m)$ ) et ( $long(V_i) < long(Unité)$ ) alors exclure  $V_i$  ;
5:   sinon
6:     pour chaque  $V_i \in V'$  faire //  $V'$  le nouvel ensemble de véhicules
7:       si ( $PS_i = 1$ ) alors Envoyer message-aide ;
8:       fin-si ;
9:     fin-pour ;
10:  fin-si ;
11: fin-pour.

```

FIGURE 4.16: Algorithme d'envoi du message d'aide

3. Envoi du message à l'unité de santé la plus proche

L'envoi du message à l'unité de santé la plus proche représente la troisième étape de la phase de coopération et de prise en charge et la dernière du processus du service HAaaS.

Dans cette partie, l'idée est d'avoir une plateforme au niveau des différentes unités de soins. Cette plateforme sera dédiée à la réception de messages des véhicules dont le conducteur est en malaise, suite au déclenchement du processus de prise de décision.

Ce message que nous appelons «*message_secours*» ou «*rescue_message*» permet de donner l'emplacement du véhicule ainsi qu'un aperçu sur le profil du conducteur à savoir son âge, son sexe, les maladies dont il souffre, les traitements qu'il prend et ceci dans le but de préparer l'équipe médicale qui va le traiter en lui fournissant des informations difficiles ou bien impossibles à obtenir dans la majorité des cas de malaise et qui peuvent s'avérer indispensables dans certains cas comme la prescription de médicaments qui ne peuvent pas interagir avec un traitement en cours ou provoquant des allergies dangereuses et parfois même mortelles.

A cet égard, il convient de rappeler que ces informations sont obtenues grâce au formulaire d'identification que le conducteur a rempli lors de sa première

connexion au système. De plus, un proche du conducteur est appelé grâce à ce même formulaire. Enfin, le conducteur est identifié grâce à son lien de parenté avec ce proche en plus de sa date de naissance et de son sexe.

4.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le Health-Assistance as a Service du point de vue de la conception et du fonctionnement. En effet, nous avons défini l'architecture de notre service ainsi que les différentes composantes de notre système. Aussi, nous avons détaillé les différentes étapes qui constituent le processus du service HAaaS. De plus, nous avons donné un ensemble de définitions utiles à la compréhension de notre service. Enfin, nous avons présenté un ensemble de formules, de diagrammes et d'algorithmes pour appuyer la conception du Health-Assistance as a Service.

Dans le prochain chapitre, nous présenterons le modèle routier sur lequel nous avons travaillé. De plus, nous exposerons et discuterons les différents résultats et statistiques obtenus.

Chapitre **5**

Développement **Du S**ervice
HAaaS.

5.1 Introduction

L'objectif de tout système logiciel est l'aboutissement à un produit final fonctionnel, efficace et exploitable par les experts du domaine aussi bien que par les simples utilisateurs.

Dans ce chapitre, nous entreprenons un ensemble de simulations afin de vérifier la fonctionnalité et l'efficacité du service que nous proposons. Pour ce faire, nous décrivons l'architecture fonctionnelle du service HAaaS ainsi que la manière avec laquelle nous avons modélisé notre trafic routier. Aussi, nous fournissons les différents acteurs nécessaires à la réalisation de cette simulation. De plus, nous présentons des scénarios d'exécution avec et sans le service HAaaS que nous proposons et que nous avons décrit dans le chapitre précédent. Enfin, nous étudions l'impact de notre approche sur différentes métriques, grâce aux résultats que nous obtenons.

5.2 Architecture fonctionnelle du service HAaaS

L'organigramme de la Figure 5.1 résume de manière générale l'implémentation du service HAaaS sur un tronçon d'autoroute. Lors de la circulation des véhicules un conducteur est victime de malaise, les procédures de prise en charge et de coopération sont alors entamées. Le résultat final est un conducteur pris en charge, secouru et son véhicule maîtrisé.

5.2. ARCHITECTURE FONCTIONNELLE DU SERVICE HAAAS

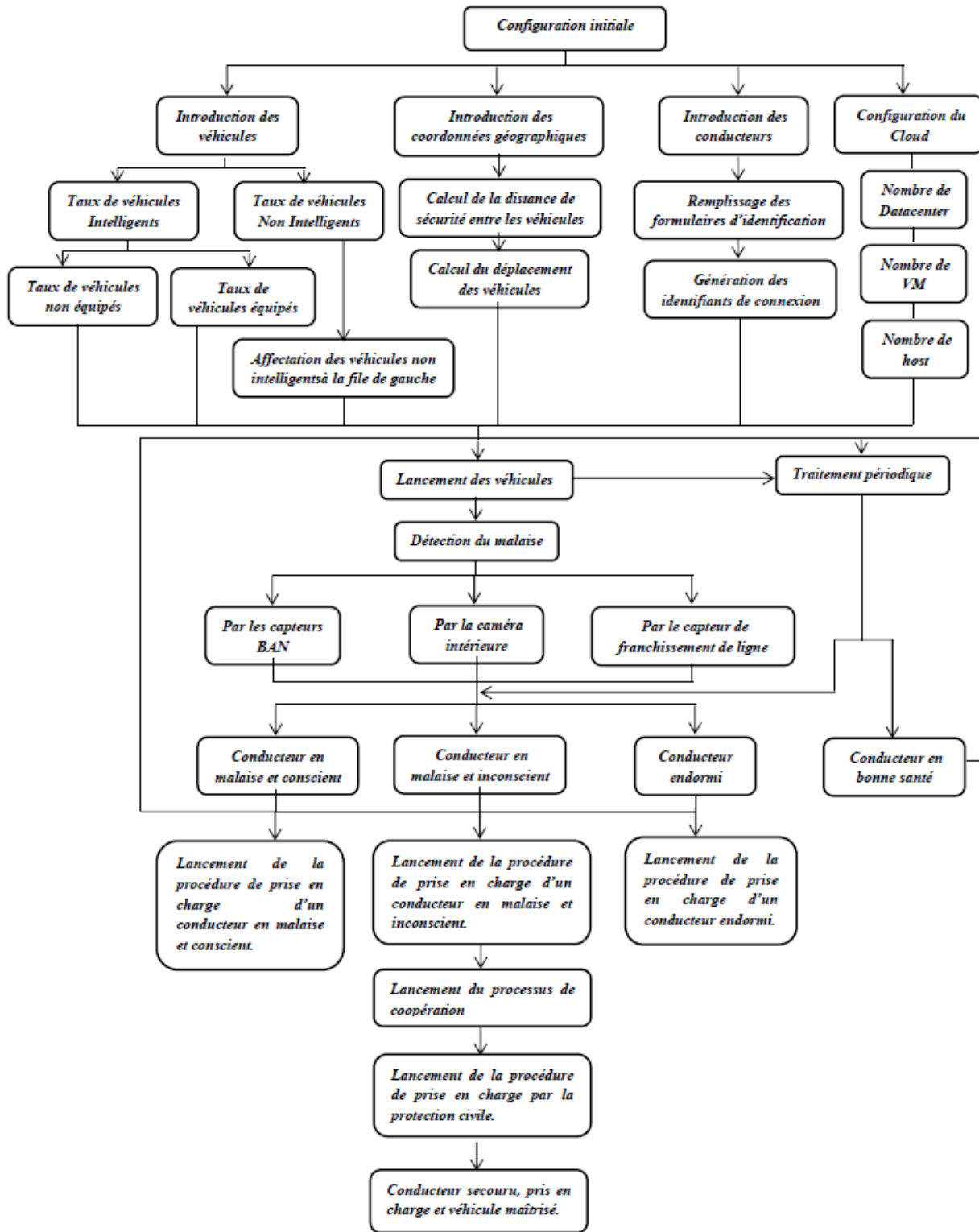


FIGURE 5.1: Architecture fonctionnelle du service HAAAS

5.3 Modélisation du trafic routier

Dans cette première partie, nous présentons le modèle de trafic routier sur lequel nous avons travaillé.

5.3.1 La route

Etant donné que nous souhaitons travailler sur une autoroute et qu'en Algérie, il n'existe qu'une seule autoroute qui est l'A1 plus connue sous le nom de l'autoroute Est-Ouest, nous n'avons pas rencontré de difficultés à choisir notre terrain de travail.

Sur cette autoroute nous avons choisi de travailler sur la pénétrante d'Oran qui comprend le tronçon El Kerma – Oued Tlélât (Figure 5.2). Ce choix a été fait dans le but de faciliter la collecte de données en raison de la proximité des lieux. Pour le choix du type de route, nous avons opté pour l'autoroute en raison de la vitesse élevée pratiquée et des conséquences qu'elle peut engendrer, si un malaise venait à survenir sur l'un des conducteurs, tant au niveau matériel que humain. En effet, le malaise au volant a été considéré, en 2017, comme la première cause d'accidents mortels sur autoroute [25].

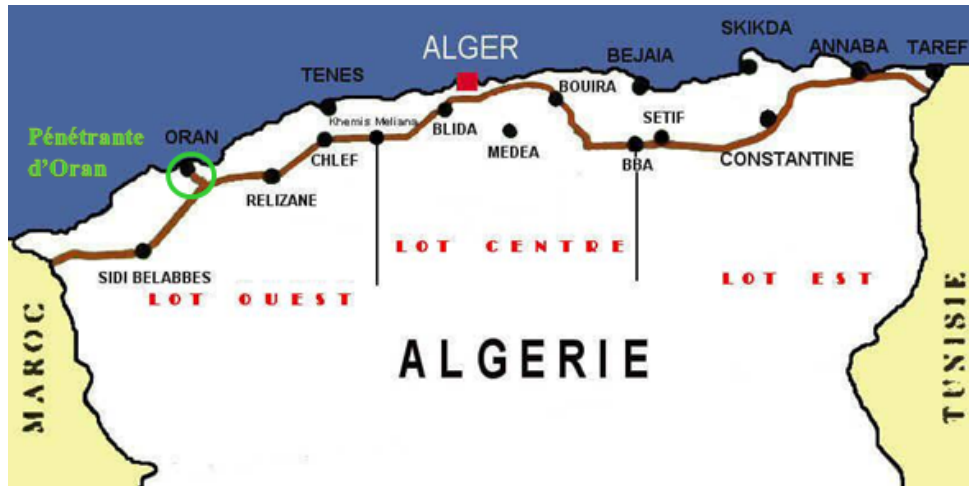


FIGURE 5.2: L'autoroute A1 [12]

La Figure 5.3 montre le tronçon autoroutier sur lequel ont été effectuées les simulations. Ce tronçon s'étend sur presque 12 km et relie les deux communes d'El Kerma et de Oued Tlélât. Il comprend deux sens de circulation séparés par un mur central en béton, chaque sens comprend trois voies de circulation en plus d'une bande d'arrêt d'urgence. La limitation de vitesse dans cette pénétrante autoroutière est de 120 km/h. Dans ce travail, nous avons choisi de travailler sur le sens El Kerma – Oued Tlélât.



FIGURE 5.3: La pénétrante El Kerma - Oued Tlélât [13]

5.4 Acteurs du modèle routier

Dans cette seconde partie, nous présentons les différentes instances des acteurs que nous avons utilisés dans les simulations à savoir : les véhicules, les conducteurs et les unités de protection civile.

5.4.1 Les véhicules

- **Coordonnées**

Dans le but d'obtenir une simulation réaliste, nous avons utilisé le logiciel de coordonnées GPS de Google (Google Maps) [13] pour obtenir les coordonnées géographiques des différents véhicules du système. Ensuite, nous avons récupéré ces coordonnées une par une le long du tronçon El Kerma-Oued Tlélât tout en calculant et respectant la distance de sécurité entre les véhicules et la proximité des véhicules entre les différentes voies de circulation. Cette distance de sécurité a été calculée en utilisant la distance orthodromique ; d'abord nous avons calculé la distance de sécurité correspondant à la vitesse sur l'autoroute à savoir 120 km/h puis nous avons, grâce à la distance orthodromique, calculé ce que ça représentait en terme de coordonnées géographiques et enfin avons projeté ces coordonnées sur le tronçon de notre simulateur.

Dans ce qui suit la procédure de calcul de la distance de sécurité entre deux (02) coordonnées géographiques d'une même voie. C'est la procédure que nous avons utilisée pour calculer les coordonnées des différents véhicules :

Soit $C1$ et $C2$ les coordonnées géographiques de ces deux véhicules :

$C1 : (35.59727638386905, -0.5727361142635345)$

$C2 : (35.596471598051544, -0.5726422369480133)$

La distance orthodromique entre ces deux véhicules est :

$$\begin{aligned} \text{arc}(C1C2) &= 6378 * [\sin(\text{radian}(35.59727638386905)) \sin(\text{radian}(35.596471598051544)) + \\ &\quad \cos(\text{radian}(35.59727638386905)) \cos(\text{radian}(35.596471598051544))] \\ \cos(\text{radian}((0.5726422369480133) - (0.5727361142635345))) &= 0.009\text{km} = 90\text{m} \end{aligned}$$

Au final, nous avons obtenu une projection réaliste d'El Kerma-Oued Tlélat sur notre simulateur. Cette projection comprend un total de 447 véhicules répartis sur les trois voies du tronçon. La Figure 5.4 représente une liste non exhaustive des coordonnées obtenues (La liste complète est disponible dans l'annexe B).

Véhicule	Lieu	Voie	Latitude	Longitude	Type
1	El Kerma	1	35.59727638386905	-0.5727361142635345	Intelligent
2	El Kerma	2	35.59719350657053	-0.5726878345012665	Intelligent
3	El Kerma	3	35.59706155701029	-0.5726388841867447	Non intelligent
4	El Kerma	1	35.596471598051544	-0.5726422369480133	Intelligent
5	El Kerma	2	35.59634728082161	-0.5725919455289841	Intelligent
6	El Kerma	3	35.596266583569005	-0.5725403130054474	Non intelligent
7	El Kerma	1	35.59568207131048	-0.5725590884685516	Intelligent
8	El Kerma	2	35.595555571827	-0.572507455945015	Intelligent
9	El Kerma	3	35.59544870141794	-0.5724518001079559	Non intelligent
10	El Kerma	1	35.59482710539381	-0.5724786221981049	Intelligent
11	El Kerma	2	35.59479766125188	-0.5724336951971054	Intelligent
12	El Kerma	3	35.59466570774202	-0.572374016046524	Non intelligent
13	El Kerma	1	35.59408990806254	-0.572400838136673	Intelligent
14	El Kerma	2	35.59398303569661	-0.5723492056131363	Intelligent
15	El Kerma	3	35.59381727419372	-0.5722881853580475	Non intelligent
16	El Kerma	1	35.59329163347366	-0.5723176896572113	Intelligent
17	El Kerma	2	35.59318366949599	-0.5722687393426895	Intelligent
18	El Kerma	3	35.59300154811279	-0.5722050368785858	Non intelligent
19	El Kerma	1	35.59262257184956	-0.572250634431839	Intelligent
20	El Kerma	2	35.59252933924318	-0.5722057074308395	Intelligent
21	El Kerma	3	35.592279933085404	-0.5721460282802582	Non intelligent
22	El Kerma	1	35.59188481871546	-0.5721782147884369	Intelligent
23	El Kerma	2	35.59176812831891	-0.5721306055784225	Intelligent
24	El Kerma	3	35.59140715040786	-0.5720548331737518	Non intelligent
25	El Kerma	1	35.59101672533646	-0.5720977485179901	Intelligent
26	El Kerma	2	35.59090657713676	-0.5720394104719162	Intelligent
27	El Kerma	3	35.590621936037635	-0.5719716846942902	Non intelligent
28	El Kerma	1	35.59033073256094	-0.5720333755016327	Intelligent
29	El Kerma	2	35.59018134015679	-0.5719690024852753	Intelligent
30	El Kerma	3	35.589851982246245	-0.5718939006328583	Non intelligent

FIGURE 5.4: Liste non exhaustive des coordonnées géographiques obtenues

Les coordonnées en vert représentent les véhicules de la file de droite, celles en orange les véhicules de la file du milieu et celles en rouge les véhicules de la file de gauche.

- **Type de véhicule**

Les véhicules de notre modèle routier sont tous intelligents, c'est-à-dire qu'ils sont tous connectés au Cloud. Cependant, étant donné que nous travaillons sur une autoroute qui se situe en Algérie, nous avons considéré un pourcentage de véhicules non intelligents. Ces véhicules sont dans l'obligation d'emprunter la 3ème voie de circulation (une pratique qui existe sur nos routes pour les poids lourds par exemple) afin de faciliter l'implémentation du travail que nous proposons. Notre modèle routier comprend deux types de véhicules :

- ◊ Véhicules Equipés ou VE où les véhicules sont équipés, en plus de l'appareillage du véhicule, de capteurs BAN, pour nos simulations nous n'avons utilisé que les capteurs de tension, de glycémie, EEG et ECG.

- ◊ Véhicules Non Equipés ou VNE où les véhicules ne sont équipés que de l'appareillage du véhicule à savoir le smartphone et les différents capteurs véhiculaires.

5.4.2 Les conducteurs

- **Type de conducteur**

Notre système comprend deux types de conducteurs : des conducteurs souffrant de maladies chroniques et des conducteurs sains ou en bonne santé. En conséquence, en croisant les types de conducteurs avec les types de véhicules, nous avons obtenu trois catégories de conducteurs à savoir :

- VECM pour Véhicule Equipé et Conducteur Malade où des conducteurs malades conduisent des véhicules équipés de capteurs BAN.
- VECS pour Véhicule Equipé et Conducteur Sain où des conducteurs sains conduisent des véhicules équipés de capteurs BAN.
- VNECS pour Véhicule Non Equipé et Conducteur Sain où des conducteurs sains conduisent des véhicules non équipés de capteurs BAN.

- **Profils**

Dans notre système, un conducteur est identifié grâce à un ensemble de données telles que la date de naissance, le sexe, le groupe sanguin, un numéro à appeler en cas d'urgence ainsi que le lien de parenté avec le titulaire du numéro, les allergies connues à un médicament, les maladies chroniques et leurs traitements.

Afin de donner vie à ces données et obtenir des profils réalistes, nous avons utilisé les instances suivantes (Table 5.1) :

Champ	Valeurs
Sexe	H, F
Jour de naissance	1-31 (selon le mois)
Mois de naissance	1-12
Année de naissance	1937 – 1999
Groupe sanguin	AP, AN, BP, BN, OP, ON, ABP, ABN.
Premiers secours	Oui ou non
Le numéro à appeler	Aléatoire en respectant les indicatifs des trois opérateurs présents en Algérie.
Lien de parenté	Père, mère, époux, épouse, frère, sœur, fils, fille.
Le numéro du véhicule	Commence par 1 et est incrémenté à chaque fois qu'un nouveau véhicule entre dans le système.
Maladie	Hypertension, diabète, cardiopathie, dépression nerveuse, épilepsie.
Traitement	Cozaar, 100mg, Lasilix, Glucophage, insuline, Betatop, Depretine, Dépakine (Selon la maladie).
Schéma	1Cmp/Jr (1 comprimé par jour), 2Cmp/Jr, 3Cmp/Jr, 1Inj/Jr (1 injection par jour), 2Inj/Jr, 3Inj/Jr.
Allergie	Pénicilline, curare, aspirine, kétamine.

TABLE 5.1: Propriétés d'un conducteur

Le tableau suivant (Table 5.2) donne un aperçu sur la liste globale des conducteurs :

Conducteur	Véhicule	Sexe	Groupe sanguin	Jour	Mois	Année	Premiers secours	Numéro parent	Lien parenté
01	01	F	#AP	15	11	1989	Non	0561000302	Epoux
02	04	F	#BN	21	03	1973	Non	0670050505	Frère
03	05	M	#AP	05	09	1955	Oui	0787212121	Fille
04	08	M	#BP	23	11	1980	Oui	0661616161	Epouse
05	11	M	#ON	02	08	1951	Non	0666202020	Frère
06	13	M	ABP	04	12	1985	Non	0550505050	Mère
07	16	M	#BP	25	05	1964	Oui	0664252525	Fils
08	17	F	#AN	16	02	1966	Non	0770122714	Sœur
09	19	F	#OP	14	04	1960	Non	0552484523	Fils
10	22	M	ABN	31	12	1992	Non	0790222340	Père
...									
...									
298	446	M	#BP	01	06	1990	Oui	0669258965	Mère

TABLE 5.2: Aperçu sur la liste globale des conducteurs

Parmi la liste globale des conducteurs, le tableau suivant (Table 5.3) donne un aperçu sur la liste des conducteurs des véhicules équipés de capteurs BAN (VE). Ces conducteurs peuvent être malades (VECM) ou en bonne santé (VECS) :

Conducteur	Véhicule	Malade	Maladie	Traitement	Schéma	Allergie
01	01	Non				Kétamine
03	05	Oui	Hypertension	Cozaar 100mg	2Cmp/Jr	Pénicilline
06	13	Oui	Diabète	Insuline	1Inj/Jr	
07	16	Non				Curare
22	34	Oui	Cardiopathie	Betatop	2Cmp/Jr	
66	98	Oui	Hypertension	Lasilix	3Cmp/Jr	Aspirine
82	122	Oui	Dépression nerveuse	Depretine 20mg	1Cmp/Jr	
94	140	Oui	Epilepsie	Dépakine	2Cmp/Jr	Curare
105	156	Oui	Diabète	Glucophage	3Cmp/Jr	
130	181	Non				
176	227	Non				
...						
...						
140	446	Oui	Diabète	Insuline	3Inj/Jr	Curare

TABLE 5.3: Aperçu sur la liste des conducteurs des véhicules équipés

Le tableau qui suit (Table 5.4) donne un aperçu sur la liste des identifiants renvoyés par le Cloud :

Conducteur	Véhicule	Identifiant
01	01	F15111989#AP0000001
02	04	F21031973#BN0000002
03	05	M05091955#AP0000003
04	08	M23111980#BP0000004
05	11	M02081951#ON0000005
06	13	M04121985ABP0000006
07	16	M25051964#BP0000007
08	17	F16021966#AN0000008
09	19	F14041960#OP0000009
10	22	M31121992ABN0000010
...		
...		
298	446	M01061990#BP0000298

TABLE 5.4: Aperçu de la liste des identifiants renvoyés par le Cloud

5.4.3 Les unités de la protection civile

Pour les unités de la protection civile, nous avons utilisé la carte de répartition des différentes unités qui existent au niveau de la Wilaya d'Oran (Figure 5.5). Cette carte nous a été remise par la direction de la protection civile de la Wilaya d'Oran.

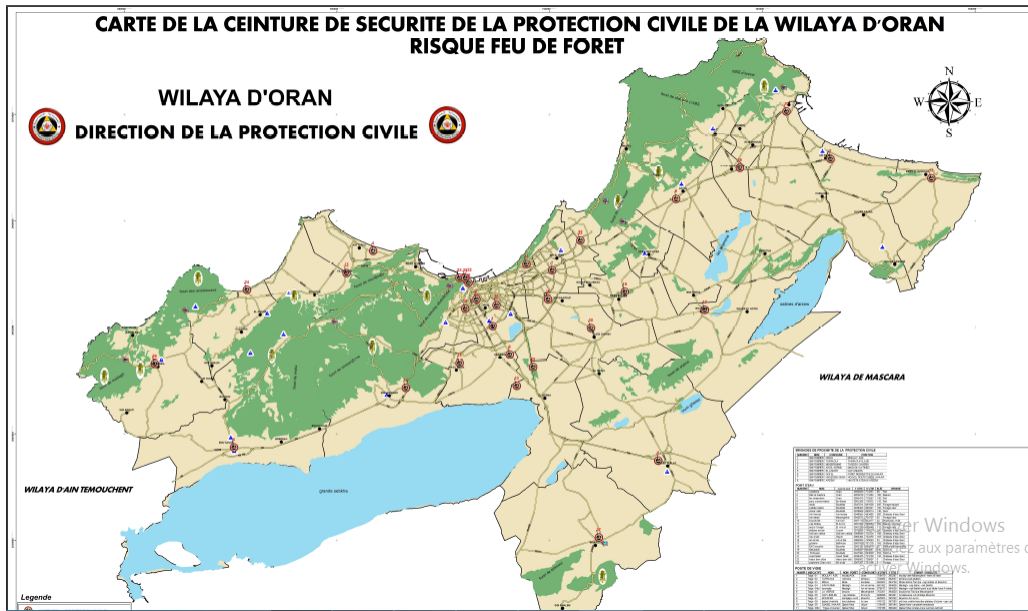


FIGURE 5.5: Ceinture de sécurité de la protection civile de la wilaya d’Oran

Cette carte contient les coordonnées géographiques de toutes les unités de la protection civile de la Wilaya d’Oran, leurs types, leurs emplacements ainsi que le matériel disponible, dans chacune d’elles, en termes de nombre d’ambulances (AMB), de médecins, de camion-citerne d’incendie (CCI) etc. (Figure 5.6).

UNITE DE LA PROTECTION CIVILE						
Numero	NOM	TYPE	COMMUNE	Coor. X UTM	Coor. Y UTM	MATERIEL
1	UPPC Emir A EK	Unité Principale	Es Senia	714661	3950109	01VL+02AMB+01CC+01CCFM+01FRHC+01CTP+01CTM+01VGE+01VEL+01DPNG+01C FRGO+01BUS
2	PC Râteau	Poste Avancé	Oran	713134	3952634	02AMB+01FFPT+01CC+01EM
3	PC Bir el Djir	Unité Secondaire	Bir el Djir	720258	3955354	01VL+03AMB+01FFPTU+02CC+01CCFM+01EM+01CTP+01V SR
4	PC Ain el Turck	Unité Secondaire	Ain el Turck	703404	3957180	01VL+03AMB+01FFPTU+01CC+01CCFM
5	PC Oued Tielat	Unité Secondaire	Oued Tielat	730156	3937484	01VL+03AMB+01FFPT+01CC
6	PC Gdyl	Unité Secondaire	Gdyl	731841	3962065	01VL+03AMB+01FFPTU+01CC+01CCFM
7	PC Beloua	Unité Secondaire	Beloua	746371	3965837	02AMB+02CCFM+01CC
8	PC Boutellis	Unité Secondaire	Boutellis	690294	3938725	01VL+03AMB+01FFPT+01CC+01CCFM+01CCFL
9	PC Es Senia	Unité Secondaire	Es Senia	716269	3947446	02AMB+01FFPT+01CC
10	PC Arzew	Unité Secondaire	Arzew	742231	3970279	01VL+03AMB+01FFPTL+01CC+01CCFM+01FRHC
11	PC Aïd Lofli	Unité Secteur	Oran	717837	3955935	02AMB+01FFPTU+01CC+01CCFM+01EM+01BUS
12	PC Bousfer	Unité Secteur	Bousfer	700894	3955098	01VL+02AMB+01FFPT+01CC+01CCFM
13	PC Mers El Hedjedj	Unité secteur	Mers El Hedje	755875	3964013	02AMB+01CC
14	PC Missreghin	Unité Secteur	Missreghin	706482	3944310	01VL+03AMB+01FFPT+01CC+01CCFM
15	PC Ain EL Beida	Poste Avancé	Es Senia	711545	3946652	01VL+02AMB+01FFPT+01CC+01CCFM
16	PC Hassi Bounif	Unité Secteur	Hassi Bounif	727115	3953335	02AMB+01FFPT+01CC
17	PC Boufatis	Unité Secteur	Boufatis	734542	3951647	01VL+02AMB+01CCFM+01CC
18	PC Phrt D'Oran	Poste Avancé	Oran	712370	3954187	02AMB+01FFPT+01CCFM
19	PC Chouba Mohammed	Poste Avancé	Oran	712074	3951741	02AMB+01FFPT+01CC+01CCFM
20	PC Abderrahmane Bouzian	Poste Avancé	Oran	715018	3952072	02AMB+01FFPT+01CCFM
22	PSR1	Poste de Secours	Mers El Kebir	711971	3954684	01AMB
23	PSR2	Poste de Secours	Mers El Kebir	711535	3954656	01AMB
24	PSR3	Poste de Secours	EL Ançor	691521	3953523	01AMB
25	PC Marine	Unité marine	Oran	712072.04	3954636.05	01 VL+09 Semi Regide + 11 Embarcation pneumatique + 01 vedette
26	PC Ain El Kerma	Unité Secteur	Ain El Kerma	682841.58	3946581.81	02 AMB+01 CC
27	PC Tafraoui	Unité secteur	Tafraoui	724657.69	3930261.03	01 AMB + 01 CCFM
28	PC Hassi Mefsoukh	Unité secteur	Hassi Mefsou	737846.17	3964998.29	01 AMB + 01 CCI
29	PC El Kerma	Unité secteur	El Kerma	718469.71	3946284.32	02 AMB + 01 FFT
30	PC Sidi Chahmi	Unité secteur	Sidi Chahmi	723913.37	3949936.89	01 AMB + 01 FFT
31	UPPC Hai Es Sabah	Unité Principale	Sidi Chahmi	719876.37	3952626.54	01VL+02AMB+01CC+01CCFM+01FRHC+01CTP+01CTM+01VGE+01VEL+01DPNG+01C FRG+01BUS
32	PC Belgaid	Poste Avancé	Bir el Djir	722918.98	3958158.33	01AMB
33	PC Aïreport	Poste Avancé	Es Senia	716925.36	3944514.76	01AMB

FIGURE 5.6: Les unités de la protection civile de la Wilaya d’Oran

Etant donné que nous travaillions sur la pénétrante d’Oran, nous n’avons eu

besoin que des unités qui se situent à proximité de cette zone (Figure 5.7) à savoir les unités 29, 33 et 5 qui correspondent respectivement à : l'unité secteur d'El Kerma, au poste avancé d'Es-Sénia (Aéroport) et à l'unité secondaire de Oued Tlélat.

