

# *Mémoire de Fin d'Etudes*

## *Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique*

Présenté par :  
**BENMOHRA WALID**

**Domaine : Mathématiques & Informatique**  
**Spécialité :RSD.**

Session Juin 2019

### **THEME**

***Réalisation d'un système de signalisation en ligne des accidents  
routiers dans le contexte de l'IoT***

Encadré par : Pr KECHAR Bouabdellah

Co-encadré par : Dr Dahane Amine

### **Jury**

Président : Pr Belalem

Examineur : Pr Kaddour

CodeMaster : D06/2019

## *Remerciement*

Le remerciement à dieu tout puissant qui m'a permis de réaliser ce travail avec succès, comme je tiens à témoigner ma reconnaissance en premier lieu à **Monsieur KECHAR Bouabdellah** professeur à l'université d'Oran 1, vu ses facultés intellectuelles élevées m'a apporté un soutien considérable pour la réussite de ce projet, sans oublier l'apport bénéfique à mon travail de **Monsieur Dahane Amine**, CO-encadreur .

Comme je présente tous mes respects et salutations aux membres de jury

**Monsieur Pr Belalem** et **Monsieur Pr Kaddour**.

## Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire consiste à concevoir, implémenter et tester expérimentalement un système de détection et de notification des accidents de véhicules, appelé (SDNA). La conception de ce système passe par trois phases : i) phase d'acquisition des données collectées à l'aide de capteurs spécifiques ; ii) phase de détection en employant des algorithmes efficaces et performants ; et iii) phase de notification de l'accident, sous forme de message SMS.

Ce système a été implémenté et testé selon Certains scénarios. Les résultats préliminaires sont concluant.

**Mots clés : RCSF, IoT, Transport intelligent, Signalisation en ligne, expérimentation, traitement de données.**

## Abstract

The work presented in this thesis consists in designing, implementing and testing experimentally a system of detection and notification of vehicle accidents, called (SDNA). The design of this system goes through three phases: i) acquisition phase of data collected using specific sensors; ii) detection phase using efficient and effective algorithms; and iii) notification phase of the accident, as an SMS message.

This system has been implemented and tested according to some scenarios. Preliminary results are conclusive

**Key words : WSN,Iot, Intelligent transport, Online signalisation, experimentation, data processing.**

# Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 .....	3
Réseaux de capteurs sans fil et systèmes automatisés de détection des accidents.....	3
1.1 Introduction.....	4
1.2 Réseau de capteurs sans fil (RCSF) .....	4
1.2.1 Définition d'un RCSF .....	4
1.2.2 Le nœud capteur : .....	4
1.2.3 Architecture du RCSF :.....	6
1.2.4 Différents facteurs de conception.....	7
1.2.5 Pile protocolaire .....	8
1.2.6 Les standards.....	10
1.2.7 Applications des réseaux de capteurs sans fil .....	11
1.3 Système de détection d'accident .....	12
1.3.1 Les accidents de la route .....	12
1.3.2 Systèmes de transport intelligents.....	14
1.3.3 Réseau Ad-Hoc de véhicules (VANet).....	15
1.3.4 Système de détection d'accident : état de l'art .....	16
1.4 Conclusion .....	21
Chapitre 2 .....	22
Conception du Système de Détection et de Notification des Accidents (SDNA) .....	22
2.1 Introduction.....	23
2.2 L'objectif du projet .....	23
2.3 Description du Système SDNA.....	23
2.4 Le diagramme de séquence du Système SDNA.....	24
2.5 Organigramme de fonctionnement du système SDNA .....	25
2.6 Les étapes du système SDNA .....	26
2.6.1 Hypothèse sur le temps d'échantillonnage.....	26
2.6.2 Etape de détection .....	26
2.6.4 Notification.....	29
2.7 Description pratique du système SDNA .....	29
2.8 Conclusion .....	30
Chapitre 3 .....	31
Réalisation du Système de Détection et de Notification des Accidents (SDNA) .....	31

3.1 Introduction.....	32
3.2 Environnements et Matériel.....	32
3.2.1 Environnements de développement.....	32
3.2.2 Matériel utilisé .....	33
3.3 Implémentation.....	37
3.4 Structure générale du système SDNA .....	39
3.5 Expérimentation et résultats.....	40
3.5.1 Les Expérimentations .....	40
3.3.2 Résultat de l'expérience .....	45
3.6 Conclusion .....	46
Conclusion générale et Perspectives.....	47
Bibliographie.....	49

# Liste des figures

Figure 1. 1 L'architecture d'un nœud capteur [2] .....	6
Figure 1. 2 Architecture du RCSF [2] .....	7
Figure 1. 3 Pile protocolaire du RCSF [2].....	10
Figure 1. 4 statistique sur les Accidents routier [5].....	12
Figure 1. 5 Histogramme des décès [7] .....	13
Figure 1. 6 Système de détection et signalisation.....	16
Figure 1. 7 Classification des systèmes automatisés de gestion des accidents de véhicules .....	20
Figure 2. 1 Description du Système SDNA sous forme de blocs fonctionnels .....	23
Figure 2. 2 Diagramme de séquence des principales tâches du système SDNA .....	24
Figure 2. 3 Organigramme de fonctionnement du système.....	25
Figure 2. 4 Principe de rotation des axes.....	27
Figure 2. 5 filtre complémentaire .....	28
Figure 2. 6 Schéma électrique du système SDNA .....	30
Figure 3. 1 Arduino IDE.....	33
Figure 3. 2 Carte Arduino Uno.....	34
Figure 3. 3 GSM M10 .....	34
Figure 3. 4 Capteur de flamme .....	35
Figure 3. 5 GPS Neo6M .....	36
Figure 3. 6 MPU6050 .....	36
Figure 3. 7 Prototype .....	40
Figure 3. 8 Renversement à gauche du voiture sans flamme ( scénario 1 ) .....	41
Figure 3. 9 Message SMS du Scénario 1.....	41
Figure 3. 10 Renversement à droite avec flamme ( scénario 2 ) .....	42
Figure 3. 11 Message SMS du Scénario 2.....	42
Figure 3. 12 Renversement à gauche avec flamme ( scénario 3 ) .....	43
Figure 3. 13 Message SMS du Scénario 3.....	43
Figure 3. 14 Pas de collision ou renversement ( scénario 4 ) .....	44
Figure 3. 15 Exécution du code.....	44
Figure 3. 16 Position du test ( Google maps ) .....	45

# Liste des tableaux

Tableau 1. 1 Pile protocolaire.....	9
Tableau 1. 2 Tableau comparatif des systèmes automatisés dédiés à la gestion des accidents de véhicules.....	19
Tableau 2. 1 rôle de chaque module fonctionnel du système SDNA .....	24

# Introduction générale

**Contexte :** En 2004, les accidents de la route occupaient la neuvième place dans la liste relative aux principales causes de décès dans le monde selon le rapport édité par l'OMS (Organisation Mondiale de la santé) [A]. Dans ce même rapport, L'OMS prédit que les accidents de la route deviendront la cinquième cause de décès d'ici 2030. Ceci incite les pouvoirs publics de chaque pays à prendre au sérieux ce problème sociétal et économique en vue de proposer des solutions scientifiques efficaces et durables. Ainsi, mener des recherches scientifiques dans ce domaine est plus que nécessaire que ce soit au niveau de la prévention de ces accidents ou pour favoriser leur détection et leur notification en temps acceptable aux services d'interventions dans la perspective de sauver des vies humaines. Dans ce mémoire, nous nous intéressons aux solutions technologiques dédiées à la détection et à la notification des accidents en mettant en œuvre plusieurs technologies à la fois : technologie des capteurs, technologie de localisation (GPS) et technologies de communications sans fil (GSM/GPRS/3G).

**Problématique :** Une des mesures préconisées pour réduire le nombre de décès causés par les accidents de la route, consiste à concevoir et intégrer des systèmes automatisés de détection et de notifications de ces accidents et de réduire au maximum le temps entre l'occurrence d'un accident et l'instant où les services d'intervention d'urgence arrivent sur le lieu de cet accident. Bien qu'ils existent des systèmes de détection et de notification proposés de nos jours par certains constructeurs automobiles, ces systèmes présentent malheureusement quelques inconvénients majeurs constatés en pratique et qui limitent leur déploiement à grande échelle :

- Ils sont livrés en général qu'avec des véhicules de luxe, ainsi le prix initial est souvent très cher.
- La maintenance de ces systèmes est souvent complexe vu qu'ils sont propriétaires.
- Ces systèmes exigent le passage par un opérateur télécom pour notifier un accident, ce qui limite le choix des services d'intervention concernés (police, ambulance, membres de la famille, l'hôpital, service de pompiers, ....).

**Objectif :** Pour remédier à ces limitations majeures, il est nécessaire de concevoir, implémenter et tester expérimentalement un système de détection et de notification d'accidents (SDNA) de véhicules qui possède les caractéristiques suivantes :



- Le SDNA doit être moins cher en optant pour des technologies disponibles et très accessibles sur le marché.
- Le SDNA doit être ouvert et indépendant de l'opérateur (prévoir pour les notifications plusieurs accès vers les services d'intervention concernés).
- Le SDNA doit être performant : le temps entre l'instant d'occurrence de l'évènement d'accident et l'instant de notifications des services d'interventions concernés doit être le moins possible.
- Le SDNA doit être fiable au sens où il faut diminuer au maximum la probabilité des faux positifs (cad fausses notifications).

**Contribution :** Notre contribution principale dans ce mémoire consiste à concevoir, implémenter et tester expérimentalement un système de détection et de notification des accidents de véhicules. Cette contribution passe par trois phases : i) phase d'acquisition des données collectées à l'aide de capteurs tels que l'accéléromètre, le gyroscope, capteur de flamme ou de vibration, GPS ; ii) phase de détection en employant des algorithmes efficaces et performants ; et iii) phase de notification de l'accident, sous forme de message SMS précisant notamment le lieu de l'accident et les informations sur le conducteur et son véhicule, aux services d'interventions concernés à l'aide d'une technologie de communication sans fil qui est en générale GSM/GPRS.

### **Organisation du mémoire :**

Après l'introduction générale, ce mémoire est organisé en trois chapitres.

**Le chapitre 1** présente un état de l'art sur les deux domaines sur lesquels reposent notre travail, à savoir les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) et les systèmes automatisés de détection d'accidents.

**Le chapitre 2** détaille la conception du système SDNA en fournissant les modèles et diagrammes développés ainsi que l'organigramme décrivant les principales étapes de son fonctionnement.

**Le Chapitre 3** évoque la partie implémentation et la réalisation pratique du système SDNA, en fournissant les choix technologiques sur les plans matériel et le logiciel. Quelques résultats pratiques de test de ce système sont présentés à la fin de ce chapitre.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale et quelques travaux en perspective.

## **Chapitre 1**

# **Réseaux de capteurs sans fil et systèmes automatisés de détection des accidents**

## **1.1 Introduction**

La technologie des réseaux de capteurs sans fil (RCSF) est née par couplage des domaines suivants : la micro-électromécanique, l'électronique digitale, la technologie sans fil et les techniques de programmations avancées. Les RCSF ont suscités beaucoup d'intérêt pour les académiciens et les industriels durant les dernières décennies par leur capacité d'utilisation à grande échelle dans plusieurs domaines : l'environnement, la médecine, domaine militaire, l'agriculture de précision et le transport. Ces dernières années, plusieurs systèmes automatisés de détection des accidents ont vu le jour et sont construits autour des capteurs intelligents.

Ce chapitre présente un état de l'art concis sur les RCSF et les systèmes automatisés dédiés à la détection des accidents, sur lesquels repose notre contribution dans ce mémoire.

## **1.2 Réseau de capteurs sans fil (RCSF)**

### **1.2.1 Définition d'un RCSF**

Un réseau de capteurs sans fil (WSN) (Akyildiz et al., 2002) est un système distribué de grande échelle mettant en communication un grand nombre d'entités autonomes communément appelées « capteurs sans fil » [1].

Les nœuds capteurs ont pour rôle de collecter, enregistrer et envoyer les données en utilisant une communication sans fil pour acheminer ces données captées avec un routage multi-sauts vers un nœud collecteur (sink) qui va les transmettre via internet ou satellite à l'utilisateur final ou centre de traitement de données.

Le RCSF révolutionne les différents domaines (santé, sécurité et agriculture ect..), afin que nous puissions effectuer une évaluation et un suivi à distance et nous aider à mettre en œuvre les mesures appropriées.

### **1.2.2 Le nœud capteur :**

Le nœud capteur a connu une poussée technologique des instruments de mesure, il est composé de plusieurs éléments ou modules correspondant chacun à une tâche particulière d'acquisition, de traitement ou de transmission des données, l'architecture d'un nœud capteur est représentée par figure 1.1.

## **Unité de Captage :**

Composée de deux sous-unités :

- Unité d'acquisition: détection des mesures désirées ou des phénomènes observés par un capteur
- Unité de traitement des signaux : le capteur apporte des signaux analogiques au convertisseur qui les transforme en signaux numériques

## **Unité de calcul :**

Cette unité analyse les données captées afin d'alléger la tâche du nœud et exécute les protocoles de communications avec les autres nœuds du réseau.

Elle fournit donc aux capteurs la capacité d'exécuter des calculs sur les données et les conserver selon un scénario programme.

