

**ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de MASTER en ELECTRONIQUE
Spécialité: Instrumentation

Thème

Réalisation d'un système de contrôle et de
commande à distance d'un véhicule

Présenté :

Yahoumi Sonia

StoutahRoza

Soutenu le : 30-09-2018 Devant le Jury :

Mr M. Lazri	Président
Mme O. Bouzboudja	examinatrice
Mr M. Sahed	encadreur

Promotion 2017/2018

REMERCIEMENT

Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant, ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Monsieur Sahed Mounir, pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.

Nous remercions les membres du jury, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous profitons de cette opportunité pour exprimer notre gratitude à tous les Enseignants qui ont contribué par leur collaboration, disponibilité et sympathie, à notre formation.

Nous tenons à remercier nos familles de nous avoir soutenus.

Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidés de près ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos collègues de la promotion Electronique instrumentation.



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à:

Ma chère Mère,

Mon cher Père,

Mes chères Sœurs,

Mes chers frères,

Ceux qui m'aiment,

Ceux que j'aime,

Sonia yahoumi

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à:

Ma chère Mère,

A la mémoire de mon Père,

Mes chères Sœurs,

Mes chers frères,

Ceux qui m'aiment,

Ceux que j'aime,

Roza stoutah

Liste des figures

figure	Nom de figure	page
Chapitre 1		
Figure I-1	carte arduino	4
Figure I-2	carte arduino MEGA	5
Figure I-3	La carte arduino DUE	5
Figure I-4	des cartes arduino NANO	5
Figure I-5	composants de la carte arduino uno	11
Figure I-6	Les entrées de Microcontrôleur Atmega 328	13
Figure I-7	Schéma simplifié du contenu type d'un microcontrôleur	14
Figure II-1	Le capteur dans la chaîne de mesure	15
Figure II-2	Les différents types de signaux	16
Figure II-3	Accéléromètre GY 521	17
Figure II-4	accéléromètre avec arduino uno	18
Figure III-1	Modules GSM	19
Figure III-2	Architecture d'un réseau GSM	20
Figure III-3	Réseaux Bluetooth	22
Figure III-4	HC-05	23
Figure III-5	Connexion du module HC-05	24
Figure III-6	Présentation générale sur le système LTE	25
Figure III-7	Architecture générale du LTE	26
Figure III-8	Comparaison 3G / 4G	27
Figure IV-	satellites autour de la terre	28
Figure IV-	Les coordonnées géographiques	29
Figure V-1	relais	34
Figure V-2	schéma interne d'un relais	34
Figure V-3	le relais électrique (12V-10A)	35
Figure V-4	dimension de relais (SONGLE)	36
Chapitre 2		
Figure II-1	batterie	37
Figure II-2	alternateur	38
Figure II-3	Démarrreur	38

Liste des figures

Figure II-4	pompe à essence électrique	38
Figure III-1	Le système d'allumage	39
Figure IV-1	fusible	41
Figure IV-2	Verrouillage électrique des portières Télécommande	41

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : généralités	
I-Arduino.....	2
I-1Préambule.....	2
I-2 Historique	2
I-3 Définition de la carte arduino	3
I-4 Les types des cartes arduino	4
I-5 Les différentes cartes arduino	4
↳ La carte Arduino MEGA	4
↳ La carte arduino DUE	5
↳ La carte arduino NANO	5
I-6 Le but et l'utilité	6
I-7Applications	6
I-8 Les avantages de système arduino	7
I-9 Les étapes d'utilisation de la carte Arduino :	7
I-10 L'interface de programmation.....	8
I-11 La carte Arduino Uno :	11
I-12 Microcontrôleur ATMEL ATMega328	13
I-13Alimentation de la carte Arduino Uno	14
II- Capteurs.....	15
II-1 Définition.....	15
II-2 Les caractéristiques d'un capteur	16
II-3 Accéléromètre GY 521	17
III- Les modules de transmission des données	19
III-1-le module GSM	19
III-1-1 Historique	19
III-1-2 Définition de module GSM.....	19
III-1-3-Structure interne d'un module GSM.....	20
III-1-4-Architecture du réseau GSM	21
III-2-Bluetooth.....	23

III-2-1 Définition	23
III-2-2 Présentation du module Bluetooth HC-05	24
III-3- 4G.....	26
III-3-1-définition	26
III-3-2-Buts de la 4G.....	26
III-3-3 Architecture du LTE (4G)	27
III-3-4 Les Performance des réseaux 4G	28
III-3-5 Débits et fréquences du réseau 4G	28
III-3-6 Comparaison entre les réseaux 3G et 4G	29
IV- Le G P S	30
IV- 1- Historique	30
IV- 2- Définition de GPS	30
IV- 3- Rappel sur Les coordonnées géographiques	32
IV- 4- Principe de fonctionnement.....	33
IV- 5- Les déférentes applications du GPS	33
V- les relais	34
V-1- Définition	34
V-2- Constitution d'un relais	34
V-3 Description du relais électrique « SONGLE » (12V-10A)	35

Chapitre 2 : principe d'allumage d'un véhicule

I- Energies mise en œuvre.....	37
II- Les composants essentiels d'un véhicule	37
II-1- La batterie	37
II-2- L'alternateur	37
II-3- Démarreur.....	38
II-4- Pompe à essence électrique	38
III- L'allumage d'un véhicule.....	40
Le système d'allumage	40
IV- La protection des circuit	41
V- La télécommande	41

Chapitre 3 : la réalisation pratique

I-Introduction	42
II-Liste des composants.....	42

III- les étapes suivies durant la réalisation de l'application	43
IV-Schéma synoptique	44
V- programmation.....	45
V-1-Programme principal	45
V-2- Sous programme initialisation	46
V- 3-Sous programme réception série	47
V- 4-Sous programme traitement.....	48
V- 5-Sous programme commande	49
V-6 Description de la réalisation	50
conclusion.....	53

Introduction générale

De nos jours nous assistons à une évolution rapide de la technologie dans tous les domaines notamment dans le domaine de l'électronique et précisément les télécommunications. Le développement croissant des télécommunication mobiles se fait intégrer dans des applications aussi diversifiées qu'utiles et courantes, d'applications industrielles pour la manipulation et la surveillance à distance des systèmes complexes mais aussi dans des systèmes de sécurité, de défense et protection des biens et personnes.