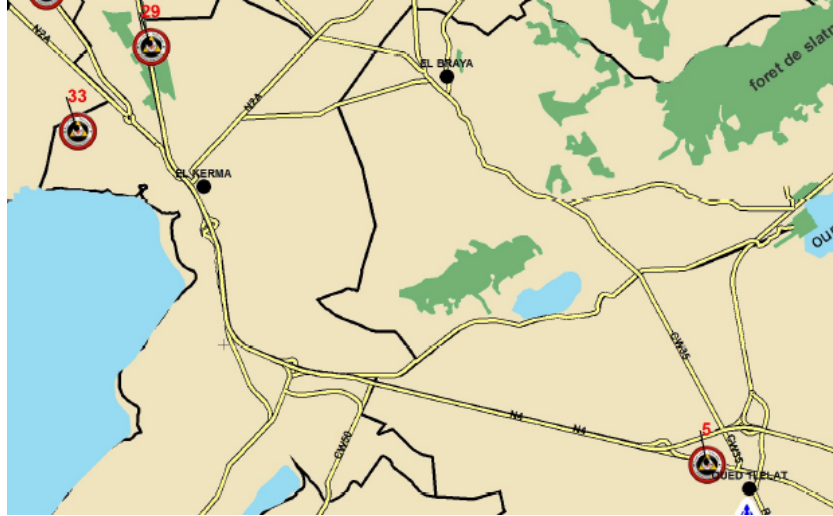


FIGURE 5.7: Unités de la protection civile à proximité de la pénétrante d'Oran

5.5 Configuration du Cloud

La plupart des travaux réalisés dans le domaine du Cloud Computing véhiculaire [72], [73], [74] utilisent un simple simulateur VANet pour simuler leurs scénarios sans qu'aucun appel ne soit effectué à un simulateur Cloud ou que des classes ou des packages n'y soient intégrés. Dans ces travaux, les auteurs jugent que le plus important est l'échange de messages entre les véhicules c'est à dire le côté VANet sans pour autant mettre l'accent sur ce qui se passe réellement et en temps réel dans le Cloud.

Dans ce travail, nous avons choisi de changer de vision en créant notre propre simulateur VANet et en utilisant le simulateur Cloudsim pour la création et l'exécution des calculs dans le Cloud Computing. Notre objectif est de suivre ce qui se passe en temps réel au niveau du Cloud car c'est la partie que nous jugeons importante dans ce que nous proposons. Pour la partie VANet, nous avons choisi de créer nous-même notre simulateur pour deux raisons. La première est la difficulté d'utiliser, à la fois, deux simulateurs distincts déjà existants l'un pour VANet et l'autre pour le Cloud en raison des modifications importantes qui doivent s'effectuer et du temps que prendrait l'adaptation des paramètres des deux simulateurs et parfois même l'ajout de nouveaux paramètres. Deuxièmement, parce que nous jugeons que le plus important dans ce que nous proposons est l'ensemble des calculs effectués et des messages envoyés par le Cloud.

Pour la configuration initiale du Cloud, quatre (04) paramétrages ont été effectués à savoir : le nombre de Datacenter, d'utilisateurs (users), de machines virtuelles (VMs) et de machines physiques (Hosts). Pour le nombre de Datacenter, nous avons

choisi de travailler sur un seul Datacenter en raison de sa capacité à traiter et à accueillir des données (pour rappel, facebook utilise un seul Datacenter pour tous les utilisateurs d'Europe estimés à 310 millions en 2013 [75]). Le tableau qui suit (Table 5.5) définit les différentes caractéristiques que possède un Datacenter dans Cloudsim :

Caractéristiques	Valeurs
Nom	DC0
Coût par BP	0.0
Coût par mémoire	3.0
Coût	0.05
Architecture	X86
OS	Linux
VMM	Xen
Coût par stockage	0.001

TABLE 5.5: Caractéristiques d'un Datacenter dans Cloudsim

Comme tout simulateur VANet, un scénario contenant le nombre de véhicules et leurs coordonnées a été uploadé. Le nombre d'utilisateurs correspond au nombre de véhicules intelligents dans ce scénario.

Sachant qu'un utilisateur doit avoir au moins une machine virtuelle, le nombre de ces machines est égal au nombre d'utilisateurs. Chaque machine virtuelle possède les caractéristiques suivantes (Table 5.6) :

Caractéristiques	Valeurs
MIPS	250
PEs	1, 2 ou 4
BP	1000
RAM	128, 256 ou 512
Stockage	10000
VMM	Xen

TABLE 5.6: Caractéristiques d'une machine virtuelle dans Cloudsim

Pour le nombre de Hosts, nous avons utilisé l'algorithme du First Fit Decreasing que nous avons implémenté et intégré dans Cloudsim. Cet algorithme permet une optimisation du placement des machines virtuelles dans les Hosts. Chaque Host possède les caractéristiques suivantes (Table 5.7) :

Caractéristiques	Valeurs
MIPS	1000
PEs	1, 2 ou 4
BP	20000
RAM	512, 1024,.. ou 8192
Stockage	1000000

TABLE 5.7: Caractéristiques d’une machine physique (Host) dans Cloudsim

Le tableau suivant (Table 5.8) résume la configuration initiale du Cloud Computing dans Cloudsim pour le scénario El-kerma – Oued Tlélát :

	Datacenter	Utilisateurs	VMs	Hosts
PEs	/	/	01	04
RAM	/	/	128	512
Stockage	/	/	10000	1000000
Configuration	01	298	298	75

TABLE 5.8: Configuration initiale du Cloud Computing correspondant au scénario El-Kerma – Oued Tlélát

5.6 Simulation

La simulation de notre service consiste en l’exécution des phases de : détection du malaise, traitement, prise en charge du conducteur et coopération. L’aboutissement de cette simulation est le contrôle du véhicule, la gestion du conducteur et de son malaise ainsi que la prodigation des premiers secours.

5.6.1 Simulation des scénarios avec HAaaS

Pour commencer, nous avons simulé un scénario de malaise en intégrant le service HAaaS. Ce scénario concerne les cas d’endormissement, de malaise avec conducteur conscient ou inconscient. Les paramètres utilisés dans cette première simulation sont résumés dans le tableau suivant (Table 5.8) :

Paramètre	Valeur
Type de route	autoroute
Longueur de la route	11.121 m
Nombre initial de véhicules	447
Nombre initial de noeuds	298
Vitesse limite	120 km/h

TABLE 5.9: Paramètres utilisés dans la simulation avec l'approche HAaaS

La simulation débute par le chargement de notre scénario, à savoir les différents véhicules, leurs emplacements et leurs coordonnées. Une fois le scénario chargé, l'identification des conducteurs est effectuée et l'injection des véhicules réalisée. Après que les véhicules aient commencé à circuler, nous provoquons un malaise. Le véhicule du conducteur choisi fait partie des véhicules intelligents et équipés de capteurs BAN.

Pour la suite, le diagramme de la Figure 5.8 résume les messages ¹ échangés entre le Cloud et le véhicule du conducteur en malaise et les véhicules environnants dans le cas d'un malaise détecté par un capteur BAN et avec conducteur inconscient. Il est à rappeler que ces messages échangés avec les véhicules intelligents ne sont que représentatifs car en réalité ils sont multipliés par le nombre de véhicules dans le système et sont répétés périodiquement.

1. AMFC : Aide au Maintien dans la File de Circulation, AAFD : Allumage Automatique des Feux de Détresse.

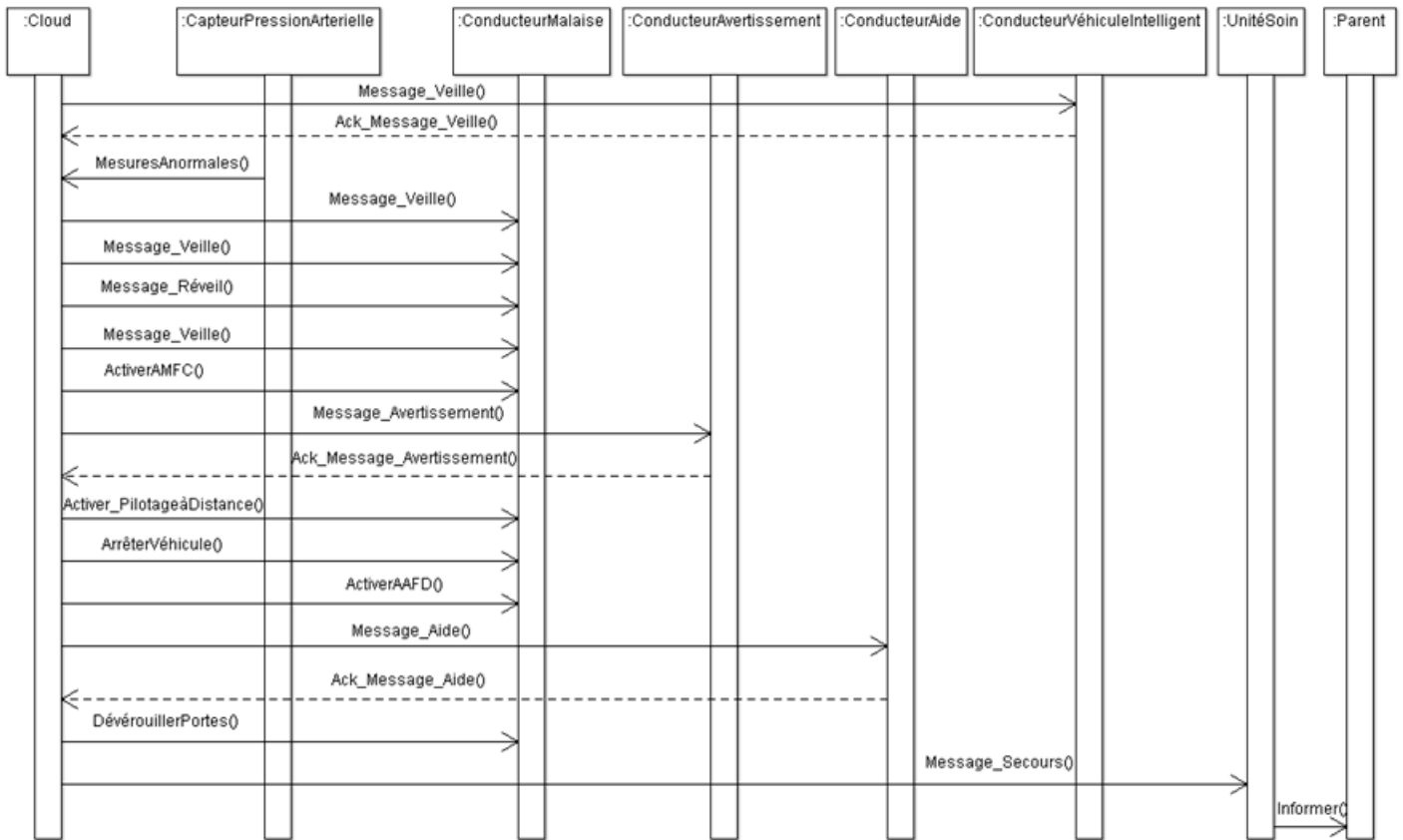


FIGURE 5.8: Diagramme de séquence représentant les messages échangés entre le Cloud et les véhicules

5.6.2 Simulation d'un scénario sans HAaaS

Pour la deuxième partie, nous avons simulé un scénario sans intégrer le service HAaaS où nous avons simulé un malaise sans que le conducteur ne soit équipé de capteurs BAN ou que son véhicule ou les véhicules environnants ne soient connectés au Cloud. Leurs équipements se résument en les capteurs et les dispositifs d'un véhicule à savoir les radars de recul, le détecteur de pluie, le limiteur de vitesse, etc.

Pour commencer, nous avons utilisé le même scénario que celui de la simulation avec le service HAaaS. Ensuite, nous avons éliminé les phases de coopération et de prise en charge. Enfin, nous avons choisi un conducteur aléatoirement et avons simulé son malaise. Le résultat obtenu est au mieux une collision entraînant 2 ou 3 véhicules et au pire un carambolage.

5.7 Impacts du service HAaaS

Afin de monter et de démontrer l'efficacité de HAaaS, nous avons calculé les différents gains que ce service apporterait s'il venait à être mis en œuvre dans le monde réel.

5.7.1 Impact sur le nombre d'accidents

Pour commencer, nous avons étudié l'impact de HAaaS sur le nombre d'accidents. Pour ce faire, nous avons calculé le gain qu'il apporterait sur les routes en général et les autoroutes spécialement. Ce gain représente 9% [22] pour toutes les routes confondues et 27% [25] sur les autoroutes. La Figure 5.9 représente l'impact de HAaaS sur le nombre total d'accidents. La Figure 5.10 représente son impact sur le nombre d'accidents survenus sur le réseau autoroutier seulement.

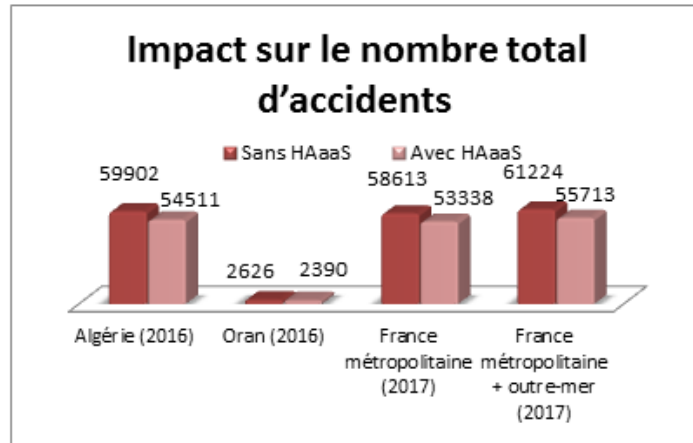


FIGURE 5.9: Impact sur le nombre total d'accidents

A partir de cet histogramme, nous remarquons qu'en Algérie, le nombre d'accidents de la circulation était de 59.902 en 2016 et qu'en intégrant notre service, ce nombre aurait été de 54.511 ce qui correspond à une réduction de 5.391 accidents par an. Sachant que ces accidents ont impliqués, en 2016, un coefficient de 1,38 véhicules endommagés, soit un gain de 7.440 véhicules en intégrant notre service.

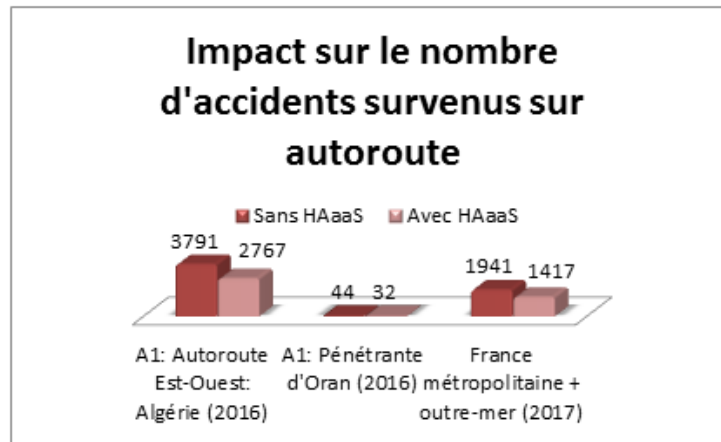


FIGURE 5.10: Impact sur le nombre d'accidents survenus sur autoroute

Sur ce deuxième histogramme, nous remarquons que sur l'autoroute A1 en Algérie, le nombre d'accidents de la circulation était de 3.791, en 2016, et qu'en

intégrant notre service ce nombre aurait été de 2.767 soit une réduction de 1.024 accidents par an. Sachant que ces accidents ont impliqué, en 2016, un coefficient de 1,38 véhicules endommagés, soit un gain de 1.413 véhicules en intégrant notre service.

5.7.2 Impact sur le nombre de décès

Comme deuxième métrique, nous avons étudié l'impact de notre service sur le nombre de décès engendrés par les accidents de la circulation. La Figure 5.11 représente l'impact de HAaaS sur le nombre total de décès. La Figure 5.12 représente son impact sur le nombre de décès survenus sur le réseau autoroutier seulement.

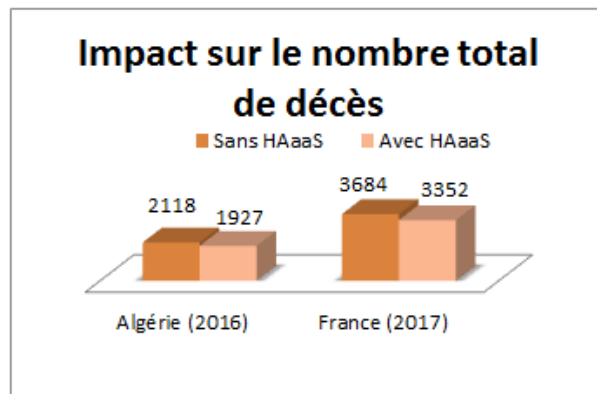


FIGURE 5.11: Impact sur le nombre total de décès

A partir de cet histogramme, nous remarquons qu'en Algérie, le nombre de décès engendrés par les accidents de la circulation était de 2.118, en 2016, et qu'en intégrant notre service ce nombre aurait été de 1.927 soit une réduction de 191 décès par an.

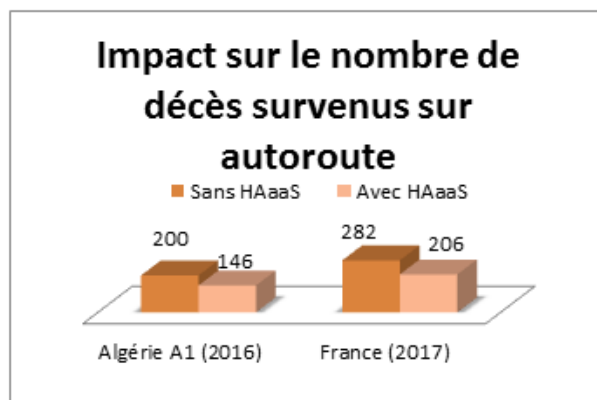


FIGURE 5.12: Impact sur le nombre de décès survenus sur autoroute

Aussi à partir de cet autre histogramme, nous remarquons que sur l'autoroute A1 en Algérie, le nombre de décès engendrés par les accidents de la circulation était

de 200, en 2016, et qu'en intégrant HAaaS ce nombre aurait été de 146 soit une réduction de 54 décès par an.

5.7.3 Impact sur le nombre de blessés

Comme troisième métrique, nous avons étudié l'impact de notre service sur le nombre de blessés engendrés par les accidents de la circulation. La Figure 5.13 représente l'impact de HAaaS sur le nombre total de blessés. La Figure 5.14 représente son impact sur le nombre de blessés sur le réseau autoroutier seulement.

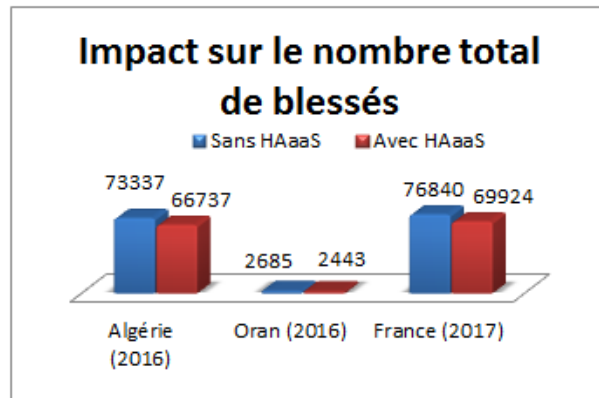


FIGURE 5.13: Impact sur le nombre total de blessés

A partir de cet histogramme, nous remarquons qu'en Algérie, le nombre de blessés engendrés par les accidents de la circulation était de 73.337, en 2016, et qu'en intégrant HAaaS ce nombre aurait été de 66.737 soit une réduction de 6.600 blessés par an.

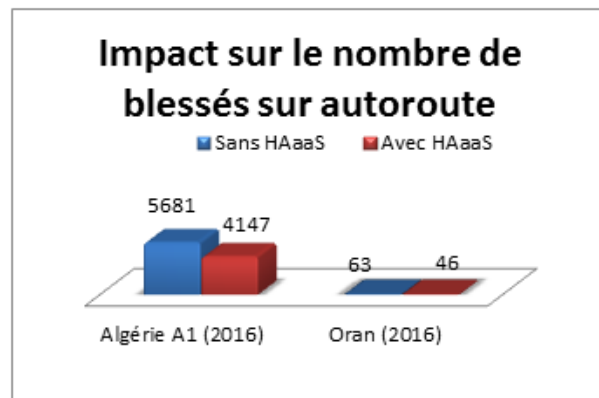


FIGURE 5.14: Impact sur le nombre de blessés sur le réseau autoroutier

Aussi, à partir de cet autre histogramme, nous remarquons que sur l'autoroute A1 en Algérie, le nombre de blessés engendrés par les accidents de la circulation était de 5.681, en 2016, et qu'en intégrant HAaaS ce nombre aurait été de 4.147 soit une réduction de 1.534 blessés par an.

5.7.4 Impact sur le nombre d'heures perdues, la quantité d'essence perdue et le coût

Comme quatrième métrique, nous avons étudié l'impact de notre service sur le nombre d'heures et d'essence perdues dans les embouteillages causés par les accidents de la circulation ainsi que le coût engendré par ces accidents. La Figure 5.15 représente l'impact de HAaaS sur le nombre d'heures perdues, la quantité d'essence perdue et le coût.

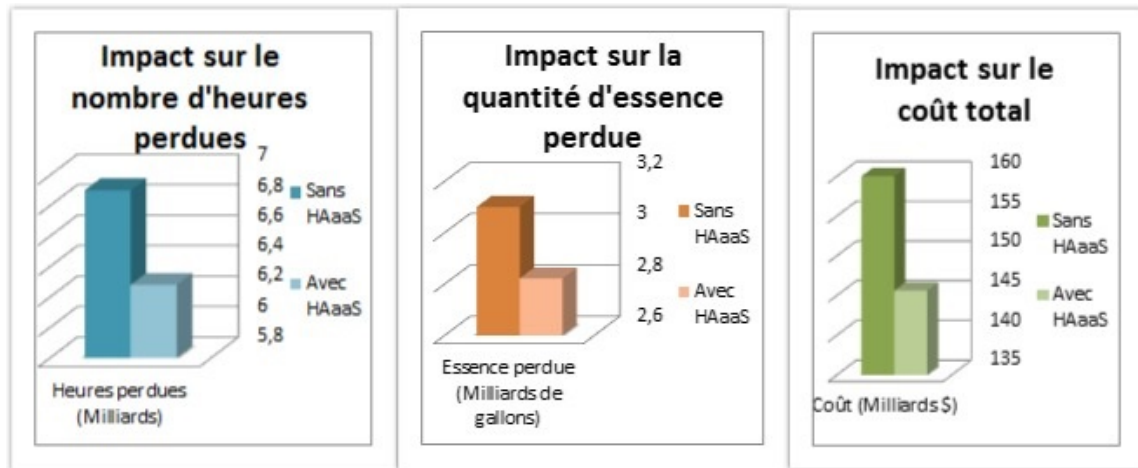


FIGURE 5.15: Impact sur le nombre d'heures perdues, la quantité d'essence perdue et le coût

A partir de cette série d'histogrammes, nous remarquons que les accidents de la circulation ont engendré, en 2014 [19], 6,9 milliards d'heures perdues aux Etats Unis seulement, et qu'en intégrant HAaaS cette perte aurait été de 6,279 milliards d'heures perdues, soit un gain de 621 millions d'heures par an. Aussi, ces accidents ont entraîné la perte annuelle de 3,1 milliards de gallons d'essence soit 11,78 milliards de litres d'essence et qu'en intégrant HAaaS cette perte aurait été de 2,821 milliards de gallons d'essence, soit un gain de 279 millions de gallons par an. Enfin, ces mêmes accidents ont engendré un coût de 160 milliards de Dollars et qu'en intégrant HAaaS cette perte aurait été de 145,6 milliards de Dollars, soit un gain de 14,4 milliards de Dollars par an. Ce gain permettrait, dans un premier temps, d'équiper les véhicules de capteurs BAN et de mettre en place notre service et notre système et dans un second temps d'économiser de l'argent pour l'investir dans d'autres projets technologiques.

5.7.5 Impact sur le temps d'attente avant la prodigation des premiers secours

Comme cinquième et dernière métrique, nous avons étudié l'impact de notre service sur le temps d'attente avant que les premiers soins ne soient prodigués au conducteur pris de malaise. En effet, l'amélioration de ce temps permettrait, à la fois, de sauver des vies et de réduire les coûts de déplacements inutiles de la protection civile. Pour ce faire, nous avons sélectionné quatre points différents sur le tronçon sur lequel nous travaillions, sur ces quatre points nous avons simulé des malaises et avons calculé le temps d'attente du conducteur avant la prodigation

des premiers soins. Ce temps représente, dans la simulation avec le service HAaaS, le temps d'arrivée des véhicules alertés par le message d'aide. Tandis que dans la simulation sans le service HAaaS, ce temps représente le temps que prendraient les équipes de la protection civile pour arriver au lieu du malaise. Pour notre simulation, nous avons pris les deux unités de la protection civile d'El Kerma et de Oued Tlélat (les plus proches de notre tronçon).

La Figure 5.16 représente l'impact de HAaaS sur le temps d'attente avant la prodigation des premiers secours.