Elle est composée d'une mémoire (unité de stockage) et d'un processeur (unité de calcul) permettant ainsi d'effectuer des calculs simples

## **Unité de Transmission :**

Cette unité permet la connexion à un réseau sans fil (émission & réception), donc responsable du transfert des données, comme elle consomme le plus d'énergie par rapport aux précédentes unités, car la quantité d'énergie nécessaire à la transmission augmente avec la distance

## **Unité d'énergie :**

Les capteurs sont souvent utilisés dans des zones ou des lieux isolés des sources d'énergie.

Par conséquent, les batteries sont utilisées pour distribuer l'alimentation sur les capteurs de base et les périphériques réseau, afin d'économiser l'énergie l'unité passe en mode actif et mode veille.

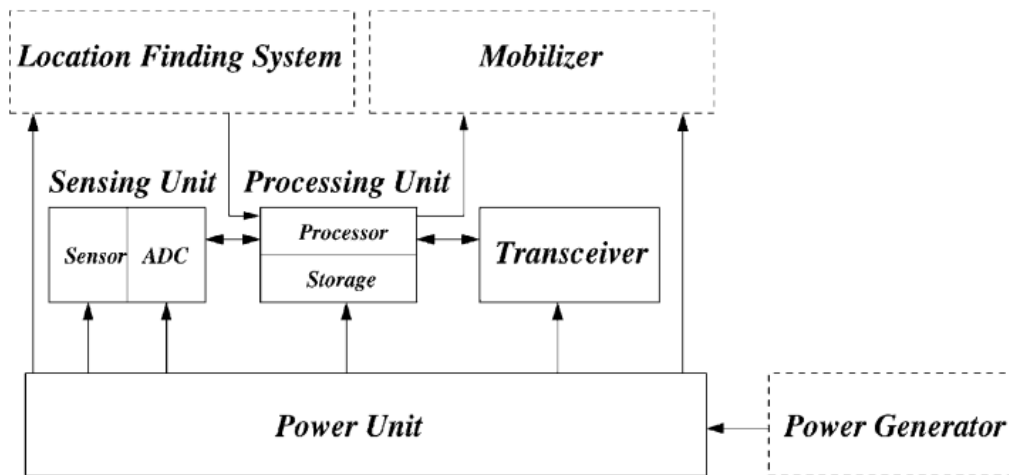


Figure 1.1 L'architecture d'un nœud capteur [2]

### 1.2.3 Architecture du RCSF :

Les réseaux de capteurs sans fil sont constitués de plusieurs nœuds, toutes les données prises par ces nœuds sont envoyées au sink et transféré au centre de traitement des données via Internet ou par satellite.

#### Sink :

Un nœud puits est un nœud régulier doté d'un convertisseur série connecté à une seconde unité de communication (GPRS, Wi-Fi, WiMax, etc) .

Le deuxième module de communication assure la transmission des données du nœud capteur à l'utilisateur final via Internet ou via le satellite.

#### Nœud :

Est un capteurs doté d'une unité de transmission et d'une unité d'acquisition ou de détection.

#### Centre de traitement de données :

Ce centre reçoit les données envoyées par les nœuds via le sink et effectuera le travail pour lequel ces données ont été collectées.

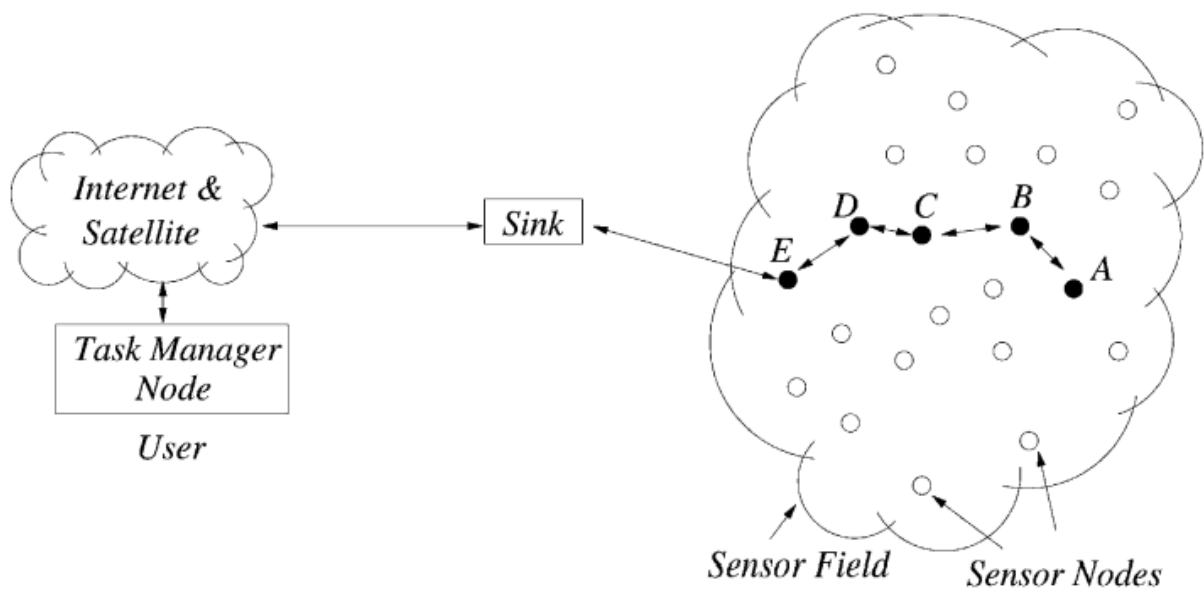


Figure 1. 2 Architecture du RCSF [2]

### 1.2.4 Différents facteurs de conception

Les réseaux de capteurs dans leurs conceptions de protocoles ou d'algorithmes basés par de nombreux facteurs comme la tolérance aux pannes, la consommation d'énergie, l'environnement ou la topologie du réseau.

#### Tolérance aux pannes :

Les nœuds peuvent être sujets à des pannes dues à leur fabrication (capteur défectueux) ou des interactions externes (chocs, interférences) ou plus fréquemment à un manque d'énergie

Afin que les pannes n'affectent pas la tâche première du réseau, il faut évaluer la capacité du réseau à fonctionner sans interruption.

#### L'échelle :

Un grand nombre de nœud entraîne assez de transmissions inter nodales et nécessite que le Sink soit équipé de beaucoup de mémoire pour stocker les informations reçues car ce nombre de nœud déployés peut atteindre le million.

## **Consommation d'énergie :**

Pour un fonctionnement optimal des capteurs, une économie d'énergie au maximum est nécessaire, car la recharge des sources d'énergie est souvent trop coûteuse et parfois impossible ceci est considéré comme une des problématiques majeures dans les réseaux des capteurs.

En effet, les réseaux de capteurs fonctionnant selon un mode de routage par saut, chaque nœud du réseau joue un rôle important dans la transmission de données.

Le mauvais fonctionnement d'un nœud implique un changement dans la topologie et impose une réorganisation du réseau.

## **Coût de production :**

Comme les WSN consistent en un grand nombre de nœuds capteurs, le coût d'un seul capteur est très important pour définir le coût total de son réseau. Si ce dernier est plus cher que le déploiement d'un ensemble de capteurs ordinaires, alors le coût du WSN n'est pas justifié. L'état de l'art définit le coût d'un réseau Bluetooth à 10\$, et un nœud capteur à 1\$ [2].

## **Topologie du réseau :**

Une maintenance efficace de la topologie pour déployer un grand nombre de nœud nécessite trois phases :

- Déploiement : Les nœuds sont soit répartis de manière prédéfinie soit de manière aléatoire. Il faut alors que ceux-ci s'organisent de manière autonome.
- Post-déploiement : la topologie du réseau peut être soumise à des changements dus à des modifications de la position des nœuds ou bien à des pannes.
- Redéploiement : mise à jour de la topologie lorsqu'il y a un nouveau capteur dans le réseau. [2]

### **1.2.5 Pile protocolaire**

La pile protocolaire destinée aux RCSF n'est pas standardisée, mais la majorité des articles scientifiques qui traitent la thématique des RCSF se basent sur la pile protocolaire qui a été proposée par Akyildiz .

L'objectif de ce modèle est d'unifier la communication entre composant réseau permettant à différents fabricants de développer des produits, La pile de protocole comprend le modèle OSI, un plan de gestion d'énergie, un plan de gestion de mobilité et un plan de gestion des tâches.

Le protocole MAC doit tenir compte de la consommation d'énergie et doit être en mesure de réduire les collisions entre les nœuds voisins lors d'une diffusion.

<i><b>Couche physique</b></i>	Modulation, contrôle de puissance, codage, Filtrage, circuits RF
<i><b>Couche liaison</b></i>	Méthode d'accès au canal, contrôle de puissance, retransmission
<i><b>Couche réseau</b></i>	Routage, Découverte du voisin, allocation de ressources
<i><b>Couche transport</b></i>	Contrôle de flux, retransmission
<i><b>Couche application</b></i>	Codage, collecte, agrégation, compression.

*Tableau 1. 1 Pile protocolaire*

**Plan de gestion d'énergie :** contrôle l'utilisation de la batterie.

Après la réception d'un message, le capteur éteint son récepteur afin d'éviter la duplication des messages déjà reçus. En outre, si le niveau d'énergie devient bas, le nœud diffuse à ses voisins une alerte les informant qu'il ne peut pas participer au routage. L'énergie restante est réservée au captage.

**Plan de gestion de mobilité :** détecte et enregistre le mouvement du nœud capteur. Ainsi, un retour arrière vers l'utilisateur est toujours maintenu et le nœud peut garder trace de ses nœuds voisins. En déterminant leurs voisins, les nœuds capteurs peuvent balancer l'utilisation de leur énergie et la réalisation de tâche.

**Plan de gestion de tâche :** balance et ordonnance les différentes tâches de captage de données dans une région spécifique. Il n'est pas nécessaire que tous les nœuds de cette région effectuent la tâche de captage au même temps ; certains nœuds exécutent cette tâche plus que d'autres selon leur niveau de batterie.



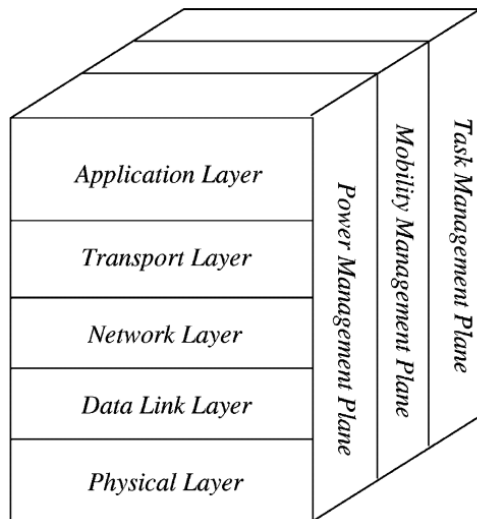


Figure 1. 3 Pile protocolaire du RCSF [2]

## 1.2.6 Les standards

Le protocole de communication 802.15.4 défini par l'IEEE est conçu aux réseaux sans fil de la famille des WPAN du fait de leur faible portée, en énergie et en débit des dispositifs utilisant ce protocole.

La norme spécifie les deux couches les plus basses de la pile protocolaire à savoir : La couche physique (PHY) et la couche de contrôle d'accès au médium, les réseaux de capteurs sans fils basés sur le modèle OSI. Les couches supérieures et les sous-couches d'interopérabilité de la pile de protocolaire sont définies séparément par d'autres architectures telles que 6LoWPAN, ZigBee.

### Caractéristique : 802.15.4

La couche MAC IEEE 802.15.4 :

- Utilise deux modes d'adressage IEEE 64-bit & 16-bit
- Accès canal CSMA-CA
- Utilise une structure de trame simple
- Permet d'utiliser le mécanisme de beaconing : réveil périodique, vérification de l'arrivée d'un beacon.
- Economise l'énergie à travers la mise en veille entre deux beacons, et les nœuds ne devant pas router ou recevoir les données aléatoirement peuvent se mettre en veille.

- Assure une transmission fiable de données
- Offre une sécurité AES-128 ( algorithme de chiffrement symétrique.)

## **ZigBee :**

ZigBee est un protocole de haut niveau permettant la communication d'équipements personnels à faible consommation et faible portée .il est basé sur la norme IEEE 802.15.4 pour les réseaux WPAN.

## **Caractéristique :**

Les objectifs visés par ZigBee peuvent être résumés dans les points suivants [3] :

- Usage sans restrictions géographiques
- Pénétration à travers les murs et plafonds Installation automatique/semi-automatique Possibilité de rajouter/retirer des dispositifs Coût avantageux
- Débit : 10kbps-115.2kbps
- Portée radio : 10-75m
- Jusqu'à 65k nœuds par réseau
- Jusqu'à 100 réseaux co-localisés
- Jusqu'à 2 ans de durée de vie de batterie standards Alkaline.

## **1.2.7 Applications des réseaux de capteurs sans fil**

### **Les domaines urbains et domotique :**

Les capteurs entrent de plus en plus dans nos vies quotidiennes. Dans le milieu urbain, les capteurs sont déjà utilisés pour la localisation des bus, pour des tickets électroniques et pour la sécurité. Une des applications est la surveillance du trafic routier avec les réseaux de capteurs déployés sur les autoroutes [4].

### **L'industrie et le commerce :**

Dans la fabrication industrielle, des capteurs et des actionneurs sont utilisés pour les processus de suivi et de contrôle, les informations de cette surveillance en temps réel peuvent être utilisées pour diversifier les processus de contrôle, tels que l'ajustement des quantités d'un ingrédient particulier ou encore pour modifier les paramètres de chaleur, le principal avantage de la création des réseaux de capteurs sans fil dans ces milieux est qu'ils peuvent améliorer de manière significative à la fois le coût et la souplesse inhérente à l'installation.

