الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE **DR.Y**AHIA FARES DE **M**EDEA

FACULTE DE LA **T**ECHNOLOGIE

Département du Génie Mécanique

Mémoire de projet Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
De Master en Génie Mécanique

Option : **Mécatronique**

THEME

Etude et réalisation d'un système d'aide à l'évaluation de la qualité de conduite d'un chauffeur de véhicule

Proposé et dirigé par :

M. Abdelmoughni TOUBAL

Préparé et présenté par :

M.BASSOUR Nabil

Melle. ZIOUERE NourElhouda

Année Universitaire 2016-2017

الملخص :

الهدف من هذا المشروع هو دراسة و تصميم نظام يساعد على تقيم مهارة القيادة لدى سائق المركبة , و يتمثل هذا المشروع في تثبيت البطاقة الالكترونية القابلة للبرمجة (ARDUINO) مزودة بمستشعر قياس التسارع (ADXL335) لقياس تسارع السيارة على المحاور الثلاثة , المحور (x يقيس قيمة التسارع في الاتجاهين الأمامي و الخلفي) المحور Y(يقيس قيمة التسارع في الاتجاهين الأيمن و الأيسر) ; المحور (z يقيس قيمة التسارع في الاتجاهين العلوي والأسفل) , و من ثم تسجيل هذه البيانات على بطاقة تمهيدا لنقلها إلى جهاز كمبيوتر لتحليلها باستخدام برنامج MATLABمع واجهةGUI .

كلمات مفتاحية: مهارة القيادة، بطاقة اردوينو، مستشعر التسارع،GUI MATLAB

Résumé :

Le but de ce projet est d'étudier et réaliser un système d'aide à l'évaluation de la qualité de conduite d'un chauffeur de véhicule, le projet consiste à installer une carte électronique programmable (arduino) équipé de l'accéléromètre adxl335 et un adaptateur de carte mémoire pour mesurer les accélérations du véhicule selon 3 axes : x (l'axe latéral), y (l'axe longitudinal) et z (l'axe vertical),puis enregistrer ces valeurs d'accélérations dans la carte mémoire afin de les transférer à un ordinateur pour les analyser en utilisant un programme MATLAB avec son interface GUI.

Mots clé : Qualité de conduite, carte programmable Arduino, accéléromètre, GUI MATLAB.

Abstract:

The aim of this project is to study and realize a system to assist in evaluating the driving quality of a vehicle driver, the project consists in installing a programmable electronic board (ARDUINO) equipped with the accelerometer Adxl335 and a memory card adapter to measure vehicle accelerations along 3 axes: x (the lateral axis), y (the longitudinal axis) and z (the vertical axis), and then save these values Accelerations in the memory card in order to transfer them to a computer for analysis using a MATLAB program with its GUI interface.

Keywords: Driving quality, Arduino programmable card, accelerometer, GUI MATLAB.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE....1
Chapitre I :....3
Généralités....3
I.1. Introduction....3
I.2. Les systèmes de surveillance....3
I.2.1 La société Volkswagen....3
I.2.1.1 System de surveillance périphérique «Front Assist»....3
I.2.1.2 Système de freinage d'urgence en ville....4
I.2.2 La société Ford....5
I.2.2.1 Système d'évaluation de charge....5
I.2.3 La société Jaguar Land Rover....6
I.2.4 La société Audi....6
I.2.5 La société Ferrari....7
I.2.6 La société Toyota....8
I.2.7 La société BMW....8
I.3. Eco Driving....8
I.3.1 La solution de conduite Eco....8
I.4. Enregistreur de données....10
I.5 Conclusion....11
chapitre II:……..…...13
II.1. Introduction....13
II.2 Fonctionnement du système....13
II.3. Acquisition des données....15
II.3.1 Accéléromètre ADXL 335....15
II.3.1.1 La structure interne d'ADXL335....16
II.3.1.2 Les caractéristique de l'ADXL335....17
II.3.1.3 Branchement d'accéléromètre ADXL335....17
II.3.2.4Fonctionnement d'accéléromètre ADXL335....18
II.3.2 La Carte ARDUINO....18
II.3.2.1 L'ARDUINO UNO....19
II.3.2.2 Caractéristiques de la carte Arduino....20
II.3.2.3 Schéma simplifié de la carte Arduino UNO....21

II.3.2.4 Les différents composants de l'Arduino UNO 22
II.3.2.5 Microcontrôleur ATMEL ATMega328 22
II.4. Stockage des données 24
II.4.1 Carte SD 24
II.4.2. Micro SD card Adapter 25
II.4.3 La liaison SPI 26
II.4.3.1. Origine 26
II.4.3.2. Configuration du bus 27
II.4.3.4. Protocole du bus spi 28
II.4.4 Branchement d'un SD Card avec Arduino 31
II.5. Alimentation 32
II.5.1. Les régulateurs en circuit intégré 32
II.6. Montage de périphériques 34
II.7. Réalisation du circuit imprimé (Logiciel T C I) : 35
II.8. Conclusion 37
chapitre III:……38
III.1 Introduction 38

III.2. Programmation de l'Arduino : 38
III.2.1 Développement d'un projet sur Arduino : 38
III.2.2. Structure général d'un programme Arduino: 40
III.2.3. Partie entête (appel des bibliothèques et déclaration des variables) 42
III.2.4. La partie setup 42
III.2.5 La boucle infinie void loop () 43
III.3. Programmation Matlab 45
III.3.1. Description du Matlab(« matrix laboratory ») 45
III.3.2 Importation des données 46
III.3.3La conversion des données en $(\mathrm{m.s^{-2}})$ 46
III.3.4Les accélérations de références : 48
III.3.5 Traitement des données enregistrées : 48
III.4 L'Interface utilisateur : 50
III.5. tests et résultats 55
III.6 Conclusion ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Conclusion générale : 61
Annexe: 62
Références bibliographique 64

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Front Assist.....4
Figure I.2. Freinage en ville 5
Figure I.3. Audi Fit Driver.....7
Figure II.1. Les accélérations à mesurer.....13
Figure II.2. Schéma synoptique du projet.....14
Figure II.3.ADXL335 16
Figure II.4 . La structure interne de ADXL335 16
Figure II.5. Les caractéristique de l'ADXL335 17
Figure II.6. Branchement de l'accéléromètre sur Arduino 17
Figure II.7. Schéma simplifié de la carte Arduino UNO 21
Figure II.8.Composants de la carte Arduino UNO. 22
Figure II.9.Schéma simplifié de l'ATMEL ATMega328 24
Figure II.10. Carte SD.....25
Figure II.11. Micro SD card Adapter.....26
Figure II.12.Le bus SPI. 28
Figure II.13. Transmission de données entre maître et esclave par registres à décalage...29

Figure II.14. Exemple d'une transmission de données SPI de 1 octet pour CPHA=0…...30
Figure II.15. Exemple d'une transmission de données SPI de 1 octet pour CPHA=1…...31
Figure II.16. Branchement SD avec Arduino 32
Figure II.17. Régulateur de tension 7805..... 33
Figure II.18. Schéma de régulateur 7805..... 34
Figure II.19. Circuit global de la carte..... 34
Figure II.20. . La fenêtre du TCI..... 35
Figure II.21. Choix des composants 36
Figure II.22. Le typon de la carte d'interfaçage..... 37
Figure III.1 L'éditeur du logiciel Arduino..... 39
Figure III.2Déroulement d'un programme Arduino 41
Figure III.3 Organigramme d'inclusion des bibliothèques et déclaration des variables. 42
Figure III.4 Organigramme du programme principal de l'Arduino 44
Figure III.5 Exemple d'enregistrement dans la carte SD (fichier.txt) 45
Figure III.6 Les intervalles de données d'accélérations 46
Figure III.7 Les composantes de l'accélération instantané ||A||..... 47
Figure III.8 Organigramme simplifié du traitement des données. 50
Figure III.9. L'Interface utilisateur..... 51
Figure III.10. Panel de données 52
Figure III.11. L'ouverture de fichier..... 52
Figure III.12 .Panel de seuil..... 53
Figure III.13. Panel de calcule..... 53
Figure III.14. Panel des graphes 54
Tableau III.1 Analyse de conduite des conducteurs des bus 55
Figure III.15. L'analyse des enregistrements du chauffeur de bus de classe 'A' 57
Figure III.16. L'analyse des enregistrements du chauffeur de voiture de classe 'D' 57
Tableau III.2. L'analyse des conducteurs des voitures..... 58
Figure III.17. L'analyse des enregistrements du chauffeur de voiture de classe 'A' 59
Figure III.18. L'analyse des enregistrements du chauffeur de voiture de classe 'D' 59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1. Caractéristiques de la carte Arduino 20

Tableau II.2. La capacité de la carte SD 25

Tableau II.3. Modes de transmission SPI 29

Tableau III.1 Analyse de conduite des conducteurs des bus 55

Tableau III.2. Analyse des conducteurs des voitures 58

INTRODUCTION GENERALE

La sécurité routière est un objectif de base des collectivités, et représente une attente forte de nombreux usagers vulnérables tels que piétons, cyclistes, et deux roues motorisées. C'est un enjeu important pour la qualité de vie.

Le grand nombre de vies perdus et de véhicules détruits à sonner l'alarme, Les accidents de la route sont très souvent responsables des handicaps comme la paralysie et amputation qui rendent dépendants ces personnes atteintes. Selon l'organisation mondiale de la santé, Les accidents de la route entraînent environ 1,25 million de décès par an,Pour cela la sécurité des véhicules et de nos routes reste une priorité de tous les jours.

Bien que les statistiques ne permettent pas de déterminer avec certitude les causes des accidents survenus sur la route, il est certain que, parmi les facteurs distingués habituellement, le facteur humain est primordial, II est donc important de savoir ce qui se passe au niveau du conducteur impliqué dans la marche d'un véhicule.

Avec les nouvelles technologies de plus en plus présentes sur les voitures neuves, il devient plus important de bien Controller le comportement de conduite des chauffeurs, surtout pour les sociétés qui possèdent un parc de véhicules important, afin d'assurer sa fiabilité à long terme.

Dans ce projet, on à faire la conception et la réalisation d'une carte électronique, qui aide les sociétés à superviser le comportement de ses chauffeurs pendant leur conduite, pour qu'ils soient capables de les classer par catégories.

Cette carte électronique doit être placée sur le véhicule pour récolter les valeurs des accélérations pendant une longue durée, qui peut dépasser un mois, et enregistrer ces données dans une carte mémoire. Ensuite la société peut récupérer cette carte mémoire pour l'analyse des données via une interface MATLAB qu'on l'a avait conçu pour ce but.

Le premier chapitre est consacré à présenter quelque solution existants qui assiste le chauffeur pour améliorer sa qualité de conduite.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la partie électronique de notre projet en expliquant les différentes étapes de la réalisation de notre carte électronique.

Et en finissant par le dernier chapitre, qui présente la partie programmation dans notre projet. On à expliquer les deux partie de programmation, la programmation de la carte électronique elle-même et la programmation d'une interface utilisateur pour analyser les données récoltées, et on termine par quelques des tests, des résultats et des explications.

Chapitre I :

Généralités

I.1. Introduction

Dans les voitures modernes, il y a beaucoup de systèmes qui aident le conducteur à conduire ces systèmes dépendre de différentes techniques de surveiller et de mettre en évidence le mouvement de la voiture elle-même et la voiture du trafic et même pilote de circulation à l'intérieur.

I.2. Les systèmes de surveillance

Les statistiques des accidents de la route montrent que la cause d'un nombre important d'accidents est la condition physique du conducteur. Plusieurs grands constructeurs travaillent activement sur une variété de systèmes de surveillance de l'état du conducteur, au moins notifier l'apparition de la condition humaine dangereuse et, au maximum, d'intervenir dans le contrôle du véhicule et de prévenir les accidents.

I.2.1 La société Volkswagen

I.2.1.1 System de surveillance périphérique «Front Assist»

Le système de surveillance périphérique «Front Assist» détecte les situations d'écart critiques au moyen d'un capteur (radar/laser) et aide à réduire la distance de freinage. Dans les situations dangereuses, le système avertit le conducteur, grâce à des signaux optique et acoustique et par un freinage préventif. «Front Assist» fonctionne indépendamment de la régulation automatique de distance.

«Front Assist» réagit à deux niveaux face aux situations de rapprochement critiques : au premier niveau, le système d'assistance avertit le conducteur avec des signaux sonore et optique de la présence de véhicules devant lui freinant fortement ou roulant lentement et donc du risque de collision qui s'ensuit. Dans le même temps, le véhicule est «préparé» à un freinage d'urgence. Concrètement, ceci signifie que les plaquettes de frein sont doucement pressées contre les disques sans provoquer de décélération du véhicule et le comportement de déclenchement de l'assistant de freinage hydraulique est activé, celui-ci étant alors plus sensible.

Si le conducteur ne réagit pas à l'avertissement, son attention est attirée, au deuxième niveau, sur la menace de collision par une courte pression sur les freins et en augmentant le

comportement de déclenchement de l'assistant de freinage. Si le conducteur appuie alors sur le frein, il dispose immédiatement de la pleine puissance de freinage. Si le freinage n'est pas suffisamment puissant, Front Assist augmente la pression de freinage jusqu'au niveau nécessaire pour que le véhicule puisse s'arrêter avant l'obstacle.

En fonction du véhicule, Front Assist propose deux autres fonctions. Dans ce cas, Front Assist effectue de lui-même un freinage partiel automatique après l'avertissement de collision, qui est suffisant pour freiner le véhicule et attirer de nouveau l'attention du conducteur. Dans des situations où une collision est inévitable, le système de freinage d'urgence automatique aide également le conducteur. «Front Assist» freine le véhicule au niveau maximal pour réduire la vitesse de l'impact et pour minimiser la gravité de la collision autant que possible. [1]

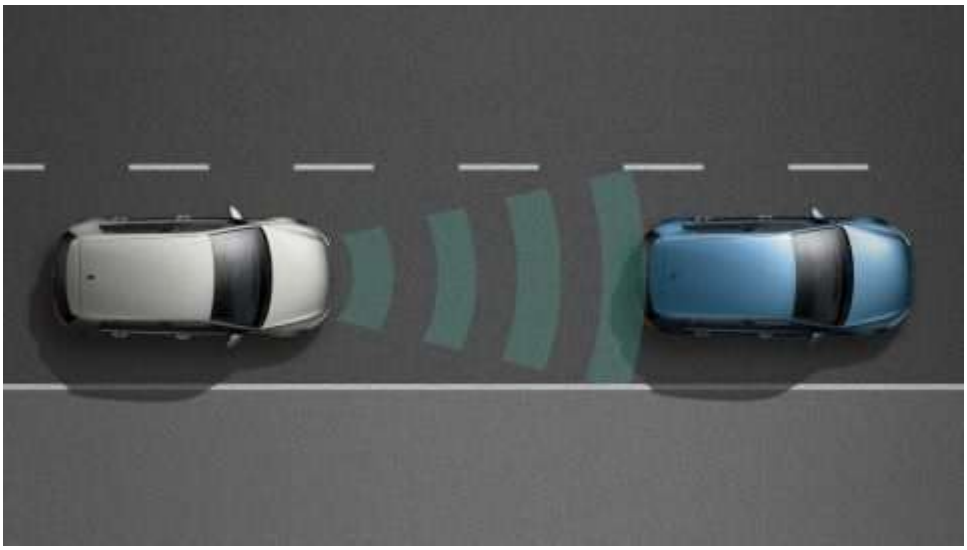


Figure I.1.*Front Assist[1]*

I.2.1.2 Système de freinage d'urgence en ville

La fonction de freinage d'urgence en ville aide le conducteur à des vitesses inférieures à 30km/h. Si le conducteur ne remarque pas un obstacle, le système ralentit automatiquement le véhicule pour réduire la vitesse de l'impact. Dans le meilleur des cas, ceci permet d'éviter entièrement les collisions. [2]

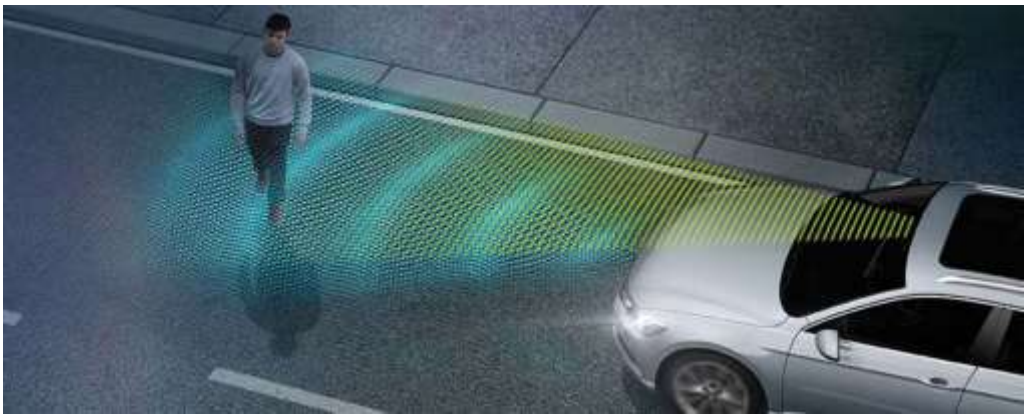


Figure I.2. *Freinage en ville [2]*

I.2.2 La société Ford

I.2.2.1 Système d'évaluation de charge

C’est un système surveiller les indicateurs de santé, destiné pour réduire la distraction et la fatigue. La contrainte physique du conducteur est évaluée par le traitement des ensembles de paramètres :

- le mouvement du véhicule (vitesse, accélération longitudinale et latérale)
- actions du conducteur (l'angle du volant, l'accélérateur et la pédale de frein)
- l'état des routes (densité de trafic, la nature de la surface de la route);
- paramètres biométriques (fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, la Température de la peau).

Si la charge sur le conducteur est suffisamment élevé, le système prend des mesures pour réduire le stress, y compris démarre automatiquement la fonction de blocage du téléphone mobile des appels entrants (la fonction "Ne pas déranger").Dans le système d'estimation de la charge du conducteur, on utilise les capteurs biométriques suivantes :

- un capteur piézo-électrique dans la ceinture de sécurité pour la surveillance du taux de respiration.
- un capteur sur le volant de direction pour mesurer la fréquence cardiaque
- des capteurs infrarouges sur la jante du volant pour mesurer la température du repose-mains

- un capteur infrarouge derrière le volant de direction, pour mesurer la température de la personne.

Un autre domaine d'utilisation de capteurs biométriques liés au contrôle de la condition physique des conducteurs âgés, ainsi que les conducteurs de maladies chroniques. Dans ce sens, travaillant simultanément que les entreprises automobiles. Tout de même Ford propose de surveiller l'état des conducteurs d'âge à l'aide de capteurs de fréquence cardiaque intégré dans le siège. Il est basé sur la technologie de l'électrocardiogramme qui surveille cœur des impulsions électriques et détermine les troubles (par exemple, une crise cardiaque), ainsi que des symptômes d'autres maladies (par exemple, l'hypertension) rapidement. [3]

I.2.3 La société Jaguar Land Rover

La société Jaguar Land Rover propose de surveiller l'état du conducteur à l'aide de capteurs biométriques intégrés dans le siège du conducteur.

Le système de surveillance de bien - être pilote capteurs sont utilisés dans la fréquence respiratoire et le pouls. Si le système détecte des problèmes de santés graves ou une excitation excessive du conducteur, des mesures doivent être prises pour assurer la sécurité. Quand le stress sont régis par un rafraîchissement interne, le système audio et de la climatisation. Dans le cas d'une maladie soudaine et grave appelle la situation d’urgence, et la voiture s'arrêtera automatiquement. [3]

I.2.4 La société Audi

En 2016, Audi a présenté le projet Fit Driver sous la devise « Mon Audi prend soin de moi." Les paramètres vitaux du pilote, tels que la fréquence cardiaque et la température sont contrôlées par l’intermédiaire d’appareils portatifs (bracelet de formation ou Smart Watch). Ces données sont complétées par des informations sur les conditions de style de conduite, la fréquence respiratoire, météorologiques et routières fournies par différents capteurs automobiles. Pris ensemble, les données nous permettent de déterminer l'état actuel du conducteur, y compris la fatigue ou de stress accru.

À la suite d'une évaluation complète de la condition physique des différents systèmes de véhicules sont utilisés pour les loisirs, la restauration et la protection du conducteur : sièges de

massage, silencieux téléphone de mode, le contrôle du climat, système d'info divertissement adaptatif, éclairage adaptatif intérieur. À l'avenir, Audi prévoit d'utiliser des systèmes de sécurité active. [3]



Figure I.3. *Audi Fit Driver*

I.2.5 La société Ferrari

Ferrari a obtenu une technologie brevetée qui permettent d'évaluer le niveau de la tension du conducteur pour changer les ondes cérébrales. Cerveau activité bioélectrique mesurée à l'aide de capteurs sans fil intégrés dans le siège de l'appuie-tête du conducteur. En fonction de l'état du conducteur est fait de diminuer l'alimentation en carburant et la stabilisation automatique de véhicule automobile.

Dans cette direction travaille Jaguar Land Rover. Système Mental Sensé détecte quand un conducteur est distrait ou de tomber endormi au volant sur l'activité cérébrale. Cerveau humain établi génère plusieurs impulsions de fréquences différentes du cerveau. Constamment impulsions de mesure peuvent être estimées que le conducteur concentré (hésité, se sont endormis ou distraits).