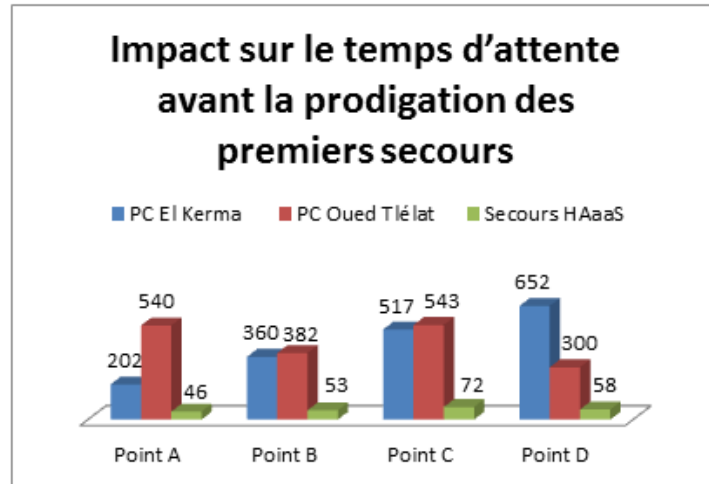


FIGURE 5.16: Impact sur le temps d'attente avant la prodigation des premiers secours

A travers cet histogramme, nous remarquons que pour les différents points de malaise, le plus court temps d'attente est celui de la simulation avec le service HAaaS. Cela s'explique par la présence des personnes pouvant donner les premiers secours sur le même tronçon de la victime, sur le même sens de circulation, à quelques centaines voire quelques dizaines de mètres et déjà prêts à intervenir, grâce au message d'aide qu'ils ont reçu (contrairement aux équipes de la protection civile qui prennent, en moyenne, 2 minutes pour se préparer [76]).

Nous remarquons pour le point A, par exemple, que le temps d'attente a été de 46" pour la simulation avec le service HAaaS. Cette même attente aurait été de 1'22", en plus des 2 minutes qu'il faut ajouter pour la préparation des équipes de secours, soit 3'22" pour l'arrivée des secours de l'unité de la protection civile d'El Kerma et de 11' pour celle de Oued Tlélat. Pour le point C, par exemple, le temps d'attente a été de 1'12" pour la simulation avec le service HAaaS, 10'37" pour l'arrivée des secours du PC d'El Kerma et 11'3" pour celle de Oued Tlélat.

5.8 Conclusion

Le test et l'évaluation représentent une étape importante dans le développement de tout système logiciel. Cette étape vise à étudier la fonctionnalité et la performance du produit mais pas seulement. En effet, elle permet aussi d'étudier

les éléments nécessaires à la mise en place de ce produit ainsi que les coûts nécessaires pour la réalisation de cette mise en place.

Concernant notre travail, il est vrai que le service que nous proposons nécessite un coût d'installation et de mise en place conséquent. Cependant, à travers les différentes évaluations que nous avons effectuées, nous avons pu démontrer que grâce à la mise en place de notre service, des gains se dégageraient. Ces gains sont engendrés grâce à la réduction du nombre d'accidents, de décès et de blessés. En effet, par leur réduction on réduit les coûts de prise en charge des malades et des blessés, le coût des assurances vie, le coût de déplacement des différentes équipes de la protection civile, d'ambulanciers et de police, le coût de nettoyage et de rétablissement des autoroutes, le coût d'essences perdues et le coût des enquêtes et des autopsies. Aussi, ces gains pourraient être le résultat de l'augmentation de la productivité liée à la diminution du nombre d'heures perdues dans les embouteillages causés par ces accidents. Tous ces gains obtenus permettraient, sur le court terme, de mettre en place notre service et notre système dans sa globalité, à savoir rendre les autoroutes complètement intelligentes et intégrer les différents capteurs et actionneurs dans les véhicules d'aujourd'hui, et sur le long terme ces gains permettraient l'amélioration du système et l'investissement dans d'autres technologies qui permettraient de perfectionner ou de compléter le service que nous proposons.

Conclusion Générale

Dans cette thèse, nous avons proposé un service pour traiter le problème du malaise au volant. Ce problème touche différentes catégories de personnes et différents âges. A ce jour-là, ce phénomène demeure l'une des causes importantes de mortalité sur les routes sans que des mesures radicales ne soient prises en ce sens. En effet, il n'existe pas de statistiques exactes sur les dégâts humains et matériels causés par ces malaises en dépit de l'ampleur qu'ils prennent dans la vie quotidienne.

Dans ce travail, nous avons proposé un service de Cloud Computing Véhiculaire pour la prise en charge et la gestion du conducteur en malaise et de son véhicule. Ce service que nous avons appelé HAaaS « Health-Assistance as a Service » est capable de détecter un malaise ou un endormissement chez une personne pendant la conduite de son véhicule. Aussi, ce service fournit un mécanisme de coopération entre les véhicules pour secourir le conducteur en malaise dans les plus brefs délais. Ainsi, nous pouvons dire que HAaaS compte cinq contributions majeures :

- Un système de détection de malaise (d'endormissement) ;
- Un support de gestion du véhicule ;
- Un système de prise en charge des conducteurs victimes de malaise au volant ;
- Un mécanisme de coopération pour le secours du conducteur ;
- Un mécanisme d'information pour les unités de la protection civile pour l'envoi d'ambulance.

Comme résultats, les contributions que nous venons de citer ci-dessus permettraient de :

- Diminuer le nombre total d'accidents de la circulation en réduisant le nombre d'accidents causés par un malaise ;
- Réduire le nombre de décès en évitant le dérapage des véhicules des conducteurs en malaise et l'occurrence de collisions ;
- Réduire les dégâts matériels en évitant des collisions grâce au système de gestion du véhicule et des messages d'avertissement ;

- Réduire le temps et le carburant perdus dans les embouteillages causés par le dérapage des véhicules des conducteurs en malaise ;
- Réduire le nombre de sorties inutiles des ambulances de la protection civile grâce au mécanisme d'information ;
- Eviter le blocage des ambulances dans la circulation grâce au système de gestion du véhicule qui permet de placer le véhicule du conducteur en malaise sur la bande d'arrêt d'urgence et d'éviter, ainsi, des embouteillages ;
- Avoir des statistiques exactes sur le nombre de malaise ou d'endormissement sur la route, des âges des conducteurs impliqués et de leurs états de santé. Ces statistiques pourront être utilisées pour étudier le phénomène du malaise au volant et ses différentes causes ;

Comme tout produit scientifique, l'élaboration de notre travail n'a pas été épargnée de certains problèmes, parmi lesquels nous citons :

- Un problème de récolte de données : en effet, dans le but de proposer un travail réaliste, nous avons opté pour des coordonnées géographiques et des distances de sécurités réelles. Nous sommes restés, près d'un mois pour l'établissement des coordonnées et des distances des 447 véhicules initiaux. Un temps, que nous aurions pu gagner si nous avions fait le choix facile de travailler directement avec des coordonnées en points pixels.
- Un problème de statistiques : il nous a été difficile de trouver des statistiques concernant le malaise au volant ou les pertes engendrées par ce phénomène. Seuls quelques organismes se sont intéressés à ces chiffres, en dépit de l'importance du sujet.
- La synchronisation entre les différentes procédures lancées simultanément et provoquant souvent des problèmes de section critique conduisant à des bugs répétitifs.

Conditions propices

En développant HAaaS et en menant nos recherches, nous avons rencontrés plusieurs conditions propices au développement de notre système. Nous citons :

- Des initiatives à travers le monde ont été entreprises pour intégrer le programme de formation de secourisme, en milieu routier, au processus d'obtention et de renouvellement des permis de conduire :
 - En France, depuis mars 2015 une loi a été votée visant à introduire une formation pratique aux gestes de premiers secours dans la préparation du permis de conduire [69]. Une formation suivie d'une évaluation [69]. L'entrée en vigueur de cette loi a été le 01 janvier 2018.
 - En Allemagne également, pour s'inscrire à l'examen du permis de conduire, les candidats doivent être titulaires d'un brevet de premiers secours relatifs à la route. C'est d'ailleurs en 1969 que la République fédérale

allemande (RFA) ajoute cette nouvelle condition pour obtenir un permis de conduire [77].

- En Belgique aussi, une réforme du permis de conduire a été faite, en 2016, pour intégrer la formation aux premiers gestes de secours dans le processus d'obtention du permis de conduire. L'entrée en vigueur de cette réforme est prévue pour le 01 novembre 2018 [77].
 - De plus, en Suisse, en Norvège et en Autriche il est obligatoire de suivre une formation de secourisme lors de la préparation au permis de conduire [77].
- Tous les véhicules neufs qui sortent d'usine sont équipés de différents dispositifs et capteurs même pour les véhicules d'entrées de gamme.
 - La technologie des capteurs corporels est de plus en plus répandue et le coût de sa fabrication est de moins en moins cher ce qui la rend plus accessible (par exemple une technologie pour surveiller les signes vitaux médicaux, avec des capteurs perfectionnés qui a été développée en Oregon aux Etats Unis coûte moins de 25 cents [5]).

Perspectives

Dans une optique de continuité, nous prévoyons de :

- Etendre le champ de travail à d'autres types de route, tels que les voies rapides, les routes nationales ou les agglomérations.
- Prendre en considération d'autres critères pour la détection du malaise ou de l'endormissement.
- Utiliser un simulateur VANet tel que SUMO tout en utilisant un simulateur Cloud tel que CloudSim afin d'améliorer l'implémentation de notre service.
- Travailler sur une route complètement intelligente, sans prendre en considération un pourcentage de véhicules non intelligents.
- Equiper tous les véhicules de capteurs BAN pour une couverture totale de tous les malaises possibles.

Bibliographie

- [1] Bedi P. and Jindal V. Use of big data technology in vehicular ad-hoc networks. In proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI-2014), India, September 2014.
- [2] Dinh H.T., Lee C., Niyato D., and Wang P. A survey of mobile cloud computing : architecture, applications, and approaches. In proceedings of the wireless communications and mobile computing, 2011.
- [3] Whaiduzzaman Md, Sookhak M., Gani A., and Buyya R. A survey on vehicular cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 2013.
- [4] Chevalier L. *Performances de l'optique sans fil pour les réseaux de capteurs corporels*. PhD thesis, Université de Limoges, December, 03 2015.
- [5] Wikipédia. Body area network. https://fr.wikipedia.org/wiki/Body_Area_Network, March, 05 2018.
- [6] Wang J., Cho J., Lee S., and Ma T. Real time services for future cloud computing enabled vehicle networks. pages 1–5. In proceedings of the International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), November 2011.
- [7] Cai W.H. and Sun T.T. Cts – the new generation intelligent transportation system. pages 137–40. In proceedings of the Second International Conference on Innovations in Bio-inspired Computing and Applications, Dcember, 16-18 2011. Shenzhen, China.
- [8] Bitam S. and Mellouk A. Its-cloud : Cloud computing for intelligent transportation system. In proceedings of the Global Communications Conference (GLOBECOM), Dcember 2012.
- [9] Bektache D. *Application et Modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière*. PhD thesis, Université Badji Mokhtar Annaba, 2015.
- [10] Sam D., Evangelin E., and Cyril Raj V. Improving road safety for pedestrians in black spots using a hybrid vanet of vehicular sensors and pedestrian body unit. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(10) :4639–44, June 2015.
- [11] Mousannif H., Khalil I., and Al Moatassime H. Cooperation as a service in vanets. *The Journal of Universal Computer Science J. UCS*, 17(8) :1202–18, 2011.
- [12] aps.dz. Affaire autoroute est-ouest : la cour suprême n'a pas encore statué sur le pourvoi en cassation. <http://autonews-dz.com/>

- affaire-autoroute-ouest-cour-supreme-na-statue-pourvoi-cassation/, June, 04 2018.
- [13] Google. Coordonnées gps et google map. <https://www.coordonnees-gps.fr/>, February, 04 2018.
- [14] Cloudsim : Le framework de simulation de l'environnement du cloud. <https://graal.ens-lyon.fr/~ecaron/m2rts/2015/blogbazm/>, June, 11 2018.
- [15] Devie P.E. Affaire oracle - google : état des lieux. <http://www.les-infostrateges.com/actu/11091280/affaire-oracle-google-etat-des-lieux>, June, 11 2018.
- [16] Latré B., Braem B., Moerman I., Blondia C., and Demeester P. A survey on wireless body area networks. *Wireless Networks*, 17(1) :1–18, 2011.
- [17] Wikipédia. Distance d'arrêt. <https://fr.wikipedia.org/>, January, 25 2018.
- [18] World Health Organization. Road traffic injuries. <http://www.who.int/mediacentre/>, April, 03 2018.
- [19] Schrank D., Eisele B., Lomax T., and Bak J. 2015 Urban Mobility Scorecard. Texas Transportation Institute, Texas A&M University System. College Station, Texas . August 2015.
- [20] Protection civile Algérie. Bilan des accidents de la route année 2016. <http://www.protectioncivile.dz/?controller=article&action=contenu&ida=382&idr=43#>, February, 11 2018.
- [21] Van Elslande P., Jaffard M., Fouquet K., Fournier J.Y., and Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité (France). De la vigilance à l'attention... Influence de l'état psychophysiologique et cognitif du conducteur dans les mécanismes d'accidents. 2010.
- [22] Association Prévention Routière (France). Principaux facteurs d'accidents. <http://www.preventionroutiere.asso.fr/Nos-publications/Statistiques-d-accidents/>, April, 24 2016.
- [23] Observatoire Départemental de la Sécurité Routière (France). Document Général d'Orientation, Sécurité routière 2013-2017, Département du Gers, France. May 2013.
- [24] Phillip P. and ASFA. Somnolence au volant, une étude pour mieux comprendre. http://www.autoroutes.fr/FCKeditor/UserFiles/File/Publications/ASFA_-_Somnolence_p-p2.pdf, February, 12 2018.
- [25] ASFA. Chiffres clés 2017. http://www.autoroutes.fr/FCKeditor/UserFiles/File/ASFA_cles17.pdf, February, 12 2018.
- [26] Delpas Cl. Sécurité routière : la somnolence, tueuse silencieuse. <http://sante.lefigaro.fr/article/securite-routiere-la-somnolence-tueuse-silencieuse/>, August, 04 2017.
- [27] Wikipédia. Système de transport intelligent. https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_transportation_system, February, 14 2018.
- [28] Moghraoui K. *Gestion de l'anonymat des communications dans les réseaux Véhiculaires ad hoc sans fil (VANets)*. PhD thesis, Université du Québec à trois-rivières, July 2015.
- [29] Chen Y.S., Lo T.T., Lee C.H., and Pang A.C. Efficient pseudonym changing schemes for location privacy protection in vanets. In proceedings of the International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE-2013), 2013.

-
- [30] Kaur G. and Kang S.S. Technique to control data dissemination and to support data accessibility in meagerly connected vehicles in vehicular ad-hoc networks (vanets). In proceedings of the International Conference on Recent Trends in Computer Science & Information Technology (RTCSIT-2016), Guru Nanak College Budhlada, Punjab India, August, 21 2013.
- [31] Wang X., Huang Z., Wen Q., and Zhang H. An efficient anonymous batch authenticated and key agreement scheme using self-certified public keys in vanets. pages 22–5. In proceedings of 2013 IEEE International Conference of IEEE Region 10 (TENCON 2013), October 2013.
- [32] Lu H., Li J., and Guizani M. A novel id-based authentication framework with adaptive privacy preservation for vanets. pages 345–50. In proceedings of Computing, Communication and Applications Conference (ComComAp), 2012.
- [33] Guo S., D. Zeng, and Xiang Y. Chameleon hashing for secure and privacy-preserving vehicular communications. *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions*, November 2014.
- [34] Huang D., Misra S., Verma M., and Xue X. An Efficient Pseudonymous Authentication-Based Conditional Privacy Protocol for VANETs. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transaction*. 12 :736–46, 2011.
- [35] Adigun A., Bensaber B.A., and Bislai I. Protocol of change pseudonyms for vanets. pages 162–7. In proceedings of the 9th IEEE International Workshop on Performance and Management of Wireless and Mobile Networks, Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops), Sydney, October 2013.
- [36] OMNet++. <https://www.omnetpp.org/>, May, 25 2015.
- [37] Mell P. and Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. Maryland, US : The National Institute of Standards and Technology. 2011.
- [38] MCC-forum. Discover the world of mobile cloud computing london : mobile cloud computing forum (2011). <http://www.mobilecloudcomputingforum.co/>.
- [39] Shiraz M., Gani A., Khokhar R., and Buyya R. A review on distributed application processing frameworks in smart mobile devices for mobile cloud computing. volume 15, pages 1–20. In proceedings of the IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2012.
- [40] Fernando N., Loke SW., and Rahayu W. Mobile cloud computing : a survey.
- [41] Alamri A., Ansari W.S., Hassan M.M., Shamim Hossain M., Alelaiwi A., and Hossain M.A. A survey on sensor-cloud : architecture, applications, and approaches. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, pages 1–18, 2013.
- [42] Gerla M. Vehicular cloud computing. pages 152–5. In proceedings of the 11th annual Mediterranean ad-hoc networking workshop (Med-Hoc-Net), 2012.
- [43] Eltoweissy M., Olariu S., and Younis M. Towards autonomous vehicular clouds. *adhoc networks*. pages 1–16, 2010a.
- [44] Olariu S. Hristov T. and Yan G. *The next paradigm shift : from vehicular networks to vehicular clouds*, pages 645–00. Basagni MC S, Giordano S, Stojmenovic I, editors. *Mobile ad hoc networking : cutting edge directions*. 2nd ed. NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2013.
- [45] Tekbiyik N. and Uysal-Biyikoglu E. Energy efficient wireless unicast routing alternatives for machine-to-machine networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 34 :1587–614, 2011.

-
- [46] Chung T.Y., Chen Y.M., and Hsu CH. Adaptive momentum-based motion detection approach and its application on handoff in wireless networks. *Sensors*, pages 5715–39, 2009.
- [47] Oliver N. and Pentland A.P. Driver behavior recognition and prediction in a smart car. pages 280–90. In Proceedings of the SPOE—The International Society for Optical Engineering. Citeseer, 2000.
- [48] Jiang D. and Delgrossi L. Ieee 802.11p : towards an international standard for wireless access in vehicular environments. pages 2036–40. In Proceedings of IEEE on vehicular technology conference, VTC’08. EEE, 2008.
- [49] Xu Q., Segupta R., Jiang D., and D. Chrysler. Design and analysis of highway safety communication protocol in 5.9 ghz dedicated short range communication spectrum. pages 2451–5. In Proceedings of the 57th IEEE Semi-annual Vehicular Technology Conference, VTC’03, 2003.
- [50] Yang X., Liu L., Vaidya N.H., and Zhao F. A vehicle-to-vehicle communication protocol for cooperative collision warning. pages 114–23. In Proceedings of the 1st annual international conference on mobile and ubiquitous systems, networking and services, MOBIQUITOUS’04, 2004.
- [51] Bordley L., Cherry C.R., Stephens D., Zimmer R., and Petrolino J. Commercial motor vehicle wireless roadside inspection pilot test, part b : Stake holder perceptions. In Proceedings of the 91st annual meeting of the transportation research board, 2012.
- [52] Buyya R., Yeo C.S., Venugopal S., Broberg J., and Brandic I. Cloud computing and emerging it platforms : vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation computer systems*, 25 :599–16, 2009.
- [53] Pelzl J., Wolf M., and Wollinger T. Virtualization technologies for cars : solutions to increase safety and security of vehicular ecus. In Proceedings of embedded world conference. Nuremberg, Germany, 2009.
- [54] Arif S., Olariu S., Wang J., Yan G., Yang W., and Khalil I. Datacenter at the airport : reasoning about time-dependent parking lot occupancy. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 23 :2067–80, 2012.
- [55] Eltoweissy M., Olariu S., and Younis M. Towards autonomous vehicular clouds. *Ad-hoc networks*, 49 :1–16, 2010b. Zheng J, Simplot-Ry ID, Leung VM, editors. Berlin Heidelberg.
- [56] Yan G., Wen D., Olariu S., and Weigle M.C. Security challenges in vehicular cloud computing. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14 :284–94, 2013.
- [57] Jovanov E., Raskovic D., Price J. and Moore A., Chapman J., and Krishnamurthy A. Patient monitoring using personal area networks of wireless intelligent sensors. pages 373–8. In Proceedings of the 38th Annual Rocky Mountain Bioengineering Symposium, RMBS 2001, Copper Mountain Conference Center, Biomedical Sciences Instrumentation, April 2001.
- [58] Thorp E.O. The invention of the first wearable computer. pages 4–8. In Proceedings of the IEEE Second International Symposium on Wearable Computers, 1998.
- [59] Zimmerman T.G. Personal area networks : Near-field intra-body communication. *IBM Systems Journal*, 35(3,4) :609–17, 1996.
- [60] IEEE 802.15.4. Standard for local and metropolitan area networks — part 15.4 : Lowrate wireless personal area networks (lr-wpans). <http://ieeexplore.ieee.org/document/6012487/>.

-
- [61] Simon P. and Acker D. Mission thématique : La place de la télémédecine dans l'organisation des soins. November 2008.
- [62] Abuelela M. and Olariu S. Taking vanet to the clouds. In proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM2010), November, 8-10 2010.
- [63] Benadda M., Bouamrane K., and Belalem G. How to Manage Persons Taken Malaise at the Steering Wheel Using HAaaS in a Vehicular Cloud Computing Environment. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, 8(2) :70–87, April 2017.
- [64] Automobile magazine (France). Lexique. <http://www.automobile-magazine.fr/>, April, 24 2016.
- [65] Blot P. Malaise. <http://www.formationambulancier.fr/>.
- [66] World Health Organization. Que faire pour éviter une crise cardiaque ou un accident vasculaire cérébral? <http://www.who.int/features/>, April, 13 2018.
- [67] Office National des Statistiques. Parc national automobile au 31/12/2016. <http://www.ons.dz/>.
- [68] Fabro J. Land rover crée une application qui vous permet de conduire votre voiture à distance. <https://piwee.net/1-land-rover-application-conduire-distance-180615/>, June, 18 2015.
- [69] Alexandre S. Permis de conduire : test obligatoire des gestes de premiers secours. http://leparticulier.lefigaro.fr/jcms/p1_1581451/permis-de-conduire-test-obligatoire-des-gestes-de-premiers-secours, June, 04 2018.
- [70] Association Prévention Routière. Tenir ses distances. <https://www.preventionroutiere.asso.fr/2016/03/30/tenir-ses-distances/>, Mars,30 2016.
- [71] Wikipédia. Orthodromie. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Orthodromie>, February, 28 2018.
- [72] Kumar Amar A. and Kumar S. Vehicular cloud traffic infrastructure generation using sumo. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 4(1) :385–93, January 2016.
- [73] Al Mamun M.A., Anam K., Alam Onik M.F., and Esfar-E-Alam A.M. Deployment of cloud computing into vanet to create ad hoc cloud network architecture. In proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS 2012), San Francisco, USA, October 24 - 26 2012.
- [74] Agarwal Y., Jain K., and Karabasoglu O. Smart vehicle monitoring and assistance using cloud computing in vehicular ad hoc networks. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 7(1) :60–73, March 2018.
- [75] Eudes Y. Dans le data center de facebook, aux abords du cercle polaire. https://www.lemonde.fr/grands-formats/visuel/2016/06/29/dans-le-data-center-de-facebook-aux-abords-du-cercle-polaire_4960471_4497053.html, May, 04 2018.
- [76] Tendil M. Sécurité civile - secours : le grand écart des délais d'intervention. January,01 2017.
- [77] Association des Premiers Répondants du Québec (APRQ). La sécurité routière : ça nous concerne tous! consultation publique sur la sécurité routière. March, 1 2017.

- [78] Wikipédia. Cloudsim. <https://en.wikipedia.org/wiki/CloudSim>, June, 11 2018.
- [79] Wikipédia. Netbeans. <https://fr.wikipedia.org/wiki/NetBeans>, June, 10 2018.
- [80] Doudoux J.-M. Présentation de java. <https://www.jmdoudoux.fr/java/dej/chap-presentation.htm>, June, 11 2018.
- [81] Présentation du langage java. <http://www.coursnet.com/2015/10/le-langage-java.html#>, June, 11 2018.

Annexe **A**

Simulation et Expérimentation

A.1 Introduction

Dans un environnement Cloud Computing Véhiculaire, il est envisageable d'effectuer des simulations de deux manières possibles, soit en utilisant un simulateur VANet déjà existant ou en développant un nouveau simulateur. A cet égard, nous avons choisi, dans ce travail, de créer notre propre simulateur VANet. Dans ce simulateur, nous avons intégré le service HAaaS et avons utilisé le simulateur Cloudsim pour simuler le côté Cloud de notre système.

Cette annexe présente les différents outils que nous avons utilisés pour le développement de notre simulateur et notre service. Aussi, elle expose l'environnement dans lequel nous avons développé HAaaS. Enfin, elle montre, à l'aide de captures d'écran, les étapes de simulation de notre service.

A.2 Outils de développement

Dans cette partie, nous décrivons tous les outils que nous avons utilisés pour l'implémentation de notre service et la construction de notre système. Il convient de rappeler que notre travail comprend deux parties de développement : la partie Cloud et la partie réseau véhiculaire (VANet).

A.2.1 Simulateur Cloud

Pour la partie Cloud de notre travail, nous avons choisi d'utiliser le simulateur de Cloud Computing CloudSim dont l'architecture est présentée dans la Figure A.1.

CloudSim est un framework de modélisation et de simulation d'infrastructures et de services de Cloud Computing [78]. Initialement, construit principalement au Laboratoire Cloud Computing and Distributed Systems (CLOUDS) à l'Université de Melbourne, en Australie, CloudSim est devenu l'un des simulateurs de Cloud open source les plus populaires dans la recherche et les universités [78].

Dans ce travail, nous avons utilisé CloudSim pour montrer, en temps réel, les différents calculs et tâches qui s'exécutent au niveau du Cloud.

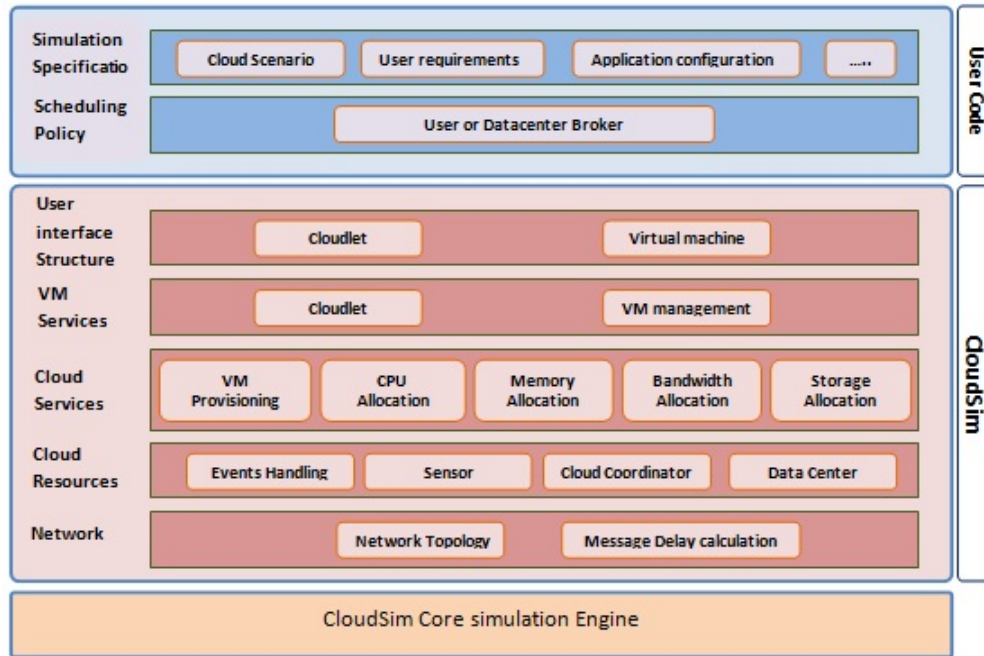


FIGURE A.1: Architecture de CloudSim [14]

A.2.2 Environnement de développement

Dans le but de développer notre simulateur et d'implémenter notre service et sachant que CloudSim est complètement écrit en Java et qu'il faudrait un outil de programmation pour l'utiliser, nous avons choisi l'environnement NetBeans 8.1 (Figure A.2). En effet, NetBeans est un environnement de développement intégré (EDI), placé en open source par Sun en juin 2000 sous licence CDDL (Common Development and Distribution License) et GPLv2 [79]. En plus de Java, NetBeans permet la prise en charge native de divers langages tels le C, le C++, le JavaScript, le XML, le Groovy, le PHP et le HTML, ou d'autres (dont Python et Ruby) par l'ajout de greffons. Il offre toutes les facilités d'un IDE moderne (éditeur en couleurs, projets multi-langage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web) [79].