## Le domaine militaire :

Les applications militaires ont été les locomotives de la recherche pour les réseaux de capteurs. Pour les militaires, un réseau de capteurs offre des avantages très précieux. Il s'agit d'un réseau qui s'installe rapidement, dynamiquement et sans aucune infrastructure. Ainsi, il offre un atout de taille pour surveiller les mouvements de l'ennemi, communiquer à bas coût entre les unités avec une logistique peu compliquée.

## 1.3 Système de détection d'accident

### 1.3.1 Les accidents de la route

Considérés actuellement comme une cause principale de décès dans le monde, toutes tranches d'âges confondues, les accidents de la route entraînent chaque année la perte de plus de 1,2 million de vies et causent des blessures non mortelles pouvant toucher jusqu'à 50 millions de personnes dans le monde. [5]

Pour cette raison, de nombreux développeurs et fabricants ont mis au point de nombreuses méthodes utilisant une technologie offrant une meilleure protection aux utilisateurs de véhicules afin de réduire les accidents de la route et leurs conséquences.

#### 1.3.1.1 Statistiques des accidents de la route

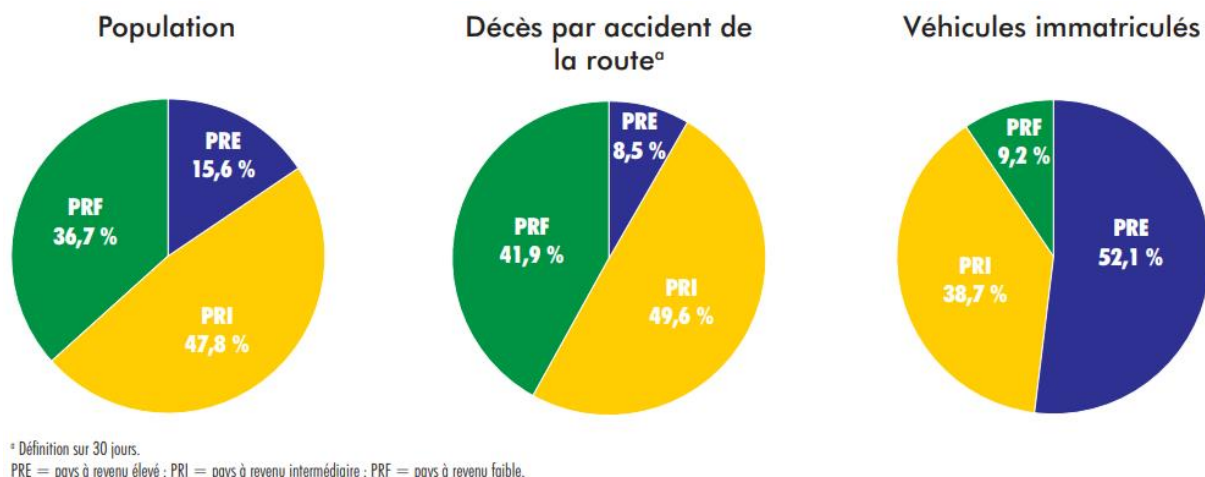
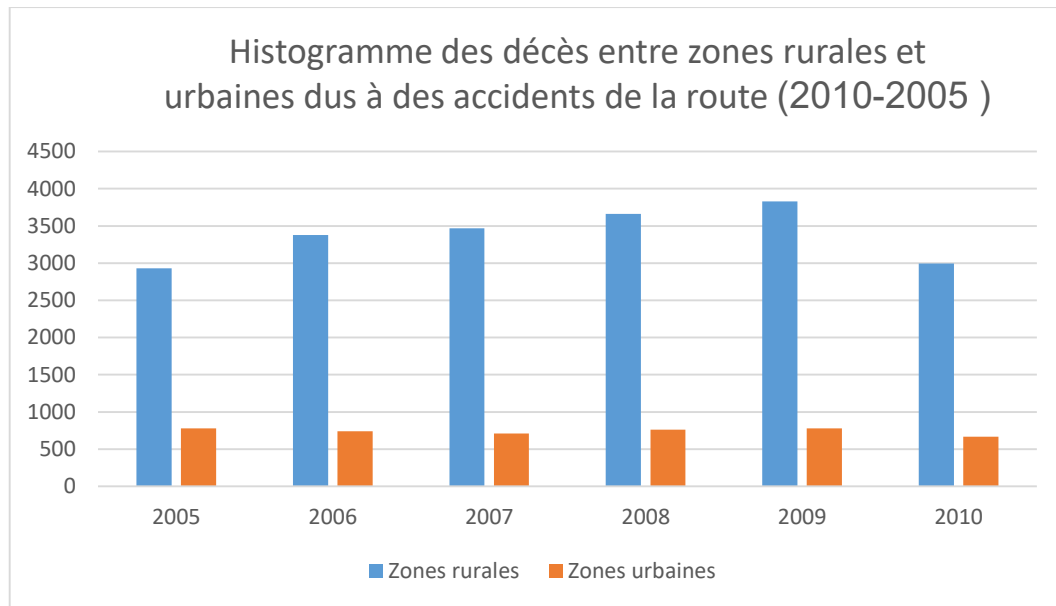


Figure 1. 4 statistique sur les Accidents routier [5]

On note d'après ces statistiques que le nombre de décès par accident dans les pays à revenu faible et intermédiaire sont très élevés, bien que le nombre de voitures immatriculées ait été réduit par rapport aux pays à revenu élevé, en raison de la faible utilisation de la technologie et des moyens modernes.

Ainsi, plus de 90% des accidents mortels sur les routes dans le monde ont lieu dans des pays à revenu faible ou intermédiaire, qui ne comptent que près de 48% des véhicules dans le monde.



*Figure 1. 5 Histogramme des décès [7]*

Lorsqu'on observe dans le graphique, on conclut que dans les zones rurales avec une petite population, le nombre de décès est élevé par rapport aux zones urbaines, en raison du manque de connaissance de l'existence d'un accident ou du manque de moyens pour découvrir le lieu de l'incident, cela encourage la mise en place d'un système de détection d'accident.

### **1.3.1.2 Survie après un accident**

Même si la prévention des accidents est première l'objectif de la sécurité routière, des accidents continuent de survenir et de prélever des vies dans tous les pays. Des soins d'urgence efficaces dispensés en temps voulu sont une composante, pour cette raison, des systèmes et des mécanismes doivent être développés pour aider les blessés rapidement.

Pour fournir les soins aux blessés, le facteur temps est vital, la moindre minute peut faire la différence entre la vie et la mort, alors nous pouvons aujourd'hui utiliser les nouvelles technologies pour assurer une réponse rapide et automatisée, sans intervention humaine pour

informer les services d'intervention d'urgence (ambulanciers, paramédicaux, police ) à d'un accident à soigner.

### **1.3.2 Systèmes de transport intelligents**

Les systèmes de transport intelligents (STI) représentent une combinaison d'information et de technologies de communication de pointe. Ils sont utilisés dans les systèmes de gestion du transport et de la circulation routière pour rehausser la sécurité, l'efficacité et la durabilité des réseaux de transport routier, pour réduire les engorgements et pour améliorer l'expérience de conduite [8].

Les STI permettent :

- L'intégration de la chaîne de transport et de la logistique (suivi des véhicules, des marchandises) du client jusque dans les dépôts logistiques
- La prise en compte de la multi-modalité et de l'intermodalité en assurant l'interopérabilité
- Le respect des réglementations imposant un suivi particulier (transport de matières dangereuses, produits pharmaceutiques, etc.).

Ces opportunités ne se concrétisent que si une stratégie claire est mise au point pour regrouper des systèmes et des services disparates, ainsi que des méthodes opérationnelles.

Parmi les applications de transport intelligent :

- **Gestion des urgences :**

La gestion d'urgence, en particulier en cas d'accident de la route, utilise au maximum des systèmes automatisés de recueil de l'information et des transmissions performantes. Les principaux enjeux sont la rapidité d'intervention, l'évitement d'accidents en chaîne et le rétablissement de la circulation.

- **Gestion du trafic :**

Le but de la gestion du trafic peut être de fluidifier les axes routiers, de favoriser la circulation des transports publics au détriment des usagers de la voiture particulière, d'encourager le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun.

- **Sécurité et confort dans les transports publics :**

Les STI sont utilisés dans les transports publics de voyageurs pour optimiser l'exploitation du réseau, pour améliorer le confort des usagers et leur sécurité.

- **Systèmes embarqués d'aide à la conduite :**

Les systèmes d'aide à la conduite sont un secteur en pleine mutation. La plupart des systèmes actuels présents en série dans les véhicules ont pour objectif de pallier aux défaillances du conducteur, et de plus en plus d'améliorer le confort et l'efficacité énergétique (appel d'urgence, assistance au freinage d'urgence, avertisseur d'obstacle et de collision, stabilisateur de trajectoires, aide à l'amélioration de la lisibilité, régulateur de vitesse, ...).

### **1.3.3 Réseau Ad-Hoc de véhicules (VANet)**

Utilisation de VANet aide à développer des systèmes de transport intelligents (ITS) , ce système permet de réaliser de nombreuses motivations telles que la sécurité, la mobilité, la productivité et la protection de l'environnement, les chercheurs et l'industrie automobile se sont intéressés aux VANet, où plusieurs applications de STI ont vu le jour non seulement pour des applications de sécurité, mais aussi pour des applications plus confortables pour les conducteurs et les passagers, par conséquent, de nombreuses applications sont proposées pour les VANet tels que l'alerte précoce et la prévention des accidents, la réduction de la congestion.

#### **Caractéristique du VANet :**

- Chaque véhicule (équipé) devient un nœud du réseau.
- La communication Véhicule à Véhicule (V2V).
- La norme WiFi : 802.11p.
- Trois catégories d'applications concernées :
  - la sécurité routière,
  - l'optimisation des systèmes de transports,
  - et les informations et divertissements.
- La communication inter-véhiculaires peut permettre de transmettre différents types d'informations.
- Des informations concernant les conditions de circulation peuvent être transmises en temps réel

### 1.3.4 Système de détection d'accident : état de l'art

Tous les systèmes de détection d'accident sont simples et pratiques pour détecter et localiser les accidents de la route en programmant un système contenant une mémoire contenant des données complexes et un détecteur de choc (en cas d'accident, la localisation est déterminée par le satellite). Envoyez les coordonnées et les informations relatives au véhicule au centre de protection civile ou aux centres concernés en raison des interférences causées par ces ondes par les ondes ou les communications cellulaires.

Au même moment où le centre reçoit des interférences de signal, les informations sont analysées et enregistrées, la localisation est déterminée via la carte et les équipes de réponse envoyées.

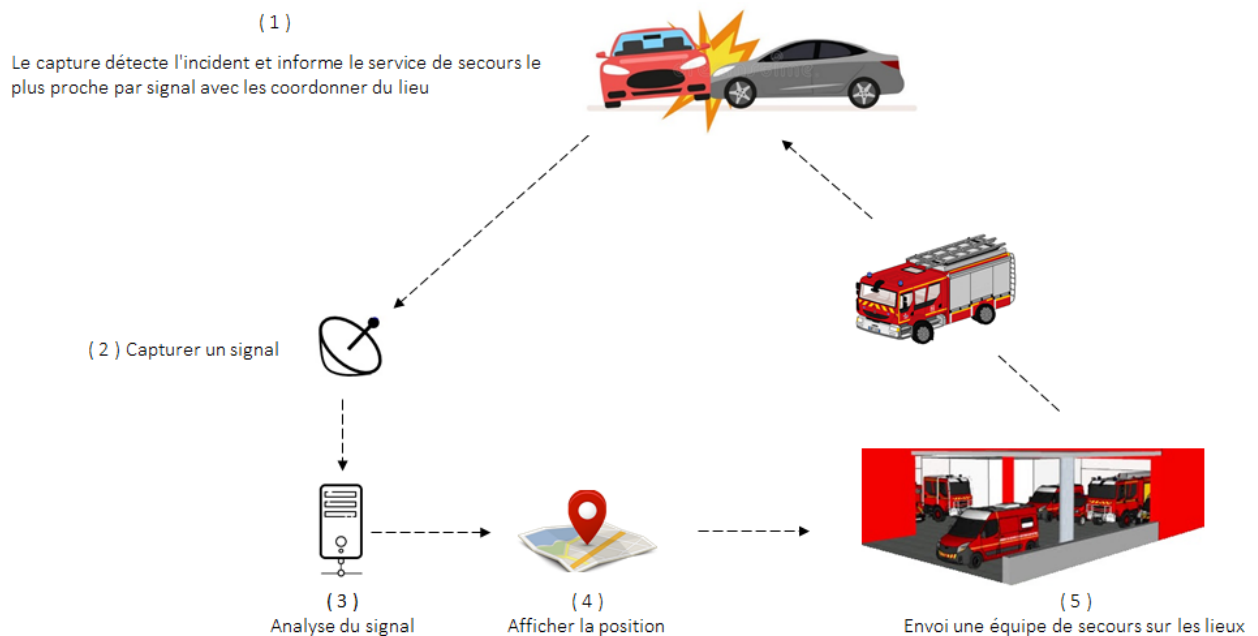


Figure 1. 6 Système de détection et signalisation

Ref	Année	Brève description	Type de capteurs utilisés	Technologie matérielle (CPU) choisie	Technologie de transmission employée	évaluation
[9]	2014	L'accéléromètre est utilisé pour détecter l'accélération. C'est le capteur principal utilisé pour détecter un accident. Une fois que l'accident est détecté, le capteur GPS calcule la position (coordonnées). Ensuite le modem GSM envoie les données et le numéro du véhicule à un numéro de mobile prédéfini.	Accéléromètre, GPS	Arm7 CPU (LR 2148)	GSM (messages SMS)	Expérimentation
[10]	2017	Le système détecte un accident du véhicule à l'aide de capteur de vibration et envoie un message via le module GSM. Le message est reçu par un autre	Capteur de vibrations SW18010P, GPS	Arduino UNO (ATmega328)	GSM (messages SMS)	Expérimentation
[11]	2017	C'est un système qui évite les accidents de la route, en particulier les conducteurs en état d'ivresse, dont les plus importants sont le contrôle des facteurs de fréquence cardiaque, Lorsque la fréquence du pouls change anormalement, le véhicule est arrêté du côté gauche de la route et un message est envoyé aux ambulances par l'unité GSM. Inclut les coordonnées de localisation du véhicule.	Capteur de détection d'alcool, Capteur de fréquence cardiaque et Capteur infrarouge, GPS	Arduino (ATmega 2560)	GSM (messages SMS)	Expérimentation
[12]	2018	Le système détecte un accident du véhicule et envoie un message via le module GSM. Le message est reçu par un autre	Capteur de vibration SW18010P, GPS	Arduino UNO (ATmega328P)	GSM (messages SMS)	Simulation



