

**UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA-**  
Faculté des sciences de l'ingénierat  
Département d'informatique

---

**MEMOIRE**

En vue de l'obtention du diplôme MAGISTER en informatique

**Option : Informatique embarquée**

**THEME**

***L'intelligence ambiante et les systèmes  
de transport intelligents***

**Présenté et soutenue par :**

- *AHMED MALEK Nada*

**Jury :**

**Président :** Pr. KIMOUR Mohammed Taher      UBM-Annaba

**Rapporteur :** Pr. DIB Lynda      UBM-Annaba

**Examineur :** Dr. BOUDOUR Rachid      UBM-Annaba

**Examineur :** Dr. GHANEMI Salim      UBM-Annaba

**Année : 2014**

# Dédicace

*Je dédie humblement ce manuscrit à :*

*A celui qui m'a toujours ouvert ses bras et soutenu dans tout ce que j'ai entrepris ; celui qui a su être bon, gentil et compréhensif avec moi ; celui qui a toujours su trouver les mots pour me redonner la force de continuer et d'aller au bout de cette aventure qu'est la thèse, **mon très cher père.***

*A celle qui s'est toujours dévouée et sacrifiée pour moi ; celle qui m'a aidée du mieux qu'elle pouvait pour réussir ; celle qui m'a accompagnée tout au long de ce parcours périlleux ; celle qui a toujours été là dans mes moments de détresse, **ma très chère mère.***

*A celles qui m'ont toujours aidé, écouté, soutenu et encouragé tout au long de mon parcours ; celles qui ont toujours été présentes pour moi, **ma grande mère Bariza et mes très chères sœurs Sara et Besma.***

*A mon grand-père **Abdallah** et mes très chers frères **Med Lamine, Riadh et Lotfi** qui m'ont énormément aidée et à qui je témoigne mon affection et ma profonde reconnaissance.*

*A mes très chers oncles, tantes, et à mes cousins et cousines.*

*A mes petits anges **Lina, Yacine, Oussama, Ziad et Ahmed.***

*A celles qui m'ont supporté (dans les deux sens du terme) mes chères amies **Aïda, Halouma, Minouche, Zahra, Nacira, Salima, Karima et Hadda.***

*A ceux qui m'ont encouragé mes chers amis **Khalil, Abdelkader, Rachid et Djamel.***

*A tous ceux que j'ai oublié de citer et je leur souhaite à tous beaucoup de courage, de chance et de succès.*

*Nada*

# Remerciements

*En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH qui m'aide et me donne la patience et le courage durant ces années d'études.*

*Ces remerciements vont tout d'abord à mon encadreur DIB Lynda, d'avoir accepté de m'encadrer dans ce travail de thèse. Nos échanges courts mais efficaces, vos encouragements sont toujours venus à point.*

*Je remercie également Mr BOUDOUR Rachid, pour son orientation, sa confiance et sa patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Je tiens aussi à témoigner ma reconnaissance à Mr ZENAKHRA Djamel, Mr MEDDAH Farouk, Mr SOUALMIA Sebtí, Mr KHATTAB Ali, Mr GUERSI Nour-Eddine et à toute l'équipe de département d'électronique, pour leur accueil sympathique et leur collaboration.*

*J'exprime ma gratitude et ma reconnaissance à mon père et à ma mère pour leurs contributions, leurs soutiens, leurs patiences qui m'ont entourés de leurs affections et de leurs encouragements pour l'accomplissement de ce travail.*

*J'adresse mes plus sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'examiner mon mémoire.*

*Merci à tous et à toutes*

Nada

## RESUME

De nos jours, les véhicules modernes sont équipés de limiteurs de vitesse intelligents. Beaucoup d'entre eux présentent des faiblesses telles que : communication indirecte, contraintes de proximité, obstacles, mises à jour de bases de données ou coût élevé de l'estimation du trajet etc. Notre travail prend en compte ces insuffisances en proposant un système de communication Infrastructure vers Véhicule, temps réel et disponible à tout moment. Cette dernière est basée sur le codage de la signalisation sous forme d'ondes radio. Nous avons réalisé un simulateur en Java, appliqué à un exemple tiré du monde réel pour appuyer nos propos. Une comparaison a été faite avec plusieurs systèmes similaires existants, faisant ressortir des horizons prometteurs dans le domaine de l'intelligence ambiante.

*Mots clés— Intelligence Ambiante (AmI) ; Infrastructure vers véhicule (I2V) ; Système de transport Intelligent (STI) ; temps réel ; disponibilité.*

## ABSTRACT

Nowadays, modern vehicles are equipped with intelligent speed limiters. Many of them have weaknesses such as indirect communication, proximity constraints, obstacles, updates to databases or high cost of path estimation etc. Our work takes into account these shortcomings by providing a communication's system Infrastructure to Vehicle, real time and available at all times. This communication is based on the coding of the regulation as radio wave. We realized a simulator in Java, applied to an example from the real world to support our estimation, compared to several existing similar systems, the results are encouraging by the contribution of the ambient intelligence.

**keywords:** — *Ambient Intelligence (AmI) ; Infrastructure to vehicle (I2V) ; Intelligent Transport Systems (ITS) ; real time ; availability.*

## ملخص

في الوقت الحاضر، تم تجهيز السيارات الحديثة مع محددات سرعة ذكية. كثير منهم لديهم نقاط ضعف مثل الاتصالات غير المباشرة، مشكل البعد، العقبات، التحديثات لقواعد البيانات، تكلفة عالية من تقدير مسار الخ. يتناول عملنا هذا اقتراح حلول لهذه العيوب من خلال توفير نظام الاتصالات بين المركبات والبنية التحتية، متوفر ومتاح في جميع الأوقات. ويستند هذا الأخير على ترميز إشارة المرور بشكل موجات الراديو. أجرينا محاكاة بلغة جافا، وطبقناها على مثال من العالم الحقيقي لدعم أقوالنا. بالمقارنة مع العديد من الأنظمة القائمة المماثلة النتائج المحصل عليها مشجعة.

**الكلمات الرئيسية** — الذكاء المحيطي (AMI) ؛ البنية التحتية نحو السيارة (I2V) ؛ نظام النقل

الذكي (ITS) ؛ توافر ؛ الوقت الحقيقي.

# TABLE DES MATIERES

<b>Résumé</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>II</b>
<b>ملخص</b> .....	<b>III</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>IV</b>
<b>Remerciements</b> .....	<b>V</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>VI</b>
<b>Listes des illustrations</b> .....	<b>IX</b>
1.1. Liste des figures .....	<b>IX</b>
1.2. Liste des tableaux .....	<b>XI</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>XII</b>
<b>Première partie : Etat de l’art</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : L’intelligence ambiante (AmI)</b> .....	<b>2</b>
1.3. Introduction .....	<b>3</b>
1.4. Historique.....	<b>5</b>
1.4.1. Origines et terminologies.....	<b>5</b>
1.5. Définitions .....	<b>13</b>
1.6. Notion de contexte .....	<b>15</b>
1.4.1. En intelligence ambiante .....	<b>17</b>
1.4.2. Raisonnement sur le contexte en intelligence ambiante.....	<b>19</b>
1.7. Les intergiciels pour l’intelligence ambiante .....	<b>20</b>
1.7.1. Propriétés principales des intergiciels d’informatique ambiante.....	<b>21</b>
1.8. Défis et verrous .....	<b>28</b>
1.8.1. Défis de type économique .....	<b>28</b>
1.8.2. Défis de type scientifique .....	<b>28</b>
1.8.3. Défis de type éthique .....	<b>29</b>
1.9. Les champs d’application d’intelligence ambiante .....	<b>30</b>
1.10. Conclusion .....	<b>32</b>
<b>Chapitre II : Les systèmes de transport intelligents (STI)</b> .....	<b>33</b>
2.1.Introduction .....	<b>34</b>

2.2.Définitions des STI.....	35
2.3.Les origines des STI pour la route .....	35
2.3.1. Premières études (années 60 - années 70).....	35
2.3.2. Premières applications (années 80 – milieu des années 90).....	36
2.3.3. Les grands projets (milieu des années 90 – aujourd’hui).....	37
2.4.Objectifs des STI .....	38
2.5.Enjeux et défis des STI .....	44
2.6.Conclusion .....	49
<b>Chapitre III : L’AmI et les STI .....</b>	<b>50</b>
3.1.Introduction.....	51
3.2.Architecture logicielle.....	52
3.2.1. Pour quels types d’applications ? .....	52
3.2.2. Les services fournis par la plate-forme .....	53
3.2.3. Exemple de plate-forme .....	55
3.3.Les services dédiés transport .....	57
3.3.1. Les services par échanges entre véhicules.....	58
3.3.2. Les services orientés transport utilisant une infrastructure .....	58
3.3.3. Les services dans les transports en commun .....	59
3.4.Les mesures de sécurité dans les routes .....	61
3.4.1. Effets de l’excès de vitesse sur les accidents et leurs gravités .....	61
3.5.Les systèmes ISA.....	64
3.5.1. ISA passif .....	64
3.5.2. ISA actif .....	64
3.5.3. Les avantages des systèmes ISA .....	64
3.6.Les technologies utilisées dans les systèmes ISA.....	65
3.6.1. Global Positioning System (GPS) .....	66
3.6.2. RFID- les balises radio .....	67
3.6.3. La reconnaissance d’image.....	67
3.6.4. Navigation à l’estime.....	68
3.7.Conclusion .....	68
<b>Deuxième partie : Etude conceptuelle .....</b>	<b>69</b>
<b>Chapitre IV : Conception et modélisation.....</b>	<b>70</b>

4.1.Introduction .....	71
4.2.Architecture du système .....	71
4.2.1. Structure du système .....	71
4.2.2. Fonctionnement général du système .....	74
4.3.Contexte de l'application .....	77
4.4.Modélisation du système .....	79
4.4.1. Pourquoi ACCORD/UML ? .....	79
4.4.2. Modèle d'analyse préliminaire (PAM) .....	80
4.4.3. Modèle d'analyse détaillé (DAM) .....	85
4.5.Conclusion .....	87
<b>Chapitre V : Implémentation et réalisation .....</b>	<b>88</b>
5.1.Introduction .....	89
5.2.Choix techniques .....	89
5.2.1. Matériels employés.....	89
5.2.2. Environnement de développement .....	89
5.2.3. Le langage utilisé.....	89
5.3.Architecture de l'application .....	91
5.4.Présentation de l'application.....	92
5.5.Résultats et comparaison .....	97
5.6.Conclusion .....	98
<b>Conclusion générale et perspectives .....</b>	<b>99</b>
<b>Bibliographies et références .....</b>	<b>101</b>

# LISTES DES ILLUSTRATIONS

## 1. LISTE DE FIGURES

1.1. Les ères informatiques selon Weiser .....	3
1.2. Tab, pad, board.....	6
1.3. Active badge.....	7
1.4. Réalité virtuelle vs informatique ubiquitaire .....	9
1.5. Le salon de HomeLab de Philips .....	12
1.6. L'application de contexte pour une station de surveillance des conditions d'air .....	16
1.7. Pyramide de contexte .....	18
1.8. La position d'intergiciel .....	21
1.9. Les trois états d'une application adaptable .....	27
2.1. Les projets STI, d'hier à aujourd'hui .....	38
2.2. Présentation schématique des STI en fonction du service fourni à l'utilisateur.....	39
3.1. application « onde verte » Audi pour franchissement de feu vert .....	52
3.2. Recherche de services .....	54
3.3. La plateforme OSGi .....	56
3.4. Distance d'arrêt d'un véhicule en mouvement.....	62
3.5. Violence de choc à une vitesse de 50km/h et de 60Km/h .....	62
3.6. La diminution de la perception visuelle avec l'augmentation de la vitesse .....	63
3.7. Système ISA basé sur GPS .....	66
3.8. Système ISA basé sur RFID- balises radio .....	67
4.1. Schéma global du système .....	71
4.2. Architecture du système embarqué sur le véhicule.....	71
4.3. Différentes unités d'une plaque intelligente .....	73
4.4. Composants du système .....	74
4.5. Sortie d'une autoroute avec limitation de vitesse 90km/h à droite .....	75

4.6. Entrée dans un tunnel avec limitation de vitesse 80km/h à droite .....	75
4.7. Une intersection gérée par des panneaux de priorité .....	76
4.8. Contexte de l'environnement de l'exécution de l'application .....	77
4.9. Contexte de développement de l'application de transport .....	78
4.10. Diagramme cas d'utilisation .....	81
4.11. Diagramme de séquence démarrer le système .....	82
4.12. Diagramme de séquence arrêter le système .....	82
4.13. Diagramme de séquence envoyer informations sur limitation .....	82
4.14. Diagramme de séquence changer mode de fonctionnement.....	83
4.15. Diagramme de séquence réactiver système .....	83
4.16. Diagramme de séquence interrompre système .....	83
4.17. Diagramme de séquence contrôler le fonctionnement .....	84
4.18. Classification des acteurs 'actif ou passif' dans le diagramme cas d'utilisatin	84
4.19. Interface packages population .....	85
4.20. Modèle global de structure du limiteur de vitesse avec les relations entre classes .....	86
4.21. Modèle global de structure du limiteur de vitesse sans ambiguïtés.....	86
4.22. Modèle global de structure avec identification du «RealTimeObject » .....	87
5.1. Modules du simulateur SLIV .....	91
5.2. Interface principale de l'application .....	93
5.3. Mode alarme activé .....	93
5.4. Véhicules sous mode alarme activé dépassant la réglementation de plus de 10KM/h ... .....	94
5.5. Passage du mode alarme vers mode limiteur .....	94
5.6. Mode limiteur activé .....	95
5.7. Mode limiteur empêchant dépassements de vitesse .....	95
5.8. Accident entre véhicules sous mode limiteur .....	96
5.9. Interruption du mode limiteur .....	96
5.10. Extrait d'exécution représentant les accidents. ....	97

## 2. LISTE DES TABLEAUX

1.1. Les différentes définitions et caractéristiques de l'AmI. Sensible(S), Réceptive (R), Adaptative (A), Transparente (T), Ubiquitaire (U) et Intelligente (I).....	13
3.1. Estimation De Reduction Du Nombre Des Accidents Grace Aux Systemes ISA .....	65
4.1. Dictionnaire pour l'application d'un limiteur de vitesses intelligent .....	80
5.1. Tableau comparatif du nombre d'accidents tirés de notre simulateur .....	97
5.2. Pourcentage des accidents évités obtenues depuis notre simulateur.....	98

*Introduction  
générale*

### I. INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les progrès considérables qu'a connus la technologie au 21<sup>ème</sup> siècle, dans les domaines de miniaturisation électronique, de télécommunications et d'informatique, ainsi que les coûts abordables des capteurs, actionneurs et unités de traitement ont radicalement changé notre quotidien, en donnant ainsi naissance à une nouvelle thématique baptisée « *informatique ubiquitaire* » [1].

Cette nouvelle vision décrite par Weiser en 1991, est alignée avec le concept de la disparition de l'ordinateur : « *Les technologies les plus profondes sont celles qui disparaissent. Elles se tissent dans la vie quotidienne au point qu'on ne sait plus les en distinguer (...) Les machines s'adaptent à l'environnement humain, plutôt que de forcer l'humain à entrer dans le leur* » [1].

Autrefois, l'idée d'un ordinateur dissimulé à n'importe quel environnement était inimaginable, et les objectifs de Weiser étaient invraisemblables. Aujourd'hui, il semble plausible avec la transformation des ordinateurs de l'époque précédente en petites puces qui nous entourent, et la réussite de les intégrer dans notre quotidien à un point tel que nous les utilisons sans penser consciemment à leurs sujets. Actuellement, notre environnement est truffé de dispositifs informatiques équipés d'une certaine capacité de décision autonome, qu'on les utilise souvent à notre insu, que ce soit dans les lieux publics avec les systèmes de repérage permettant par exemple, la détection des vols et la lutte contre le vandalisme, ou bien dans nos coins et recoins les plus privés.

Que ce soit notre maison anticipant quand les lumières doivent être allumées ou éteintes, quand nous réveiller ou commander notre nourriture préférée du supermarché, une station de transport facilitant les déplacements, ou une chambre d'hôpital aidant à prendre soin d'un patient, il y a de fortes raisons de croire que nos vies vont être transformées dans les prochaines décennies par l'introduction d'une large gamme d'appareils qui équiperont de nombreux environnements avec une forte puissance de calcul.

Ces dispositifs informatiques devront être coordonnés par des systèmes intelligents pour comprendre les événements et le contexte pertinent d'un espace spécifique et de prendre des décisions judicieuses en temps réel, rendant ainsi l'environnement intelligent. Cette convergence de sujets a conduit à l'introduction de l'ère « *intelligence ambiante* ».

Cette notion d'intelligence ambiante a été utilisée comme un terme pour décrire ce type de développements, et elle a été adoptée comme terme pour désigner un domaine pluridisciplinaire qui regroupe une grande variété de domaines préexistants de l'informatique ainsi que de l'ingénierie. Étant donné la diversité des applications potentielles, cette relation s'étend naturellement à d'autres domaines de la science, comme l'éducation, la santé, les services sociaux, le divertissement, le sport, etc.

Le domaine de transport comme les autres, s'est vu bénéficier de l'intelligence ambiante en le rendant intelligent. Voyager aujourd'hui n'est plus un souci avec des moyens de transport autonome, plus sûr et plus agréable. L'industrie de l'automobile s'intéresse de plus en plus à l'intégration des mécanismes de détection permettant à la voiture de prendre des décisions pour un voyage plus sûr, moins coûteux, et plus amusant.

L'automobile qui a longtemps été un symbole de liberté et de richesse, arrive aujourd'hui à un moment décisif de son histoire. Les voitures de nos jours permettent à de milliards de personnes de voyager plus loin, plus rapidement et plus efficacement que jamais auparavant<sup>1</sup>. Elles ont influencé l'économie mondiale et ont imposé leur empreinte sur nos modes de vies sociaux et culturels. Malheureusement, elles engendrent de nouveaux problèmes : les accidents, les embouteillages et la pollution. Les systèmes de transport intelligents (STI) suggèrent des solutions aux problèmes précédents.

Tout particulièrement, la sécurité routière nous préoccupe, vu le nombre important de décès chaque jour dans des accidents de la route (3000 morts/jour)<sup>2</sup>. Les pays sous-développés comptent seulement la moitié de tous les véhicules sur leurs routes, mais subissent pourtant plus de 90% des accidents mortels. L'Algérie selon des statistiques, détient la première place du triste record des accidents mortels. En 2008, l'Algérie a connu un des pires bilans routiers avec 40481 accidents, dont 4422 tués, autrement dit 369 décès par mois, et 64708 blessés, sans omettre de mentionner les pertes économiques considérables engendrées par ces accidents qui se chiffrent par milliards de dinars annuellement fragilisant financièrement les assurances (SAA, CAAR, CAAT, ...)<sup>3</sup>. Ainsi, il est temps de mettre fin à cette situation dramatique par l'introduction et la mise en place de nouvelles mesures coercitives tels : les permis à point, contrôle technique obligatoire pour les véhicules dont l'âge de mise en circulation dépasse deux

---

<sup>1</sup> Carlos Ghosn, vers une meilleur sécurité automobile, le 28 janvier 2014.

<sup>2</sup> Selon l'OMS « Organisation Mondiale de Santé »

<sup>3</sup> <http://www.dzportal.net/siara/mobile/articles.php?lng=ar-dz&pg=66>

ans, augmentation des montants d'amendes pour les contrevenants, des peines de prison pour les récalcitrants et les chauffards, etc.

Selon une étude<sup>4</sup> les statistiques des services de sécurité mentionnent plusieurs facteurs responsables des accidents de la route dont l'excès de vitesse malheureusement à lui seul représente 30% <sup>5</sup>des accidents de la circulation. Devant l'ampleur de cette hécatombe et en dépit des mesures coercitives jugées peu fiables, les constructeurs automobiles ont conçu des systèmes d'adaptation intelligente de la vitesse abrégée ISA. Ce type de système sert à informer, prévenir, décourager voire empêcher le conducteur de dépasser la limite de vitesse autorisée locale. La limite de vitesse dans les véhicules est réglée automatiquement en fonction des limitations de vitesse indiquées sur la route.

Pour réaliser de tels systèmes plusieurs méthodes et technologies ont été adoptées parmi lesquelles, nous citons :

- Global Positionning System- GPS ;
- L'utilisation des RFID, les balises radio ;
- La reconnaissance d'images ;
- Navigation par estime ;

En finalité, le GPS reste le plus couramment utilisé, au regard des infrastructures déjà existantes et du coût de revient peu onéreux. Pour un système ISA utilisant le GPS, on a juste besoin d'avoir un récepteur GPS pour la détermination de l'emplacement physique du véhicule, et une carte numérique embarquée contenant une base de données de limite de vitesses locales. Le système compare la vitesse autorisée à celle du véhicule, si cette dernière est supérieure le système alerte ou empêche ce dépassement.

Malgré la popularité et la fonctionnalité du GPS, ce système comporte des problèmes fondamentaux, dont la plupart d'entre eux sont liés à la précision du positionnement déterminé. Le récepteur reçoit toujours le signal des satellites, mais à cause des incertitudes d'éphémérides satellites, des erreurs de propagation, des erreurs de synchronisation, de multiples chemins de propagation du signal, et des bruits de réception, la position des données peut être inexacte ou altérée. Habituellement, cela n'a pas d'importance, mais ces inexactitudes peuvent être très importantes dans le cas où une route à grande vitesse se trouve à proximité immédiate de routes

---

<sup>4</sup> Selon l'ONS « Office National des statistiques »

<sup>5</sup> [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/behaviour/speeding/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/behaviour/speeding/index_fr.htm)

avec des limites de vitesse beaucoup plus faibles (par exemple : les rues résidentielles). En plus de cette contrainte de faibles émissions de signaux, il cesse d'émettre totalement dans un tunnel ou un ouvrage d'art imposant, ... Sans omettre de mentionner le problème de la difficulté de l'établissement de la base de données, et sa mise à jour en tenant compte des nouvelles données des travaux routiers.

Mon travail, après étude de fiabilité et de sécurité routière garantissant une meilleure maîtrise des délits routiers notamment la limitation de vitesse, et dans un souci de réduire la mortalité routière d'une manière significative, j'ai opté délibérément pour un nouveau système ISA basant sur une communication directe entre le panneau de signalisation et le véhicule, qui à mon sens reste la solution adéquate pour l'Algérie, pays qui n'utilise pas la technologie GPS.

Dans ce travail, on a étudié en premier lieu la faisabilité de notre système tout en déterminant ses composants essentiels et en proposant une architecture globale du système espéré, une liste a été dressée de ses avantages et de ses inconvénients. Vient ensuite, la modélisation du système proposé avec la méthode ACCORD-UML. En dernier lieu, par manque de matériels, on a opté pour la création d'un simulateur sous Java pour prouver l'efficacité et la fiabilité de notre système.

Ce mémoire est structuré comme suit :

1. Une introduction générale définissant le contexte de notre travail : l'intelligence ambiante et les systèmes de transport intelligents et présentant les défis scientifiques et techniques pour améliorer la sécurité routière et réduire le nombre d'accidents. Ensuite, on a posé le problème et les contributions apportées, suivie d'une structuration du mémoire.
2. Deux parties essentielles, dont la première dénommée « l'état de l'art », constituée de trois chapitres :

Le premier chapitre, dévoile en détails la notion d'intelligence ambiante. Dans le chapitre II, nous avons présenté les systèmes de transport intelligents. Alors que dans le chapitre III, nous avons abordé les deux domaines cités auparavant. Il est scindé en deux parties : la première élucide la contribution de l'intelligence ambiante sur les systèmes de transport intelligents, la deuxième illustre les systèmes d'adaptation intelligente à la vitesse (ISA).

3. La deuxième partie baptisée « étude conceptuelle », constituée de deux chapitres :

Le chapitre IV, est dédié à la conception. Nous présentons les détails de notre démarche, aussi bien l'architecture globale du système que sa modélisation. Le chapitre V et le dernier, consiste en la création d'un simulateur sous Java, accompagné d'une comparaison des résultats obtenus avec les systèmes ISA existants.

4. Le mémoire se termine comme à l'accoutumée par une conclusion. Nous indiquons aussi quelques perspectives possibles pour nos activités de recherche. Les pistes qui se dégagent concernent aussi bien la poursuite de travaux déjà engagés que des travaux sur de nouvelles problématiques.

*Première partie :*  
*Etat de l'art*

# Chapitre 1 :

## L'Intelligence Ambiante

## CHAPITRE 1 : L'INTELLIGENCE AMBIANTE

### 1.1. INTRODUCTION

Depuis son existence, l'être humain a cherché les moyens pour augmenter sa sécurité et son confort. Aujourd'hui grâce à l'immense développement qu'a connu la technologie surtout dans les domaines d'informatique, de miniaturisation et de communication, plusieurs applications numériques ont vu le jour pour répondre à ses besoins. Ces applications qui envahissent notre quotidien dans tous les domaines d'une manière invisible, sans même que nous en ayons conscience, ont donné naissance à une nouvelle informatique nommée « ambiante » ou « ubiquitaire ».

“ *Les technologies les plus profondes sont celles qui disparaissent. Elles se tissent dans la vie quotidienne au point qu'on ne sait plus les distinguer.* ” [1] C'est ainsi que Mark Weiser a commencé son travail séminal en 1991 décrivant sa vision d'ubiquité.

En 1996, Mark Weiser et John Seely Brown publient un article intitulé « *the coming age of calm technology* » [2]. Cet article définit trois ères de l'évolution de l'informatique comme le montre la figure 1.1 :

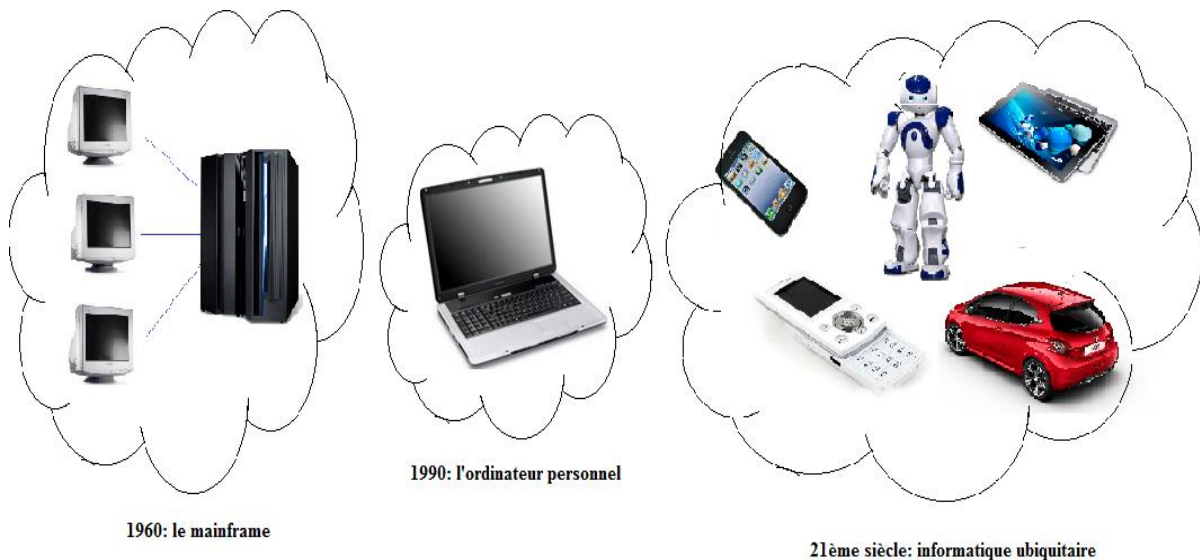


Figure 1.1. Les ères informatiques selon Weiser.

\* L'ère du « *Mainframe* », à cette époque les microprocesseurs étaient relativement lents, physiquement grands et coûteux à fabriquer, ce qui a rendu les ordinateurs une

ressource rare dont l'utilisation a été restreinte aux experts de la technologie et des laboratoires de recherche. Durant cette ère, l'interaction s'effectue par le biais des langages informatiques.

\* La seconde ère est celle de « *l'ordinateur individuel* » ou « *Personnel Computer* (PC) ». Les processeurs ont connu une augmentation de vitesses accompagnées d'une diminution de tailles et coûts, comme prévu par Moore, simultanément la technologie logicielle a connu un développement fulgurant, rendant possible l'existence des ordinateurs au travail et à la maison. En conséquence, chaque utilisateur possède un ordinateur personnel dédié à lui-même. Dans une tentative de populariser son utilisation et accueillir des utilisateurs non-experts, l'interaction avec les ordinateurs a été simplifiée et rendue plus intuitive. Les langages informatiques avancés ont été remplacés par des interfaces graphiques conviviales (Graphical User Interface- GUI) impliquant l'utilisation d'une souris, un clavier et un moniteur, mais les utilisateurs ont tout de même un profil plus élevé que la moyenne. Le PC exclut de fait une certaine tranche de la population (personnes illettrées, âgées, ...).

\* La troisième ère est celle de « *Ubiquitous Computing* » dénommée « *UC era* » par Weiser. Elle a été marquée par l'émergence de l'ubiquité, qui a connu une très grande popularité. Son fondement repose en l'absorption rapide et la polyvalence de plusieurs périphériques tels que les téléphones mobiles, les PDA et les ordinateurs portables. De ce fait, les ordinateurs de bureau ont perdu leurs prééminences en tant qu'outils pour l'accès et la manipulation de l'information numérique. Les tâches spécifiques des équipements franchissent très souvent les distinctions traditionnelles entre « travail » et « maison » implicitement au niveau de la conception des PC basés sur les interfaces et remettre en question l'instrumentalité de l'approche d'utilisabilité pour la conception des interactions. Les questions qui guident la conception d'interfaces sont passées du « comment pouvons-nous rendre les utilisateurs de PC plus efficaces et productifs dans leurs espace de travail ? » à « comment pouvons-nous vivre avec les technologies informatiques ? ». Une des nouvelles méthodes inclut l'utilisation des sondes culturelles, une matérialisation de la technologie, en documentant l'interaction entre les personnes et les pièces provocatrices de l'art interactif qui aident à répondre aux questions de la façon dont nous pouvons vivre avec la technologie interactive.

Grosso modo notre ère est caractérisée par une multitude d'ordinateurs se partageant entre nous. Une partie de ces ordinateurs est composée des machines auxquelles nous souhaitons accéder via les navigateurs internet, l'autre partie est embarquée dans les vêtements, les chaises, les murs, en définitif dans tout ce qui nous entoure. Cela doit se placer à tous les niveaux de grandeur y compris le niveau microscopique [3]. Donc, ce qui importe, nous livre Mark Weiser, « *ce n'est pas la technologie elle-même mais la place qu'elle occupe parmi nous, la technologie devenant 'invisible et partout' disponible* » [1].

*Quelles sont les origines de cette nouvelle thématique ?*

## 1.2. HISTORIQUE

On a vu qu'il est important de retracer les événements ayant abouti à l'essor de l'intelligence ambiante puisque lorsqu'on ne sait pas où on va, on commence déjà à regarder d'où on vient.

### 1.2.1. Origines et terminologies

En 1988, date à laquelle fut publié un article précurseur relatif à l'informatique ambiante où Mark Weiser décrit les travaux en cours à Xerox Palo Alto Research Center (PARC) [4] et pose les principes élémentaires de l'informatique du 21<sup>ème</sup> siècle comme suit :

- Le but d'un ordinateur est de vous aider dans votre activité
- Le meilleur ordinateur devrait savoir se faire oublier, tel un domestique invisible.
- Plus vous agissez par intuition et plus votre sens de perception est avisé ; l'ordinateur devrait être un prolongement de votre inconscient.
- La technologie devrait engendrer le silence.

Pendant cette année les membres du PARC conçoivent un écran plat de la taille d'un tableau noir ; *le LiveBoard*. Rapidement, les membres du PARC imaginent des équipements pouvant interagir avec cet écran. De ces recherches résulteront trois équipements - voir figure 1.2 :

\* Les *PARCtabs* [5] sont des *PDA*s (*Personal Digital Assistant*) pouvant communiquer par infrarouge avec un réseau d'émetteurs-récepteurs afin d'accéder à des applications s'exécutant sur des stations de travail traditionnelles. Ils contiennent des informations individuelles telles que l'identité, la localisation et la disponibilité. Ils offrent

plusieurs fonctionnalités telles que : les emails, mémos, calendrier, agenda, et carnet d'adresses.

\* Les *PARCpads* s'approchent plus de la taille d'un document et permettent de réaliser différents travaux au moyen d'un stylo. Ils peuvent être comparés à une feuille de brouillon dans la mesure où ils ne sont pas individualisés. Un utilisateur peut utiliser plusieurs *Pads* et les poser sur son bureau. Le Pad est connecté au réseau grâce à un système radio. Le but à long terme est de rendre le Tab aussi fin qu'une feuille de papier.

\* Les *LiveBoards* [6] sont des tableaux blancs interactifs utilisables dans le cadre de réunions, de présentations ou de collaborations à distance.

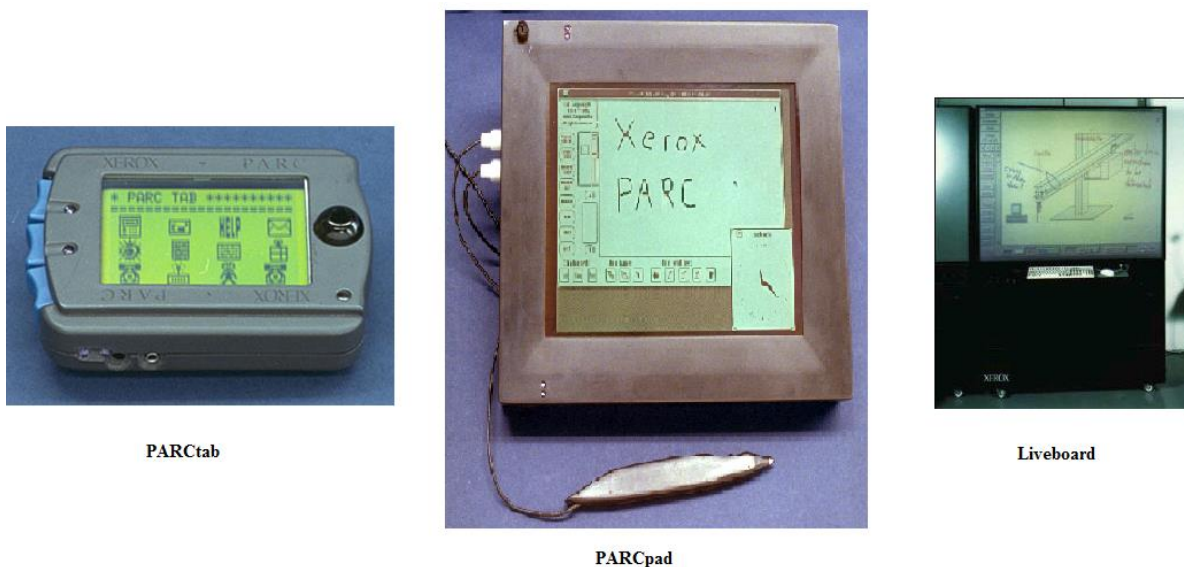


Figure 1. 2. Tab, pad, board

Ces terminaux sont rapidement adoptés par les membres du centre et permettent de travailler d'une manière plus collaborative.