Compilé en Java, NetBeans est disponible sous Windows, Linux, Solaris (sur x86 et SPARC), Mac OS X ou sous une version indépendante des systèmes d'exploitation (requérant une machine virtuelle Java). Un environnement Java Development Kit JDK est requis pour les développements en Java [79].

NetBeans constitue par ailleurs une plateforme qui permet le développement d'applications spécifiques (bibliothèque Swing (Java)). L'IDE NetBeans s'appuie sur cette plateforme [79].



FIGURE A.2: NetBeans 8.1

A.2.3 Langage de programmation

Pour le développement de notre simulateur et notre service, nous avons choisi le langage de programmation Java. En effet, Java est un langage de programmation à usage général, évolué et orienté objet dont la syntaxe est proche du C. Ses caractéristiques ainsi que la richesse de son écosystème et de sa communauté lui ont permis d'être très largement utilisé pour le développement d'applications de types très disparates. Java est notamment largement utilisé pour le développement d'applications d'entreprises et mobiles [80].

Java est une technologie composée d'un langage de programmation orienté objet et d'un environnement d'exécution. Il a été créé par James Gosling et Patrick Naughton chez Sun Microsystems avec le soutien de Bill Joy. Il fut officiellement présenté le 23 mai 1995 au SunWorld. Le langage Java a la particularité principale d'être portable sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que Windows, MacOS ou Linux. D'ailleurs, c'est la plateforme qui garantit la portabilité des applications développées en Java [81].

Le langage reprend en grande partie la syntaxe du langage C++, très utilisé par les informaticiens [81]. Toutefois, il existe des différences entre les deux langages (Figure A.3).

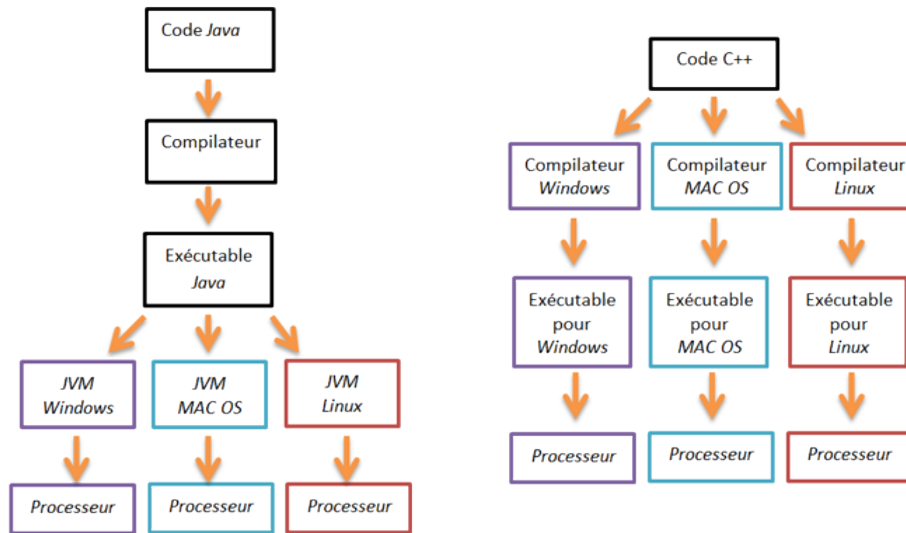


FIGURE A.3: Comparaison entre le fonctionnement d'un programme Java et celui d'un programme écrit avec un langage non portable — ici le C++ [15]

A.3 Description de l'application

Dans cette partie, nous décrivons le fonctionnement de notre application à travers les étapes d'exécution de la simulation de deux scénarios : avec et sans l'intégration du service HAaaS.

A.3.1 Lancement de l'application

Pour lancer notre application, nous avons utilisé l'interface d'accueil de la Figure A.4. A travers cette interface, l'utilisateur peut, soit accéder à la fenêtre principale via le bouton «Access», ou bien quitter l'application à l'aide du bouton «Exit».



FIGURE A.4: Page d'accueil

A.3.2 Présentation de l'interface principale

L'interface principale illustrée par la Figure A.5 comporte une partie supérieure dédiée au Cloud Computing, une barre d'outils, une route et un menu.

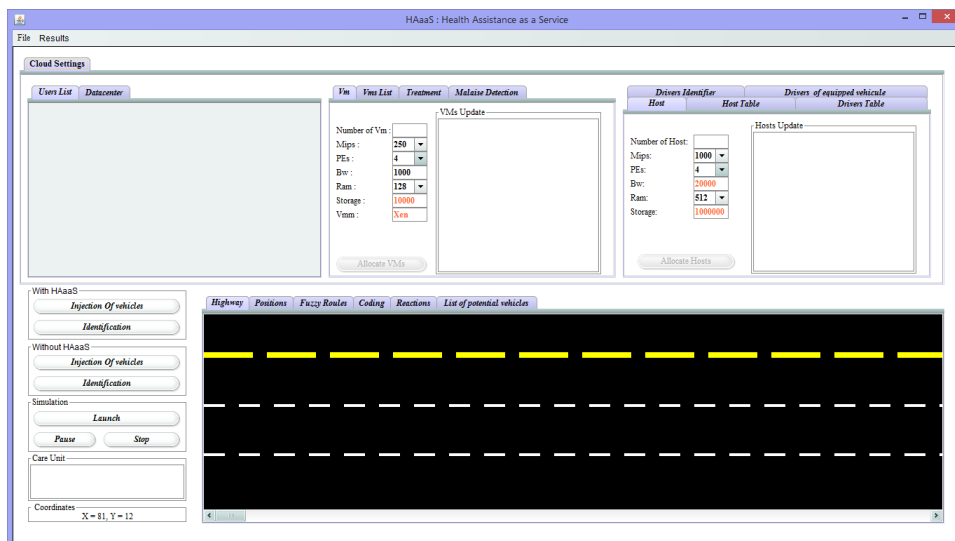


FIGURE A.5: Interface principale

La barre d'outils propose la fonctionnalité «File». Cette dernière propose quatre

(04) items :

- **Load scenario** : Cet item permet à l'utilisateur d'uploader le scénario El Kerma – Oued Tlélat avec deux options possibles : avec et sans l'intégration du service HAaaS. La Figure A.6 montre le chargement du scénario avec le service HAaaS.

Users List		Datacenter				
Vehicle	Locality	Lane	Latitude	Longitude	Type	BAN
1	El Kerma	1	35.59727638...	-0.5727361142...	Intelligent	Yes
2	El Kerma	2	35.59719350...	-0.5726878345...	Intelligent	Yes
3	El Kerma	3	35.59706155...	-0.5726388841...	Non intelli	6
4	El Kerma	1	35.59647159...	-0.5726422369...	Intelligent	No
5	El Kerma	2	35.59634718...	-0.5725919455...	Intelligent	Yes
6	El Kerma	3	35.59626658...	-0.5725403130...	Non intelli...	7
7	El Kerma	1	35.59568207...	-0.5725590884...	Intelligent	No
8	El Kerma	2	35.59555557...	-0.5725074539...	Intelligent	Yes
9	El Kerma	3	35.59544870...	-0.5724518001...	Non intelli...	
10	El Kerma	1	35.59482710...	-0.5724786221...	Intelligent	Yes
11	El Kerma	2	35.59479766...	-0.5724336951...	Intelligent	Yes
12	El Kerma	3	35.59466570...	-0.5723740160...	Non intelli...	
13	El Kerma	1	35.59408990...	-0.5724008381...	Intelligent	Yes

FIGURE A.6: Chargement du scénario El Kerma -Oued Tlélat avec HAaaS

Ce premier scénario uploadé contient 7 propriétés :

- (1) *Vehicle* : le numéro du véhicule.
- (2) *Locality* : l'endroit où se trouve le véhicule.
- (3) *Lane* : le numéro de la voie.
- (4) *Latitude* : la latitude du véhicule (change au fur et à mesure que le véhicule circule).
- (5) *Longitude* : la longitude du véhicule (change au fur et à mesure que le véhicule circule).
- (6) *Type* : le type du véhicule, soit intelligent ou non intelligent.
- (7) *BAN* : permet de savoir si le véhicule intelligent est équipé de capteurs BAN ou pas.

En plus de «*Load scenario*», les trois items restants de la fonctionnalité «*File*» sont :

- **Cloud settings** : Cet item permet à l'utilisateur de configurer le Cloud.
- **Save** : Cet item permet à l'utilisateur de sauvegarder un scénario.
- **Exit** : Cet item permet à l'utilisateur de sortir de l'application.

La Figure A.7 montre le chargement du scénario sans le service HAaaS.

Users List		Datacenter			
Vehicle	Locality	Lane	Latitude	Longitude	Type
1	El Kerma	1	35.5972763...	-0.57273611426...	Non intelligent
2	El Kerma	2	35.5971935...	-0.57268783450...	Non intelligent
3	El Kerma	3	35.5970615...	-0.57263888418...	Non intelligent
4	El Kerma	1	35.5964715...	-0.57264223694...	Non intelligent
5	El Kerma	2	35.5963472...	-0.57259194552...	Non intelligent
6	El Kerma	3	35.5962665...	-0.57254031300...	Non intelligent
7	El Kerma	1	35.5956820...	-0.57255908846...	Non intelligent
8	El Kerma	2	35.5955555...	-0.57250745594...	Non intelligent
9	El Kerma	3	35.5954487...	-0.57245180010...	Non intelligent
10	El Kerma	1	35.5948271...	-0.57247862219...	Non intelligent
11	El Kerma	2	35.5947976...	-0.57243369519...	Non intelligent
12	El Kerma	3	35.5946657...	-0.57237401604...	Non intelligent
13	El Kerma	1	35.5940899...	-0.57240083813...	Non intelligent

FIGURE A.7: Chargement du scénario El Kerma-Oued Tlélât sans HAaaS

Ce deuxième scénario uploadé contient six des sept propriétés du scénario avec le service HAaaS, à savoir : *Vehicle*, *Locality*, *Lane*, *Latitude*, *Longitude*, *Type*.

A.3.3 Simulation avec le service HAaaS

1. Configuration du Cloud

La configuration du Cloud ne peut s'effectuer que dans le cas de la simulation avec le service HAaaS. Pour que l'utilisateur puisse configurer le Cloud, il doit actionner l'item Cloud settings ou utiliser le raccourci *ctrl + c*. La première étape est la création du Datacenter (Figure A.8) :

Users List		Datacenter	
22/10/2018 16:01:14			
Number of Users (Vehicles) :		298	
Name :	DC0		
Cost per Bw :	0.0		
Cost per Memory :	3.0		
Cost :	0.05		
Architecture :	x86		
O.s :	Linux		
Vmm :	Xen		
Cost per Storage :	0.001		
Create Datacenter			

FIGURE A.8: Création du Datacenter

«*Number of Users*» correspond au nombre de véhicules intelligents dans le scénario uploadé. Le bouton «*Create Datacenter*» permet de créer un datacenter.

La deuxième étape est la création et l'allocation des machines virtuelles (Figure A.9) :

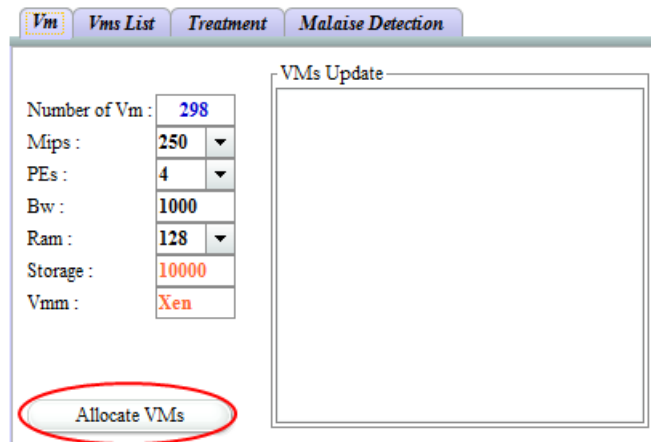


FIGURE A.9: Allocation des machines virtuelles

Le bouton «*Allocate VMs*» permet d'allouer à chaque utilisateur une machine virtuelle. Une fois le bouton actionné, la liste des machines virtuelles créées apparaît (Figure A.10).

ID	Pes	Ram(M...	Bw(Kb/s)	Storage...	Mips	VMM
1	4	128	1000	10000	250	Xen
2	4	128	1000	10000	250	Xen
3	4	128	1000	10000	250	Xen
4	4	128	1000	10000	250	Xen
5	4	128	1000	10000	250	Xen
6	4	128	1000	10000	250	Xen
7	4	128	1000	10000	250	Xen
8	4	128	1000	10000	250	Xen
9	4	128	1000	10000	250	Xen
10	4	128	1000	10000	250	Xen
11	4	128	1000	10000	250	Xen
12	4	128	1000	10000	250	Xen
13	4	128	1000	10000	250	Xen
14	4	128	1000	10000	250	Xen

FIGURE A.10: Liste des machines virtuelles allouées

La troisième et la dernière étape, dans la configuration du Cloud, est la création et l'allocation des machines physiques ou hosts (Figure A.11) :

FIGURE A.11: Allocation des machines physiques «Hosts»

Le bouton «*Allocate Hosts*» permet d'allouer des machines physiques aux machines virtuelles à l'aide de l'algorithme First Fit Decreasing (Figure A.12) que nous avons implémenté et intégré dans CloudSim. Une fois le bouton actionné, la liste des machines virtuelles créées apparaît (Figure A.13).

```
//-----
public static void FirstFitDecreasing(DefaultTableModel VM,int PeVm, int RamVm, int StorageVm, int PeH, int RamH, int StorageH)
{...139 lines }
//-----
```

FIGURE A.12: Algorithme du First Fit Decreasing

Drivers Identifier		Drivers of equipped vehicle					
Host	Hosts Table	Drivers Table					
N°	Host	Pes	Bw	Ram	Storage	Mips	
1	Host1	4	11037	512	553339	1000	▲
2	Host2	4	15518	512	660538	1000	▾
3	Host3	4	18389	512	720496	1000	
4	Host4	4	17483	512	613763	1000	
5	Host5	4	15427	512	767296	1000	
6	Host6	4	18807	512	888331	1000	
7	Host7	4	11535	512	746129	1000	
8	Host8	4	10851	512	984090	1000	
9	Host9	4	15145	512	744507	1000	
10	Host10	4	16472	512	808871	1000	
11	Host11	4	17517	512	534341	1000	
12	Host12	4	11866	512	703453	1000	
13	Host13	4	17292	512	791661	1000	▼

FIGURE A.13: Liste des machines physiques allouées

2. Injection des véhicules

Maintenant que le scénario est uploadé et le Cloud configuré, nous passons à l'injection des véhicules dans la route. L'utilisateur effectue cette opération en actionnant le bouton «*Injection Of Vehicles*» dans la partie simulation «*With HaaS*» (Figure A.14).

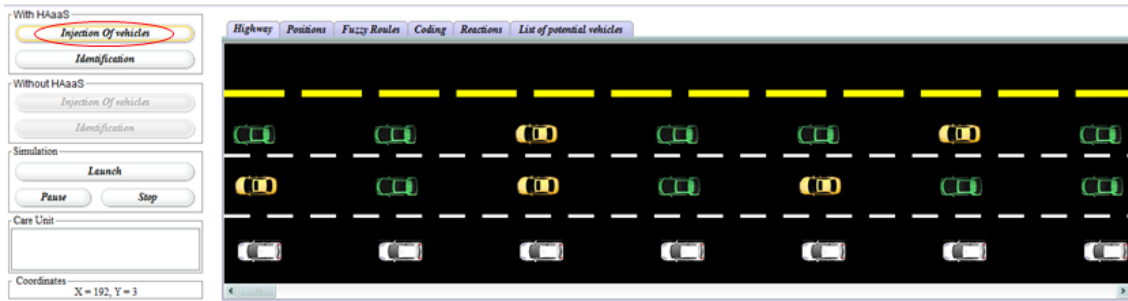


FIGURE A.14: Injection des véhicules «scénario avec HAaaS»

L'injection des véhicules permet aussi le positionnement des véhicules avec des coordonnées en points pixels (Figure A.15).

Vehicle	X	Y	State
1	24282	90	Active
2	24284	150	Active
3	24288	225	Active
4	24118	90	Active
5	24120	150	Active
6	24124	225	Active
7	23954	90	Active
8	23956	150	Active
9	23960	225	Active
10	23790	90	Active
11	23792	150	Active
12	23796	225	Active
13	23626	90	Active
14	23628	150	Active
15	23632	225	Active
16	23462	90	Active

FIGURE A.15: Positionnement des véhicules avec des coordonnées en points pixels

3. Identification des conducteurs

Maintenant que l'injection des véhicules a été effectuée, nous passons à l'identification des conducteurs. L'utilisateur effectue cette opération en actionnant le bouton «*Identification*» dans la partie simulation «*With HAaaS*» (Figure A.16).

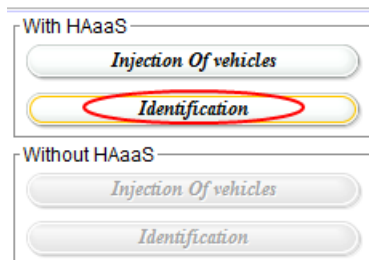


FIGURE A.16: Phase d'identification «scénario avec HAaaS»

Cette action permet de générer trois listes :

- a. **La liste globale des conducteurs** : Comprend la liste de tous les conducteurs des véhicules intelligents (Figure A.17).

Drivers Identifier				Drivers of equipped vehicle						
Host		Hosts Table			Drivers Table					
Driver	Vehi...	Gen...	Bloo...	Day	Month	Year	First...	Num...	Rela...	Order
1	1	F	#OP	17	01	1991	No	0774...	Daug...	1
2	2	F	#BP	03	10	1986	Yes	0702...	Son	2
3	4	F	#BP	11	08	1967	Yes	0648...	Sister	3
4	5	M	#AN	12	10	1981	No	0762...	Son	10
5	7	F	ABN	20	03	1970	No	0688...	Son	5
6	8	F	#BN	09	10	1992	Yes	0500...	Father	6
7	10	F	ABP	24	11	1958	Yes	0776...	Son	7
8	11	M	ABP	14	11	1979	No	0523...	Daug...	8
9	13	M	#AP	25	10	1964	No	0534...	Wife	9
10	14	F	ABN	21	03	1971	No	0613...	Son	10
11	16	M	#BP	10	12	1976	No	0715...	Daug...	11
12	17	M	ABN	19	08	1995	Yes	0516...	Wife	12

FIGURE A.17: Liste globale des conducteurs

Dans la liste générée, chaque conducteur possède onze (11) propriétés :

- (1) Driver : le numéro du conducteur.
- (2) Vehicle : le numéro du véhicule.
- (3) Gender : le sexe du conducteur.
- (4) Blood group : le groupe sanguin du conducteur.
- (5) Day : le jour de naissance du conducteur.
- (6) Month : le mois de naissance du conducteur.
- (7) Year : l'année de naissance du conducteur.
- (8) First aid : « Yes » si le conducteur a des notions de premiers secours et « No » Sinon.
- (9) Num parent : Le numéro de téléphone d'un parent du conducteur.
- (10) Relationship : La relation de parenté du parent avec le conducteur.
- (11) Order : donne le numéro d'ordre de chaque véhicule dans le système (pour des besoins de programmations) ainsi que le nombre total de véhicules dans le système en temps réel.

- b. **La liste des identifiants** : Comprend la liste de tous les identifiants renvoyés par le Cloud (Figure A.18).

Host	Hosts Table	Drivers Table
Drivers Identifier		Drivers of equipped vehicle
Driver	Vehicle	Driver's identifier
1	1	F17011991#OP1
2	2	F03101986#BP2
3	4	F11081966#BP3
4	5	M12101981#AN4
5	7	F20031970ABN5
6	8	F09101992#BN6
7	10	F24111958ABP7
8	11	M14111979ABP8
9	13	M25101964#AP9
10	14	F21031971ABN10
11	16	M20121976#BP11
12	17	M19081995ABN12

FIGURE A.18: Liste des identifiants

- c. **La liste des conducteurs des véhicules équipés** : Comprend la liste des véhicules et des conducteurs équipés de capteurs BAN (Figure A.19).

Host	Hosts Table	Drivers Table				
Drivers Identifier		Drivers of equipped vehicle				
Driver	Vehicle	Ill	Disease	Treatment	Scheme	Allergy
1	1	Yes	Diabetes	Insuline	2 Inj/Day	
9	13	Yes	Hypertension	Cozzar 100mg	1 Pill/Day	
12	17	No				
13	19	Yes	Hypertension	Cozzar 100mg	1 Pill/Day	Aspirin
15	22	No				
16	23	No				Curare
18	26	No				
21	31	No				Ketamine
23	34	Yes	Heart disease	Betatop	3 Pill/Day	
26	38	No				
27	40	Yes	Epilepsy	Dépakine	2 Pill/Day	Curare
31	46	Yes	Heart disease	Betatop	2 Pill/Day	Penicillin

FIGURE A.19: Liste des conducteurs des véhicules équipés

4. Lancement de la simulation

Maintenant que la configuration du Cloud, l'injection des véhicules et l'identification des conducteurs ont été effectuées, nous pouvons commencer la simulation. L'utilisateur effectue cette opération en actionnant le bouton «*Launch*» (Figure A.20). De plus, l'utilisateur peut mettre la simulation sur pause ou l'arrêter en actionnant les boutons «*Pause*» ou «*Stop*».

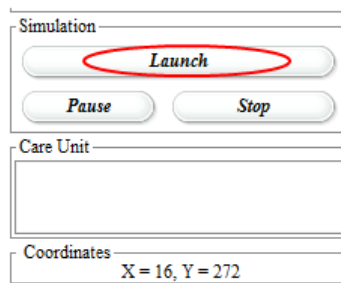


FIGURE A.20: Lancement de la simulation

Une fois le bouton «*Launch*» actionné, les véhicules commencent à circuler. Avec ce lancement de la simulation, beaucoup de processus se lancent simultanément :

- i - **Mise à jour des utilisateurs :** Le nombre d'utilisateurs est mis à jour en temps réel, à chaque fois qu'un véhicule intelligent entre ou sort du tronçon. Aussi, un affichage permanent de cette mise à jour est effectué, au niveau du Cloud, avec le numéro du véhicule et le moment où il est entré ou sorti du tronçon (Figure A.21).

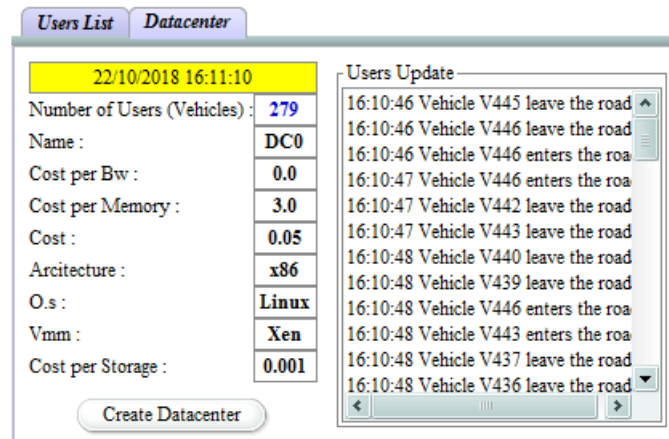


FIGURE A.21: Mise à jour des véhicules au niveau du Cloud

- ii - **Mise à jour des VMs :** Le nombre et la liste des machines virtuelles sont mis à jour en temps réel, à chaque fois que le nombre d'utilisateurs change. Aussi, un affichage permanent de cette mise à jour est effectué, au niveau du Cloud, avec le nombre de VMs allouées ou détruites et le moment de l'opération (Figure A.22).

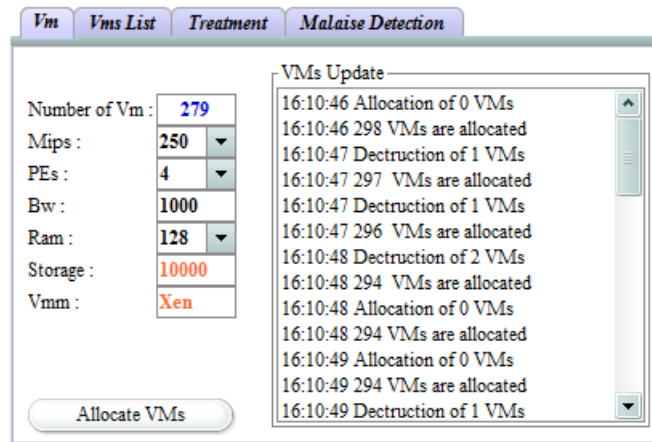


FIGURE A.22: Mise à jour des VMs au niveau du Cloud

- iii - **Mise à jour des hosts** : Le nombre et la liste des machines physiques (hosts) sont mis à jour en temps réel, à chaque fois que le nombre de machines virtuelles change. Aussi, un affichage permanent de cette mise à jour est effectué, au niveau du Cloud, avec le nombre de hosts allouées ou détruites et le moment de l'opération (Figure A.23).

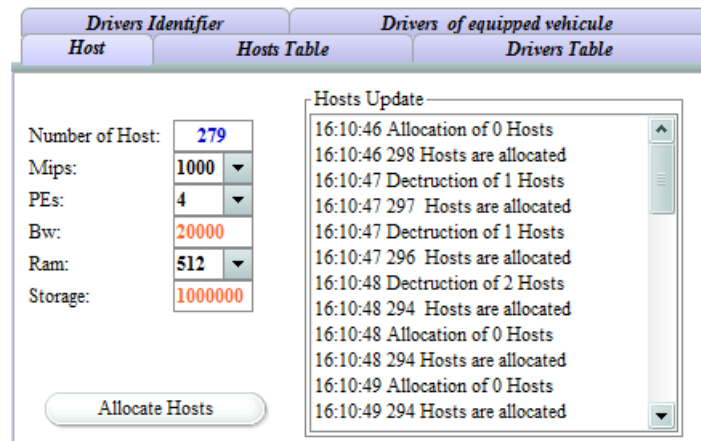


FIGURE A.23: Mise à jour des hosts au niveau du Cloud

- iv - **Mise à jour des conducteurs** : La liste globale des conducteurs, la liste des identifiants ainsi que la liste des conducteurs équipés de capteurs BAN sont, elles aussi, mises à jours à chaque fois qu'un véhicule intelligent entre ou sort du système.
- v - **Traitement** : Le Cloud commence l'envoi périodique des «*vigil-message*» à tous les véhicules du système (Figure 24).

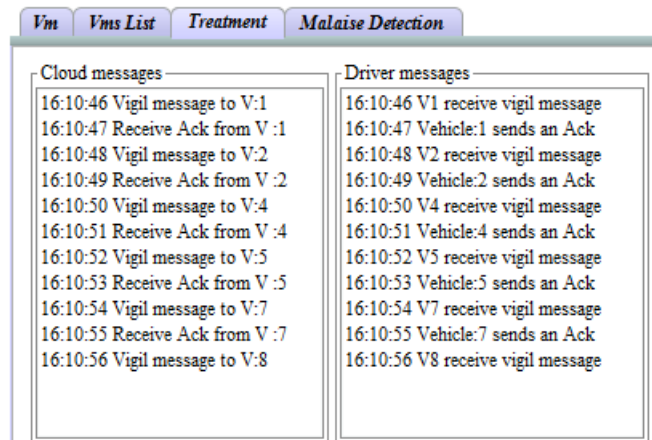


FIGURE A.24: La phase traitement

vi - Détection du malaise : A un moment donné, le Cloud reçoit un signal du capteur BAN lui indiquant la prise de mesures anormales. Suite à ce message, le Cloud entame la procédure de détection du malaise (Figure 25).