La carte arduino facilite les taches, afin de pouvoir avec elle associé des différents composants appropriés, pour la réalisation d'une application quelconque a l'aide de programme arduino.

Dans ce travail de mémoire, nous avons étudié et réalisé un système pour suivre et commandé un véhicule à distance via le réseau GSM, et en peut aussi utiliser la « 4 G » afin d'accéder à internet. Encor en localise sa position grâce au GPS qui permet de déterminer en tout point du globe la position exacte.

Cette application permet de contrôler et commandé votre véhicule à distance, en cas d'être le propriétaire de véhicule et ta un ouvrier qui le conduise, et aussi en cas de vol, etc.

Le mémoire est composé de trois chapitres en plus d'une conclusion et une introduction générale.

- ↳ Le premier chapitre contient des généralités sur les composants et les modules approprié à notre application.
- ↳ Le deuxième chapitre présente les déférents composants essentiels d'un véhicule ainsi son principe d'allumage.
- ↳ Le troisième chapitre est consacré à l'étude et la conception de la réalisation.

Enfin, on termine notre travail avec une conclusion générale.

I-Arduino

I-1Préambule

Arduino est une carte électronique programmable qui supporte un microcontrôleur (de la famille AVR), entouré du minimum de composants nécessaire à son fonctionnement de base.

En effet, cette carte supporte également, sur sa périphérie, une rangée de connecteurs dans lesquels peuvent venir s'enficher directement des cartes d'interfaces, appelées les « shields ».

L'arduino est également équipé d'un connecteur USB permettant de le raccorder à un micro-ordinateur, PC,Etc.

Ces cartes peuvent être utilisées pour récupérer les informations de capteurs, contrôler des moteurs, communiquer avec un ordinateur ou un téléphone portable, envoyer et lire des messages sur Internet et encore bien d'autres usages.

I-2 Historique [1]

En 2005, un projet dont personne n'avait imaginé les conséquences fut lancé à l'Interactive Design Institute Ivrea, à Ivree en Italie. Une plaque de prototypage fut développée pour donner aux étudiants un moyen simple de concevoir des produits innovants. Un nom revient sans cesse dans ce contexte, celui de Massimo Banzi. C'est l'un des codéveloppeurs et cofondateurs de la société Arduino LLC. Pour l'anecdote, le nom *Arduino* a été emprunté à un bar d'Ivree où se réunissaient régulièrement les instigateurs du projet. La philosophie qui a motivé toute l'affaire est la simplification et la facilitation de l'accès à l'univers de l'électronique et des microcontrôleurs afin que chacun puisse l'utiliser sans être pour autant un spécialiste de ces domaines. La grande disponibilité et le coût modique de la carte Arduino, ainsi que des composants et modules électroniques, ont également contribué à la popularité rapide de la carte.

I-3 Définition de la carte arduino :[2]

Le système Arduino est composé de deux choses principales : le matériel et le logiciel.

- **Le matériel :** L'Arduino est un circuit imprimé composé de plusieurs composants électroniques, en base d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications. et permettant de recevoir, d'analyser et de produire des signaux électriques.

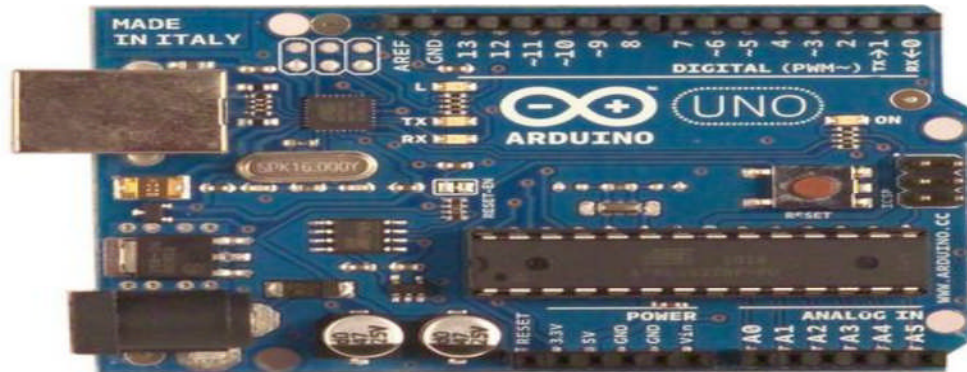
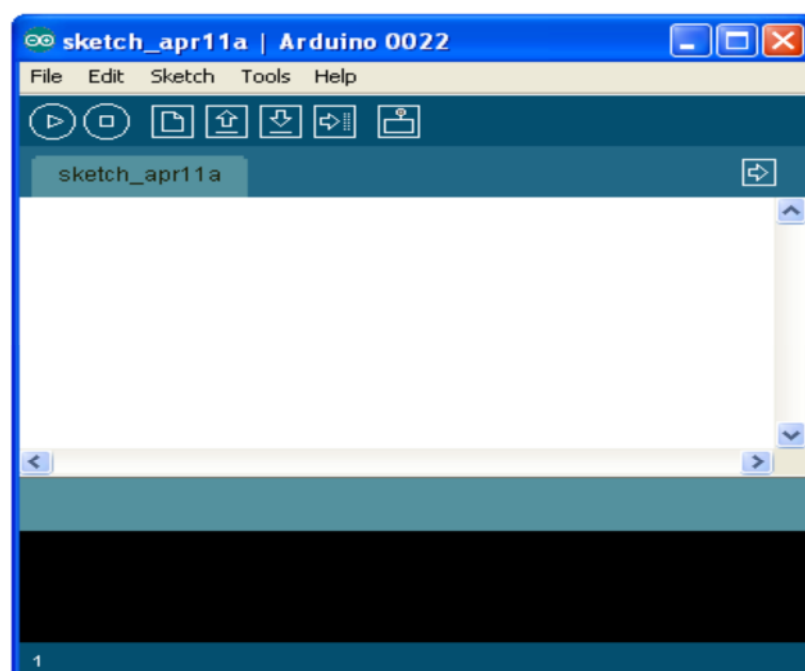