La surveillance des ondes cérébrales produites par les capteurs intégrés au volant. Si l'activité du cerveau indique la somnolence ou le manque de concentration du conducteur, le volant ou à la pédale d'accélérateur vibrer, attirant l'attention sur la conduite. Si du côté du conducteur n'a pas réagi, sert une alarme visuelle et sonore. [3]

I.2.6 La société Toyota

Pour surveiller les indicateurs vitaux utilise des capteurs sur la jante du volant de direction : suivi des électrodes et des capteurs optiques pour évaluer la conductivité des palmiers de la fréquence cardiaque. État du conducteur système de surveillance liés pour le système de freinage d'urgence qui vous permet d'arrêter la voiture dans le cas d'une crise cardiaque, ainsi que le système de navigation, qui ouvre automatiquement la voie à l'établissement médical le plus proche. Le système permet de déterminer l'apparition d'une crise cardiaque à un stade précoce et éviter ainsi un accident. [3]

I.2.7 La société BMW

Le groupe BMW travaille sur avertissement pilotes de la technologie, les personnes atteintes de diabète, pour augmenter les niveaux de sucre dans le sang. Dispositif pour mesurer le taux de sucre dans le sang est connecté au téléphone intelligent, qui à son tour est connecté par Bluetooth avec le système multimédia pour voiture. L'écran affiche le système d'information avertissant le conducteur du danger de perte de conscience en raison de taux de sucre dans le sang. Dans l'avenir, les paramètres mesurés seront automatiquement transférés au médecin du conducteur. [3]

I.3. Eco Driving

Le concept d'EcoDriving est apparu il y a plus de 10 ans, et il n'a rien à voir avec la protection de l'environnement. Mais étroitement liée à la protection de soi et des autres conducteurs, en réduisant les coûts d'amortissement et de la qualité du transport.

I.3.1La solution de conduite Eco

La société a développé un outil pour évaluer le comportement de conduite avec un nom logique «Eco Driving». Avec cette application, l'opérateur peut voir l'évaluation objective de la qualité des rapports à la conduite du véhicule pour un voyage, et pour la période globale de temps. Eco Driving vous permet également d'afficher des informations générales sur le style

de conduite des unités de la flotte. L'application est disponible pour tous les clients de la société, en collaboration avec le système de suivi des véhicules.

La conduite algorithme d'évaluation est fondée sur la base de données de dispositifs télématiques c. La base de calcul des indicateurs tomber la vitesse, l'accélération rapide, freinage et virage, ainsi que de prendre en compte une violation arbitraire: pour l'analyse, vous pouvez utiliser les valeurs de tous les capteurs à ajouter à l'évaluation de la qualité des violations de conduite paramètres arbitraires. Pour chaque objet, vous pouvez personnaliser le système d'amendes.

La clé de la qualité de conduite est conduite silencieuse et équilibrée. Calme ne signifie pas lent. Ceci est un contrôle optimal delà réduction de l'accélération et le freinage inutile.

Dans le processus de création d'une application Eco Diving nous avons posé une question logique: ce qui affecte la qualité de la conduite? Et ses dépouilles (qualité)? Interviewé plusieurs clients réels, nous avons identifié les points suivants à poursuivre pendant la conduite:

La sécurité de la voiture.

La sécurité routière.

Économie de carburant.

La conduite agressive (par exemple, l'accélération et le freinage forte), altèrent non seulement l'état de la voiture elle-même, mais aussi pour tout ce qu'il est. Et ceci : le conducteur, les passagers, le fret, etc.

Ainsi, dans le cas d'accélération soudaine, en particulier angulaire, la force d'inertie provoque la charge de se déplacer hors de synchronisation avec la voiture, en raison de laquelle la cargaison peut arriver à la destination endommagée. Et si les produits coûteux, sa prestation et la qualité exacte est le principal critère de conduite.

La conduite sécuritaire (en particulier pour éviter les accidents) - il est également l'un des principaux critères pour l'analyse de la qualité de conduite parce dans le cas d'un accident que le conducteur est également responsable de son employeur. Après tout, avec un grave accident de voiture longtemps à tomber sur le processus de travail, et sur les marchandises dans ce cas, le plus probable, il faut oublier : il ne sera pas livré à temps, la présentation sera perdue, et le produit ne convient généralement pas pour une utilisation ultérieure. [4]

I.4. Enregistreur de données

Différant type de système de surveillance existent, qui peuvent être utilisée pour enregistrer des informations concernant l'activité du conducteur, l'état du véhicule et le trafic, et fournir des informations au conducteur ou a d'autre personne par exemple (employeur, parant, administration routière ou compagnies d'assurance. Elles recouvrant par exemple les boites noires accidentologies qui comme les boites noires installées dans les avions, peuvent fournir des informations concernant les conditions ayant précédé un accident, les boites noires comportementales, telle les tachygraphes, déjà utilisé dans les véhicules commerciaux pour surveiller les vitesses et les heurs de conduite des chauffeurs, et suivre la marchandise (OCDE et CEMT, 2006).le système SAGA, développé en Islande, en est un exemple Il permet de suivre et de transmettre la localisation du véhicule, son utilisation sa vitesse comparée à la vitesse limité locale ainsi que d'autre caractéristiques de la conduite.

Ce système est actuellement utilisé sur les flottes de 70 sociétés et a conduit à une réduction significative des accidents enregistrés (OCDE et CEMT, 2006).

Reste à savoir comment ces systèmes pourraient être employés pour réduire le risque des conducteurs. On peut supposer que les questions de respect de la vie privé et de l'intrusion excessive de l'état dans les activités de chacun conduiront à des pressions pour que ces systèmes ne soient employés que sur une base volontaire. Mais des incitations économiques, comme des réductions de primes d'assurance, pourraient être utilisées pour inciter à les utiliser. Dans certains cas également, des parents pourraient être utilisé pour inciter à les utilise. Dans certains cas également, des parents pourraient insister pour que certaines technologies soient installées dans les véhicules utilisés par leurs enfants.

Un projet pilote (Heinzmann et Schade 2003) a examiné si la présence d'enregistreurs de données dans les véhicules des jeunes conducteurs avait un effet préventif . En induisant une conduite plus respectueuse de la loi et plus prudente. Les résultats ont montré que la présence d'une boite noir n'avait pas d'effet significatif sur la fréquence des accidents ni sur la fréquence des infractions. Néanmoins, les jeunes conducteurs participaient sur une base volontaire et étaient assurés que les données de la boite noire (infractions avant accidents, par exemple) seraient sans conséquences négatives.

Une étude est en Danemark quant à l'efficacité des ISA (système d'adaptation intelligente de la vitesse) en termes de réduction du risque chez les jeunes conducteurs. Cette

étude, à laquelle participent l'université d'Aalborg, le comté de Nord-Jutland, la compagnie d'assurance Topdanmar et la Danish Road Safety Transport Agency, inclura le développement d'une nouvelle génération d'équipements et de logiciels d'ISA.la création de cartes numériques des limitations de vitesses avec les application internet associées ,ainsi qu'une expérimentation sur trois ans impliquant 300 jeunes conducteurs. L'objectif est de mieux comprendre les effets possibles de cette technologie sur les jeunes, y compris le changement de comportement qui pourrait résulter de réductions offertes par les assureurs en échange de l'installation et de l'utilisation de ces systèmes (Schmidt Nielsen et Lahrmaan 2005).

La compagnie d'assurance utilise d'ors et déjà des incitations financières liées à l'usage d'une boite noir et ciblant spécifiquement les jeunes conducteur hommes.

Des études sont également en cours quant à l'usage de boites noires enregistrant l'heure à laquelle le véhicule est utilisé, ce qui permettrait aux assurances de tenir compte du moment de la journée auquel s'effectuent les déplacements (Association of british insurers 2005).

L'opération ''Belonitor'', opération expérimentale financée par le ministère hollandais des transports, des travaux publics et de la gestion des eaux, s'est intéressée aux bénéfices des récompenses accordées en fonction des ''bons'' comportements au volant. Le projet consiste à équiper les voitures de location de matériel enregistrant les excès de vitesse du conducteur ou les interdistances trop faibles avec le véhicule qui précède ; ces informations sont également communiquées au conducteur. Sur la base de ces résultats, la société de location pourrait accorder des ''récompenses'' à ses clients (Infrasite 2006). Des projet analogues sont envisagés actuellement en Amérique du nord et pourraient vraisemblablement être étendus au-delà des seules voitures de location. [5]

I.5 Conclusion

Certaines applications technologiques ont un grand potentiel en termes de réduction du risque pour les conducteurs.

Les systèmes de surveillance dans la voiture à un grand rôle dans la protection du conducteur des dangers des accidents, dans ce chapitre, nous avons parlé des différentes sociétés qui ont adopté ces systèmes qui ont aidé le conducteur à conduire sa voiture avec tout le confort.

Chapitre II :

Conception et réalisation de la carte électronique

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la partie matérielle de notre réalisation, qui est une carte électronique sert à évaluer le comportement, en accélération, du conducteur d'un véhicule. Ce procédé consiste à déterminer les accélérations , sur les trois axes(longitudinal, vertical et transversal), du véhicule, à fixer les valeurs de seuil pour ses accélérations, à comparer ses accélérations avec les valeurs de seuil, et à base de cette comparaison, générer un classement des chauffeurs, prenant en compte les accélérations anormales enregistrés pendant une long période d'enregistrement en plaçant un dispositif qui surveille et enregistre toutes les accélérations appliquées au cours du processus de conduite.

Pour expliquer les détails de fonctionnement de ce projet, on va représenter la partie hardware qui va illustrer les déférentes composantes électroniques utilisées et les liaisons entre eux.

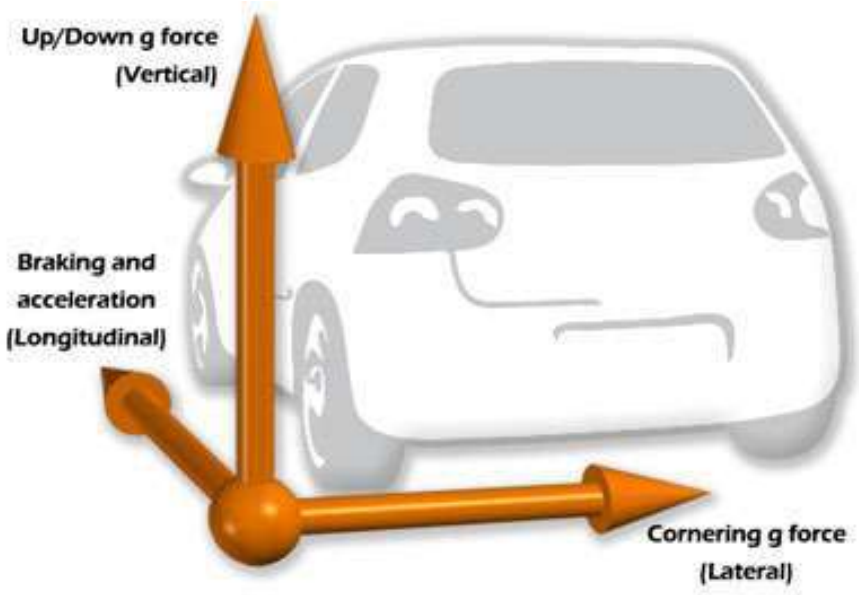


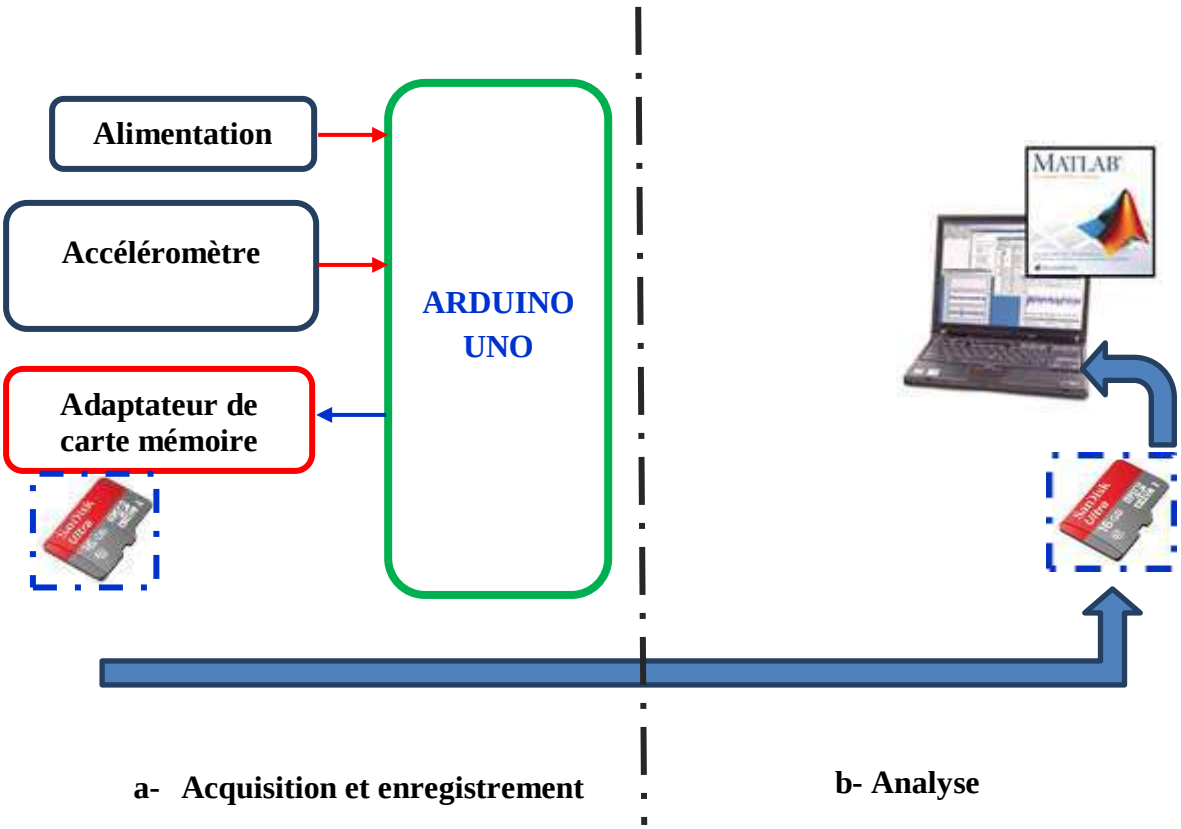
Figure II.1.*Les accélérations à mesurer*

II.2 Fonctionnement du système

L'évaluation de comportement de conduite du chauffeur basée sur deux étapes :
l'acquisition et l'enregistrement des accélérations, et l'analyse de ces données.

L'acquisition des accélérations (longitudinal, vertical et latéral) qui est faite par la carte électronique réalisée. Cette carte nous permet de mesurer et enregistrer les accélérations subi par le mouvement de véhicule selon les trois axes (x, y, z), nous avons installé un accéléromètre de type ADXL335 relié à une carte électronique programmable (Arduino) pour faire la conversion des grandeurs analogique des accélérations vers des grandeurs numérique, puis on enregistre ces valeurs dans une Carte SD qui est monté dans un lecteur de carte mémoire attaché avec la carte électronique. L'enregistrement des valeurs numériques des accélérations sur les trois axes se fait à des intervalles de temps constants (chaque 0.2 second) pendant une long période qui peut aller jusqu'à un mois.

Les données stockées dans la carte mémoire seront analysées à l'aide de notre programme



MATLAB au niveau d'un ordinateur (chap3).

Figure II.2. *Schéma synoptique du projet*

II.3. Acquisition des données

L'acquisition des données au cours de processus de conduite est l'étape principale pour évaluer la qualité de conduite d'un chauffeur, cette étape fait par l'ADXL335 qui est utilisé dans notre dispositif.

II.3.1 Accéléromètre ADXL 335

Un accéléromètre est un capteur qui, fixé à un mobile ou tout autre objet, permet de mesurer l'accélération linéaire de ce dernier. On parle d'accéléromètre même lorsqu'il s'agit en fait de 3 accéléromètres qui calculent les accélérations linéaires selon 3 axes orthogonaux.

Bien que l'accélération linéaire soit définie en m/s^2, la majorité des documentations sur ces capteurs exprime en « g » (environ $9{,}81 m.s^{-2}$) l'accélération (comme celle causée par la gravitation terrestre).

Le principe de la plupart des accéléromètres est basé sur la loi fondamentale de la dynamique :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Avec :

- F : force (N),
- m : masse (kg),
- a : accélération ($m.s^{-2}$).

Plus précisément, il consiste en l'égalité entre la force d'inertie de la masse sismique du capteur et une force de rappel appliquée à cette masse.

Les caractéristiques principales d'un accéléromètre sont :

• La Dynamique : s'exprime en g : de -/+1g à -/+250g En fonction des applications.
• L'Interfaces : analogique ou numérique (SPI/I2C).
• Le Nombre d'axes : 1 à 3 axes, parfois plus, mais on parle d'accéléromètre et de gyroscope.
• La Consommation : capteurs destinés aux objets portables (bracelet, etc..) : donné souvent en µA ou mA.

Pour notre projet on à utiliser L'accéléromètre 3 axes ADXL335, qui est de très petite taille et consomme très peu d'énergie, en faisant un composant idéal pour les applications embarquées. Il est capable de mesurer des accélérations sur une plage de ±3 g, ainsi que l'accélération statique (gravité) pour les applications de détection d'inclinaison. Il peut aussi

mesurer l'accélération dynamique résultant du mouvement, des chocs ou bien des vibrations. [6]

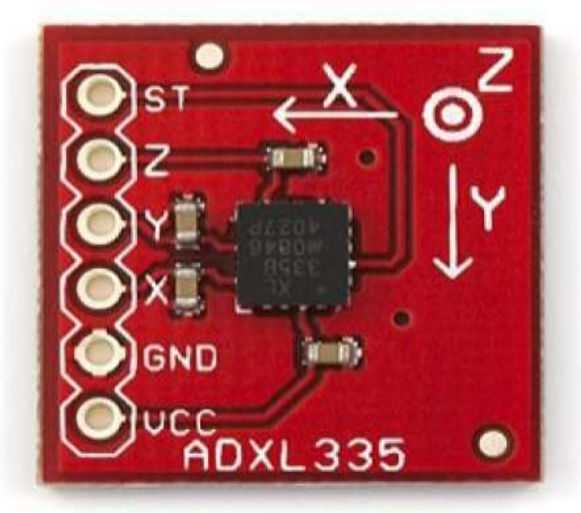


Figure II.3*.ADXL335*

II.3.1.1 La structure interne d'ADXL335

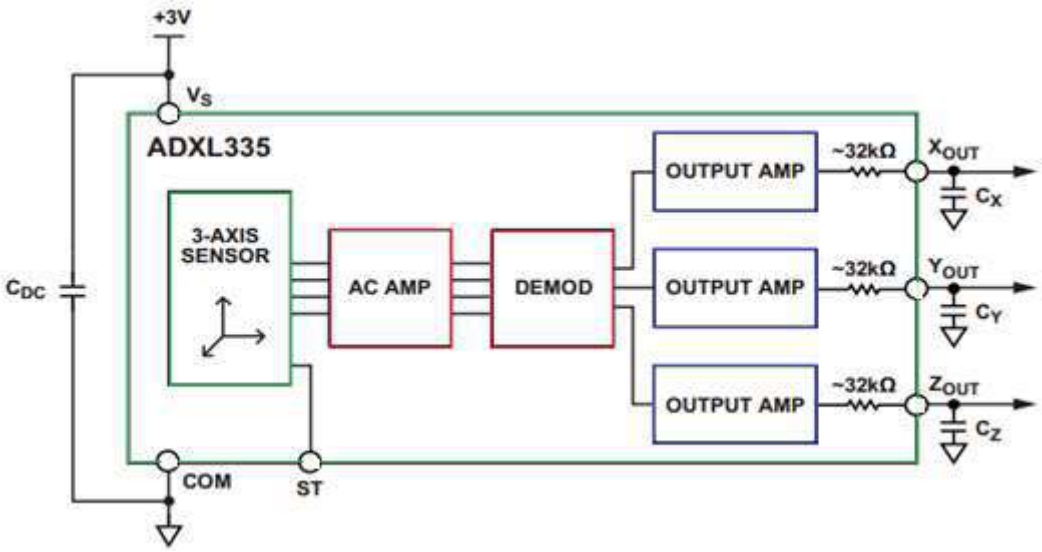


Figure II.4*.la structure interne de ADXL335 [7]*

II.3.1.2Les caractéristique de l'ADXL335

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT	Each axis				
Measurement Range		±3	±3.6		*g*
Nonlinearity	% of full scale		±0.3		%
Package Alignment Error			±1		Degrees
Interaxis Alignment Error			±0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity[1]			±1		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC)[2]	Each axis				
Sensitivity at X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}	V_S = 3 V	270	300	330	mV/*g*
Sensitivity Change Due to Temperature[3]	V_S = 3 V		±0.01		%/°C
ZERO *g* BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 *g* Voltage at X_{OUT}, Y_{OUT}	V_S = 3 V	1.35	1.5	1.65	V
0 *g* Voltage at Z_{OUT}	V_S = 3 V	1.2	1.5	1.8	V
0 *g* Offset vs. Temperature			±1		mg/°C

Figure II.5.*Les caractéristique de l'ADXL335 [7]*

II.3.1.3 Branchement d'accéléromètre ADXL335

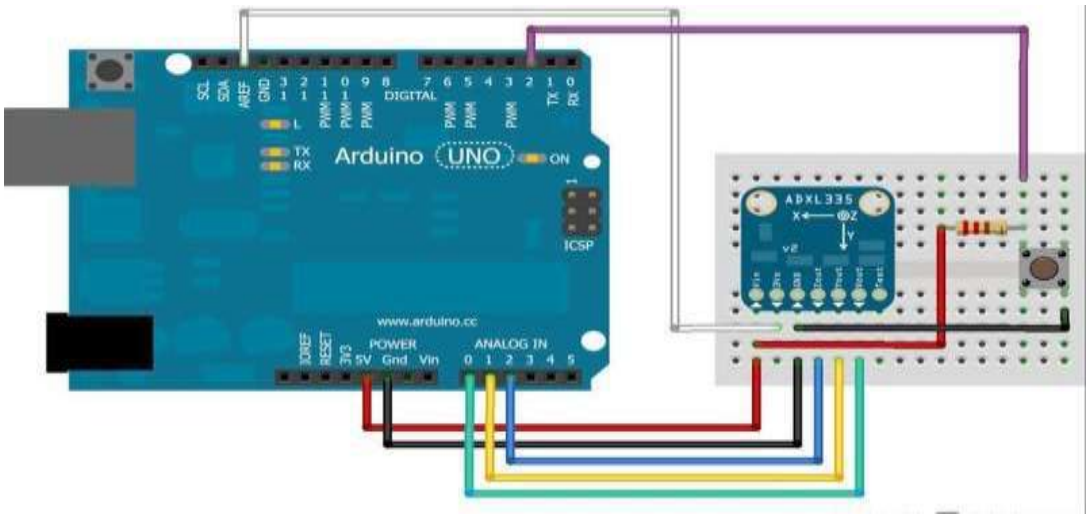


Figure II.6.*Branchement de l'accéléromètre sur Arduino*

II.3.2.4Fonctionnement d'accéléromètre ADXL335

- Ce capteur détecte l'accélération (mesurée en $m.s^{-2}$ ou en g) dans les axes x (axe avant/arrière), y (axe droite/gauche) et z (haut/bas).