Parallèlement, l'Olivetti Research Ltd de Cambridge développe un système de localisation du personnel dans les bâtiments [7] : l'Active Badge. Les phases de conception, design et prototypage s'étalent de 1989 à 1992. Dans sa forme originelle l'Active Badge, mesure 55\*55\*7 mm et pèse 40 grammes - voir figure 1.3 - . Il transmet toutes les 15 secondes un code sur 5 bits via un émetteur infrarouge. Le bâtiment est truffé de capteurs en réseau et permet de localiser les porteurs de badge. Le système en place offre un ensemble de fonctionnalités telles que la recherche d'un individu, des personnes accompagnant un

individu, des individus présents dans une pièce ou encore la notification d'une alarme lorsqu'un badge réapparaît dans le réseau.



Figure 1.3. Active badge

Le couplage de l'application à un PBX permet de router automatiquement les appels vers un téléphone proche du destinataire de l'appel. Roy Want, un des concepteurs d'Active Badge, rejoindra le PARC et contribuera notamment à la conception du PARCtab précédemment décrit [8].

Une part importante du raisonnement sous-jacent aux recherches d'Olivetti et du PARC réside dans la volonté de remplacer le PC, considéré comme facteur d'aliénation sociale. Il s'agit d'offrir des espaces de travail coopératifs en arrachant les utilisateurs de derrière leurs écrans, claviers et souris. Mark Weiser, chef technologiste au PARC, voit dans ces différents travaux une disparition de l'informatique dans les objets du quotidien. Selon Weiser, les technologies les plus profondes sont celles qui sont utilisées dans la vie de tous les jours sans que les utilisateurs ne se rendent compte qu'ils les utilisent [9].

De nouveaux termes sont apparus au milieu des années 1990, comme *Pervasive Computing* (Informatique diffuse), qui est une initiative parrainée par IBM mettant l'accent sur les problèmes techniques incluant le développement des supports matériels et logiciels nécessaires à la réalisation de la vision de Weiser. Conjointement, *Ambient Intelligence* (intelligence ambiante) [8] et *Disappearing Computer* (ordinateur évanescent) sont apparus avec le cinquième PCRD (Programme-Cadre de Recherche et de Développement) de la communauté européenne. Cette époque est fortement repérée par la politique de Philips Research qui lance alors le projet « *Vision of the Future* » [10] et son *HomeLab*. Il s'agit de stimuler l'innovation par l'expérimentation, pour explorer de nouvelles possibilités par la

convergence des technologies, et d'identifier l'importance sociale et culturelle de ces fictions, en bref, de rendre les concepts *concrets, utiles et accessibles à tous*.

Simultanément, des conférences américaines émergent : *Ubicomp* [11], une conférence créée par la communauté « *informatique ubiquitaire* », s'intéresse plutôt à l'expérience de l'utilisateur qu'à la technologie, alors que les conférences *Pervasive* et *Percom* [12] de la communauté « *informatique diffuse* » sont principalement marquées, au moins à leur tout début, par les défis et solutions techniques des systèmes distribués et des réseaux. Côté européen, EUSAI (*European Symposium on Ambient Intelligence*), aujourd'hui renommé *Aml* – Ambient Intelligence [13], a vu le jour en 2003 sous la direction de Philips Research Design. Identiquement, d'autres thèmes sont traités sous un angle d'intérêt précis : collectifs d'agents artificiels pour l'intelligence ambiante [14], *Internet des objets* [15] et *Machine-to-Machine (M2M)* qui n'incluent pas forcément l'être humain dans la boucle, objets communicants, informatique mobile (*mobile computing*), informatique portée (*wearable computing*) [16], informatique sociale (*social computing*), environnements et habitats intelligents (villes, domiciles, routes, moyens de transport, meubles, etc.), *Tangible and Embedded Interaction* [17], informatique et émotion (*affective computing*), interaction humain-robot [18], systèmes embarqués et bien d'autres.

Actuellement, la vision de Weiser est utilisée diversement pour la quasi-totalité de ces disciplines dans le domaine de leurs recherches respectives.

Reigner [19] détermine chronologiquement la naissance de cette nouvelle thématique en trois étapes : l'informatique ambiante (1991), l'informatique calme (1995) et enfin l'intelligence ambiante (1998).

### *a. L'informatique ambiante : 1991*

En 1991, Weiser développe le concept dans un article intitulé « *the computer of 21<sup>st</sup> century* » [1] qui consiste à tracer les grandes lignes de l'informatique du 21<sup>ème</sup> siècle, en prenant en compte l'environnement naturel de l'homme et en permettant à l'informatique de se fondre dans cet environnement [9]. Fort de son expérience au PARC, il met en évidence la puissance du concept ubiquitaire en le plaçant non pas dans les périphériques utilisés mais dans la possibilité de les interconnecter. Pour Weiser la technologie requise à l'arrivée de l'Ubiquitous Computing, se situe sur trois plans :

- Des ordinateurs bon marché ayant une faible consommation énergétique et des écrans pratiques,
- Un réseau permettant de relier l'ensemble de ces systèmes,
- Des architectures logicielles permettant d'implémenter les applications ubiquitaires.

Ces trois objectifs donnent à l'utilisateur une liberté totale de mouvement ainsi que la liberté d'interaction.

Grossièrement, on peut imaginer l'Informatique Ubiquitaire comme l'opposé de la réalité virtuelle (voir figure 1.4). Là où la réalité virtuelle inclut l'utilisateur dans un environnement généré par l'ordinateur, l'Informatique Ubiquitaire force l'ordinateur à se fondre dans l'environnement naturel de son utilisateur. Là où la réalité virtuelle n'est qu'un problème de puissance de calcul, l'Informatique Ubiquitaire pose de nombreux problèmes liés à l'informatique, à l'ingénierie mais aussi aux sciences sociales et aux facteurs humains.

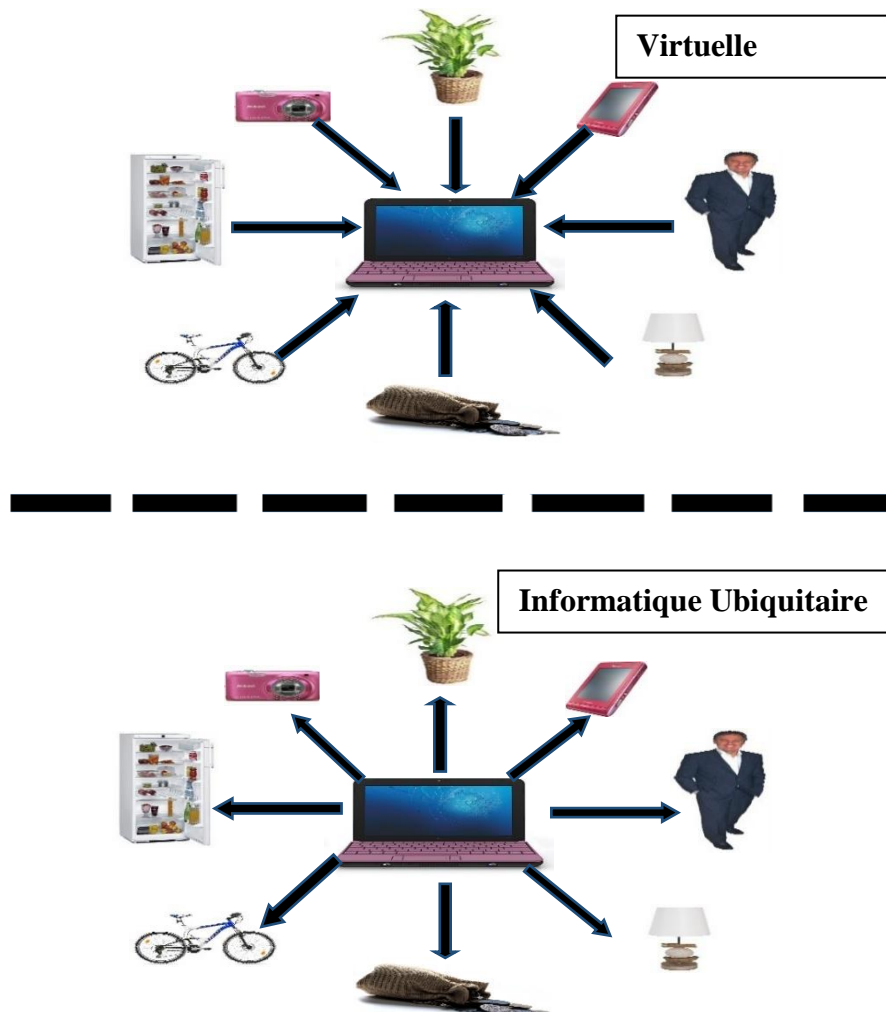


Figure 1.4. Réalité virtuelle vs informatique ubiquitaire

### *b. L'informatique calme : 1995*

Si l'informatique ambiante était '*seulement*' la mise à la disposition des utilisateurs des ordinateurs placés partout dans l'environnement, donnant ainsi naissance à de multiples interactions engendrant inévitablement un stress énorme pour les usagers. Pour cela, et dans la continuité de sa vision initiale, Weiser introduit la notion d'une nouvelle technologie qui va de pair avec l'informatique ubiquitaire. Cette dernière permet aux utilisateurs d'accomplir leurs tâches en profitant de l'informatique diffusée dans leurs environnements sans pour autant y prêter attention. C'est le retour au *calme* ; et cette nouvelle technologie est appelée « *technologie calme* » [2].

La force de la technologie *calme* réside donc dans le fait que les ordinateurs créent un air conforme à leurs utilisateurs, et non l'inverse. Les usagers choisissent la manière d'accéder aux informations, ces dernières sont facilement atteignables. Donc en utilisant cette technologie *calme*, les utilisateurs ne se sentent pas distraits ou bien ralentis c'est-à-dire ils peuvent traiter plus d'informations sans avoir le sentiment que cette tâche est ardue : *ils peuvent faire plus avec moins d'efforts*.

La question qui se pose est : qu'est-ce qui rend une technologie calme, tandis qu'une autre technologie est perçue comme écrasante ou irritante ? La différence se situe dans la façon d'y attirer l'attention de l'utilisateur. La technologie *calme* est une approche qui engage à la fois le centre et la périphérie de notre attention, l'attention pouvant se déplacer de l'un à l'autre. On entend par le terme « périphérie » la description de tous qui nous entoure sans lui prêter attention [1] ; ce concept devient la pierre angulaire des théories de Mark Weiser (en opposition à l'informatique personnelle fondée sur le concept d'*unité* et de *centralité* : 'mainframe et PC era') : tout système ambiant repose alors sur une architecture distribuée prônant un « noyau » central faible, et une plus grande autonomie des périphériques. Par exemple, lorsque nous conduisons une voiture, notre centre d'attention est porté sur la route mais pas sur le bruit du moteur qui est en périphérie. Si ce bruit devient inhabituel, il passera instantanément de la périphérie au centre de notre attention. De la même façon, la technologie calme va se déplacer facilement de la périphérie au centre. Le fait de placer des choses en périphérie nous permet d'être à l'écoute de plus de choses que ce que nous pourrions supporter si tout était au centre. On peut ainsi prendre le contrôle de quelque chose qui était en périphérie.

« *La technologie discrète/calme convoque simultanément le centre et la périphérie de notre attention [perception], jouant d'aller-retour réguliers entre les deux* ». [2]

En somme, la technologie *calme* nous permet d'être accordés à plusieurs choses en y faisant moins d'attention

### ***c. L'intelligence ambiante : 1998***

La prolifération des dispositifs informatiques s'accompagne également par une prolifération des capteurs interconnectés. Ces capteurs peuvent mesurer des grandeurs physiques (température, humidité, présence, lumière etc.). Cela peut également être des sondes logicielles comme le prochain rendez-vous dans son agenda, l'arrivée d'un nouvel email, etc.

L'intelligence ambiante (ou *AmI*) est la rencontre de l'informatique ubiquitaire et de l'intelligence artificielle [19]. L'objectif est d'exploiter les capacités de perception offertes par tous ces capteurs afin d'analyser l'environnement, les utilisateurs et leurs activités et de permettre au système de réagir en fonction du contexte. La vision de l'*AmI* est donc toujours celle de l'*ubicomp* (des ordinateurs qui imprègnent l'environnement tout en étant transparents à l'utilisateur), mais en y ajoutant la notion d'intelligence, c'est-à-dire la faculté de localisation géographique, d'analyse du contexte et l'adaptation dynamique aux situations.

En 1998, et lors d'une présentation organisée par Philips ce terme a été employé pour la première fois, par Eli Zelkha et Brian Epstein [20]. Ces derniers présentaient différents scénarii concernant l'évolution du marché de consommation de masse entre la fin des années 90 et les années 2020. En 2002, un consortium dont fait partie Philips ouvrit le “ *Homelab* ” une maison permettant de tester les nouveaux prototypes technologiques pour la maison – voir *figure 1.5*.



Figure 1.5. Le salon de HomeLab de Philips

L'intelligence ambiante commence par l'étude de la vie courante et l'exploration des manières acceptables dont la technologie peut être utilisée pour améliorer le quotidien des utilisateurs [21, 22]. La première chose proposée par [22] est de se diriger vers une interaction plus naturelle pour les humains que le clavier et la souris, une interaction incluant la parole et les gestes. Ensuite, les entrées de l'utilisateur pourraient devenir de plus en plus implicites, la machine devenant capable d'inférer une signification à partir des signaux capteurs bas niveau. En addition, selon [22], le monde devrait être augmenté en fournissant de nombreux appareils hétérogènes offrant différentes formes d'interactions. La présentation d'informations à l'utilisateur pourrait également sortir du seul écran de l'ordinateur de bureau et utiliser toutes les surfaces d'affichage possibles. Certaines informations pourraient être présentées d'une manière non intrusive, dans la périphérie de l'attention de l'utilisateur. Enfin, les appareils en réseau devraient être orchestrés pour fournir une expérience holistique à l'utilisateur.

Au cours de l'année 2003, l'ISTAG (*Information Societies Technology Advisory Group*) a réexaminé la vision de l'AmI afin de vérifier sa validité et déterminer ce qui pourrait être fait pour la réaliser sur un moyen terme. Ceci a donné lieu à un autre rapport [23]. L'ISTAG a estimé qu'il était nécessaire d'adopter une vision globaliste de l'AmI, en prenant en considération non seulement l'aspect technologique, mais l'ensemble de la chaîne d'innovation, depuis la recherche scientifique jusqu'à l'utilisateur final, en passant par les différentes facettes de l'environnement académique, industriel et administratif qui facilitent ou entravent la réalisation de la vision de l'AmI.

Plusieurs raisons justifient l'adoption d'une telle vue globale. D'abord, la complexité technique de systèmes modernes basés sur les technologies de l'information et de la

communication exige que tous les acteurs de la chaîne de l'innovation intègrent leurs efforts. Ensuite, la co-évolution rapide de la technologie et du marché requiert la même chose. Enfin, la concentration et la cohérence nécessaires à la réalisation à la fois de développements technologiques importants et d'un impact significatif sur le marché nécessitent l'engagement de chercheurs universitaires et industriels à la fois. Ceci est conditionné par la stratégie d'entreprise, qui est elle-même conditionnée par la stratégie d'investissements.

*Alors qu'est-ce-que réellement l'intelligence ambiante ?*

### 1.3. DEFINITIONS

Actuellement, il n'existe pas une définition claire et précise car les avancées sont en perpétuelles évolutions dans les domaines de la recherche, la technologie, la société, etc.

Les différentes définitions et caractéristiques de l'AmI sont résumées dans le tableau 1 :

<i>Définitions</i>	<i>Caractéristiques</i>					
	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>T</i>	<i>U</i>	<i>I</i>
l'intelligence ambiante s'insère dans une vision futuriste des télécommunications et d'informatisation de la vie. Notre environnement futur sera entouré par différents systèmes et applications qui seront portés par les technologies réseaux et l'informatique pour fournir une aide intelligente sans intrusion humaine [24].				X	X	X
l'intelligence ambiante est une mise en relation avec des systèmes de services, c'est-à-dire, avec des technologies pour automatiser des actions et avec des dispositifs pour personnaliser et adapter leurs comportements. Aujourd'hui on fabrique des objets de plus en plus petits qu'on peut intégrer dans les appareils. Ceci accroît leur utilisation et entraîne de nouvelles recherches. De plus, la recherche et le progrès en communication enrichissent le développement et l'utilisation de l'intelligence ambiante. Le succès de l'AmI dépend en grande partie du développement de la technologie de capteurs, d'actuateurs, etc. Et également des logiciels et de leur intelligence pour la prise de décision [25].	X		X			
l'intelligence ambiante est une technologie qui consiste en la création de						

## CHAPITRE I: L'INTELLIGENCE AMBIANTE

contextes intelligents. Ces contextes doivent s'adapter aux besoins et aux goûts des utilisateurs. Cette technologie doit aider à développer les tâches de tous les jours : au travail, à la maison, sur les lieux de loisirs où les utilisateurs interagissent avec normalité et sans efforts avec des systèmes composés de beaucoup de dispositifs quotidiens. De plus, la technologie est intégrée dans des objets communs et elle est invisible. Par conséquent, la technologie s'adapte aux utilisateurs et de manière autonome [25].	X		X	X	X	
L'intelligence ambiante est une nouvelle technique qui va rendre notre environnement quotidien de plus en plus sensibles et réceptifs à notre présence [26].	X	X			X	
Elle est un futur potentiel dans lequel nous serons entourés par des objets intelligents et dans lequel l'environnement reconnaît la présence de personnes et d'y répondre d'une manière indétectable [27].	X	X				X
« L'intelligence ambiante » implique l'intelligence qui est tout autour de nous [28].						X
C'est la présence d'un environnement numérique qui est sensible, adaptatif, et réceptif à la présence de personnes [29].	X	X	X			
c'est une vision futuriste de la vie quotidienne. Elle contient l'hypothèse que la technologie intelligente devrait disparaître dans notre environnement pour apporter aux êtres humains une vie facile et amusante [30].				X		X
L'AmI est un nouveau domaine de recherche pour les systèmes distribués, non intrusifs, et des logiciels intelligents [31].				X		X
Dans un environnement de l'intelligence ambiante, les gens sont entourés par des réseaux intégrés de dispositifs intelligents capables de détecter leurs états, anticiper, et peut-être s'adapter à leurs besoins [32].	X		X		X	X
L'intelligence ambiante est un environnement numérique qui soutient les personnes dans leur vie quotidienne de manière non intrusive [33].				X	X	
C'est un environnement numérique qui aide les gens dans leurs vies quotidiennes d'une manière proactive mais sensible [34].	X	X			X	
Milieu ayant la faculté de percevoir, de raisonner, d'agir et d'interagir						

afin de fournir des services améliorant la qualité de vie des êtres vivants et notamment des personnes [35].	X	X	X			X
--	---	---	---	--	--	---

Tableau 1. Les différentes définitions et caractéristiques de l'AmI. Sensible(S), Réceptive (R), Adaptative (A), Transparente (T), Ubiquitaire (U) et Intelligente (I).

D'après toutes les définitions présentées, on peut tirer les caractéristiques de l'intelligence suivantes [36] :

- *L'ubiquité* : un environnement dans lequel les ordinateurs et les réseaux sont « enfouis », « intégrés » et « omniprésents » dans le monde réel ;
- *La sensibilité* : la faculté du système de connaître et de percevoir la localisation des objets, des appareils et des personnes au moyen des capteurs pour établir le contexte ;
- *L'interaction naturelle* : l'interaction doit être intuitive et naturelle puisqu'on utilise des appareils utilisés quotidiennement ;
- *L'intelligence* : l'aptitude d'analyser le contexte perçu et l'ajustement dynamique aux utilisateurs et aux situations pour trouver une bonne réponse ;
- *La réceptivité* : l'aptitude à recevoir des informations ;
- *La transparence* : la capacité d'interaction entre l'homme et la machine de façon invisible, adéquate et personnelle ;
- *L'adaptabilité* : les dispositifs peuvent changer en fonction des demandes des utilisateurs.

En résumé l'AmI, peut être définie ainsi « une vision futuriste sur la vie quotidienne de l'homme, où notre environnement sera dominé par des systèmes hétérogènes et des applications capables de coopérer, d'interagir, d'anticiper, pour la résolution des problèmes pouvant créer des contraintes pour les utilisateurs, tout en s'adaptant aux changements environnementaux. ». Grâce à elle, l'environnement nous obéit désormais au doigt et à l'œil.

### **1.4. NOTION DE CONTEXTE**

Les systèmes d'intelligence ambiante visent à fournir une bonne information aux bons utilisateurs, au bon moment, au bon endroit et au bon dispositif. Pour atteindre cet objectif, le système doit avoir une connaissance approfondie de son environnement, les personnes et des

dispositifs existants, leurs intérêts et leurs capacités, ainsi que les tâches et les activités qui sont entreprises. Toutes ces informations relèvent de la notion de *contexte*.

Le contexte est considéré comme l'ensemble des informations caractérisant (partiellement) la situation d'une entité particulière [37] [8]. La notion de contexte n'est pas universelle, mais relative à quelques situations [10, 25]. Ces situations peuvent être physiques, par exemple, la localisation spatio-temporelle d'une personne, ou bien fonctionnelle, par exemple, la tâche actuelle d'une personne ou sa position hiérarchique.

Comme le contexte n'est pas censé englober toutes les informations caractérisant une situation (ce qui n'est clairement pas possible), il y a de la place pour plusieurs représentations du contexte pour la même situation. En outre, ces représentations de contexte peuvent être comparées sur la base des informations qu'ils fournissent, une représentation du contexte peut être considérée comme plus ou moins précise qu'une autre. Enfin, une représentation de contexte doit permettre l'agrégation et la séparation des informations de contexte ainsi qu'une application d'informatique omniprésente peut obtenir des contextes appropriés : lorsque les utilisateurs entrent dans un bâtiment, le contexte lié à la ville où ils se trouvent, est partiellement annulé par celui du bâtiment (qui sera annulé par celui de la pièce où ils se trouvent, etc.) Ce contexte de bâtiment doit être oublié lors de la sortie de l'immeuble. Cela signifie également que plusieurs applications peuvent partager une partie du contexte, si le contexte est relatif à la situation, il ne dépend pas de l'application. Par conséquent, des informations telles que la pression, la température, la lumière du soleil, l'humidité et la date sont des éléments de contexte pour une station de surveillance des conditions d'air (voir figure 1.6).

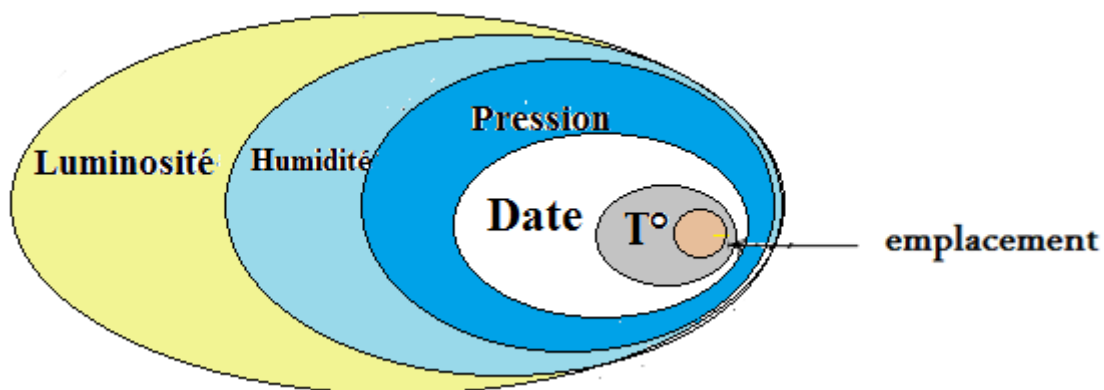


Figure 1.6. L'application de contexte pour une station de surveillance des conditions d'air.

Si on veut mettre en place un service de température, le contexte sera limité à la température, mais pour une situation de surveillance des conditions météorologiques, les informations de température, d'ensoleillement et de la date seront regroupées pour régler les sources de chaleur. Le contexte d'un service de prévisions météorologiques réunira les cinq types d'informations. Chaque ensemble de la figure 1.6 est un contexte et peut être nécessaire pour des applications diverses. Il y a aussi d'autres contextes possibles en combinant ces informations brutes.

Bien que, plusieurs domaines ont examiné la notion de contexte, les points de vue à partir desquels cette notion est examinée sont différents: dans l'informatique omniprésente, le contexte d'une application en fonction de ses paramètres physiques a été spécialement envisagé; dans la communication homme-machine, le contexte est le plus souvent, la tâche de l'utilisateur et de l'historique de l'interaction avec l'ordinateur [10]; en intelligence artificielle, le contexte est plutôt considéré comme les conditions de validité d'une assertion [38]. Ces points de vue ne sont pas concurrents mais complémentaires.

### ***1.4.1. En intelligence ambiante***

En intelligence ambiante, le contexte physique est d'une très haute importance. En général, il est acquis par les données des capteurs. Ces données sont développées selon la caractérisation des contextes adaptées à leur usage. En ce qui concerne les données des capteurs, l'information a été affaiblie, c'est-à-dire moins précise, mais plus appropriée.

Coutaz, Crowley et Rey [39 , 40] proposent un modèle de gestion de l'information de contexte structuré en une pyramide à quatre niveaux d'abstraction (capture, transformation, identification et adaptation) tissés de mécanismes pour servir l'historique, la découverte de ressources, la reprise sur panne, la sécurité, la protection de l'espace privé ou la confiance, d'où le nom de ce modèle : pyramide du contexte -voir la figure -1.7-.

Plusieurs propositions ont été données pour fournir un support de contexte pour les applications pervasives [8,2, 37]. Elles offrent des middlewares pour établir une connexion entre les capteurs et les applications de manière flexible. Les données provenant de capteurs sont à la fois acheminées à travers les composants de l'architecture et abstraites à travers les couches conceptuelles de la figure 1.7.

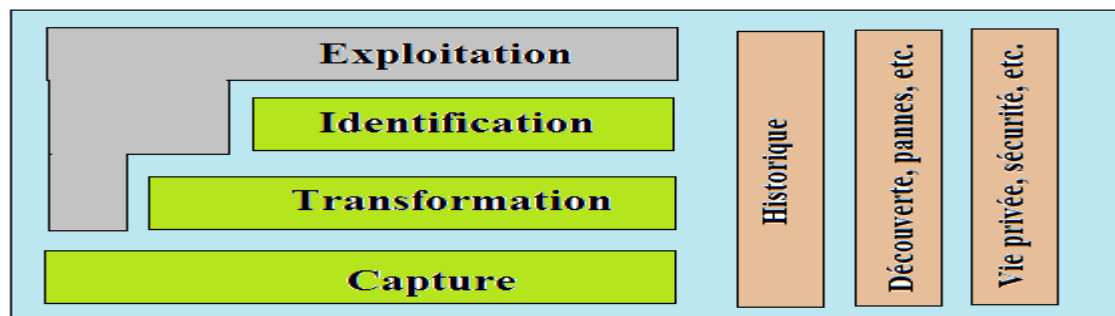


Figure 1.7. Pyramide de contexte

Au plus bas niveau d'abstraction, la couche de capture sert d'interface pour accéder aux capteurs physiques : elle en masque la diversité et encapsule les données fournies par les capteurs sous forme d'observables.

La couche transformation s'appuie sur les observables numériques pour produire des observables symboliques. Puis elle s'attache à construire un réseau d'observables en les regroupant pour détecter la présence d'entités, les identifier et les suivre, et ainsi en déterminer les relations et les rôles.

La couche identification est chargée de détecter les changements de contexte et de situation et de parcourir les réseaux de contextes et de situations pour identifier le contexte et la situation actuels. Ce niveau est capable de répondre à des requêtes de haut niveau d'abstraction : " quelle est la situation actuelle ? "

Au plus haut niveau de la pyramide, la couche adaptation permet de régler toutes les discordances entre l'infrastructure et les applications clientes : adaptation des structures de données, adaptation du protocole de communication, adaptation des formalismes et notamment la transformation d'une requête applicative dans les termes attendus par l'infrastructure, au niveau d'abstraction souhaitée.

Bien que ces architectures soient suffisamment génériques pour supporter toutes les applications omniprésentes, elles ne précisent pas comment décrire les informations de contexte. De nombreuses propositions ont naturellement utilisé les ontologies pour ce but [41, 42, 35, 14, 43, 4, 22]. Cependant, l'utilisation de l'infrastructure de contexte dans l'intelligence ambiante reste très souvent liée à une application ou à un domaine particulier : "haute température" n'est pas une caractérisation absolue. Elle dépend de l'utilisation de la salle (un sauna ou une chambre à coucher). Cette dépendance est légitime parce que l'objectif des

applications sensibles au contexte est d'aider les utilisateurs dans leur contexte. Mais en conséquence, l'AmI tend à manipuler une caractérisation du contexte dans la perspective d'une application et il est difficile pour les applications de partager des informations de contexte, c'est à dire de mettre en œuvre dynamiquement de nouvelles applications avec la caractérisation du contexte fait pour les applications précédentes.

### ***1.4.2. Raisonnement sur le contexte en intelligence ambiante***

L'intelligence d'un système mécanique est principalement déterminée par ses capacités de raisonnement. Le but de raisonnement sur le contexte en intelligence ambiante est d'exploiter la véritable signification des données brutes de contexte, de les traiter, de les combiner et finalement de traduire les données de bas niveau qui sont stockées dans les registres des capteurs comme étant des informations précieuses, basées sur ce que le système peut déterminer l'état de son contexte, et de réagir de façon appropriée à certains changements de contexte. L'incertitude et l'imperfection des informations du contexte et les spécificités des entités qui opèrent dans des environnements d'intelligence ambiante présentent toutefois plusieurs défis dans les tâches de ce dernier.

Henricksen et Indulska dans [44] caractérisent quatre types d'information de contexte imparfaite : *inconnue*, *ambigüe*, *imprécise* et *erronée*. Les informations de contexte ne sont pas disponibles à tout moment, ceci est dû aux échecs des capteurs ou de la connectivité (qui sont inévitables dans les connexions sans fils) qui se produisent aux situations contextuelles. Lorsque les données sur une propriété de contexte proviennent de multiples sources, alors le contexte peut devenir ambigu. L'imprécision est fréquente au niveau des informations dérivées des capteurs, tandis que le contexte erroné survient à la suite des erreurs humaines ou matérielles.

Les entités qui opèrent dans un environnement d'intelligence ambiante devraient avoir différents objectifs, des expériences et des capacités perceptives. Ils peuvent utiliser des vocabulaires distincts, ils peuvent même avoir de différents niveaux de socialité. En vue de la nature de l'environnement hautement dynamique et ouvert (différentes entités rejoignent et quittent l'environnement à des moments aléatoires) et la non fiabilité et la portée limitée par les émetteurs de communication sans fils, les agents ambiants généralement ne savent pas a priori toutes les autres entités présentes à un instant donné spécifique ni ils peuvent communiquer directement avec chacun d'eux.

Globalement, le rôle du raisonnement sur le contexte dans les systèmes d'intelligence ambiante comprend :

- La détection d'éventuelles erreurs dans les informations de contexte disponibles ;
- Le traitement des valeurs manquantes ;
- L'évaluation de la qualité et de la validité des données détectées ;
- La transformation des données brutes de bas niveau de contexte en informations significatives de haut niveau de sorte qu'elles peuvent être utilisées par la suite dans la couche d'application ;
- La prise des décisions concernant le comportement du système lorsque certains changements sont détectés dans le contexte du système.

En tenant compte de ces exigences et des caractéristiques particulières du contexte et des entités ambiantes, les trois principaux défis de la gestion des connaissances dans l'intelligence ambiante doivent permettre :

1. Un raisonnement avec un dynamisme élevé et une imperfection contextuelle.
2. Une gestion de l'immense quantité de données de contexte potentielle en temps réel, tout en tenant compte des capacités de calcul limitées de certains appareils mobiles, ainsi que les contraintes imposées par les communications sans fils.
3. L'intelligence collective, en supportant le partage d'informations hétérogènes et le raisonnement distribué avec toutes les informations de contexte disponibles.

### **1.5. LES INTERGICIELS POUR L'INTELLIGENCE AMBIANTE**

Depuis deux décades passées que les intergiciels sont considérés comme étant un moyen d'offrir à une application une vue unifiée d'un ensemble de ressources distribuées avec lesquelles elle pourra interagir de la manière la plus transparente possible [45].

Les intergiciels d'intelligence ambiante, se basent sur un ensemble de ressources éventuellement répartis, hétérogènes et mobiles, présentent des informations contextuelles avec un élan convenable à l'adaptation au contexte. Beaucoup d'intergiciels proposent de répondre à ces questions en mettant en avant une question bien précise.

Amigo [46], par exemple, se concentre sur l'intégration de nombreux protocoles pour considérer le plus d'entités hétérogènes possibles. Aura [47], traite la problématique de

migration de la tâche utilisateur tandis que Gaia [48] propose un système centralisé sur le modèle d'un système d'exploitation. De son côté, RCSM [49] se focalise plus particulièrement sur les mécanismes d'adaptation.

Donc un intergiciel de l'intelligence ambiante est peut-être vu comme étant un pont logiciel entre une infrastructure logicielle variable et un modèle applicatif, qui fournit un ensemble de mécanismes répondant aux préoccupations non fonctionnelles sous-jacentes aux applications.