Figure I-1 : carte arduino

- **Logiciel :** Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA, libre et multiplateformes, Le langage C et C++, est un langage permettant à un être humaine d'écrire un ensemble d'instruction (code source) qui seront directement converties en langage machine grâce à un compilateur, l'exécution d'un programme s'effectue de manière séquentielle.



I-4 Les types des cartes arduino [3]

Il y a trois types de cartes :

- Les « officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : **Smart Projects**
- Les « compatibles » qui ne sont pas fabriquées par Smart Projects, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.
- Les « autres » fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...).

I-5 Les différentes cartes arduino

↳ La carte Arduino MEGA :

La carte Arduino MEGA est la carte la plus diffusée après la carte ARDUINO UNO. Elle offre un nombre d'entrées/sorties beaucoup plus important (54 contre 14), un processeur plus puissant doté d'une mémoire plus vaste qui permet d'exploiter des algorithmes plus complexes.

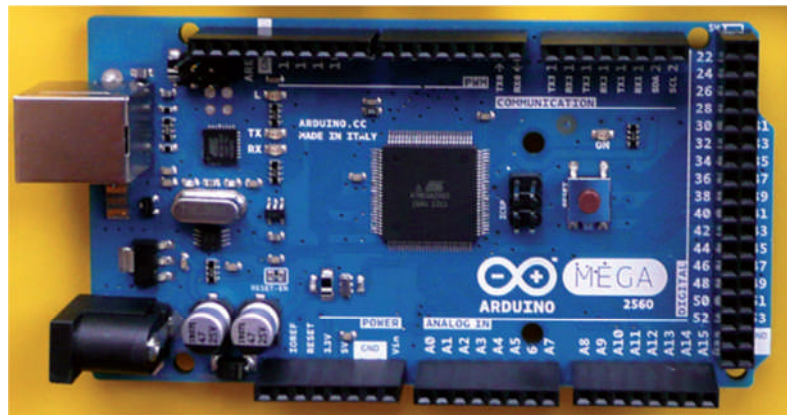


Figure I-2 : carte arduino MEGA

↳ La carte arduino DUE :[2]

La carte arduino DUE est une évolution de la carte arduino MEGA et offre des performances réputées 3 fois supérieures. Elle permet de manipuler rapidement des algorithmes lourds particulièrement utiles dans le monde de la robotique par exemple.

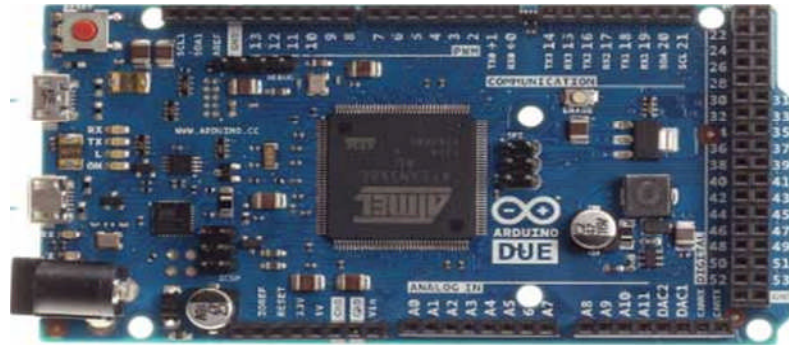


Figure I-3 : La carte arduino DUE

↳ La carte arduino NANO

La carte arduino NANO la même qu'une carte arduino UNO miniaturisée. Sa taille et son poids réduits la destinent à une utilisation dans des espaces réduits (en textile par exemple) ou dans des applications de robotique ou de modélisme pour lesquels le poids et la taille des facteurs déterminant (hélicoptères, drones ...)

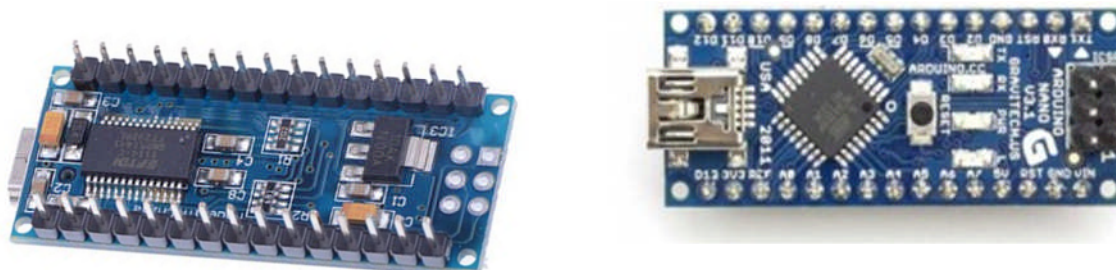


Figure I-4 : des cartes arduino NANO

I-6 Le but et l'utilité : [3]

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, nous allons programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique.