- Ce capteur peut mesurer :

  - La gravité
  - L'inclinaison du capteur en combinant la mesure des 2 axes
  - Les mouvements
  - Les accélérations et décélérations
  - les chocs

- L'échelle de ce capteur est assez fine (+/-3g) et donc ce capteur a à priori une bonne sensibilité.

- plus l'échelle de mesure d'un capteur accéléromètre est faible, plus sa sensibilité est grande. [8]

II.3.2 La Carte ARDUINO

Les cartes Arduino, sont des cartes matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur (d'architecture ATmel AVR comme par exemple l'Atmega328p). Les schémas de ces cartes sont publiés en licence libre, cependant, certains composants, comme le microcontrôleur par exemple, ne sont pas en licence libre.

Le microcontrôleur peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage…), le pilotage d'un robot, de l'informatique embarquée, …etc.

II.3.2.1 L'ARDUINO UNO

Dix-sept versions des cartes de type Arduino ont été produites et vendues dans le commerce à ce jour.

Dans notre projet nous avons utilisé le type UNO.

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATMega328. Le microcontrôleur ATMega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C. [9]

L'intérêt principal des cartes ARDUINO (d'autres modèles existent) est leur facilité de mise en œuvre. ARDUINO fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source.

Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties courantes : gestion des E/S TOR, gestion des convertisseurs ADC, génération de signaux PWM, exploitation de bus TWI/I2C, exploitation des ervomoteurs,…ect.

II.3.2.2 Caractéristiques de la carte Arduino

Tableau II.1. *Caractéristiques de la carte Arduino*

Microcontrôleur	ATmega328p
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Pins d'E/S numériques	14(don't 6 fournissent une sortie PWM)
PWM digital I/O PINS	6
Goupilles d'entée analogiques	6
Courant continue par broche E/S	20mA
Courant continue pour broche 3.3V	50mA
Memoi re flash	32Ko(ATmega328P) Don't 0,5Ko utilize par bootloader
SRAM	2Ko (ATmega328P)
EEPROM	1KB (ATmega328P)
Vitesse de l'horloge	16MHz
LED_BUILTIN	13
Longueur	68,6mm
Largeur	53,4mm
Poids	25g

II.3.2.3 Schéma simplifié de la carte Arduino UNO

Les signaux d'entrée-sortie du microcontrôleur sont reliés à des connecteurs selon le schéma ci-dessous.

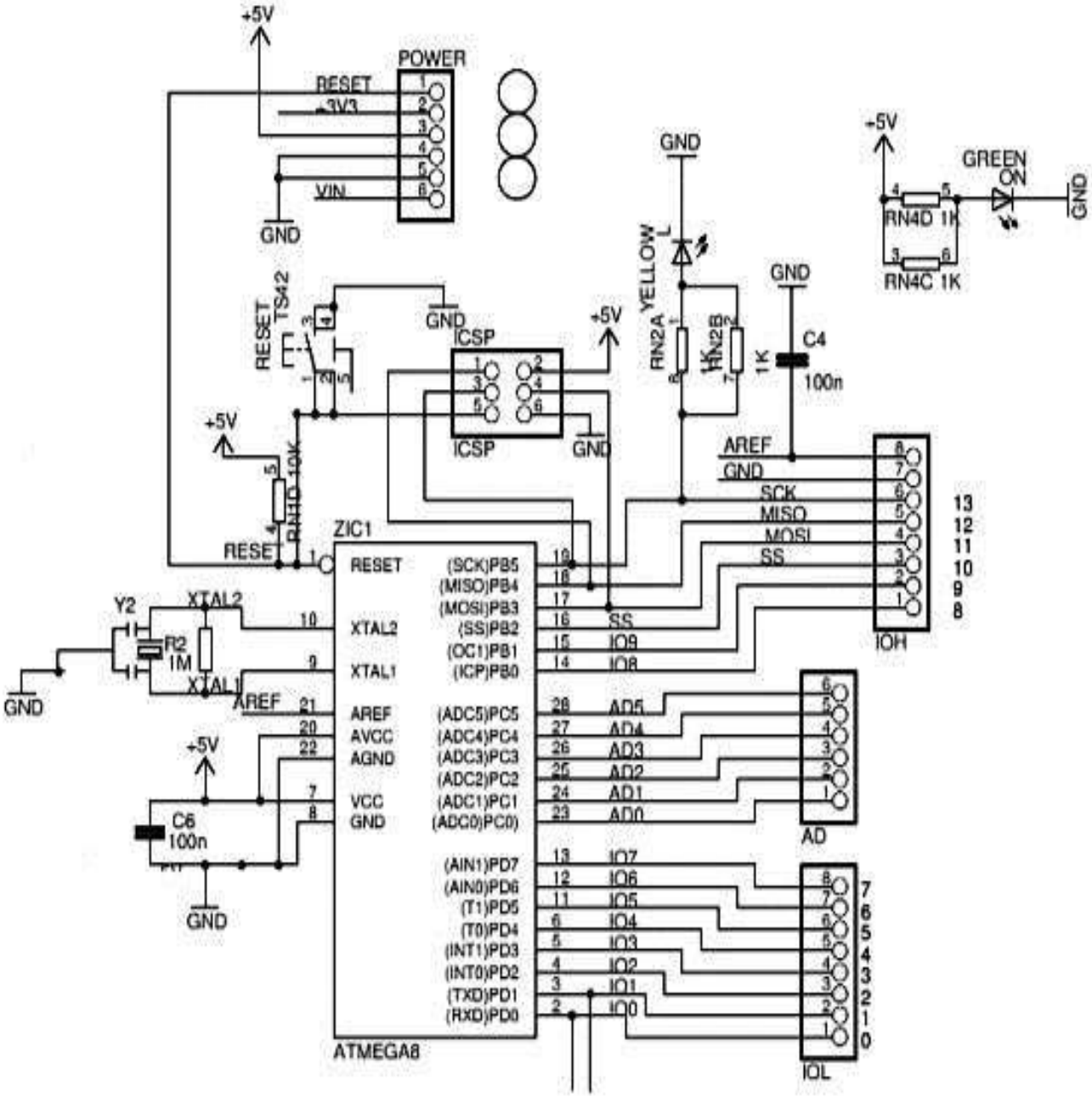


Figure II.7.*Schéma simplifié de la carte Arduino UNO [9].*

II.3.2.4 Les différents composants de l'Arduino UNO

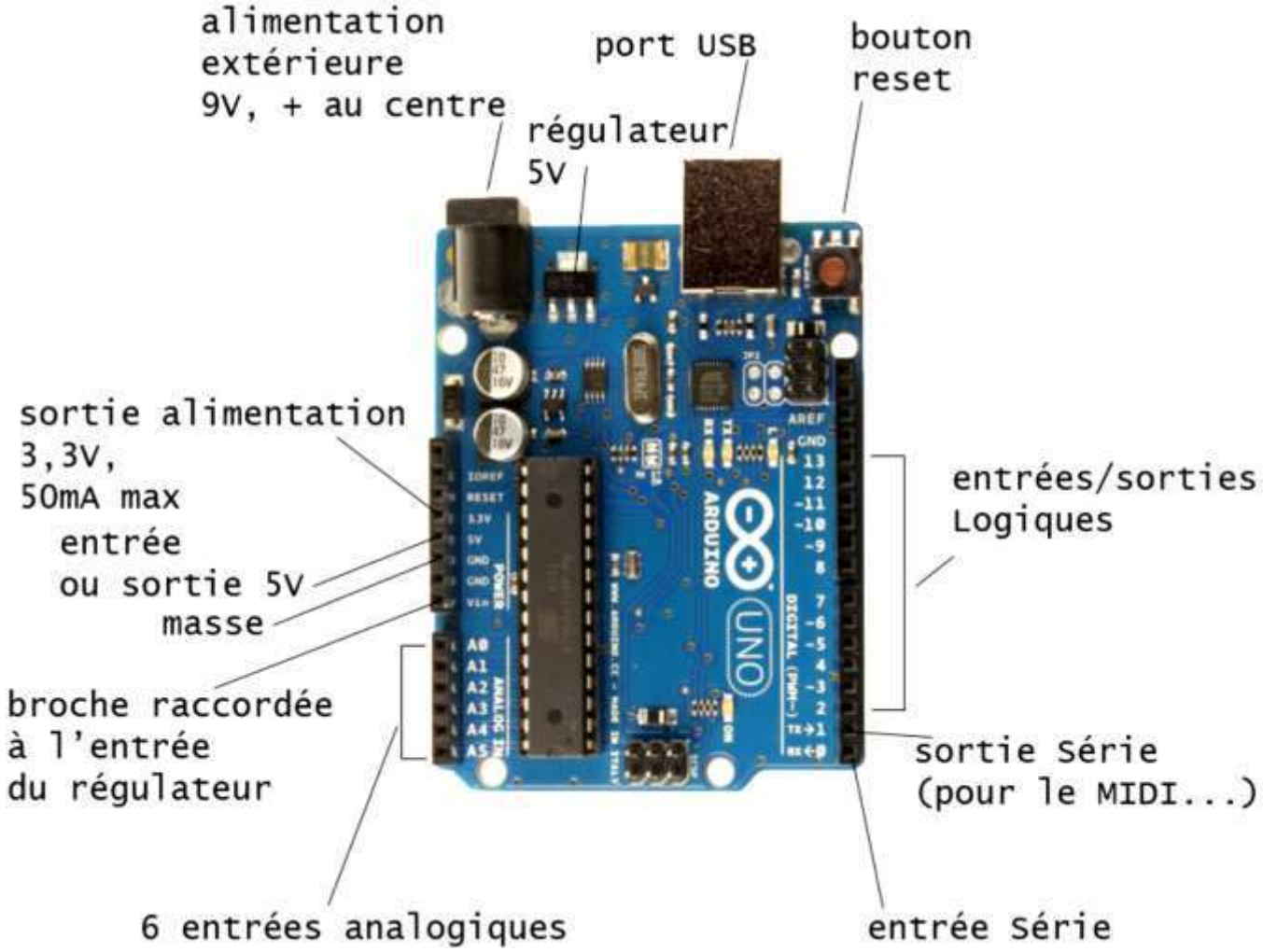


Figure II.8*.composants de la carte Arduino UNO.*

II.3.2.5 Microcontrôleur ATMEL ATMega328

Le microcontrôleur utilise sur la carte Arduino UNO est un microcontrôleur ATMega328. C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits.

Les principales caractéristiques sont :

- FLASH = mémoire programme de 32Ko
- SRAM = données (volatiles) 2Ko
- EEPROM = données (non volatiles) 1Ko
- Digital I/O (entrées-sorties Tout Ou Rien) = 3 ports PortB, PortC, PortD (soit 23 broches en tout I/O).
- Timers/Conters: Timer0 et Timer2 (comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16bits) Chaque timer peut être utilise pour générer deux signaux PWM. (6 broochesOCxA/OCxB).
- PWM = 6 brooches OC0A(PD6), OC0B(PD5), 0C1A(PB1), OC1B(PB3), OC2A(PB3), OC2B(PD3).
- Analog to Digital Converter (resolution 10bits) = 6 entrees multiplexes ADC0(PC0) a ADC5(PC5).
- Gestion bus I2C (TWI TwoWire Interface) = le bus est exploite via les broches SDA(PC5)/SCL(PC4).
- Port série (USART) = émission/réception série via les broches TXD(PD1)/RXD(PD0).
- Comparateur Analogique = broches AIN0(PD6) et AIN1 (PD7) peut déclencher interruption WatchdogTimer programmable.

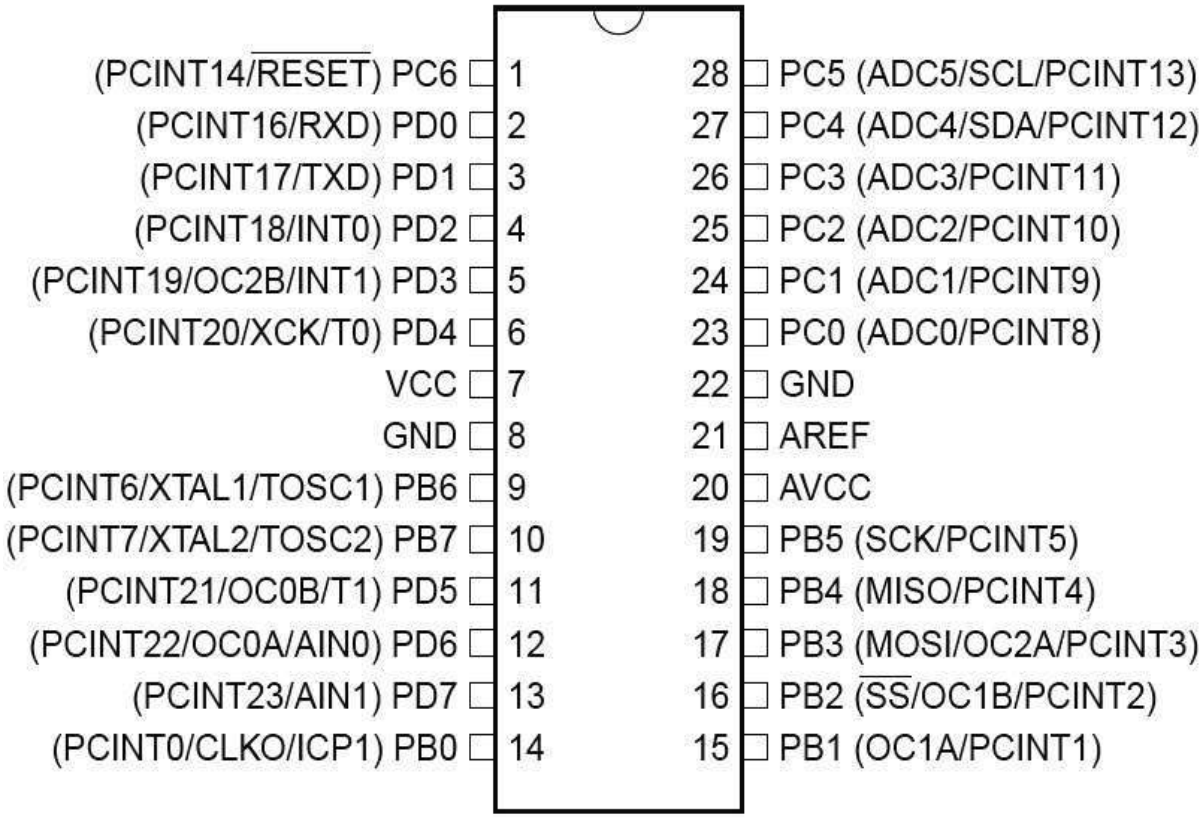


Figure II.9*.Schéma simplifié de l'ATMEL ATMega328 [9].*

*II.*4. Stockage des données

Pour faire traiter les données il faut les stocker premièrement, par conséquence dans notre projet nous avons choisir la carte SD pour enregistrer tous les accélérations subies par un mouvement de véhicule

II.4.1 Carte SD

Une carte SD (« SD » étant le sigle de l'expression en anglais « Secure Digital ») est une carte mémoire amovible de stockage de données numériques créée en janvier 2000 par une alliance formée entre les industriels Panasonic, SanDisk et Toshiba.

Les cartes SD sont utilisées pour le stockage de fichiers dans les appareils photo numériques, les caméscopes numériques, les systèmes de navigation GPS, les consoles de jeux vidéo, les téléphones mobiles dont les Smartphones, ou encore les systèmes embarqués. [10]



Figure II.10. *Carte SD*

Tableau II.2.*la capacité de la carte SD*

Standard	Capacité
SD	≤ 2 Go
SDHC	>2 Go – 32 Go
SDXC	>32 Go – 2To

Le standard SD originel (parfois appelé SDSC, SD Standard Capacity) permettait de réaliser des cartes d'une capacité jusqu'à 2 Go9. Officieusement, il existe des cartes SD 4 Go, appelé SD v1.1 ou non-HC, fabriqués notamment par TOPRAM10, ainsi que d'autres marques. Le standard préconise l'utilisation du système de fichiers FAT16 sur ce type de carte.

En 2006, une nouvelle spécification voit le jour : SDHC (SD High Capacity, soit haute capacité). Les cartes SDHC peuvent contenir de 4 Go à 32 Go9. Le standard SDHC préconise l'utilisation du système de fichier FAT32. En principe, tout lecteur SD sur lequel rien n'est indiqué quant à la compatibilité SDHC devrait accepter uniquement les cartes SD. [10]

II.4.2. Micro SD card Adapter

Le module de carte SD vous permet d'ajouter des capacités de stockage de données à votre Arduino pour environ trois dollars. Cela fait environ un certain temps, il y a plein de ressources Internet. Le module a six broches, deux pour la mise sous tension du module, le VCC et les broches GND, et quatre autres broches pour la communication SPI

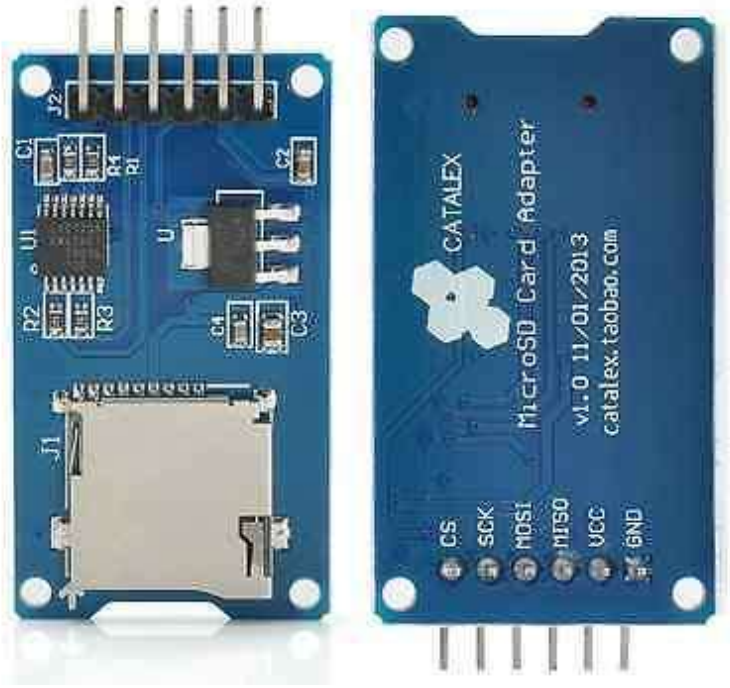


Figure II.11. *Micro SD card Adapter*

II.4.3 La liaison SPI

II.4.3.1. Origine

La sophistication et la complexité des appareils grand public ne permettent plus l'échange entre composants électroniques par liaisons parallèles, ces liaisons devenaient de plus en plus nombreuses et encombrantes. Dans ces systèmes à base de microcontrôleurs (téléphones mobiles...), les échanges de données entre les composants se font maintenant avec des bus série.

Dans le but de minimiser ces liaisons, et par conséquent d'en augmenter la fiabilité, a été créé le bus série **SPI** (**S**ynchronous **P**eripheral **I**nterface), initialement développé par Motorola.

D'autres fabricants (Microchip, Atmel, Texas Instrument...) ont adopté pour ce type de liaison et de nombreux composants sont apparus (mémoires, capteurs, microcontrôleurs ...) [11].

La liaison SPI (Serial Peripheral Interface) est un bus pour la transmission synchrone de données "série" entre un maître et un ou plusieurs esclaves (en théorie, il n'y a pas de limitations dans le nombre d'esclaves). La transmission a lieu en Full Duplex, c'est-à-dire que les données circulent simultanément dans les deux sens. Le maître génère l'horloge et initialise une transmission de données en sélectionnant l'esclave avec qui il veut communiquer. Chaque esclave est adressé par le maître par une ligne individuelle SS (Slave Select) et n'est actif que lorsqu'il est sélectionné [12].

Le bus SPI est composé de deux lignes de signal et deux lignes de données :

- Slave Select (SS).
- Horloge (SCK).
- Master Output, Slave Input (MOSI).
- Master Input, Slave Output (MISO).