Ceci permet particulièrement de faire perdurer les fonctionnalités d'une application malgré les évolutions de son infrastructure et de son environnement. Alors, la figure 1.8 illustre les différentes réponses proposées par les intergiciels pour satisfaire à ces nombreuses préoccupations

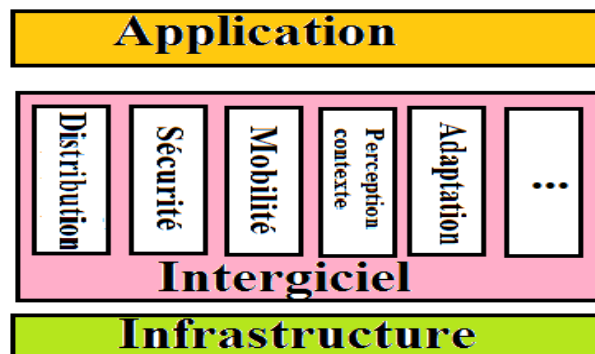


Figure 1.8. La position d'intergiciel.

### ***1.5.1. Propriétés principales des intergiciels d'informatique ambiante :***

Les fonctionnalités et propriétés des intergiciels, que les applications de l'intelligence ambiante peuvent considérer comme pré requises, ont déjà été largement étudiées dans [50, 51, 52].

#### **a. l'hétérogénéité et interopérabilité :**

De nombreux composants matériels et logiciels sont disponibles dans un environnement d'intelligence ambiante, pouvant avoir été créés par différents entreprises et concepteurs. Il est fréquent qu'ils utilisent des représentations des données, des langages de programmation, des protocoles et des supports de communication diverses. Le middleware doit autant que possible permettre aux applications de communiquer avec les différentes

entités d'une manière transparente. Cette gestion de l'hétérogénéité offre pour l'intergiciel l'aptitude de l'interopérabilité.

L'hétérogénéité apparaît à deux niveaux : technologique et sémantique. La plus évidente est l'hétérogénéité technologique liée au matériel ou au logiciel. Afin de rendre les entités technologiquement hétérogènes interopérables, une utilisation des standards, tels que les interfaces publiques ou les mécanismes de communication standards est impérativement nécessaire. Quant au niveau logiciel, il est recommandé d'utiliser une API commune et un format unifié [50], pour répartir l'intergiciel sur différents matériels ; ou bien, d'exécuter le cœur de l'application sur un nœud et d'envoyer d'autres fonctionnalités aux autres nœuds mobiles. Pour cela, il serait plus facile d'utiliser des standards de communication communs, comme CORBA ou les services web, afin de faciliter l'interopérabilité des différents codes fondés sur différents langages. Sinon, comme le fait Amigo [46], l'intergiciel doit effectuer des transformations entre les différentes interfaces des entités. L'application manipule une représentation abstraite de ces dernières alors que l'intergiciel gère leurs découvertes, la communication entre-elles ainsi que les protocoles qui leur sont propres.

Même si les problèmes de l'hétérogénéité technologique sont résolus, ceux liés à l'hétérogénéité sémantique semblent plus difficiles, causés par l'indisponibilité de toutes les entités logicielles lors de la conception. Ce qui contraint de devoir les intégrer dès qu'ils soient disponibles et leurs sémantiques devant être connue dans ce sens. L'intergiciel doit fournir un mécanisme permettant de connaître la sémantique des entités. Pour ce faire, il existe deux méthodes principales : la première consiste à soumettre les entités prises en compte de l'application à une liste prédéterminée, devant se conformer à des interfaces prédéfinies et standardisées rendant ainsi la sémantique connue au moment de la conception. Tandis que, la deuxième stratégie implique la définition d'un standard de description sémantique, basé sur une ontologie partagée par tous les éléments de systèmes. Dans ce cas, les entités doivent fournir une description de leur sémantique, ce qui n'est pas le cas dans les produits industriels actuels. Même si la sémantique d'un dispositif ou d'une entité logicielle est connue, il peut être conçu pour offrir une fonctionnalité et être utilisé pour une autre. Par exemple, un clavier de téléphone portable peut servir à composer un numéro ou peut servir d'interrupteur pour allumer une lampe. De plus, les sémantiques des deux fonctionnalités recherchées ne sont pas forcément exprimées de la même façon. On parle alors du problème d'alignement d'ontologies.

### **b. Le passage à l'échelle :**

Habituellement, on conçoit dans un premier temps, des systèmes d'intelligence ambiante pour un environnement réduit, dénommé espace ambiant, contenant peu d'utilisateurs. En réalité, ces systèmes s'exécutent dans un environnement plus large avec un nombre d'utilisateurs plus grand et faisant intervenir plusieurs espaces ambiants, disponibles en tout lieu, c'est le passage à l'échelle. Donc, il est obligatoire de répliquer ou de distribuer certains systèmes afin de ne pas se retrouver dans une situation de goulot d'étranglement. Ce raisonnement fait appel au besoin de centralisation afin d'améliorer les performances d'un système, par exemple la distribution de clés cryptographiques d'authentification [69].

La gestion d'informations contextuelles à grande échelle est une préoccupation importante en termes d'efficacité de communication [53], qui est liée directement à la consommation énergétique des dispositifs embarqués ou mobiles de communication aux ressources distantes, devant être réduite [50] pour favoriser les interactions locales ou proches, moins coûteuses sur le plan de l'énergie et des ressources.

Le passage à l'échelle peut être complexe lorsque les systèmes de découverte sont basés sur des technologies de diffusion locale comme les protocoles de découverte de services SLP (Service Location Protocol) [54] ou UPnP (Universal Plug and Play) [55] avec la diffusion UDP (User Datagram Protocol). Dans ces cas, des contrôleurs d'espaces ambiants devront être mis en place pour rendre disponibles les informations à d'autres espaces ambiants [56].

### **c. La mobilité :**

Comme on peut le constater, la mobilité est un facteur clé pour atteindre l'ubiquité, et une caractéristique importante des systèmes d'intelligence ambiante. La mobilité est un sujet complexe en soi, mais lorsqu'elle est appliquée dans un contexte AmI, sa complexité s'accroît encore plus, de nouvelles questions liées à l'interopérabilité, l'autonomie du système, l'accès au périphérique où la sécurité et la vie privée sont introduites. Cependant, pour faire face aux challenges présentés par la mobilité, il existe deux stratégies principales : l'adaptation dynamique des applications en fonction des entités logicielles et matérielles disponibles ; et la migration de code qui est une autre solution, complémentaire et non exclusive [50].

Les applications devraient migrer d'un dispositif à un autre pour aider les données et les services rendus à être disponibles en permanence alors que l'utilisateur se déplace [50]. La migration peut aider à réduire les coûts de communication et à éviter les déconnexions non

annoncées. Elle est déclenchée par action explicite de l'utilisateur ou par détection d'un changement de contexte.

### **d. Variabilité, extensibilité et interactions spontanées :**

L'environnement d'un espace ambiant est caractérisé par une grande variabilité [57]. Cette variabilité s'exprime autour de trois axes (un axe de variabilité qui concerne les variations de l'ensemble des dispositifs disponibles dans l'infrastructure [57] ; un axe de variabilité qui concerne la haute variabilité de l'environnement physique d'une application [58] ; un axe de variabilité portant sur l'ensemble des adaptations, pour des préoccupations diverses, qui doivent être mises en œuvre [58]).

Tous ces éléments variables et la manière dont ils doivent être gérés ne peut pas nécessairement être connu a priori, à la notion de variabilité peut alors s'ajouter celle d'imprévisibilité. De plus, puisque l'on ne connaît pas lors de la conception toutes les entités qui vont interagir, il est nécessaire de pouvoir les ajouter lors de l'exécution, on parle alors d'extensibilité dynamique. Elle repose sur la découverte de l'ensemble des entités présentes dans l'environnement à un instant donné, cet ensemble évoluant avec le temps. L'extensibilité peut se traduire par des interactions spontanées entre de nouvelles entités découvertes [50]. Dans ce cas, les applications seront adaptées dynamiquement pour fournir des fonctionnalités non prévues, ou une façon de rendre une fonctionnalité non prévue, à partir d'entités non connues à l'avance.

Le découplage entre les entités, aussi appelé couplage faible ou autonomie des entités, est un facteur important permettant de les faire interopérer de façon spontanée, et de fournir une extensibilité ainsi qu'une capacité d'adaptation dynamique aux applications. Ce découplage intervient à plusieurs niveaux, principalement au niveau de l'autonomie lors de l'exécution qui tend à ne pas exprimer de dépendance implicites et requises à l'exécution d'entités particulières, et au niveau des interactions entre ces entités. En intelligence ambiante, les interactions sont généralement basées sur des événements ou autres communications asynchrones [50, 51].

La fréquence des variations de l'environnement pouvant être élevée, il n'est pas envisageable de stopper l'application pour la reconfigurer chaque fois que cela est nécessaire. L'adaptation doit donc être dynamique, permettant de modifier le comportement de l'application pendant qu'elle continue à s'exécuter [59].

### **e. L'adaptation dynamique :**

L'adaptation dynamique est une propriété souhaitable pour les logiciels d'intelligence ambiante lors de la conception et l'exécution. Idéalement, les programmes de l'intelligence ambiante doivent être capables de s'adapter automatiquement aux matériels, aux changements environnementaux et aux événements afin de fournir un meilleur service. Mais actuellement, la plupart du temps, le mécanisme et les stratégies d'adaptation sont codés dans le code source, parfois mêlés à une fonctionnalité d'un ou de plusieurs composants. Donc, l'adaptation de l'application est limitée aux cas prévus par le programmeur, c'est-à-dire les nouvelles adaptations ne peuvent être considérées sans recours à la modification du code source de l'application. Pour faire face à ce problème, McKinley [60] a identifié deux types d'adaptation réalisables : l'adaptation de paramètre implique la modification de variables qui déterminent le comportement de l'application [60] et l'adaptation compositionnelle consistant en un échange de parties algorithmiques ou structurelles de l'application avec des nouvelles qui améliorent l'adéquation de l'application avec son environnement courant [61, 62, 63].

L'adaptation, en plus d'être déclenchée par les variations de l'infrastructure logicielle, est déclenchée par des modifications pertinentes de l'environnement physique. La sensibilité au contexte correspond à cette problématique.

### **f. sensibilité au contexte :**

Typiquement, les informations contextuelles sont obtenues de sources hétérogènes et distribuées. La collecte, ou capture, des informations fait intervenir d'autres fonctionnalités de l'intergiciel, telles que la découverte et l'interopérabilité. Les sources d'informations sont souvent des services logiciels s'exécutant sur des capteurs ou des dispositifs mobiles équipés de capteurs, et/ou des entités logicielles fournissant des informations purement logicielles comme un agenda ou même Twitter [64]. La découverte de sources d'informations contextuelles et leur intégration dans le système de gestion du contexte peut faire appel aux mêmes propriétés d'extensibilité et d'interactions spontanées que l'intergiciel.

### **g. La sécurité :**

Le nombre grandissant des interactions entre les entités d'intelligence ambiante de plus en plus proches des utilisateurs pousse à reconsidérer la sécurité des données personnelles. En effet, les utilisateurs transmettent des données pour s'authentifier sur de

nombreux systèmes, par des canaux de communication souvent non sécurisés. Et puisque les applications ou services offerts sont personnalisés pour les utilisateurs, les données transmises sont plus sensibles qu'auparavant, au sens qu'elles peuvent mener à un dévoilement de leur vie privée. La protection de la vie privée (privacy) est ainsi le problème de sécurité principal, ou en tout cas le plus sensible pour le public, de l'intelligence ambiante [65]. Même si une seule information ne représente pas une menace réelle pour la vie privée, la corrélation de plusieurs informations peut en être une. Notons qu'il n'y a pas de solution évidente au problème de la protection de la vie privée comme il peut y en avoir pour les propriétés classiques de sécurité (confidentialité [66], authenticité [67], intégrité) [68].

### **h. Temps de réponse adapté et maîtrisé :**

La fréquence à laquelle un mécanisme d'adaptation peut enchaîner les adaptations est une préoccupation majeure en intelligence ambiante. En effet, les contraintes évoquées précédemment mènent à la mise en place de systèmes complexes. La pertinence de l'adaptation ne doit pas seulement être logique mais aussi temporelle [63]. Considérons que les applications adaptables sont toujours dans un des trois états présentés en figure 1.9 ci-dessous. L'état 1 est une exécution normale de l'application pour lequel elle est pertinente par rapport à son environnement, c'est-à-dire qu'il s'agit bien du comportement souhaité pour cette situation. Lorsqu'un changement intervient dans le contexte de l'application et avant d'être adaptée, celle-ci se trouve alors dans un état 2 d'consistance avec l'environnement. Une fois l'adaptation démarrée, elle se trouve dans un état instable 3 et peut être partiellement ou complètement indisponible. Elle n'est également plus consistante avec son environnement. Pendant que l'application est dans l'état 2, plusieurs nouvelles modifications de l'environnement peuvent avoir lieu. Si l'un de ces changements intervient pendant que l'application est dans l'état 3, alors celle-ci retombe dans l'état 2.

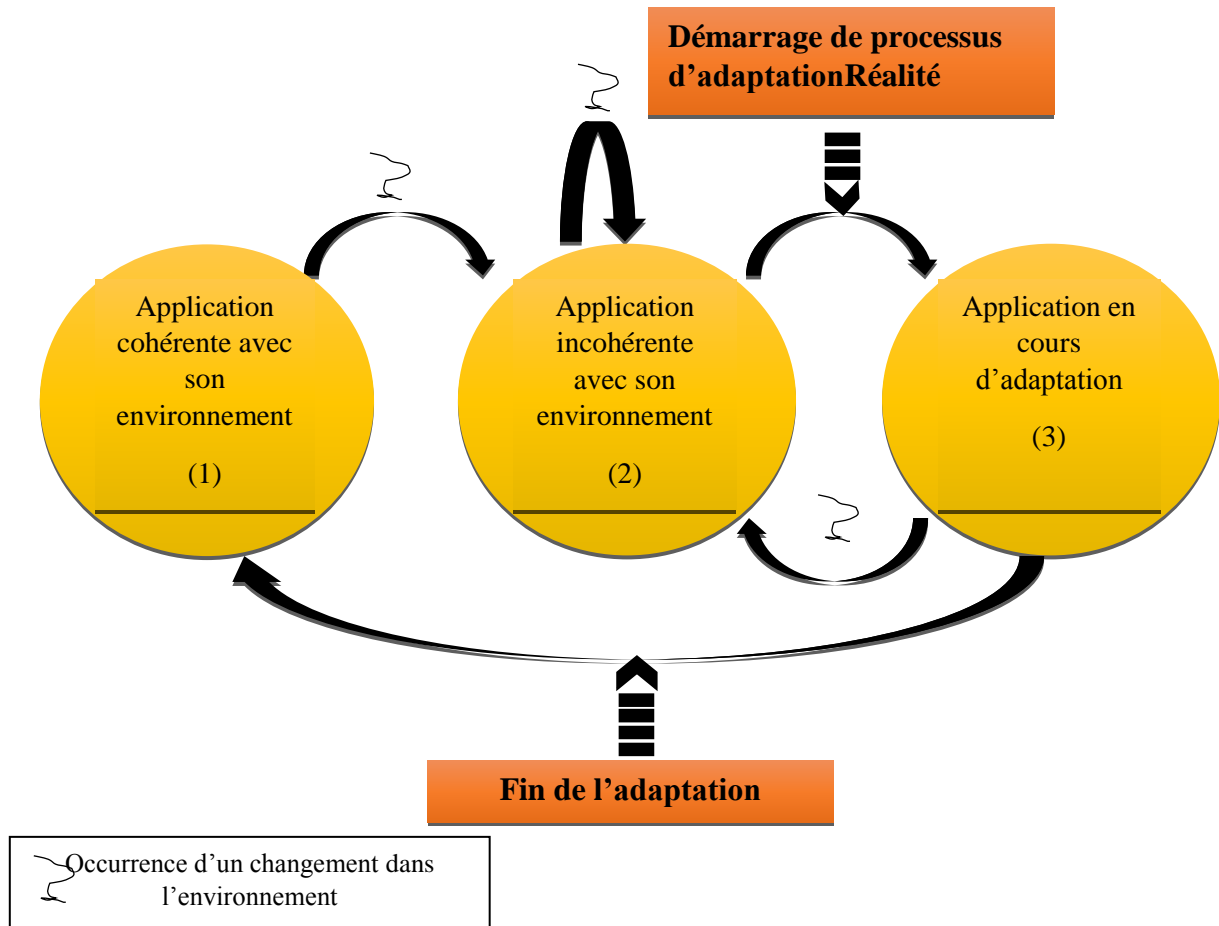


Figure 1.9. Les trois états d'une application adaptable

Le temps passé dans les états 2 et 3 doit être géré de manière à correspondre au mieux aux dynamiques de l'évolution de l'environnement et de l'application, si le temps requis pour adapter l'application sera plus souvent dans l'état instable 3 que dans l'état utilisable 1 ou même que dans l'état utilisable mais comportant des données périmées 2. De plus, si l'application reste trop longtemps dans l'état 2, donc si le temps de détection d'un changement est trop important, l'application va s'exécuter un temps non négligeable avec des données périmées. Suivant l'effet résultant de l'utilisation de ces données, l'utilisateur pourra être confronté à un manque de fiabilité évident de l'application ou à une latence qui fera considérer le système comme non robuste [70].

Le temps de réponse à un changement de contexte doit donc être minimisé : la chaîne de traitement du contexte. Utiliser des protocoles de communication synchrones et asynchrones, comme des événements [71], permet de ne pas perdre le temps à détecter des changements de valeurs dans les capteurs.

### 1.6. DEFIS ET VERROUS

Les auteurs de [72] relèvent trois types de défis économiques, scientifiques et éthiques :

#### *1.6.1. Défis de type économique*

Les applications clefs ou « *Killer applications* » ont toujours constitué une ressource de profit pour leurs entreprises d'origine. Mais ce genre d'applications reste toujours rare et difficile à identifier ; Parce que leur popularité est influencé par les consommateurs, qui ont tendance à prioriser leurs achats (les applications pour la plupart des consommateurs représentent un bien de luxe). Comme l'indique *Y. Punie*, la réussite des progrès technologiques est largement soumise aux conditions socio-économiques [73].

En outre, un autre problème se pose au niveau de la mécanisation des tâches, cela peut causer des crises reliées à la capacité limitée des machines face aux situations non programmées.

Pour répondre à ces enjeux, il est nécessaire d'identifier les cas d'usage pertinents (ceux qui correspondent à des besoins sociétaux solidement identifiés) et de conduire des expérimentations à grande échelle en situation réelle pour valider et, le cas échéant, faire évoluer les solutions imaginées par les scientifiques. Ceci implique de disposer de nouveaux outils de recherche adaptés permettant de recueillir et de traiter massivement, en temps réel, les données issues de ces expérimentations. Mais si, de manière générale, les usages et les modèles économiques associés ne sont pas complètement prévisibles, alors les défis scientifiques sont d'autant plus aigus.

#### *1.6.2. Défis de type scientifique*

L'intelligence ambiante, nous l'avons vu, a pour vocation de fournir de nouveaux services, de nouveaux outils, aux humains, à la société. Nous définissons un service comme une assistance (ou commodité immatérielle) fournie à un (ou des) êtres vivant(s) et notamment à des personnes. La notion de service est apparue récemment dans les sciences informatiques. Dans ce contexte, un service offre une fonction utilisable par un tiers. Ce tiers peut être un ou plusieurs êtres vivants ou un autre service.

La mise en place de services innovants en intelligence ambiante soulève des défis scientifiques considérables puisque les usages émergent et que la nouveauté peut venir des utilisateurs qui s'approprient les objets technologiques de manière inattendue. Il nous faut donc aboutir à des technologies génériques, *facilitantes* et *façonnables* : génériques de sorte d'être applicables en toute circonstance, *facilitantes* pour permettre le développement rapide de services par des professionnels, *façonnables* en sorte d'être « organisables » et transformables à volonté par l'utilisateur final et ceci dans un monde hétérogène, contraint, dynamique et multi-échelles. Il ne s'agit pas de créer un monde uniformisé et normalisé, mais bien d'en respecter la diversité et l'inattendu. Autrement dit, il s'agit d'inventer les concepts, les modèles, les technologies et les méthodes pour :

- des services évoluant correctement dans des environnements hétérogènes, dynamiques, fortement contraints et multi-échelles,
- des services autonomes, voire émergents, mais maîtrisés,
- des services sûrs, fiables et sécurisés,
- des services intelligents,
- des services interagissant avec l'utilisateur de manière adaptée,
- des services respectant des valeurs éthiques.

### ***1.6.3. Défis de type éthique***

Les réfrigérateurs intelligents, les scénarios pay-per-use, et les taux d'assurance dynamiques dessinent un futur dans lequel tous nos mouvements, nos actions et nos décisions sont enregistrés par des dispositifs électroniques infatigables, de la cuisine et le salon de nos maisons aux voyages lors de notre week-end dans nos voitures. Il n'est pas surprenant, que de nombreuses critiques considèrent cela comme "une tentative de pénétration technologique violente dans la vie quotidienne "[7].

En vertu de ses définitions mêmes, la vision de l'intelligence ambiante a le potentiel de créer un réseau de surveillance invisible et complet, couvrant un partage inédit de notre vie publique et privée : «Les vieux dictons que « les murs ont des oreilles » et « si ces murs pouvaient parler » vont devenir une réalité inquiétante. Le monde est rempli des choses qui connaissent tout et rapportent tout » [8]. Même si les critiques continuent de prétendre que « tous ces secrets ont rendu la vie plus difficile, plus coûteuse, plus dangereuse et moins fortuite" [24], la vie privée est toujours majoritairement considérée comme une exigence

fondamentale de toute démocratie moderne [25]. Ce n'est que lorsque les gens sont libres de décider quoi faire de leurs vies, en fonction de leurs intérêts et croyances, et sans crainte de répression de leurs concitoyens, que la pluralité nécessaire des idées et des attitudes peut se développer en empêchant la société d'être subjuguée sous un leader charismatique.

De nouvelles responsabilités apparaissent visant à protéger la vie privée des individus. Il s'agit de rechercher une autorégulation et de produire des « normes privées » (contrats-types, chartes, codes de bonne conduite, etc.). Pour répondre aux questions d'éthique posées par l'intelligence ambiante, il est nécessaire d'impliquer des comités de réflexion sur ce sujet, mais aussi d'avancer en recherche sur le concept de « machine éthique » [74].

### **1.7. LES CHAMPS D'APPLICATION D'INTELLIGENCE AMBIANTE**

L'intelligence ambiante est multidisciplinaire [26]. Elle est appliquée à de nombreux champs de recherche comme : la santé, l'éducation, la sécurité, la vidéo surveillance, la domotique, la gestion de situation de crises, le transport public, les fabriques, les chaînes de production, etc.

La domotique se réfère à l'utilisation de la technologie pour rendre les tâches quotidiennes à la maison (ou au bureau) plus simples, plus sûres, ou moins chères. Les systèmes de domotique peuvent contrôler des lumières et des gradateurs, créer ou améliorer les systèmes de divertissement et de home cinéma et, renforcer la sécurité de la maison, automatiser les serrures et les portes et accroître l'efficacité énergétique.

L'intelligence ambiante et les technologies mobiles offrent diverses possibilités pour améliorer l'efficacité et l'efficience du traitement médical dans les hôpitaux. Grâce à l'utilisation des capteurs par exemple, ces systèmes offrent un support sensible au contexte. Dans le domaine des soins de santé, les systèmes ambiants peuvent également soutenir une équipe opérationnelle à déterminer si des instruments ont été laissés dans le patient [75]. Ces erreurs évitables conduisent à environ 17 000 décès par an en Allemagne, et les technologies peuvent aider à réduire le risque de complications chez les patients.

On adopte aussi l'AmI dans le domaine d'apprentissage et de l'éducation afin de comprendre les besoins et les souhaits des apprenants et des enseignants, de présenter les

documents pédagogiques personnalisés de manière omniprésente, de soutenir les interactions «naturelles» avec un contenu d'apprentissage numérique et traditionnelle, ainsi que de suivre la progression de l'apprentissage au niveau individuel et de la classe. De même, on l'utilise pour la détection des difficultés et des problèmes, et en offrant une aide personnalisée. Aussi on peut l'exploiter pour soutenir les apprenants et les enseignants dans les activités de classe, et d'étendre l'apprentissage au-delà de la salle de classe. De manière similaire, on opte à l'utiliser pour que les étudiants trouvent des personnes avec les mêmes intérêts qu'eux, pour covoiturer par exemple, etc.

De plus, trouver des personnes avec les mêmes intérêts ou buts, peut être appliqué à d'autres domaines comme par exemple dans un village ou un lieu particulier comme un centre de loisirs.

On emploie l'intelligence ambiante dans le domaine de vidéosurveillance pour augmenter la sécurité, la sûreté et les statistiques. La possibilité d'ajouter des «yeux électroniques» pour contrôler l'environnement urbain est devenue une exigence incontournable. Cette exigence est reflétée par la dissémination des systèmes de surveillance vidéo dans les lieux publics (en particulier les métros, les gares, et les aéroports) afin de prévenir les crimes, le vandalisme, ou même des attaques terroristes. De même, la vidéosurveillance est de plus en plus populaire pour un usage privé, en maisons, bureaux, banques, visant à garantir la sécurité personnelle des citoyens et des travailleurs.

Enfin, la vidéosurveillance peut également être utilisée pour collecter des statistiques sur les personnes, les comportements, les véhicules, etc. Ces statistiques peuvent être diffusées aux citoyens ou aux fonctionnaires publics, ou être utilisées pour des applications de planification. C'est souvent le but des systèmes de gestion du trafic basés sur la vision, tant pour les routes urbaines que les autoroutes, employés pour mesurer les files d'attente, quantifier le taux d'occupation des voies, détecter les incidents, mesurer la vitesse, pour le contrôle d'accès aux zones réglementées, et ainsi de suite.

L'AmI est aussi employé dans le tourisme pour la personnalisation et l'adaptation des voyages pour différents touristes. Dans les usines [27], on l'applique pour le contrôle des chaînes de production, pour augmenter la production en fonction de la demande et pour l'organisation et la sécurité du personnel. De même, on peut l'utiliser pour la prise de décision qui est une charge importante au travail. En effet, elle est basée sur de différents points de

vue, d'échange d'idées, d'arguments et elle demande de négocier, coopérer, collaborer et discuter sur le sujet.

L'utilisation de l'AmI pour la gestion de situation de crises est plus récente [77, 78]. Elle est appliquée à la coordination et à l'administration de la crise pour arriver à une bonne solution, plus pratique et de façon autonome. Par exemple, dans les brigades de pompiers on peut améliorer le temps de réaction, trouver les lieux plus vite, etc.

Dans le secteur des transports routiers, on cherche à rendre le trafic plus fluide, le transport plus efficace, plus sûr grâce aux technologies GPS de recherche du meilleur chemin, en évitant les problèmes routiers (travaux, accidents, ...), en obtenant des informations sur l'itinéraire (route, temps, etc.), en utilisant le paiement électronique sur l'autoroute [27]. De même, de nouvelles techniques de stationnement automatisé de véhicules sont à l'étude.

### **1.8. CONCLUSION**

L'intelligence ambiante, cette vision futuriste qui a pour but de faciliter notre vie, couvre différents domaines incluant des applications extrêmement diverses. Mais, elle subit encore des défis qu'on doit leur faire face pour qu'on puisse appliquer cette vision à tous les domaines de notre quotidien.

# Chapitre II :

Les Systèmes de Transport  
Intelligents

**CHAPITRE 2 : LES SYSTEMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS****2.1. INTRODUCTION**

L'homme depuis son existence a cherché des moyens pour lui faciliter ses déplacements. Aujourd'hui, on peut dire qu'on a réalisé le rêve de nos ancêtres tout en construisant des puissantes infrastructures et inventant des moyens de transport diverses avec des capacités énormes. Malheureusement, ces avancées rapides couplées au désir de se déplacer de plus en plus rapidement, mènent à de nouvelles peines graves : les accidents, la pollution et les embouteillages. Pour faire face à ses problèmes et augmenter l'infrastructure actuelle, de nombreuses méthodes ont été proposées tels les panneaux à message variable ; les dos d'âne ; les décisions gouvernementales permettant de lutter contre la pollution en interdisant les jours de forte pollution, l'accès au centre-ville pour les véhicules avec des numéros immatriculés pairs ou impairs et en favorisant l'utilisation des véhicules écologiques [78], en donnant des avantages aux consommateurs, sous la forme d'une réduction sur les taxes du carbone et les cotisations d'assurance.

A la fin du XXème siècle, les chercheurs tendent à introduire l'intelligence dans les systèmes de transport, ce qui a donné une naissance à un nouveau domaine de recherche dénommé « Systèmes de Transport Intelligents » abrégé STI. A leurs débuts, les initiatives étaient limitées par la télésurveillance sur les incidents de la circulation à l'aide de caméras pour en informer les utilisateurs via des panneaux à messages. Peu après, avec l'arrivée de la communication sans fil, le monde a ouvert ses portes en direction de la recherche sur la communication inter-véhiculaires. Aujourd'hui, sans même y penser, par un simple coup d'œil le conducteur peut consulter diverses applications technologiques (niveau de carburant et d'huile, température du moteur, vitesse, kilométrage effectué, allumage des phares, pression des pneumatiques, accrochage des ceintures de sécurité, radar anticollision, température extérieure, signal sonore d'un risque de verglas ou de brouillard ...), qui sont introduites pour lui faciliter la conduite, rendre le voyage plus sécurisé, plus confortable et même plus amusant.

### 2.2. DÉFINITIONS DES STI

Les systèmes de transport intelligents (STI) sont ces nouvelles technologies appliquées aux réseaux de transport pour en améliorer la gestion et l'exploitation, aussi bien que les services aux utilisateurs.

La gamme des technologies considérées comprend toutes les applications de la télématique au domaine du transport, utilisant notamment l'électronique embarquée ou fixe (p. ex. : capteurs, moyens de calcul), les télécommunications, les bases de données et d'information, les systèmes de régulation, les paiements électroniques.

Tous les modes de transport – routier, ferroviaire, aérien, maritime – sont visés par ces applications, tant pour la sécurité ou la régulation des flux de la circulation que pour l'information des usagers des transports en commun ou des usagers du transport des marchandises.

Notre étude se consacre pour les systèmes de transports routiers.

### 2.3. LES ORIGINES DES STI POUR LA ROUTE

Selon [79] l'histoire des STI pour la route s'étale des années 60 jusqu'à nos jours, et elle peut être découpée en trois grandes phases :

- La première phase, s'est déterminée par l'étude de faisabilité et de préparation des technologies de base qui servent de support aux transports intelligents.

- alors que la deuxième, s'est caractérisée par la mise en place des premières applications résultantes des premières études ;

- et enfin, la dernière phase qui non seulement a mis l'accent sur l'importance des STI pour la gestion de trafic mais de les considérer comme étant des outils de développement des pays.

#### *2.3.1. Premières études (années 60 – années 70)*

Les attrayants projets de cette époque c'étaient : le programme de recherche CACS « Comprehensive Automobile traffic Control System » qui s'est étendu de 1973 à 1979 [80]. Il s'agissait du premier partenariat public-privé dans le monde ayant testé en zone urbaine un

système de navigation interactif embarqué possédant un écran ; le projet ERGS « Electronic Route Guidance System » aux États-Unis [81] et le projet similaire ALI « Autofahrer Leitund Information System » en Allemagne [82]. Ces trois issues étaient basées sur des systèmes de communication reliés à un énorme ordinateur central. Malheureusement, vu les faibles capacités de calcul des systèmes embarqués de cette période et de l'importante puissance requise pour le serveur principal, ces projets n'ont jamais vu le jour.

### *2.3.2. Premières applications (années 80 –milieu des années 90)*

La période des années 80 a été marquée par plusieurs avancées technologiques (développement de puissance des processeurs, capacités des calculs, augmentation de la taille mémoire ...). Le domaine de transport a largement bénéficié de ces évolutions qui ont abouti à l'essor de nombreux projets. Ces derniers s'intéressaient au développement des solutions réelles, concrètes et fonctionnelles afin de les commercialiser.

Parmi ces projets, on cite les issues européennes représentées par le programme EUREKA [83] créé en 1986 et son projet PROMETHEUS « PROgraM for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety » [84], qui est une initiative soutenue par des constructeurs automobiles visant à développer les transports intelligents. Le programme DRIVE I « Dedicated Road Infrastructure for Vehicle safety in Europe » [85], créé par les autorités européennes en 1988 et achevé en 1991 pour qu'ils le reprennent avec le programme DRIVE II [86] l'année suivante.

Du côté américain, cette époque s'est caractérisée par la formation d'un groupe d'étude informel dénommé « Mobility 2000 » en 1988, ainsi que la création du programme national IVHS America « Intelligent Vehicle Highway Society of America » en 1990. L'intégration du groupe d'étude au projet par le gouvernement en 1992 lors de son lancement.

Simultanément, le rival japonais a créé en 1984 le projet RACS « Road/Automobile Communication System » par le ministère de la construction (MOC « Ministry Of Construction »), et en 1987 le projet AMTICS « Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems » de l'agence nationale de la police (NPA « National Police Agency »), qui ont aidé à la création des éléments de base des systèmes de navigation actuels. En 1991, le ministère des postes et des télécommunications a unifié ces deux projets dans le projet VICS ciblant leur standardisation [87].

En plus de ceux mentionnés ci-dessus, cette période a été marquée par la mise en place de quatre autres projets importants dans l'histoire des systèmes de transport intelligents ; ce sont :

- Le projet ARTS « Advanced Road Transportation Systems » [88], du ministère de la construction, qui commença en 1989 et dont l'objectif a été la conception de nouveaux types de voies.

- Le projet SSVS « Super Smart Vehicle System » [89], du ministère du commerce extérieur et de l'industrie, a été mis en place en 1990 dans le but de créer des véhicules qui interagissent entre eux et avec la route.

- Le projet ASV « Advanced Safety Vehicle » [90], du ministère des transports, qui débuta en 1991, se charge de la recherche et du développement de technologies liées à la sécurité automobile.

- Le projet UTMS « Universal Traffic Management System » [91], de la police nationale, établi en 1991 afin d'améliorer la surveillance et l'organisation du trafic.