[13]	2018	Lorsqu'un accident de véhicule est détecté, l'unité GSM envoie un message texte aux ambulances et aux hôpitaux. Parallèlement, les informations relatives à l'accident de voiture sont enregistrées dans la base de données avec les coordonnées du site par GPRS. Ces informations sont publiées dans l'interface utilisateur de tous les bureaux d'ambulance et les informations sur la santé de la victime sont extraites de la base de données.	Accéléromètre ADXL335, capteur Piézoélectrique, GPS	Arduino UNO Rev3 (ATmega328AVR)	GSM / GPRS (messages SMS)	Expérimentation
[14]	2018	Lorsqu'un accident d'un véhicule est détecté, le système communique directement avec les services d'urgence et les membres de la famille (sans passer par un opérateur) via le cloud en fournissant les infos sur le degré de sévérité de l'accident, position GPS, ID du véhicule,...)	Accéléromètre ADXL345, GPS	Raspberry Pi-3	GSM (messages SMS)	Expérimentation
[15]	2014	Utilisation d'un Smartphone pour détecter et notifier un accident de voiture aux autorités concernées en utilisant des techniques de classification des formes (pattern classification)	Smartphone (qui embarque un capteur d'accéléromètre, GPS)	Celle du Smartphone	GSM (messages SMS)	Expérimentation
[16]	2015	Utilisation d'un Smartphone pour détecter et notifier un accident de voiture aux autorités concernées en considérant des accidents à vitesses élevées et à vitesses faibles. Le système notifie l'accident par transmission vidéo.	Smartphone (qui embarque un capteur d'accéléromètre, GPS, caméra)	Celle du Smartphone	3G	Expérimentation
[17]	2012	Détection des symptômes de fatigue du conducteur (taux d'alcool, accéléromètre, vitesse, clin d'œil, GPS, ...) et contrôle de la vitesse de véhicule. L'objectif du système conçu (non implémenté) est la prévention.	Capteurs pour mesurer: taux d'alcool, accéléromètre, vitesse, clin d'œil et GPS	Aucune	GSM (messages SMS)	Aucune

[18]	2016	Le système proposé passe par trois phases pour réaliser la détection d'un accident d'un véhicule et son renversement : une phase d'acquisition des données à l'aide des capteurs embarqués comme l'accéléromètre, le gyroscope et le GPS, une phase de filtrage et d'analyse des données et enfin une phase de notification à l'aide d'un module de communication sans fil (GSM).	Accéléromètre, gyroscope, GPS	ATmega32U4	GSM/GPRS	Expérimentation
------	------	---	-------------------------------	------------	----------	-----------------

Tableau 1. 2 Tableau comparatif des systèmes automatisés dédiés à la gestion des accidents de véhicules

Le tableau 1.3 résume certains systèmes automatisés dédiés à la prise en charge des accidents de véhicules, qui existent dans la littérature, dans les deux cas suivants :

- Cas où l'objectif est la prévention comme dans les travaux [11] et [17],
- Cas où l'objectif est la détection et la notification tels que les travaux [9] [10] [12] [13] [14] [15] [16] [18].

La figure 1.6 décrit une classification des systèmes automatisés de gestion des accidents de véhicules qui peuvent être classés en deux classes principales selon l'objectif de gestion : systèmes automatisés pour la prévention des accidents dont l'idée de base consiste à se focaliser sur la détection de symptômes de fatigue du conducteur, et les systèmes automatisés pour la détection et la notification des accidents. Cette deuxième classe est divisée selon deux approches : approche de détection et de notification basée sur les capteurs et une connectivité embarqués dans le véhicule, et approche de détection et de notification en employant les Smartphones équipés de capteurs et d'une connectivité suffisante.

Dans la première classe, nous distinguons les systèmes propriétaires dont les mécanismes de notification passent par un opérateur, et les systèmes non propriétaires développés à moindre coût à l'aide de technologies comme Arduino et Raspberry.

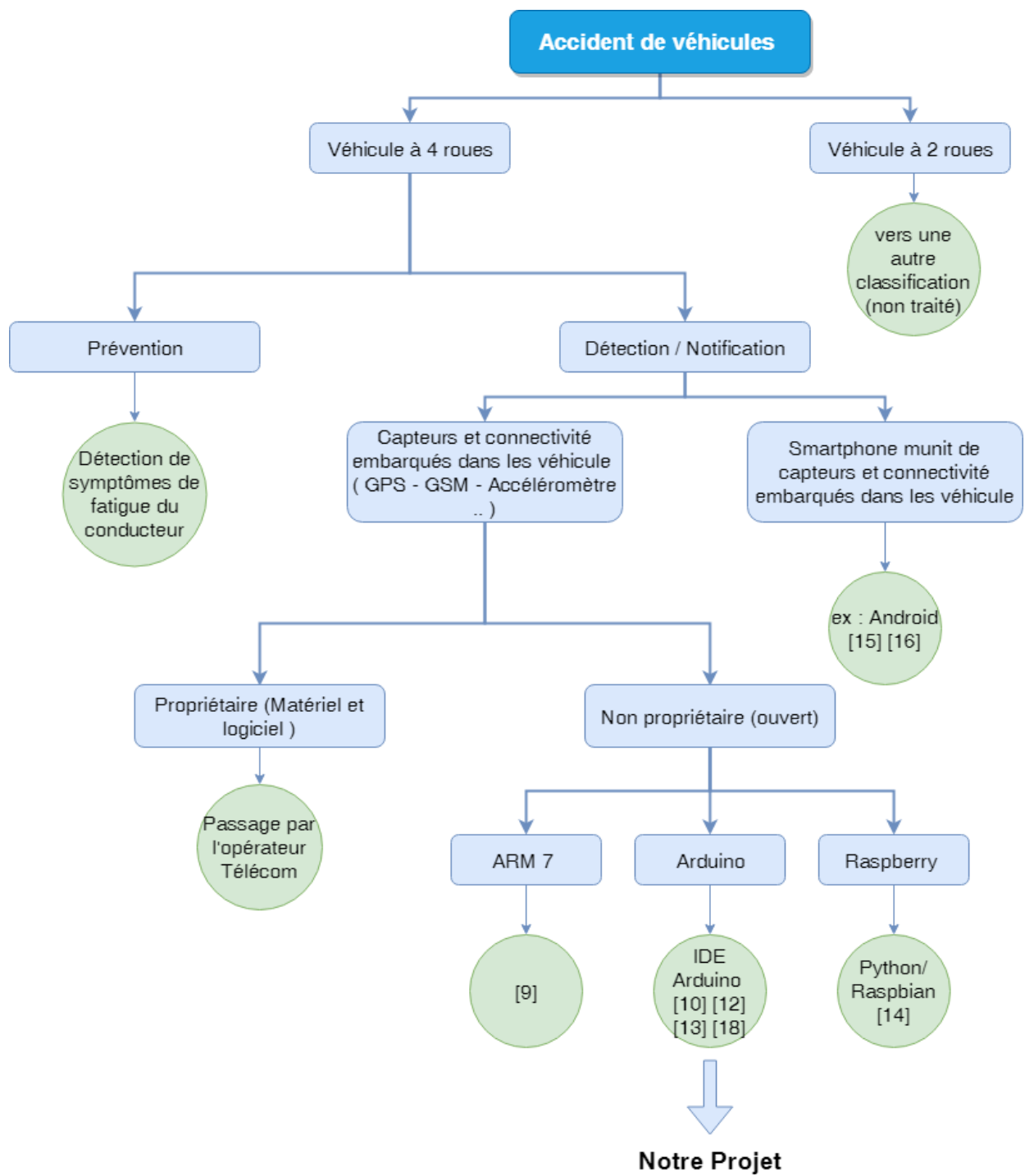


Figure 1. 7 Classification des systèmes automatisés de gestion des accidents de véhicules

## **1.4 Conclusion**

L'emploi des RCSF dans le domaine du transport routier a permis de mettre en œuvre des systèmes automatisés de détection des accidents de véhicules et a ouvert le champ d'investigation pour la conception et le développement de nouveaux systèmes plus performants. Ce chapitre a présenté un état de l'art sur les RCSF et ces systèmes automatisés de détection des accidents qu'on a pu consulter et étudier dans la littérature. Il nous a permis d'avoir connaissance des limites de ces systèmes conçus et les possibilités ouvertes de leur amélioration. Le travail présenté dans ce mémoire est une de ces améliorations dont la partie conception est détaillée dans le chapitre 2 et la partie réalisation et tests fera l'objet du chapitre 3.

## **Chapitre 2**

# **Conception du Système de Détection et de Notification des Accidents (SDNA)**

## 2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons détailler la partie conception dans laquelle on va représenter conceptuellement l'essentiel de ce travail en utilisant le diagramme de séquence du formalisme UML. Ensuite, on va donner l'organigramme du système de détection et de notification des accidents (SDNA) proposé, et on explique les différentes méthodes implémentées au niveau de système pour la détection et la notification, et on présente également la structure de systèmes globale. On termine ce chapitre avec une conclusion.

## 2.2 L'objectif du projet

L'objectif de ce projet est de concevoir et de mettre en œuvre un système de signalisation automatisé capable de signaler en temps réel la localisation des accidents aux autorités d'intervention, avec la précision de détection d'un accident. Nous avons appelé ce système : système de détection et de notification des accidents (SDNA). Ce dernier vise essentiellement à sauver des vies humaines (des victimes des accidents) en facilitant le travail des autorités compétentes à intervenir pour le plus rapidement possible dans le lieu d'un accident.

## 2.3 Description du Système SDNA

Dans ce projet le fonctionnement de système SDNA est basé sur les modules fonctionnels présentés dans le schéma de la figure 2.1. Le tableau 2.1 présente les différents modules et leurs fonctions dans le système.

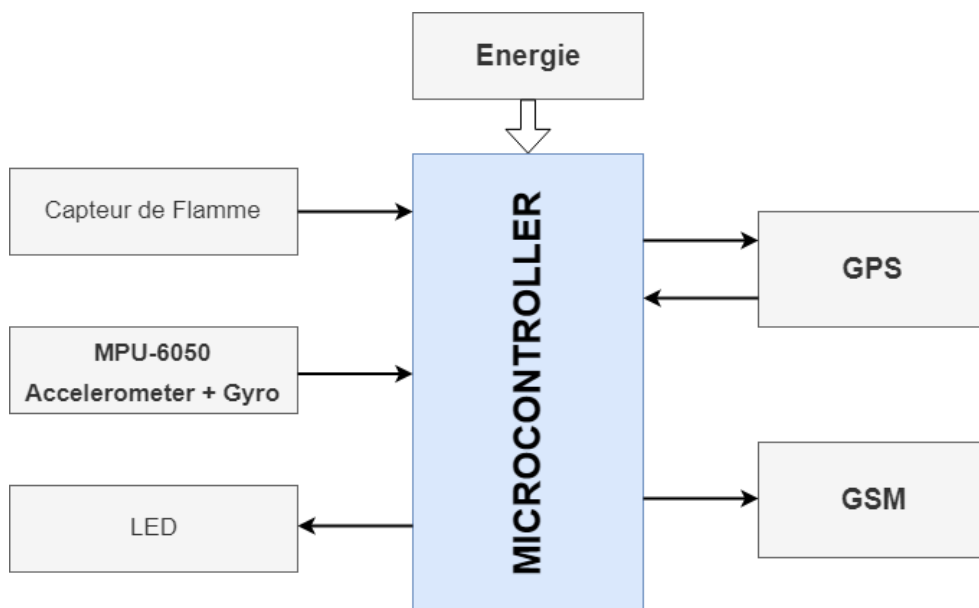


Figure 2. 1 Description du Système SDNA sous forme de blocs fonctionnels

### **Micro-Controller**

Un microcontrôleur est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires , unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties.

### **Capteur de flamme**

Détecte la flamme s'il est trouvé

### **MPU 6050**

Aide à identifier la force de la collision et nous permet de trouver l'angle du renversement dans le cas s'il existe.

### **GSM**

Utilisé pour signaler l'incident en temps réel, rapidement et en toute confiance.