II.4.3.2. Configuration du bus

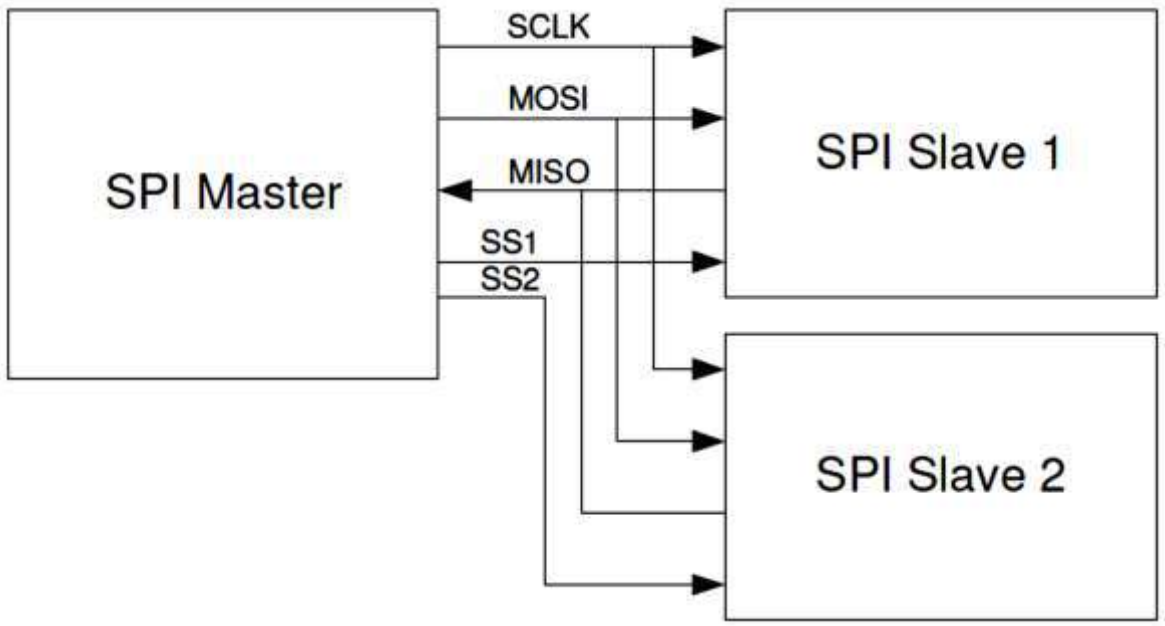


Figure II.12*.Le bus SPI.*

- **SCK** (Horloge) L'horloge est générée par le maître et sert à la synchronisation de tous les appareils connectés.
- **SS** (**S**lave **S**elect) Chaque esclave est adressé par le maître par une ligne individuelle SS. Le maître sélectionne un esclave donné en mettant sa ligne SS au niveau BAS. Le nombre possible d'esclaves au sein d'un tel système de bus n'est limité que par le nombre possible de raccordements SS du maître.
- **MOSI** (**M**aster **O**utput - **S**lave **I**nput) Sur la ligne MOSI le maître transmet des données à l'esclave.
- **MISO** (**M**aster **I**nput - **S**lave **O**utput) Sur la ligne MISO l'esclave transmet des données au maître.

II.4.3.4. Protocole du bus spi

Pour démarrer une transmission de données, le maître sélectionne un esclave en mettant sa ligne SS respective au niveau BAS. Ensuite, le maître transfert ses données dans le registre de sortie et rapidement après il commence à générer le signal d'horloge.

La transmission de données a lieu en Full Duplex en utilisant des registres à décalage aussi bien par le maître que par l'esclave. Avec chaque coup d'horloge le maître envoie sur la ligne MOSI une donnée à l'esclave pendant que l'esclave envoie simultanément une donnée au maître sur la ligne MISO Fig II. 13.

La transmission de données est terminée dès que la ligne SS est remise au niveau HAUT.

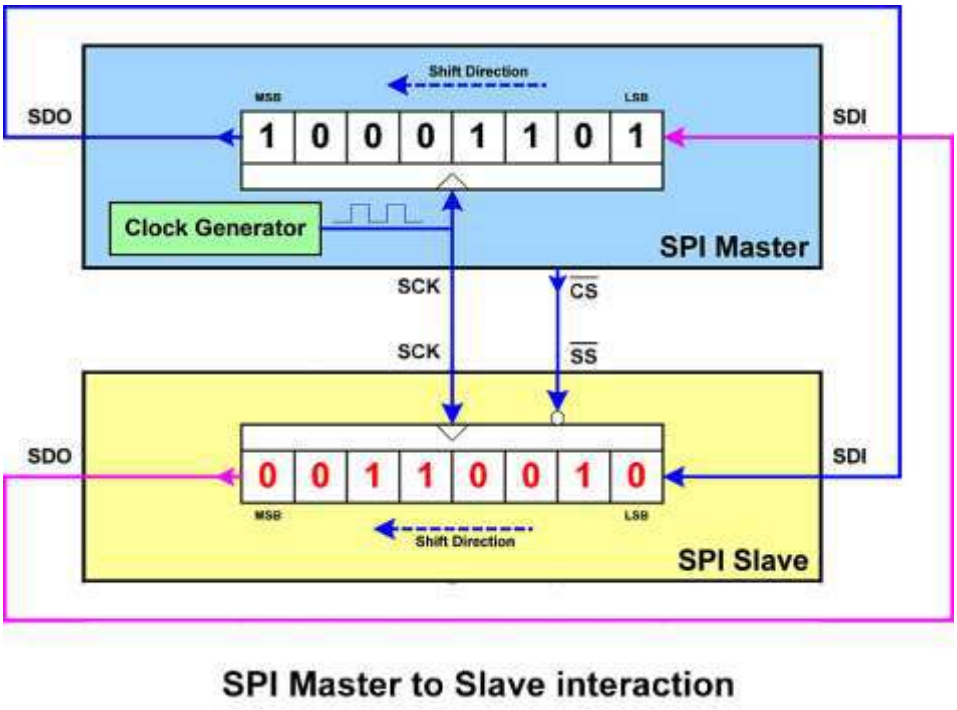


Figure II.13.*Transmission de données entre maître et esclave par registres à décalage. [12]*

Le protocole bus SPI détermine le type de signal d'horloge (SCK) grâce à deux paramètres : le bit de poids fort CPOL (Clock Polarity) et le bit de poids faible CPHA (Clock Phase). Ils en résultent quatre différents modes de transmission comme indiqués en Tab 1. Ces paramètres de réglage déterminent sur quel front d'horloge les données sont transmises, et à quel moment ces données peuvent être modifiées.

Pour une transmission de données correcte il est important que ces paramètres soient réglés de manière identique pour tous les appareils reliés au bus.

Tableau II.3. Modes de transmission SPI

Mode SPI	CPOL	CPHA
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

CPOL (Clock Polarity) Le CPOL détermine si au repos l'horloge est sur le niveau BAS (CPOL=0) ou HAUT (CPOL=1).

- **CPHA (Clock Phase)** Le CPHA détermine à quel front de l'horloge les données sont transmises. CPHA=0 signifie que les données sont valides au premier front d'horloge, CPHA=1 qu'elles sont valides au deuxième front.

Format du transfert de données :

a) CPHA = 0

Lorsque CPHA est mis à 0, les données sont valides au premier front du signal d'horloge. La polarité CPOL détermine s'il s'agit d'un front montant ou descendant. A CPOL=0, au repos, l'horloge est sur le niveau BAS ; le premier front est donc un front montant. A CPOL=1, au repos, l'horloge est sur le niveau HAUT ; le premier front est donc un front descendant.

Cependant, la polarité de l'horloge n'a pas d'influence sur le moment où le premier bit de données est valide et par conséquent n'a pas d'effet sur le format du transfert de données, comme indiqué en Fig. II. 14.

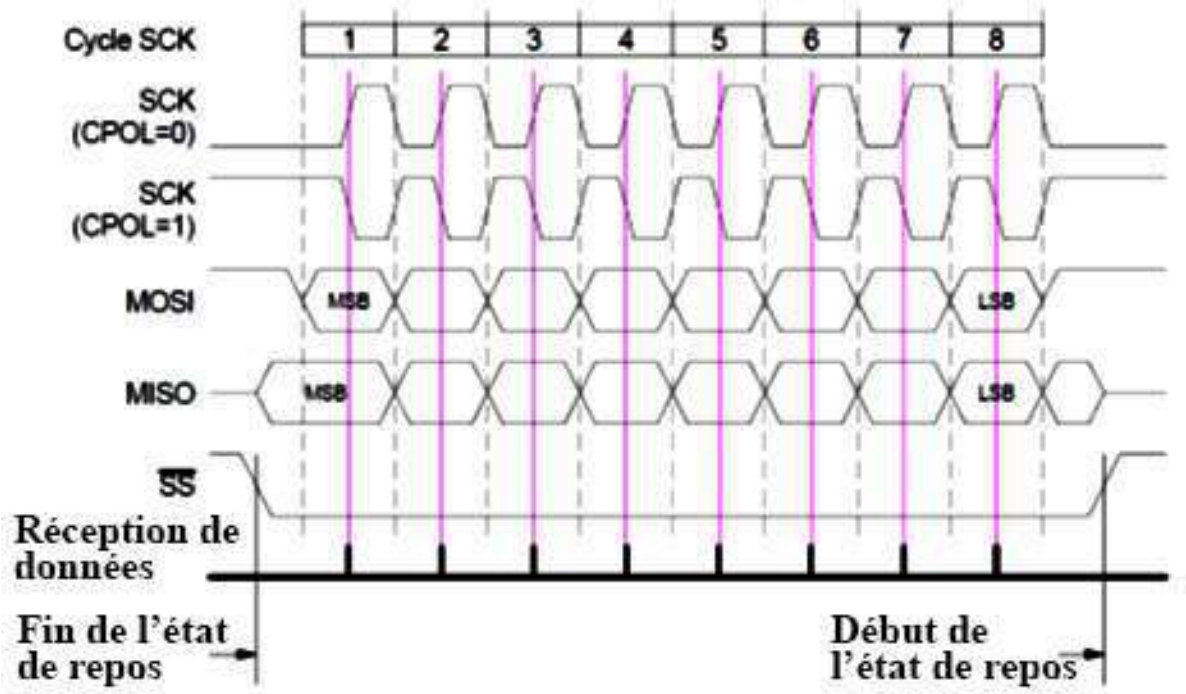


Figure II.14.*Exemple d'une transmission de données SPI de 1 octet pour CPHA=0[11].*

b) CPHA = 1

Lorsque CPHA est mis à 1, les données sont réceptionnées avec le deuxième front du signal d'horloge. La polarité CPOL détermine s'il s'agit d'un front montant ou descendant. Avec CPOL=0, au repos, l'horloge est sur le niveau BAS et monte au niveau HAUT après le premier front ; le deuxième front est donc un front descendant. Avec CPOL=1, au repos, l'horloge est au niveau HAUT et descend au niveau BAS après le premier front; le deuxième front est donc un front montant.

Cependant, la polarité de l'horloge n'a pas d'influence sur le moment où le premier bit de données est valide et par conséquent n'a pas d'effet sur le format du transfert de données, comme indiqué en Fig. II. 15.

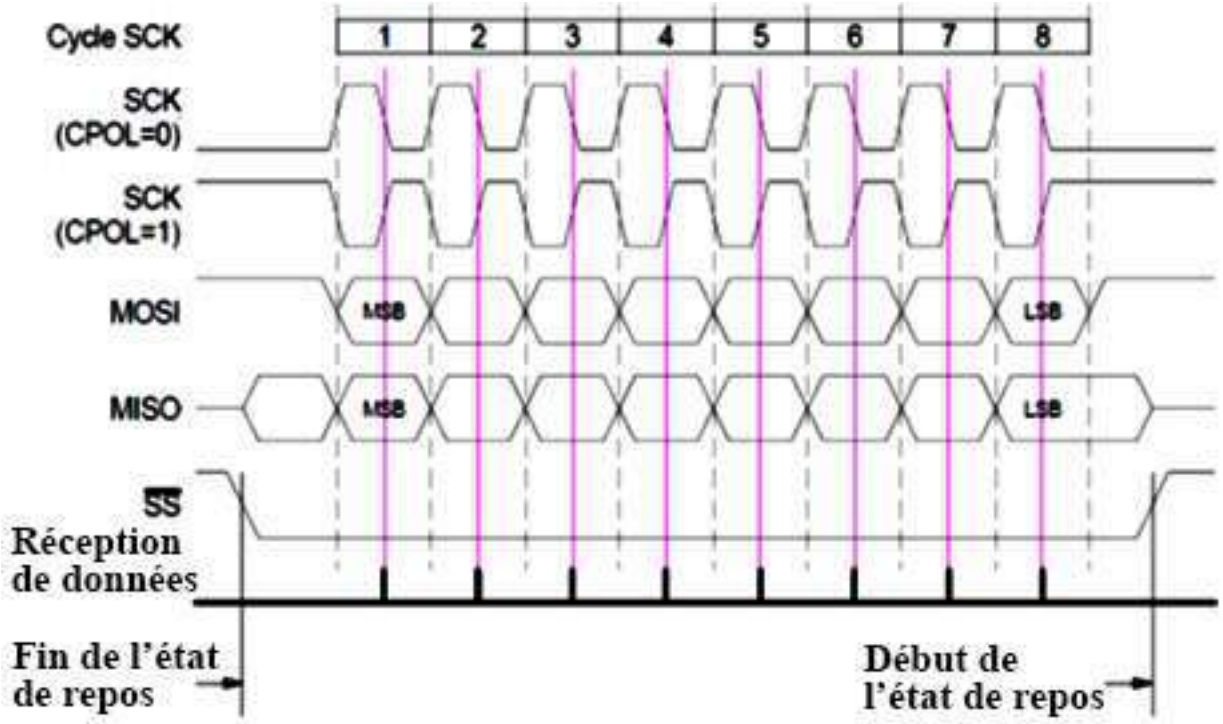


Figure II.15.*Exemple d'une transmission de données SPI de 1 octet pour CPHA=1 [11].*

II.4.4 Branchement d'un SD Card avec Arduino

- Les branchements à faire entre l'Arduino et l'adaptateur SD sont les suivants :
- Card Select (CS) sur pin 10
- Data In (MOSI) sur pin 11

- GND sur GND
- VCC sur 5V
- Clock (CLK) sur pin 13
- Data Out (MISO) sur pin 12

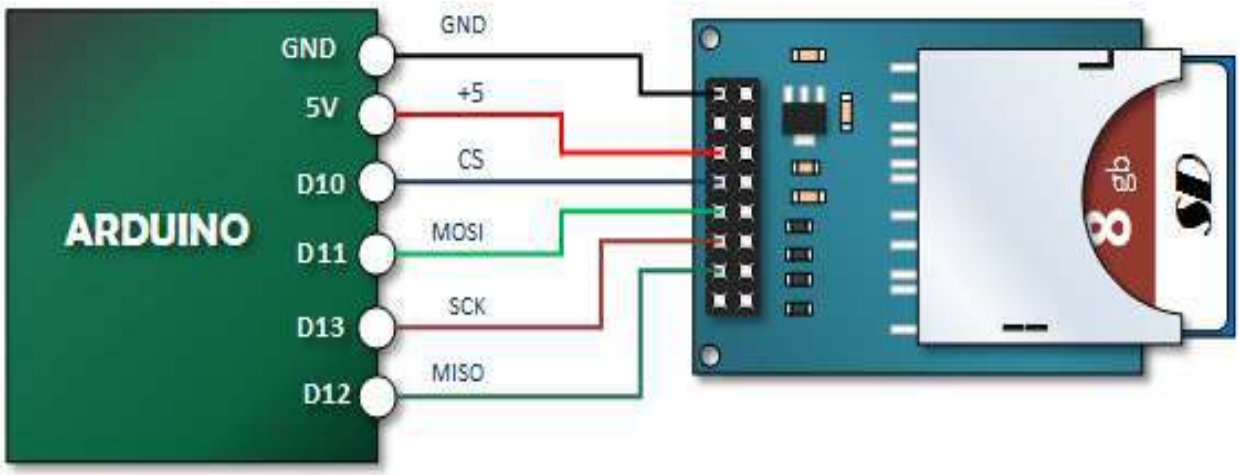


Figure II.16.*Branchement SD avec Arduino*

II.5. Alimentation

Il est nécessaire d'alimenter notre carte qui est placé à l'intérieur de compartiment de voiture et sachant que les sorties d'alimentation des voiture est de 12V, par conséquent nous avons installé un régulateur de tension pour se rendre l'alimentation désirée (5V) donc l'alimentation de dispositif est reliée avec l'électricité de voiture

II.5.1. Les régulateurs en circuit intégré

Il existe dans le commerce des régulateurs de tension linéaire sous forme de circuit intégré à trois broches. Ce genre de circuit est très simple d'utilisation : il suffit de brancher une broche à la masse, une autre vers la tension d'alimentation, et on obtient en sortie une tension régulée. Selon la puissance dissipée par le composant, fonction du courant consommé en sortie et de la chute de tension à ses bornes, il est quelquefois nécessaire de lui adjoindre un dissipateur. [13]

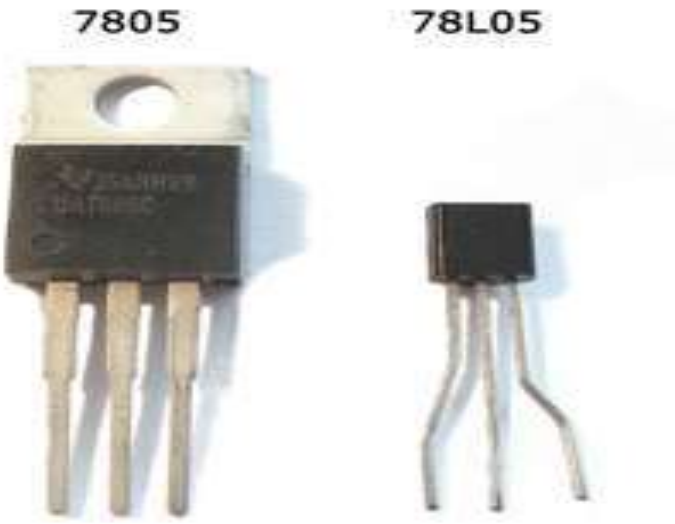


Figure II.17. *Régulateur de tension 7805*

En effet, la différence de tension entre l'entrée et la sortie (appelée VDO "Voltage Dropout" en anglais) est "rejetée" sous forme de chaleur. C'est-à-dire que plus la différence est grande, et plus le courant qui le traverse est élevé, plus l'énergie à dissiper sous forme de chaleur est élevée. On prendra donc soin d'abaisser la tension d'entrée pour avoir une valeur la plus proche possible de la tension de sortie, et ainsi faire en sorte que la différence entre les deux soit minimale.

Prenons en exemple un régulateur qui reçoit du 12V en entrée, et auquel on demande du 5V 500mA en sortie. Voici le calcul à faire : P= (Vin-Vout)*I. Cela donnera : P= (12-5)*0.5=3.5 watts à dissiper. Par ailleurs, le courant d'entrée étant le même que le courant de sortie, le rendement est donc de: M = (5/12) = 41.6 %. Le rendement est médiocre.

Généralement, les régulateurs sont dotés de protections thermiques. Cette information est contenue ainsi que la valeur de la différence de tension minimale entre la tension d'entrée et la tension de sortie (VDO), dans le Datasheet du composant.[13]

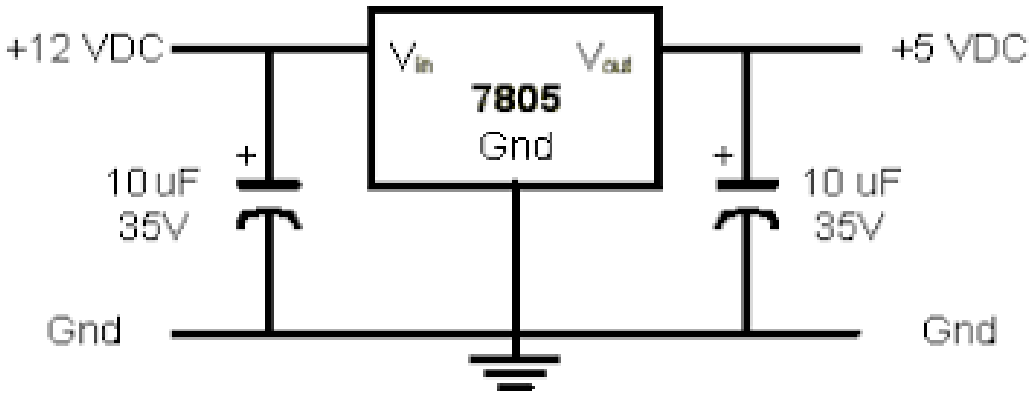


Figure II.18. *Schéma de régulateur 7805*

Selon la puissance à fournir, les régulateurs viennent sous différentes 'formes', sous différents "boîtiers", appelés "packages". Sur la photo, on voit deux régulateurs 7805, celui à gauche est dans un boîtier appelé TO-220 (avec une languette métallique), celui à droite est dans un boîtier nommé TO-92.