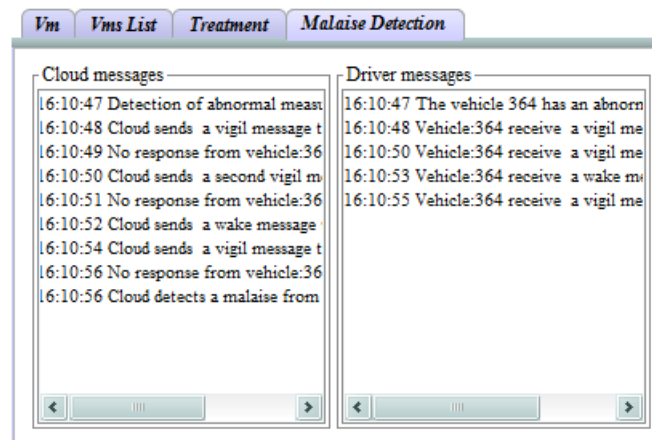


FIGURE A.25: Détection du malaise

Lorsque le Cloud détecte un malaise le véhicule du conducteur en question devient rouge. Les véhicules alertés de l'arrêt du véhicule rouge deviennent, alors, violets (Figure 26).

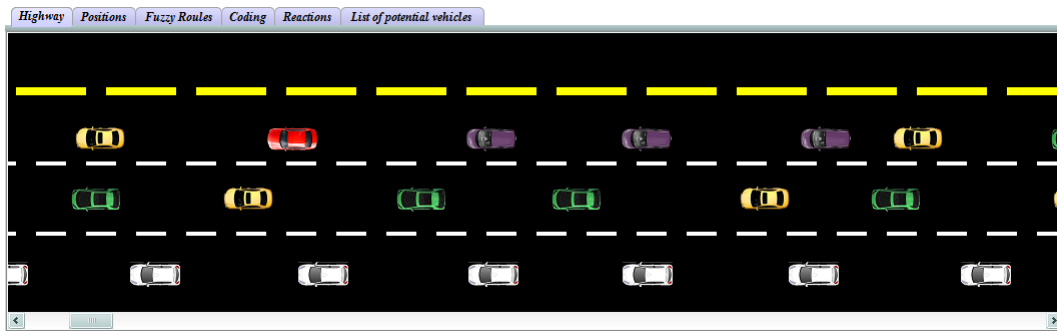


FIGURE A.26: Envoi du message help

Le véhicule rouge est conduit, alors, sur la bande d'arrêt d'urgence (Figure 27).

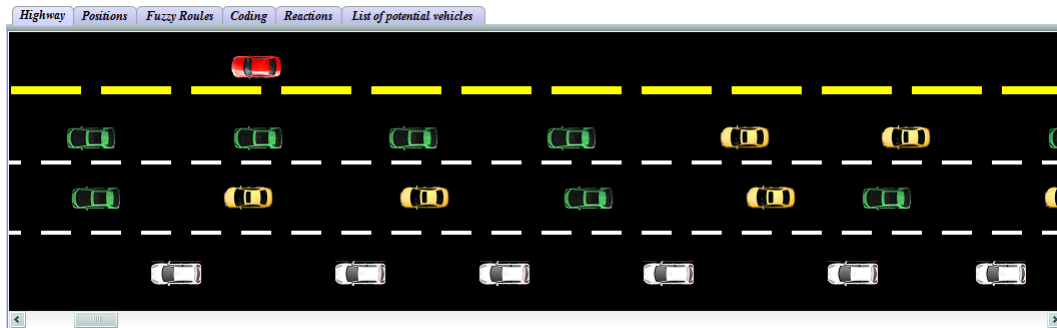


FIGURE A.27: Conduite du véhicule à la bande d'arrêt d'urgence

Une fois le véhicule rouge arrêté, un message avec la position du véhicule et les informations concernant le conducteur, est envoyé à la plateforme de secours des unités de la protection civile (Figure 28).

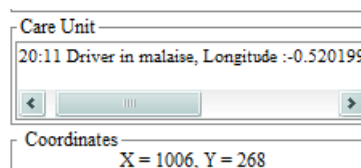


FIGURE A.28: Envoi du message à la plateforme de la protection civile

Une demande d'aide est initiée par le Cloud. Les véhicules qui reçoivent le message Help deviennent bleus. Certains d'entre eux s'arrêtent pour prodiguer les premiers secours (Figure 29).

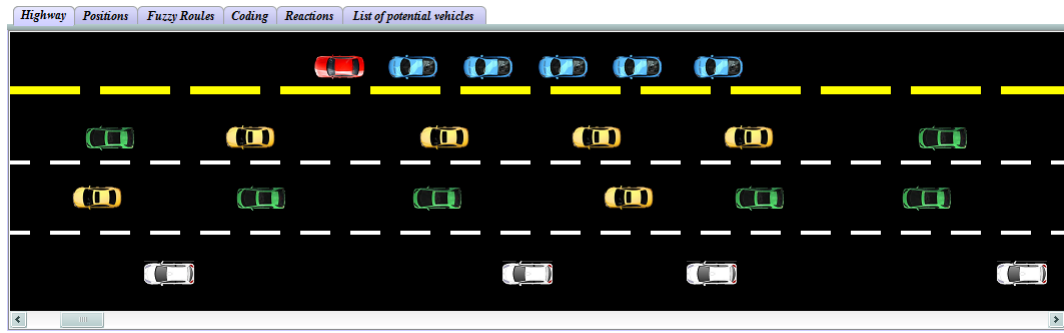


FIGURE A.29: Arrivée des véhicules pour la prodigation des premiers secours

A.3.4 Simulation sans le service HAaaS

Dans cette deuxième simulation, l'étape de configuration du Cloud n'existe pas. L'utilisateur passe directement à l'injection des véhicules en actionnant le bouton «*Injection Of Vehicles*» dans la partie simulation «*Without HAaaS*» (Figure A.30). Dans cette simulation aussi, l'injection des véhicules permet le positionnement des véhicules avec des coordonnées en points pixels.

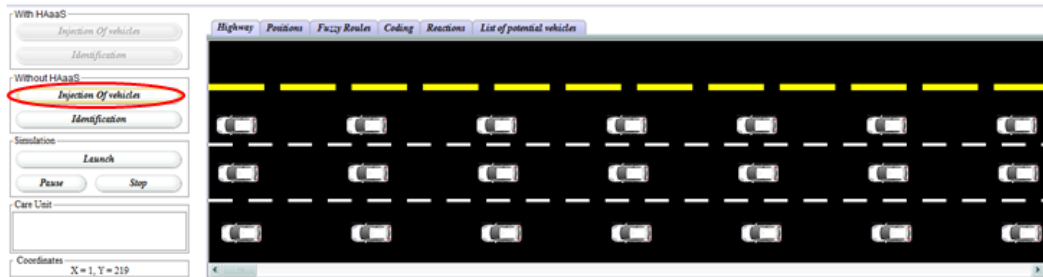


FIGURE A.30: Injection des véhicules dans le scénario sans HAaaS

Une fois l'injection des véhicules effectuée, nous passons à l'identification des conducteurs. L'utilisateur effectue cette opération en actionnant le bouton «*Identification*» dans la partie simulation «*Without HAaaS*» (Figure A.31).

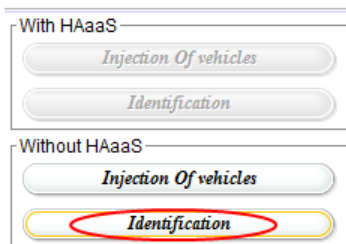


FIGURE A.31: Phase d'identification «scénario sans HAaaS»

Etant donné que dans ce deuxième scénario les véhicules ne sont pas connectés au Cloud alors aucun formulaire rempli préalablement n'existe pour pouvoir iden-

tifier les conducteurs. Par conséquent, la seule information que nous pouvons avoir sur les conducteurs est, au mieux, leurs sexes. Ainsi, la liste des conducteurs peut être illustrée comme dans dans la Figure A.32.

Drivers Identifier		Drivers of equipped vehicle	
Host	Hosts Table	Drivers Table	
Driver	Vehicle	Gender	
1	1	Male	▲
2	2	Male	
3	3	Female	
4	4	Female	
5	5	Male	
6	6	Female	
7	7	Male	
8	8	Male	
9	9	Male	
10	10	Female	
11	11	Female	
12	12	Female	▼

FIGURE A.32: Liste des conducteurs «scénario sans HAaaS»

Pour le lancement des véhicules, dans ce cas aussi il est actionné grâce au même bouton «Launch» (voir Figure A.20).

Etant donné que dans ce cas il n’y a pas de Cloud Computing ni de VANet, alors aucun processus de mise à jour n’est lancé. En effet, à un moment donné, le conducteur d’un des véhicules est victime de malaise, son véhicule devient rouge et comme il n’y a pas de service HAaaS, les conséquences peuvent être diverses et catastrophiques. Dans notre simulation, nous avons choisi un carambolage sur une seule voie de circulation (Figure A.33). Il convient de rappeler que les conséquences peuvent être beaucoup plus catastrophiques.

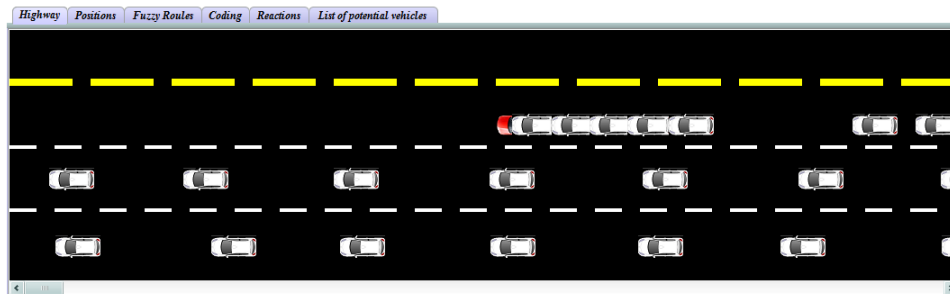


FIGURE A.33: Résultat d’un malaise au volant «scénario sans HAaaS»

A.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l’environnement de développement dans lequel nous avons travaillé. En effet, nous avons utilisé un simulateur Java, que nous avons conçu nous-même et dans lequel nous avons intégré les classes du simulateur

CloudSim.

Aussi, nous avons, à travers ce simulateur, simuler deux scénarios de l'occurrence d'un malaise au volant sur une autoroute. Dans le premier scénario, nous avons intégré le service HAaaS que nous avons proposé dans les chapitres précédents et dans le deuxième scénario, nous n'avons utilisé aucun service.

De plus, nous avons détaillé les différentes composantes et fonctionnalités de notre simulateur et avons montré comment procéder à son utilisation en nous substituons à un utilisateur lambda.

Au final, nous avons obtenu une interprétation graphique du service que nous proposons.

Annexe **B**

Coordonnées Géographiques

Véhicule	Lieu	Voie	Latitude	Longitude	Type
1	El Kerma	1	35.59727638386905	-0.5727361142635345	Intelligent
2	El Kerma	2	35.59719350657053	-0.5726878345012665	Intelligent
3	El Kerma	3	35.59706155701029	-0.5726388841867447	Non intelligent
4	El Kerma	1	35.596471598051544	-0.5726422369480133	Intelligent
5	El Kerma	2	35.59634728082161	-0.5725919455289841	Intelligent
6	El Kerma	3	35.596266583569005	-0.5725403130054474	Non intelligent
7	El Kerma	1	35.59568207131048	-0.5725590884685516	Intelligent
8	El Kerma	2	35.595555571827	-0.572507455945015	Intelligent
9	El Kerma	3	35.59544870141794	-0.5724518001079559	Non intelligent
10	El Kerma	1	35.59482710539381	-0.5724786221981049	Intelligent
11	El Kerma	2	35.59479766125188	-0.5724336951971054	Intelligent
12	El Kerma	3	35.59466570774202	-0.572374016046524	Non intelligent
13	El Kerma	1	35.59408990806254	-0.572400838136673	Intelligent
14	El Kerma	2	35.59398303569661	-0.5723492056131363	Intelligent
15	El Kerma	3	35.59381727419372	-0.5722881853580475	Non intelligent
16	El Kerma	1	35.59329163347366	-0.5723176896572113	Intelligent
17	El Kerma	2	35.59318366949599	-0.5722687393426895	Intelligent
18	El Kerma	3	35.59300154811279	-0.5722050368785858	Non intelligent
19	El Kerma	1	35.59262257184956	-0.572250634431839	Intelligent
20	El Kerma	2	35.59252933924318	-0.5722057074308395	Intelligent
21	El Kerma	3	35.592279933085404	-0.5721460282802582	Non intelligent
22	El Kerma	1	35.59188481871546	-0.5721782147884369	Intelligent
23	El Kerma	2	35.59176812831891	-0.5721306055784225	Intelligent
24	El Kerma	3	35.59140715040786	-0.5720548331737518	Non intelligent
25	El Kerma	1	35.59101672533646	-0.5720977485179901	Intelligent
26	El Kerma	2	35.59090657713676	-0.5720394104719162	Intelligent
27	El Kerma	3	35.590621936037635	-0.5719716846942902	Non intelligent
28	El Kerma	1	35.59033073256094	-0.5720333755016327	Intelligent
29	El Kerma	2	35.59018134015679	-0.5719690024852753	Intelligent
30	El Kerma	3	35.589851982246245	-0.5718939006328583	Non intelligent
31	El Kerma	1	35.58953571012971	-0.5719475448131561	Intelligent
32	El Kerma	2	35.589369939417864	-0.5718885362148285	Intelligent
33	El Kerma	3	35.589005678884774	-0.5718080699443817	Non intelligent
34	El Kerma	1	35.58873302770065	-0.5718617141246796	Intelligent
35	El Kerma	2	35.588541080710094	-0.5718027055263519	Intelligent
36	El Kerma	3	35.58822480341503	-0.5717276036739349	Non intelligent
37	El Kerma	1	35.587949968337206	-0.5717892944812775	Intelligent
38	El Kerma	2	35.58787144385595	-0.5716846883296967	Intelligent
39	El Kerma	3	35.587461370313854	-0.5716390907764435	Non intelligent
40	El Kerma	1	35.58714727001008	-0.5716900527477264	Intelligent
41	El Kerma	2	35.587038207116386	-0.5716364085674286	Intelligent
42	El Kerma	3	35.58666521089721	-0.5715988576412201	Non intelligent
43	El Kerma	1	35.586311844455125	-0.5716095864772797	Intelligent
44	El Kerma	2	35.586270400140606	-0.5715559422969818	Intelligent

45	El Kerma	3	35.58589958163505	-0.5715237557888031	Non intelligent
46	El Kerma	1	35.585557118313396	-0.5715318024158478	Intelligent
47	El Kerma	2	35.5854589597664	-0.571475476026535	Intelligent
48	El Kerma	3	35.58503796730018	-0.5714352428913116	Non intelligent
49	El Kerma	1	35.58477184656833	-0.571451336145401	Intelligent
50	El Kerma	2	35.58465623646662	-0.5713976919651031	Intelligent
51	El Kerma	3	35.584272322478625	-0.5713601410388947	Non intelligent
52	El Kerma	1	35.583995292491714	-0.5713735520839691	Intelligent
53	El Kerma	2	35.58389604135773	-0.5713111907243729	Intelligent
54	El Kerma	3	35.58342814149758	-0.5711482465267181	Non intelligent
55	El Kerma	1	35.58324708860363	-0.5711670219898224	Intelligent
56	El Kerma	2	35.58316201541573	-0.5710865557193756	Intelligent
57	El Kerma	3	35.5827148343521	-0.570877343416214	Non intelligent
58	El Kerma	1	35.58254468675502	-0.5708827078342438	Intelligent
59	El Kerma	2	35.58244216174631	-0.5707888305187225	Intelligent
60	El Kerma	3	35.582001520852906	-0.5705206096172333	Non intelligent
61	El Kerma	1	35.58189463235001	-0.570552796125412	Intelligent
62	El Kerma	2	35.58173975283756	-0.5704153329133987	Intelligent
63	El Kerma	3	35.58130128949493	-0.5700619518756866	Non intelligent
64	El Kerma	1	35.58106787768169	-0.5699922144412994	Intelligent
65	El Kerma	2	35.58095444365767	-0.5698473751544952	Intelligent
66	El Kerma	3	35.580640317829506	-0.5695389211177826	Non intelligent
67	El Kerma	1	35.58032400932705	-0.5693431198596954	Intelligent
68	El Kerma	2	35.58023020725511	-0.5691976100206375	Intelligent
69	El Kerma	3	35.57997715925728	-0.5688737332820892	Non intelligent
70	El Kerma	1	35.57961067453261	-0.5685625970363617	Intelligent
71	El Kerma	2	35.579537595532784	-0.5684063583612442	Intelligent
72	El Kerma	3	35.579357624577305	-0.5681173503398895	Non intelligent
73	El Kerma	1	35.57901513327827	-0.5677793920040131	Intelligent
74	El Kerma	2	35.578909331529914	-0.5675172060728073	Intelligent
75	El Kerma	3	35.57883188892448	-0.5673180520534515	Non intelligent
76	El Kerma	1	35.57853084371883	-0.5669640004634857	Intelligent
77	El Kerma	2	35.57841522460723	-0.566650852560997	Intelligent
78	El Kerma	3	35.57835632424092	-0.5664463341236115	Non intelligent
79	El Kerma	1	35.578149081867004	-0.566156655550003	Intelligent
80	El Kerma	2	35.578072729278276	-0.5658669769763947	Intelligent
81	El Kerma	3	35.5780290991949	-0.5656650824642181	Non intelligent
82	El Kerma	1	35.577837126545695	-0.5653573572635651	Intelligent
83	El Kerma	2	35.577794587089535	-0.5651367455720901	Intelligent
84	El Kerma	3	35.57775422912309	-0.564933568239212	Non intelligent
85	El Kerma	1	35.57753607760106	-0.5645526945590973	Intelligent
86	El Kerma	2	35.57749899178321	-0.5643562227487564	Intelligent
87	El Kerma	3	35.577459724427975	-0.5641503632068634	Non intelligent
88	El Kerma	1	35.57723720905126	-0.5637480318546295	Intelligent

89	El Kerma	2	35.57720230462236	-0.5635448545217514	Intelligent
90	El Kerma	3	35.57716958170646	-0.5633403360843658	Non intelligent
91	El Kerma	1	35.57693397631725	-0.5629299581050873	Intelligent
92	El Kerma	2	35.57691107020077	-0.562744215130806	Intelligent
93	El Kerma	3	35.57687507486164	-0.5625410377979279	Non intelligent
94	El Kerma	1	35.57665692094514	-0.5621547996997833	Intelligent
95	El Kerma	2	35.57664383169124	-0.5619945377111435	Intelligent
96	El Kerma	3	35.57660238237318	-0.5617739260196686	Non intelligent
97	El Kerma	1	35.576386409263506	-0.5613715946674347	Intelligent
98	El Kerma	2	35.57634495981222	-0.5611389130353928	Intelligent
99	El Kerma	3	35.57632532585411	-0.5609692633152008	Non intelligent
100	El Kerma	1	35.57609408109661	-0.5605454742908478	Intelligent
101	El Kerma	2	35.576087536423955	-0.560385212302208	Intelligent
102	El Kerma	3	35.57604172370035	-0.5601538717746735	Non intelligent
103	El Kerma	1	35.575823567514156	-0.5597515404224396	Intelligent
104	El Kerma	2	35.57578975325213	-0.5595282465219498	Intelligent
105	El Kerma	3	35.57575157584235	-0.5593223869800568	Non intelligent
106	El Kerma	1	35.575542145156405	-0.5589602887630463	Intelligent
107	El Kerma	2	35.57552360178803	-0.558774545788765	Intelligent
108	El Kerma	3	35.575483242677315	-0.5585579574108124	Non intelligent
109	El Kerma	1	35.57526508497013	-0.5581797659397125	Intelligent
110	El Kerma	2	35.57521490861344	-0.5579189211130142	Intelligent
111	El Kerma	3	35.57518654805008	-0.5577318370342255	Non intelligent
112	El Kerma	1	35.57495311841652	-0.5573241412639618	Intelligent
113	El Kerma	2	35.57494548285628	-0.5571705847978592	Intelligent
114	El Kerma	3	35.574898578684476	-0.5569405853748322	Non intelligent
115	El Kerma	1	35.57469569055528	-0.5565865337848663	Intelligent
116	El Kerma	2	35.57468914576835	-0.5563954263925552	Intelligent
117	El Kerma	3	35.57463678745378	-0.5561171472072601	Non intelligent
118	El Kerma	1	35.5744469882765	-0.555771142244339	Intelligent
119	El Kerma	2	35.574421899845866	-0.5555438250303268	Intelligent
120	El Kerma	3	35.57437281376317	-0.5552642047405243	Non intelligent
121	El Kerma	1	35.57420483005262	-0.5549637973308563	Intelligent
122	El Kerma	2	35.574189558788724	-0.5547673255205154	Intelligent
123	El Kerma	3	35.57411320242567	-0.5543763935565948	Non intelligent
124	El Kerma	1	35.57398666886374	-0.5541832745075226	Intelligent
125	El Kerma	2	35.57396921594297	-0.5539921671152115	Intelligent
126	El Kerma	3	35.57386667995661	-0.5534832179546356	Non intelligent
127	El Kerma	1	35.57376850708073	-0.5533678829669952	Intelligent
128	El Kerma	2	35.57375541735484	-0.5531150847673416	Intelligent
129	El Kerma	3	35.57367033408453	-0.5526302754878998	Non intelligent
130	El Kerma	1	35.573589613975315	-0.5525954067707062	Intelligent
131	El Kerma	2	35.57357434259414	-0.5523224920034409	Intelligent
132	El Kerma	3	35.57350453052887	-0.5517558753490448	Non intelligent
133	El Kerma	1	35.573432536772856	-0.5517880618572235	Intelligent

134	El Kerma	2	35.573431445957866	-0.5515164881944656	Intelligent
135	El Kerma	3	35.5733561796882	-0.5508814752101898	Non intelligent
136	El Kerma	1	35.57328854906671	-0.5509109795093536	Intelligent
137	El Kerma	2	35.57329727560174	-0.5507158488035202	Intelligent
138	El Kerma	3	35.57322746329503	-0.5500124394893646	Non intelligent
139	El Kerma	1	35.57318164893568	-0.5501004652843475	Intelligent
140	El Kerma	2	35.57318710302746	-0.5499058216810226	Intelligent
141	El Kerma	3	35.573151106014905	-0.5491621792316437	Non intelligent
142	El Kerma	1	35.57309438341683	-0.5493007093257904	Intelligent
143	El Kerma	2	35.57310747325071	-0.549054890871048	Intelligent
144	El Kerma	3	35.573026752574336	-0.548279732465744	Non intelligent
145	El Kerma	1	35.57298311974243	-0.5484245717525482	Intelligent
146	El Kerma	2	35.57297657481558	-0.5481697618961334	Intelligent
147	El Kerma	3	35.57291985209392	-0.5474026501178741	Non intelligent
148	El Kerma	1	35.572867492622926	-0.5475340783596039	Intelligent
149	El Kerma	2	35.57286312933211	-0.5472658574581146	Intelligent
150	El Kerma	3	35.5728391312285	-0.5465765297412872	Non intelligent
151	El Kerma	1	35.57277368181843	-0.5466301739215851	Intelligent
152	El Kerma	2	35.57278240840954	-0.5463726818561554	Intelligent
153	El Kerma	3	35.57275404698498	-0.5456914007663727	Non intelligent
154	El Kerma	1	35.572695142455764	-0.5457504093647003	Intelligent
155	El Kerma	2	35.572697324105775	-0.5454607307910919	Intelligent
156	El Kerma	3	35.5726776892536	-0.5448277294635773	Non intelligent
157	El Kerma	1	35.57261005805933	-0.5448733270168304	Intelligent
158	El Kerma	2	35.57261878466826	-0.5445648729801178	Intelligent
159	El Kerma	3	35.57258387822686	-0.5439452826976776	Non intelligent
160	El Kerma	1	35.57251842860828	-0.5439533293247223	Intelligent
161	El Kerma	2	35.572529336881736	-0.5436690151691437	Intelligent
162	El Kerma	3	35.572487885434604	-0.5430574715137482	Non intelligent
163	El Kerma	1	35.57242679905238	-0.5430413782596588	Intelligent
164	El Kerma	2	35.57240716413393	-0.5427704751491547	Intelligent
165	El Kerma	3	35.572287172860946	-0.5421562492847443	Non intelligent
166	El Kerma	1	35.57221081468457	-0.5421213805675507	Intelligent
167	El Kerma	2	35.572193361376904	-0.5418772995471954	Intelligent
168	El Kerma	3	35.57209518645036	-0.541263073682785	Non intelligent
169	El Kerma	1	35.57202755476433	-0.5412845313549042	Intelligent
170	El Kerma	2	35.572003556410415	-0.5409787595272064	Intelligent
171	El Kerma	3	35.5718988362364	-0.5403779447078705	Non intelligent
172	El Kerma	1	35.571831204384594	-0.5403698980808258	Intelligent
173	El Kerma	2	35.571800660948945	-0.5400829017162323	Intelligent
174	El Kerma	3	35.57168066876755	-0.5394767224788666	Non intelligent
175	El Kerma	1	35.571613036731584	-0.5394686758518219	Intelligent
176	El Kerma	2	35.57156940312968	-0.5391763150691986	Intelligent
177	El Kerma	3	35.571451592285854	-0.5385594069957733	Non intelligent
178	El Kerma	1	35.57138177837073	-0.5385755002498627	Intelligent

179	El Kerma	2	35.57134687139034	-0.5382831394672394	Intelligent
180	El Kerma	3	35.571222515149124	-0.5376635491847992	Non intelligent
181	El Kerma	1	35.57115270103438	-0.5376555025577545	Intelligent
182	El Kerma	2	35.57112215734004	-0.5373738706111908	Intelligent
183	El Kerma	3	35.57100216414242	-0.5367676913738251	Non intelligent
184	El Kerma	1	35.57094107662731	-0.5367864668369293	Intelligent
185	El Kerma	2	35.570903987756125	-0.5364753305912018	Intelligent
186	El Kerma	3	35.57081017465237	-0.5358745157718658	Non intelligent
187	El Kerma	1	35.570740360178306	-0.5358691513538361	Intelligent
188	El Kerma	2	35.570711998030845	-0.5355767905712128	Intelligent
189	El Kerma	3	35.57062036640884	-0.5349786579608917	Non intelligent
190	Oued Tlélat	1	35.57053091639104	-0.5349062383174896	Intelligent
191	Oued Tlélat	2	35.57052000784546	-0.5346621572971344	Intelligent
192	Oued Tlélat	3	35.57043710285046	-0.5341123044490814	Non intelligent
193	Oued Tlélat	1	35.57035856119711	-0.5341042578220367	Intelligent
194	Oued Tlélat	2	35.57032801720001	-0.5337582528591156	Intelligent
195	Oued Tlélat	3	35.57024511200634	-0.5332218110561371	Non intelligent
196	Oued Tlélat	1	35.57019275078718	-0.5332888662815094	Intelligent
197	Oued Tlélat	2	35.570131662654916	-0.5328623950481415	Intelligent
198	Oued Tlélat	3	35.57005748414596	-0.5323366820812225	Non intelligent
199	Oued Tlélat	1	35.569994214187005	-0.5323715507984161	Intelligent
200	Oued Tlélat	2	35.56994403452887	-0.5319638550281525	Intelligent
201	Oued Tlélat	3	35.569861128937845	-0.5314461886882782	Non intelligent
202	Oued Tlélat	1	35.56980222228157	-0.5314783751964569	Intelligent
203	Oued Tlélat	2	35.569745497312354	-0.5310626327991486	Intelligent
204	Oued Tlélat	3	35.56967568191053	-0.530553013086319	Non intelligent
205	Oued Tlélat	1	35.56960368471366	-0.5305556952953339	Intelligent
206	Oued Tlélat	2	35.569555686546465	-0.530177503824234	Intelligent
207	Oued Tlélat	3	35.56947278055359	-0.5296571552753448	Non intelligent
208	Oued Tlélat	1	35.569409510132914	-0.5296678841114044	Intelligent
209	Oued Tlélat	2	35.56935714836764	-0.5292682349681854	Intelligent
210	Oued Tlélat	3	35.56927860565559	-0.5287639796733856	Non intelligent
211	Oued Tlélat	1	35.569213153336726	-0.5287693440914154	Intelligent
212	Oued Tlélat	2	35.56916133687971	-0.5283606424927711	Intelligent
213	Oued Tlélat	3	35.5690822485386	-0.5278708040714264	Non intelligent
214	Oued Tlélat	1	35.5690146143091	-0.5278627574443817	Intelligent
215	Oued Tlélat	2	35.568962252285765	-0.5274631083011627	Intelligent
216	Oued Tlélat	3	35.56889461795499	-0.5269803106784821	Non intelligent
217	Oued Tlélat	1	35.56881389303379	-0.5269642174243927	Intelligent
218	Oued Tlélat	2	35.56877025790741	-0.5265538394451141	Intelligent
219	Oued Tlélat	3	35.56871353220759	-0.5261112749576569	Non intelligent
220	Oued Tlélat	1	35.56863280710398	-0.5260522663593292	Intelligent
221	Oued Tlélat	2	35.56858480835515	-0.5256552994251251	Intelligent
222	Oued Tlélat	3	35.56852808252403	-0.5252368748188019	Non intelligent
223	Oued Tlélat	1	35.56844517546783	-0.5251778662204742	Intelligent

224	Oued Tlélat	2	35.56839281307235	-0.524759441614151	Intelligent
225	Oued Tlélat	3	35.56834263241122	-0.5243410170078278	Non intelligent
226	Oued Tlélat	1	35.56825317985044	-0.5242578685283661	Intelligent
227	Oued Tlélat	2	35.56820081732946	-0.523860901594162	Intelligent
228	Oued Tlélat	3	35.56814409122649	-0.5234397947788239	Non intelligent
229	Oued Tlélat	1	35.56805245666759	-0.5233378708362579	Intelligent
230	Oued Tlélat	2	35.56800445757111	-0.5229650437831879	Intelligent
231	Oued Tlélat	3	35.56794554954977	-0.5225439369678497	Non intelligent
232	Oued Tlélat	1	35.567858278327414	-0.5224420130252838	Intelligent
233	Oued Tlélat	2	35.56781027911461	-0.5220611393451691	Intelligent
234	Oued Tlélat	3	35.56775573451972	-0.5216534435749054	Non intelligent
235	Oued Tlélat	1	35.567672826664335	-0.5215702950954437	Intelligent
236	Oued Tlélat	2	35.56762100921115	-0.5211689695715904	Intelligent
237	Oued Tlélat	3	35.56756373725024	-0.5207575857639313	Non intelligent
238	Oued Tlélat	1	35.567472102027644	-0.5206583440303802	Intelligent
239	Oued Tlélat	2	35.567419738996236	-0.5202560126781464	Intelligent
240	Oued Tlélat	3	35.56736955772569	-0.519864410161972	Non intelligent
241	Oued Tlélat	1	35.56728446767339	-0.5198000371456146	Intelligent
242	Oued Tlélat	2	35.567225559122704	-0.519365519285202	Intelligent
243	Oued Tlélat	3	35.567175377730564	-0.5189765989780426	Non intelligent
244	Oued Tlélat	1	35.567112105495674	-0.5190141499042511	Intelligent
245	Oued Tlélat	2	35.56703356058284	-0.5184696614742279	Intelligent
246	Oued Tlélat	3	35.56698337907044	-0.5180861055850983	Non intelligent
247	Oued Tlélat	1	35.56693974294718	-0.5182094871997833	Intelligent