### **GPS**

Aide à trouver les coordonnées du lieu de l'accident rapidement .

### **Energie**

Fournit la puissance nécessaire au bon fonctionnement du système et sans erreurs

Tableau 2. 1 rôle de chaque module fonctionnel du système SDNA

## 2.4 Le diagramme de séquence du Système SDNA

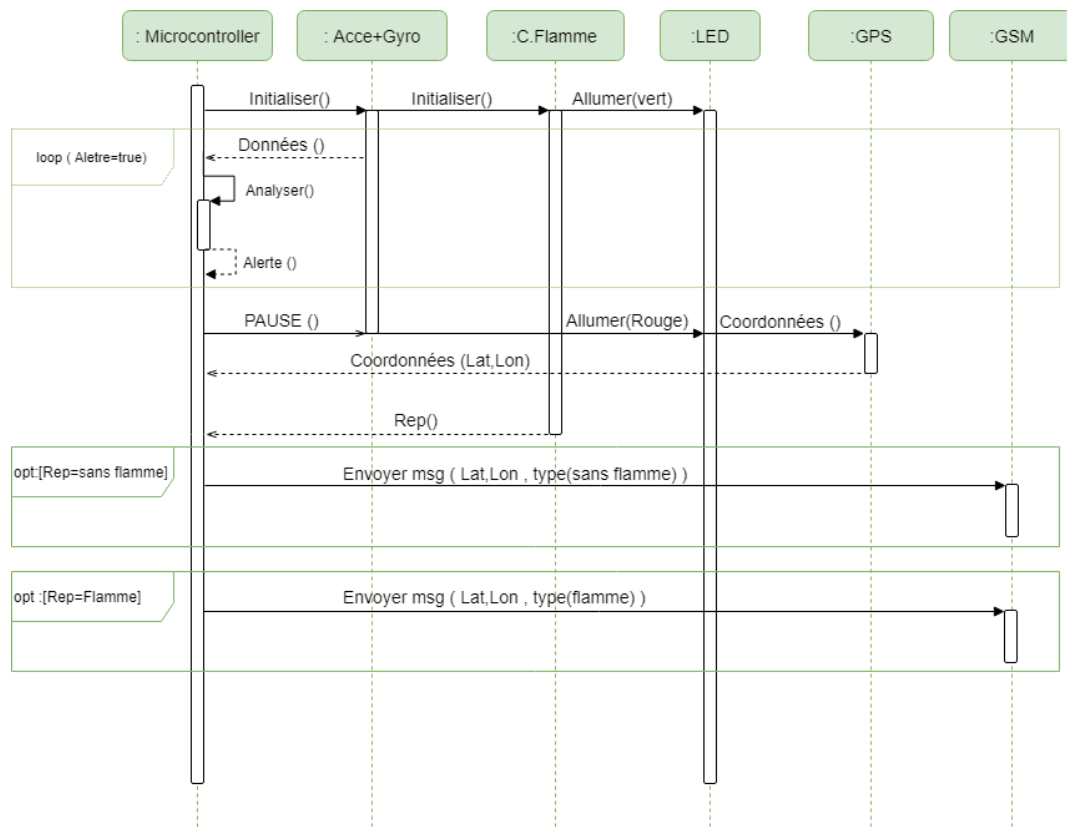


Figure 2. 2 Diagramme de séquence des principales tâches du système SDNA

Un diagramme de séquences est la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique. Pour cela, nous utilisons ce diagramme illustré par la figure 2.2 pour expliciter le fonctionnement de base du système SDNA qui est représenté conceptuellement par les interactions de toutes les unités intervenant dans le système (Accéléromètre+gyromètre, capteur de flamme, LED, le système GPS, le module GSM) avec le microcontrôleur de manière simple. Ce diagramme présente la boucle des mesures du (Accéléromètre+gyromètre) jusqu'à l'existence de l'accident. Et ce après la communication entre le GPS et le microcontrôleur. Ensuite le test de flamme, et enfin l'activation du service de notification d'où l'envoi du message qui représente les coordonnées et le type d'Accident.

## 2.5 Organigramme de fonctionnement du système SDNA

L'organigramme de la figure 2.3 explicite les principales étapes de fonctionnement du système SDNA que nous avons conçu. Ces étapes sont en nombre de trois : étape d'acquisition des données à l'aide des capteurs, étape de détection basée sur des calculs avec seuil et étape de notification des services d'intervention d'urgence à travers un système de communication de type GPS.

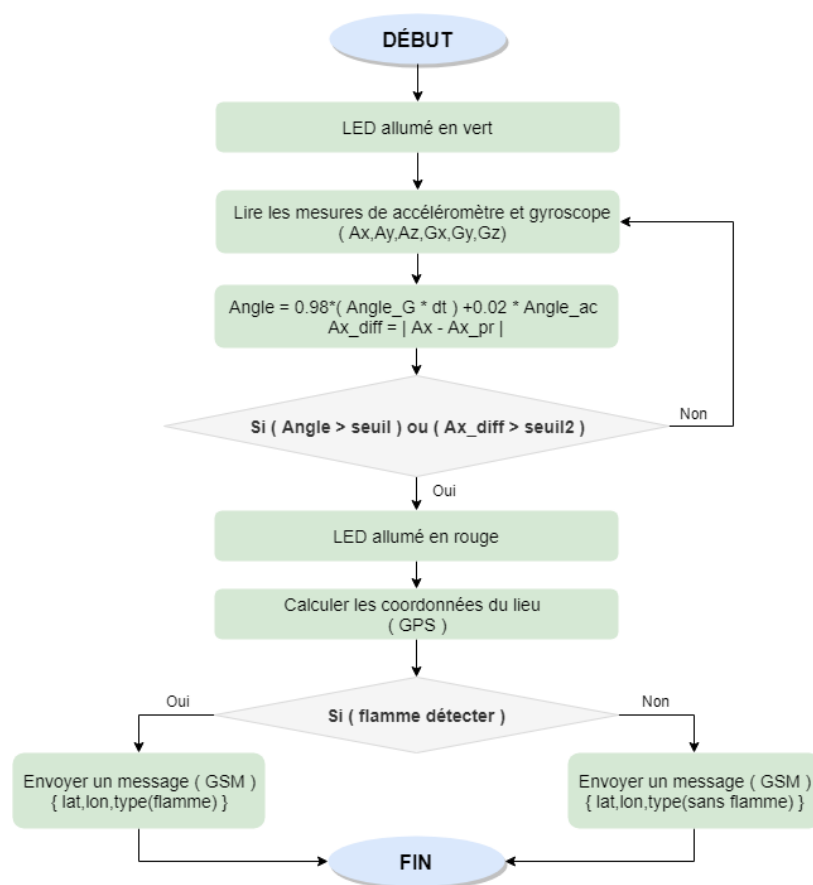


Figure 2. 3 Organigramme de fonctionnement du système



Le système commence par lire les mesures d'un accéléromètre et un gyroscope chaque 40ms (millisecondes). Pour détecter la collision d'un véhicule dans ce système proposé, on calcule la différence entre deux lectures consécutives AX ou AY et on la compare à une valeur seuil spécifique.

On peut détecter si la voiture s'est renversée lors de l'accident ou non en calculant l'angle, si celui-ci dépasse un seuil déterminé, alors on déduit qu'il y a détection d'un accident.

Comme le montre cet organigramme, après avoir calculé les coordonnées du lieu de l'accident par un système GPS, on teste d'abord s'il y a présence de flamme qui s'est déclenchée suite à l'accident pour définir le type de message à envoyer aux services d'intervention (c.-à-d. est ce qu'il faut notifier juste un accident ou l'accident et l'incendie en même temps qui nécessite une notification supplémentaire aux pompiers), puis le système de notification est activé et l'accident sera signalé aux services d'urgence compétents.

## **2.6 Les étapes du système SDNA**

Nous commençons par donner l'hypothèse sur le temps d'échantillonnage adopté dans cette étude, suivi des différentes étapes clés qui décrivent le fonctionnement du système SDNA.

### **2.6.1 Hypothèse sur le temps d'échantillonnage**

On suppose que la vitesse maximale du véhicule en route 180Km/h (120 km/h Vitesse maximale autorisée), et la longueur de la voiture 2m (en dessous de la moyenne), donc on lire les mesures chaque 2m dans la vitesse du 180km/h alors :

On a :  $180 \text{ Km/h} \approx 50 \text{ m/s}$

Donc : 2m par 0.04 s

Alors : Une mesure chaque 40 ms

### **2.6.2 Etape de détection**

Pour cette étape, on distingue deux types de détection : détection de collision et détection de renversement.

#### **2.6.2.1 Détection de collision**

On calcule la différence entre deux lectures consécutives (par exemple la lecture du AX) par rapport à une valeur de seuil spécifique.

Pour déterminer ce seuil, on a choisi le système d'airbag comme modèle, " La décélération minimale pour qu'un airbag se déclenche est équivalente à celle d'une voiture s'écrasant contre un mur à 20 km/h " [19] à peu près équivalent de 7g (g force, 1g = 9.8 m/s<sup>2</sup> ).

### 2.6.2.1 Détection de renversement

Dans le système développé, on a utilisé le gyroscope et l'accéléromètre qui donnent six valeurs de mesures :

- Le gyroscope (Gx , Gy , Gz) : retourne une vitesse angulaire de rotation selon trois axes, 0 si pas de rotation (degrés/seconde).
- L'accéléromètre (Ax , Ay , Az ) : retourne une force ou une accélération (m<sup>2</sup>/s).

La figure 2.4 montre comment les angles sont modifiés dans le cas d'un renversement.

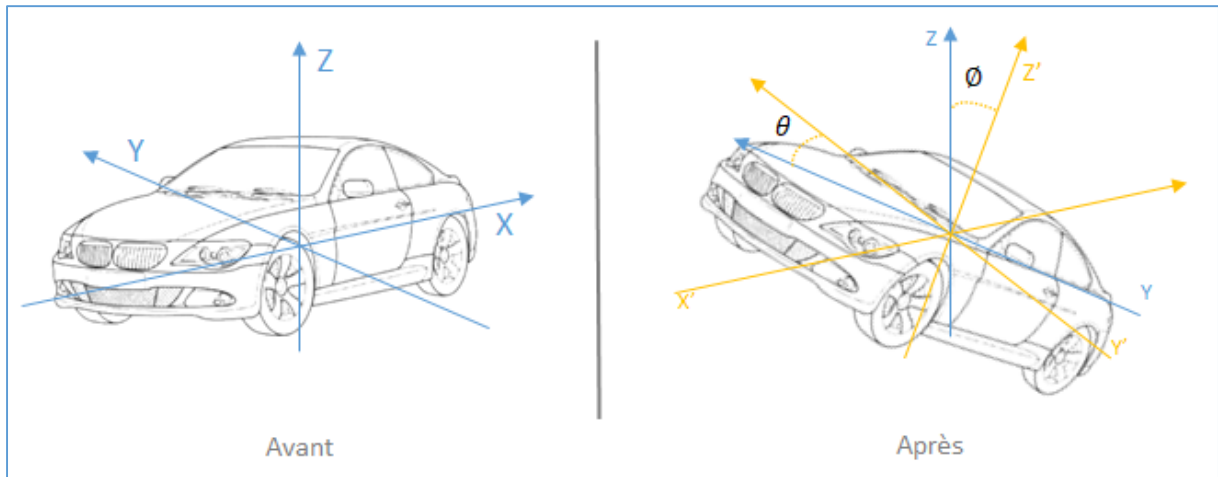


Figure 2. 4 Principe de rotation des axes

Si on considère l'axe Y comme étant l'axe de rotation pour déterminer l'angle alors :

- On détermine l'angle d'inclinaison autour de l'axe Y de l'accélération [20] :

$$\tan \theta = \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \Rightarrow \theta = \text{Arctan} \left( \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right)$$

- On détermine l'angle d'inclinaison autour de l'axe Y à partir du Gyroscope :

$$G_y = \frac{d(\theta)}{\Delta t} \Rightarrow d(\theta) = G_y \cdot \Delta t$$

$$\theta_{t+\Delta t} = \theta_t + Gy. \Delta t$$

Les données du gyroscope sont fiables que sur le court terme car il commence à dévier sur le long terme, et les données de l'accéléromètre ne sont fiables que sur le long terme.

On utilise les données de l'accéléromètre et du gyroscope ensemble pour déterminer la position angulaire du véhicule, cela donne des valeurs angulaires plus précises.

La solution a été donc d'utiliser un filtre complémentaire qui utilise les deux mesures afin de ne garder que les avantages de l'un et de l'autre comme le montre la figure 2.5. Ce filtre consiste donc à faire une sommation des valeurs du gyromètre et de l'accéléromètre [21].