II.6. Montage de périphériques

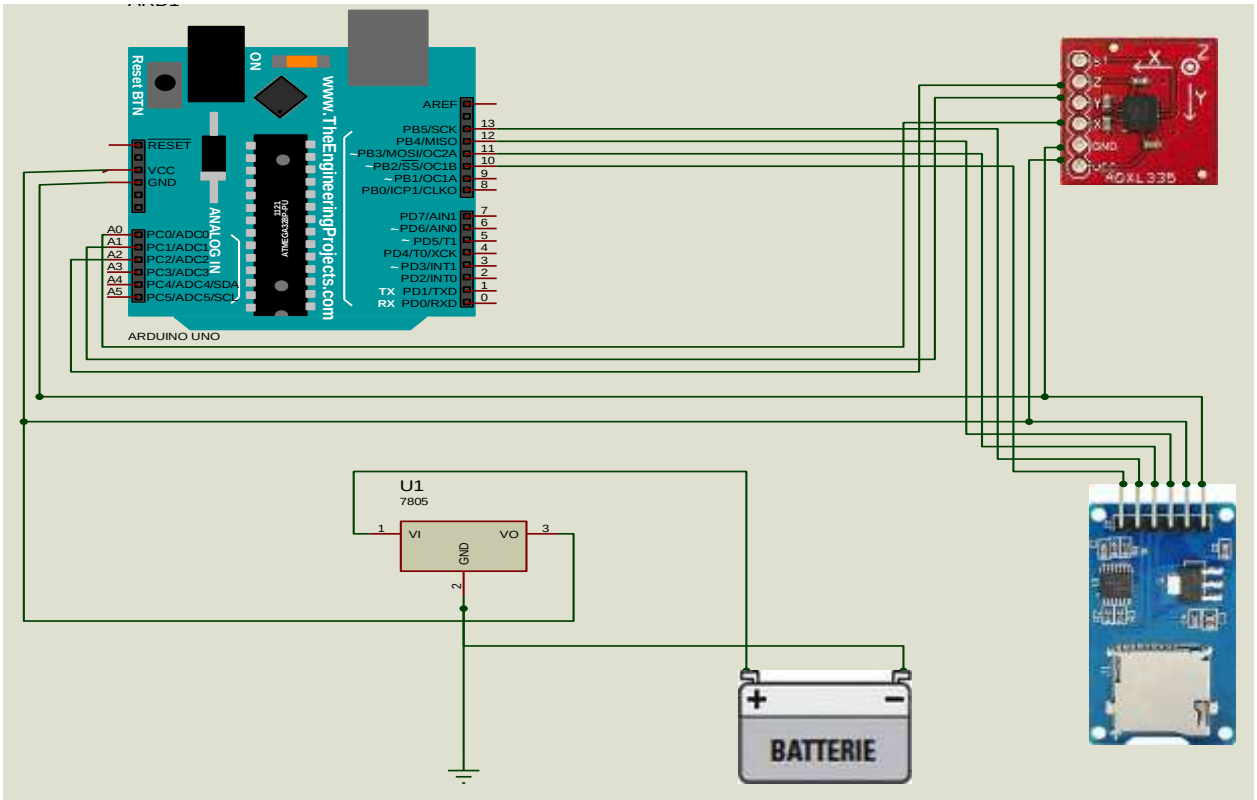


Figure II.19. *Circuit global de la carte.*

II.7. Réalisation du circuit imprimé (Logiciel T C I) :

Le logiciel TCI est conçu pour dessiner manuellement des circuits imprimés, et sortir le dessin sur imprimante, sur papier ou sur transparent. La dimension du circuit est donc limitée à une feuille A4 soit 270x195mm (zone utile).

Ce logiciel gère 3 couches :

- La couche des composants - La couche soudures - La couche sérigraphie (contour des composants)

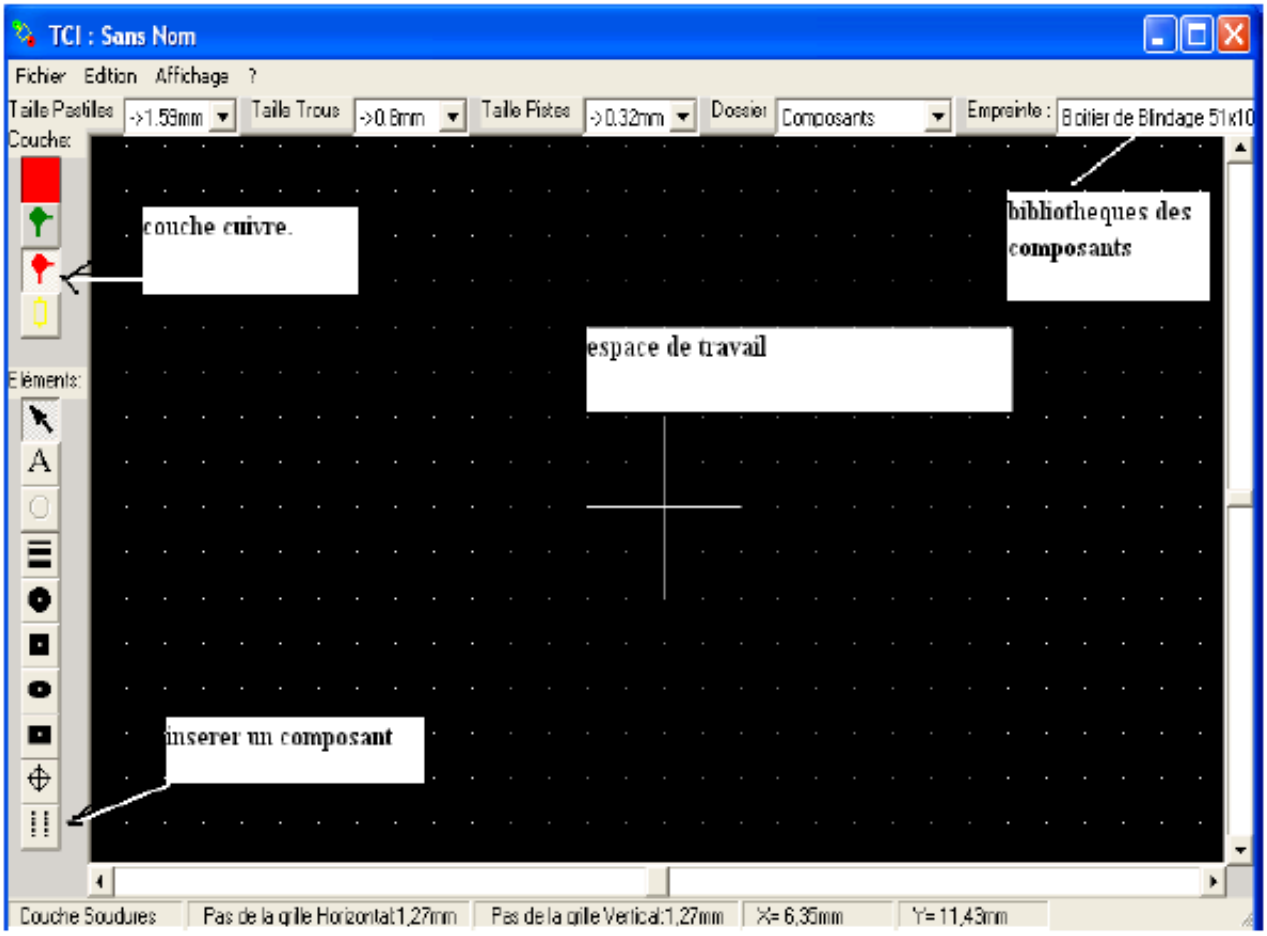


Figure II.20. . *La fenêtre du TCI.*

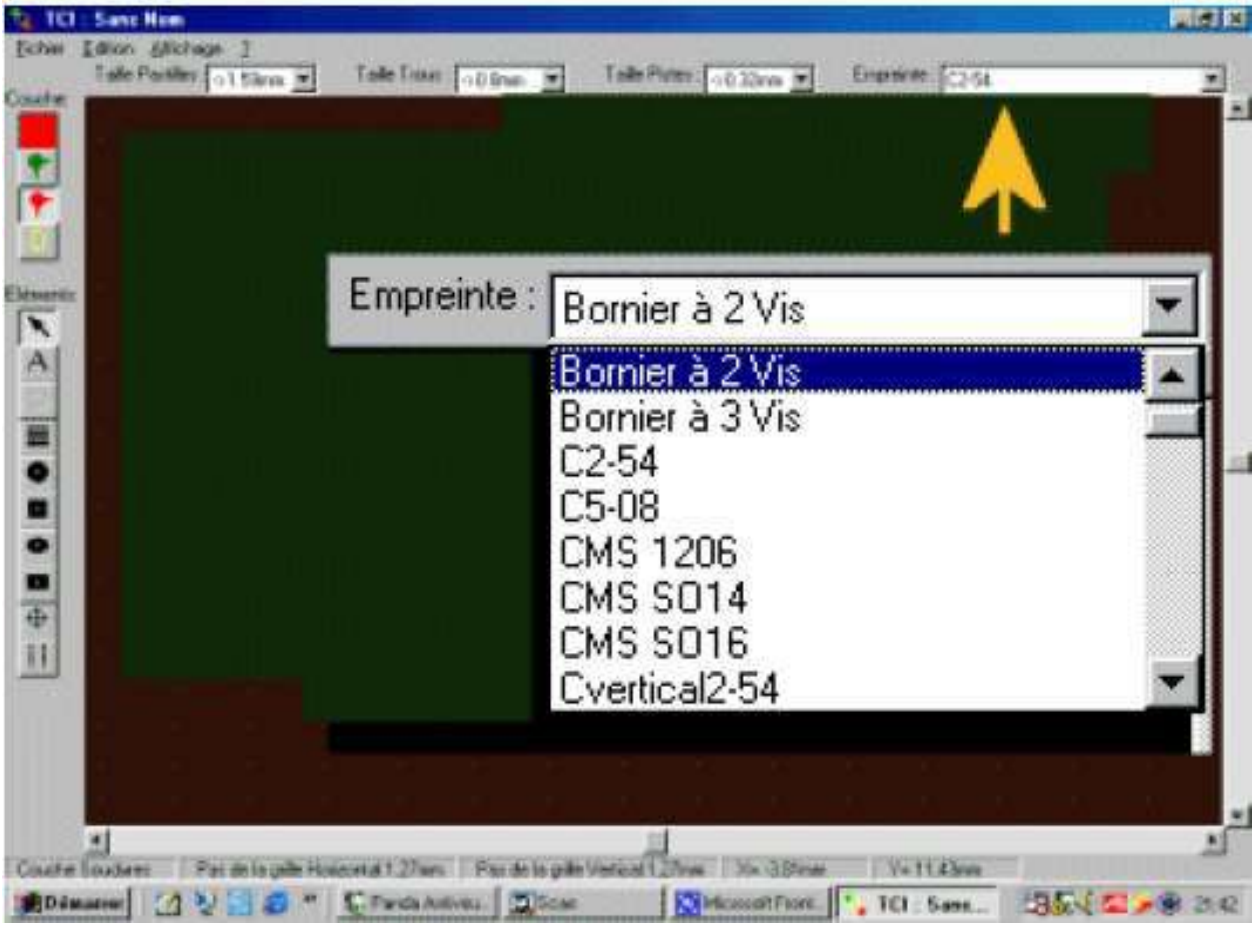


Figure II.21. *Choix des composants.*

Toutes les empreintes qui se trouvent dans le sous répertoire Empreintes figurent dans cette liste.

Pour placer un composant sélectionnez le dans la liste de droite, par exemple une résistance de 0,25 W, descendez dans la liste sur R0.25W puis cliquez sur l'outil composants en bas de la barre d'outils, l'empreinte apparaît en bleu clair.

Une fois votre dessin terminé, effectuez-en la sauvegarde.

Par défaut le fichier ainsi créé portera l'extension. TCI et sera enregistré dans le dossier où se trouve l'exécutable, mais vous avez une autre possibilité en sauvegardant votre travail au format « empreinte ». EMP, dans le cas où vous seriez amené à créer vos propres empreintes car non encore disponibles parmi celles déjà existantes. Pour cela choisissez alors le type. EMP et sauvegardez dans le sous-dossier « empreintes ».

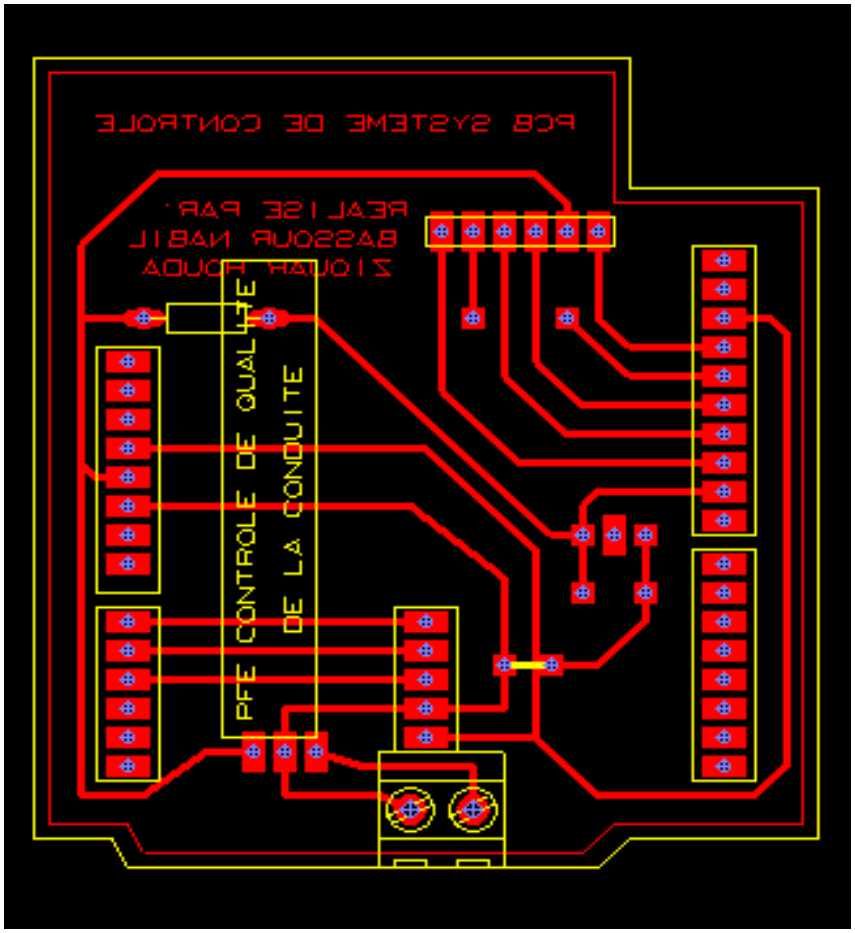


Figure II.22.*le typon de la carte d'interfaçage*

II.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté tous ce qui concerne le matériel électronique qui assure la commande de notre système d'évaluation de la qualité de conduite du conducteur de véhicule.

Les éléments de base de la partie électronique étudiée dans ce chapitre sont : la carte Arduino, l'accéléromètre ADXL335 et la carte SD, pour détecter et enregistre les accélérations longitudinal, vertical et transversal.

Chapitre III :

Implémentation soft, testes et résultats

III.1Introduction

Tous les projets de réalisation qui utilisent des circuits programmable contient deux parties, l'un des deux est la partie software qui joue le rôle du cerveau de travaille, elle express la partie programmation qui faite par des nombreux logiciels très simple à prendre en main comme MATLAB, IDE de l'Arduino, MPLAB…..etc.

Dans ce travail, la partie software est décomposée en deux parties : la première partie c'est la programmation de la carte électronique (programmation de l'Arduino), et la deuxième partie est la mise en place d'un programme et d'une interface MATLAB GUI pour le traitement des données enregistrées par la carte électronique.

III.2. Programmation de l'Arduino :

III.2.1Développement d'un projet sur Arduino :

Le développement d'un projet sur Arduino est très simple [14] :

- On code l'application : Le langage Arduino est basé sur les langages C/C++, avec des fonctions et des librairies spécifiques à Arduino (gestions des e/s).
- On relie la carte Arduino au PC et on transfert le programme sur la carte.
- On utilise le circuit.

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java multiplateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware (et le programme) au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

L'environnement de programmation Arduino (IDE en anglais) est une application écrite en Java. L'IDE permet d'écrire, de modifier un programme et de le convertir en une série d'instructions compréhensibles pour la carte.

Le logiciel est très simple à prendre en main, et de très nombreux exemples sont fournis [14].

Les bibliothèques fournies permettent d'utiliser des composants complexes très simplement en quelques lignes très claires (afficheur ou liaison SPI etc..).

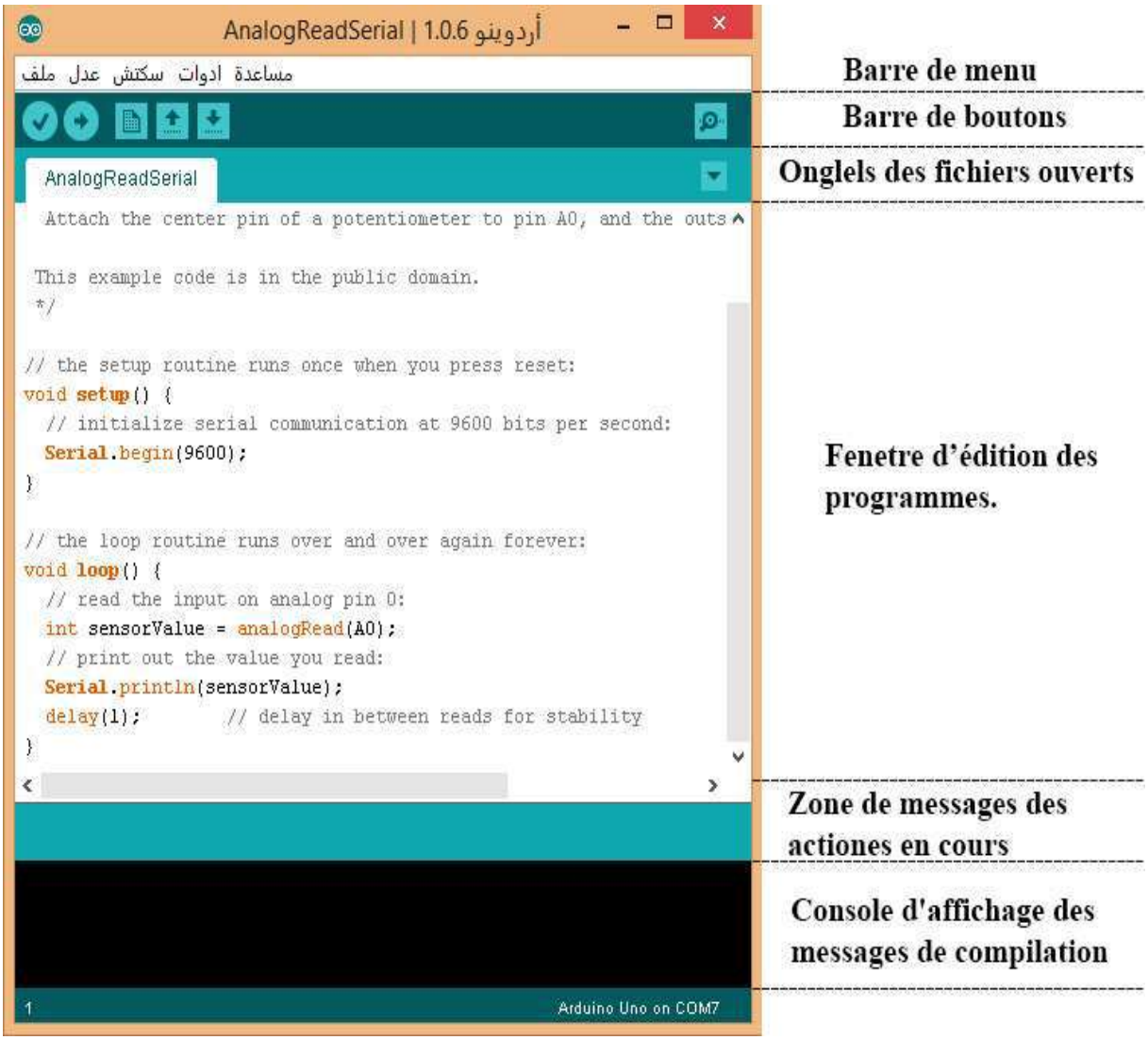


Figure III.1 *L'éditeur du logicielArduino.*

New : pour créer un nouveau programme (sketch).

Open : ouvrir un programme existant.

Save : sauvegarde le programme, si on veut le sauvegarder sous un autre nom, on pass par file/save as

Serial Monitor : pour ouvrir la fenêtre qui permet de visualiser les données transmise par le port série de l'Arduino (très pratique pour le débogage...).

III.2.2. Structure général d'un programme Arduino:

L'Arduino a besoin d'un programme pour traiter les données provenant de différents pins d'entrées, le programme de l'Arduino possède une structure bien définie, doit être respecté, l'organigramme suivant illustre cette structure.

Un programme Arduino comporte trois parties :

1. la partie déclaration des variables (optionnelle)
2. la partie initialisation et configuration des entrées/sorties : la fonction **setup ()**
3. la partie principale qui s'exécute en boucle : la fonction **loop ()**

Dans chaque partie d'un programme, différentes instructions peuvent être utilisées issues de la syntaxe du langage Arduino.