248	Oued Tlélat	2	35.56683719796392	-0.5175603926181793	Intelligent
249	Oued Tlélat	3	35.56678919813945	-0.5171822011470795	Non intelligent
250	Oued Tlélat	1	35.566767380027905	-0.5174155533313751	Intelligent
251	Oued Tlélat	2	35.5666408348638	-0.5166538059711456	Intelligent
252	Oued Tlélat	3	35.56659719855399	-0.5162917077541351	Non intelligent
253	Oued Tlélat	1	35.566588471289165	-0.5166135728359222	Intelligent
254	Oued Tlélat	2	35.56645101674294	-0.5157659947872162	Intelligent
255	Oued Tlélat	3	35.566420471256194	-0.5154334008693695	Non intelligent
256	Oued Tlélat	1	35.5664161076143	-0.5157606303691864	Intelligent
257	Oued Tlélat	2	35.56626938001663	-0.5148691311478615	Intelligent
258	Oued Tlélat	3	35.5662284707872	-0.5145429074764252	Non intelligent
259	Oued Tlélat	1	35.566230652613314	-0.5148647725582123	Intelligent
260	Oued Tlélat	2	35.56607792464316	-0.5139635503292084	Intelligent
261	Oued Tlélat	3	35.56604083352075	-0.513647049665451	Non intelligent
262	Oued Tlélat	1	35.56604301535195	-0.5139796435832977	Intelligent
263	Oued Tlélat	2	35.56588374151791	-0.5130596458911896	Intelligent
264	Oued Tlélat	3	35.565851013978545	-0.5127592384815216	Non intelligent
265	Oued Tlélat	1	35.56585319581491	-0.5130864679813385	Intelligent
266	Oued Tlélat	2	35.56569610344421	-0.5121637880802155	Intelligent
267	Oued Tlélat	3	35.56566773951112	-0.5118606984615326	Non intelligent
268	Oued Tlélat	1	35.56566337582821	-0.5121718347072601	Intelligent

269	Oued Tlélat	2	35.56550846493114	-0.5112732946872711	Intelligent
270	Oued Tlélat	3	35.565473555391854	-0.5109648406505585	Non intelligent
271	Oued Tlélat	1	35.56547137354514	-0.5112491548061371	Intelligent
272	Oued Tlélat	2	35.565323007829484	-0.5103747546672821	Intelligent
273	Oued Tlélat	3	35.56528591635766	-0.5100663006305695	Non intelligent
274	Oued Tlélat	1	35.565272825245835	-0.5103613436222076	Intelligent
275	Oued Tlélat	2	35.56511791359375	-0.5094654858112335	Intelligent
276	Oued Tlélat	3	35.56508736759883	-0.5091650784015656	Non intelligent
277	Oued Tlélat	1	35.565133186586856	-0.5096746981143951	Intelligent
278	Oued Tlélat	2	35.564919364418685	-0.5085642635822296	Intelligent
279	Oued Tlélat	3	35.56489100021066	-0.5082879960536957	Non intelligent
280	Oued Tlélat	1	35.56492809186528	-0.5087600648403168	Intelligent
281	Oued Tlélat	2	35.564740451553824	-0.5077461898326874	Intelligent
282	Oued Tlélat	3	35.564698996076906	-0.5074109137058258	Non intelligent
283	Oued Tlélat	1	35.564729542219865	-0.5078642070293427	Intelligent
284	Oued Tlélat	2	35.56456153828951	-0.5069334805011749	Intelligent
285	Oued Tlélat	3	35.56450699148312	-0.5065472424030304	Non intelligent
286	Oued Tlélat	1	35.56453099208251	-0.5069629848003387	Intelligent
287	Oued Tlélat	2	35.56438480650209	-0.5061261355876923	Intelligent
288	Oued Tlélat	3	35.5643149864293	-0.5056513845920563	Non intelligent
289	Oued Tlélat	1	35.56433244145321	-0.50605908036232	Intelligent
290	Oued Tlélat	2	35.56420807432491	-0.5053161084651947	Intelligent
291	Oued Tlélat	3	35.564118617148395	-0.504758208990097	Non intelligent
292	Oued Tlélat	1	35.56413389033194	-0.5051498115062714	Intelligent
293	Oued Tlélat	2	35.56403570552975	-0.5045060813426971	Intelligent
294	Oued Tlélat	3	35.56393097494148	-0.5038650333881378	Non intelligent
295	Oued Tlélat	1	35.563928793052774	-0.5042244493961334	Intelligent
296	Oued Tlélat	2	35.56386770014474	-0.5037057830562592	Intelligent
297	Oued Tlélat	3	35.56374333229521	-0.5029772222042084	Non intelligent
298	Oued Tlélat	1	35.56375424176344	-0.5033554136753082	Intelligent
299	Oued Tlélat	2	35.56369314872233	-0.5028752982616425	Intelligent
300	Oued Tlélat	3	35.563549143512596	-0.5020706355571747	Non intelligent
301	Oued Tlélat	1	35.56356878060189	-0.5024729669094086	Intelligent
302	Oued Tlélat	2	35.56349677791763	-0.5019713938236237	Intelligent
303	Oued Tlélat	3	35.563368045684555	-0.501188188791275	Non intelligent
304	Oued Tlélat	1	35.563376773300114	-0.5015663802623749	Intelligent
305	Oued Tlélat	2	35.56330477044333	-0.5010621249675751	Intelligent
306	Oued Tlélat	3	35.56318258362925	-0.50031378865242	Non intelligent
307	Oued Tlélat	1	35.56318912935618	-0.5006678402423859	Intelligent
308	Oued Tlélat	2	35.56311494441994	-0.5001555383205414	Intelligent
309	Oued Tlélat	3	35.56299275731643	-0.4994259774684906	Non intelligent
310	Oued Tlélat	1	35.563001484972844	-0.49977198243141174	Intelligent
311	Oued Tlélat	2	35.562926208904905	-0.4992479458451271	Intelligent
312	Oued Tlélat	3	35.56280293055395	-0.4985247552394867	Non intelligent
313	Oued Tlélat	1	35.562807294392606	-0.49886539578437805	Intelligent

314	Oued Tlélat	2	35.562752746392164	-0.49843356013298035	Intelligent
315	Oued Tlélat	3	35.562610921417246	-0.4976288974285126	Non intelligent
316	Oued Tlélat	1	35.5626043756431	-0.49796953797340393	Intelligent
317	Oued Tlélat	2	35.56255855520919	-0.4975537955760956	Intelligent
318	Oued Tlélat	3	35.56241236603064	-0.49673303961753845	Non intelligent
319	Oued Tlélat	1	35.56239709251899	-0.49706295132637024	Intelligent
320	Oued Tlélat	2	35.56235999969288	-0.49666598439216614	Intelligent
321	Oued Tlélat	3	35.562218174022895	-0.49583181738853455	Non intelligent
322	Oued Tlélat	1	35.56221162821669	-0.496169775724411	Intelligent
323	Oued Tlélat	2	35.56216580755824	-0.4957728087902069	Intelligent
324	Oued Tlélat	3	35.56201525378171	-0.49494668841362	Non intelligent
325	Oued Tlélat	1	35.56200870795893	-0.4952605068683624	Intelligent
326	Oued Tlélat	2	35.56196288718443	-0.4948769509792328	Intelligent
327	Oued Tlélat	3	35.56181669691933	-0.4940508306026459	Non intelligent
328	Oued Tlélat	1	35.56181015108032	-0.4943673312664032	Intelligent
329	Oued Tlélat	2	35.5617119634311	-0.49376383423805237	Intelligent
330	Oued Tlélat	3	35.56161813956501	-0.49316301941871643	Non intelligent
331	Oued Tlélat	1	35.56161159370978	-0.4934687912464142	Intelligent
332	Oued Tlélat	2	35.56151995168054	-0.4928465187549591	Intelligent
333	Oued Tlélat	3	35.561428309546514	-0.4922725260257721	Non intelligent
334	Oued Tlélat	1	35.56141958171876	-0.4925675690174103	Intelligent
335	Oued Tlélat	2	35.56133012142948	-0.49195870757102966	Intelligent
336	Oued Tlélat	3	35.56123847907839	-0.491376668214798	Non intelligent
337	Oued Tlélat	1	35.56122538730539	-0.49167439341545105	Intelligent
338	Oued Tlélat	2	35.56114247269341	-0.49106016755104065	Intelligent
339	Oued Tlélat	3	35.561050830127755	-0.4904915392398834	Non intelligent
340	Oued Tlélat	1	35.56102901045382	-0.49080803990364075	Intelligent
341	Oued Tlélat	2	35.560948277608595	-0.49016162753105164	Intelligent
342	Oued Tlélat	3	35.56087845454173	-0.4896251857280731	Non intelligent
343	Oued Tlélat	1	35.56086318073775	-0.4899577796459198	Intelligent
344	Oued Tlélat	2	35.560758446003454	-0.4892389476299286	Intelligent
345	Oued Tlélat	3	35.560679894862915	-0.4887373745441437	Non intelligent
346	Oued Tlélat	1	35.560679894862915	-0.4890806972980499	Intelligent
347	Oued Tlélat	2	35.56055552206628	-0.48831626772880554	Intelligent
348	Oued Tlélat	3	35.56048351667473	-0.48783615231513977	Non intelligent
349	Oued Tlélat	1	35.560487880639705	-0.48817679286003113	Intelligent
350	Oued Tlélat	2	35.56036787151659	-0.48743918538093567	Intelligent
351	Oued Tlélat	3	35.56028495601747	-0.48694029450416565	Non intelligent
352	Oued Tlélat	1	35.56029586595647	-0.48727020621299744	Intelligent
353	Oued Tlélat	2	35.56017803853671	-0.486556738615036	Intelligent
354	Oued Tlélat	3	35.560090758854855	-0.48604175448417664	Non intelligent
355	Oued Tlélat	1	35.560088576861595	-0.48636093735694885	Intelligent
356	Oued Tlélat	2	35.55998165911887	-0.4856662452220917	Intelligent
357	Oued Tlélat	3	35.55989656122172	-0.4851485788822174	Non intelligent
358	Oued Tlélat	1	35.55987474123352	-0.48545435070991516	Intelligent

359	Oued Tlélat	2	35.559772187209475	-0.48476502299308777	Intelligent
360	Oued Tlélat	3	35.55969799911029	-0.4842554032802582	Non intelligent
361	Oued Tlélat	1	35.55968708908992	-0.48455849289894104	Intelligent
362	Oued Tlélat	2	35.559571442782605	-0.48386111855506897	Intelligent
363	Oued Tlélat	3	35.55950380052551	-0.48336759209632874	Non intelligent
364	Oued Tlélat	1	35.559488526459546	-0.483659952878952	Intelligent
365	Oued Tlélat	2	35.55938160791636	-0.48295721411705017	Intelligent
366	Oued Tlélat	3	35.55930523744105	-0.48246368765830994	Non intelligent
367	Oued Tlélat	1	35.55929869139691	-0.48279091715812683	Intelligent
368	Oued Tlélat	2	35.55918304452919	-0.48206135630607605	Intelligent
369	Oued Tlélat	3	35.55911976598375	-0.4815705120563507	Non intelligent
370	Oued Tlélat	1	35.559104491844636	-0.48188164830207825	Intelligent
371	Oued Tlélat	2	35.559001936835024	-0.48116281628608704	Intelligent
372	Oued Tlélat	3	35.5589342940973	-0.48068001866340637	Non intelligent
373	Oued Tlélat	1	35.55892774802286	-0.4809857904911041	Intelligent
374	Oued Tlélat	2	35.558836102924815	-0.4803420603275299	Intelligent
375	Oued Tlélat	3	35.55874882178163	-0.47978147864341736	Non intelligent
376	Oued Tlélat	1	35.558731365541576	-0.48011675477027893	Intelligent
377	Oued Tlélat	2	35.55865935851122	-0.4795213043689728	Intelligent
378	Oued Tlélat	3	35.55856553107157	-0.478890985250473	Non intelligent
379	Oued Tlélat	1	35.558572077175576	-0.4792557656764984	Intelligent
380	Oued Tlélat	2	35.55849134185547	-0.4787009594554901	Intelligent
381	Oued Tlélat	3	35.55836260158224	-0.47801122069358826	Non intelligent
382	Oued Tlélat	1	35.55837132974288	-0.47837600111961365	Intelligent
383	Oued Tlélat	2	35.55830368647297	-0.47786906361579895	Intelligent
384	Oued Tlélat	3	35.5581640356706	-0.4771207273006439	Non intelligent
385	Oued Tlélat	1	35.5581640356706	-0.47747477889060974	Intelligent
386	Oued Tlélat	2	35.558113848604066	-0.4770241677761078	Intelligent
387	Oued Tlélat	3	35.557967651318144	-0.4762248694896698	Non intelligent
388	Oued Tlélat	1	35.557967651318144	-0.4765842854976654	Intelligent
389	Oued Tlélat	2	35.55791528207622	-0.4761578142642975	Intelligent
390	Oued Tlélat	3	35.557812725545006	-0.47533705830574036	Non intelligent
391	Oued Tlélat	1	35.5577843588217	-0.4756562411785126	Intelligent
392	Oued Tlélat	2	35.55777781265339	-0.4752565920352936	Intelligent
393	Oued Tlélat	3	35.557701440649915	-0.47444120049476624	Non intelligent
394	Oued Tlélat	1	35.557666527709834	-0.47476306557655334	Intelligent
395	Oued Tlélat	2	35.55765561741293	-0.4743526875972748	Intelligent
396	Oued Tlélat	3	35.55758142735462	-0.4735453426837921	Non intelligent
397	Oued Tlélat	1	35.5575246937343	-0.47381356358528137	Intelligent
398	Oued Tlélat	2	35.557544332299734	-0.47346755862236023	Intelligent
399	Oued Tlélat	3	35.557535604049015	-0.4726521670818329	Non intelligent
400	Oued Tlélat	1	35.55746359594442	-0.4729337990283966	Intelligent
401	Oued Tlélat	2	35.55749850897293	-0.4725797474384308	Intelligent
402	Oued Tlélat	3	35.55751814754475	-0.47175630927085876	Non intelligent
403	Oued Tlélat	1	35.55743522909758	-0.4721479117870331	Intelligent

404	Oued Tlélat	2	35.55748105246057	-0.47168388962745667	Intelligent
405	Oued Tlélat	3	35.55752905786037	-0.47086581587791443	Non intelligent
406	Oued Tlélat	1	35.5574417752939	-0.4712413251399994	Intelligent
407	Oued Tlélat	2	35.557491962781235	-0.47078266739845276	Intelligent
408	Oued Tlélat	3	35.557598883845095	-0.4699726402759552	Non intelligent
409	Oued Tlélat	1	35.55748323452482	-0.4703152047634125	Intelligent
410	Oued Tlélat	2	35.5575770632314	-0.4698733985424042	Intelligent
411	Oued Tlélat	3	35.557701440649915	-0.46908214688301086	Non intelligent
412	Oued Tlélat	1	35.55758142735462	-0.46944424510002136	Intelligent
413	Oued Tlélat	2	35.55767525594628	-0.4689614474773407	Intelligent
414	Oued Tlélat	3	35.55784763842143	-0.46821311116218567	Non intelligent
415	Oued Tlélat	1	35.55770798682451	-0.46854034066200256	Intelligent
416	Oued Tlélat	2	35.5578301819851	-0.46807363629341125	Intelligent
417	Oued Tlélat	3	35.55800474617713	-0.46732261776924133	Non intelligent
418	Oued Tlélat	1	35.55786945896147	-0.4676525294780731	Intelligent
419	Oued Tlélat	2	35.55799601797656	-0.46720996499061584	Intelligent
420	Oued Tlélat	3	35.55823822518964	-0.466432124376297	Non intelligent
421	Oued Tlélat	1	35.55807238969933	-0.4667486250400543	Intelligent
422	Oued Tlélat	2	35.55822513292658	-0.46635702252388	Intelligent
423	Oued Tlélat	3	35.558473885559366	-0.46555235981941223	Non intelligent
424	Oued Tlélat	1	35.55830586851482	-0.4658178985118866	Intelligent
425	Oued Tlélat	2	35.558449883146	-0.4654638469219208	Intelligent
426	Oued Tlélat	3	35.55869863508124	-0.4646618664264679	Non intelligent
427	Oued Tlélat	1	35.558550256826805	-0.46492740511894226	Intelligent
428	Oued Tlélat	2	35.55868117883028	-0.46457335352897644	Intelligent
429	Oued Tlélat	3	35.55891683789763	-0.463784784078598	Non intelligent
430	Oued Tlélat	1	35.558768460047126	-0.4640369117259979	Intelligent
431	Oued Tlélat	2	35.55887974346076	-0.46374186873435974	Intelligent
432	Oued Tlélat	3	35.55914158617749	-0.4628969728946686	Non intelligent
433	Oued Tlélat	1	35.558993208743026	-0.4631383717060089	Intelligent
434	Oued Tlélat	2	35.559104491844636	-0.46286746859550476	Intelligent
435	Oued Tlélat	3	35.559364151814144	-0.4620172083377838	Non intelligent
436	Oued Tlélat	1	35.55922013882569	-0.46226397156715393	Intelligent
437	Oued Tlélat	2	35.5593226935561	-0.4619903862476349	Intelligent
438	Oued Tlélat	3	35.559588898839664	-0.46113207936286926	Non intelligent
439	Oued Tlélat	1	35.559449250276586	-0.4613654315471649	Intelligent
440	Oued Tlélat	2	35.55954525868984	-0.46114012598991394	Intelligent
441	Oued Tlélat	3	35.55981800923645	-0.4602496325969696	Non intelligent
442	Oued Tlélat	1	35.55968272508135	-0.46045616269111633	Intelligent
443	Oued Tlélat	2	35.55976345920137	-0.46026572585105896	Intelligent
444	Oued Tlélat	3	35.560042754989325	-0.4593752324581146	Non intelligent
445	Oued Tlélat	1	35.55447847577589	-0.4595012962818146	Intelligent
446	Oued Tlélat	2	35.55999475109504	-0.4593832790851593	Intelligent
447	Oued Tlélat	3	35.56026313613501	-0.45850083231925964	Non intelligent

How to Manage Persons Taken Malaise at the Steering Wheel Using HAaaS in a Vehicular Cloud Computing Environment

Meriem Benadda, Computer Science Department, University of Oran 1, Ahmed Ben Bella, Oran, Algeria

Karim Bouamrane, Computer Science Department, University of Oran 1, Ahmed Ben Bella, Oran, Algeria

Ghalem Belalem, Computer Science Department, University of Oran 1, Ahmed Ben Bella, Oran, Algeria

ABSTRACT

These last years, an increasingly significant number of traffic accidents caused by a malaise at the steering wheel was observed. The management of this kind of phenomenon is difficult and presents a real challenge. Given this fact, the authors try, in this paper, to propose a work which, thanks to new technologies, let's take care of people taken malaise while driving. Thus, they will provide a new service called HAaaS "Health-Assistance as a Service" which will allow the detection of malaise and the management of the driver and the vehicle. Moreover, the aspect of co-operation will be guaranteed thanks to a mechanism that the authors will use and that they call the Help/rescue mechanism.

KEYWORDS

Cloud Computing, Cooperation, Health Monitoring, Intelligent Transportation Systems, Road Safety, VANet

1. INTRODUCTION

Nowadays, one of the major consequences of the important evolution in the field of telecommunications is the development of the transport systems. This is due primarily to current needs in terms of availability and access to data at any time and from any place. Indeed, it aims to make networks safer, more efficient, more reliable and more environmentally friendly without necessarily having to physically alter existing infrastructure.

These new technologies in question include computer science and sensor technologies, control and communications systems; it touches disciplines such as transport, engineering, telecommunications, information technology, finance, e-commerce, automotive engineering, etc.

Intelligent Transportation Systems (ITS) contributes to all major transport policy objectives. Through the application of ITS, road networks can be operated and utilized more efficiently (International Road Federation [IRF], 2016). ITS plays an important role in both preventing accidents and mitigating their impacts (IRF, 2016); they also help to reduce the travel time and the congestions. Likewise, ITS aim to provide innovative services relating to different modes of transport and traffic management (Intelligent transportation system, 2016). As with road safety, ITS contributes to improve

user comfort by providing him a variety of information services, of decision support, guidance, monitoring and surveillance of internet access and make safer, more coordinated, and ‘smarter’ use of transport networks.

The result of ITS technology is a more efficient and reliable road transport network that operates with a minimized effect on the environment (IRF, 2016). Indeed, many applications have since emerged. One of these applications concerns road safety which consists of reinforcing this latter and to equip our cars and roads with capacities to reduce the number of accidents and make roads safer and more convivial. Much information is generated through these systems, such as traffic information, information about accidents or dangers and obstacles, weather information, etc.

As a result, many systems emerged such as the VSN (Vehicular-based Sensor Network) and VCs (Vehicular Clouds), through various forms of communication, mainly VANet.

1.1. Motivations

The traffic accidents are considered as one of the major causes of mortality in the world causing a significant number of deaths. Indeed, every year the lives of approximately 1.25 million people are cut short as a result of a road traffic crash. Between 20 and 50 million more people suffer non-fatal injuries, with many incurring a disability as a result of their injury according to the World Health Organization (2015).

Road traffic injuries cause considerable economic losses to victims, their families, and to nations as a whole. These losses arise from the cost of treatment (including rehabilitation and incident investigation) as well as reduced/lost productivity (e.g. in wages) for those killed or disabled by their injuries and for family members who need to take time off work (or school) to care for the injured (World Health Organization [WHO], 2016).

Furthermore, these accidents lead traffic jams on the roads causing a huge amount of financial costs. In 2014 and in the United States only, there was a loss of \$ 160 billion with 6.9 billion lost hours and 3.1 billion gallons of fuel wasted (Schrank, Eisele, Lomax, & Bak, 2015).

Although they are largely predictable and preventable, for many years, road accidents remain one of leading causes of death in the world. Vigilance is considered one of the main factors of good behavior on the road, it corresponds to a waking state on which can act degradation factors such as tiredness, drowsiness, psychotropic consumption (alcohol, narcotics and/or drugs) but also sometimes repetitive or monotonous driving character. These aspects are sometimes difficult to demonstrate for an accident (Observatoire Départemental de la Sécurité Routière [ODSR], 2013).

There are no exact world statistics on the mortality rate or the number of traffic accidents caused by a malaise during driving. However, a study conducted by the INRETS in 2009 emphasized that the problems of vigilance concerned 11.9% of the drivers implied in the 1107 analyzed accidents (Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité [INRETS], 2009). These accidents are realized almost always by loss of vehicle control. Also, in these accidents, 38.8% of drivers have been victims of drowsiness or malaise. Always, according to the same study, malaise when driving affects both men and women with an average age of 45 and having health problems.

According to the French road prevention association (Association Prévention Routière [APR], 2016), the “tiredness malaise” factor appears in 9% of deaths across the network and 18% of killed on the highway. This risk appears day and night. The same factor is implicated in 8% of road deaths each year in France (ODSR, 2013). For example, over the period 2007-2011, in Gers, the factor “tiredness malaise” has been retained in 88 injury accidents (either in 9.3% of accidents), including 16 fatal accidents (12.8% of fatal accidents). The death toll stood at 19 killed (13.8% of deaths) and 196 injuries (15.7%) including 82 hospitalized (ODSR, 2013).

Moreover, nowadays the vehicles are used only as spectators who testify to the traffic related events without getting involved whereas they have the potential to cooperate between them to obtain better performances, offer more services or solve problems which generally take a considerable quantity of time to be solved.