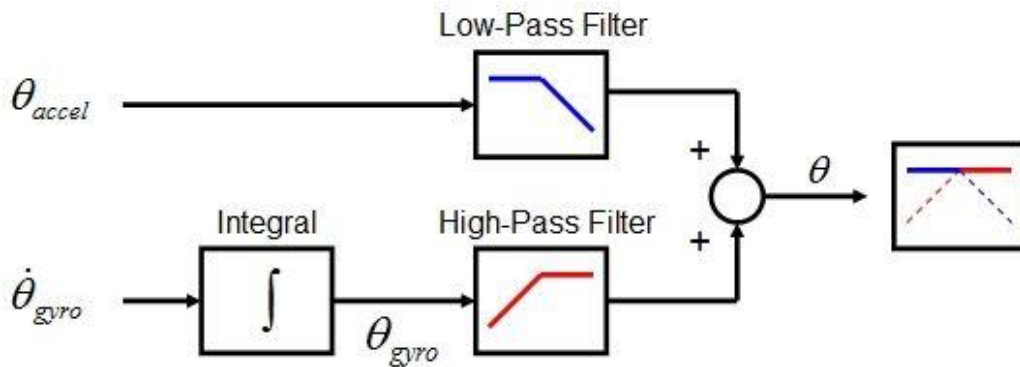


Figure 2. 5 filtre complémentaire

L'équation du filtre complémentaire est donnée par :

$$\theta = \alpha * ( \theta + Gyro * \Delta t ) + ( 1 - \alpha ) * Accelero$$

Avec :

- *angle* : l'angle résultant qui nous intéresse,
- *Gyro* : la vitesse mesurée par le gyroscope,
- $\Delta t$  : période d'échantillonnage,
- *Accelero* : angle mesuré par l'accéléromètre,
- $\alpha = \frac{\tau}{\tau + \Delta t}$  et  $\tau = \frac{1}{f_c}$   $f_c$  (fréquence de coupure) selon [21].

Donc : on choisit une constante de temps d'environ 1 seconde et on a  $\Delta t = 0.04s$  alors après les calculs,  $\alpha = 0.96$ .

Le seuil de l'angle : le véhicule commence généralement le roulement à 46 degrés ou plus et à -46 degrés ou moins [22], pour cela, si l'angle de renversement dépasse 46 degrés ou est inférieur à -46 degrés, on détecte le renversement du véhicule, puis le système activera la notification.

### **2.6.4 Notification**

L'emplacement de l'accident est identifié à l'aide du GPS et le système SDNA procède à la vérification de la présence de la flamme ou non, pour déterminer le type d'accident (c.-à-d. si l'accident s'est produit avec ou sans déclenchement de flammes). L'unité de communication GSM envoie un message contenant des données de base à partir des coordonnées de l'emplacement, du type d'accident et de l'heure de d'accident ainsi que les informations relatives au véhicule accidenté.

## **2.7 Description pratique du système SDNA**

Le schéma électrique correspondant au système SDNA développé est illustré par la figure 2.6. Il décrit le circuit électrique global qui compose les éléments électriques intervenant dans le fonctionnement du système. La résistance utilisée dans ce circuit est de type  $220\Omega$ . La platine d'expérimentation (ou Breadboard en anglais) est un dispositif qui permet réaliser le prototype du système SDNA et le tester sur le terrain. Les deux LED sont utilisées pour signaler la présence ou absence d'un accident (la LED verte allumée pour exprimer l'absence d'accident et la LED rouge allumée pour exprimer l'occurrence d'un accident). Le choix de la carte Arduino Due est motivé par sa capacité de traitement et de stockage. D'autres cartes Arduino peuvent être aussi employées comme par exemple Arduino Mega, Arduino Yun [23].

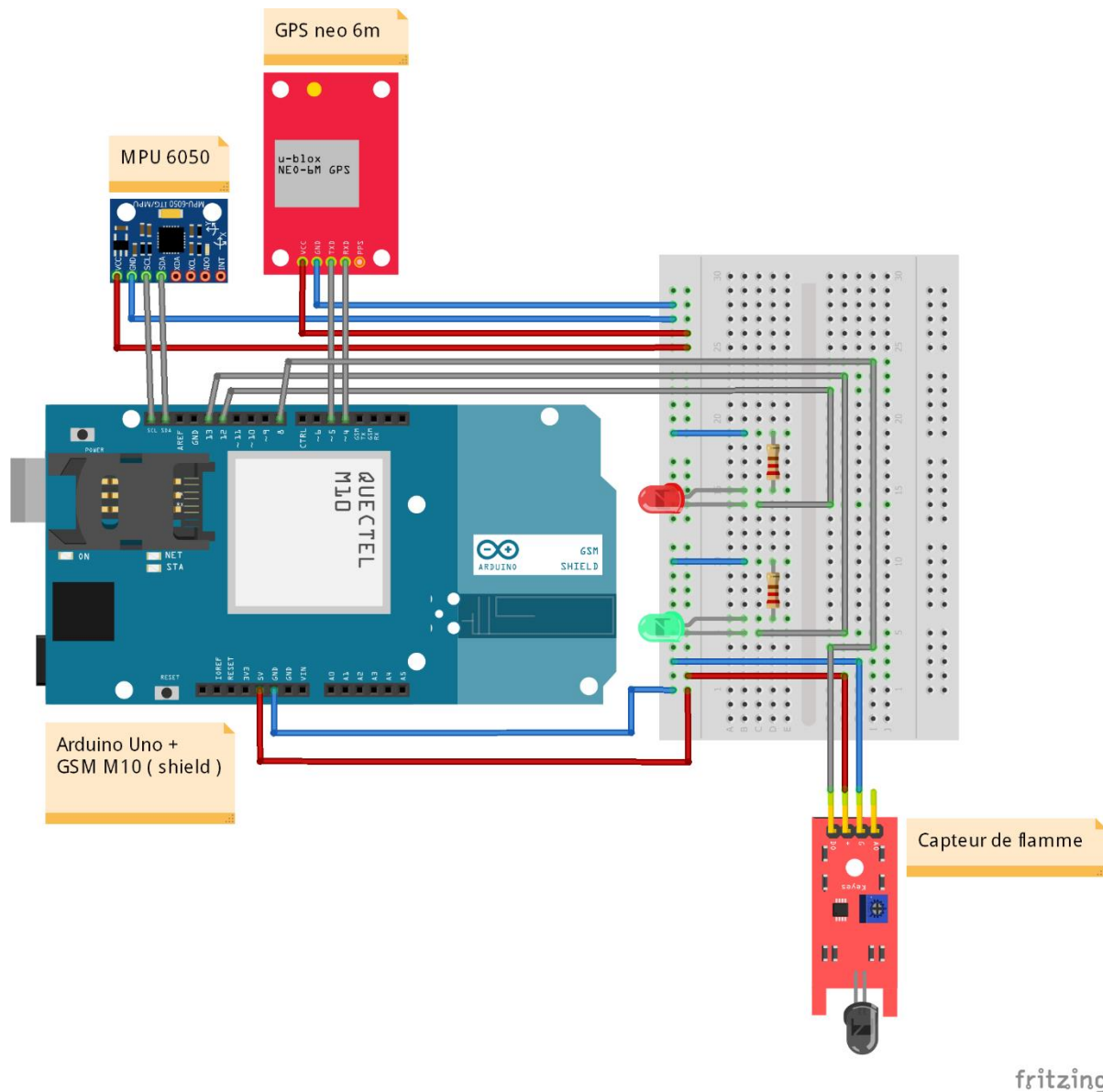


Figure 2. 6 Schéma électrique du système SDNA

## 2.8 Conclusion

Ce chapitre a présenté la partie conception du système SDNA réalisé dans le cadre de ce projet. Nous avons montré la conception générale du système dans laquelle nous avons décrit d'une manière générale notre application et ses méthodes, et nous avons présenté le diagramme de séquence qui modélise les interactions entre les éléments intervenant dans ce système. Nous avons aussi présenté l'organigramme résumant les principales étapes de fonctionnement du système une fois implémenté et exécuté par un microcontrôleur.

Dans le chapitre suivant on va passer à la réalisation pratique du système SDNA selon l'étude conceptuelle réalisée dans ce chapitre.

## **Chapitre 3**

# **Réalisation du Système de Détection et de Notification des Accidents (SDNA)**

## 3.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'environnement de développement que nous avons utilisé pour implémenter notre système SDNA. Nous décrivons le matériel et le logiciel utilisé, nous présentons ensuite le code des programmes développés et nous terminons par présenter les différentes expérimentations que nous avons réalisés selon certains scénarios.

## 3.2 Environnements et Matériel

### 3.2.1 Environnements de développement

L'environnement de développement intégré (IDE) Arduino est une application multiplateforme (pour Windows, macOS, Linux) écrite en langage de programmation Java. Il est utilisé pour écrire et télécharger des programmes sur des cartes compatibles Arduino.

Le code source de l'EDI supporte les langages C et C ++, en utilisant des règles spéciales de structuration du code, le code écrit par l'utilisateur nécessite seulement deux fonctions de base, pour le démarrage de l'esquisse et de la boucle du programme principal, qui sont compilées et liées à un talon de programme `main ()` dans un programme exécutable cyclique avec la chaîne d'outils GNU, également incluse dans la distribution IDE [24]. L'EDI Arduino utilise le programme `avrdude` pour convertir le code exécutable en un fichier texte au codage hexadécimal téléversé dans la carte Arduino par un programme de chargement dans le microprogramme de la carte [24].

L'IDE Arduino permet :

- d'éditer un programme : des croquis (sketch en Anglais),
- de compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino,
- de téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino,
- de communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal.

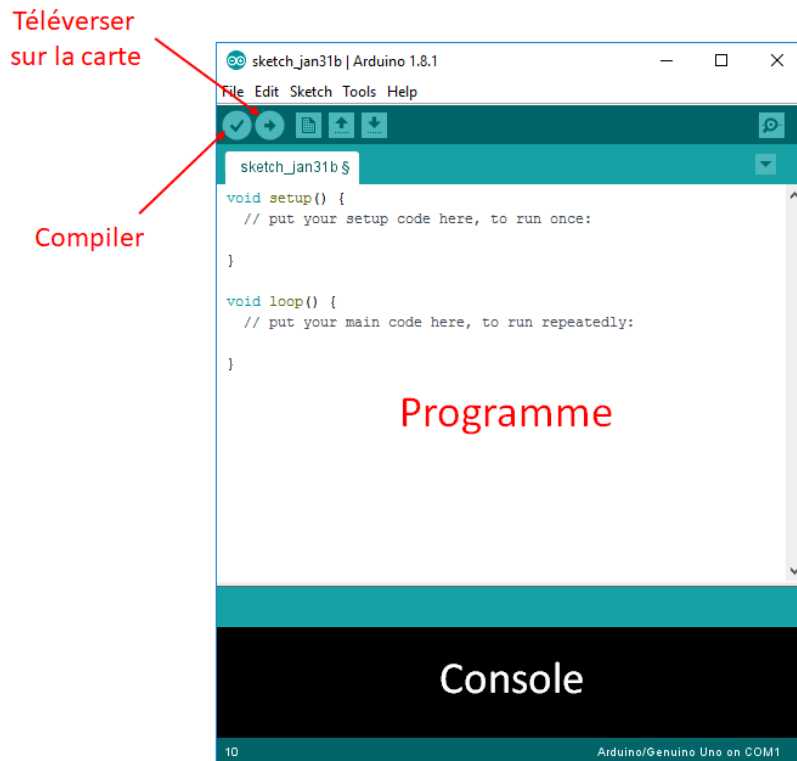


Figure 3. 1 Arduino IDE

### 3.2.2 Matériel utilisé

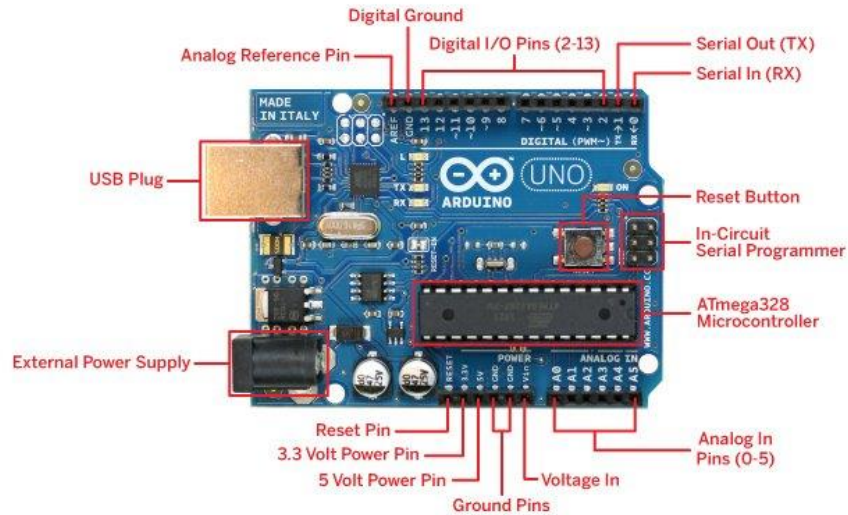
Pour la réalisation de notre système, on a utilisé ARDUINO qui est une plate-forme de développement et de prototypage Open Source.

#### 3.2.2.1 La carte ARDUINO UNO

La carte Arduino Uno est une carte à microcontrôleur construite autour de l'ATmega328 présentée par la figure 3.2. Elle possède 14 broches d'entrée/sortie numériques (dont 6 peuvent servir de sorties MLI, ou PWM), 6 entrées analogiques, un oscillateur à quartz de 16 MHz, un connecteur USB, un jack d'alimentation, une embase ICSP, et un bouton d'initialisation (reset). La carte Uno contient tout ce qui est nécessaire au fonctionnement du microcontrôleur. Pour l'utiliser, il suffit de la relier à un ordinateur avec un câble USB, ou encore de l'alimenter à l'aide d'un bloc secteur externe ou de piles [25].

Les dimensions du Arduino UNO : longueur 68,6 mm ,largeur 53,4 mm ,et le poids 25 g .





*Figure 3. 2 Carte Arduino Uno*

### 3.2.2.2 Shield GSM M10

Le shield GSM-GPRS 2 Arduino avec antenne intégrée basé sur le module M10 de Quactel est prévu pour ajouter les fonctionnalités de SMS, GSM/GPRS à nos applications Arduino.