L'utilité est sans doute quelque chose que l'on perçoit mal lorsque l'on débute, mais une fois que vous serez rentré dans le monde de l'Arduino, vous serez fasciné par l'incroyable puissance dont il est question et des applications possibles !

I-7 Applications : [2]

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines ! Pour vous donner quelques exemples, vous pouvez :

- ✓ contrôler les appareils domestiques
- ✓ fabriquer votre propre robot
- ✓ faire un jeu de lumières
- ✓ communiquer avec l'ordinateur
- ✓ télécommander un appareil mobile (modélisme) etc.

I-8 Les avantages de système arduino



Le prix

En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.



La liberté

C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino. Elle constitue en elle même deux choses :

Le logiciel : gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris.

Le matériel : cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet.

Cette liberté a une condition : le nom « Arduino » ne doit être employé que pour les cartes « officielles ». En somme, vous ne pouvez pas fabriquer votre propre carte sur le modèle Arduino et lui assigner le nom « Arduino ».

Les cartes non officielles, on peut les trouver et les acheter sur Internet et sont pour la quasi-totalité compatibles avec les cartes officielles Arduino.



La compatibilité

Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.



La communauté

La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site arduino.cc (en anglais) et arduino.cc (en français).

I-9 Les étapes d'utilisation de la carte Arduino : [7]

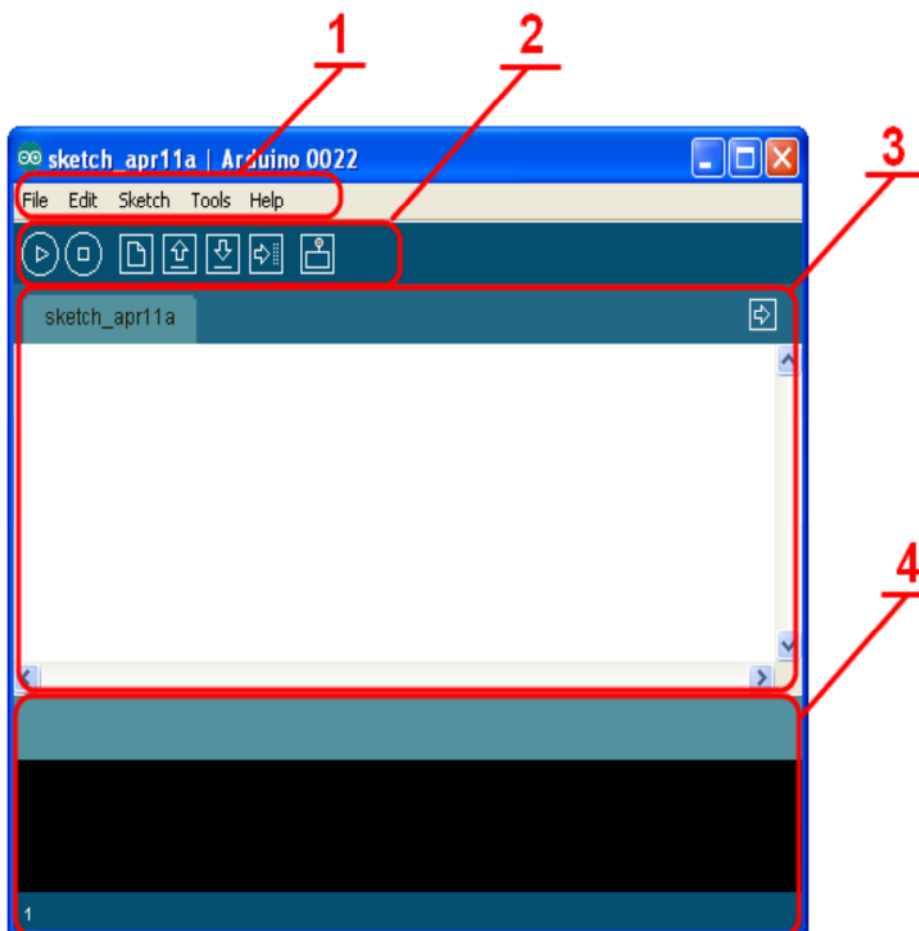
Dans le cas de l'utilisation de la carte arduino dans un circuit électronique, on suit les étapes suivantes :

- On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel arduino.
- On vérifie ce programme avec le logiciel arduino(compilation).
- Si des erreurs sont signalées,on modifie le programm
- On charge le programme sur la carte
- On câble le montage électronique

- L'exécution de programme est automatique après quelques secondes.
- On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome (pile 9 volts par exemple).
- On vérifie que notre montage fonctionne.