Globalement, les projets cités ci-dessus issus de nombreux efforts (privés et publics), ont aidé à accélérer les recherches dans le domaine des STI.

### ***2.3.3. Les grands projets (milieu des années 90 – aujourd'hui)***

A Paris, en 1994 avec l'organisation du premier congrès mondial sur les STI, la phase actuelle de l'histoire a commencé. Cette phase est fortement marquée par sa dimension mondiale.

En 1994 aux États-Unis, le projet IVHS a été renommé ITS America « Intelligent Transportation System America » pour étaler le champ de recherche ainsi que refléter la volonté du gouvernement à encourager les STI. En Europe, les projets PROMOTE « Programme for Mobility in Transportation in Europe » [84] et TAP « Telematics Applications Programme » [92] ont suivi les projets PROMETHEUS et DRIVE II. Sans omettre à mentionner, la création de l'organisation publique-privée ERTICO « European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization » qui a pour but la création d'un réseau d'informations sur les STI ainsi qu'apporter de l'aide pour retrouver de nouvelles

collaborations. Enfin, le regroupement des projets japonais dans un plan global concernant les STI. Ainsi, la figure 2.1. résume l'histoire des STI jusqu'aux années 2000.

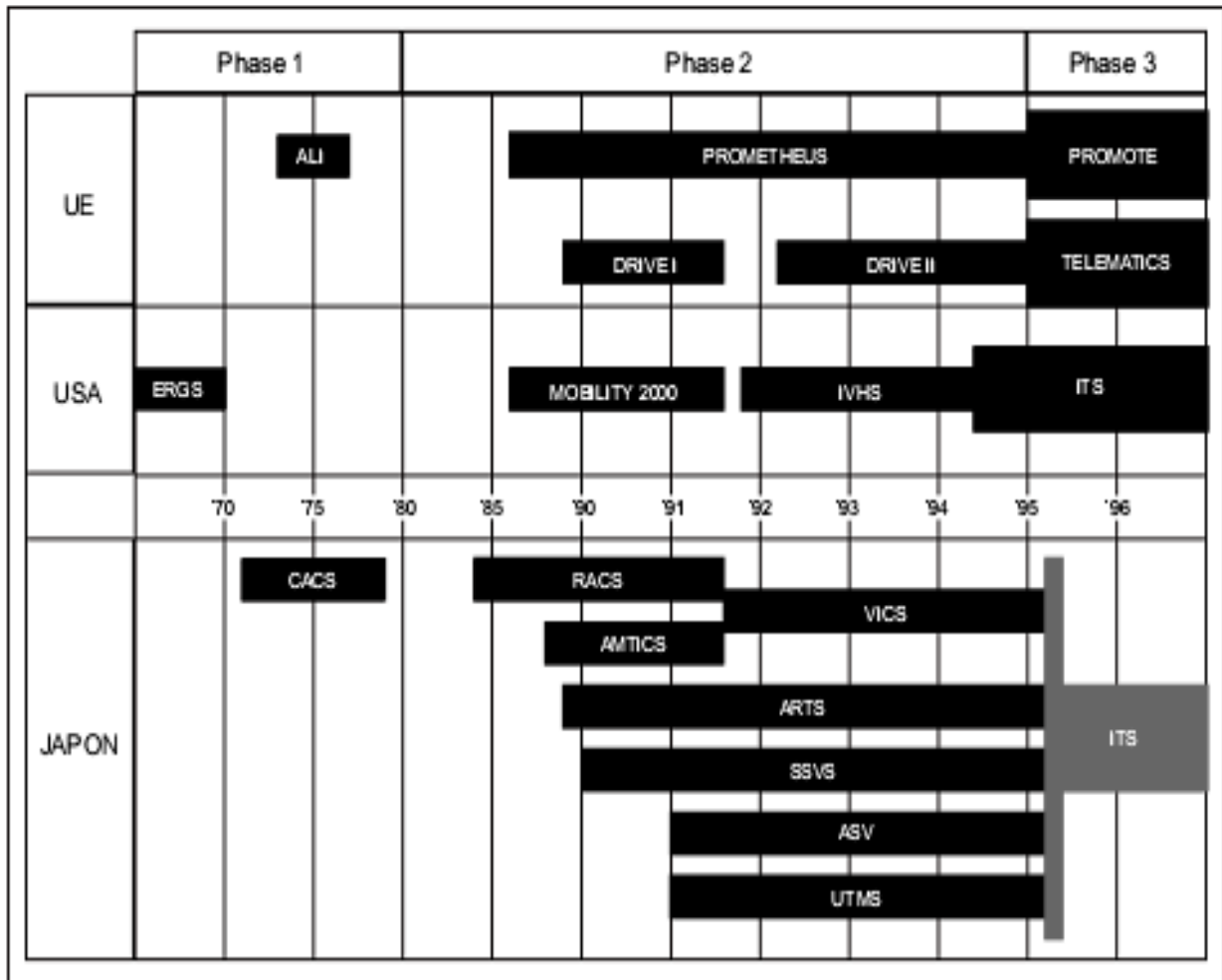


Figure 2.1. Les projets STI, d'hier à aujourd'hui [79].

## 2.4. OBJECTIFS DES STI

On fait souvent la différence entre un système de transport intelligent et un service de transport intelligent : les systèmes sont utilisés par des gestionnaires, opérateurs ou entreprises de transports, et sont donc transparents pour les usagers, alors que les services de transports intelligents sont destinés directement aux usagers en leur permettant d'adapter leurs comportements (de choix modal, d'itinéraire, de conduite) à l'information qu'ils reçoivent.

Les STI sont adressés aux utilisateurs [93], qu'ils soient usagers de transports, gestionnaires, ou autorités organisatrices de transports afin de leur proposer différents services. Ces derniers sont illustrés en figure 2.2.



Figure 2.2. Présentation schématique des STI en fonction du service fourni à l'utilisateur

1. Aide à la mobilité et choix ex ante qui comprend :

\* Aide au choix modal : vu que chaque mode de transport a ses avantages et ses inconvénients, les nouveaux STI aident les usagers à déterminer le mode de transport adéquat avec leurs besoins (coût, rapidité, sécurité, climat...).

\* Aide au choix d'itinéraire : suggérer des itinéraires qui correspondent aux attentes des utilisateurs.

\* Aide au choix d'horaires : informer les usagers ainsi que leurs proposer des horaires de voyages par exemple l'heure où il y a moins de circulation.

\* Réservation : les systèmes de réservation permettent aux utilisateurs de connaître en temps réel l'état des produits et de simplifier la gestion des réservations (location de voiture, air, autobus, parking...) ainsi que de réserver à distance.

\* Gestion des flottes et du fret : le transport de marchandise s'est largement bénéficié des nouvelles STI ce qui a conduit à une maîtrise de la gestion des produits selon la logistique de l'entreprise.

### 2. Aide aux déplacements temps réel, comprend :

\* Paiement électronique : qu'il s'agit de la billettique, télépéage, le péage sans arrêt, paiement de stationnement ou autre, le paiement électronique a permis aux personnes d'adapter leurs tarifs, un gain de temps substantiel, etc.

\* Aide et conseil de déplacement en temps réel : c'est un service d'information voyageur en temps réel sur le trafic (leur temps de parcours probable, etc.)

\* Suivi des flottes : permet de contrôler l'accès à certaines zones sensibles ou interdites, augmenter la sûreté et la sécurité du transport des matières dangereuses, de respecter les seuils de concentration de ces dernières sur une zone, ...

### 3. Aide à la sécurité routière, comprend :

\* Assistance à la conduite : sert à améliorer la sécurité des usagers, assurer le confort des personnes et diminuer l'émission des facteurs polluants. Parmi ces applications on cite la direction assistée, boîte de vitesse automatique, ABS, ESP (stabilisateur électronique programmable), limiteur de vitesse, système anticollision, aide à la navigation GPS, affichage tête haute des informations, ...

\* Connaissance de la réglementation : système de reconnaissance d'image et de géolocalisation utilisés pour connaître les réglementations dans les zones urbaines, ...

\* Application de la réglementation : on cite par exemple les radars, l'utilisation des caméras dans les transports en commun pour lutter contre la fraude et le vandalisme et dans les rues pour prévenir la répression des crimes, ...

Les STI sont généralement classés en services dont la hiérarchie varie d'un pays à un autre. Voici quelques classifications :

*Dans les travaux européens (EASYWAY et Plan d'action UE), les services STI dans le domaine routier sont classés en quatre principales catégories [94]*

1. information aux usagers ;
2. gestion des trafics ;
3. services spécifiques au fret ;
4. communication véhicule – infrastructure.

*La nomenclature ACTIF développée en France fournit une classification dans une perspective plus multimodale :*

1. paiement électronique ;
2. gestion des urgences ;
3. gestion du trafic ;
4. gestion des transports publics ;
5. systèmes avancés d'assistance aux conducteurs ;
6. information sur les déplacements ;
7. application de la réglementation ;
8. gestion du fret et des flottes de véhicules ;

*Les travaux de normalisation des STI fournissent également des éléments de nomenclature : le champ d'activité du CEN 278 relatif aux STI est défini autour des axes suivants :*

1. identification des véhicules et des chargements
2. communication véhicule – infrastructure (V2I)
3. communication véhicule – véhicule (V2V)
4. interface homme-machine au sein des véhicules pour les dispositifs télématiques
5. gestion des trafics et du stationnement
6. paiement électronique
7. gestion des transports publics
8. information voyageurs

*La nomenclature utilisée aux Etats-Unis est la suivante*

1. Gestion du trafic et des voyages
2. Gestion des transports publics
3. Paiement électronique
4. Fonctionnement des véhicules commerciaux

5. Gestion des urgences
6. Systèmes de sécurité dans les véhicules
7. Gestion de données.

Améliorer les temps de parcours, réduire la congestion, augmenter la sécurité, diminuer les nuisances environnementales et bien plusieurs autres objectifs de la politique publique sont atteints directement ou indirectement grâce aux STI et leurs services rendus aux utilisateurs. Dans ce qui suit, on montre un certain nombre des avantages tirés des projets STI mis en œuvre au Canada, aux États-Unis, en Europe et au Japon [95, 96, 97, 98].

### *a. Transports plus fiables :*

Grâce aux projets STI, la ponctualité du transport en commun à passer de 12 à 23% ; ce qui implique la réduction des délais d'attente des passagers jusqu'à 50%. Par exemple, la ponctualité des autobus urbains de Kanas City (Missouri) a été améliorée de 12%, ce qui a conduit à la réduction de ses parcs d'autobus de 9%.

Les systèmes de paiement électronique mise en place ont marqué un gain de 90% que d'habitude. Ils ont augmenté la perception du péage de 3 à 30%.

### *b. Productivité économique améliorée :*

Les exploitants de véhicules commerciaux canadiens estiment l'économie de 55 millions de dollars annuellement, et la génération de 20 millions de dollars en exportations par année depuis 1993 grâce à l'utilisation du système COMPAS (système de gestion de la circulation autoroutière). Alors que, le département américain des transports estime que l'utilisation des STI permet aux fournisseurs d'économiser 35% des investissements d'infrastructure et la réduction de 25% des coûts de cycle de vie du réseau de transport pour la prochaine décade, soit 30 milliards de dollars.

### *c. Amélioration de la sécurité :*

L'utilisation du système de trafic routier COMPAS à Toronto, sur certaines sections de l'autoroute 401, a enregistré une réduction de la durée des incidents entre le moment où ils surviennent et celui où ils sont éliminés de 86 à 30 minutes, une diminution du retard moyen par incidents de 537 véhicules-heures, une prédiction d'environ 200 accidents par année due à

l'affichage de messages d'incident au moment où ceux-ci surviennent, entraînant des économies de 10 millions de dollars.

L'expérience aux États-Unis révèle une réduction du nombre d'accidents allant de 15 à 62 pour cent. Plus précisément, le projet FAST-TRAC à Oakland (Michigan) a entraîné une réduction de 89 pour cent des accidents de virage à gauche, une réduction de 27 pour cent du nombre total de blessures et une réduction de 100 pour cent des blessures graves. Le projet Guidestar TMS à Minneapolis a permis une réduction de 25 pour cent des accidents, une augmentation de 35 pour cent de la vitesse moyenne à l'heure de pointe et un accroissement de la capacité routière de 22 pour cent.

Le comté de Fulton (Géorgie) a réduit le délai moyen d'intervention en cas d'incendie de 7,5 à 4,5 minutes.

### *d. Économie de temps et gains d'efficacité opérationnelle :*

Réduction de délais globaux de 5,3 millions de véhicules-heures par année et la consommation de carburant de 11,3 millions de litres par année grâce à l'utilisation du système COMPAS.

Au Japon, ils ont prouvé que l'application des STI permet une diminution de la consommation annuelle de carburant et qui peut arriver jusqu'à 11% annuellement.

A Indiana, ils ont enregistré un gain de 14 millions \$US par année en coûts d'exploitation et équipement dû à la régulation assistée par ordinateur pour les chasse-neiges.

En Oklahoma, ils ont révélé une réduction des coûts d'exploitation à chaque poste de péage de 176 000 \$ à 16 000 \$ par année en utilisant le système de perception électronique du péage (PIKEPASS).

A New York, le temps d'attente des véhicules dans les voies de péage a passé de 15 minutes à moins de 30 secondes depuis l'utilisation de système de péage E-Z pass.

### *e. Réduction des effets sur l'environnement :*

Réduction des émissions de gaz à effet de serre de 3 100 tonnes par année grâce à l'utilisation du système de gestion routier COMPAS.

Une récente étude commandée par la Table des transports, dans le cadre du processus national sur le changement climatique du Canada, sur les effets de sept applications STI sur les émissions de gaz à effet de serre, a estimé la réduction annuelle de ces émissions en 2010 à 763 milliers de tonnes. Cette réduction représente 0,5 pour cent des émissions totales de gaz à effet de serre attribuable au transport en 1995. Les réductions connexes dans la consommation de carburant sont estimées à près de 300 millions de litres.

*f. Réduction des accidents en zone rurale :*

À l'aide des services 911 et autres services de gestion des véhicules d'urgence, des systèmes anticollisions, des fonctions de prévisions météo, etc.

*g. Accroissement des débouchés et création de nouveaux créneaux pour les fournisseurs et les usagers.*

*h. Réduction du fardeau administratif et des coûts d'exploitation :*

Grâce à l'amélioration de l'efficacité des systèmes au moyen de fonctions automatisées et de transactions électroniques.

*i. Amélioration de la surveillance et de la gestion des flux de trafic et des incidents reliés au transport des marchandises dangereuses.*

*j. Amélioration de la collecte de données sur les flux de trafic, les marchandises transportées, les transporteurs, les conducteurs et les charges marchandises par les autorités économiques, commerciales et de réglementation, les administrateurs d'installation et les fournisseurs de transport, permettant plus d'efficacité dans la planification des politiques, la conception des infrastructures et la gestion des activités.*

### **2.5. ENJEUX ET DEFIS DES STI**

Les formidables évolutions des STI posent de multiples défis : défis humains, technologiques, scientifiques, commerciaux et économiques. Sans omettre ceux, probablement plus difficiles, d'ordre social, institutionnel et politique [99].

### *a. Homme et machine*

La majorité des systèmes STI embarqués qui procurent un avantage en sécurité peuvent également introduire un élément de risque ; il faut tendre vers un ratio risque-avantage acceptable afin de contribuer valablement aux objectifs de sécurité routière.

### *b. Intégration et interopérabilité*

Un enjeu majeur qui engage fortement l'avenir des STI est celui de l'intégration de différents systèmes monofonctionnels. Cette question se pose sous deux angles :

- un besoin d'intégration «horizontale», à savoir qu'un même service offert dans différentes régions doit pouvoir être fourni de manière continue, dans un système unifié interopérable et transfrontalier ;

- un besoin d'intégration «verticale», soit l'agrégation de services élémentaires, pour éviter les redondances, la multiplicité des interfaces homme-machine, etc.

L'avenir des STI passe donc obligatoirement par une plateforme ouverte et commune, partagée par de nombreux partenaires, publics et privés.

Sous interopérabilité, il faut également entendre les applications télématiques qui ne concernent pas un seul mode de transport, mais la palette des transports disponibles en un lieu et à un moment donnés.

### *c. Normalisation et certification*

Des pans entiers de technologies STI sont toujours dépourvus de normes. Cette situation peut être bénéfique à l'évolution des technologies (par la latitude qu'elle laisse à la recherche), mais peut aussi se révéler une source d'incompatibilité entre équipements. Il faudra qu'à terme les fabricants de systèmes s'accordent sur un cadre architectural et explorent les avantages d'applications uniformes et normalisées. Des spécifications européennes engendreront d'appréciables économies d'échelle.

Le développement d'une charpente légale de certification des produits est également indispensable. Des procédures d'essai doivent être élaborées, qui permettront l'auto certification vis-à-vis de normes nationales.

Il faudra trouver un équilibre et une complémentarité entre les services offerts par le gestionnaire public et l'opérateur privé. Les échanges de données et les méthodes, procédures et protocoles devront être formalisés.

### *d. Responsabilités*

Comment, en cas de dysfonctionnement susceptible de causer un accident, partager les responsabilités entre le constructeur automobile, le fournisseur de logiciels ou de services, l'opérateur de communications, le gestionnaire routier et le conducteur ? Et que dire d'un dysfonctionnement qui mettrait en cause la protection de la vie privée, à cause de la possibilité de suivi autorisée par les systèmes STI ?

### *e. Protection de la vie privée*

Le développement des STI doit se réaliser dans le respect des libertés individuelles et sans déresponsabiliser le conducteur. Mais la protection de la vie privée risque d'être mise à mal, par exemple par la localisation précise des véhicules, par leur identification automatique, ou encore par la «boîte noire». Il faudra définir, à partir de la jurisprudence, les recommandations à appliquer aux nouveaux services, en tenant compte des règles existantes concernant, par exemple, les péages autoroutiers ou la télébilletique.

### *f. Sécurité des informations*

Puisque l'information constitue la base de la majorité des STI, il faudra garantir une extrême fiabilité des serveurs d'informations, qui devront résister aux pannes, virus et autres piratages informatiques.

### *g. Marché et concurrence*

L'introduction des STI a, jusqu'à présent, été poussée par le marché, et tout indique que le marché demeurera la force vive des STI. Cependant, les forces du marché ne mènent pas nécessairement à une amélioration de la sécurité. Il sera donc indispensable, avant d'introduire certaines fonctions de sécurité, d'en étudier l'intérêt auprès du public et d'en évaluer la pertinence. Et, si l'on veut atteindre un impact maximal de sécurité, certains systèmes devront être installés de manière obligatoire.

Quels seront les fournisseurs de télématique routière ? Entre les constructeurs automobiles, handicapés par la rigidité du parc automobile, les équipementiers qui hésitent à se lancer dans la compétition et les sociétés de télécommunication mobile dont le domaine d'action dépasse largement la seule automobile, ce sont très probablement les derniers qui dirigeront le mouvement à court terme. A moins que les fournisseurs de contenu mettent tout le monde d'accord ? Les marchés locaux sont dominés par des fournisseurs uniques proposant généralement des solutions clés en main et de marques déposées, ce qui a pour double effet d'augmenter les coûts et d'empêcher l'accès au marché.

### *h. Adaptation du conducteur*

La propagation des STI entraîne une transformation profonde des usages et des pratiques en matière de conduite automobile, en particulier les systèmes d'information et d'assistance (ADAS).

De nombreuses fonctions des STI sont conçues pour faciliter et sécuriser la tâche de conduite :

- alléger les processus d'orientation,
- réduire le niveau de stress et la charge mentale du conducteur,
- favoriser l'anticipation vis-à-vis de situations critiques,
- pallier certaines latences de réaction et incertitudes de décision.

Mais les interrogations demeurent sur l'acceptabilité des STI par les conducteurs et sur les modifications de comportement qu'ils risquent d'engendrer.

Il sera nécessaire d'instaurer un observatoire qui analysera les effets psychologiques et comportementaux résultant d'un rendement amélioré et d'un confort accru. L'analyse s'étendra aux effets d'une perte potentielle de certaines aptitudes, aux conflits entre l'individu et le système, aux difficultés qu'éprouveront certains segments de la population et à tout autre effet secondaire, difficile à pronostiquer mais pouvant influencer le niveau de sécurité.

Il faut (re)placer le conducteur au centre de la conception des STI. Les systèmes d'aide à la conduite, entre autres, doivent être conçus à partir des besoins et des usages. Les fabricants

doivent s'assurer de leur pertinence et identifier en amont leurs effets potentiellement négatifs afin d'en limiter les conséquences.

### *i. Comportement*

On l'a vu, les STI offrent le potentiel de simplifier et de standardiser la conduite, de détecter les faiblesses de comportement du conducteur et de compenser celles-ci. Le risque existe toutefois que plusieurs tâches en viennent à se concurrencer, au point que le conducteur ne soit plus à même de traiter toutes les informations pertinentes qui s'offrent à lui. Cette «surcharge de tâches» (overload) est essentiellement visuelle.

Le phénomène inverse est tout aussi plausible et tout aussi risqué : l'underload se traduit par un état de vigilance réduite ou de «désactivation» (assoupissement). Il peut être provoqué par un dispositif STI qui remplit certaines tâches à la place du conducteur, en combinaison avec des conditions de conduite monotones. L'«hypnose de l'autoroute» est un exemple d'underload.

Une autre adaptation comportementale contre-productive peut être induite lorsque le conducteur adopte un comportement plus risqué parce qu'il perçoit un gain de sécurité fourni par un système STI. Exemple : au début de l'introduction de l'ABS, certains conducteurs avaient tendance à accélérer dans des conditions défavorables. Tout bien considéré, l'ABS a modifié le type d'accidents plutôt que d'en réduire le nombre.

### *g. Les dérives potentielles*

Les assureurs plaident pour un contrôle électronique des véhicules et des conducteurs. Pour inciter les jeunes conducteurs à rouler prudemment, une compagnie française d'assurances avait envisagé, en 2005, un système de localisation permanente des véhicules : grâce à un GPS embarqué, l'assureur aurait pu déterminer, toutes les deux minutes, la vitesse pratiquée et le type de route emprunté par son client. En contrepartie d'un rabais sur le montant de la prime, les conducteurs s'engageaient à ne pas dépasser les limitations. En novembre 2005, la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) a refusé la création d'un tel dispositif, considérant qu'il débouchait sur un fichier individualisé des infractions, démarche interdite pour une entreprise privée. La CNIL a également estimé que l'atteinte à la liberté était disproportionnée par rapport aux avantages attendus.

On soupçonne les systèmes de navigation par satellite de faire grimper le trafic de manière spectaculaire dans de nombreuses zones rurales. Les automobilistes stressés sont accusés d'utiliser les systèmes satellitaires pour échapper aux autoroutes congestionnées ou pour planifier des raccourcis par des routes (ou chemins) de rase campagne, souvent inadaptées au trafic «normal».

### 2.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons démontré que les STI peuvent exercer une influence véritable sur la gestion des questions actuelles liées au transport. Il est urgent d'améliorer le transport, l'information et les services à l'intention des usagers de la route.

# Chapitre III :

L'Ami et les STI

**CHAPITRE 3 : L'AMI ET LES STI****3.1. INTRODUCTION**

Les STI supposent beaucoup d'éléments différents qui interagissent entre eux et qui doivent trouver une solution de façon rapide : on parle d'*hétérogénéité*, d'*interaction* et de *coopération*. De même, les humains doivent interagir avec le matériel de manière facile et invisible, par conséquent, on parle d'*ubiquité*. Pour résoudre le problème de flux de circulation on parle aussi d'anticipation puisque il est important de trouver une solution mais il est encore plus intéressant d'*anticiper* les difficultés. Naturellement, sur la route, surviennent des événements inattendus : on parle alors d'*adaptation* puisqu'on doit trouver une réponse aux changements.

En résumé, les systèmes de transport intelligents ont des caractéristiques identiques à celles de l'intelligence ambiante : hétérogénéité, interaction, coopération, anticipation, ubiquité, adaptation ; c'est pourquoi nous allons appliquer l'AmI aux STI.

Dans le domaine de transports, on fait appel à des composants intelligents pour réduire le bruit, supprimer ou du moins diminuer les vibrations dans les composantes structurales ; contrôler ou optimiser leurs fonctionnements et finalement, en améliorer les performances. Ainsi, les véhicules sont probablement parmi les outils les plus perfectionnés mis entre nos mains. La voiture est en effet aujourd'hui un mélange d'informatique mettant en jeu de multiples processeurs (les processeurs embarqués sont de plus en plus puissants et qui possèdent une capacité de calcul plus importante), de mécanique mettant en jeu des pièces tournant à grande vitesse avec une sécurité et une fiabilité maximale, voire même de pyrotechnique avec des dispositifs de déclenchement des coussins gonflables ou les prétensionneurs de ceinture [100].

Au-delà des véhicules, c'est l'ensemble du domaine des transports qui a connu une profonde mutation et une informatisation grandissante, avec l'apparition des récepteurs GPS et des smartphones équipant de nombreux usagers (qu'ils soient piétons, usagers des trains, conducteurs ou livreurs) qui sont désormais capables de communiquer et d'effectuer des traitements importants.

Actuellement, tous les constructeurs automobiles travaillent sur des solutions évoluées, mettant en jeu (ou pas) des infrastructures. On peut citer par exemple les essais visant à calculer la vitesse optimale de manière à arriver à un feu au moment où il passe au vert, de manière à économiser du carburant (Audi, voir figure 3.1), ou encore le système *Wifi On Board*, proposé par PSA, assurant une connexion au réseau mobile et servant aussi de borne wifi à tous les passagers des véhicules.



Figure 3.1. Application « Onde Verte » Audi pour franchissement de feu vert

Il convient naturellement d'utiliser au mieux ces outils pour offrir des services soit dans le but de promouvoir les transports en commun, soit dans le but d'améliorer la sécurité et diminuer les effets nocifs des véhicules sur l'environnement.

Ce chapitre élucide les services dédiés au transport.

### 3.2. ARCHITECTURE LOGICIELLE

#### 3.2.1. Pour quels types d'applications ?

Dans [101], les auteurs classent les applications liées aux réseaux véhiculaires en quatre grandes catégories : sûreté active, services publics (services d'urgence/intervention ou entre péages urbains), aide à la conduite, travail/amusement.

Selon le type d'application, les contraintes de qualité de service et de niveau de sûreté de fonctionnement sont différentes. Par exemple, pour de l'information voyageur (obtenir un horaire de train par exemple), l'utilisateur peut tolérer un retard dans la mise à jour des données de l'ordre de quelques dizaines de secondes voire quelques minutes en revanche pour des applications de sûreté active (telle qu'éviter une collision, informer qu'un piéton se trouve dans l'angle mort du champ de vision du conducteur, etc.) aucun retard ne peut être toléré. De plus le lien de communication doit être fiable à 100%.

Ces contraintes ont donc un impact sur l'intergiciel (incluant couche de communication, système de découverte de services, outils de déploiement automatique, etc.) qui est utilisé par ces applications.

### *3.2.2. Les services fournis par la plate-forme*

Proposer des services autour des systèmes de transports intelligents implique que certaines fonctions de communication, de découverte de services et de déploiement de services sont mises à disposition des applications du domaine. Ces fonctions doivent par conséquent prendre en compte les contraintes liées au domaine de transport.

- **Les communications :**

De nombreux travaux de recherche se sont intéressés aux réseaux de communication inter-véhicules ces dernières années. De nombreux protocoles ont ainsi vu le jour afin de permettre aux véhicules d'échanger des informations à l'aide de réseaux sans fil tout en s'adaptant aux contraintes imposées par ce type de communication spécifique. Les contraintes sont principalement liées à la forte mobilité et au support réseau. En effet, la caractéristique la plus contraignante dans le contexte des réseaux intervéhicules est sans nul doute la forte mobilité des nœuds s'échangeant des informations. La vitesse de déplacement des véhicules rend non seulement difficile la transmission des informations entre eux, mais elle rend également très vite obsolètes les données reçues. Côté réseaux, de nombreux travaux de recherche ont exploré l'utilisation de réseaux à courte portée (IEEE 802.11, Ultra Large Bande, etc.) pour la réalisation de services d'assistance aux conducteurs. Ces réseaux permettent à deux véhicules proches (c'est-à-dire, à quelques centaines de mètres l'un de l'autre au plus) d'échanger des informations lorsqu'ils sont à portée de communication. Les réseaux de téléphonie mobile permettent, quant à eux, de s'abstraire de cette contrainte de proximité, mais imposent l'utilisation d'un service intermédiaire dans la transmission des informations. Ils induisent donc des temps de communication plus importants qui peuvent s'avérer trop pénalisants dans certains cas (communication d'un freinage d'urgence aux véhicules suivants).

Il est possible de distinguer deux modes de communications dans le contexte des services intervéhicule. Le premier, appelé le mode ad hoc, consiste à échanger des données directement entre véhicules proches en utilisant des réseaux à courte portée. La seconde solution consiste à exploiter une infrastructure de communication, grâce à laquelle les véhicules peuvent diffuser et/ou recevoir des informations. Si elles permettent généralement de simplifier

grandement l'acheminement des informations aux véhicules, de telles infrastructures ne sont pas envisageables à court terme le long de toutes les routes.

- **Découverte de services :**

Découvrir les services disponibles, dans l'environnement d'un utilisateur ou d'un matériel, est une fonctionnalité classique des architectures à services. En effet, soit un service connu, ayant un rôle de registre, est disponible (par exemple, un annuaire UDDI) ; soit les applications diffusent/collectent des informations relatives aux services disponibles, et construisent de manière ad hoc un annuaire en fonction des résultats d'une écoute du réseau. Le rôle de protocoles comme SLP (Service Location Protocol) est alors déterminant dans ce contexte.

Si découvrir les services est un besoin nécessaire, une problématique importante subsiste pour le cas des transports intelligents. Les nœuds (ou véhicules) du réseau considéré sont fortement mobiles. Par conséquent, un service découvert ne pourra pas forcément être utilisé (*voir figure 3.2*). Par exemple, ce service peut ne plus être disponible quand il sera utile à l'application. Si l'appel vers le service a pu être réalisé, il n'y a alors aucune garantie que sa réponse puisse arriver, complète ou partielle, pour peu que la connexion soit perdue avant la réception du résultat.



Figure 3.2. Recherche de Services

Deux solutions peuvent pallier à ce problème :

- Disposer de mécanismes permettant de choisir les services pouvant être utilisés en s'assurant de leur disponibilité. Ceci peut être réalisé en s'appuyant sur les propriétés du contexte liées au matériel invoquant le service ;
- Déployer le service ou les données qui seront nécessaires à l'application directement sur le terminal de l'utilisateur. Ainsi, l'invocation sera garantie une fois le service déployé.

Malheureusement, aucune plate-forme complète et fonctionnelle ne permet actuellement de répondre au problème en se basant sur la première solution. La seconde solution peut, quant à elle, être mise en œuvre, à condition de prendre en compte et gérer les particularités de l'environnement, à savoir la forte mobilité.

- **Déploiement de services :**

Les contraintes liées à l'environnement véhiculaire rendent délicats les processus de déploiement, de mise à jour et de maintenance des applications déployées. Or, pour faire face à l'évolution des protocoles, aux mises à jour de sécurité ou tout simplement pour permettre le déploiement dynamique de composants logiciels par les divers intervenants, cette problématique devient primordiale. Dans l'intelligence ambiante, tout terminal mobile utilisé pour piloter ou interagir avec son environnement se retrouve fréquemment connecté à un terminal fixe, par exemple pour que la batterie soit rechargée. Il est donc possible de profiter de cette période de temps où l'appareil est connecté au réseau pour mettre à jour ou installer de nouvelles applications. Dans le contexte véhiculaire, ce principe n'est plus vrai. Le véhicule n'a pas besoin d'être rechargé et donc connecté au réseau. Il est régulièrement situé à bonne distance du logement de son propriétaire. Il n'est donc pas possible de s'appuyer sur l'existence d'une connexion haut débit fiable et durable pour réaliser l'ensemble des opérations désirées. Le déploiement et la maintenance doivent par conséquent s'appuyer sur des architectures spécifiques, conçues pour évoluer dans ce type d'environnement très dynamique, et autoriser en même temps l'accès concurrentiel à la plate-forme.

### ***3.2.3. Exemple de plate-forme :***

Le choix des environnements d'exécution est pour l'instant limité à des environnements linux embarqués, .Net ou Java. Ceux-ci sont les plus largement déployés sur les terminaux

mobiles (en attendant peut-être de nouveaux standards lors de la démocratisation de l'informatique embarquée dans les véhicules). Ils sont portables et s'adaptent à de nombreux types d'environnements.

Parmi les différents standards disponibles, la plateforme OSGi apparaît comme la plus proche des besoins énoncés. Elle est orientée Java, repose sur un modèle évènementiel, a un registre de services est et facilement administrable. Si ces propriétés peuvent se retrouver sur d'autres architectures, la plateforme OSGi dispose d'un atout qui la porte en avant de celles-ci. Elle traite le niveau physique (conditionnement et chargement) en plus du niveau logique (couche services). De plus, elle est conçue pour évoluer dans des environnements contraints.