A lot of work has been realized in the field of prevention and road safety but very little of them have focused on the health and well-being of the driver.

As a result, the authors propose in this work a new service of Vehicular Cloud called “Health-Assistance as a Service”. Their goal is to ensure prevention and to give a decision support in case of malaise or drowsiness of the driver.

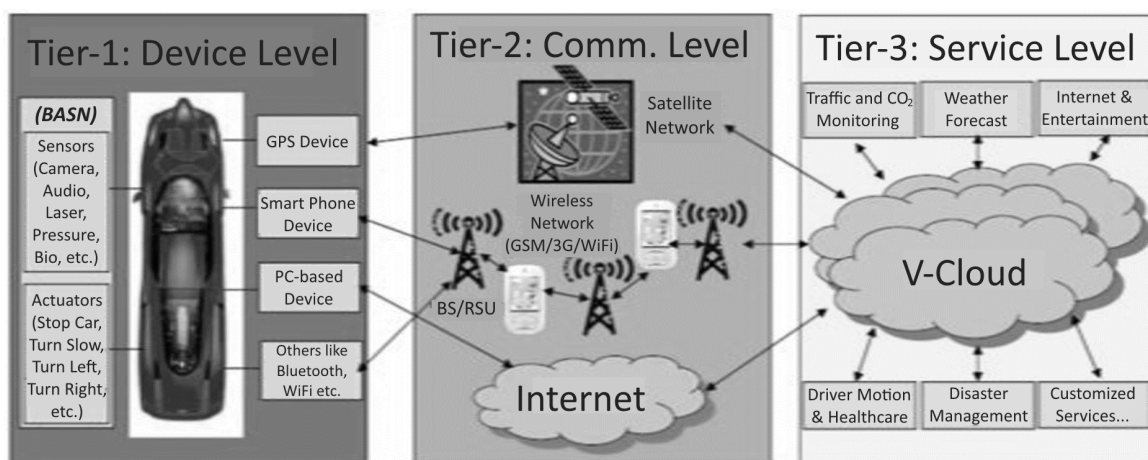
This paper is organized as follows: Section 2 will include some works in the field of Vehicular Clouds and health of the driver, Section 3 presents the authors contribution, it will define the proposed architecture and the functioning of the proposed service, finally section 4 concludes their work, also a set of long- and short-term prospects will be suggested.

2. RELATED WORKS

In the field of Vehicular Clouds, we count much works which have been devoted to provide services in a Vehicular Cloud environment. However, very few of them have been dedicated in providing services in the field of health. Indeed, conducting their research, the authors found only the work of (Wang, Cho, Lee, & Ma, 2011). This latter has a close interest in the health of the driver.

In fact, the authors of (Wang et al., 2011) propose their new Vehicular Cloud architecture that includes the device level, the communication level and the service level. The global idea was the introducing of the concept of Cloud Computing enabled by real-time car services with special emphasis on personalized services. The authors mention the huge amount of financial and human costs caused by traffic congestion. Also, they estimate that each vehicle must cooperate with other vehicles or RSI (Road Side Infrastructure) in a vehicle-to-vehicle (V2V) or vehicle-to-infrastructure (V2I) manner to share and use external resources more efficiently. Therefore, they propose a new three-tier architecture of Vehicular Cloud called V-Cloud (see Figure 1) with a detailed explanation of each tier. The concept of Cloud Computing is presented from an economic perspective and the key idea is to rent software and platform services rather than buying them. Finally, they present some personalized and innovative services in real time for future vehicular cloud applications such as driver health monitoring and car sharing resources services, etc. to facilitate the interaction between drivers and the outside world of the automobile.

Figure 1. Three tier V-Cloud architecture



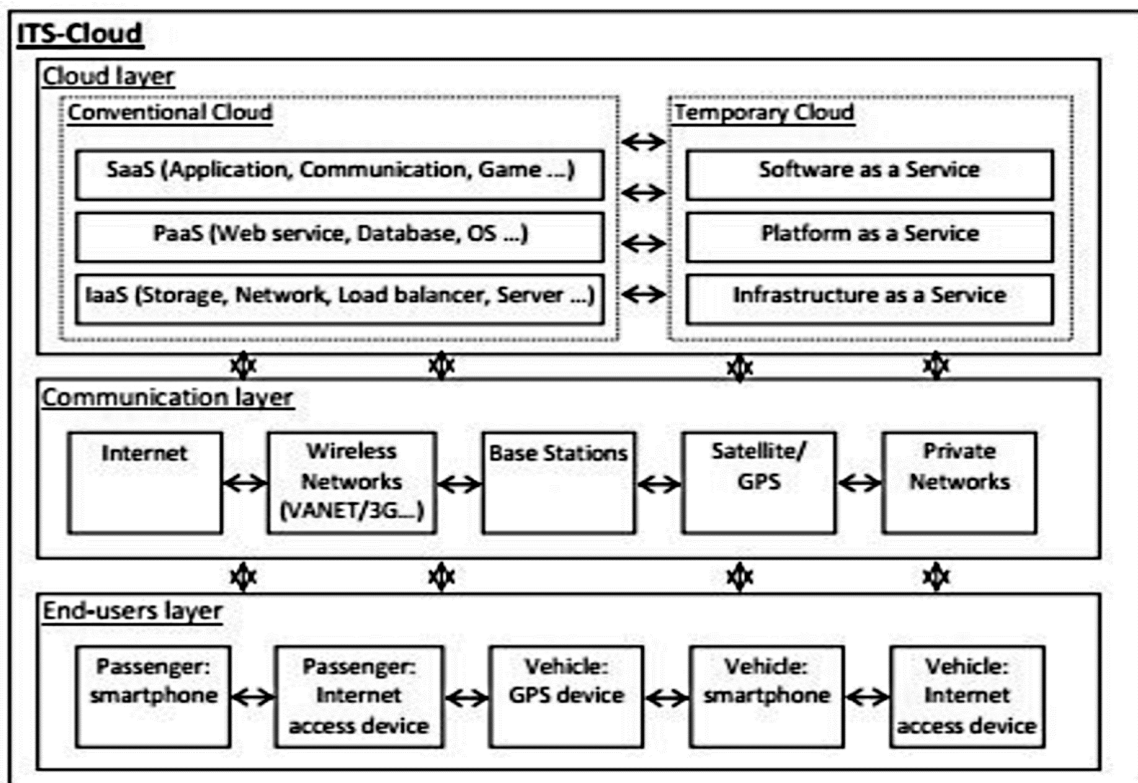
As shown in Figure 1, there are various devices in Tier-1 from sensors, actuators, GPS, Smartphones and PC based devices. Note that many of these small devices can form a Body Area Sensor Network or BASN within a short range. Some of the devices can be equipped with the car while others may be mobile devices or fixed on the driver to monitor the physical information.

In Tier-2, the authors have classified the wireless communication in three groups: 1) Communication with satellite network via GPS devices; 2) Communication with wireless networks GSM/3G/Wifi via a Smartphone or other devices; 3) Communication with internet via PC or navigation devices. Note that communication with the Base Station (BS) or Road Side Unit (RSU) is in Group 2.

In Tier-3, one can see the basic service module (the heart), which is activated by the technique of cloud computing. Here, the authors simply list several representative services such as traffic surveillance, detection of CO2 pollution, Internet access, entertainment, the mood of the driver and the health surveillance, etc. Many other personalized services such as parking, eat, recall can also be developed on the basis of the requirement or the driver's preference.

Also in the field of road safety, but this time the emphasis is not put on health. Indeed, the authors in (Bitam & Mellouk, 2012) present a new model of Cloud Computing called ITS-Cloud applied to intelligent transportation system. The objective is to improve the transport results such as road safety, transport productivity, travel reliability, informed travel choices, environmental protection and resilience of traffic. ITS-Cloud is seen as three abstract layers (as mentioned in Figure 2): First, the end-users represent the basic entity of the end-users layer and are characterized by a certain level of mobility. The end-user could be either a customer or an ITS-Cloud datacenter. In the former, the entity represented by a vehicle driver or passenger, can establish its service request through its communication and computing device. To this end, the end-user receives its service response through the upper layers. Second, the Communication layer ensures the connection between the end-user as customer and the datacenter as cloud server. This layer consists of several communication devices

Figure 2. ITS-Cloud architecture

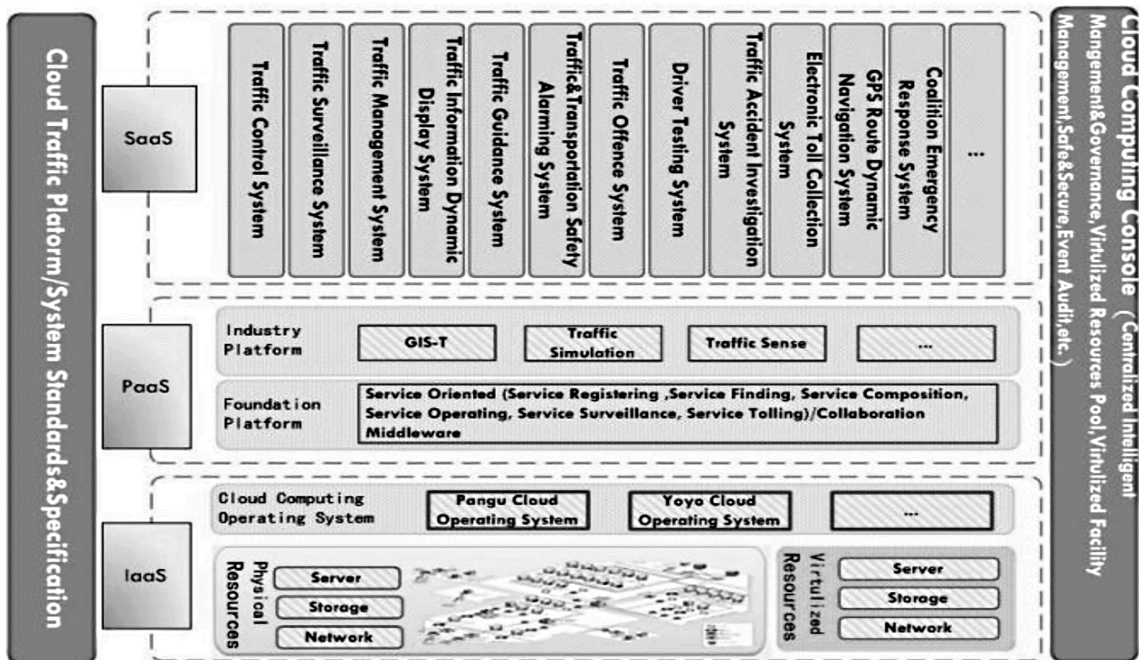


and schemes namely the Internet, wireless networks in its various formats. Finally, the Cloud layer refers to the software delivered as services and the hardware located in the datacenters over the communication layer. Services made available to the customer, can be divided into three kinds of services: software (application, communication, email, entertainment etc.), platform (database, data warehouse, operating system, web services etc.) and infrastructure (storage devices, networks, load balancer tools, optimization process etc.). It is worth noting that this layer can be divided into both static and dynamic cloud, as two parallel structures. The static cloud consists of fixed and conventional cloud servers however; the dynamic one is formed by the vehicles which belong to the cloud in order to contribute to the computing process. To validate this proposal, a simulation study was conducted to deal with load balancing as a NP-complete problem. The results were obtained using the algorithm of Bees Life Algorithm (BLA) applied to ITS-Cloud and compared with those obtained by (BLA) applied only on the conventional Cloud (Bitam & Mellouk, 2012).

In (Cai & Sun, 2011), a new generation of Intelligent Transportation Systems based on Cloud Computing is proposed. The authors describe the architecture of a Cloud Transportation System (CTS) from the point of view of technology and present how to construct it from the point of view of management. Using their architecture, they aim existing problems and challenges of present ITS. Also, they estimate that the CTS shown in Figure 3 is the next generation of ITS, that combines cloud computing, the Internet of things¹, high performance computing, SOA (Service Oriented Architecture) and intelligent transport technology.

The authors present a structure with three layers and two wings. The three layers include Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) and Software as a Service (SaaS). The two wings include the cloud Transportation platform/system standards and specifications and Cloud Computing console. They explain that, in their architecture (Figure 3), IaaS mode can provide new IT infrastructure planning for the management manufacturers of industry information chain. Moreover, the manufacturers with huge amount data management and storage requirement can take the advantage of virtualization technology not only to decrease the equipment cost with effectiveness development, but also to more easily realize the information sharing. The authors add that, in their

Figure 3. Architecture of Cloud Transportation System CTS



architecture (Figure 3), Paas+Saas mode can use large-scale platform to make information resource integration easier and resources more abundant. Finally, they use for the implementation the enterprise architecture framework as a design method and the Enterprise Continuum opinion of TOGAF (The Open Group Architecture Framework) as the example.

In (Abuelela & Olariu, 2010), authors propose their vision of how underutilized computing equipment, networks and storage in VANet can be used efficiently to be shared between drivers or rent to others clients on the internet by setting up what they call a Vehicular Cloud Computing or VC2. They propose the improvement on three existing services in VANET which are Computing as a Service, Network as a Service and Storage as a Service. Always in VANET (BEKTACHE, 2014) proposes a new communication architecture in which the concept of estimating microscopic parameters (position, speed and direction) is the key idea. His architecture is based on the kinematic modeling of vehicle type and the filter method of Kalman for the trajectories estimation. The communication messages are established between entities in the same network: the subject vehicle (SV) and its neighboring vehicles (OV) through a wireless standard called DSRC (Dedicated Short Range Communication), that is a new standard dedicated to inter vehicle communication. In his thesis, the author was interested in the design, the modeling and the simulation of a proposed prediction approach called FCAA (Forecasting Collision Avoidance Approach), this approach is based on the detection, prediction and avoidance of the collision. The proposed approach has been validated by simulating real-world intersections scenarios extracted from the Annaba city in Algeria. The results show that the FCAA approach to collision avoidance is enabled with a significant rate. Also, in the same field (Sam, Evangelin, & Cyril Raj, 2015) provide a solution by proposing a Hybrid VANET based driver alert system. An alert given to the drivers ahead of time gives a better chance for the driver's act in a way as to avoid accidents. The system is designed by integrating a pedestrian body unit along with the vehicular nodes in a VANET. The signals sent by the pedestrian body unit are received by the vehicular nodes in the VANET and are given as input to the alert system. This alert will notify the drivers about surrounding pedestrians, which in turn gives him more reaction time. The system was simulated and a laboratory demonstration was also done. It all proved that the system was able to reduce the chances of accident drastically with the alert system.

Finally, in (Mousannif, Khalil, & Al Moatassime, 2011) authors extend the two novel types of Vehicular Cloud services NaaS (Network as a Service) and SaaS (Storage as a Service) by introducing what they call «Cooperation as a Service» or CaaS. The architecture aims to provide sets of free services and without any additional infrastructure for vehicles/drivers that are willing to co-operate enjoying V2V communications. CaaS uses a hybrid publish/subscribe mechanism where driver (or subscriber) expresses his interests regarding a service (or a set of services) and where cars having subscribed to the same service will cooperate to provide the subscriber with regarding the service he subscribed to, by publishing this information in the network. Figure 4 summarizes the proposed network structure.

Figure 5 sums the three possible scenarios with their proposed architecture.

However, no simulation was performed to evaluate the performance of their proposed architecture.

3. THE ARCHITECTURE PROPOSED BY AUTHORS

Because of the large number of deaths and accidents caused by malaise or falling asleep at the steering wheel and considering the lack of a dedicated mechanism to sick people driving a vehicle (APR, 2016; INRETS, 2009; ODSR, 2013; WHO, 2016), The authors propose, in this work, a new service of Vehicular Cloud called “Health-Assistance as a Service” or “HAaaS”. This latter enters in the field of prevention and road safety and especially in helping and assisting sick or sleepy drivers.

The main objective of authors is to save lives by reducing the number of traffic accidents caused by the happening of a malaise while driving and to reduce the possible material damages. To do this, the authors propose to the driver a set of services in order to improve the vehicle control and to

Figure 4. Their proposed network structure

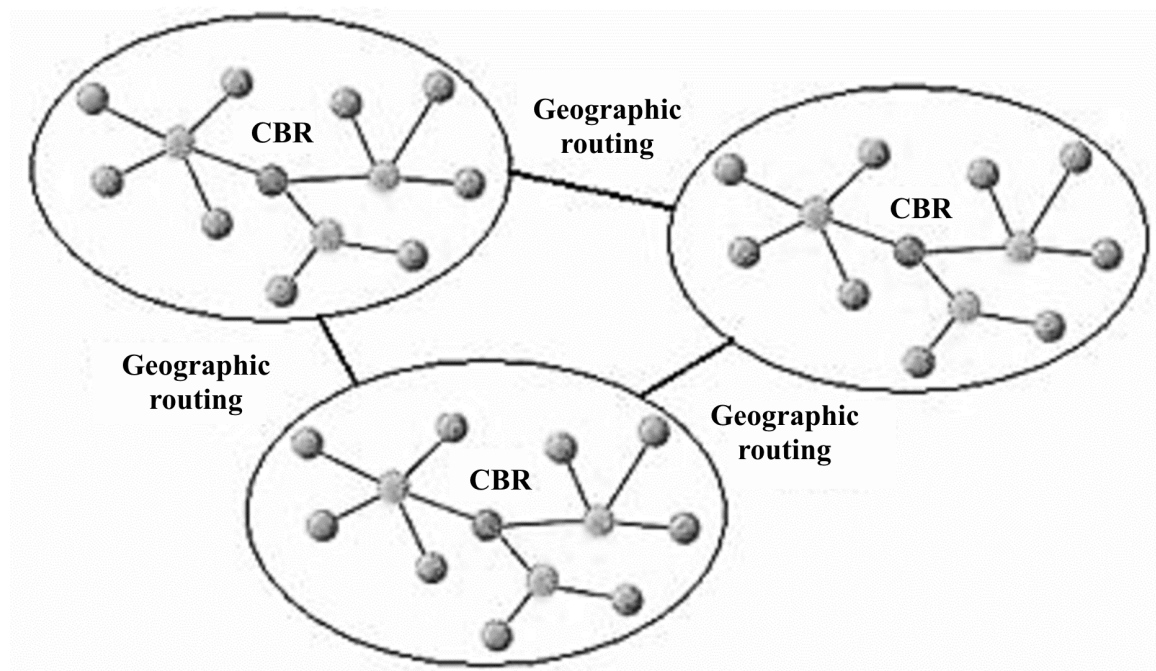
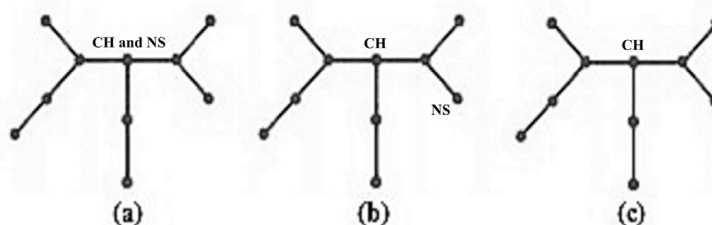


Figure 5. Possible infrastructure scenarios



- (a) **Scenario1: Clusterhead (CH) is equipped with a Navigation system (NS)**
- (b) **Scenario2: The cluster contains at least a node which is equipped with a Navigation system**
- (c) **Scenario3: None of the nodes is equipped with a Navigation system**

manage the driver in case of malaise or drowsiness. Therefore, the main contribution of this paper is that each person behind the wheel will be provided with a decision support in order to manage him in case of malaise or drowsiness. So, besides reducing the number of traffic accidents, the suffering people with chronic diseases such as diabetes or blood pressure can, through this work, take their vehicle safely without worrying about what will happen if they have malaise or that their diabetes or blood pressure rises while driving. Also, knowing that malaise does not happen only for a sick person, HAaaS is an assurance for all persons who want to take the wheel or people who want to take a long way and are afraid to sleep during the drive. In addition, this work allows to give first aid quickly, to persons taken by malaise, by reducing the waiting time before the arrival of ambulance thanks to a broadcasted message to all neighboring vehicles through the help/rescue mechanism in order to find

an aid and to avoid collision with the vehicle in question; at the same time an emergency message is sent to the nearest care unit in which a platform has been dedicated to this kind of messages without going through the usual process for sending an ambulance and which will take a longer time.

To realize their idea, the authors propose three-layer architecture which is presented in Figure 6 and which includes: the device layer, the communication layer and the cloud layer.

3.1. Description of the Architecture

The choice of authors was focused on Three-tier architecture because in this kind of architecture every tier is independent and so physical and technical upgrades or replacements are very easy to perform. Concerning the choice of Cloud Computing, the authors explain that in its functional principle when one of the current servers cannot respond to a demand, a new virtual server is automatically created by the Cloud so the system never fails and that is very suitable in a sensitive context like theirs and which concerns the management of people taken malaise at the steering wheel and in which the paralysis of the system would cause human and material damages. In addition, dynamic allocation capability allows adaptation to load peak especially on highways with very large circulation. In regards to the integration of HAaaS in the Cloud layer, the choice was obvious because of HAaaS uses in parallel, the three basic cloud services.

3.1.1. Device Layer

The device layer is the first layer in this architecture wherein each vehicle is equipped with a set of sensors and devices. These have the task of collecting information on the inside and outside of the vehicle. In this work, the authors distinguish two types of devices: Vehicular devices and Driver devices.

In the first type, the devices are attached to the vehicle. They allow controlling the vehicle and therefore reducing the consequences of the accident. Many devices already exist on vehicles such as environmental sensors (temperature, humidity), smartphones, radar, inertial navigation systems (accelerometer, cruise control, etc.), GPS, cameras, etc. Table 1 presents a non-exhaustive list of available sensors on vehicles today (Automobile magazine, 2016).

Figure 6. The architecture proposed by authors

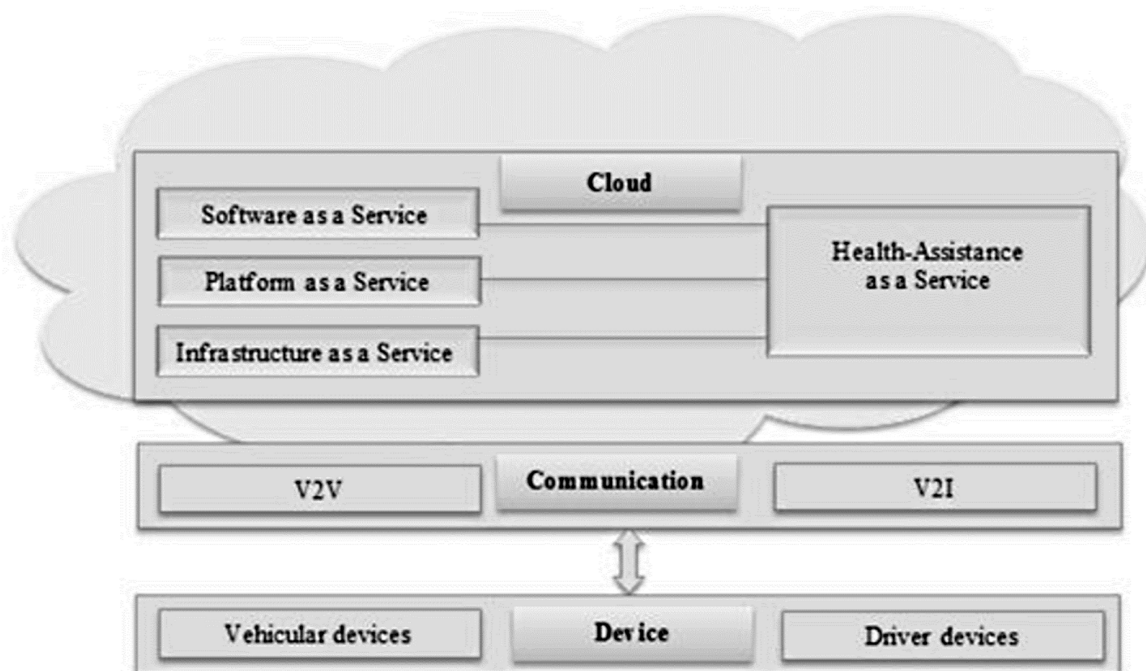


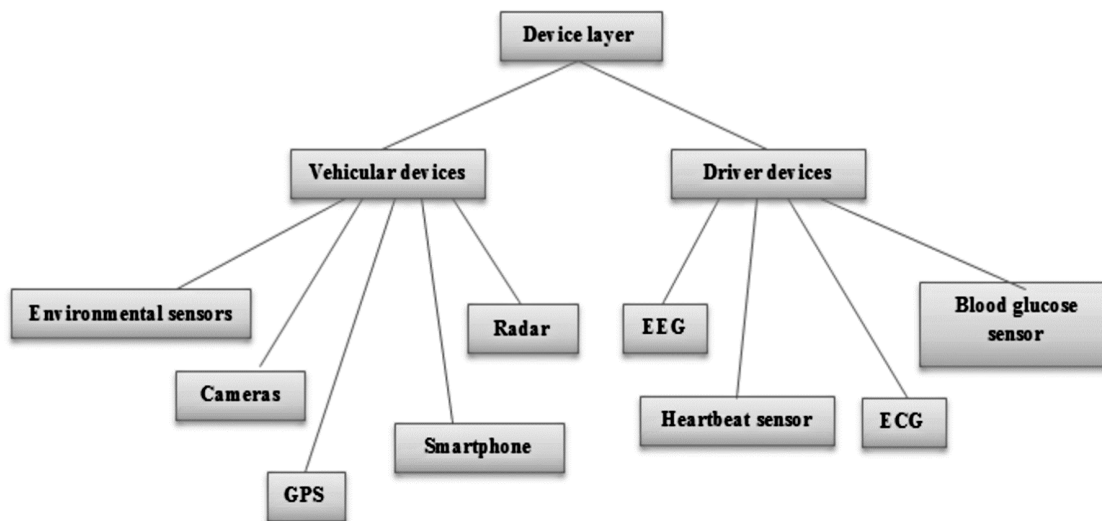
Table 1. A non-exhaustive list of available sensors on vehicles

Device	Function
ABS	Antilock Brake System: it helps keep the steering control while braking.
Helps support in traffic queue	This system assists the driver by acting on the direction to center the car between the white lines.
Automatic parking assistance	This parking assistance system can turn the steering wheel instead the driver. The latter will simply manage the accelerator and the brake.
ACC	Active Cruise Control/Adaptive Cruise Control, anti-collision sensor, which adjusts the car's speed to maintain a safe distance;
Automatic activation of hazard warning lights	This function instantly triggers the hazard warning lights during emergency braking.
AFL	Adaptive Forward Lighting, lighting is adjusted according to speed and steering wheel rotation;
AFIL	A lane departure warning system: a mechanism designed to warn the driver when the vehicle begins to move out of its lane. Volvo and Honda have also their lane departure warning system;
EBA	Emergency Brake Assist, a system to reduce the braking distance;
CBC	Cornering Brake Control, an adjustment of the braking force on the wheels individually when braking cornering;
DDS	Deflation Detection System, detection of tires deflating.

For the second type, it represents all the devices and sensors attached to the driver. They play the role of an indicator on the driver's health such as Electroencephalography (EEG), Electrocardiography (ECG), heartbeat, blood glucose and blood pressure sensors. Figure 7 summarizes the taxonomy of the device layer.

In summary, the device layer is responsible for collecting information within the vehicle in order to predict the driver's reflexes and intentions. The information collected by the sensors is then sent to be used as input to various software programs in the cloud layer.

Figure 7. Device layer taxonomy



3.1.2. Communication Layer

The communication layer is the second layer of the proposed architecture. At this level, the vehicles communicate between them and with the infrastructure, thus offering the potential to significantly increase the quality and reliability of available information on vehicles, their location and the road environment.