I-10 L'interface de programmation : [2]

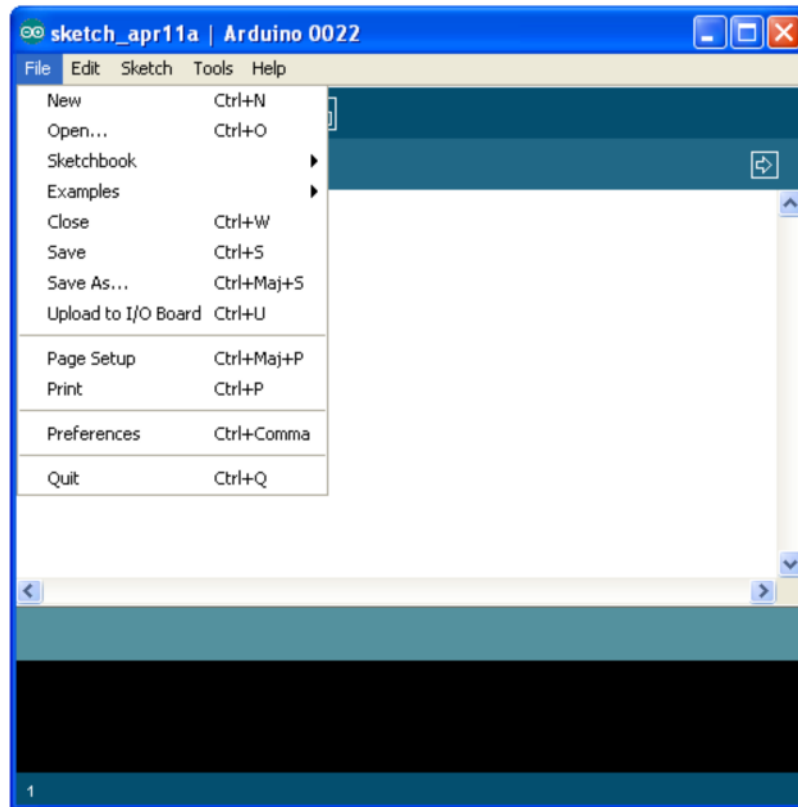
L'interface du logiciel Arduino se présente de la façon suivante :



1. Options de configuration du logiciel
2. boutons pour la programmation des cartes
3. programme à créer
4. débogueur (affichage des erreurs de programmation)

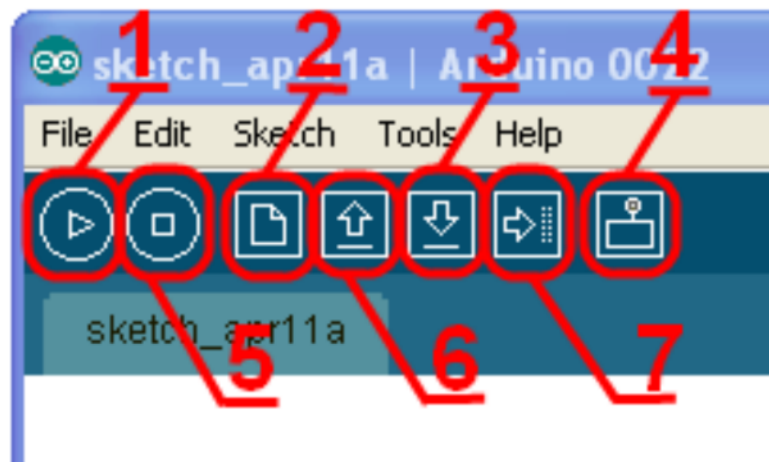
Le menu file

Le menu File dispose d'un certain nombre de choses qui vont être très utiles :



- New (nouveau) : va permettre de créer un nouveau programme. Quand on appuie sur ce bouton, une nouvelle fenêtre, identique à celle-ci, s'affiche à l'écran.
- Open... (ouvrir) : avec cette commande, on peut ouvrir un programme existant.
- Save / Save as... (enregistrer / enregistrer sous...) : enregistre le document en cours / demande ou enregistrer le document en cours.
- Examples (exemples) : ceci est important, toute une liste se déroule pour afficher les noms d'exemples de programmes existants.

Les boutons



1. permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans le programme
2. Créer un nouveau fichier
3. Sauvegarder le programme en cours
4. Liaison série
5. Stoppe la vérification
6. Charger un programme existant
7. Compiler et envoyer le programme vers la carte

I-11 La carte Arduino Uno :

Définition : [7]

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328.

L'ATmega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C/C++.

La carte Arduino UNO est la pièce maitresse de tout circuit électronique pour les débutants .Elle possède des «ports» permettant par exemple de se connecter à un ordinateur ou de s'alimenter.

Elle est dotée : [8]

- de 14 entrées/sorties
(Dont 6 fournissent la sortie PWM)
- 6 entrées analogiques
- un cristal à 16 MHz
- une connexion USB
- une prise jack d'alimentation
- un en-tête ICSP
- une fonction reset.