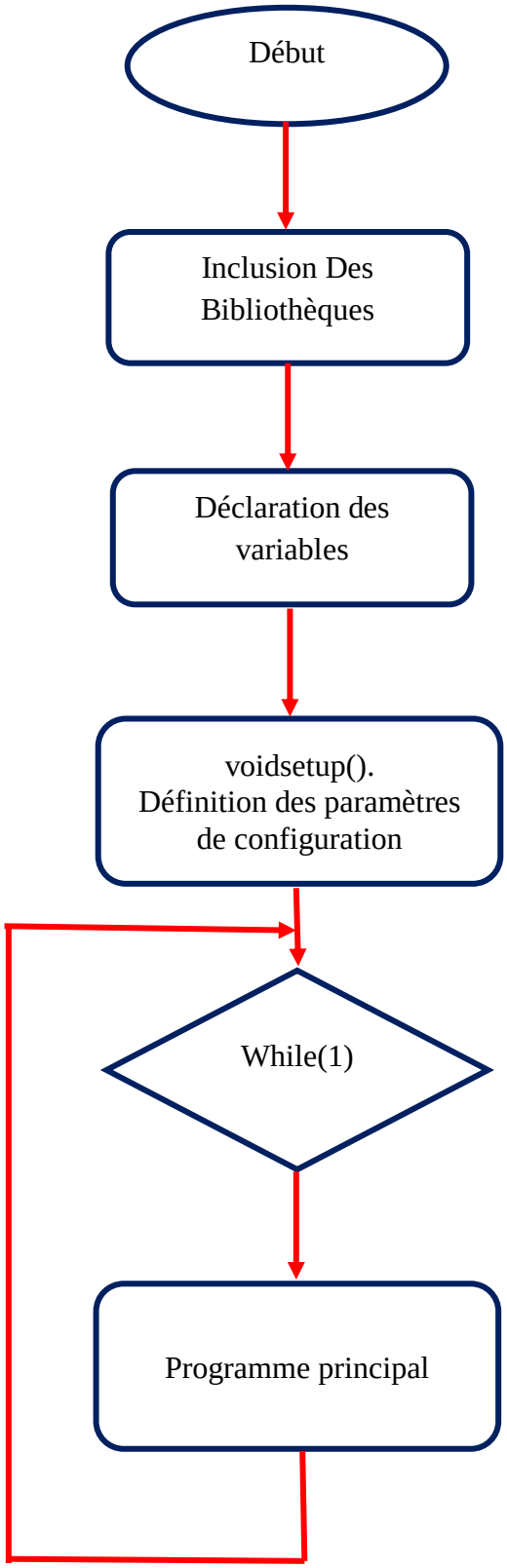


Figure III.2 *Déroulement d'un programme Arduino*

III.2.3. Partie entête (appel des bibliothèques et déclaration des variables)

Les bibliothèques et les variables sont des éléments importants dans les scripts, et dans notre programme, nous avons besoin de compiler la bibliothèque spécifique à Carte SDqui est :

- SPI.h est une bibliothèque pour le protocole SPI il fournit une connexion série entre la Carte SD+ et L'Arduino.
- SD.h une bibliothèque qui gère la communication entre l'Arduino et la Carte SD via le bus SPI.

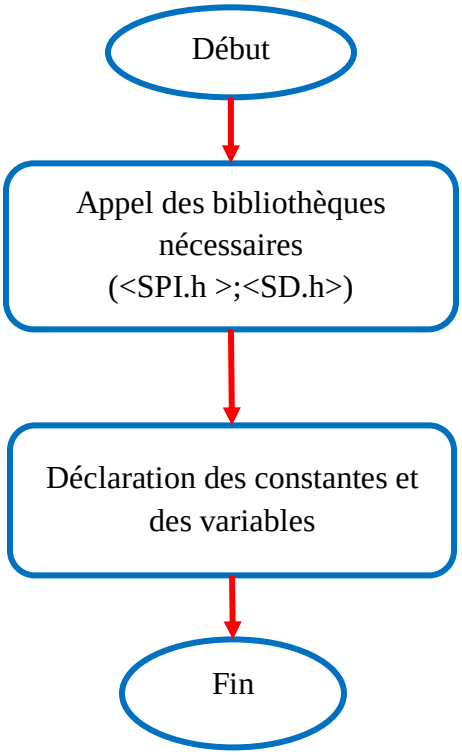


Figure III.3*Organigramme d'inclusion des bibliothèques et déclaration des variables.*

III.2.4. La partie setup

Est une partie très importantes contient les commandes qui s'exécute une seule fois. Parmi ces commandes les plus importants, la définition du mode de travail des pins, choix de référence et de vitesse de communication.

On a aussi définir les différentes configurations initiales du Carte SD (initialisation et l'ouverture du fichier de type ‘’.txt’’ dans la carte).

III.2.5 La boucle infinie void loop ()

Dans cette section nous avons programmé les routines de traitement, l'acquisition des accélérations, la conversion analogique numérique et l'enregistrement des données sur la carte SD.

Premièrement nous avons installé un Switch pour commander le déroulement de la boucle infinie :

Si le switch à l'état bas (Non), la boucle infinie n'a rien à faire.

Si le Switch a l'état haut (oui) :

- Un compteur va s'incrémenter par 1 (c'est le numéro d'échantillon), et qui peut être utilisé pour calculer le temps (acquisition chaque 0.2 s).
- Acquisition des grandeurs analogiques captées par l'accéléromètre.
- conversion analogique numérique se fait par le Convertisseur Analogique Numérique de l'Arduino.
- enregistrement des données dans un fichier .txt déjà déclarer dans la carte SD (cette opération est possible à cause de la liaison SPI).

Enfin, Si l'enregistrement au cours de l'opération de conduite a était terminer en prend la carte SD puis placé au PC pour analyse ces données par notre programme MATLAB.

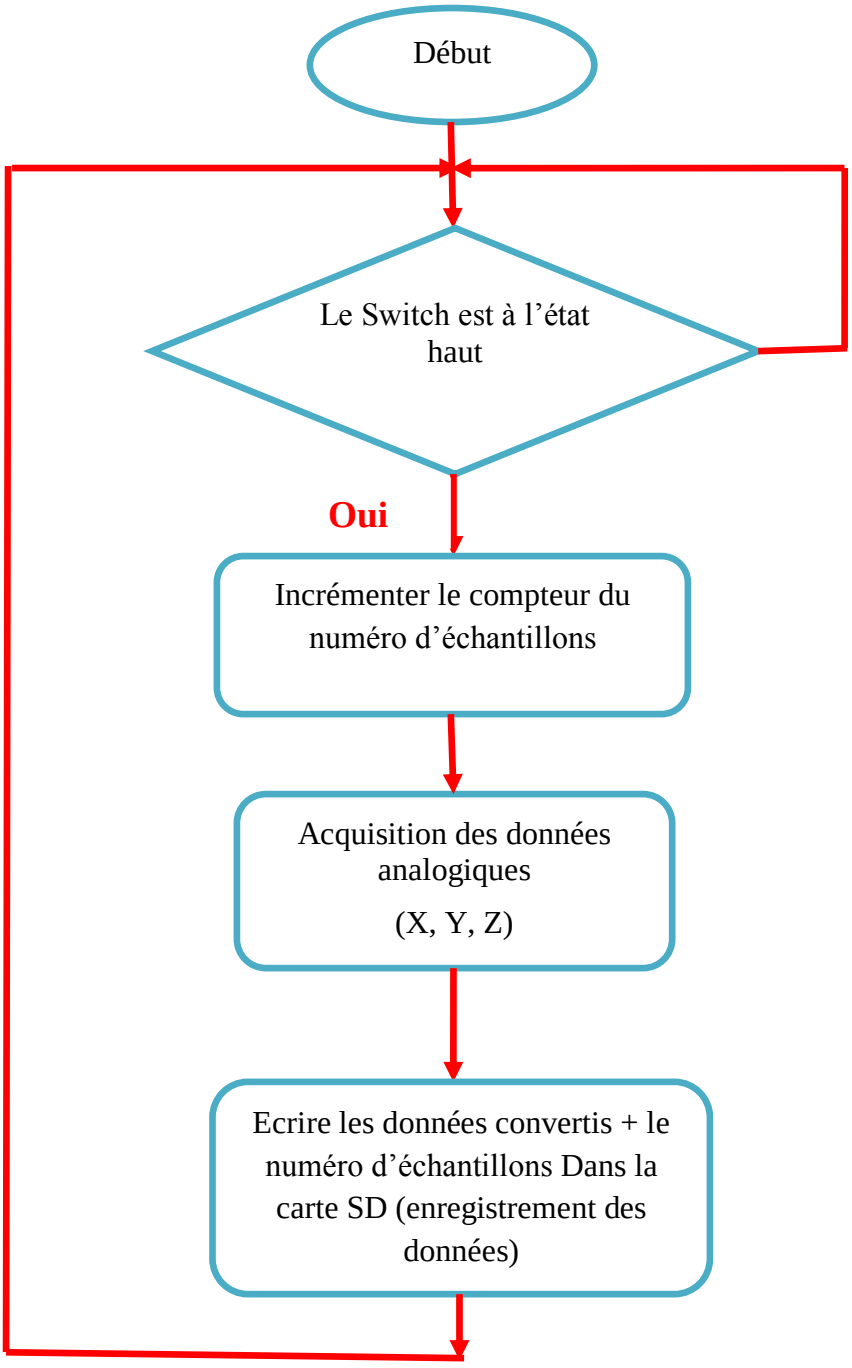


Figure III.4 *Organigramme du programme principal de l'Arduino*

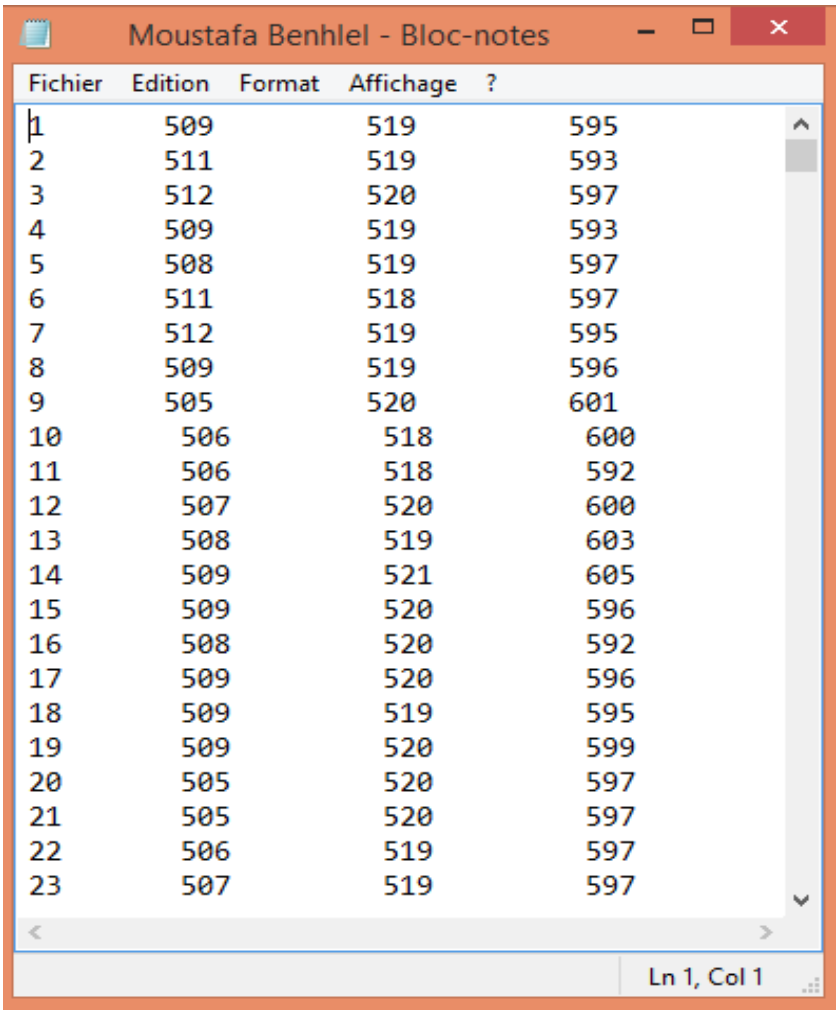


Figure III.5*Exemple d'enregistrement dans la carte SD (fichier.txt)*

III.3. Programmation Matlab

III.3.1. Description du Matlab(« matrix laboratory »)

Est un langage de programmation de quatrième génération émulé par un environnement de développement du même nom ; il est utilisé à des fins de calcul numérique. Développé par la société The MathWorks, MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran. Les utilisateurs de MATLAB sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche. [15]

Dans notre projet, nous avons utilisé MATLAB 2015a de version 1.0, la programmation Matlab est la partieoù nous avons analysé les données de la carte SD pour évaluer la qualité de conduite du conducteur, le déroulement du programme est comme suit :

III.3.2 Importation des données

Premièrement nous avons importé le fichier enregistré dans la carte SD qui est pleine de données, l'importation se fait par des fonctions prédéfinis au logiciel Matlab selon le type de fichiers enregistré (.txt/.csv/.xls/….)

III.3.3 La conversion des données en($m.s^{-2}$)

Les données enregistrés dans la carte SD sont des valeurs numérique expriment l'accélérations entre -3g jusqu'a +3g, ces valeur est déjà convertir a dix bit c'est-à-dire la valeur de -3g est coder par zéro en binaire et la valeur de +3g est coder par 1024, et la valeur de 0g est codé par 512,Impliquent que les accélérations positive sont tous les valeur supérieur à 512, par contre, tous les accélérations négatives sont inferieurs a 512, et la valeur 512 représente 0g.

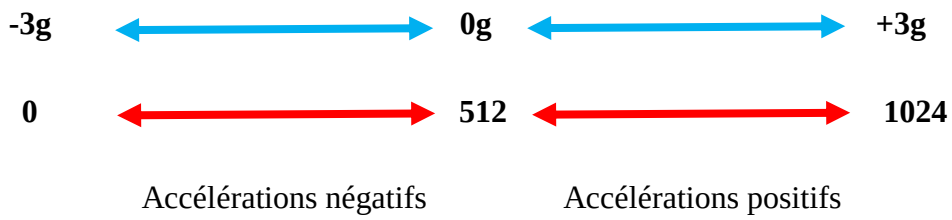


Figure III.6 *les intervalles de données d'accélérations*

Apres l'ouverture du fichier sur Matlab, il faut mettre tous les données dans une matrice, afin de faire des opérations mathématique sur cette matrice, pour obtenir des valeurs qui expriment les accélérations en ($m.s^{-2}$).

La matrice est composée de cinq colonnes.

- La premier colonne A (:,1) représente le numéro d'échantillon.
- La deuxième colonne A (:,2) représente l'accélération latéralinstantanéA_x(gauche /droite)
- La troisième colonne A (:,3) représente l'accélération longitudinal instantané Ay(avant /arrière)
- La quatrième colonne A (:,4) = représente l'accélération vertical instantané A_z(haut /bas)
- La cinquième colonne A (:,5) = représente le module des accélérations instantanés||A||.

$$||A|| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

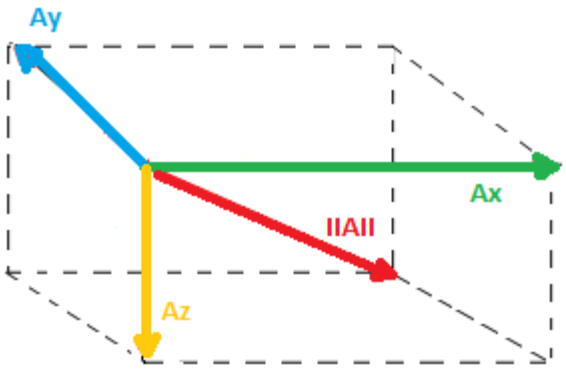


Figure III.7 *les composantes de l'accélération instantané ||A||*

||A|| est égale à 9.81 $m.s^{-2}$ lorsque le véhicule ne soumis à aucune accélération même si la route est inclinée.

La valeur de ||A|| nous a permet de recalculer les accélérations de référence Ax_{ref} ,Ay_{ref}et$Az_{ref.}$

Les valeurs par défaut des accélérations de référence sont :

$Ax_{ref}=0\ m.s^{-2}$.

$Ay_{ref}=0\ m.s^{-2}$.

$Az_{ref}=9.81 m.s^{-2}$.

Le nombre de lignes de la matrice est variable selon la longueur de la durée d'enregistrement.

III.3.4 Les accélérations de références :

Lorsque le véhicule roule sur une route plane, et le véhicule ne soumis à aucune accélération, la seule accélération c'est la pesanteur, et les valeurs par défaut des accélérations de références sont (Axref= 0.Ayref = 0.Azref = 9.81).

Dans le cas où le véhicule roule sur une route inclinée dans n'importe quelle direction, les accélérations de références doivent être recalculées, sinon, les calculs qui se basent sur les accélérations instantanées, vont être erronés.

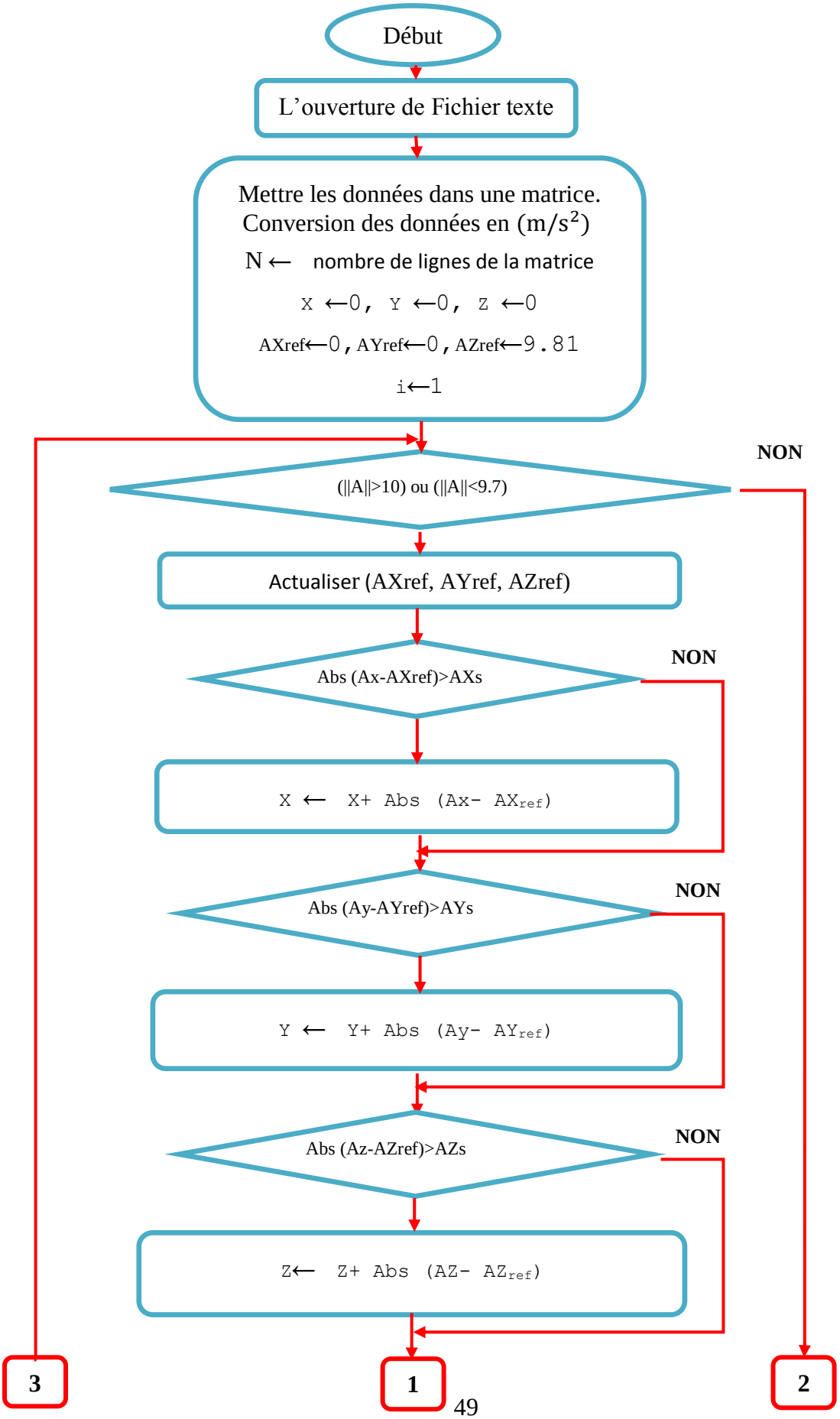
III.3.5Traitement des données enregistrées :

Dans cette partie on va expliquer le déroulement des tests faite à l'aide du programme Matlab qui contient des boucles et est des structures conditionnelles :

Une boucle for teste les éléments de la cinquième colonne (||A||), élément par élément, et si une valeur de||A|| est hors l'intervalle toléré, le programme recalcule les accélérations de références (AXref, AYref, AZref) en cherchant dans les valeurs précédentes la valeur la plus proche de ||A||où ||A|| est égale $9.81 m.s^{-2}$, et on prend les valeurs correspondantes de Ax, Ay et Az comme des accélérations de références .

Après l'actualisation des accélérations de références, le programme calcule l'écart entre les composantes de l'accélération instantanées et les accélérations de références, et si l'une des composantes de cet écart dépasseles accélérations seuil (AXs, AYs, AZs), la valeur de cette composante va être ajouté à la somme X, Y ou Z selon la composante. Et à la fin, les moyennes des accélérations (AXmoy,AYmoy et AZmoy) en divisant chaque somme sur le nombre d'échantillon (nombre de lignes de la matrice).

Et comme donnée supplémentaire, le programme calcule les valeurs des accélérations maximales (MaxAX, MaxAY et MaxAZ) enregistrées durant toute la période d'enregistrement sur les trois axes.