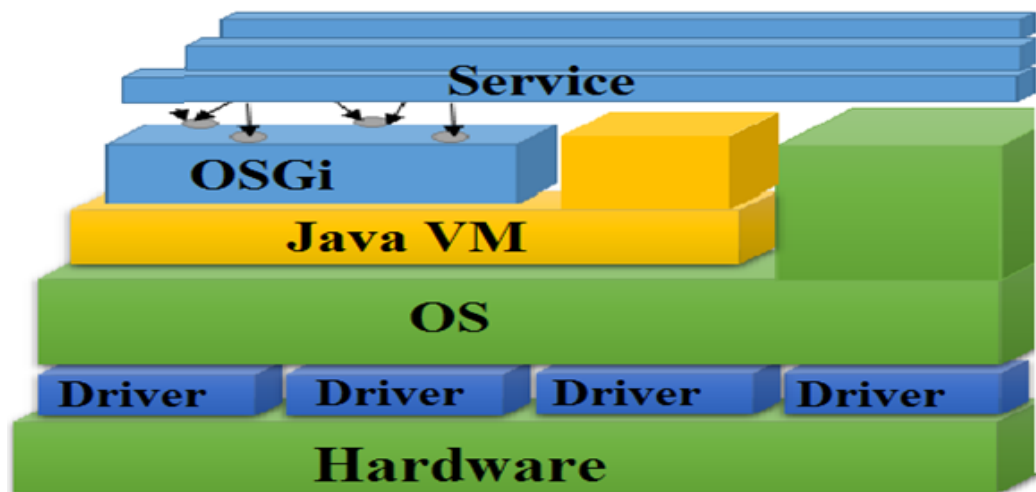


Figure 3.3. La plateforme OSGi

L'OSGi Alliance est une société indépendante à but non lucratif. Elle regroupe un grand nombre d'industriels, membres ou contributeurs. Elle propose un ensemble de spécifications qui offrent un environnement basé composants et orienté services qui permet de gérer le cycle de vie des logiciels de façon standard. Cet environnement est basé sur Java (voir figure 3.3). Au fil de ses mises à jour, la spécification du cœur de la plateforme n'a pas énormément évolué. Elle s'étend mais en élargissant son spectre de services standards disponibles. Ceux-ci sont utilisables au-dessus de la plateforme de base mais ne sont pas nécessaires pour son exécution. Ceci permet de garantir un minimalisme pour le canevas et de s'assurer qu'il soit exécutable facilement sur des matériels embarqués. En effet, OSGi cible initialement des plates-formes telles que les set-top-box, les passerelles réseaux ou résidentielles. Ces matériels ont des capacités mémoire et d'exécutions limitées. Ils ont de plus des contraintes fortes en ce qui concerne le cycle de vie des composants logiciels puisque dans ces domaines, de nouveaux

composants doivent pouvoir être déployés et assemblés dynamiquement durant l'exécution de la passerelle, sans interruption des services déjà existants. Avec l'émergence de nouveaux domaines, tels que la téléphonie mobile et l'informatique embarquée dans les véhicules, la spécification offre des comportements particuliers destinés à ces environnements spécifiques. Ces ajouts à la spécification sont proposés par des groupes d'experts dédiés. A noter l'existence d'un groupe d'experts dans le contexte véhiculaire. Les plates-formes OSGi sont devenues le standard de fait des plates-formes orientées services dynamiques Java.

OSGi dispose donc de toutes les notions relatives aux architectures orientées services. Le canevas propose un registre dans lequel les services sont enregistrés lorsqu'ils sont démarrés. Ils ont référencés par le contrat de service (dans ce contexte, une interface Java) et un ensemble de propriétés (version, vendeur, langue, etc.) qui permet d'affiner la recherche d'un service grâce à des filtres LDAP. La plate-forme repose également sur un système événementiel. Il permet la notification des composants s'exécutant sur OSGi afin de gérer leur cycle de vie dynamiquement en fonction des actions effectuées sur la plate-forme.

OSGi permet le déploiement, l'exécution, l'administration et le retrait de services logiciels à distance. OSGi se compose de deux couches distinctes : une couche physique qui s'intéresse aux questions de déploiement des unités de conditionnement et de dépendances de code, et une couche logique permettant la description des composants de services, leur assemblage et la gestion de leur comportement dynamique. OSGi est donc une couche d'abstraction, au-dessus de la machine virtuelle Java qui offre un environnement d'exécution à services dynamiques. Cette architecture reprend toutes les propriétés permettant d'augmenter la modularité et gérer la connexion dynamique des composants. Si cette plate-forme offre les fonctionnalités de base nécessaires à la mise en place des services et des communications intervéhicules, elle ne répond toutefois pas à tous les besoins énoncés et doit donc être personnalisée. De part sa conception visant extensibilité et dynamisme, il est possible de s'acquitter de cette tâche de personnalisation assez facilement, en effet, il est possible de pallier aux limites rencontrées par extension du framework.

### 3.3. LES SERVICES DÉDIÉS TRANSPORT

Les communications sont au cœur des systèmes de transports, dès lors, les applications peuvent être divisées en deux catégories distinctes : celles qui utilisent une infrastructure de communication et celles qui sont en mesure de s'en passer.

### ***3.3.1. Les services par échanges entre véhicules :***

Cette technique est principalement utilisée dans le but d'échanger des informations entre les véhicules, de mesure à informer les usagers le plus rapidement possible (ce qui n'est pas le cas lorsque l'information doit transiter sur une infrastructure).

En effet, malgré de nombreux efforts pour tenter de le réduire, le nombre de personnes tuées sur les routes reste encore très élevé aujourd'hui, principalement à cause du facteur humain (comportement accidentogène, temps de réponse trop long, etc.). Pour tenter de réduire le nombre d'accidents, de nombreux programmes reposant sur l'utilisation des communications sans fil ont été initiés en Europe, au Japon ou aux Etats Unis pour étudier les « systèmes de transport intelligents ». De tels systèmes exploitent les technologies de l'information et de la communication, et plus particulièrement les réseaux sans fils, pour permettre aux véhicules de s'échanger des informations et ainsi avertir les conducteurs d'un danger (accident, freinage d'urgence, etc.).

On peut citer le projet VESPA (*Vehicular Event Sharing with a mobile Peer-to-peer Architecture [102]*), conduit à l'Université de Valenciennes, en collaboration avec l'Université de Saragosse en Espagne et l'Institut Télécom à Evry, vise à proposer un système permettant le partage d'informations entre véhicules. La grande originalité de ce système est de proposer une approche générique afin de permettre le partage de différents types d'informations.

Le projet RouVéCom (Routes et Véhicules Communicants) [103] a pour but la création d'un environnement de communication entre véhicules ainsi qu'entre route et véhicules. Il possède l'ambition d'utiliser des technologies nouvelles dans le domaine des communications radiofréquences.

Ce projet est celui d'une équipe projet multilaboratoires du CNRS (EPML) regroupant des laboratoires d'électronique et de microélectronique spécialisés dans les hyper-fréquences (IEMN, IETR, Telice), un laboratoire d'informatique (LIFL) et un institut de recherche dédié aux transports (INRETS).

### ***3.3.2. Les services orientés transports utilisant une infrastructure :***

Les communications utilisées lors d'échange entre véhicules et infrastructure peuvent être réparties en deux grandes catégories en fonction de couverture de communication :

communication courte portée pour des échelles point à point (par exemple télépéage) ou communication unidirectionnelle mode diffusion (*broadcast*).

- **Les systèmes basés sur DSRC :**

DSRC (*Dedicated Short Range Communication*) est un mécanisme de communication entre un véhicule et une infrastructure sol. Ce mécanisme peut être uni ou bidirectionnel. Il peut être qualifié de protocole de communication courte ou moyenne portée (pouvant aller jusque 1000 mètres). En Europe, l'ETSI a alloué une bande de 30MHz dans la bande de fréquence de 5.9 GHz pour les applications de télématiques routières. L'application la plus connue est le télépéage qui permet de passer les barrières de péage à vitesse réduite sans même s'arrêter (vitesse de 30 km/h).

- **Les services d'info-traffic :**

Les services d'info-traffic repose sur l'exploitation d'un lien unidirectionnel de type *broadcast* pour couvrir une zone géographique de grande ampleur et ainsi atteindre l'ensemble de véhicules qui se trouvent dans cette zone. Parmi les différents protocoles disponibles, nous pouvons citer le DAB (Digital Audio Broadcasting), RDS-TMC (Radio Data System - Traffic Message Channel). Ces informations d'info-traffic sont utilisées directement par les récepteurs GPS embarqués dans les véhicules et viennent enrichir les données géographiques issues des systèmes de positionnement.

### ***3.3.3. Les services dans les transports en commun :***

Les services dédiés au domaine des transports ne se limitent pas aux véhicules individuels ou au monde routier. De nombreux services peuvent être imaginés dans le cadre des transports en commun. Ils visent principalement à offrir des services d'aide au voyageur avant ou pendant le déplacement.

- **ICAU :**

Actuellement, les usagers des transports en commun souffrent d'un manque d'informations pour les guider durant leur voyage. Lorsque cette information est disponible (par exemple, affichage), son accès n'est pas toujours pratique (par exemple, être assis dos au bandeau d'information), non personnalisée (par exemple, malvoyant) et souvent sous-exploitée (par exemple, absence d'alerte pour usager distrait ou occupé).

L'application ICAU (information/coopération aux usagers) permet aux usagers d'être prévenus automatiquement et de manière individuelle dès que le bus approche à l'arrêt où ils souhaitent descendre [101]. Un prototype matériel de cet exemple a été réalisé et breveté [101].

Partant de cette expérience, nous pouvons exprimer les caractéristiques de cette application comme suit :

-Un usager est muni d'un terminal de type PDA (Personal Digital Assistant) communicant. Sur ce terminal employé un logiciel fournissant les informations relatives au réseau urbain qu'il utilise : plan du réseau de transport et horaires théoriques de passage des bus aux arrêts ;

-Le service de notification d'arrêt lui permet de choisir sur son terminal où il souhaite descendre. Ce service de notification dialogue *via wifi* avec le calculateur embarqué dans le bus. Celui-ci, via un système de géolocalisation GPS, connaît à tout instant sa position sur le réseau de transport. Lorsque le bus arrive à une station le système embarqué envoie aux usagers du bus les informations relatives à cet arrêt (par exemple, le nom de l'arrêt). Chaque terminal usager compare cette information avec le souhait exprimé par le processeur du terminal. Si les informations correspondent, le terminal prévient son processeur par une alarme de son choix (par exemple, sonore, visuelle, vibreur, etc.) qu'il doit se préparer à descendre.

Nous pouvons donc voir dans ces besoins que certaines fonctionnalités (plan, horaires) seront toujours disponibles sur le terminal de l'utilisateur alors que le service de notification ne fonctionnera que dans un bus équipé d'un système de localisation et muni de l'appliquet de notification.

- **Accès Internet dans les trains :**

De plus en plus de compagnies ferroviaires proposent des services d'accès Internet à bord des trains. Presque toutes les solutions sont basées sur une communication *via un satellite*. En effet, le satellite offre une couverture complète d'un territoire sans devoir déployer d'infrastructure de communication au sol. Cependant, la principale difficulté technique consiste à garder en permanence la connectivité avec le satellite peut être masqué par des immeubles ou encore dans une zone montagneuse. Dans le cas de traversée de tunnel, le lien est également rompu.

Pour pallier cette perte de connectivité, plusieurs solutions sont possibles : basculer sur un autre médium de communication (type *wifi* ou *umts*) si celui-ci est déployé et disponible ou encore temporiser/buffériser les échanges jusqu'au rétablissement de la connexion avec le satellite [101]. On parle alors d'accès Internet ubiquitaire.

### 3.4. LES MESURES DE SECURITE SUR LES ROUTES

Chaque année la route est le théâtre de nombreux accidents. Dans le monde, plus de 1,2 million de personne meurent d'un accident de la route et plus de 30 million d'autres sont gravement blessés [105]. Ainsi, la problématique de la sécurité routière reste une préoccupation primordiale dans le monde.

En 2012 près de 4447 personnes ont trouvé la mort sur le territoire Algérien, sans omettre de mentionner le nombre important des blessés durant cette même année qui touche environ 48875 personnes [106].

L'excès de vitesse est l'un des principaux facteurs, il est à l'origine de 30% des accidents mortels de la route [107]. Il influe à la fois le risque et les conséquences de l'accident (voir plus loin 3.4.1). L'aménagement physique de la route et de ses environs peuvent tous les deux encourager et décourager la vitesse. Le risque d'accident augmente avec l'augmentation de la vitesse, notamment aux intersections routières et tout dépassement - que les usagers de la route sous-estiment la vitesse et surestiment la distance d'un véhicule s'approchant.

#### ***3.4.1. Effets de l'excès de vitesse sur les accidents et leurs gravités***

##### **\*la distance d'arrêt :**

La distance d'arrêt totale d'un véhicule en mouvement est la somme de la distance parcourue pendant le temps de réaction de 1 seconde et de la distance de freinage. Ainsi, avant de s'arrêter et selon la vitesse initiale de déplacement du véhicule, nous parcourons les distances suivantes (voir figure 3.4) [104] :

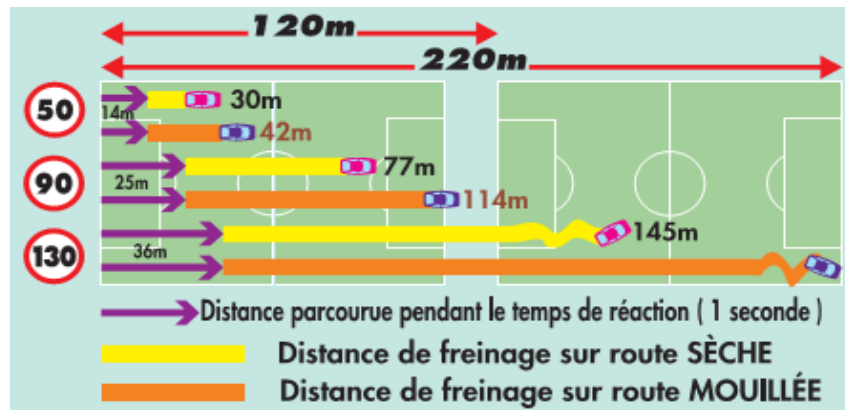


Figure 3.4. Distance d'arrêt d'un véhicule en mouvement.

**\*La violence de choc :**

Notre physiologie humaine ne peut encaisser, dans une durée très courte, des vitesses de chocs supérieures à 60 km/h.

Pourtant, en outrepassant parfois de peu les limitations de vitesse, nous pouvons, en cas d'obstacles inopinés, avoir des accidents à des vitesses que l'on ne soupçonne pas. Ainsi, en agglomération, si un piéton traverse la rue à 30 mètres d'une voiture (longueur d'un terrain de basket), le conducteur va appuyer à fond sur la pédale de frein. A 60 km/h, vitesse à laquelle la distance d'arrêt minimum est de 40 mètres, le véhicule percutera le piéton à une vitesse de 30 km/h. Une fois sur trois, cela se traduit par la mort. A 50 km/h, le véhicule s'arrête avant [104].



Figure 3.5. Violence de choc à une vitesse de 50km/h et de 60Km/h

**\* Le temps de réaction**

Un conducteur est physiologiquement incapable de faire immédiatement les gestes que réclame soudain un changement de l'environnement (par exemple, freiner dès l'apparition d'un obstacle). Entre l'instant où cet obstacle se présente et le début de l'action sur les commandes du véhicule, s'écoule une durée appelée temps de réaction (ou temps de

latence). C'est le temps nécessaire pour la perception sensorielle, la transmission de l'influx nerveux et le déclenchement des contractions musculaires. On l'évalue, dans le meilleur des cas, à environ une seconde, c'est-à-dire que, pendant une seconde, la voiture continue d'avancer à la même vitesse [104].

### \* La perception visuelle

Pour un individu à l'arrêt ou qui marche, le champ visuel est de 180°. Plus on va vite, plus la perception visuelle se rétrécit. En effet, la vitesse restreint le champ visuel, c'est-à-dire que plus on va vite, plus la perception visuelle latérale diminue. Pour compenser cette réduction du champ visuel, le conducteur doit aller à la recherche de cette information (déplacer les yeux) [104].



Figure 3.6. La diminution de la perception visuelle avec l'augmentation de la vitesse

\* En résumé, il a été constaté qu'à tout moment, 50% des conducteurs roulent au-dessus de la limitation de vitesse autorisée [108]. Le plus souvent, les conducteurs dépassent la limite d'une vitesse inférieure à 20 km/h, un nombre d'entre eux dépassent la limitation de plus de 20 km/h (chauffards), dont certains ne mesurent aucunement les risques graves encourus, ni les conséquences à cause de ces dépassements. Les recherches ont prouvé que, dans les zones urbaines, le risque d'un accident est doublé tous les 5 km/h d'excès de vitesse sur la limite autorisée. Ainsi, voyager à 70 km/h dans une zone de 60 km/h quadruple le risque d'un accident. En conséquence, il est estimé qu'environ 10% des victimes pourraient être évitées si la plupart des automobilistes qui roulent habituellement avec un dépassement de vitesse de 10 km/h ont été encouragés à respecter ces limites. Environ 20% des victimes pourraient être évitées si tous les véhicules respectent la réglementation de vitesse.

Les autorités de la sécurité routière du monde entier consacrent des ressources considérables pour faire face aux problèmes de la vitesse et baisser le nombre de victimes sur

les routes, particulièrement par l'utilisation de la technologie dans les véhicules pour aider les conducteurs à observer la limitation de vitesse indiquée par les panneaux de signalisation voire empêcher tout dépassement d'une vitesse limite non autorisée par le véhicule à tout moment. Ces systèmes sont connus sous l'abréviation ISA pour (Intelligent Speed Adaptation).

### 3.5. LES SYSTEMES ISA

Les systèmes d'adaptation intelligente de la vitesse (ISA) est un terme générique pour une classe de systèmes de transport intelligents (STI) dans laquelle le conducteur est averti et/ou la vitesse du véhicule est automatiquement limitée lorsque le conducteur, se déplace au-dessus de la vitesse réglementaire intentionnellement ou par inadvertance [109]. Essentiellement, les systèmes ISA surveillent en permanence la limitation de vitesse « locale » ainsi que la vitesse du véhicule et réagissent en conséquence d'un dépassement non autorisé. Dans ce cas, la réaction peut être « passive », c'est-à-dire le conducteur est averti, ou « active » à ce moment-là un contrôle automatisé de la vitesse du véhicule est imposée grâce aux dispositifs embarqués des systèmes ISA tels les compteurs de vitesses.

#### 3.5.1. *ISA Passif*

Les systèmes passifs permettent au conducteur de faire un choix sur les mesures qui doivent être prises. Celles-ci peuvent aller d'un avertissement sonore ou visuel simple (une lumière clignotante ou un bip) à une interface homme-machine plus sophistiquée. Dans certains essais ISA, il a été utilisé l'effet haptique, dans lequel la pédale d'accélérateur vibre ou devient plus rigide lorsque le véhicule dépasse la limitation.

#### 3.5.2. *ISA Actif*

Les systèmes actifs réduisent (ou limitent) la vitesse du véhicule automatiquement, sans intervention du conducteur. Les méthodes utilisées pour atteindre cet objectif comprennent le contrôle de l'accélérateur, le freinage, la manipulation du système de gestion du moteur, injection du carburant limité ou une combinaison de celles-ci. La plupart des systèmes ISA actifs qui ont été testés sont dotés d'un système de priorité permettant au conducteur en cas d'urgence manifeste (dépassement, ...) de désactiver le système.

#### 3.5.3. *Les avantages des systèmes ISA*

Les systèmes ISA ont prouvé leurs efficacités dans la réduction d'émission de monoxyde de carbone (respect de l'environnement) ainsi qu'une meilleure fluidité de la

circulation (gain du temps substantiel pour les usagers) [110] en plus de son objectif principal qui est la diminution des risques d'accidents ainsi que leurs gravités (en vies humaines épargnées).

Carsten présente un examen des différents essais et des estimations de l'efficacité des systèmes ISA. Il considère trois niveaux de contrôle : informatif, volontaire (actif mais le conducteur peut le désactiver) et obligatoire (actif tout le temps) et trois types de limitation de vitesse : fixe, variable et dynamique (ajustement aux conditions routières actuelles). Le tableau 3.1 présente les «meilleures estimations» de réduction des accidents mortels et des blessures [111].

Type du système	Type de la limitation de vitesse	Estimation de la réduction du nombre d'accidents	
		Mortels	blessures
Informatif	Fixe	18%	10%
	Variable	19%	10%
	dynamique	24%	13%
Volontaire	Fixe	19%	10%
	Variable	20%	11%
	dynamique	32%	18%
Obligatoire	Fixe	37%	20%
	Variable	39%	22%
	dynamique	59%	36%

*Tableau 3.1. Estimation de réduction du nombre des accidents grâce aux systèmes ISA*

A titre de comparaison et sur la base des données enregistrées à partir de l'essai d'un système ISA passif travaillant avec des limites de vitesse fixes, Regan [112] estime que le système pourrait réduire les accidents mortels de 8% et les sérieux accidents corporels de 6% mais il a noté que ceux-ci étaient susceptibles d'être sous-estimés.

### **3.6. LES TECHNOLOGIES UTILISEES DANS LES SYSTEMES ISA**

Tous les systèmes ISA sont fondés sur la connaissance de la limitation de vitesse autorisée. Pour ce faire, nous pouvons obtenir les fonctions mentionnées selon différentes technologies existantes, dont les principales sont les suivantes :

### 3.6.1. Global Positioning System (GPS)

La technologie GPS est basée sur un réseau de satellites qui transmettent en permanence des signaux radio. Les récepteurs GPS collectent les informations reçues et les comparent avec plusieurs satellites afin de repérer le lieu des véhicules qui sont équipés d'une navigation embarquée, par exemple, le système ISA doit déterminer la position du véhicule et la direction de déplacement. Ainsi serait visualisée la vitesse limite autorisée sur une base de données de "cartes de vitesses" qui sont stockées dans le système embarqué du véhicule.

La relation entre la vitesse appropriée et la vitesse authentique définit comment et quand le système ISA est activé [113].

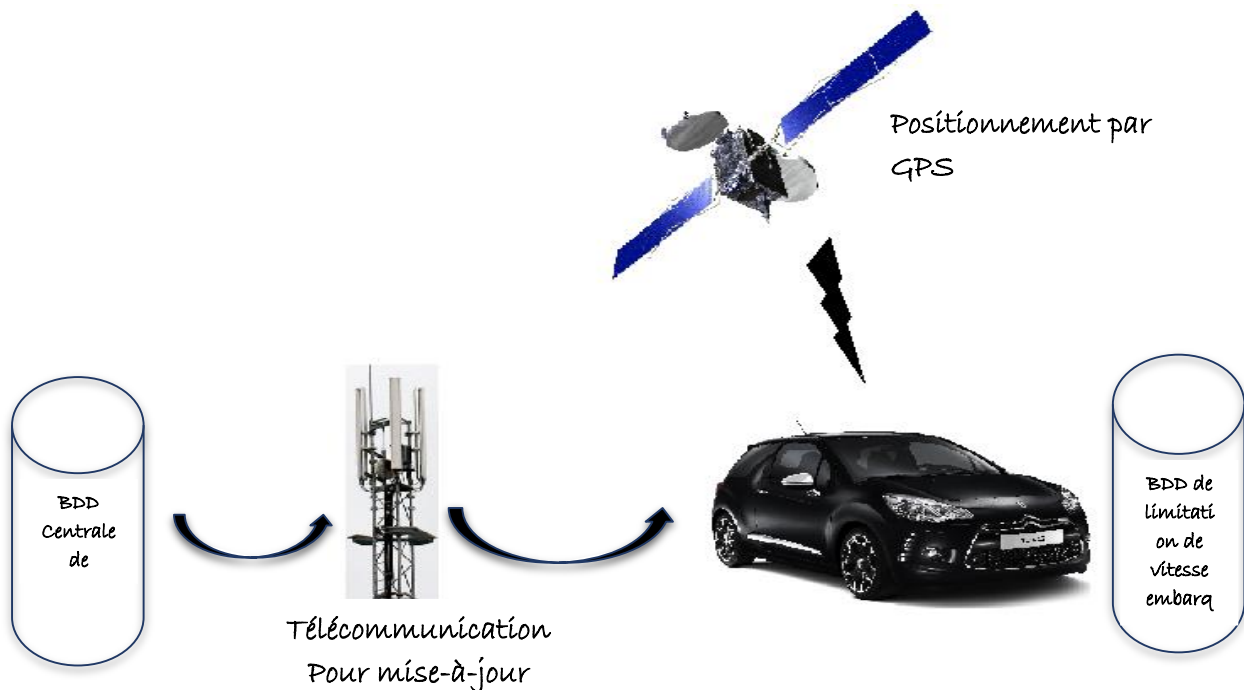


Figure 3.7. Système ISA basé sur GPS

Malgré sa popularité, le GPS est soumis à un certain nombre de problèmes fondamentaux relatifs à la précision de la position déterminée ainsi que la construction de la base de données. Parce que le GPS repose sur un signal transmis par un satellite en orbite, il ne fonctionne pas lorsque le récepteur est sous terre ou dans un tunnel ainsi que le signal peut s'affaiblir si de grands bâtiments, des arbres ou des nuages lourds viennent s'intercaler entre le récepteur et les satellites.

La base de données des limites de vitesse est difficile à établir à cause de l'absence ou l'ambiguïté des panneaux de signalisation qui nécessitent régulièrement une mise-à-jour en tenant compte des nouvelles données des travaux opérés sur la voie même minimales soient-ils.

### 3.6.2. RFID – Les balises radio

Les balises radio fonctionnent en transmettant des données vers un récepteur intégré dans la voiture. Les balises émettent constamment des données, et le récepteur les capte à chaque passage. Ces données peuvent inclure des limites de vitesse locales, les zones scolaires, les limites de vitesse variables ou des avertissements de circulation (travaux routiers, météo, etc.). Les balises pourraient être placées près (ou sur) des panneaux de limitation de vitesse ou d'autres meubles en bordure de route ou sur la route elle-même [114].



Figure 3.8. Système ISA basé sur RFID- balises radio

Malheureusement, ces systèmes ne peuvent être utilisés que pour des véhicules lents. Pour des véhicules qui roulent à grande vitesse empruntant des autoroutes, il est difficile de collecter et traiter les données en temps réel, à ceci s'ajoute la contrainte de proximité du véhicule du transmetteur pour déterminer la limite de la vitesse.

### 3.6.3. La reconnaissance d'image

Ce système utilise une caméra montée sur la voiture pour capturer en continu les images sur la route. L'image est traitée pour trouver s'il y a un panneau de signalisation, cela se fait par le traitement d'image numérique pour détecter la forme de l'enseigne. Une fois que le signe du panneau est trouvé, un autre algorithme est utilisé pour définir le motif de l'image inscrit sur le panneau afin de le reconnaître. Conformément au symbole reconnu, l'information est transmise

au conducteur soit par un écran LCD sur le tableau de bord ou par une alerte sonore à même de contrôler automatiquement le véhicule aux normes strictes des règles de la circulation.

La contrainte majeure de ce système est la non reconnaissance et l'imprécision des objets surtout lors des conditions météorologiques défavorables (fortes pluies, ...), même dans des situations relativement simples, ces systèmes ne peuvent pas faire face à des obstacles fixes de manière fiable ce qui entraîne des conclusions erronées [115].

### ***3.6.4. Navigation à l'estime :***

La navigation à l'estime ou bien Dead Reckoning (DR) utilise un système mécanique lié à un ensemble d'entraînement du véhicule afin de prédire la trajectoire empruntée par le véhicule. En mesurant la rotation des roues sur la route au fil du temps, une estimation assez précise de la vitesse et la distance parcourue du véhicule peut être faite. Dead Reckoning exige que le véhicule commence à connaître un point fixe. Puis, en combinant les données de vitesse et de distance avec des facteurs tels que l'angle du volant et la rétroaction des capteurs spécialisés (par exemple, des accéléromètres, gyroscope), on peut tracer la voie empruntée par le véhicule. En superposant cette voie sur une carte numérique, le système DR sait à peu près la position du véhicule, et par conséquent la limite de la vitesse locale, et la vitesse à laquelle le véhicule se déplace. Le système peut alors utiliser les informations fournies par la carte numérique pour avertir des prochains dangers ou des avertissements si la limite de vitesse est dépassée [114,116].

Ce système est beaucoup plus compliqué car il nécessite la mise en place sur le véhicule de multiples capteurs (coût élevé). Sa fiabilité et sa précision restent cependant aléatoire car l'utilisateur peut à tout moment dévier de son itinéraire estimé initialement par des informations qui peuvent-être parfois erronées.

## **3.7. CONCLUSION**

Dans ce chapitre, on s'est intéressé à la contribution de l'intelligence ambiante pour solutionner les problèmes des systèmes de transport intelligents, et spécialement comment elle a pu faire face au problème de l'excès de vitesse qui engendre des milliers de morts chaque jour grâce aux systèmes d'adaptation intelligente à la vitesse abrégés ISA.

Deuxième partie :  
Etude conceptuelle

# Chapitre IV :

*Conception et modélisation*

## CHAPITRE 4 : CONCEPTION ET MODELISATION

### 4.1. INTRODUCTION

Pour pallier aux problèmes déjà cités des systèmes ISA, on a proposé un système intelligent de limitation de vitesse basé sur une communication directe entre l'infrastructure (le panneau de signalisation) et le véhicule (communication I2V) par le biais de deux dispositifs, l'un installé sur le panneau de signalisation et l'autre embarqué dans le véhicule.

### 4.2. ARCHITECTURE DU SYSTÈME

Dans cette section on va présenter l'architecture globale du système proposé, aussi bien la partie qui sera embarquée dans le véhicule que celle installée sur les plaques (*voir figure 4.1*)



Figure 4.1. Schéma Global Du Système

#### 4.2.1. Structure du système

La figure 4.2 représente les composants du système embarqué sur le véhicule

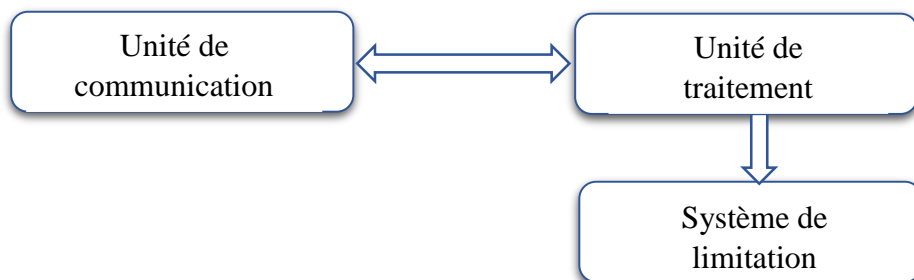


Figure 4.2. Architecture du système embarqué sur le véhicule

\* **Unité de communication** : représentée par une antenne receptrice du signal assurant la communication du système avec les panneaux de signalisation.

\* **Unité de traitement** : cette unité actionne soit le limiteur de vitesse, soit le système de freinage selon la situation dans laquelle le véhicule se trouve. Elle est composée principalement de :

\* **Engine Control Unit (ECU)** : Un ECU est un nom générique d'une pièce de matériel extrêmement fiable qui a la capacité de recevoir et de traiter des informations une centaine de fois par seconde. Au cœur de l'ECU, il y a un microprocesseur. Il est le centre du traitement où l'information d'entrée est interprétée et les commandes de sortie sont délivrées.

\* **compteur de vitesse** : est un instrument permettant d'indiquer la vitesse de déplacement d'un véhicule permettant au conducteur de maîtriser la vitesse de son véhicule par rapport aux limites imposées par la signalisation ou le code de la route.

\* **Système de limitation** : la limitation se fait en influençant l'injecteur de carburant ou en excitant le système de freinage.

\* **Injecteur de carburant** : Le but du système d'injection de carburant est d'injecter avec précision une quantité mesurée de carburant au bon moment. Sur la base des signaux de capteurs d'entrée, la programmation ECU décidera quand tourner chaque injecteur sur on/off.

\* **Système de freinage** : Un frein est un système permettant de ralentir, voire d'immobiliser, les pièces en mouvement d'un véhicule en cours de déplacement. Son fonctionnement repose sur la dissipation de l'énergie cinétique du véhicule (liée à la vitesse et à la masse :  $E = mV^2/2$ ) en énergie thermique. Le frein est donc un système d'absorption de chaleur.

La deuxième partie qui sera installée sur des panneaux de signalisation rend ces derniers intelligents, comme le montre la figure 4.3. La notion d'intelligence vient du fait que le panneau intègre **une unité de traitement**, qui lui confère cette intelligence. Le panneau est capable de communiquer avec un véhicule doté d'un système de limitation présenté ci-dessus. Cette communication est assurée par **une unité de communication** et une antenne émettrice unidirectionnelle couvrant une distance de 300m minimum, nécessitant une **source d'énergie** assurée par les poteaux d'éclairage public ou autres.

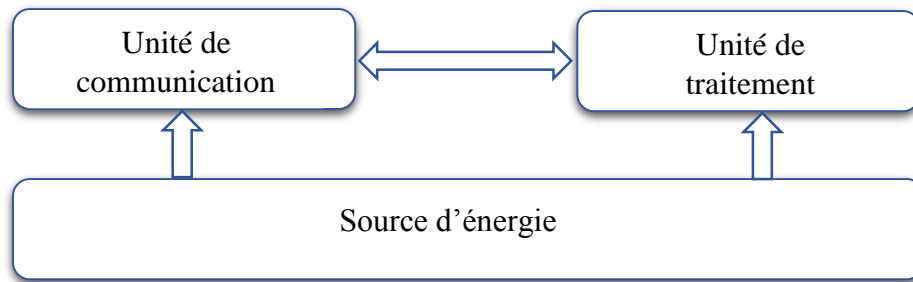


Figure 4.3. Différentes unités d'une plaque intelligente

En plus des composantes décrites précédemment et vu l'importance des interactions homme-machine en intelligence ambiante, notre système est équipé d'un voyant lumineux et un afficheur de bord.

\* **Le voyant lumineux** : est utilisé pour informer le conducteur en cas de dépassement de la limitation. Ce voyant éclaire en vert si on est au-dessous de la réglementation sinon il s'illumine en rouge.

\* **L'afficheur de bord** : est monté dans la planche de bord couplé à un système d'affichage tête haute permettant la présentation des messages textuels dans le champ de vision du conducteur. Il permet l'affichage des messages textuels par des clignotements, par exemple : « limiteur de vitesse automatique » ou « alarme dépassement de réglementation »... ceci se fait conjointement à des messages sonores correspondant à chaque type de message.

La figure 4.4 englobe tous les composants de notre système ainsi que les différentes interactions possibles entre eux, représentées par des flèches numérotées.

Primo, l'infrastructure émet en continu et en mode de diffusion l'information du panneau codée sous la forme d'un signal Haute fréquence (HF).

Deuxio, l'antenne reçoit les informations et les transmet à l'unité de contrôle (Engine Control Unit-ECU), laquelle décode l'information et la compare à la vitesse de véhicule. Cette dernière est obtenue grâce aux capteurs de vitesse embarqués dans le système d'entraînement du véhicule (flèches 2 et 2').

Tertio, si la vitesse de véhicule est supérieure à celle de la plaque, l'ECU agit sur l'injecteur de carburant pour réduire la vitesse (flèches 3) ; dans d'autres situations par exemple dans une descente l'injecteur de carburant ne suffit pas seul pour réduire la vitesse il faut l'intervention de l'ECU sur le système de freinage.