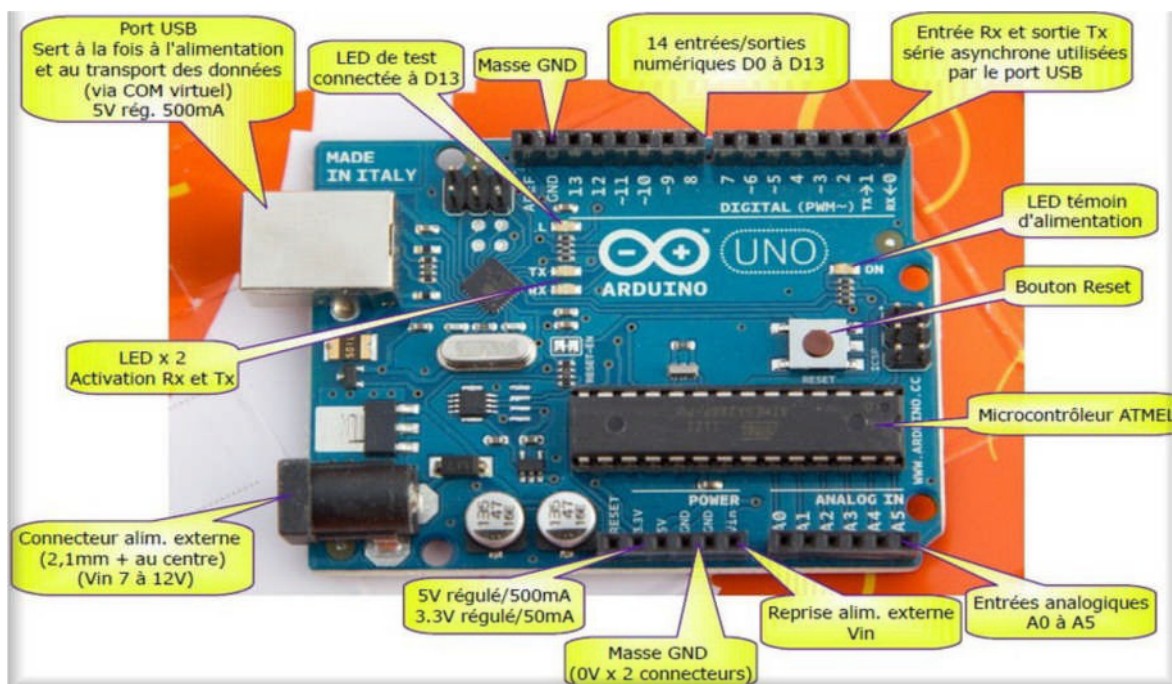


Figure I-5: composants de la carte arduino uno

Caractéristiques techniques :[8]

Microcontrôleur	ATmega328P
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
E / S numériques Pins	14 (dont 6 fournissent la sortie PWM*)
PWM numérique E / S Pins	6
Pins d'entrée analogique	6
DC Courant par I O Pin /	20 mA
Courant DC pour 3.3V Pin	50 mA
Mémoire flash	32 KB (ATmega328P) dont 0,5 KB utilisé par bootloader**
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM ***	1 KB (ATmega328P)
Vitesse de l'horloge	16 MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,4 mm
Poids	25 g

I-12 Microcontrôleur ATMEL ATmega328:[9]

Le microcontrôleur de la carte Arduino UNO est un 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/Counters : Timer0 et Timer2

(comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16bits)

Chaque timer peut être utilisé pour générer

deux signaux PWM. (6 broches OCxA/OCxB)

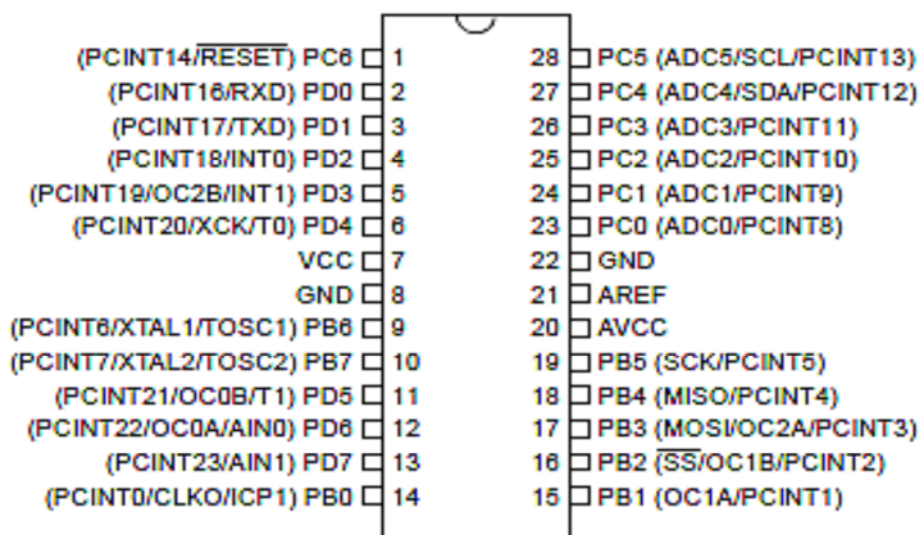
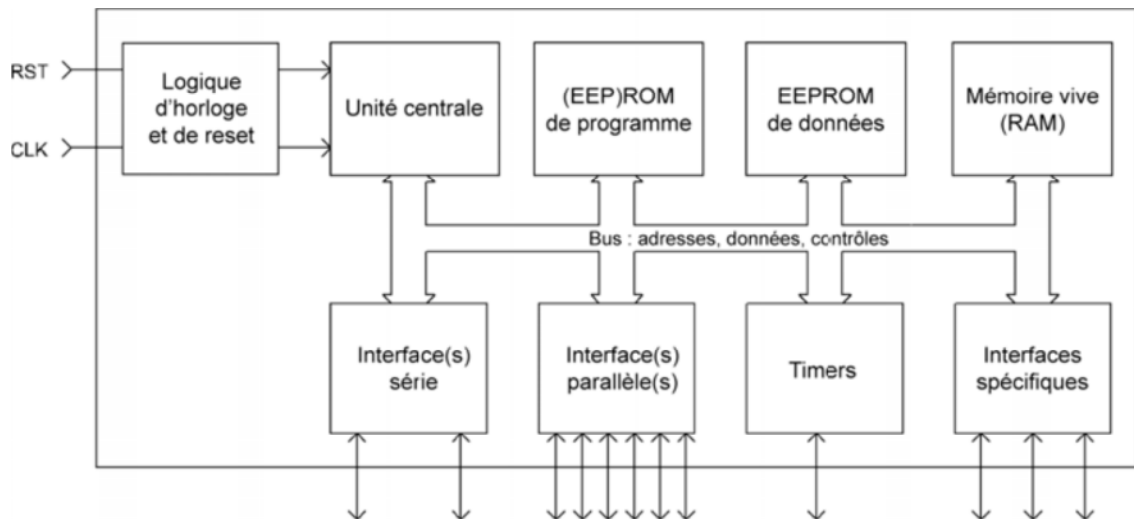


Figure I-6 : Les entrées de Microcontrôleur ATMEL ATmega328



I-7- Schéma simplifié du contenu type d'un microcontrôleur.