Début
L'ouverture de Fichier texte
Mettre les données dans une matrice.
Conversion des données en (m/s²)
N ← nombre de lignes de la matrice
X ←0, Y ←0, Z ←0
AXref←0, AYref←0, AZref←9.81
i←1
(||A||>10) ou (||A||<9.7)
NON
Actualiser (AXref, AYref, AZref)
Abs (Ax-AXref)>AXs
NON
X ← X+ Abs (Ax- AXref)
Abs (Ay-AYref)>AYs
NON
Y ← Y+ Abs (Ay- AYref)
Abs (Az-AZref)>AZs
NON
Z← Z+ Abs (AZ- AZref)
3
1
2

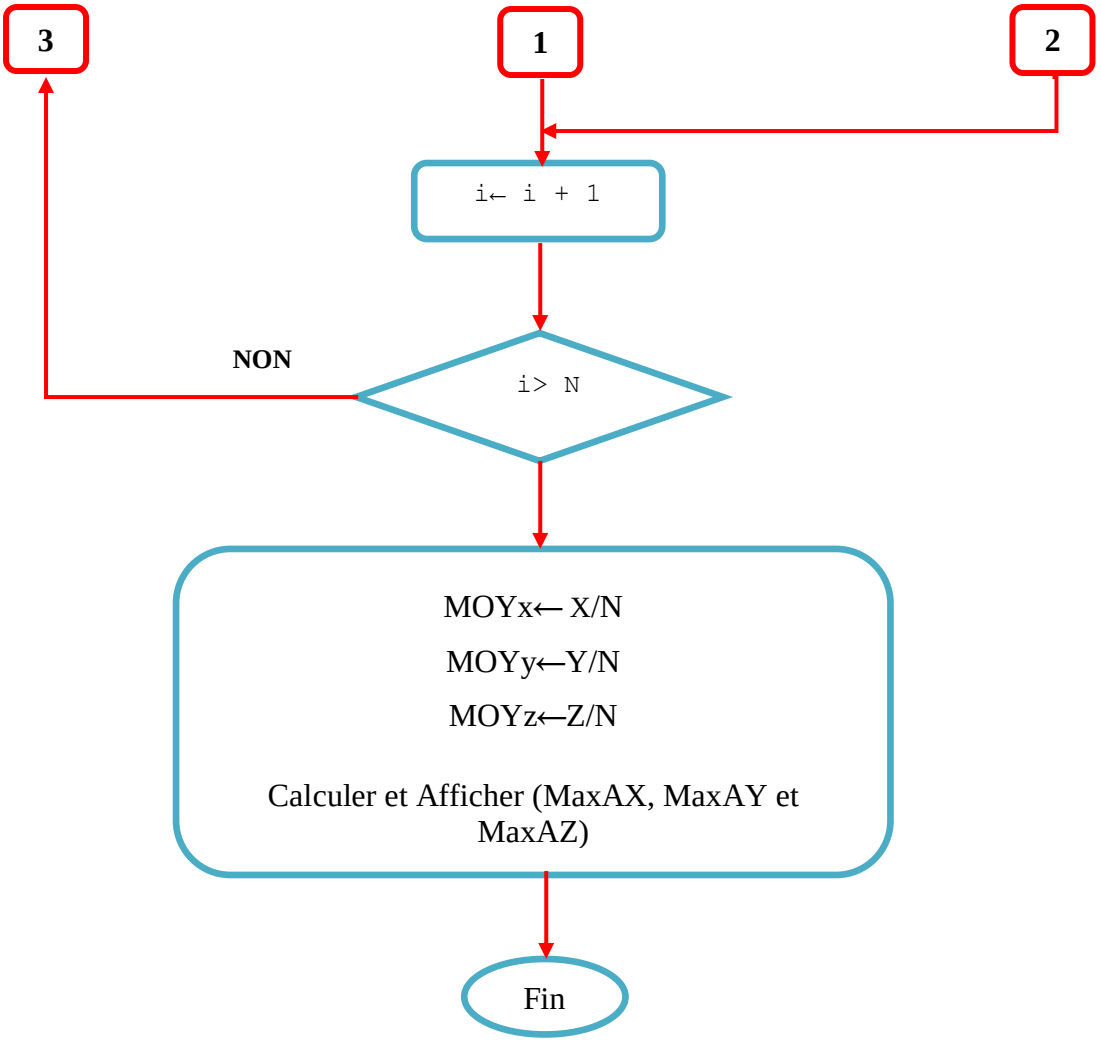


Figure III.8 *Organigramme simplifié du traitement des données.*

III.4L'Interface utilisateur :

Pour faciliter l'analyse des données enregistrées dans la carte SD aux utilisateurs, on a créé une interface graphique (GUI) sous Matlab.

Une interface graphique (en anglais GUI pour graphical user interface) est un dispositif de dialogue homme-machine permettent de contrôler des applications logicielles avec des commandes de type pointer-cliquer. Avec une interface de ce type, l'utilisateur n'a pas besoin de connaître un langage ni de saisir des commandes pour se servir de l'application.[16]

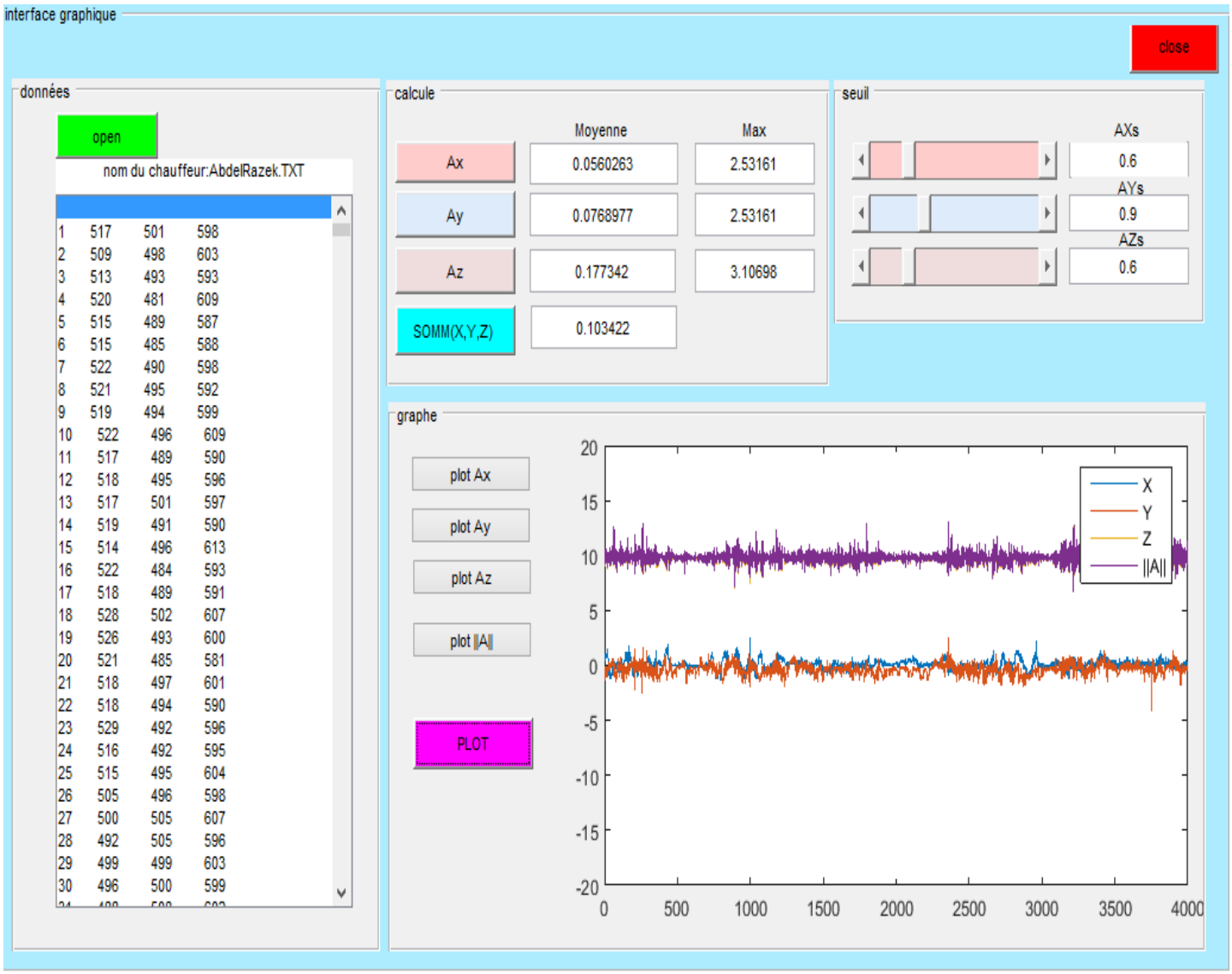


Figure III.9 *L'Interface utilisateur*

Notre interface est composé de quatre panel (données / seuil / calcule / graphe).le premier est le panel des données qui Nous permettre d'importer et d'afficher les données enregistrés dans la carte SD, en utilisant le bouton « open ».

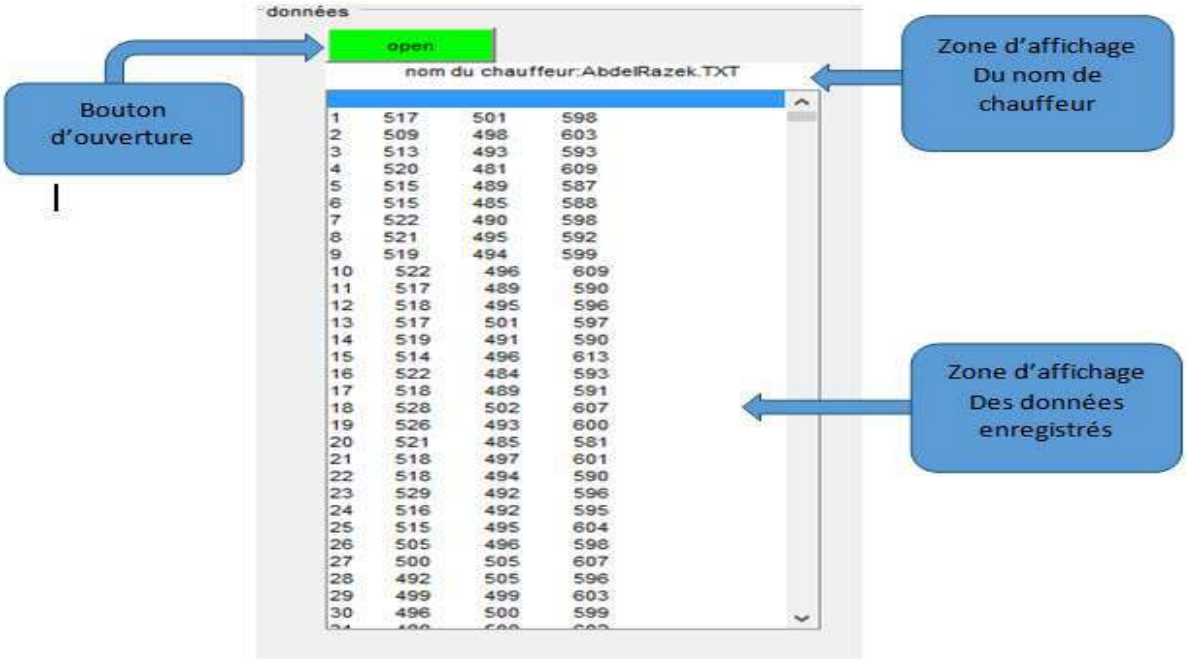


Figure III.10*panel de données*

Si on clique sur le bouton open, une nouvelle fenêtre est ouverte qui nous permet de parcourir les dossiers et choisir le fichier que nous voulons travailler dessus. Comme le montrent la figure III.11.

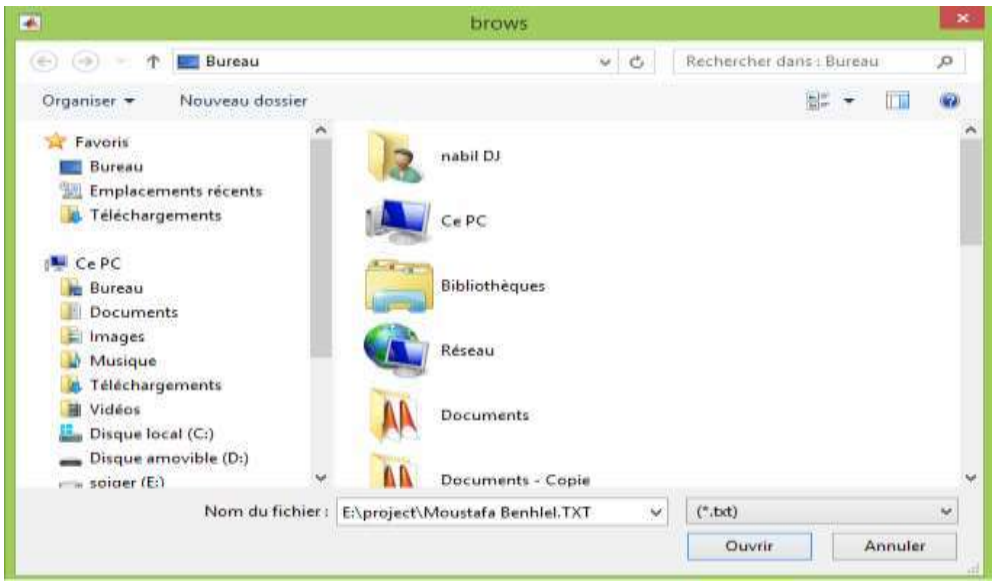


Figure III.11*.L'ouverture de fichier.*

Remarque : Après la sélection du fichier, les données seront affichées avec le nom du conducteur.

Le deuxième panel est le panel seuil qui nous permet de réajuster les valeurs des accélérations seuils pour trois directions(X, Y, Z).Ceci est possible grâce aux boutons réglables (Slider).

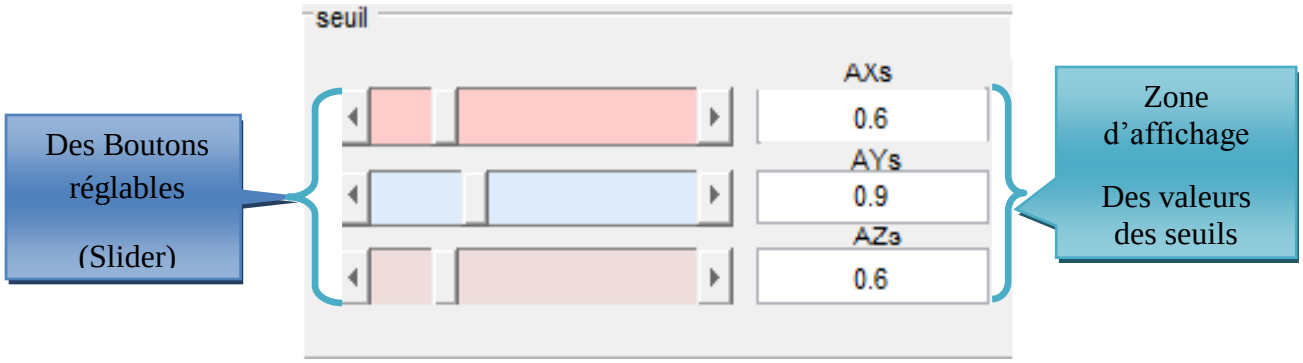


Figure III.12*panel de seuil*

Le panel seuil nous permettre d'ajuster les valeurs des seuils et les affichées au même temps sur la zone d'affichage du même panel.

Le troisième panel est le panel de calcule qui contient des boutons et des zones d'affichages, Ce dernier est le responsable de l'opération d'analyse grâce à leur boutons qui lance le calcule et l'affichage au même temps.

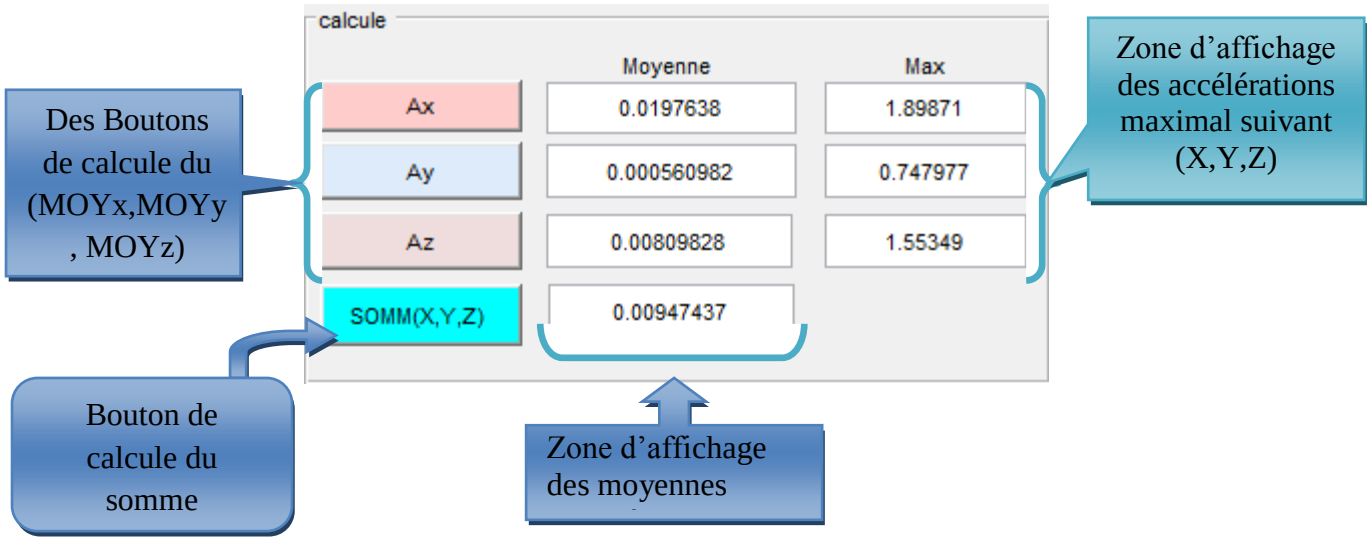


Figure III.13*.panel de calcule.*

- Le bouton« AX », nous permet de calculer et afficher la moyenne des accélérations latérales qui dépassentle seuil Ax.
- Le bouton « AY », nous permet de calculer et afficher la moyenne des accélérations longitudinales qui dépassent le seuil Ay.
- Le bouton « AZ », nous permet de calculer et afficher la moyenne des accélérations verticales qui dépassent le seuil Az.
- Le bouton « SOMM(X ,Y ,Z) », Nous permet de calculer la somme destrois moyennes des accélérations.

Le quatrième panel est le panel graphique qui Nous permet de tracer et visualiser la variation des accélérations en fonction du numéro d'échantillons.

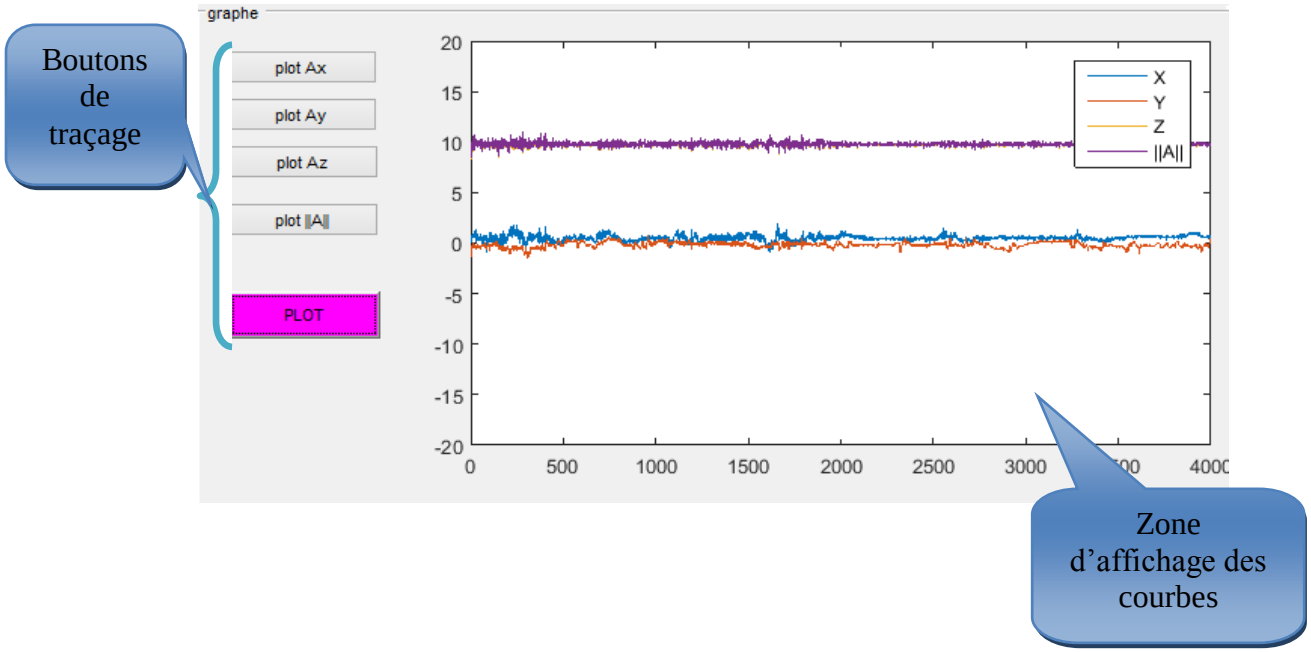


Figure III.14. *Panel des graphes*

- Le bouton « plot Ax », nous permet de visualiser la courbe des accélérations latérales.
- Le bouton « plot Ay », nous permet de visualiser la courbe des accélérations longitudinales.
- Le bouton « plot Az », nous permet de visualiser la courbe des accélérations verticales

- Le bouton Plot trace les courbes des accélérations Ax, Ay, Az et son module ||A|| en fonction des numéros d'échantillons.

III.5. tests et résultats

Pour tester notre application on a fait deux séries de testes :

- La première série consiste à faire des enregistrements des données réelles sur la conduite de dix chauffeurs des bus de l'université Dr. Yahia Fares -Médéa- qui occupent la ligne Berrouaghia-Médéa.
- La deuxième série consiste à faire des enregistrements des données réelles sur la conduite de quatre chauffeurs de voitures touristiques.

Pour arriver à nos fins, on a fait appel à l'interface graphique pour faciliter notre analyse. Dans la première phase, on a analysé les données des chauffeurs de bus et les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau III.1.