L'information est affichée en temps réel au niveau de la console du véhicule (Ecran LCD) (flèches 1').

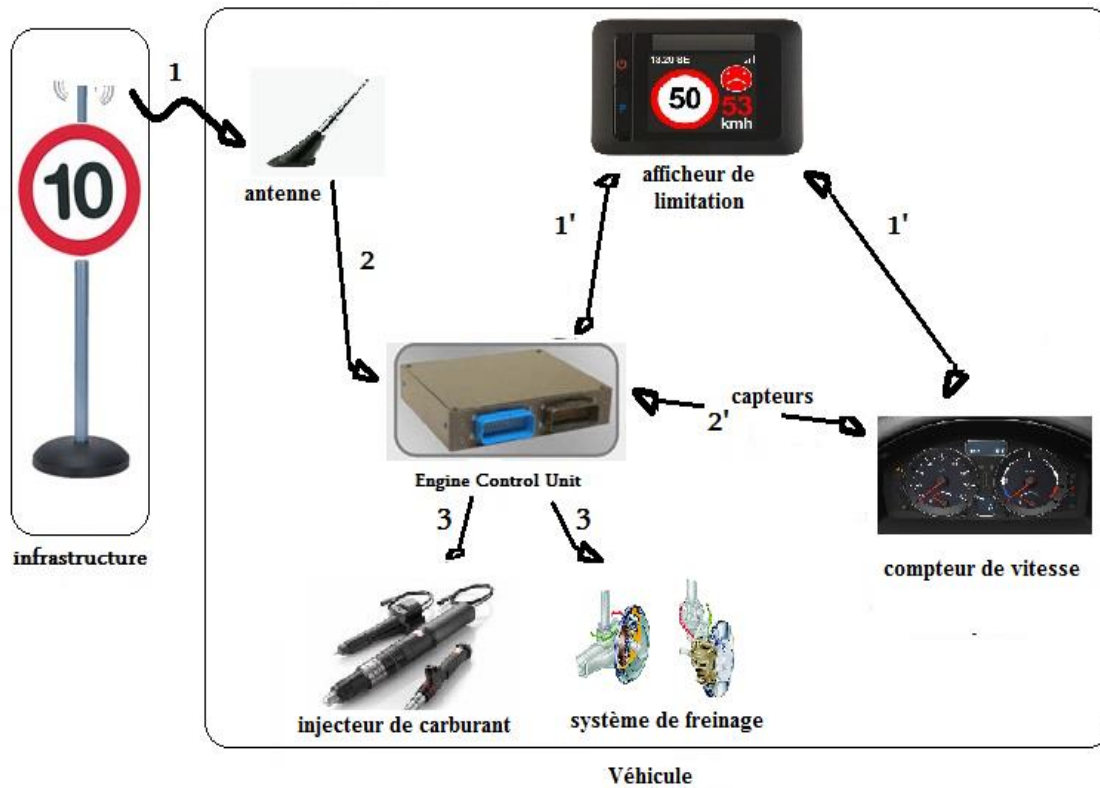


Figure 4.4. Composants du système

#### 4.2.2. Fonctionnement général du système

A chaque rencontre d'une plaque (le véhicule entre dans la portée radio d'un panneau de signalisation), le véhicule reçoit un signal porteur du type de plaque (obligation, indication ou danger), ainsi que le numéro de la route et de la voie empruntée (par exemple : RN 44A, RW 338B, A1 A), le système sauvegarde ces informations et suivant le numéro de la route et de la voie envoyé par le panneau le véhicule décidera si cette indication, obligation ou autre le concerne ou pas. Si il est concerné par cette plaque un jeton créé portant ces informations, et déclenche automatiquement le limiteur de vitesse qui procède à une décélération jusqu'à atteindre la réglementation ou bien confronter une autre plaque mettant fin a cette limitation.

A tout moment, le conducteur peut dévié de la route et suit une autre route dans ce cas le numéro de la route sauvegardé sera modifié.

### a. Scénarios de fonctionnement :

#### \* Premier scénario : (autoroutes, tunnel)

A l'entrée d'un tunnel ou à la sortie d'une autoroute, on remarque le plus souvent la présence d'une signalisation pour une voie spécifique comme le montre les figures 4.5 et 4.6. qui est marquée par une ligne continue. Pour résoudre le problème, on peut utiliser des antennes directives juste à l'entrée du tunnel ou de l'autoroute.



Figure 4.5. Sortie d'une autoroute avec limitation de vitesse 90km/h à droite



Figure 4.6. Entrée dans un tunnel avec limitation de vitesse 80km/h à droite

### \* Deuxième scénario : (les intersections)

On repère la présence d'une intersection par la présence de panneaux de direction ou de priorité, d'un panneau de rue, de passages piétons, de feux... Donc, la plaque de signalisation transmet les informations relatives à la route empruntée. Elle porte aussi les informations des chaussées croisées voisines. La figure 4.7 illustre une intersection, le conducteur peut continuer sur la même voie, ou bien changer de direction.



Figure 4.7. Une intersection gérée par des panneaux de priorité

On suppose que la voie sur laquelle existe la voiture blanche est la RW320 A, la voiture rouge est sur la voie RN48B, jaune sur RN48A. Les 4 panneaux portent les informations des chaussées de l'intersection : si la voiture blanche tourne à gauche grâce aux capteurs de détection de direction du volant, le système sauvegarde l'information RN48B et ignore les autres.

### **b. Modes de fonctionnement :**

On a proposé deux modes de fonctionnement : le mode alarme qui est un mode informatif. Il sert à indiquer au conducteur par un signal sonore ou lumineux qu'il a dépassé la vitesse maximale autorisée, et le mode limiteur qui joue le rôle d'un limiteur de vitesse empêchant tout dépassement de la réglementation.

\* **Mode alarme** : Une fois le système est déclenché, le mode alarme s'impose par défaut car c'est un mode familier au fonctionnement habituel du véhicule et maîtrisé par le conducteur. Ce dernier peut changer de mode à tout moment.

Une fois qu'on est sous le mode alarme et que la vitesse est supérieure à la réglementation routière de 10 km/h (ce choix est explicité en section IV. du chapitre 3), le système passe automatiquement en mode limiteur (décélération forcée) diminuant de facto les facteurs de risques d'accidents graves.

\* **Mode limiteur** : Dans ce mode, aucun dépassement de la vitesse autorisée n'est toléré sauf dans des cas d'urgence extrêmes (dépassement, insertion...) ; et cela peut être effectué en appuyant avec force sur la pédale d'accélérateur, une fois qu'on décélère le système sera réactivé.

### 4.3. CONTEXTE DE L'APPLICATION

Vu l'importance du contexte dans les applications de l'intelligence ambiante, ainsi que le domaine de transport ; ce dernier impose certaines caractéristiques spécifiques comme la forte mobilité des usagers (piétons, passagers, etc.), la dépendance au lieu où se trouve le conducteur (en ville, sur autoroute, etc.) ou encore les caractéristiques du réseau de communication instable (par exemple : pertes de connexion à une infrastructure...).

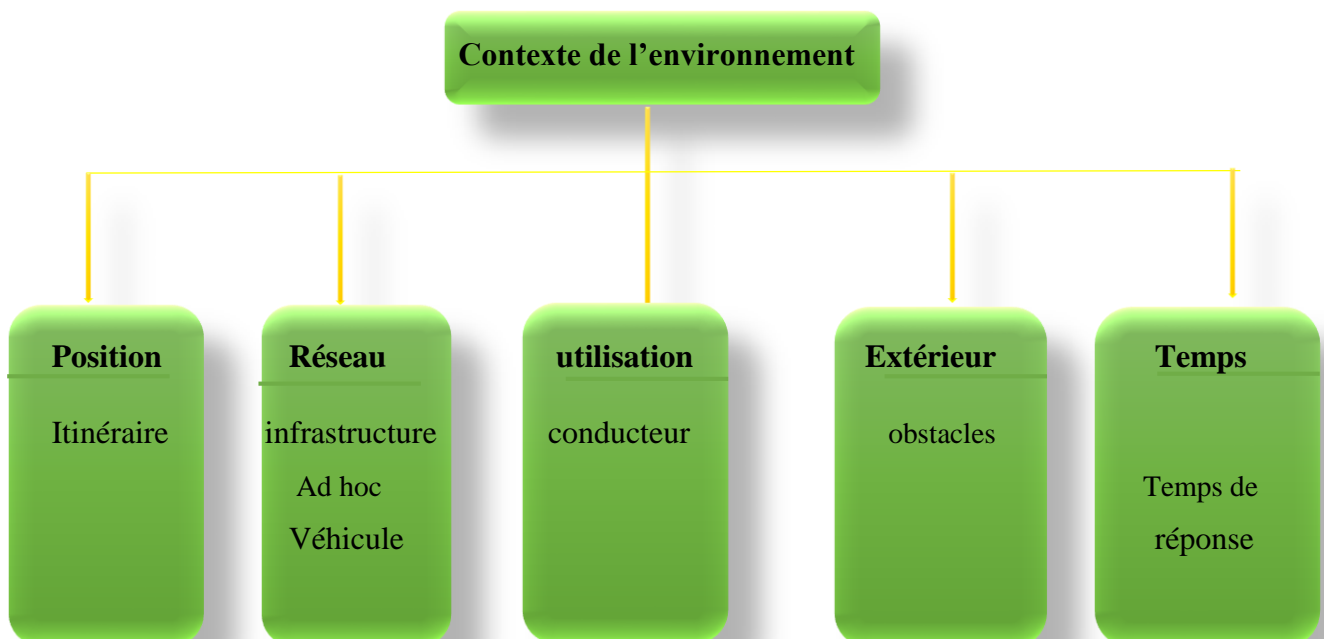


Figure 4.8. Contexte de l'environnement de l'exécution de l'application.

Comme le montre la figure 4.8, le système est utilisé principalement par le conducteur sur un itinéraire tout en profitant des réseaux VANET (Vehicular Ad hoc NETwork) pour assurer la communication entre les véhicules et les infrastructures fixées au bord de la route.

Les réseaux VANET sont complètement différents, comparés aux communications dans les réseaux classiques sans fil. Cela est dû à plusieurs facteurs :

- une grande dynamique et mobilité des nœuds
- des changements répétitifs dans la topologie des réseaux
- densité du réseau très variable

Puisqu'il s'agit d'une application critique qui met en jeu des vies humaines, le système doit répondre dans l'immédiat devant n'importe quels obstacles ou situations critiques.

Le but de ce modèle de contexte est d'être utilisé dans une architecture logicielle sensible au contexte. Il est également impératif de considérer les éléments liés à la plateforme comme ceux présentés dans la figure 4.9.

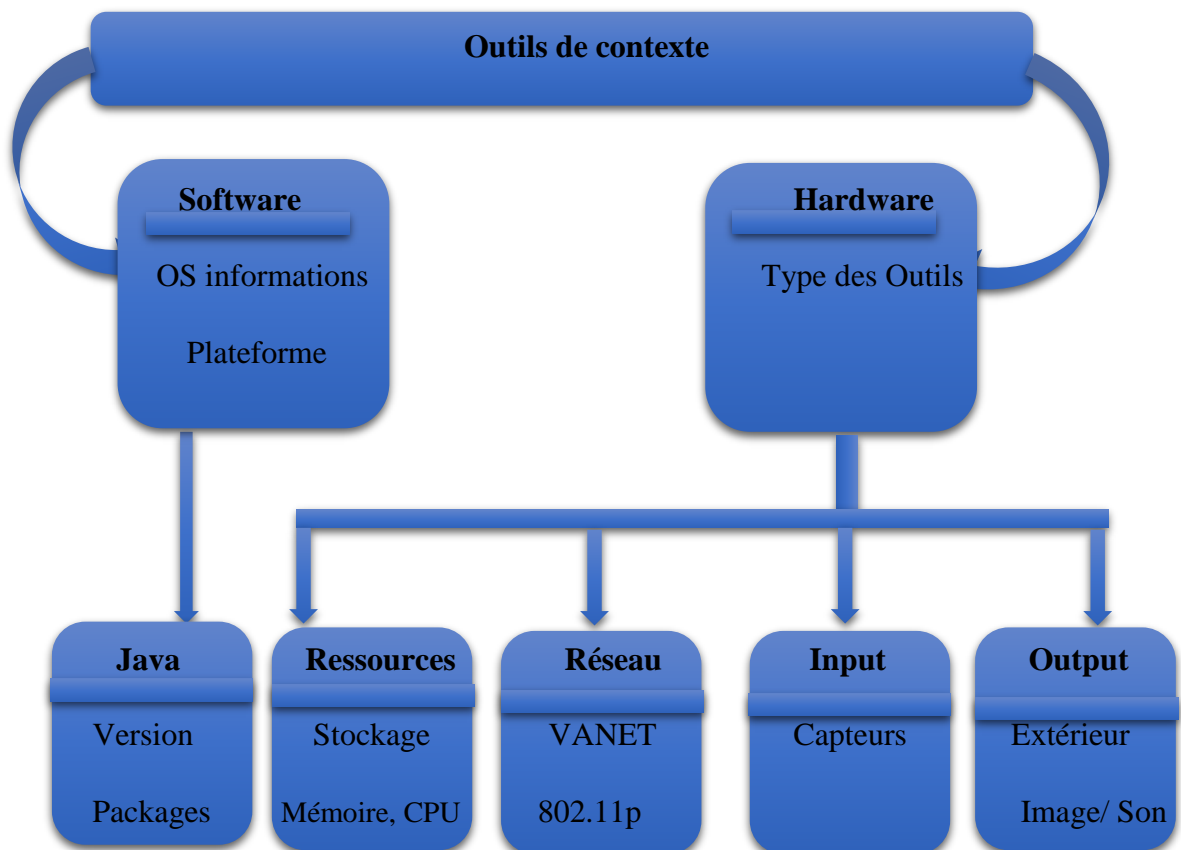


Figure 4.9. Contexte de développement de l'application de transport.

En examinant le software, Java présente plusieurs avantages dont on cite essentiellement sa puissance à la gestion des multithreads qui lui ont conféré une célébrité dans le

développement des applications dédiées au transport et son utilisation est devenue très répandue.

En ce qui concerne le Hardware, on a besoin de :

- Unités de stockage telles que les mémoires pour sauvegarder les informations utiles : numéro de la route et la vitesse de véhicule, etc.
- CPU pour faire des comparaisons et prendre des décisions
- Capteurs pour extraire les informations de l'environnement (direction du déplacement, limitation de vitesse, vitesse de croisière, ...).
- Les messages relatifs aux modes de fonctionnement, de réglementation etc. ainsi que les effets sonores appropriés.
- Puisqu'on va utiliser des réseaux VANET, le standard 802.11p (WAVE–Wireless Access in the Vehicular Environment) est alors proposé pour supporter l'échange très rapide des données entre les véhicules et les infrastructures.

### 4.4. MODELISATION DU SYSTEME

A ce stade de « modélisation du système », on a opté pour la méthode **ACCORD/UML** [117]. Cette méthodologie conçue au CEA-LIST pour le développement des systèmes temps réels embarqués sert de base pour une modélisation conforme de modélisation UML. Elle s'appuie sur la définition d'un profil UML et définit un ensemble d'artefacts et de règles de modélisation permettant la construction des modèles d'une application [118].

#### 4.4.1. Pourquoi ACCORD/UML?

Au départ, UML est un langage de modélisation objet généraliste. Il vise le développement de systèmes logiciels en tout genre, de la base de données, aux applications Internet en passant par les systèmes temps-réel embarqués. Cependant pour être utilisé au mieux dans un domaine d'application précis, UML doit être quelque peu adapté. Or cela est possible car UML contient des mécanismes internes permettant de construire des spécialisations de UML pour ses besoins : les stéréotypes, les valeurs marquées (tagged values) et les contraintes. Ce qui a créé un besoin de structuration déterminé par la notion de profil en UML 1.3.

L'intérêt issu de la modélisation par la méthodologie ACCORD/UML basé sur la notion de profil est de :

- \* Guider, contrôler et automatiser le développement des modèles.
- \* Amélioration de la maîtrise de développement d'un produit.
- \* Gain en qualité, sûreté et en fiabilité des produits issus d'un tel développement.

**4.4.2. Modèle d'analyse préliminaire (PAM)**

Cette étape joue un rôle important dans le cycle de développement du projet. Elle vise à préciser les fonctions générales de l'application, en termes très généraux, ainsi que ses interactions avec l'environnement. Au cours de cette étape, les exigences du produit peuvent être reformatées sous forme de texte et de graphiques facilement accessibles, même pour les utilisateurs inexpérimentés. Le PAM est constitué d'un dictionnaire, d'un modèle de cas d'utilisation et d'un modèle de scénario de haut niveau.

\* **Constitution du dictionnaire :** Le dictionnaire produit est une compilation de tous les concepts clés extraits du document initial des exigences qui sont pertinentes pour le domaine et l'intérêt de l'application. Il prend la forme d'une table en différentes colonnes définissant les catégories de l'analyste de système utilisées pour classer les concepts clés du domaine du document initial des exigences.

Le tableau 4.1 représente le dictionnaire compilé à partir du cahier des charges du limiteur de vitesses :

<b>Nom (acteurs ou classes)</b>	<b>Qualificatifs (Attributs ou relations)</b>	<b>Verbes (opérations)</b>
Limiteur	Relation avec afficheur	Mettre en service Arrêter service Rafraîchir l'affichage Interrompre système Réactiver système
Vitesse	Réglementaire Croisière	Chercher (limitation) Réaliser
Antenne		Envoi information
accélérateur		Appuyer Relâcher
Bouton ON/OFF		Activer désactiver

Démarreur		Tourner la clé contact Retirer la clé
Ecran d'affichage		Afficher l'état de limiteur (ON/OFF)
Equation de contrôle		Calculer
Ecran du limiteur		Afficher
Bouton mode		Changer mode
Speedometer		

Tableau 4.1. Dictionnaire pour l'application d'un limiteur de vitesses intelligent.

\* **Description des cas d'utilisation** : Décrire les exigences fonctionnelles via des cas d'utilisation et les éléments de l'environnement qui interagissent avec le système par les acteurs.

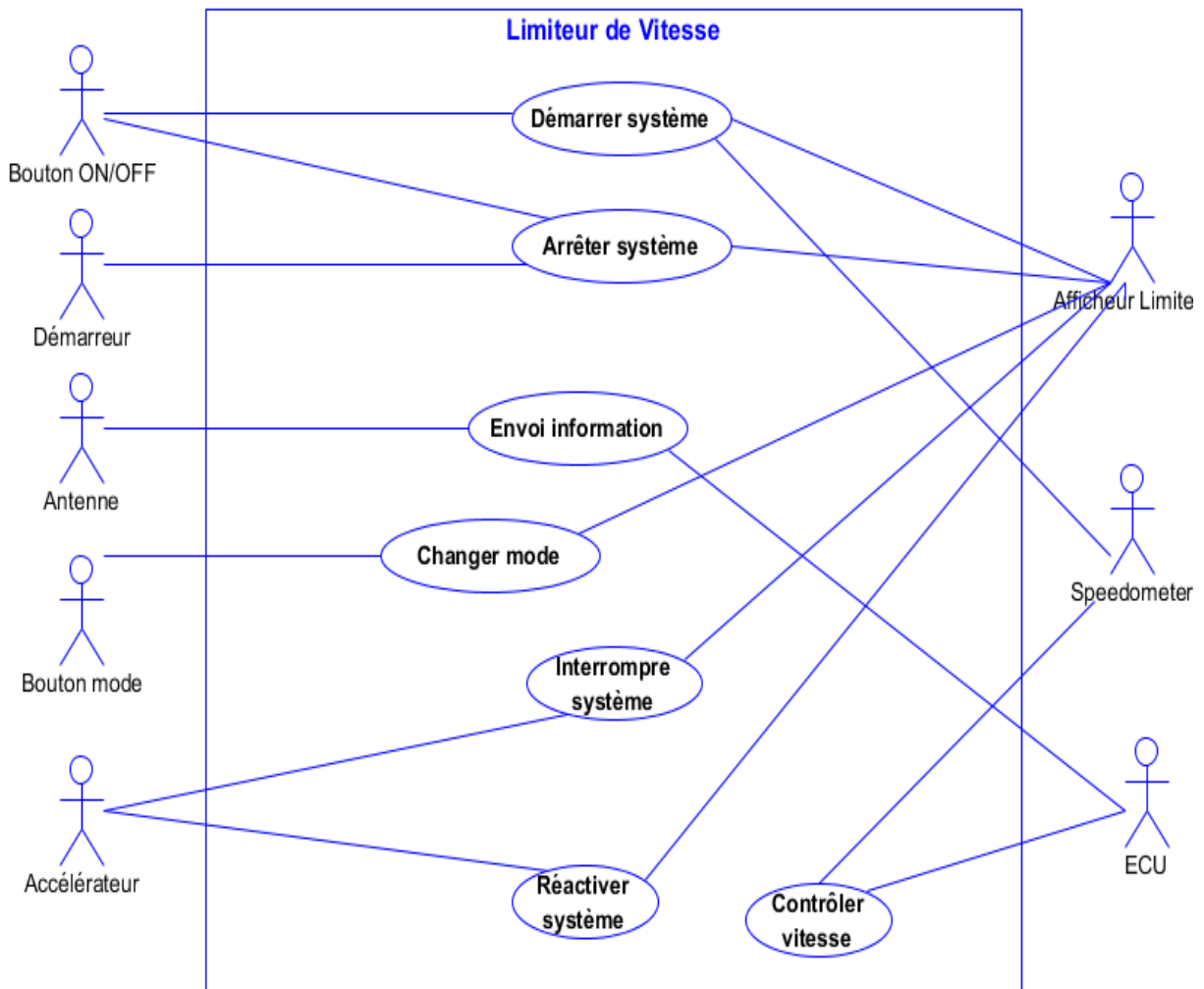


Figure 4.10. Diagramme cas d'utilisation

\* **Les scénarios de haut niveau** : sont des diagrammes de séquence qui décrivent pour chaque cas d'utilisation identifié dans le diagramme de cas d'utilisation un ensemble de scénarios possibles.

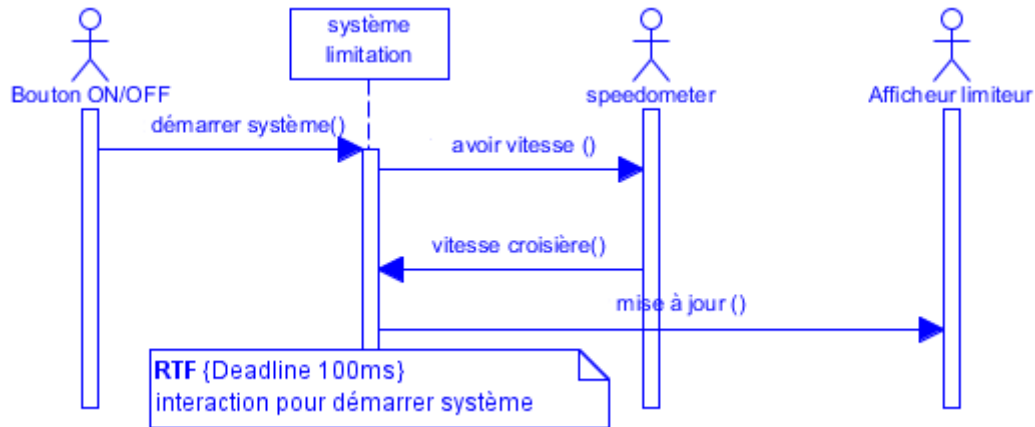


Figure 4.11. diagramme de séquence démarrer le système

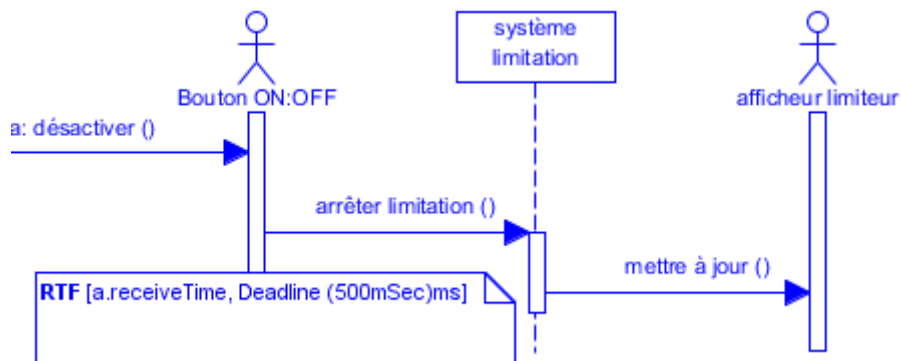


Figure 4.12. diagramme de séquence arrêter le système

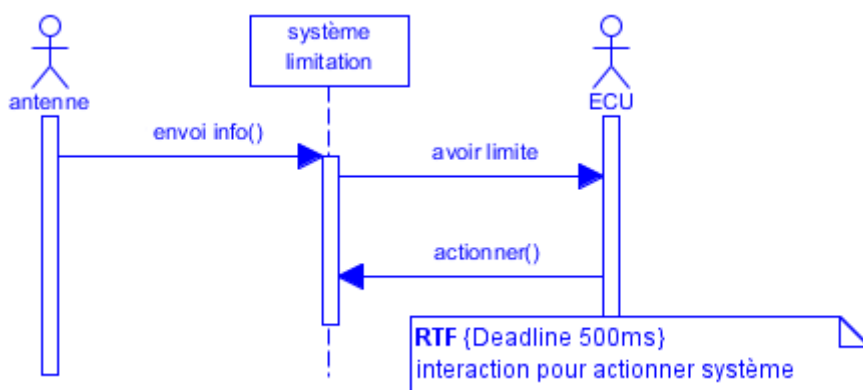


Figure 4.13. diagramme de séquence envoyer informations sur limitation

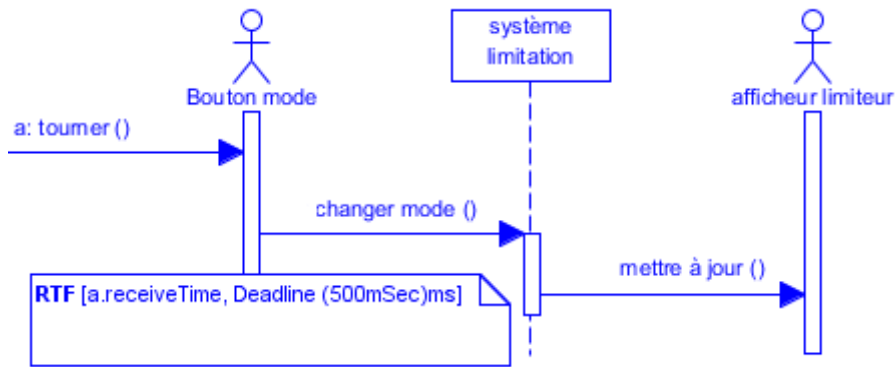


Figure 4.14. diagramme de séquence changer mode de fonctionnement

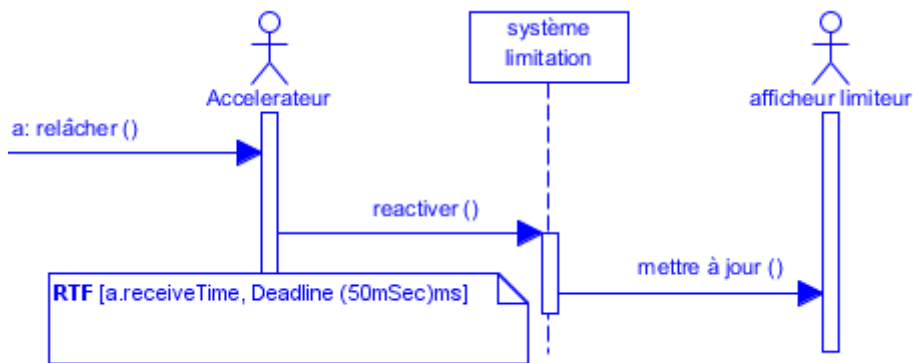


Figure 4.15 diagramme de séquence réactiver système

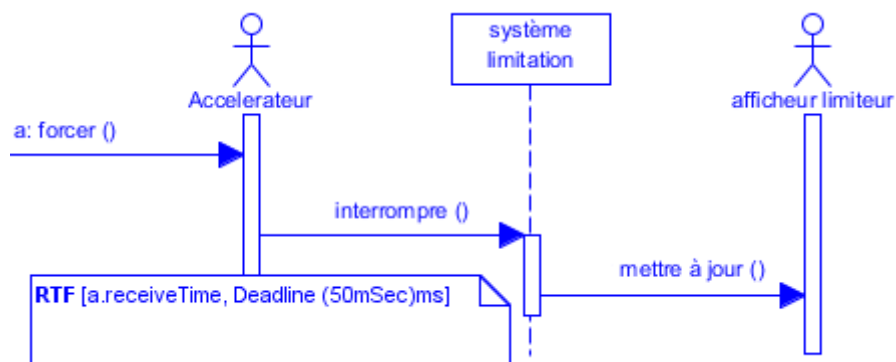


Figure 4.16 diagramme de séquence interrompre système

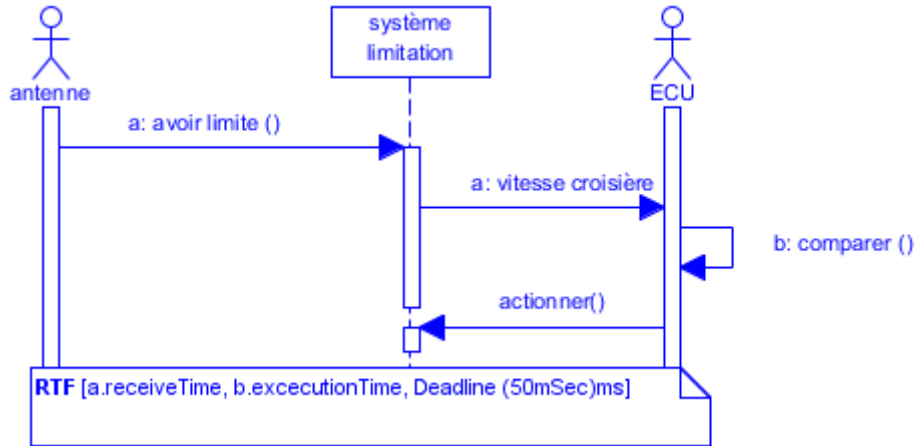


Figure 4.17 diagramme de séquence contrôler le fonctionnement

\* **Classification des acteurs (actif et passif) :** le produit du travail de l'activité précédente, les diagrammes de séquence de haut niveau, offrent la possibilité de spécifier le type de rôle joué par les acteurs - passifs ou actifs - par rapport au système. Cette information sera utilisée par la suite dans la phase de modélisation pour construire automatiquement une architecture de composants génériques et aussi construire automatiquement à partir des modèles d'analyse préliminaire des bases des modèles d'analyse détaillée.

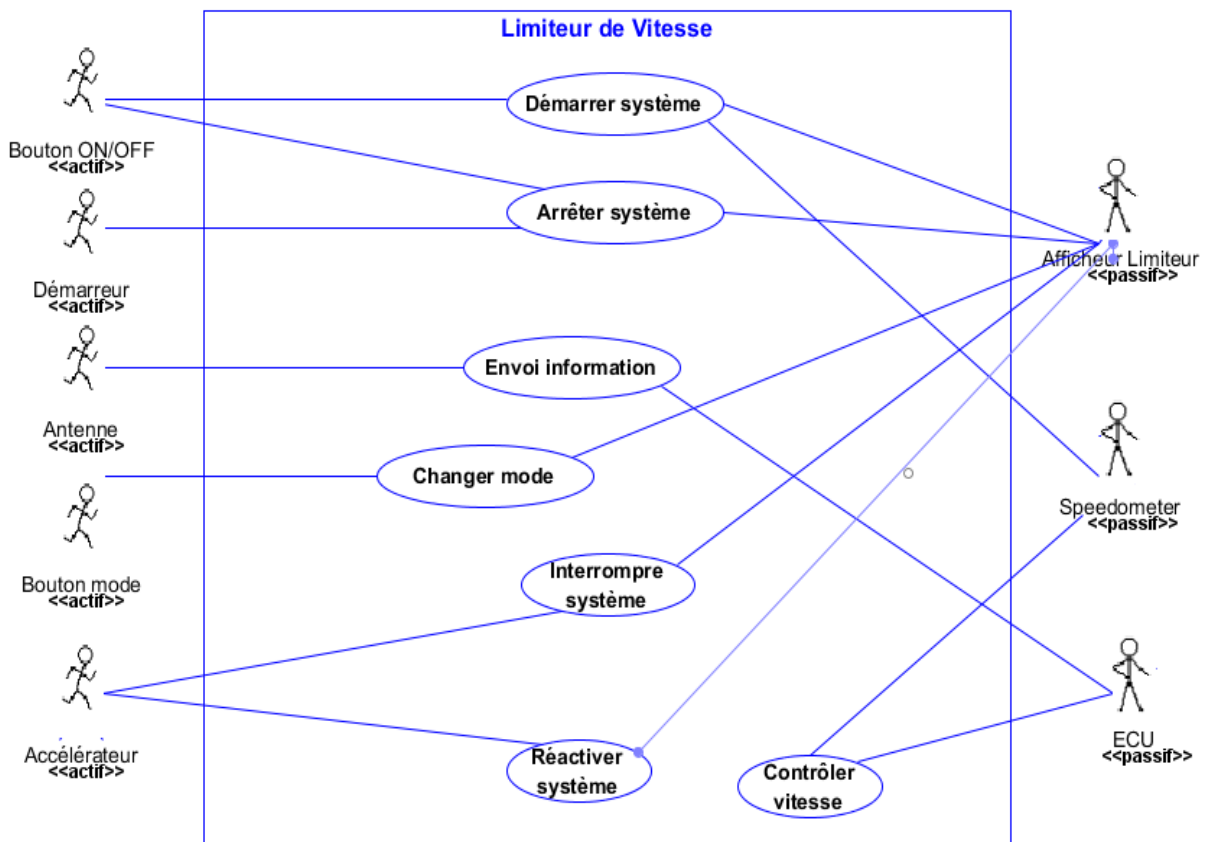


Figure 4.18. Classification des acteurs 'actif ou passif' dans le diagramme cas d'utilisation

### 4.4.3. Modèle d'analyse détaillée (DAM)

Le modèle clair et sans ambiguïté des besoins des utilisateurs qui résulte de l'analyse préliminaire reflète principalement une approche fonctionnelle. L'objectif de la phase suivante consiste à construire un modèle global de l'application en fonction des besoins des utilisateurs exprimés essentiellement comme des cas d'utilisation et des diagrammes de séquence. Cette phase se préoccupe de trouver des réponses à la question suivante: « Qu'est-ce que mon système est en mesure de faire ? ».