I-13 Alimentation de la carte Arduino Uno

La carte Arduino Uno peut être alimentée via la connexion USB ou avec une alimentation externe. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée.

Une alimentation externe peut provenir soit d'un adaptateur AC-DC ou d'une batterie. L'adaptateur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm dans la prise d'alimentation de la carte ou à partir d'une batterie connectée dans le pin (ou broche) GND et V-in (alimentation externe).

Le processeur peut fonctionner sur une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la tension est inférieure à 7V, le pin 5V peut fournir moins de cinq volts et le processeur peut devenir instable. Si la tension est supérieure à 12V, le régulateur de tension peut surchauffer et endommager la carte. La plage recommandée est de 7 à 12 volts.

II- Capteurs

II-1 Définition [10]

Dans un grand nombre de domaine, il est nécessaire d'avoir accès à une grandeur physique. Cette connaissance permet de connaître l'état physique d'un système et de pouvoir prendre des décisions quand à la conduite de celui-ci.

L'état physique du système doit être connu sous la forme d'une grandeur électrique : tension ou courant.

L'opération qui permet de transformer une grandeur physique en une grandeur électrique est réalisée par un capteur.

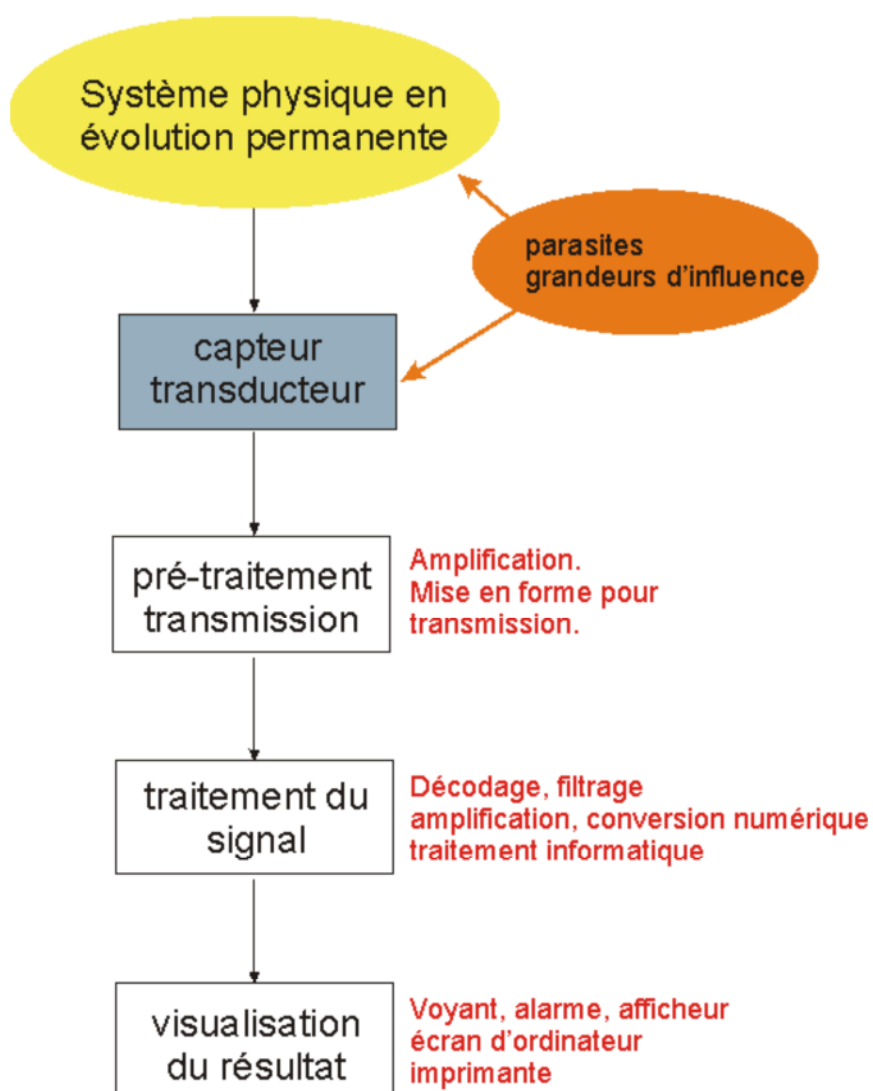
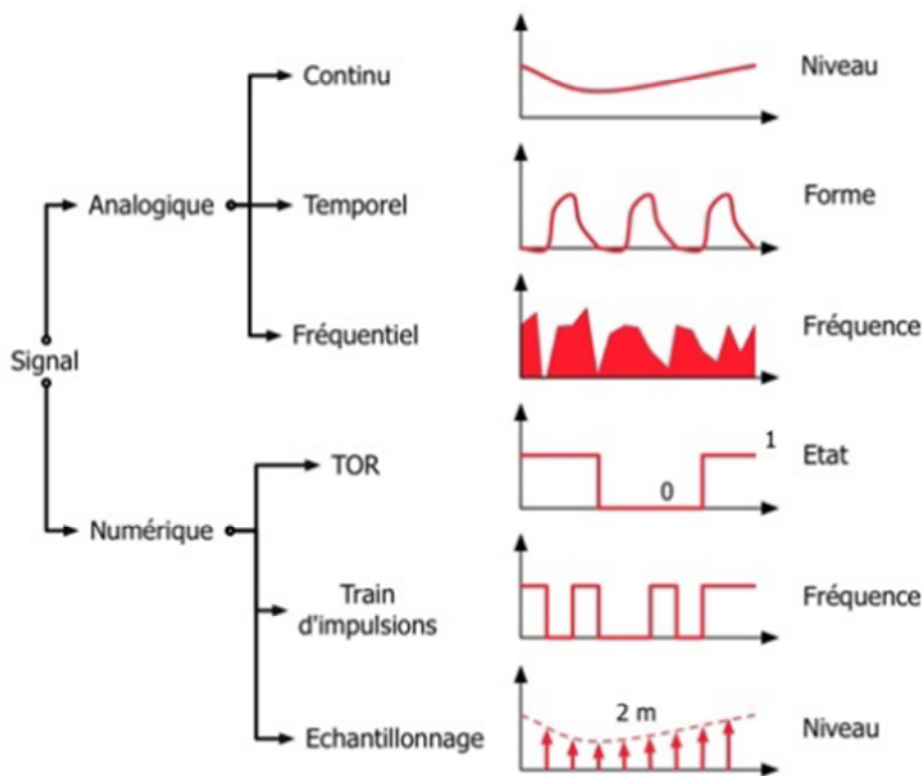