Tableau III.1*Analyse de conduite des conducteurs des bus*

Chauffeur de Bus	**MOY(Ax)**	**MOY(Ay)**	**MOY(Az)**	**MOY (Ax,Ay,Az)**	**classe**
BenssalemRabeh	0.0068328	0.00539406	0.00297752	0.00506802	**A**
Chergui Rachid	0.0197638	0.00447348	0.00809828	0.0107785	**B**
BenhlelMoustaffa	0.0119428	0.0216092	0.0286694	0.0207405	**B**
Bou YahiaKhaled	0.0861899	0.00852981	0.0965465	0.0637554	**B**
Abdouche Youssef	0.183599	0.0315732	0.0609313	0.0920347	**B**
Boussahoua Ali	0.0258915	0.286202	0.0513227	0.121139	**C**
Abderezzek Tabi	0.0560263	0.141051	0.177342	0.124807	**C**
BelmadhouiAhmed	0.155148	0.157564	0.185685	0.166132	**D**
A.Miloude	0.233656	0.127415	0.192	0.184357	**D**

Pour clarifier nos résultats on a classé les chauffeurs qu'on a pris comme des échantillons de A à D avec le barème suivants :

- **La classe A :** regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z inférieure à 0.01 $m.s^{-2}$ (0<MOY(X, Y, Z) <0.01$m.s^{-2}$)
- **La classe B** : regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z inférieure à 0.1 $m.s^{-2}$ et supérieure à 0.01 (0.01<MOY(X, Y, Z) <0.1 $m.s^{-2}$.
- **La classe C** : regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z inférieure à 0.15 $m.s^{-2}$ et supérieure à 0.01 (0.1<MOY(X, Y, Z) <0.15$m.s^{-2}$).
- **La classe D** : regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z supérieure à 0.15 $m.s^{-2}$ (MOY(X, Y, Z) >0.15$m.s^{-2}$).

Les résultats ont montré que le chauffeur Benssalem Rabah est un chauffeur de classe A. Cela signifier que M. Benssalem préserve la mécanique de son bus et il le conduit selon le code de la circulation, ce qui le conduit à maintenir la sécurité du trafic ainsi que de protéger le bus contre les dommages.

Au contraire, Les résultats ont montré que le chauffeur A.Miloude est un chauffeur de classe D. Cela signifier que M. A.Miloude ne respecte pas la loi de la circulation, ne préserve pas les parties mécanique de son bus, ensuite Il ne prend pas en considération la sécurité du trafic, il expose les étudiants au risque d'accidents, en plus d'exposer le bus aux dommages.

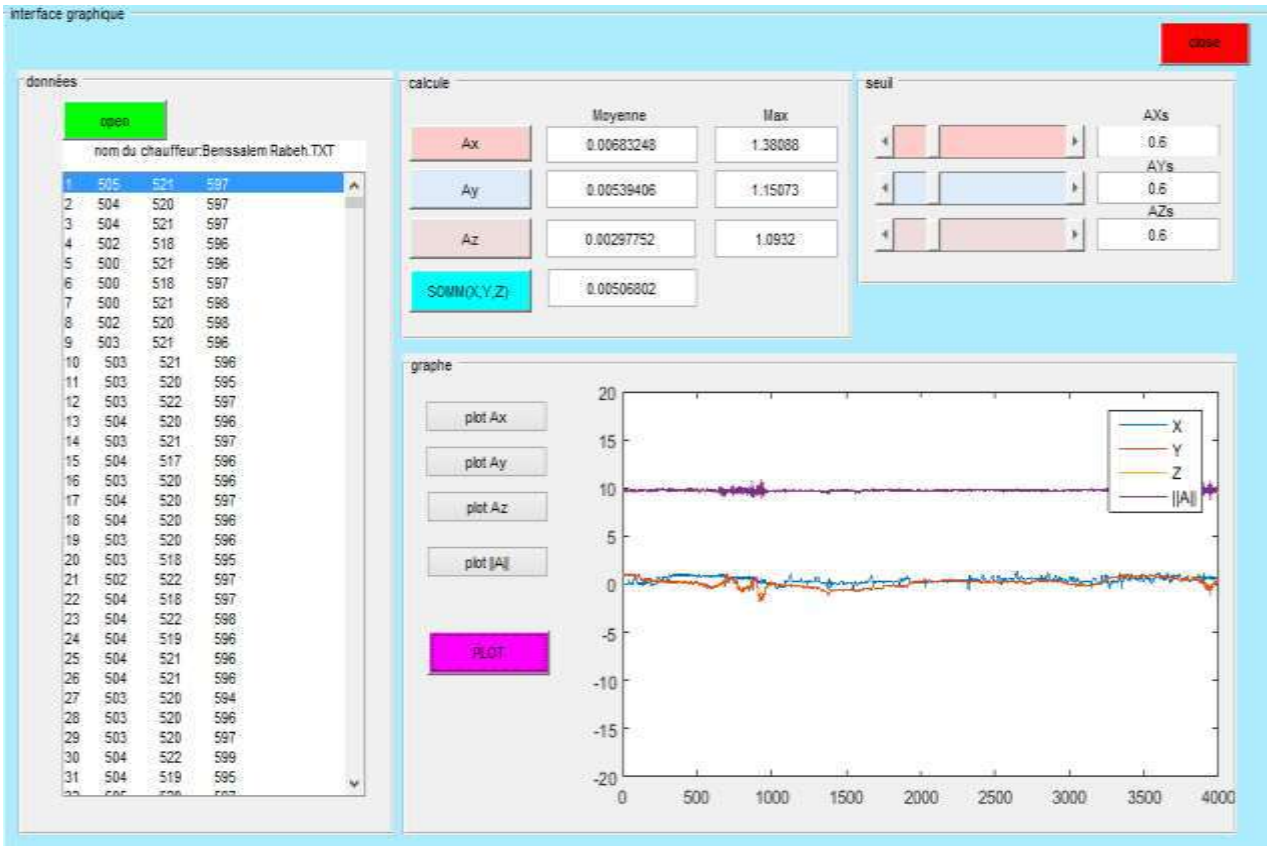


Figure III.15.*L'analyse des enregistrements du chauffeur de busde classe 'A'*

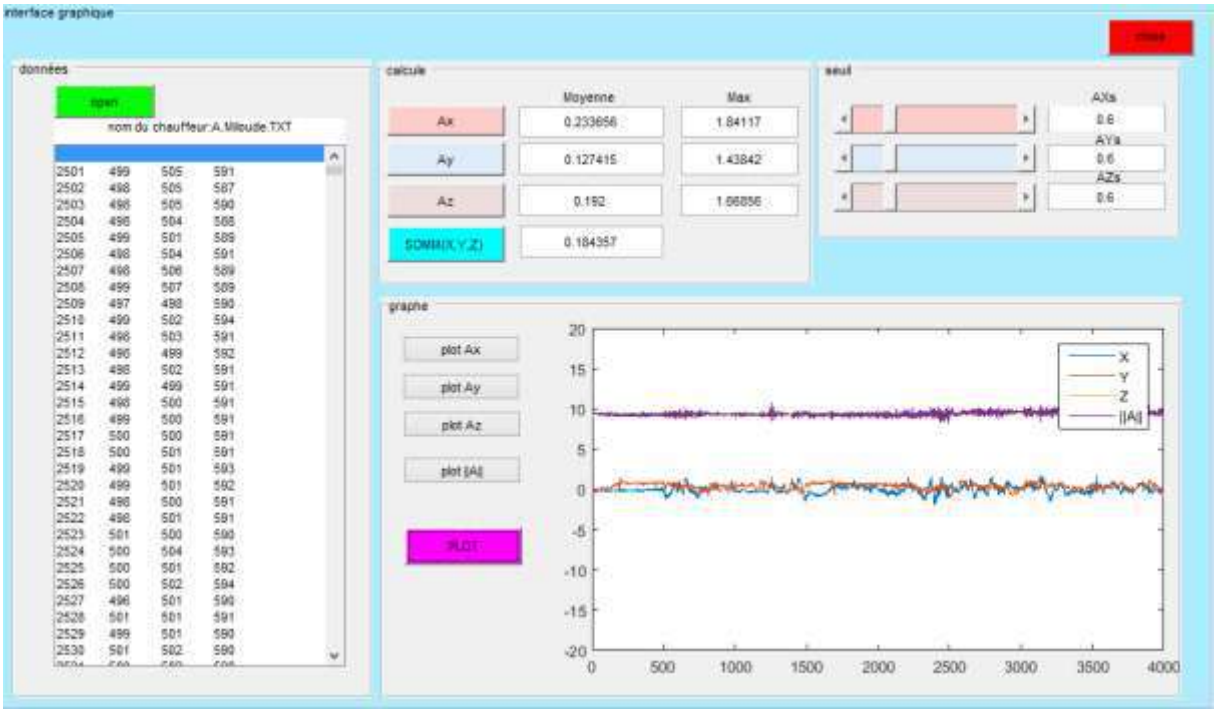


Figure III.16.*L'analyse des enregistrements du chauffeur de voiture de classe 'D'*

Dans la deuxième série, on a enregistré les données des chauffeurs de voitures touristiques, Et les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau III.2 :

Tableau III.2. *L'analyse des conducteurs des voitures*

Chauffeur de Voiture	**MOY(Ax)**	**MOY(Ay)**	**MOY(Az)**	**MOY(Ax,Ay,Az)**	**Classe**
conducteur 1	0.378893	0.0658507	0.119763	0.188169	**A**
conducteur 2	0.139239	0.198933	0.368393	0.235522	**B**
conducteur 3	0.124941	0.290431	0.461645	0.292339	**C**
conducteur 4	0.294559	0.5135	0.609515	0.472525	**D**

Nous remarquons que les valeurs d'accélération moyenne supérieures à celle des chauffeurs des bus que nous l'avons vu précédemment, donc nous devrait changer l'échelle d'évaluation qui était comme suit :

- **La classe A :** regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z inférieure à $0.20m.s^{-2}$ (0<MOY(X, Y, Z) <$0.20m.s^{-2}$).
- **La classe B :** regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z inférieure à 0.25 $m.s^{-2}$ (0.20<MOY(X, Y, Z) <$0.25m.s^{-2}$)
- **La classe C :** regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z inférieure à 0.35 $m.s^{-2}$ (0.25<MOY(X, Y, Z) <$0.35m.s^{-2}$)
- **La classe D** : regroupe les conducteurs qui ont une valeur accélération moyenne dans les trois directions X, Y et Z supérieure à 0. $m.s^{-2}$ (MOY(X, Y, Z) >$0.35m.s^{-2}$).

Nous pouvons noter que le taux d'accélération avait augmenté de près de trois fois par rapport au conducteur des bus universitaires. Et que cette différence pourrait être due à la taille et le poids de l'autobus. Par contre la voiture a des caractéristiques qui lui permettent d'atteindre des accélérations plus élevées, surtout pour les voiture du sport comme celle que nous avons utilisé avec le chauffeur numéro quatre.

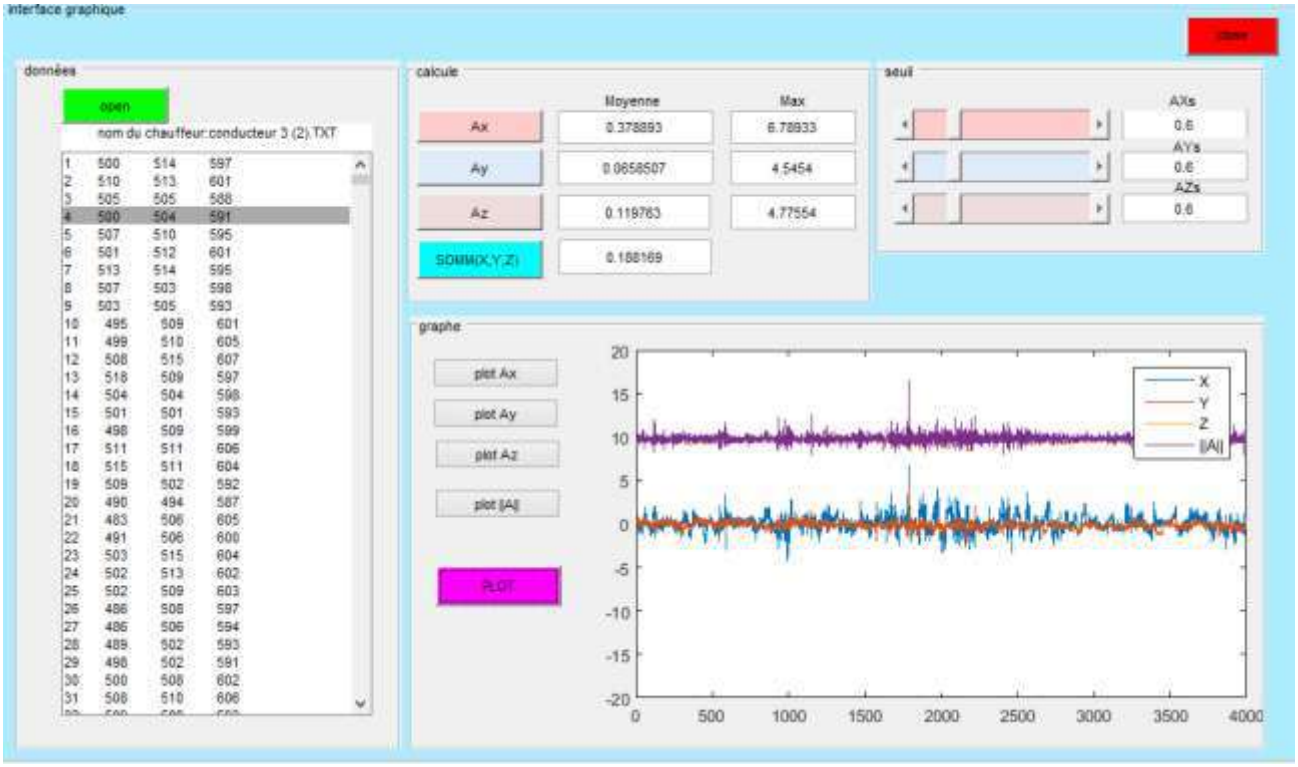


Figure III.17.*L'analyse des enregistrements du chauffeur de voiture de classe 'A'*

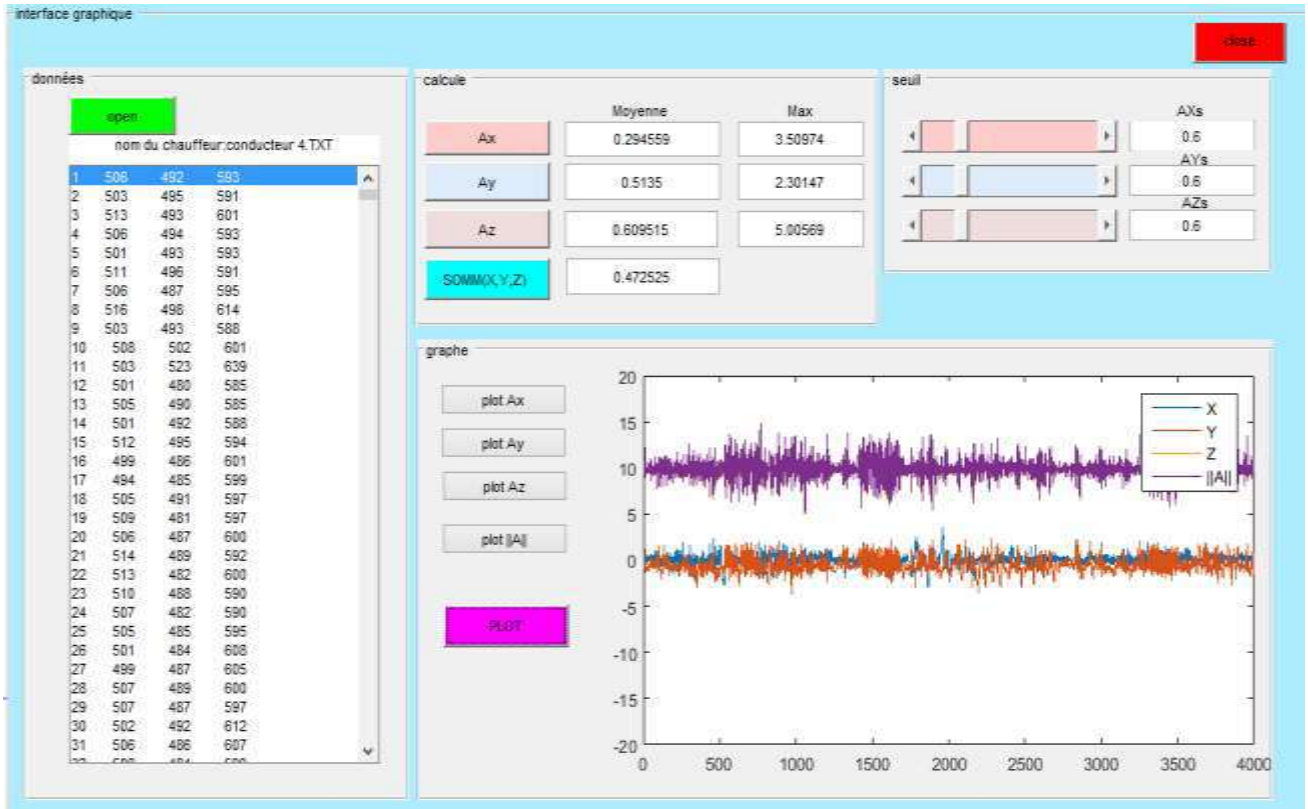


Figure III.18.*L'analyse des enregistrements du chauffeur de voiture de classe 'D'*

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présente tous ce qui est programmation dans ce projet, on utilise les logiciel comme Matlab et Arduino.

Nous avons expliqué cette partie de programmation avec des organigrammes pour la simplification de programme.

Ce chapitre, nous a permet d'exploiter les connaissances est l'expérience acquises durant notre formation faite à l'université de Médéa.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons réalisé un système de détection de la qualité de conduite du chauffeur de véhicule basé sur l'acquisition des données puis les analysées, ce système utilise comme composants, une carte ARDUINO UNO, un accéléromètre de type ADXL335 +/-3g, une carte SD, et quelques composants électroniques, parmi eux on peut citer le régulateur de tension 7805 qui jeu le rôle d'un abaisseur de tension externe de la batterie du véhicule qui assure l'alimentation de la carte programmable.

Ce travail nous a donné la chance d'avoir une vue générale sur ce qui se passe dans le domaine mécatronique de nos jours, car il nous permet de développer nos connaissances dans ce domaine et de découvrir des choses plus intéressantes les unes que les autres comme la carte ARDUINO, qui est basée sur les microcontrôleurs ATM Ega, l'accéléromètre et la carte SD du stockage, la communication entre ce dernier et les microcontrôleurs via la liaison SPI.

La réalisation de ce projet demande la maîtrise de logiciel Matlab et de logiciel TCI et la connaître de la programmation en langage C et des connaissances considérables dans le domaine des microcontrôleurs (Arduino), et de maîtriser utilisation de son environnement de développement.

Ce projet nous a permet aussi de toucher le matérielle et les composants électroniques et voire la différence entre la simulation et la pratique.

Nous espérons que les travaux que nous avons réalisés seront appliqués dans notre vie quotidienne et utilisés par les prochaines promotions.

Nous espérons, qu'on va voir au futur des projets qui développent ce travail on concentrant surtout sur la partie analyse des données enregistrées, cette partie peut être améliorée pour avoir des résultats plus significatifs.

ANNEXE

ANNEXE





RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

[1] http://www.volkswagen.ch/fr/technologie/technik-lexikon/traffic-monitoring-system_front_assist.html. Date de visite est le 26/03/2017

[2] http://www.volkswagen.ch/fr/technologie/technik-lexikon/city-emergency-braking-function.html.. Date de visite est le 26/03/2017

[3]http://systemsauto.ru/active/monitoring-condition-driver.htm.Date de visite est le 27/03/2017

[4]https://habrahabr.ru/post/255921/. Date de visite est le 27/03/2017

[5] organisation de coopération et de développement économique, Jeunes conducteurs : La voie de la sécurité, Enregistreur de données, 2006.

[6] https://e.banana-pi.fr/inertiels/329-module-gy-61-accelerometre-3-axes-a-adxl335-sortie-Analogique.html. . Date de visite est le 11/01/2017

[7] datasheet de l'accéléromètre ADXL335 (+/- 3g).

[8] http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_mon_club_elec/pmwiki.php?n=MAIN.MaterielCapteurAnalogAccelerometreADXL3353axes3g. . Date de visite est le 11/01/2017

[9]B. Cottenceau, Microcontrôleurs EI3 Option AGI, Carte ARDUINO UNO MicrocontrôleurATMega328, istia.

[10]« Caractéristiques et compatibilités des cartes SD/SDHC/SDXC » [archive], sur kbfr.sandisk.com (consulté le 23 mars 2017)

[11] M.FERG, B.KERBAL, Mémoire de fin d'étude (Contribution à la réduction de la consommation d'électricité de l'éclairage public on utilisant les réseaux de capteurs sans fil), Université de Médéa 2014-2015.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

[12] SIN : Maquettage d'une solution en réponse à un cahier des charges, Concevoir un système local et permettre le dialogue entre l'homme et la machine.

[13] http://electronic.de.loisir.pagesperso-orange.fr/reg.html(consulté le 24 Avril 2017)

[14]Prototypage électronique, Louis REYNIER, C'est quoi Arduino ?, louisreynier.com.

[15] https://fr.mathworks.com/products/matlab.html.. Date de visite est le 20/05/2017

[16] https://fr.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html.. Date de visite est le 26/05/2017