Il suffit d'ajouter une carte SIM pour envoyer des SMS. Ce shield est compatible avec les cartes Arduino Uno, Leonardo, Mega ou compatibles. La figure 3.3 illustre ce module de communication.



*Figure 3. 3 GSM M10*

### 3.2.2.3 Module capteur de flamme

Caractéristiques de ce Module :

- peut détecter la flamme ou la longueur d'onde à 760 nm à 1100 nm de la source lumineuse.
- l'angle de détection de 60 degrés, le spectre de flamme particulièrement sensible.
- sensibilité réglable. (Indiqué dans le réglage du potentiomètre numérique bleu)
- la sortie : sous forme de sorties de commutation numérique (0 et 1) et une sortie de tension analogique AO.
- petite taille de carte PCB de plaque: 3.2 cm x 1.4 cm.



*Figure 3. 4 Capteur de flamme*

### 3.2.2.4 Module GPS

Pour pouvoir localiser géographiquement un véhicule, on a incorporé le GSP au système, le GPS comprend une constellation de 24 satellites. A l'aide d'un calculateur électronique, à partir de l'heure d'émission et de l'heure de réception, le système détermine la position du véhicule. On a utilisé le module GPS NEO-6M qui est compatible à Arduino .



Figure 3. 5 GPS Neo6M

### 3.2.2.5 Module d'accéléromètre MPU6050 et Gyroscope

Le MPU-6050 intègre Motion Fusion et run-time calibration Firmware de InvenSense qui permet aux fabricants d'éliminer les étapes coûteuses et complexe, de sélection, de qualification et d'intégration au niveau du système de dispositifs discrets dans les produits activés par mouvement, et garantit que les algorithmes de fusion de capteurs et procédures d'étalonnage fournissent des performances optimales pour les consommateurs. Le MPU-6050 associe un gyroscope à 3 axes et un accéléromètre à 3 axes sur le même die en silicium avec un processeur DMP (Digital Motion Processor) intégré, capable de traiter des algorithmes de fusion de mouvements complexes sur 9 axes. Les algorithmes de fusion de mouvements à 9 axes intégrés accèdent aux magnétomètres externes ou aux autres capteurs via un bus I2C maître auxiliaire, permettant aux composants de collecter un ensemble complet de données de capteur sans intervention du processeur système.

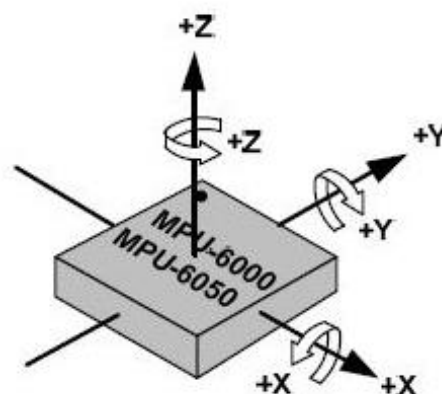


Figure 3. 6 MPU6050

### 3.3 Implémentation

Dans ce qui suit nous allons présenter la programmation des capteurs de système SDNA :

- Capteur de flamme :

```
int LED = 13;
int flame_sensor = 4;
int flame_detected;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(LED, OUTPUT);
    pinMode(flame_sensor, INPUT);
}
void loop()
{
    flame_detected = digitalRead(flame_sensor);
    if (flame_detected == 1){
        Serial.println("No flame detected. stay cool");
        digitalWrite(LED, LOW);
    }else{
        Serial.println("Flame detected...! ");
        digitalWrite(LED, HIGH);
    }delay(1000);
}
```

Ce programme permet de détecter les flammes et allumer la LED s'il y a une détection de flamme.

- Module GPS :

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
int GPSBaud = 9600;
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial gpsSerial(4, 5);
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    gpsSerial.begin(GPSBaud);
}
```

```

void loop()
{
  while (gpsSerial.available() > 0)
    if (gps.encode(gpsSerial.read()))
      if (gps.location.isValid()) {
        Serial.print("Latitude: ");
        Serial.println(gps.location.lat(), 6);
        Serial.print("Longitude: ");
        Serial.println(gps.location.lng(), 6);
        delay(1000);
      }
    else{
      Serial.println("Location: Not Available");
    }
  if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10) {
    Serial.println("No GPS detected");
    while(true);
  }
}

```

Ce programme permet de récupérer la position géographique de l'accident.

- MPU 6050 ( Accéléromètre+gyromètre ) :

```

#include <Wire.h>
#include <I2Cdev.h>
#include <MPU6050.h>
#include <math.h>
float Angle, AxDiff, AxP=0, AngGy, AngAcc;
int sp=0;
MPU6050 accelgyro;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  accelgyro.initialize();
  delay(5000);
}

```

```

void loop()
{
    digitalWrite(LEDV, HIGH);
    accelgyro.getMotion6(&Ax, &Ay, &Az, &GyX, &GyY, &GyZ);
    AngAcc=atan2(Ay,sqrt(pow(Ax,2)+pow(Az,2)))*180/PI;
    AngGy=GyX*0.04/131;
    Angle= 0.96*( Angle + AngGy ) + 0.04 * AngAcc ;
    Serial.println(Angle);
    AxDiff = abs(Ax-AxP);
    Serial.println(Ax);
    Serial.println(AxDiff);
    flame_detected = digitalRead(flame_sensor);
    if((AxDiff > 8000) || (abs(Angle)>40)){
        Serial.println(" detected ");
        digitalWrite(LEDV, HIGH);
        digitalWrite(LEDV, LOW);
        AxP=Ax;
        if (flame_detected == 1)
        {Serial.println("Aucune flamme détectée ");}
        sp=1;}
        if(flame_detected!=1)
        {Serial.println("Flamme détectée ...! ");}
        sp=1;}
    }else{ Serial.println(" no detected ");}
    AxP=Ax;
    }
    delay(40);}
}

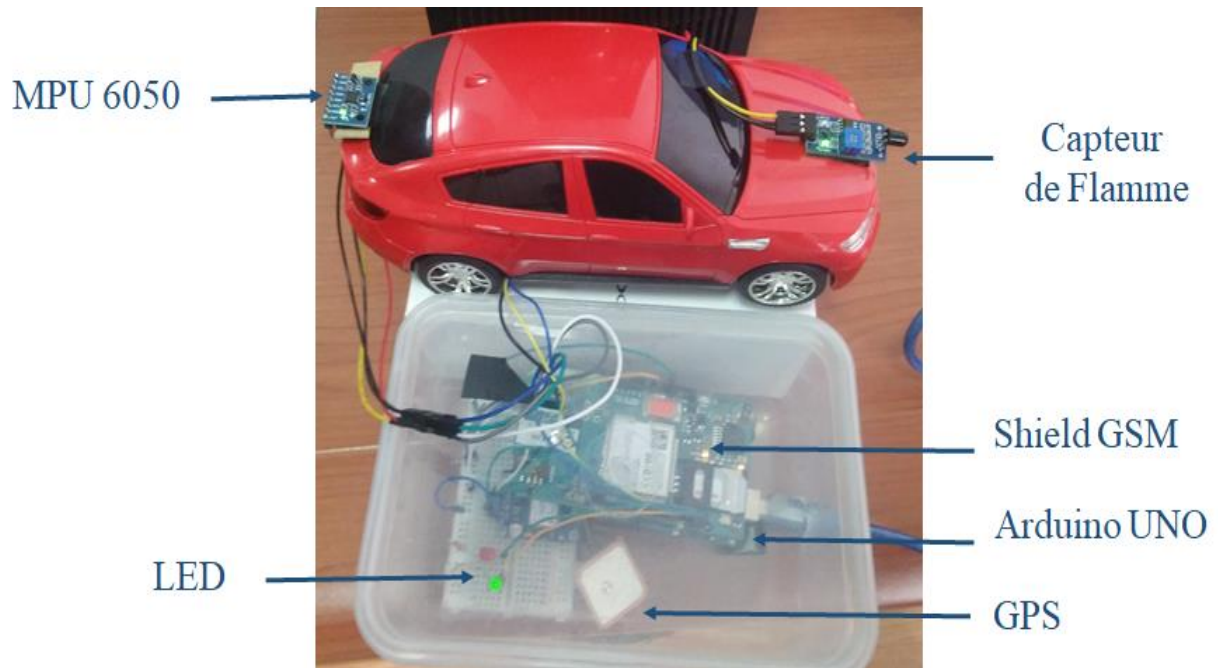
```

Ce programme permet de traiter les mesures brutes du MPU et calculer la force de l'accéléromètre pour détecter la collision, et l'angle de renversement pour détecter le renversement du véhicule l'accident.

### 3.4 Structure générale du système SDNA

La figure 3.7 montre les différents composants du système SDNA :

- Arduino Uno,GSM,GPS,MPU6050,Capteur de flamme



*Figure 3. 7 Prototype*

## 3.5 Expérimentation et résultats

Après avoir mis le système sous tension, nous avons testé celui-ci à l'aide des différents capteurs employés (acétomètre, gyroscope, capteur de flamme, GPS). Ces derniers permettent au microcontrôleur de l'Arduino Uno de générer un message SMS d'alerte spécifique contenant le type de l'accident et l'envoyer aux services concernés via le module GSM.

### 3.5.1 Les Expérimentations

Après avoir exécuté le système, nous l'avons testé dans les différentes situations.

#### Scenario 1

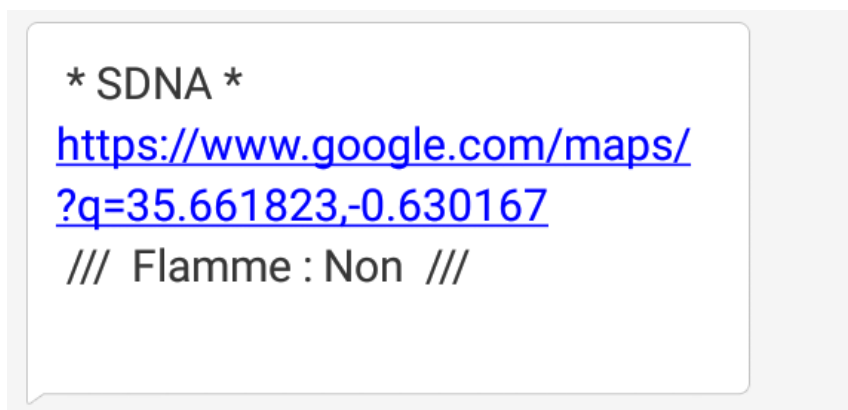
- Renversement à gauche sans flamme illustré par la figure 3.8 : dans cette figure, nous remarquons la LED passe de l'état « Vert » à l'état « Rouge » pour montrer que le véhicule s'est renversé car la mesure de l'angle faite par gyroscope a dépassé le seuil.





*Figure 3. 8 Renversement à gauche du voiture sans flamme ( scénario 1 )*

La figure 3.9 montre le modèle de message d’alerte reçus en cas d’un renversement du véhicule :



*Figure 3. 9 Message SMS du Scénario 1*



## Scénario 2

- Renversement à droite sans flamme présenté par la figure 3.10 : dans cette figure, nous remarquons la LED passe de l'état « Vert » à l'état « Rouge » pour montrer que le véhicule s'est renversé avec d'incendie du véhicule.



Figure 3. 10 Renversement à droite avec flamme ( scénario 2 )

La figures 3.11 montre le modèle des message d'alerte reçus en cas d'un renversement avec d'incendie du véhicule :

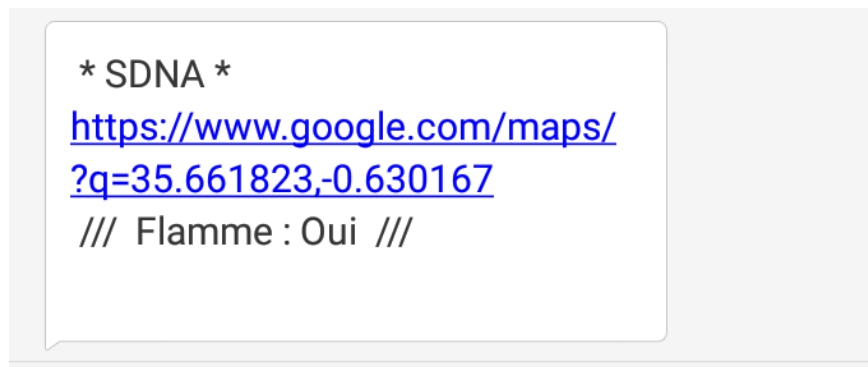


Figure 3. 11 Message SMS du Scénario 2

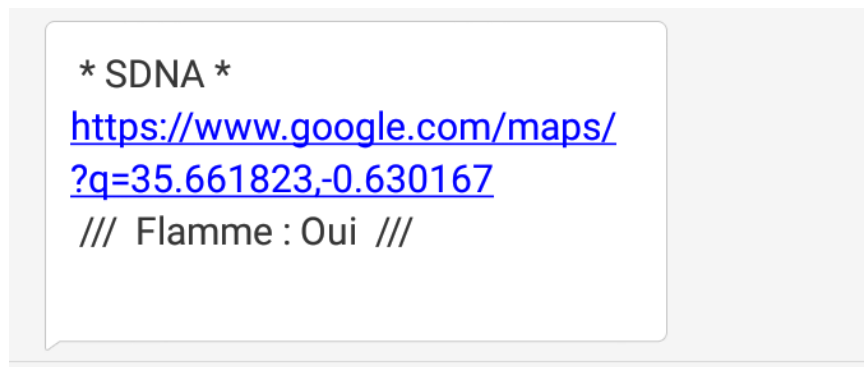
### Scénario 3

- La figure 3.12 montre que la véhicule a été renverser à gauche avec l'incendie du véhicule.



*Figure 3. 12 Renversement à gauche avec flamme ( scénario 3 )*

La figure 3.13 montre le modèle de message d'alerte reçus en cas d'un renversement avec d'incendie du véhicule :



*Figure 3. 13 Message SMS du Scénario 3*

## Scénario 4

- Pas de collision ou renversement.



Figure 3. 14 Pas de collision ou renversement ( scénario 4 )

Les traces de l'exécution du programme dans la figure 3.15.