Pour répondre à cette question, on va organiser un model global tout en suivant les étapes ci-dessous :

\* **Construction d'une base structurale** : cette activité vise à construire à partir du modèle d'analyse préliminaire (PAM) une première version du modèle structurel du DAM. Ce premier projet est également détaillée / raffiné jusqu'à ce que le modèle atteint un détail satisfaisant l'expert de domaine.

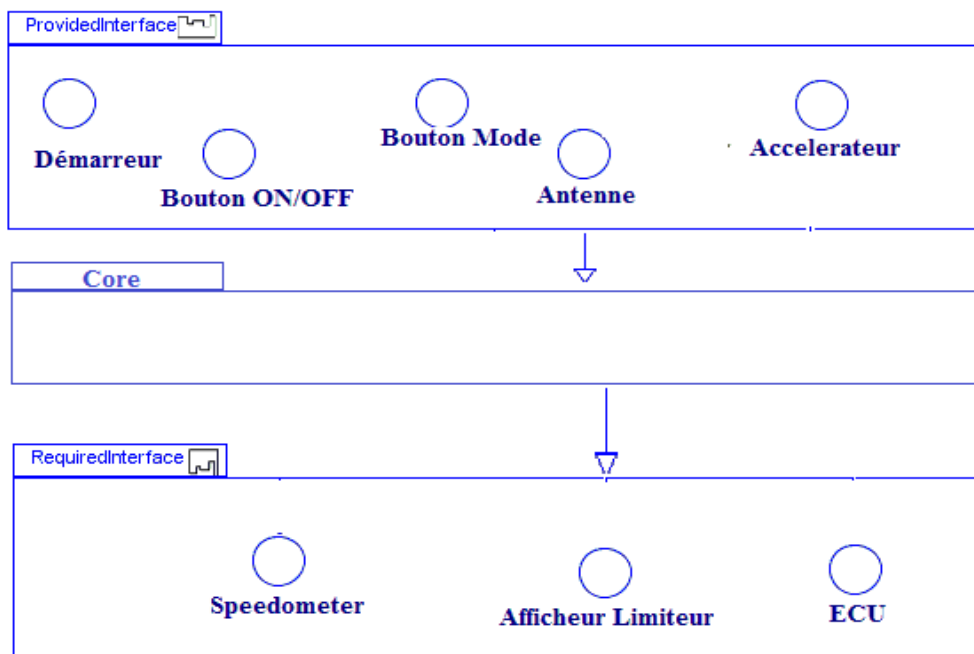


Figure 4.19. Interface packages population

\* **Décrire la vue de la structure** : L'analyse globale de ces liens fournit le modèle structurel global indiqué dans la figure 4.20. Dans ce diagramme, les classes d'interface qui, jusqu'à présent, ont été distingués des autres classes en utilisant le stéréotype «Interface», apparaissent maintenant comme les milieux marqués par leurs noms de classe. Cette nouvelle représentation est liée à l'icône spécifique attaché au stéréotype.

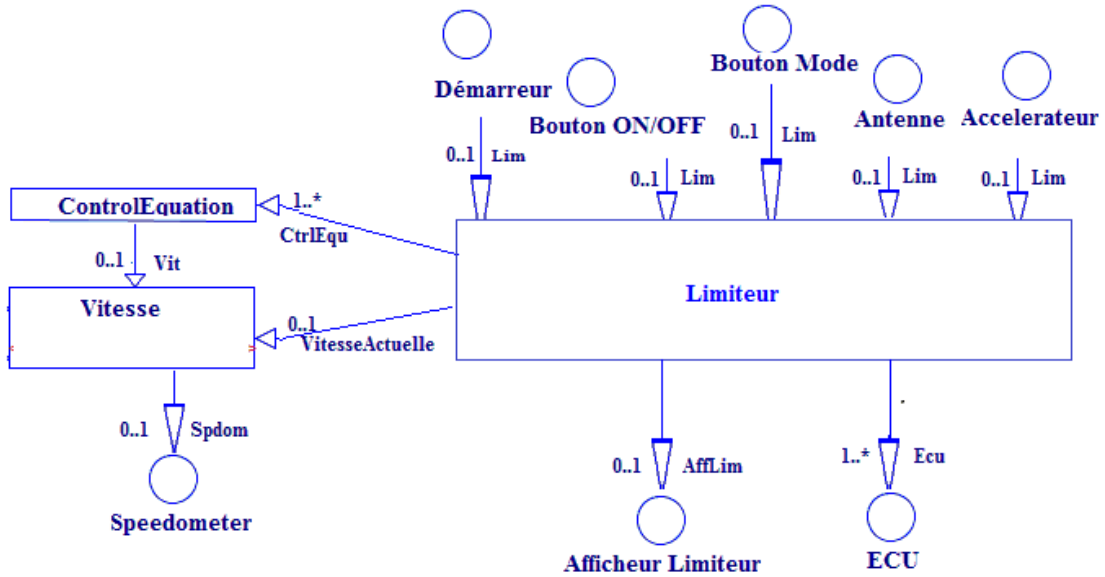


Figure 4.20. Modèle global de structure du limiteur de vitesse avec les relations entre classes.

\* **Spécification de communication:** cette étape consiste à modéliser les signaux reçus et envoyés des différents classes d'applications, et identifier leurs sources potentielles. La figure 4.21 illustre tous les signaux du modèle global du limiteur de vitesse.

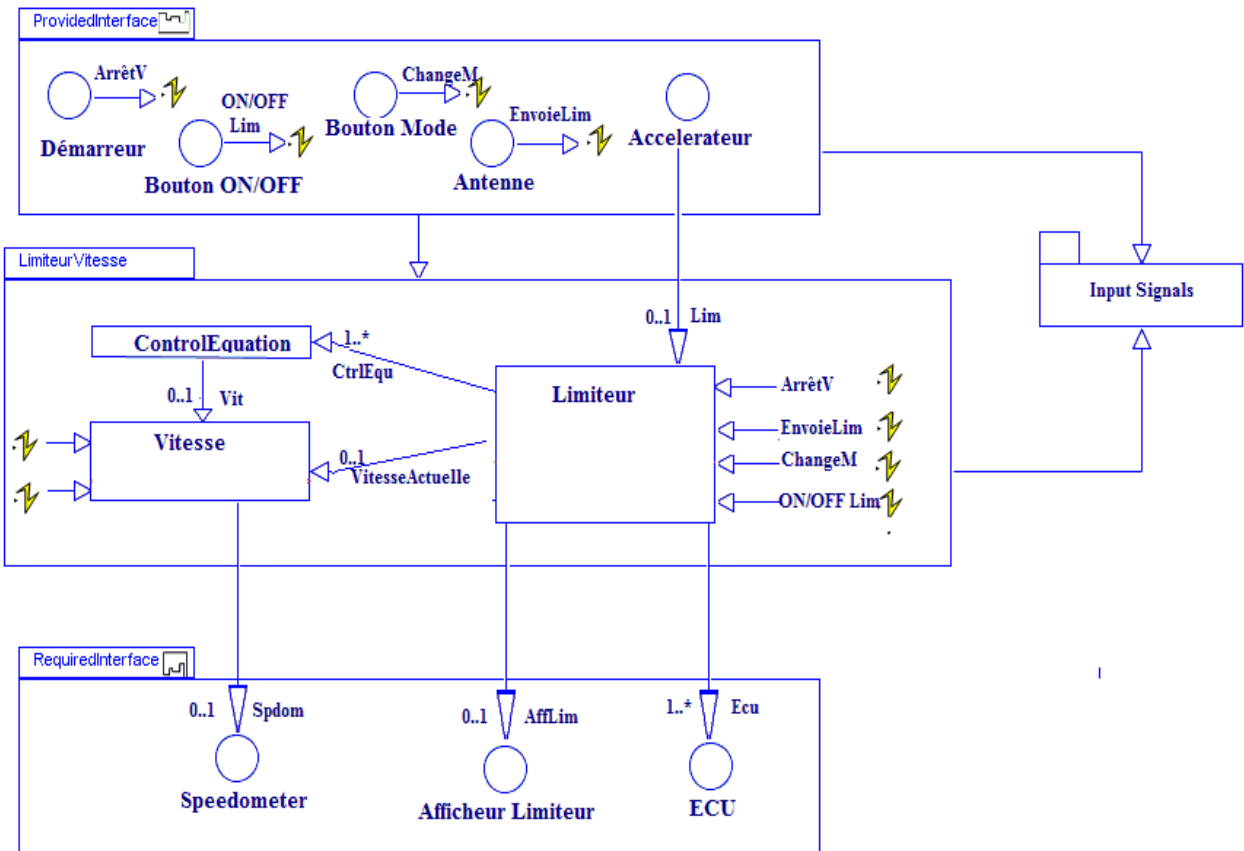


Figure 4.21. Modèle global de structure du limiteur de vitesse sans ambiguïtés

\* **Déclarer les ressources actives:** Dans l'approche ACCORD/UML, la concurrence est gérée par la spécification des objets temps réel [119] dont le fonctionnement est similaire à celle des objets actifs définis dans les langages de programmation concurrents. La figure 4.22 présente la spécification des objets temps réel identifier par le stéréotype « RealTimeObject ».

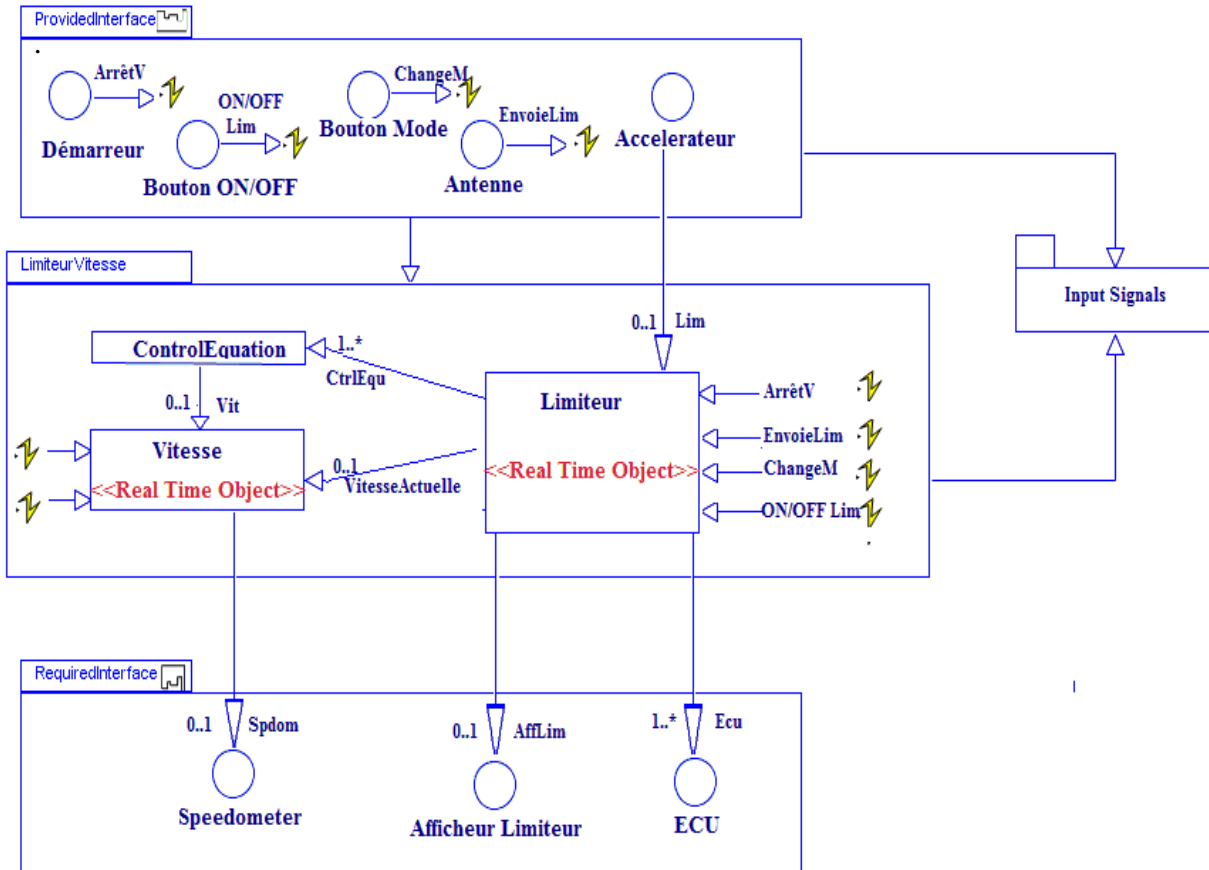


Figure 4.22. Modèle global de structure avec identification du «RealTimeObject ».

## 4.5. CONCLUSION

Dans ce chapitre, une architecture globale du système a été proposée, avec une description de son fonctionnement. Une modélisation avec ACCORD/UML a été fourni.

# Chapitre V :

## Implémentation et Réalisation

## CHAPITRE 5 : IMPLEMENTATION ET REALISATION

### 5.1. INTRODUCTION

Vu l'indisponibilité du matériel (véhicules, capteurs...) on a privilégié la création d'un simulateur-SLIV (pour Simulateur d'un LImiteur de Vitesse) implémentant les fonctionnalités du système proposé. Dans ce chapitre nous allons parler de l'implémentation de ce simulateur et des détails techniques concernant : le matériel employé, l'environnement de développement, le langage de programmation, les différents modules composant le logiciel et la présentation du logiciel.

### 5.2. CHOIX TECHNIQUES

#### 5.2.1. Matériels employés

Notre système a été développé sur un PC ayant les caractéristiques suivantes :

Microprocesseur 2.20 GHZ (Intel core i3), 4Go de RAM, un disque dur de 500 Go.

#### 5.2.2. Environnement de développement

Notre application tournant sur WINDOWS 7, comme elle peut être implémentée sous d'autres systèmes d'exploitation (variantes de Windows et d'UNIX, MAC OS X, et d'autres.)

#### 5.2.3. Le langage utilisé

- Le langage Java :

Java est un langage de programmation récent développé par Sun Microsystems. Il est fortement inspiré des langages C et C++. Il n'a que quelques années de vie (les premières versions datent 1995), et pourtant il a réussi à intéresser et intriguer beaucoup de développeurs à travers le monde, grâce à sa portabilité, ce langage est devenu le choix des programmeurs. Il permet l'exécution du même code sur diverses plates-formes, pour cette raison presque toutes les plates-formes sont développées en utilisant ce langage.

Java est un langage qui doit être compilé et interprété. Dans une première phase on compile un programme (un ou plusieurs fichiers source *.java*) en fichiers *.class*. Le compilateur génère un fichier *.class* pour chacune des classes définies dans le(s) fichier(s) *.java*. L'ensemble des fichiers *.class* est ensuite interprété par la Machine Virtuelle Java (Virtuelle Machine) pour exécuter le programme [120].

- **Pourquoi Java ?**

Java présente beaucoup d'avantages, nous citons quelques-uns :

- ***Simple*** : cette notion est relative mais par rapport au C++, Java est plus simple à utiliser. En particulier, il n'existe pas de pointeurs explicites et la gestion de la mémoire est transparente pour le programmeur.
- ***Robuste et sur*** : le typage des données est extrêmement strict. Aucune conversion de type implicite pouvant provoquer une perte de précision n'est possible. Comme pour les applets, il est en principe impossible d'accéder aux ressources de la machine hôte. Enfin lors de l'exécution, on vérifie que le code généré par le compilateur n'a pas été altéré.
- ***Indépendant des architectures matérielles*** : le compilateur génère un code universel le « byte-code ». un interpréteur spécifique à l'ordinateur hôte appelé « machine-virtuelle » permet l'exécution des programmes. La représentation des données étant indépendante de la machine qui exécute le code, les résultats des calculs sont indépendants de cette machine.
- ***Multitâche*** : java permet l'exécution en apparence simultanée de plusieurs processus. En réalité on accorde de façon séquentielle un peu du temps processeur à chaque processus. On dit aussi multithread.

- **NetBeans :**

NetBeans est un projet open source ayant un succès très large, une communauté en croissance constante, et près de 100 partenaires mondiaux et des centaines de milliers d'utilisateurs à travers le monde. Sun Microsystems a fondé le projet open source NetBeans en juin 2000 et continue d'être le sponsor principal du projet [121].

Il est un environnement de développement intégré (IDE) open source. Il est développé par Sun et se trouve sous licence CDDL (Common Development and Distribution License). En plus de Java, NetBeans permet également de développer avec d'autres langages tels que : Python, C, C++, Ruby, XML, PHP et HTML.

Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (coloration syntaxique, projets multi-langages, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages web, etc.).

NetBeans est utilisé pour la création des Interfaces graphiques, pour son éditeur graphique puissant.

### 5.3. ARCHITECTURE DE L'APPLICATION

L'architecture de l'application se comporte des éléments suivants : GUI (Graphique User Interface) et Core (noyau)

GUI-SLIV : elle est composée des modules d'entrées et de sorties

**Les entrées :** de l'application sont la route, les véhicules et les obstacles.

**La sortie :** de l'application est un fichier .txt, qui représente les accidents sur la route.

Core-SLIV : il utilise les fichiers d'entrées pour la simulation.

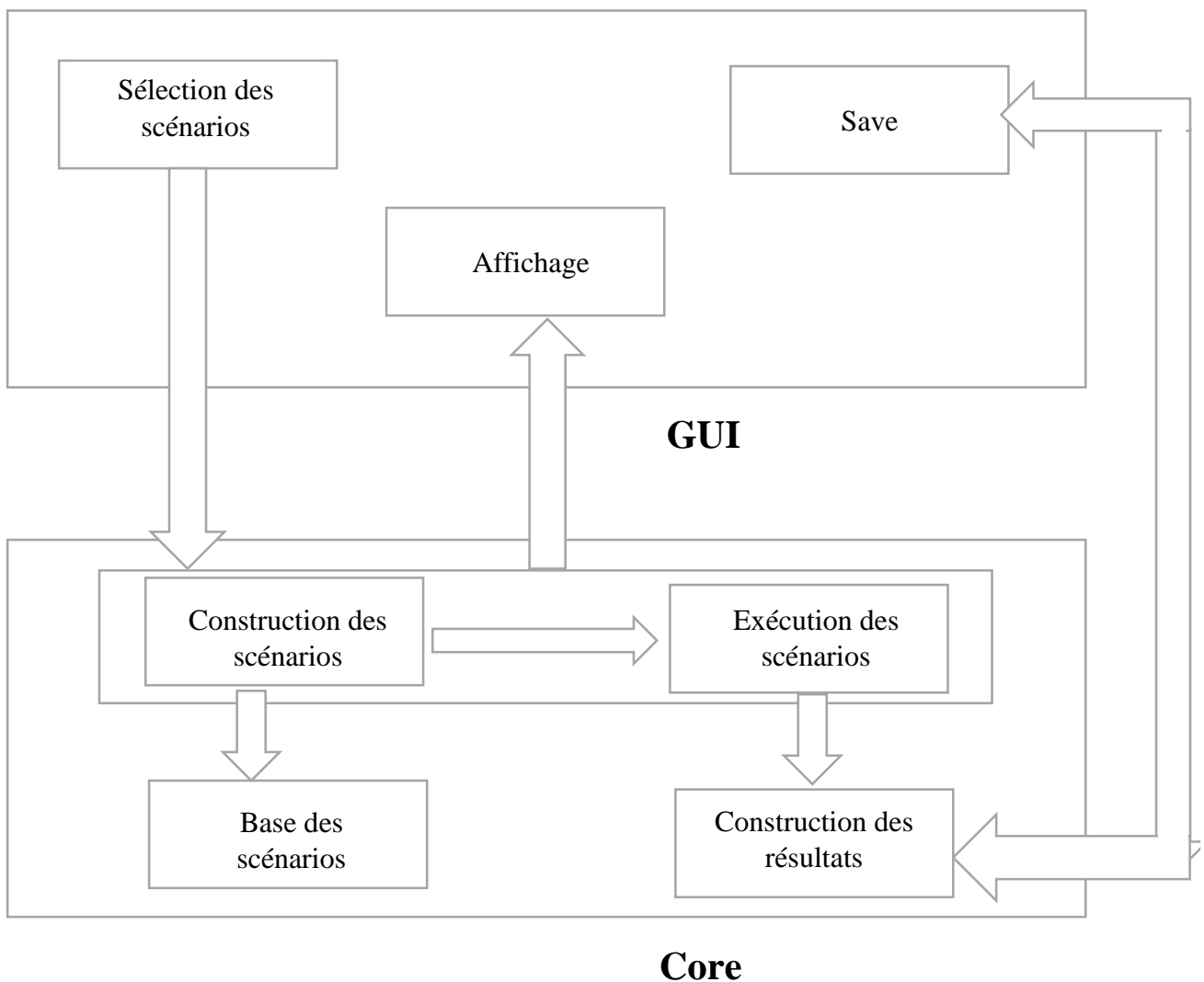


Figure 5.1. Modules du simulateur SLIV

1. **Sélection des scénarios** : dans ce module, on va sélectionner les scénarios c'est-à-dire :

**La mappe (plan)** : contient la route elle-même, les plaques et les voitures.

**Le mode** : ce mode sera exécuté par les voitures de la mappe sélectionnée. (Mode alarme, mode limiteur, voitures non équipés).

2. **Affichage** : il affiche uniquement l'animation qui représente l'exécution de la simulation.
3. **Save** : il enregistre les résultats de l'exécution sous forme d'un fichier texte (.txt).
4. **Construction des scénarios** : Après la sélection de scénario, on construit un objet Java qui représente cette sélection, c'est-à-dire la route, les panneaux de signalisation, les voitures, les obstacles ; et on envoie cet objet vers le module suivant « exécution des scénarios » en utilisant les ressources images et sons dans la « base des scénarios ».
5. **Exécution des scénarios** : ce module exécute l'objet construit par le module précédent et envoie des commandes au module affichage pour afficher les états des scénarios.
6. **Base des scénarios** : contient des ressources de scénarios (ressources graphiques et sonores).
7. **Construction des résultats** : ce module construit une chaîne de caractères qui représente les résultats d'exécution qui seront envoyées au module « save » pour les enregistrer (un fichier .log)

### 5.4. PRESENTATION DE L'APPLICATION

Voici quelques captures d'écran tirées de notre application.

La figure 5.2. représente l'interface principale du simulateur, qui contient le plan de la route qu'on peut choisir depuis le bouton Map. On peut aussi choisir le mode de fonctionnement depuis le bouton mode. Le bouton start sert à démarrer la simulation alors que le bouton stop sert à arrêter l'application. Le fichier Log consiste à compter le nombre d'accidents.

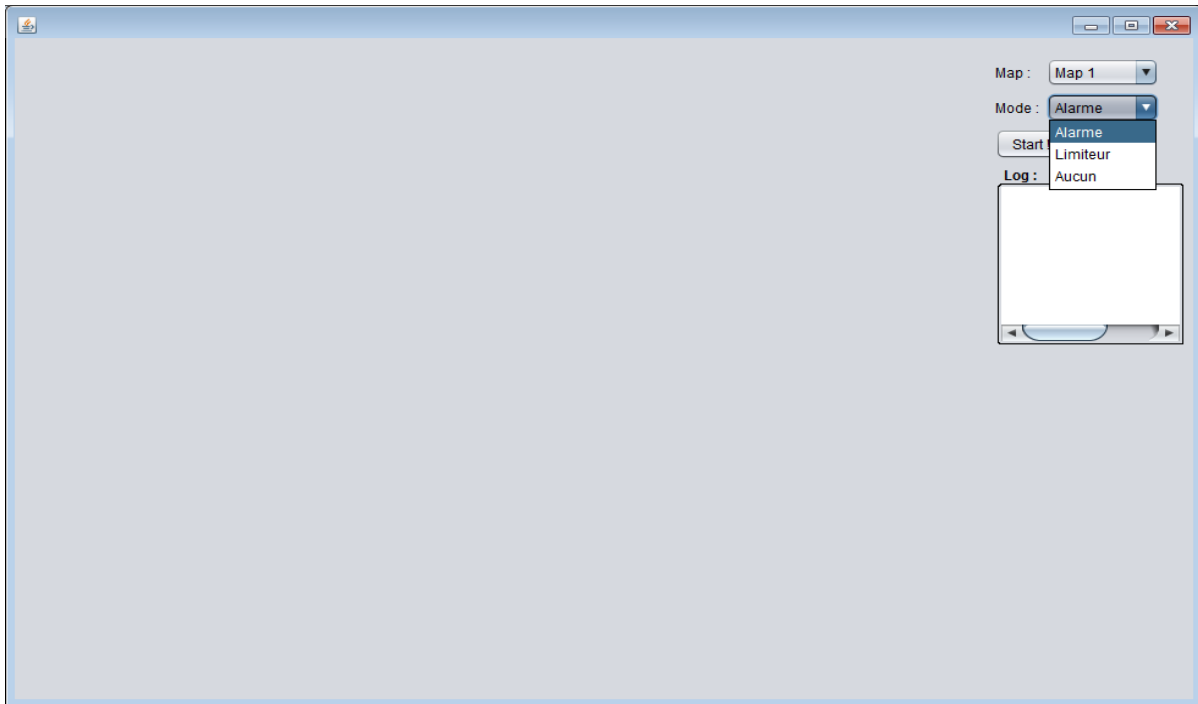


Figure 5.2. Interface principale de l'application

La figure 5.3. illustre une capture d'écran du simulateur s'exécutant sous le mode alarme, la voiture sur la voie RN 48B roulant à une vitesse 100 Km/h, dans ce cas le conducteur est averti par un bip sonore.

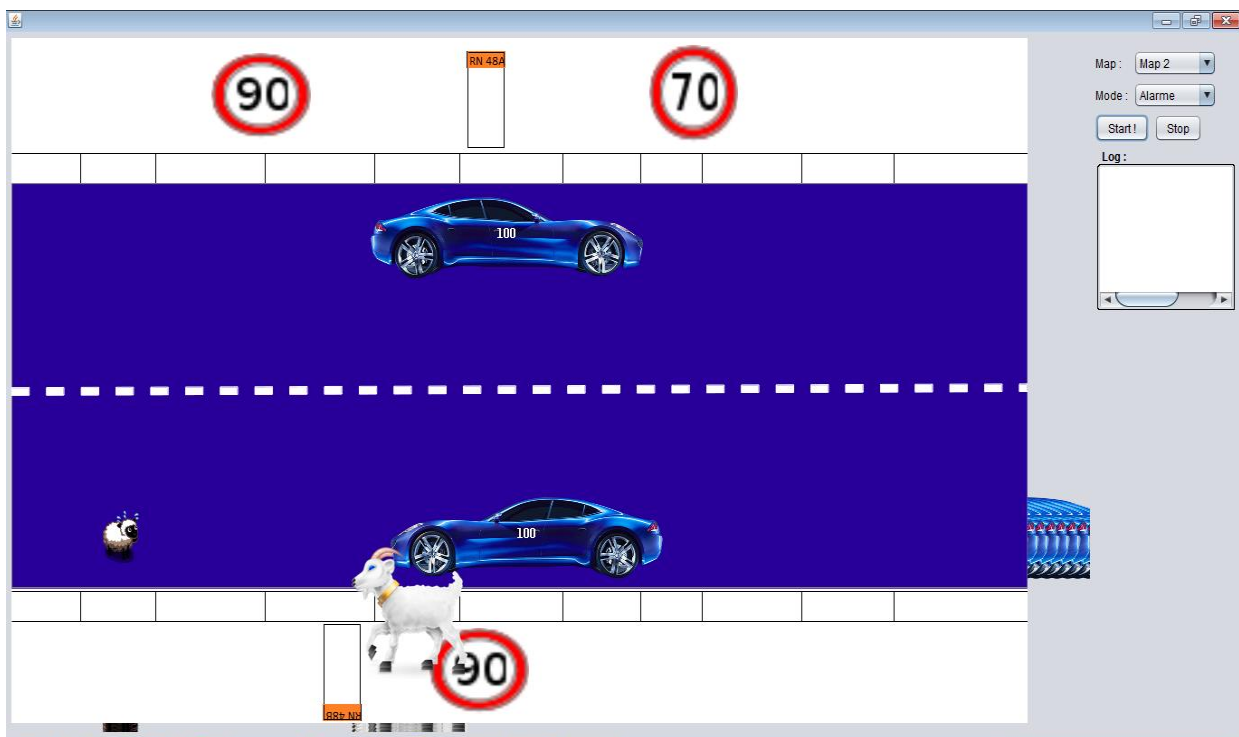


Figure 5.3. Mode alarme activé

## CHAPITRE V : IMPLEMENTATION ET REALISATION

Dans la figure 5.4., deux véhicules s'exécutant sous modes alarmes et dépassent la vitesse réglementaire de plus de 10 Km/h. Tandis que la figure 5.5. illustre le passage du mode alarme vers le mode limiteur afin d'empêcher les dépassements.

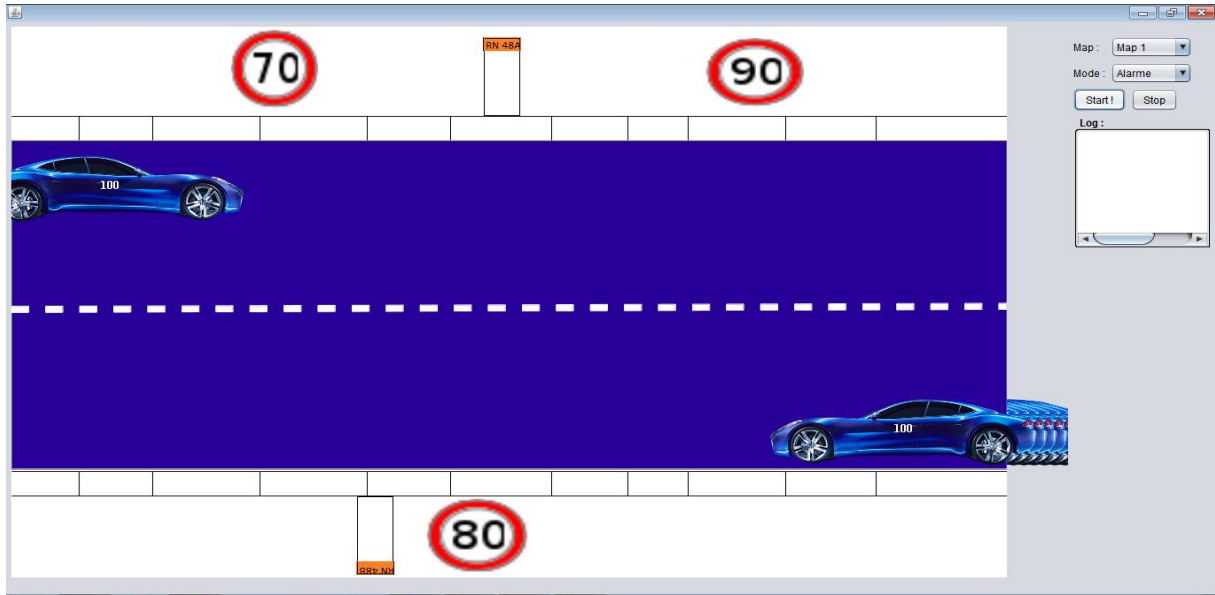


Figure 5.4. Véhicules sous mode alarme activé dépassant la réglementation de plus de 10KM/h

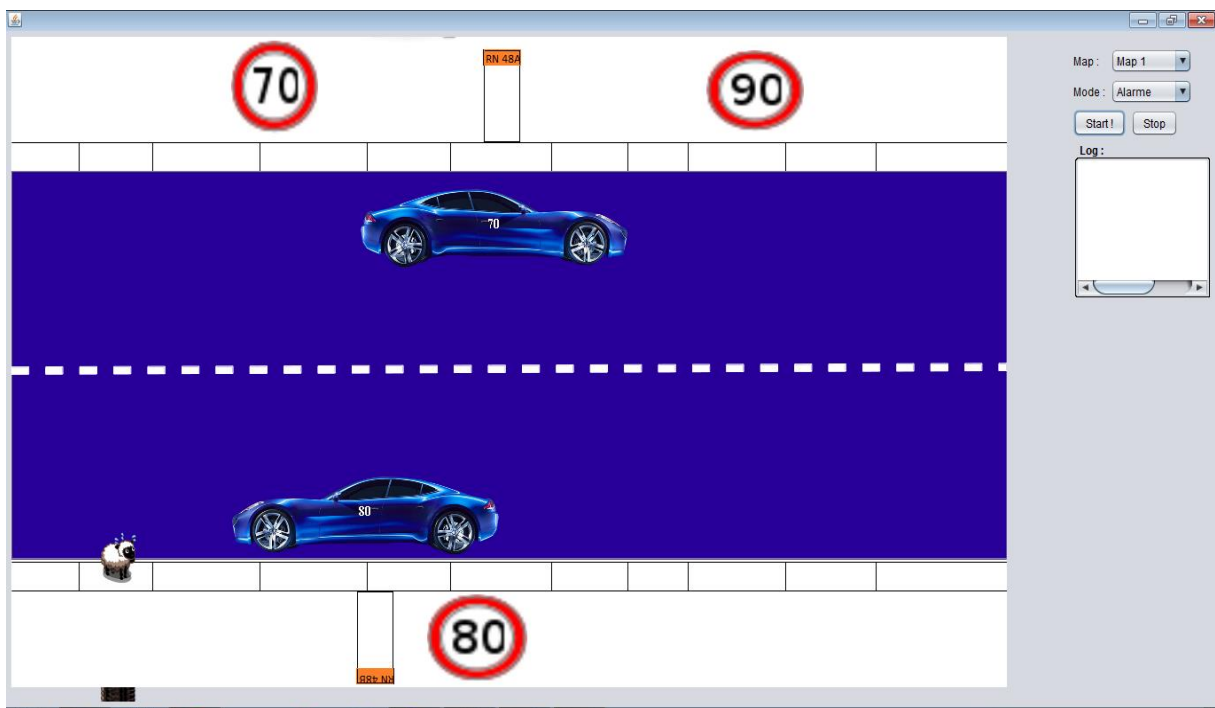


Figure 5.5. Passage du mode alarme vers mode limiteur.