This new information allows not only to improve existing services but also to develop new services for road users. They exchange relevant data and information relating to the cross section of road to improve safety and allow a cooperative traffic management. Specifically, through the integrated communication protocols type vehicle-to-vehicle or vehicle-to-infrastructure, a vehicle which detects a dangerous or critical situation will first use the communication vehicle-to-vehicle (V2V) to warn other vehicles being in its direct surroundings. As to V2I communication, it is responsible for data exchange between vehicles and roadside units. Different communications standards are used in the two types of communications and are shown in Figure 8.

3.1.3. Cloud Layer

The Cloud layer is the last layer of the proposed architecture. It includes three basic Cloud Computing services, namely, Infrastructure as a Service, Platform as a Service and Software as a service in addition to a new service called Health-Assistance as a Service (HAaaS) that represents their major contribution in this work. To better understand the role of HAaaS, the authors will explain its functioning process in the functioning part.

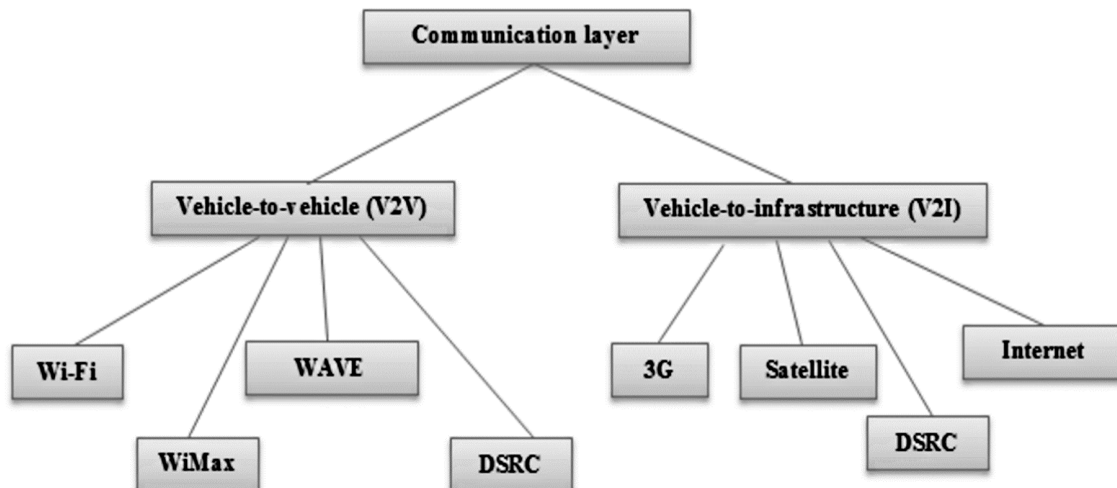
3.2. Functioning

According to the official definition of first aid (Blot, 2016); malaise corresponds to a painful sensation reflecting a disorder of body function without being able to identify the origin. This sensation can be repetitive, fleeting or lasting, brutal or progressive.

Also, according to World Health Organization (2015), to control cardiovascular risk a person must:

- Know her blood pressure, because high is not accompanied usually with any symptoms, but it is a major cause of heart attack or stroke. A control of blood pressure and its storage is required;
- Know her lipid levels in the blood because high cholesterol and abnormal lipid levels in the blood increase the risk of heart attack and stroke;

Figure 8. Communication layer taxonomy



- Know her sugar level in the blood because high blood glucose (diabetes) increases the risk of heart attack and stroke. If a person has diabetes, it is very important to check blood pressure and sugar levels to reduce the risk.

3.3. The Health-Assistance as a Service Process

Referring to World Health Organization indicators cited above and based on the various sensors that exist on new vehicles, the authors established the HAaaS process. It passes through different stages that they explain in the following.

3.3.1. Identification

The HAaaS process begins with the identification of the driver. Thus, when a person takes the car she must fill out a form. It is filled once and only once for each driver. This form includes, at least, the following information: age, chronic diseases if any, medications that take the driver if he is under treatment, sex, blood type, the trip to perform, a number to call in case of emergency, etc. In return, the Cloud provides the driver a unique identifier which will be used in case of change of vehicle. However, if the same driver takes the same vehicle, it will be connected directly after starting the car via his smartphone.

3.3.2. Data Acquisition

From the starting of the vehicle, each of the devices attached to the vehicle or the driver starts working. It collects data and transmits them directly to the cloud for storage. These data serve as indicators in some cases of malaise. Also, they can be used subsequently for possible statistics or researches.

3.3.3. Malaise Detection

Different situations may indicate that a malaise or sleep occurred while driving. In this work, the authors present the following cases:

- Case 1:** One of the measures taken for blood pressure, blood sugar or heart rate exceeds a given threshold. The severity of the malaise is related to the actions taken.
- Case 2:** A smart camera is placed inside the vehicle (facing the driver), which captures the image of the driver and compares it with other pre-established images of a human figure driving. If the captured image does not match any pre-established ones, then infer that the driver sustained a malaise or fell asleep because his body is no longer standing. Figure 9 shows an activity diagram of this case.
- Case 3:** A continuous or discontinuous line crossing sensed by a sensor (Like AFIL Citroën) and not accompanied by a blinking in the case of the broken line (i.e. it is not a case of exceeded) then infer that the driver lost control of the vehicle and therefore either he fell asleep, or he suffers a malaise. Figure 10 shows an activity diagram of case 3, it contains two outputs which refer to malaise and drowsiness cases. The rest of the treatment will determinate in which case we are.
- Case 4:** If there is no response to messages “vigil-message” and also to the sound message “wake-message” sent to the driver to wake him up (see the treatment part), the authors consider that there was malaise.

3.3.4. Treatment

Periodically, a message that the authors call “vigil-message” is sent to the driver from the Cloud (the time interval depends on several parameters including: age, medical condition of the driver, the path length, etc.). The driver must reply to this message to prove that he is indeed alive or he is not sleeping. Since the person is currently driving and that his attention should not be diverted, the

Figure 9. Activity diagram of case 2

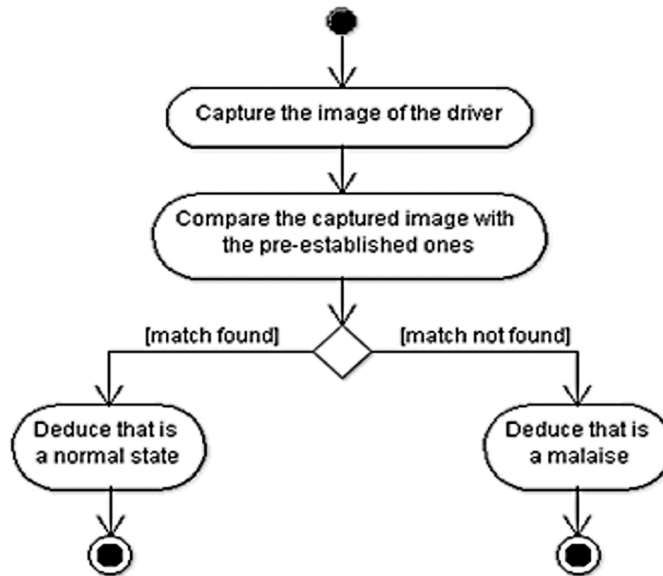
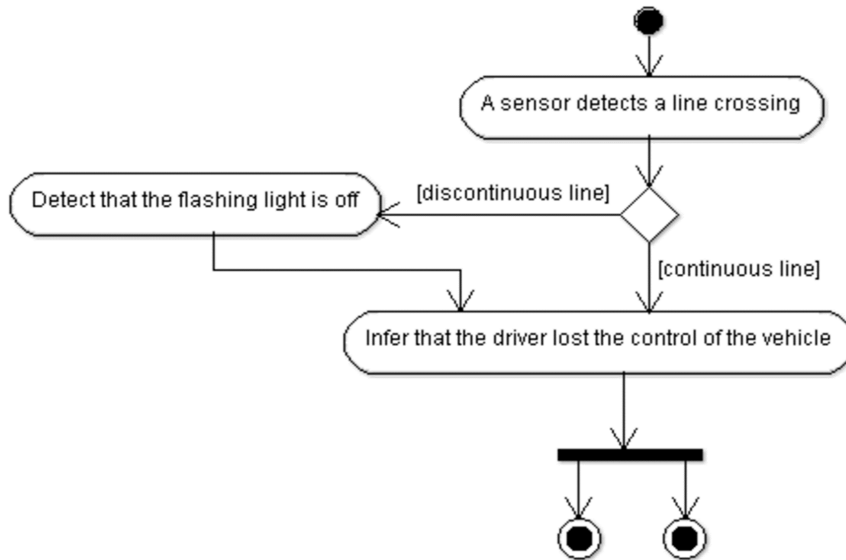


Figure 10. Activity diagram of case 3



authors propose that the answer to be vocal or via a simple choice between “Yes” or “No” response on the smartphone.

If no response is sent to the Cloud, another message is immediately re-sent from the Cloud (considering the message loss that is why the authors propose to re-send a second time). If there is no response to the second message then a sound message that the authors call “wake-message” is sent to the driver to wake him if it’s a case of sleep (considering that the sound is quite strong to wake a sleeping person) (Case 4), simultaneously activating the help support in traffic queue, which figure in Table 1, to avoid any slippage. The sound message is immediately followed by a vigil-message: If this is a case of sleep then the person is awake and can respond to the message. Consequently, a warning-message is sent to the driver indicating that he had fallen asleep and that’s imperative to take a break as soon as possible (this message may be accompanied by the location of the nearest area rest).

For the second and the third cases it is also the same treatment. First, the wake-message (accompanied with the help support in traffic queue) followed by a vigil-message and a warning-message similar to the one sent in the 4th case if it is a case of falling sleep.

However, if it is a case of loss of consciousness, various actions are envisaged which will be explained in the decision-making part.

3.3.5. Decision-Making

The decision-making includes a set of actions to be taken in case of malaise detection. These actions are the same in some cases. However, there is some difference in other cases.

Indeed, in case 1, first, a vigil-message is sent to the driver to make sure he is still conscious. If there is answer, then send an alert-message to warn the driver of his health status indicating the measures taken and suggesting him to take his medication or to stop as soon as possible (optionally specify the path of the nearest pharmacy or a health unit using GPS).

Now that the falling asleep case is spared for the four cases mentioned above. There remains only the case of loss of consciousness. Thus, the following actions are taken:

- First, if the vehicle speed is low (it is measured by the speed sensor) then turn the engine off to stop the car (using automatic emergency braking, a technology available in new cars);
- However, if the speed is high then reduce it with the EBA (see Table 1) then stop the car;
- Switch on hazard warning lights (using Automatic activation of hazard warning lights which figures in Table 1);
- Unlock the doors of the vehicle for easy access to the driver;
- Send a message to nearby vehicles to avoid the vehicle in question (this is explained in cooperation part);
- A message is sent to the emergency with the vehicle's location and information about the patient that the Cloud detains thanks to the form completed by the driver;
- A family member is called by the emergency using the number left by the driver when filling the form.

Algorithm 1 shows the algorithm proposed by authors for treatment and making decision stages. This is the main algorithm which calls two sub-algorithms (case 1 and case 4) shown respectively in Algorithm 2 and Algorithm 3.

The authors denote by:

$$V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}, \text{ a set of } n \text{ vehicles}$$

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_k\}, \text{ a set of } k \text{ clusters where } k < n$$

Also, each cluster j contains m vehicles where $m < n$. Thus: $C_j = \{V_{1j}, V_{2j}, V_{3j}, \dots, V_{mj}\}$.

As a result, the total number of vehicles in all clusters denoted N_{Total} can be calculated as follows:

$$N_{Total} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m V_{ij}$$

3.3.6. Cooperation

In their approach, the authors use the publish/subscribe mechanism described in (Mousannif et al., 2011) but by modifying it so that it adapts to their work. Also, it will not be subject to the same use as that in (Mousannif et al., 2011). Indeed, in (Mousannif et al., 2011), the authors used this mechanism to provide various sets of free services while in present work it will be used solely for possible aid to persons taken malaise to provide first aid. Also, it is through this mechanism that the message alerting to avoid a car whose driver is taken malaise can be broadcast.

Algorithm 1. Treatment and making-decisions stages algorithm (main algorithm)

Main algorithm

Input:

t a time interval;
 V_{ij} , a vehicle i which belongs to cluster j ;
 V_{iib} the speed of vehicle i which belongs to cluster j ;
 $Response1, Response2, Response3$: the different responses to messages sent from the Cloud.
 $ind(1), ind(2), \dots, ind(x)$ a set of x health indicators (measurements taken by EEG, ECG, blood glucose and blood pressure, heartbeat sensors defined in case1 in malaise detection part).
 Thr : the normal threshold for the different health indicators $ind(x)$.

The authors denote by:

$V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$, a set of n vehicles.

$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_k\}$, a set of k clusters where $k < n$.

Also, each cluster j contains m vehicles where $m < n$. Thus: $C_j = \{V_{1j}, V_{2j}, V_{3j}, \dots, V_{mj}\}$

As a result, the total number of vehicles in all clusters denoted N_{Total} can be calculated as follows:

$$N_{Total} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m V_{ij}$$

Output:

/ Treatment */*

```

1: Each  $t$  send vigil_message;
2: Case 1 (response1, ind(i));
3: If response1=0 then
4:     Re-send vigil_message;
5:     If response2=0 then
6:         |
7:         |     Send wake_message;           // It is the sound message
8:         |     Activate the help support in traffic queue
9:         |     Send vigil_message;
10:        |     Case 4 (response3);
11:        |     If response3=1 then
12:        |         falling_asleep ← 1;           // That means that the driver is falling asleep
13:        |         send warning_message;
14:        |         Indicate the location of the nearest area rest;
15:        |     End-If
16:    End-If
17: End-If

```

Algorithm 2. Case 1 algorithm

Case 1 (response1, ind(i))

```

1: If response1=1 then
2:     For  $i=1$  to  $x$  do
3:         |     If  $ind(i) > Thr$  then
4:         |         |     Send alert_message;
5:         |         |     Indicate the path of the nearest pharmacy;
6:         |         |     End-If
7:         |     End-For
8: End-If

```

Algorithm 3. Case 4 algorithm

Case 4 (response3)

```
1:   If response3=0 then
2:       malaise← 1;           // That means that the driver is taken malaise
3:                                   /* Decision-making */
4:       If  $V_{t_{xy}}$  is low then
5:           Stop  $V_{xy}$ ;
6:       Else
7:           Reduce  $V_{t_{xy}}$ ;
8:           Stop  $V_{xy}$ ;
9:       End-If
10:      Switch on warning lights of  $V_{xy}$ ;
11:      Unlock the doors of  $V_{xy}$ ;
12:      Send a message to emergency with the information from the form;
13:      For  $i=1$  to  $m$  do
14:          Send message to  $V_{iy}$  to avoid  $V_{xy}$ ;
15:      End-For
16:  End-If
```

3.4. Their Version of the Publish/Subscribe Mechanism

A brief overview of the publish/subscribe mechanism is available in Section 2 “Related works”. For more details, the authors invite the readers to consult the work of (Mousannif et al., 2011). Thus, they explain here only the changes they want to bring to this approach.

First, the appellation publish/subscribe is not appropriate to their work, therefore their appellation will be the “Help/rescue” mechanism.

Then, for intra-cluster structure, an entity in the cloud will play the role of the broker (no need for a broker node that can fail and make the operation of the system difficult or temporarily impossible).

Also, for the tree construction, a node can initiate the fusion process provided that the maximum height of the tree is not reached because if it’s only the roots that initiate this process it will have only level 1 clusters and it is not desirable especially in the case of very high traffic routes that contain up to 18 channels (5-5 collectors 4-4 express, Ontario, Canada (Autoroute 401 (Ontario), 2016)) because there will be a great number of clusterheads who need to communicate simultaneously with the Cloud. Also, a node doesn’t need to know the interests of its neighbors to build the cluster because the goal is to have a general scheme of the vehicles location in regards of a given vehicle.

Moreover, for the broadcast of asking help and emergency acceptances, the authors propose that each clusterhead communicates with the Cloud, allowing to have a single tree structure (virtualized) whose root is in the Cloud in contrast to (Mousannif et al., 2011) where they use several tree structures. The interest is to take in charge the case where the clusterheads are no longer available (route change, stop, failure, etc.).

Finally, when a person is taken by a malaise, the Cloud sends a message to all vehicles which belong to the same cluster that the car in question in order to find drivers that are doctors, drivers with first aid notions, police or even an ambulance circulating close to the car in question in order to rescue the person in malaise. This initiative was taken in order to minimize the waiting time of the person taken malaise. This message is routed through clusterheads that will be, then, responsible to transmit it to other nodes.

4. CONCLUSION

Through this paper, the authors presented a new service that fits in the field of monitoring and road safety. In this work, they have shown how we can manage a person taken malaise at the steering wheel. Moreover, the authors showed how to manage the case of falling asleep while driving. Thus, this work presents a useful contribution which will avoid possible traffic accidents and therefore save lives.

Besides the proposed architecture, the authors used and modified the publish/subscribe mechanism proposed in (Mousannif et al., 2011) to ensure cooperation between the vehicles. Also, a simulator is being finalized and testing, developed within the computer laboratory of Oran (Algeria) LIO (Laboratoire d'Informatique d'Oran), to test their solution and measure and compare different metrics obtained by their approach to other works. Finally, to study the theoretical complexity of the proposal, the authors estimate that for N vehicles and M clusters, the number of messages circulating in their algorithms is $N+9$ which gives a complexity of $O(N)$. The authors are planning in the near future to study the practice complexity in their simulator in progress.

As prospects, some short-term work will involve:

- Write an algorithm that calculates the time interval between vigil-messages;
- Implement an algorithm to define the different clusters of the help/rescue mechanism;
- Define the maximum height of a cluster.

This work enables the management of malaises on the highways; a long-term work will consist of the extension of this work in other types of roads other than highways.

REFERENCES

- Abuelela, M., & Olariu, S. (2010, November 8-10). Taking VANET to the Clouds. *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM '10)*.
- APR. Association Prévention Routière (France). (2016, April 24). Retrieved from <http://www.preventionroutiere.asso.fr/Nos-publications/Statistiques-d-accidents/Principaux-facteurs-d-accidents>
- Automobile magazine (France). (2016, April 24). Retrieved from http://www.automobile-magazine.fr/les_plus/lexique
- Bektache, D. (2014). Application et Modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière [Doctoral dissertation]. Retrieved from <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2015/10/these-Bektache-Djamel-.pdf>
- Bitam, S., & Mellouk, A. (2012, December). ITS_Cloud: Cloud Computing for Intelligent Transportation System. *Proceeding of Global Communications Conference (GLOBECOM)*.
- Blot, P. Ambulance-man training. (2016, January 21), Retrieved from <http://www.formationambulancier.fr/11-afgsu/m3afgsu-potentiel/0301-afgsu-malaise.html>
- Cai, W. H., & Sun, T. T. (2011, December 16-18). CTS – The New Generation Intelligent Transportation System. *Proceeding of Second International Conference on Innovations in Bio-inspired Computing and Applications (IBICA)*, Shenzhen, China (pp. 137-140).
- INRETS: Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité (France). Mechanisms Department of accidents. (2009). De la vigilance à l'attention... Influence de l'état psychophysiologique et cognitif du conducteur dans les mécanismes d'accidents.
- IRF International Road Federation. (2016, April 25). Retrieved from <http://www.irfnet.ch/consulting.php>
- Mousannif, H., Khalil, I., & Al Moatassime, H. (2011). Cooperation as a Service in VANETs. *The Journal of Universal Computer Science J. UCS*, 17(8), 1202–1218.
- ODSR: Observatoire Départemental de la Sécurité Routière (France). (2013, May). Document Général d'Orientation, Road Safety 2013-2017, Department of Gers, France.
- Sam, D., Evangelin, E., & Cyril Raj, V. (2015, June). Improving road safety for pedestrians in black spots using a hybrid VANET of vehicular sensors and Pedestrian body unit. *Journal of Engineering and Applied Sciences (Asian Research Publishing Network)*, 10(10), 4639–4644.
- Schrank, D., Eisele, B., Lomax, T., & Bak, J. (2015, August). 2015 Urban Mobility Scorecard. Texas Transportation Institute, Texas A&M University System. College Station, Texas.
- Wang, J., Cho, J., Lee, S., & Ma, T. (2011, November 9-11). Real Time Services for Future Cloud Computing Enabled Vehicle Networks. *Proceeding of International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)* (pp. 1-5). doi:10.1109/WCSP.2011.6096957
- WHO. World Health Organization. (2016, April 23). Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>
- Wikipedia. (2016, April 25). Autoroute 401 (Ontario). Retrieved from [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Autoroute_401_\(Ontario\)](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Autoroute_401_(Ontario))
- Wikipedia. (2016, August 13). Intelligent transportation system. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_transportation_system

ENDNOTES

- ¹ The Internet of Things (IoT) is the network of physical objects, devices, vehicles, buildings and other items which are embedded with electronics, software, sensors, and network connectivity, which enables these objects to collect and exchange data.

Meriem Benadda is a PhD candidate in the Department of Computer Science at the University of Oran 1, Ahmed Ben Bella in Algeria. She received her M.S. degree in 2012 from the same university and started her PhD in the same year. Her current research interests are: cloud computing, health monitoring, intelligent transportation systems, mobile environment and vehicular networks.

Karim Bouamrane received the PhD Degree in computer science from the Oran University in 2006. He is Professor of computer Science at the same university. He is member of computer science laboratory (LIO). He is the head of the team diagnosis, decision support system and human interaction. His current research interests deal with decision support system in transportation system, production system, risk management and elearning. He participates in several scientific committees international/national conferences in Algeria and others countries in the same domain and collaborate in Algerian-french scientific projects. He is co-author of more than 30 scientific publications.

Ghalem Belalem graduated from the Department of Computer Science in the Faculty of Sciences at the University of Oran 1, Ahmed Ben Bella in Algeria, where he received his PhD degree in Computer Science in 2007. He is now a research fellow for the management of replicas in data replicas in data grids. His current research interests are distributed systems, grid computing, cloud computing, data grid placement of replicas, and consistency in large scale systems and mobile environments.

ملخص

برزت، خلال العقد الماضي، الحوسبة السحابية للعربات كمجال للبحوث، جذاب وجدواعد. في الواقع، مع انتشار صناعة السيارات، أصبحت هذه الأخيرة مجهزة على نحو متزايد بمختلف الموارد والأجهزة للحساب والتواصل والتخزين والكشف. هذه المعدات تتحسن باستمرار حتى بالنسبة للمركبات المخصصة للاستخدام اليومي البسيط.

ظهرت شبكات استشعار الجسم كقناة فرعية من تكنولوجيا شبكات الاستشعار اللاسلكية، وتعتبر هذه التكنولوجيا أقل حداثة من الحوسبة السحابية للعربات. هذه الشبكات مثيرة للاهتمام بشكل خاص في المجال الطبي إذ إنها تسمح بتوفير متابعة مستمرة لصحة المريض دون أي قيود على أنشطته اليومية العادية.

يشكل التوعك أثناء القيادة أحد الأسباب الرئيسية لحوادث المرور على الرغم من صعوبة إثباته في الحادث والواقع أن هذه الظاهرة تتكرر بشكل متزايد. قد يتجسد التوعك في أزمة أوغشيان أو نوم.

نقترح في هذا العمل، أن نستخدم الحوسبة السحابية للمركبات وشبكات استشعار الجسم للتكفل بالأشخاص الذين يشعرون بتوعك أثناء القيادة وكذا بسياراتهم في حالة فقدان السيطرة عليها. للقيام بذلك، سوف نقدم خدمة جديدة من خدمات الحوسبة السحابية للمركبات والمسماة "Health-Assistance as a Service" HAaaS. توفر هذه الخدمة دعم للمساعدة على اتخاذ القرار والتكفل قادر، من ناحية، على رصد وإدارة توعك السائق، ومن ناحية أخرى، توفير آلية للتعاون بين المركبات لإنقاذ السائق المتوعك. هدفنا هو التقليل من عدد حوادث المرور، والأضرار المادية والبشرية التي يمكن أن تنتج، فضلا عن الوقت والوقود المفقود في الاختناقات المرورية الناجمة عن هذه الحوادث.

الكلمات المفتاحية: الحوسبة السحابية للعربات، شبكات استشعار الجسم، التوعك أثناء القيادة، مراقبة الصحة، التعاون.

Abstract

Over the last decade, the Vehicular Cloud Computing has appeared as an attractive and very promising field of researches. Indeed, with the proliferation of the automotive industry, vehicles have become increasingly equipped with various resources and devices for calculation, communication, storage and detection. These equipments are continually improving even for vehicles intended for everyday use.

Less recent than the Vehicular Cloud Computing, the Body Area Networks have emerged as a sub-category of Wireless Sensor Networks technology. These networks are particularly interesting in the medical field. Indeed, it provides a continuous health monitoring of a patient without any constraint on his/her normal daily life activities.

Although difficult to highlight in an accident, malaise behind the wheel remains an important cause of traffic accidents. Indeed, it is an increasingly frequent phenomenon that is materialized by a crisis, syncope or a falling asleep.

By using Vehicular Cloud Computing and Body Area Networks, we propose, in this work, to undertake persons taken malaise behind the wheel and manage their vehicles in case of loss of control. To do this, we will present a new service of Vehicular Cloud Computing called HAaaS "Health-Assistance as a Service". This service provides a decision support able, on the one hand, to monitor and manage the malaise of a driver and, on the other hand, to provide a mechanism for cooperation between vehicles to rescue the driver taken malaise. Our objective is to reduce the number of traffic accidents, the material and human damage that can be caused as well as the time and fuel lost in traffic jams caused by accidents.

Keywords : Vehicular Cloud Computing, Body Area Networks, malaise behind the wheel, health monitoring, cooperation.

Résumé

Au cours de la dernière décennie, le Cloud Computing Véhiculaire est apparu comme un domaine de recherche attractif et très prometteur. En effet, avec la prolifération de l'industrie automobile, les véhicules sont devenus de plus en plus équipés avec divers ressources et dispositifs de calcul, de communication, de stockage et de détection. Ces équipements sont en continue amélioration même pour les véhicules destinés à un simple usage quotidien.

Moins récents que le Cloud Computing Véhiculaire, les réseaux de capteurs corporels sont apparus comme une sous-catégorie de la technologie des réseaux de capteurs sans fil. Ces réseaux sont particulièrement intéressants dans le domaine médical. En effet, ils permettent de fournir un suivi et une surveillance continue de la santé d'un patient sans aucune contrainte sur ses activités quotidiennes normales.

Bien qu'il soit difficile à mettre en évidence dans un accident, le malaise au volant reste considéré comme une cause importante d'accidents de la circulation. En effet, c'est un phénomène de plus en plus fréquent qui se matérialise par une crise, une syncope ou un endormissement.

En utilisant le Cloud Computing Véhiculaire et les réseaux de capteurs corporels nous proposons, dans ce travail, de prendre en charge les personnes prises de malaise au volant et de gérer leurs véhicules en cas de perte de contrôle. Pour ce faire, nous présenterons un nouveau service de Cloud Computing Véhiculaire appelé HAaaS « Health-Assistance as a Service ». Ce service fournit un support d'aide à la décision et de prise en charge capable, d'une part, de surveiller et de gérer le malaise d'un conducteur et, d'autre part, de fournir un mécanisme de coopération entre les véhicules permettant de secourir le conducteur en malaise. Notre objectif est de réduire le nombre d'accidents de la circulation, les dégâts matériels et humains pouvant être engendrés ainsi que le temps et le carburant perdus dans les embouteillages causés par les accidents.

Mots clés : Cloud Computing Véhiculaire, réseau de capteurs corporels, malaise au volant, surveillance de la santé, coopération.