```
COM4
12:15:18.453 -> angle ---> : -6.19
12:15:18.453 -> Ax ---> : 500
12:15:18.501 -> AxDiff ---> : 12.00
12:15:18.501 -> *****
12:15:18.548 -> no detected
12:15:18.548 -> *****
12:15:18.594 -> angle ---> : -6.23
12:15:18.594 -> Ax ---> : 420
12:15:18.642 -> AxDiff ---> : 80.00
12:15:18.642 -> *****
12:15:18.682 -> no detected
12:15:18.682 -> *****
☒ Défilement automatique ☒ Afficher l'horodatage Nouvelle ligne 9600 baud Effacer la sortie Envoyer
```

Figure 3. 15 Exécution du code

## Positionnement sur Google maps

Nous avons utilisé google maps pour la lecture de la position reçu par message, la position est indiquée par le lien suivant : <https://www.google.com/maps/place/latitude,longitude>.

Toute les opérations d'essai ont été effectuées à l'Université d'Oran 1 Département d'informatique (voir figure 3.16).

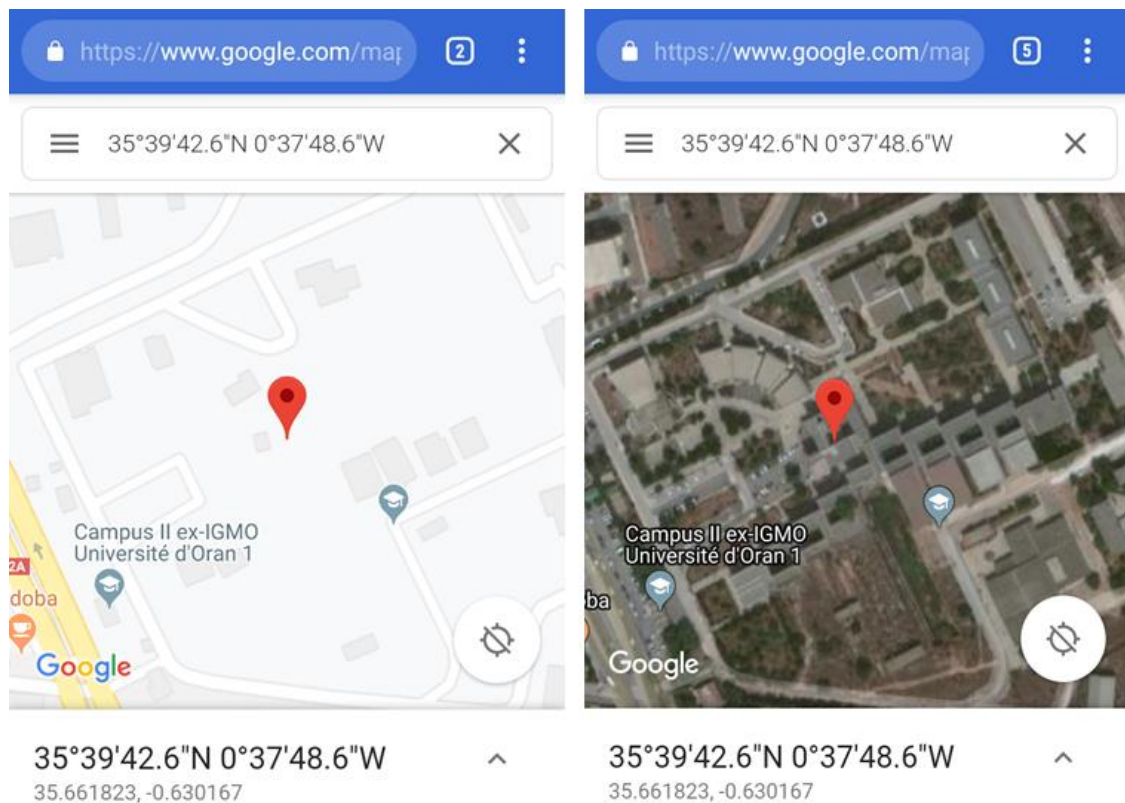


Figure 3. 16 Position du test ( Google maps )

### 3.3.2 Résultat de l'expérience

Nous avons essayé le système dans plusieurs cas différents et les résultats ont été différents en fonction de scénarios utilisés.

Le système fonctionne convenablement selon nos spécifications avec la transmission en temps réel du message après la détection de l'accident (selon la qualité de liaison de communication), ce qui correspond au cahier de charge du projet (la notification des accidents en temps réel dans le contexte IoT).

## **3.6 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons détaillé les différentes parties par définition des besoins matériels et logiciels, ensuite nous avons présenté les différentes expérimentations et leurs résultats.

Enfin, nous avons montré que ce travail était conforme aux cahier de charge du projet.

# Conclusion générale et Perspectives

Les accidents de la route sont un phénomène sociétal qui peut provoquer considérablement des pertes humaines. Par conséquent, ce phénomène continuera dans le futur à susciter beaucoup d'intérêt des pouvoirs publics et la communauté scientifique pour lui apporter des solutions efficaces qui s'imposent. Ainsi, la détection immédiate d'un accident de véhicules, l'identification de sa localisation, la notification efficace des services d'intervention d'urgence et l'avertissement des véhicules suivants peut contribuer énormément à :

- Minimiser le nombre de décès et de blessés graves,
- Offrir des services médicaux de soins rapides,
- Réduire le nombre de véhicules impliqués dans l'accident (en cas de déclenchement de flammes par exemple et qui peut affecter d'autres véhicules à proximité).
- Eviter d'autres accidents potentiels qui peuvent résulter du premier accident.

Notre objectif dans ce mémoire s'inscrit dans cette perspective. En effet, nous avons conçu, implémenté et testé expérimentalement un système de détection et de notification des accidents de véhicules, que nous avons appelés SDNA. Le fonctionnement de celui-ci passe par trois phases : i) phase d'acquisition des données collectées à l'aide de capteurs tels que l'accéléromètre, le gyroscope, capteur de flamme ou de vibration, GPS ; ii) phase de détection en employant des algorithmes efficaces et performants ; et iii) phase de notification de l'accident, sous forme de message SMS précisant notamment le lieu de l'accident et les informations sur le conducteur et son véhicule, aux services d'interventions concernés à l'aide d'une technologie de communication sans fil qui est en générale GSM/GPRS.

Pour la réalisation de ce projet, nous avons mené une étude bibliographique approfondie pour identifier clairement les spécificités de ce type de systèmes automatisés de détection et de notification des accidents de véhicules, et aussi pour bien situer notre contribution. Celle-ci apporte un élément nouveau qui consiste à détecter en plus la présence de flamme au moment de l'accident pour mieux orienter les notifications vers les services concernés (comme par exemple les pompiers dans ce cas). La conception détaillée de notre système SDNA est présentée dans le chapitre 2 et son implémentation et les tests pratiques effectués, selon des scénarios réalistes, est évoquée dans le chapitre 3.

Ce projet nous a été très utile en relation avec la spécialité de notre formation surtout au niveau pratique, où nous avons appris de connaissances nouvelles et actualisées dans ce domaine ainsi

que dans les domaines de l'électronique, manipulation des microcontrôleurs, configuration et programmation des capteurs en réalisant des prototypes de test opérationnels.

Ce travail est loin d'être terminé pour produire un système finalisé qu'on pourra l'industrialiser un jour en l'intégrant dans les futurs véhicules. Pour cela, nous proposons comme suite à ce travail les travaux en perspective suivants :

- Amélioration de l'étude actuelle, notamment au niveau de l'étape d'acquisition des données et l'étape de détection en considérant d'autres types de capteurs scalaires et multimédia pour éliminer les fausses alarmes.
- Implémentation du même travail avec d'autres gammes de capteurs et réalisation d'études comparatives pour dégager celles qui enregistrent de meilleures performances en termes de temps de réponse et d'économie d'énergie.
- En cas de panne du réseau de communication de type GSM/GPRS pour remonter les notifications aux services d'intervention d'urgence, une alternative consiste à utiliser le réseau véhiculaire (VANET) en exploitant les communications offertes de type V2V (véhicule à véhicule) ou V2I (véhicule à Infrastructure). C'est un axe de recherche prometteur à explorer.

# Bibliographie

- [1] C.Duran-Faundez,2009,Transmission d'images sur les réseaux de capteurs sans fil sous la contrainte de l'énergie,Thèse,Automatique,Nancy,pg-04.
- [2] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci. "Wireless sensor networks: a survey". Computer Networks 38, Elsevier Science, pp. 393–422, 2002.
- [3] web site : [https://moodle.utc.fr/file.php/498/SupportWeb/co/Module\\_RCSF\\_44.html](https://moodle.utc.fr/file.php/498/SupportWeb/co/Module_RCSF_44.html)
- [4] N.LABRAOUI,2012, LA SÉCURITÉ DANS LES RÉSEAUX SANS FIL AD HOC,Thèse,Informatique,Tlemcen,pg-16.
- [5] web site : <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255214/9789242511703-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] Site web : [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/report/state\\_of\\_road\\_safety\\_fr.pdf?ua=1](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/state_of_road_safety_fr.pdf?ua=1)
- [7] Centre national de prévention et de sécurité des routes Algérie.
- [8] web site : <http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/les-systemes-de-transports-intelligents-sti-a2929.html>
- [9] A.Rajkira, M.Anusha, « Intelligent Automatic Vehicle Accident Detection System Using Wireless Communication », International journal of research studies, engineering and technology, Vol. 1, No.8, pp.98-101,November 2014.
- [10] PoojaShindalkar, AasiyafatemaShaikh, Chaitanya mate, S.M.Tondare, « Arduino Based Vehicle Accident Detection System », International journal of innovative research in computer and communication engineering, Vol. 5, No. 4, pp.8884-8888, April 2017.
- [11] ChethanaGosal, AkshayChadaga P, AnushBalraj R, madhuKiran K M, Manoj T M, « Intelligent Automatic Vehicle Accident Detection and Prevention System », International journal of engineering research and application, Vol. 7, No.7, pp.37-41, July 2017.
- [12] Aarya D.S, Athulya C.K, Anas P, Basil Kuriakose, Jerin Susa Joy, Leena Thomas, « Accident Alert and Tracking Using Arduino », Internation journal of advanced research in electrical, electronics and instrumentation engineering, Vol. 7, No.4, pp.1671-1674, April 2018.
- [13] Hema Deva D., Gayathri R., ArunaParameswaran, « Accident Tracking & Emergency Response Management using IoT », International research journal of engineering and technology, Vol. 05, No.09, pp.1554-1559, Sep 2018.
- [14]ArifShaik, Natalie Bowen, Jennifer Bole, Gary Kunzi, Daniel Bruce, Ahmed Abdelgawad, Kumar Yelamarthi, « Smart car : an IoT based accident detection system », 2018, IEEE Global conference on Internet of Things (GCIoT'2018), Alexandria, Egypt, 2018.
- [15]FadiAloul, Imran Zualkernan, Ruba Abu-Salma, Humaid Al-Ali, May Al-Merri, « IBump : smartphone application to detect car accidents », 2014 International Conference on Industrial Automation, Information and Communications Technology (IEEE), Bali, Indonesia, 2014.



- [16] Hamid M.Ali, ZainabS.Alwan, « Car accident detection and notification system using smartphone », International journal of computer science and mobile computing, Vol.4, No.4, pp.620-635, April 2015.
- [17]Bhumkar S.P., Deotare V.V., Babar, R.V., « Intelligent car system for accident prevention using ARM-7 », International journal of emerging technology and advanced engineering, Vol.2, No.4, pp.527-531, April 2012.
- [18] HamdyA.Ibrahim, Ahmed K.Aly, BehrouzH.Far, « A system for vehicle collision and rollover detection », 2016 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), Vancouver, Canada, 2016.
- [19] web site : <https://www.chacun-sa-route.fr/l-airbag-comment-fonctionne-t-il.html>
- [20] Vinícius.N.L, Alan.K.R,Thomás.V.B.P, «Mathematical Modelling of a Two Degree of Freedom Platform Using Accelerometers and Gyro Sensors», Journal of Mechanics Engineering and Automation,pp.427-433,2016.
- [21] Shane Colton, « The Balance Filter A Simple Solution for Integrating Accelerometer and Gyroscope Measurements for a Balancing Platform »,June 25, 2007.
- [22] Hamdy A. Ibrahim, Behrouz H. Far,« A System for Vehicle Collision and Rollover Detection », IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE),2016
- [23] web site : <http://www.arduino.cc>
- [24] *Castro, Jorge R.* Building a home security system with Arduino : design, build, and maintain a home security system with Arduino Uno. *Birmingham, UK. p. 15,2015*
- [25] web site : <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [A] Rapport de l'OMS : « Global status report on road safety: time for action. », 2009. ([www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2009](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009)).