La figure 5.6. présente des véhicules s'exécutant sous le mode limiteur, la figure 5.7. illustre bien la contribution du système à réduire la vitesse.

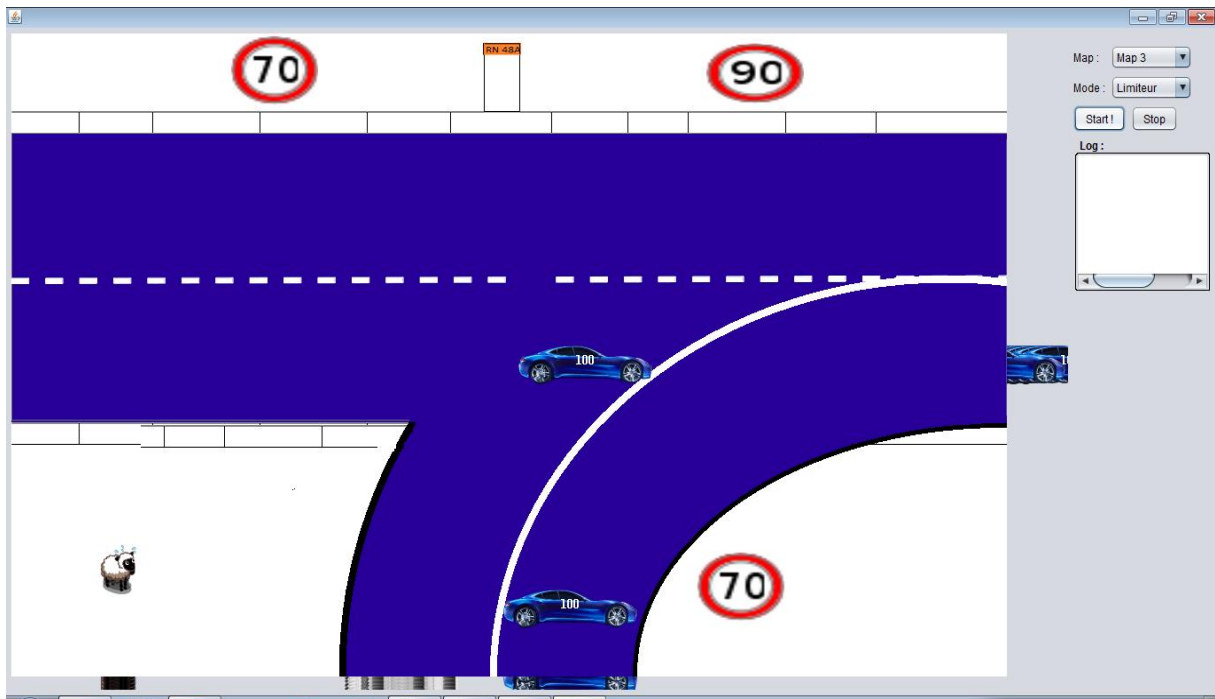


Figure 5.6. Mode limiteur activé

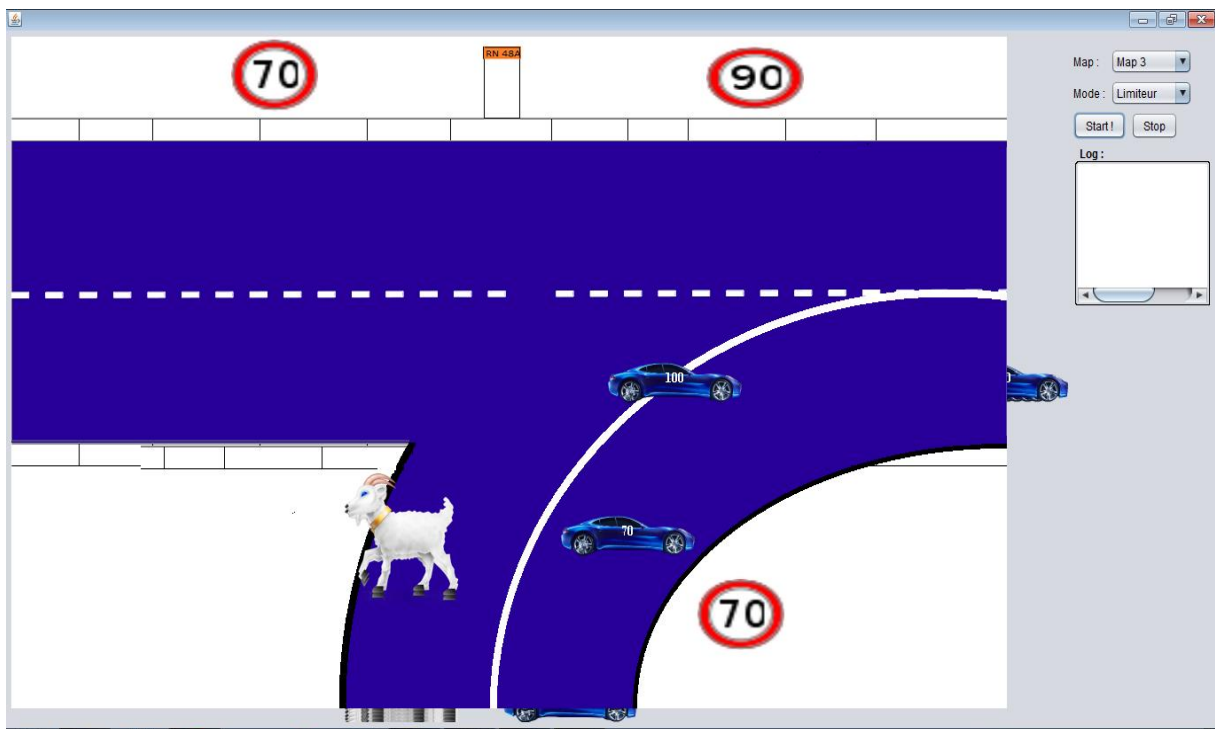


Figure 5.7. Mode limiteur empêchant dépassements de vitesse

Bien sûr, nous avons pris un cas particulier, où cette contribution a engendré un accident comme le montre la figure 5.8. Pour empêcher de tel cas à survenir, le conducteur peut interrompre le système, la figure 5.9. montre la gestion d'une telle situation.

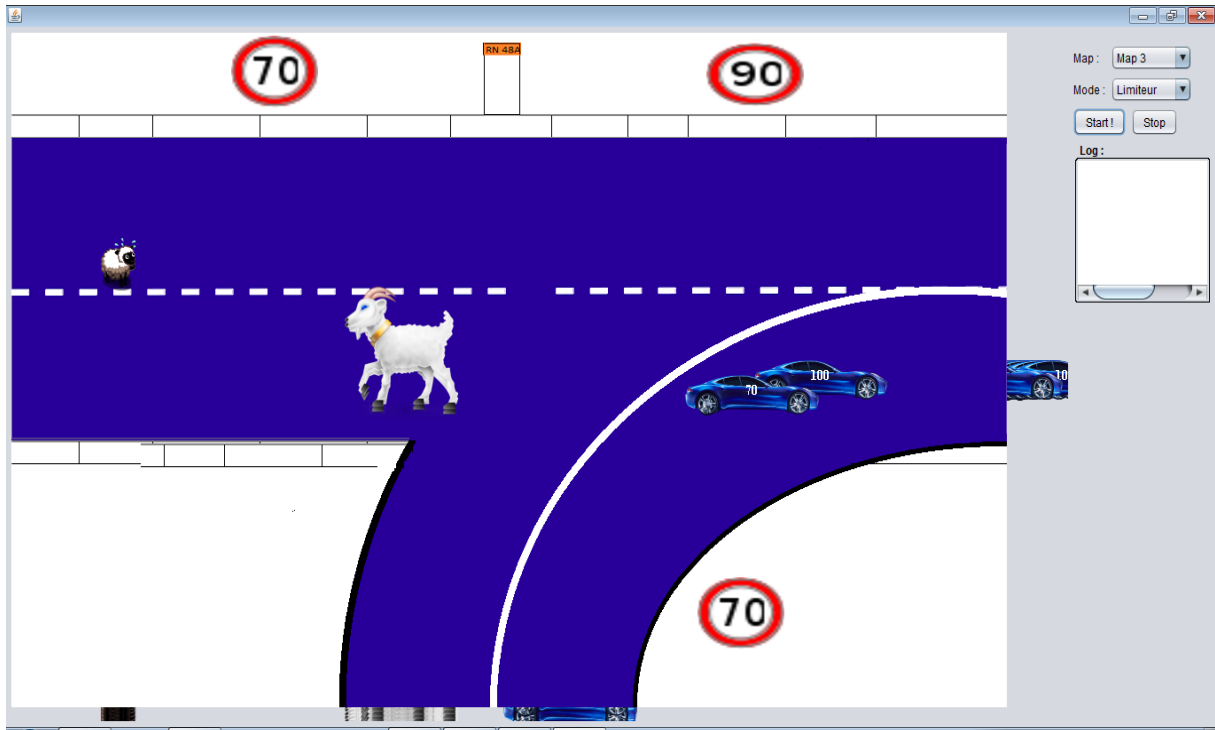


Figure 5.8. Accident entre véhicules sous mode limiteur

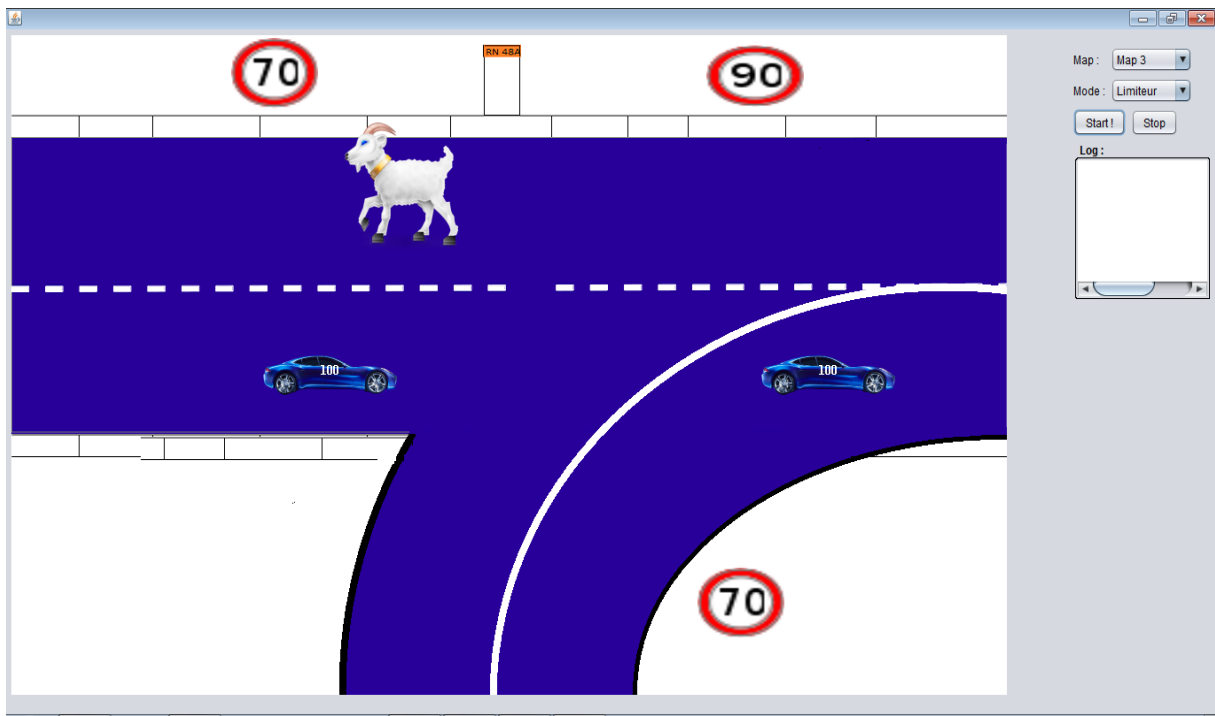


Figure 5.9. Interruption du mode limiteur



Le tableau 5.2 présente le taux des accidents qu'on a pu éviter avec notre système ISA.

Type vitesse Type Véhicule	Taux d'accidents	
	Alarme Mode	Limiter Mode
fixe	18%	20%
variable	20%	22%

Tableau 5.2. Pourcentage des accidents évités obtenues depuis notre simulateur

En conclusion et après comparaison entre le tableau 3.1 et 5.2 il s'avère qu'on a obtenu presque les mêmes résultats.

## 5.6. CONCLUSION

Notre système, non seulement, hérite des avantages des systèmes ISA existants (la réduction du nombre d'accidents sur les routes) ainsi que ceux liés à la nature de la communication ondes radio concernant le type du signal codé mais aussi il présente en sus les avantages suivants :

- communication directe entre le véhicule et l'infrastructure
- prise en charge du problème des vitesses fixes et variables
- traitement du problème d'une vitesse dédiée à une voie spécifique

Cependant il reste des problèmes non résolus tels que le problème des signalisations spécifiques à un type de véhicules (ex : 80 km/h pour les véhicules de poids léger et 50 km/h pour les véhicules de poids lourds).

*Conclusion générale et  
perspectives*

### I. CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

À l'issue de ce mémoire de magister, une première étude générale pour la réalisation d'un nouveau système ISA a pu être effectuée. Deux points principaux ont été abordés : l'état de l'art et le développement d'un nouveau système ISA.

Ce travail avait pour but d'étudier la contribution de l'intelligence ambiante sur les systèmes de transport intelligents. L'état de l'art a permis de mieux comprendre les deux domaines, de lister les principales méthodes et approches utilisées à mettre en évidence les problèmes des systèmes de transport intelligents pour solutionner les problèmes posés par l'intelligence ambiante.

Nous nous sommes principalement intéressés au problème des accidents de circulation dus à l'excès de vitesse. Malgré ce fléau qui endeuille chaque année des milliers de familles d'algériens, aucune solution radicale n'a été jusqu'à présent introduite dans le paysage autoroutier, de ce fait mon travail pose la première pierre à l'édifice dans l'amélioration du transport mieux encore la réduction significative des morts sur nos routes.

Plusieurs perspectives pourraient être envisagées pour poursuivre ce travail. Tout d'abord, la réalisation d'un prototype du système, qui va mettre en valeur nos espérances et estimations. Résoudre le problème des signalisations dédiées à un type particulier de véhicules. Prendre en charge les changements climatiques qui influencent aussi les vitesses autorisées.

# Bibliographie et références

**BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES**

1. Weiser, M. The computer for the 21st century, Scientific American. September 1991.
2. Mark Weiser , The coming age of calm technology ,oct 1996
3. El Khechyne Sarah, Ubiquité et intelligence ambiante, université Abdelmalek Essaâdi, Tanger 2013.
4. .Mark Weiser, ubiquitous computing, 1988
5. Adams, N., Gold, R., Schilit, B. N., Tso, M. & Want, R. (1993). An infrared network for mobile computers, Proceedings USENIX Symposium on Mobile & Location-independent Computing.
6. Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J. & Welch, B. (1992). Liveboard : a large interactive display supporting group meetings, presentations, and remote collaboration, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, ACM,Monterey, California, United States,
7. Want, R., Hopper, A., Faloutsos, V. & Gibbons, J. (1992). The active badge location system, ACM Trans. Inf. Syst. 10(1)
8. ST ADVISORY GROUP, Ambient Intelligence: from Vision to Reality, European Commission, 2003
9. Christophe Samson, Ubiquitous Computing histoire, principe, applications, CONSERVATOIRE NATIONALDES ARTS ET METIERS, Centre régional du Poitou-Charentes, soutenu le 21 juin 2007.
10. PHILIPS, Vision of the Future, Philips Corporate Design, Eindhoven, V+K Publ., Bussum, Pays-bas, 1996.
11. [www.ubicomp.org/](http://www.ubicomp.org/). Ubicomp, créée en 2001, émanede HUC 99 et de HUC2k (Handheld and Ubiquitous Computing).
12. <http://pervasive2008.org/>, [www.percom.org/](http://www.percom.org/)
13. [www.ami-07.org/](http://www.ami-07.org/)
14. Workshop Artificial Societies for Ambient Intelligence, <http://asami07.cs.rhul.ac.uk/>
15. [www.internet-of-things-2008.org](http://www.internet-of-things-2008.org)
16. [www.iswc.net/](http://www.iswc.net/)
17. [www.tei-conf.org/](http://www.tei-conf.org/)

18. <http://hri2007.org/>
19. Reignier, P. (2010). « Intelligence Ambiante Pro-Active : de la Spécification à l'Implémentation ». Thèse Université Joseph-Fourier - Grenoble I.
20. <http://veille-techno.blogs.ec-nantes.fr/index.php/2011/11/11/intelligence-ambiante-definition-et-historique/#comments>
21. K. Ducatel, M. Bogdanowicz, F. Scapolo, J. Leij-ten et J-C. Burgelman. "Scenarios for Ambient Intelligence in 2010". Rapport technique, IST Advisory Group (ISTAG), IPTS-Seville, février 2001
22. Gregory D. Abowd, Elizabeth D. Mynatt et Tom Rod-den. "The Human Experience". Dans IEEE Pervasive Computing, tome 1, 2002.
23. K. Ducatel, M. Bogdanowicz, F. Scapolo, J. Leijten et J.-C. Burgelman. "Ambient Intelligence: From Vision to Reality". Rapport technique, IST Advisory Group Draft Report, septembre 2003.
24. Augusto, Juan Carlos. 2008. Ambient Intelligence : Basic Concepts and Applications. [Auteur du livre] Joaquim Filipe, Boris Shishkov et Markus Helfert. Communications in Computer and Information Science: Software and Data Technologies, Volume 10, Part 1. Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
25. Bermejo Nieto, Ángeles et Carretero de los Ángeles, Noelia. 2004. Inteligencia Ambiental. Madrid : Centro de Difusión de Tecnologías CEDIT-FUNDETEL, 2004.
26. E. Aarts and J. Encarnacao. True Visions: The Emergence of Ambient Intelligence. Springer, 2006.
27. I. A. Group. Scenarios for ambient intelligence in 2010, 2001.
28. E. Maeda and Y. Minami. Steps toward ambient intelligence. NIT Technical Review, 4(1), 2006.
29. Phillips Research. Ambient intelligence: Changing lives for the better, 2007.
30. 63. C. K. M. Crutzen. Invisibility and the meaning of ambient intelligence. International Review of Information Ethics, 6:1-11, 2006.
31. J. Rech and K.-D. Althoff. Artificial intelligence and software engineering: Status and future trends. *Themenschwerpunkt KI & SE*, KI, 3:5-11, 2004.
32. A. Vasilakos and W. Pedrycz. Ambient Intelligence, Wireless Networking, and Ubiquitous Computing. Artech House Publishers, 2006.

33. Phillips Research. Other perspectives on ambient intelligence, 2007.
34. J. C. Augusto and P. McCullah. Ambient intelligence : Concepts and applications. *International Journal on Computer Science and Information Systems*, 4(1):1-28, 2007.
35. Flavien Balbo, Christian Tarpin, Guillaume Uster et Régine Seidowsky. 2009. Comment l'intelligence ambiante peut-elle contribuer aux transports intelligents ? la journée technique « Objets nomades et mobilité intelligente » par l'ATEC-ITS France.
36. Diane J. Cook, Juan C. Augusto, and Vikramaditya R. Jakkula. Ambient Intelligence: Technologies, Applications, and Opportunities. School of Electrical Engineering and Computer Science, Washington State University, Pullman, W A, USA School of Computing and Mathematics, University of Ulster, UK. October 3, 2007
37. A. Dey, D. Salber, and G. Abowd. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 2001.
38. Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). « Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms ». *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 234-241). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/258549.258715 ISBN:0-89791-802-9
39. J. Crowley, J. Coutaz, G. Rey, and P. Reignier. Perceptual components for context aware computing. In *UbiComp '02: Proceedings of the 4th international conference on Ubiquitous Computing*, London, UK, 2002. Springer-Verlag.
40. G. Rey. Contexte en Interaction Homme-Machine : le contexteur. Ph.D. thesis, Fdration IMAG – University Joseph Fourier - Grenoble I, 2005
41. A. Ward, A. Jones, and A. Hopper. A new location technique for the active office. *Personal Communications*, IEEE, 1997
42. O'Hare, G.M.P., et al. 2005. Ambient Intelligence Through Agile Agents. *Lecture Notes in Computer Science : Ambient Intelligence*, Volume 3345/2005. Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2005.
43. MIT, Things That Think. <http://ttd.media.mit.edu/>
44. K. Henriksen and J. Indulska. 'Modelling and using Imperfect Context Information'. In *Proc. 1st PerCom Workshop CoMoRea*, Mar. 2004.

45. CALVARY Gaëlle, DELOT Thierry, SÈDES Florence, TIGLI Jean-Yves. Informatique et intelligence ambiante : Des capteurs aux applications ; Traité IC2, série Informatique et Systèmes d'Information. Juillet 2012.
46. VALLEE M. Ramparany F. vercouter L, Flexible composition of smart device services. Proceedings of the International Conference on Pervasive Systems and Computing (PSC-05) Juin 2005.
47. Sousa J. Garlan D., Aura: An architectural framework for user mobility in ubiquitous computing environments. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA3), Kluwer Academic Publishers. Août 2002.
48. Rومان M., Hess C.K., Cerquiera R., Ranganathan A., Campbel R.H., Nahrstedt K., "Gaia: A middleware infrastructure to enable active spaces", IEEE pervasive Computing, Décembre 2002.
49. Yau S., Karim F., Wang Y., Wang B., Gupta S. "Reconfigurable context sensitive middleware for pervasive computing", IEEE Pervasive Computing vol.1, no 3, 2002.
50. Da Costa C., Yamin A., Geyer C., "Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing", IEEE Pervasive Computing, IEEE
51. Tigli J. Y., Lavirotte S., Rey G., Hourdin V., Cheung-Foo-Wo D., Callegari E., Riveill M. "WComp Middleware for ubiquitous computing: aspects and composite event-based webservices". Annals of Telecommunications (AOT) vol. 64 no 3-4, Avril 2009.
52. Niemela E, Latvakoski J., "Survey of requirements and solutions for ubiquitous software". MUM '04: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> international conference on mobile and ubiquitous multimedia, ACM, 2004.
53. Devlic A, "SIP-based context distribution does aggregation pay off?" ACM SIGCOMM Computer Communication Review, ACM, vol. 40, n°5, 2010.
54. Guttman E., « Service location protocol: Automatic Discovery of IP Network services » IEEE Internet computing vol.3, 1999.
55. Hourdin V., Lavirotte S., Tigli J.Y. « Services UPnP pour dispositifs autonomes ». techniques de l'ingénieur vol. H5002, février 2007.

56. Veveridis C, Polyzos G. « Service Discovery for Mobile Ad Hoc Networks: A Survey of Issues and Techniques » IEEE Communications surveys and tutorials, vol 10 n°3, 2008.
57. Paspallis N, Rouvoy R, Baron E P, Papadopoulos G, Elhassen F, Mamelli A « A Pluggable and Reconfigurable Architecture for a Context Aware Enabling Middleware System”, on the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008, vol 5331 de Lecture Notes in Computer Science Springer 2008.
58. GEIHS K, Reichle R, Wagner M, Khan M.V « Modeling of Context Aware Self adaptive Applications in Ubiquitous and Services Oriented Environments » in B.H. Cheng, R Lemos H giese, P. Inverardi, J. Magee (dir.) software engineering for self adaptive systems.
59. Fox J, Clarke S, « Exploring approaches to dynamic adaptation » Proceedings of the 3rd international DiscCoTec Work Shop on Middleware Application Interaction, ACM 2009.
60. Mc Kinley P., Sadjadi S, Kasten E, Cheng B, « A taxonomy of compositional adaptation » Rapport MSU-CSE-04-17, Michigan State University, 2004
61. Bouzeghoub A, Taconet C, Javraya A., Do N., Conan D., “Complementarity of process-oriented and ontology-based context managers to identify situations”. Proceedings of Internet workshop on context modeling and management for smart environments (CMMSE), juillet 2010.
62. Beugnard A, Chabridon S, Conan D., Taconet C, Dagnat F, Kabore E, “Towards context aware components” proceedings of the 1<sup>st</sup> international workshop on context aware software technology and application, 2009.
63. Ferry N, Howdin V, Lavirotte S, Rey G, Tigli J.Y, Riveill M, « Models at runtime : « service for device composition and adaptation » proceedings of 4th Inter. Workshop models @Run.Time at models 2009 (MRT '09), octobre 2009.
64. Romero D, Rouvoy R, Seintwier L, Loiret F, « Integration of heterogenous context ressources in ubiquitous environments ». Proceedings of 36th EUROMICRO International conference on software engineering and advanced applications, 2010.
65. Cardoso R.S, Issarny V, « Architecting pervasive computing systems for privacy : A survey » proceedings of the 6<sup>th</sup> working conference on software architecture, IEEE computer society 2007.

66. Trabelsi S, Pazzaglia J, Roudier Y, « Secure web service discovery: Overcoming challenges of ubiquitous computing » proceedings of the european conference on web services, IEEE Computer Society 2006.
67. Luo H, Lu S « Ubiquitous and robust authentication services for Ad hoc wireless networks » Proceedings of the 7th IEEE symposium on Computers and communications (ISCC'02) 2002.
68. Hourdin V, « Context and security in ubiquitous computing middlewares », thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis, France juillet 2010.
69. Lee J., Huang C, Lee L., Lee C, « Design and implementation of secure communication channels over UPnP networks”, proceedings of the 2007 international conference.
70. Mac Kenzie I, War E.C., “Lag as a determinant of human performance in interactive systems”. Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 conference on human factors, 1993.
71. Eugster P, Febber P, Guerraoui R, Kermarrec A, “The many faces of publish/subscribe” ACM computing surveys. Vol 35, n°02, 2003.
72. Joëlle Coutaz, James L. Crowley. Plan « intelligence ambiante » : défis et opportunités ; Document de réflexion conjoint du comité d'experts « Informatique Ambiante » du département ST2I du CNRS et du Groupe de Travail « Intelligence Ambiante » du Groupe de Concertation Sectoriel (GCS3) du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, DGRI A3. Version 1.2 finale – 14 octobre 2008.
73. Y. Punie, "The Future of Ambient Intelligence in Europe: The Need for More Everyday Life", Communications & stratégies, n° 57, 2005.
74. C. Allen, W. Wallach, I. Smith, "Why Machine Ethics?", IEEE Intelligent Systems, 2006.
75. Macario, A., Morris, D. and Morris, S. (2006). Initial Clinical Evaluation of a Handheld Device for Detecting Retained Surgical Gauze Sponges Using Radiofrequency Identification Technology. Arch Surg, 141, 659-662.
76. Portmann, M. et Pirzada, A. A. 2008. Wireless Mesh Networks for Public Safety and Crisis Management Applications. IEEE Internet Computing, Volume n°12, Number 1. Washington, USA : IEEE Computer Society, 2008

77. Maris, M. et Pavlin, G. Distributed Perception Networks for Crisis Management: In Proceedings of the Third International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2006), New Jersey, USA 2006.
78. Thomas Sorin, Frédérique Gella, Elyane Daniel, « les voitures électriques », ministère des affaires étrangères et européenne, France 2010.
79. Lanson Florian, Les Systèmes de Transport Intelligents au Japon. Rapport d'étude de l'Ambassade de France au Japon service pour la science et la technologie, Novembre 2010.
80. Totani, S. Nippondenso Co., Ltd. Development and current status of CACS (comprehensive automobile traffic control system), Vehicular Technology Conference, 1980. 30th IEEE (Volume:30 )
81. Rosen, D.A. Bureau of Public Roads, Washington, D.C. Mammano, F.J. ; Favout, R. An electronic route-guidance system for highway vehicles. Vehicular Technology, IEEE Transactions on (Volume:19 , Issue: 1 ), février 1970.
82. <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/5Ministries/chap1.html>
83. <http://www.eurekanetwork.org/about/history>
84. Hofflinger, B. ; Inst. for Microelectron., Stuttgart, Germany ; Conte, G. ; Esteve, D. ; Weisglas, P. Integrated Electronics for Automotive Applications in the EUREKA Program PROMETHEUS; Solid-State Circuits Conference, 1990. ESSCIRC '90. Sixteenth European (Volume:2 ). Septembre 1990.
85. [http://cordis.europa.eu/telematics/tap\\_transport/research/16.html](http://cordis.europa.eu/telematics/tap_transport/research/16.html)
86. Richard H. Williams, European Union Spatial Policy and Planning, London 1996.
87. Diebold Institute for Public Policy Studies; Information-Based Infrastructure Project. Transportation infostructures : the development of intelligent transportation systems. Westport, Conn. : Praeger, 1995.
88. Lino Figuieredo, Isabel Jesus, J.A. Tenreiro Machado, José Rui Ferreira, J.L. Martins de Carvalho ; Towards the development of intelligent transportation systems, columbus 1984
89. Tsugawa, S. ; Mech. Eng. Lab., AIST, MITI, Ibaraki, Japan ; Saito, T. ; Hosaka, A. Super smart vehicle system: AVCS related systems for the future, Proceedings of the Intelligent Vehicles '92 Symposium (Cat. No.92TH0468-9), July 1992.
90. Igor Paromtchik and Christian Laugier; The Advanced Safety Vehicle Programme;

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.5579&rep=rep1&type=pdf>.
91. <http://www.utms.or.jp/english/>
92. Sofia Zaidenberg; Apprentissage par renforcement de modèles de contexte pour l'informatique ambiante. Université Grenoble INP ; le 16 octobre 2009
93. G. Fischer. Articulating the task at hand and making information relevant to it. Hum.-Comput. Interact., 2001.
94. Sétra, Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements ; Définition des ITS Journée technique du 10 Décembre 2009, France, décembre 2009.
95. <http://www.mto.gov.on.ca/french/traveller/trip/compass-ftms.shtml>
96. <http://misbtcd.org/fasttrac-in-southeast-michigan/>
97. <https://www.pikepass.com/>
98. [http://www.itstunisie.tn/index.php?option=com\\_content&task=view&id=265&Itemid=177](http://www.itstunisie.tn/index.php?option=com_content&task=view&id=265&Itemid=177)
99. René JACOBS, Systèmes de transport intelligents : Une tentative de synthèse ; Centre de recherches routières; Bruxelles 2006.
100. [http://www.carsp.ca/hitech/hitech\\_pretensioners\\_f.htm](http://www.carsp.ca/hitech/hitech_pretensioners_f.htm)
101. CALVARY Gaëlle, DELOT Thierry, SÈDES Florence, TIGLI Jean-Yves, « Informatique et intelligence ambiante : Des capteurs aux applications » ; Traité IC2, série Informatique et Systèmes d'Information, juillet 2007 en France
102. Thierry Delot, Nicolas Cenerario, Sergio Ilarri, "Vehicular event sharing with a mobile peer-to-peer architecture", Transportation Research Part C: Emerging Technologies Volume 18, Issue 4, August 2010
103. Aurélien Bocquet, Christophe Gransart, « Projet RouVéCom: identification de suivi véhicules grâce au SIG », INRETS- LEOST
104. MAAF Prévention et Sécurité, « La vitesse - prévention » Réf. 1620 - Source : Association Aquitaine Sécurité Routière - 09/06, France 2006.
105. Organisation Mondiale de Santé « rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde : il est temps d'agir », ISBN 978 92 4 256384 9, Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2009.

106. Wassila Benhamed « CNPSR : un bilan alarmant » Journée d'étude sur les accidents de la circulation : 4447 morts en 2012, Journal el Modjahid PUBLIE LE : 26-02-2013
107. « Sécurité routière –Vitesse » Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation, OMS 2004.
108. B.Karthikeyan, M. Tamileniyan Dynamic Data update for Intelligent Speed Adaptation (ISA) System International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 11– No.1, December 2010
109. Speed management through vehicle measures/ Intelligent Transport Systems Oliver Carsten, Institute for Transport Studies, University of Leeds
110. Intelligent Speed Assistance -Myths and Reality ETSC position on ISA ISBN-NUMBER: 90-76024-23-5
111. Paine M, Paine D, Griffiths M, Germanos G “in-vehicle intelligent speed advisory systems” Smart Car Technologies Australia, Paper Number 07-0247.
112. Regan M, Triggs T, Young K, Tomasevic N, Mitsopoulos E, Stephan K and Tingvall C "On-road Evaluation of ISA, Following Distance Warning and Seat Belt Reminder Systems: Final Results of the TAC Safecar Project", Monash University Accident Research Centre, September 2006.
113. Jacques Ehrlich « LAVIA : le projet français de limiteur de vitesse adaptif » 2004.
114. Joshué Pérez \*, Fernando Seco, Vicente Milanés, Antonio Jiménez, Julio C. Díaz and Teresa de Pedro « An RFID-Based Intelligent Vehicle Speed Controller Using Active Traffic Signals » Sensors 2010, 10, 5872-5887, ISSN 1424-8220.
115. J. C. Augusto and P. McCullah. « Ambient intelligence : Concepts and applications ». International Journal on Computer Science and Information Systems, 4(1):1-28, 2007.
116. Kao W. "Integration of GPS and DeadReckoning Navigation Systems", SAE Paper 912808, 1991.
117. CEA, I-Logix, Uppsala, OFFIS, PSA, MECEL, ICOM, “Methodology for developing real time embedded systems”, Project IST 10069 AIT-WOODDES, février 2001.
118. Sébastien Gérard, Arnaud Cuccuru and Frédéric Loiret, “Accord-UML: a methodological approach for model based development and validation of RT/E

## BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

- systems”, Artist2 workshop: MoCC - Models of Computation and Communication, November 16-17, 2006
119. F. Terrier, G. Fouquier, D. Bras, L. Rioux, P. Vanuxeem, and A. Lanusse, “A Real Time Object Model,” presented at TOOLS Europe'96, Paris, France, 96b.
  120. Ken Arnold, James Gosling et David Holmes, Le Langage Java, 2001 (ISBN 978-2-7117-8671-8)
  121. Daniel Liang, « NetBeans Tutorial for Introduction To Java Progtamming», 2012.