Figure II-1 :Le capteur dans la chaîne de mesure

II-2 Les caractéristiques d'un capteur

- ✓ Etendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur.
- ✓ Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.
- ✓ Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
- ✓ Précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie.
- ✓ Rapidité : Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante.
- ✓ Linéarité : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure.

Les différents types de signaux qu'un capteur délivre :



FigureII- 2: Les différents types de signaux

II-3 Accéléromètre GY 521: [11]

Définition:

Le capteur que nous allons utiliser porte référence GY_521 et est architecture autour d'un MPU 6050 qui est composé de deux capteur et un processeur :

- Un capteur accélération 3 axes qui (x,y et z) qui mesure une accélération
- Un capteur gyroscope 3 axes qui mesure une vitesse angulaire
- Digital motion processor (DMP) capable de stocker des données et les restituer

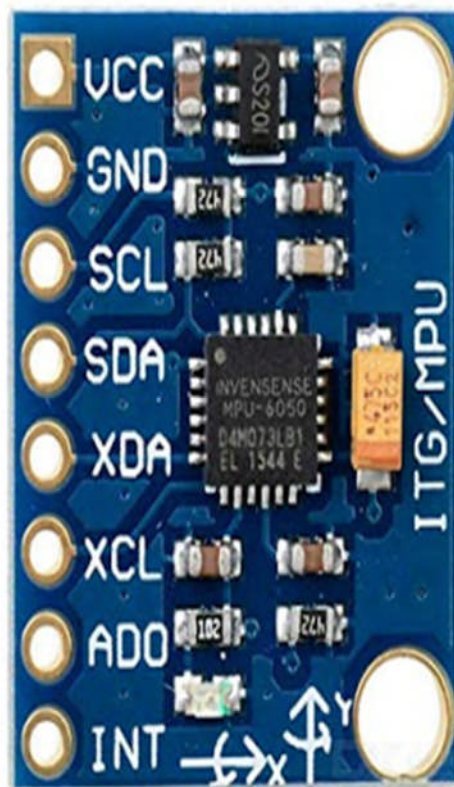


Figure II-3 :Accéléromètre GY 521

Le branchement avec la carte arduino Uno :

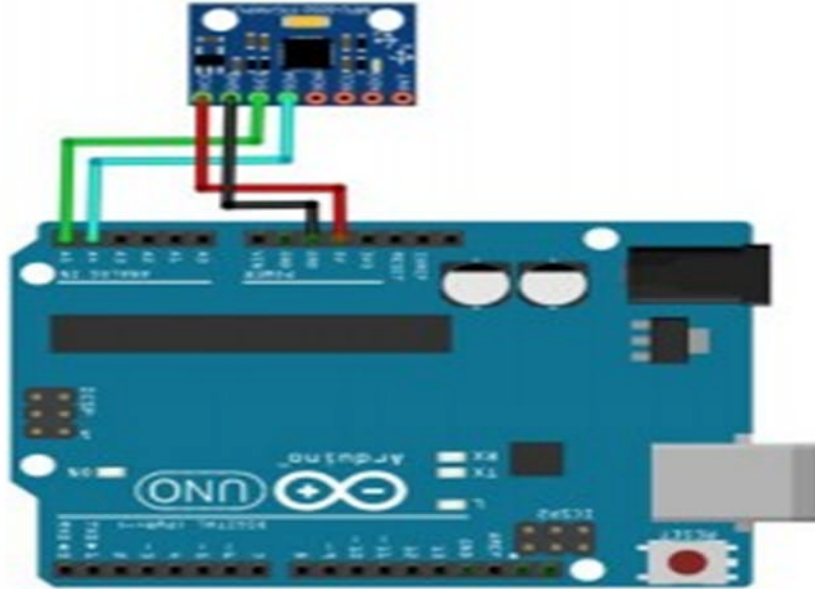


Figure II-4 : branchement d'accéléromètre avec arduino uno

III- Les modules de transmission des données

III-1-le module GSM

III-1-1 Historique : [12]

Au début des années 80, la CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) crée un groupe de travail, le GSM (Global System for Mobile Communication ou, groupe spécial mobile), pour définir un système numérique de Communication avec les mobiles à vocation internationale pour l'horizon 1990. L'année 1992 a vu la commercialisation réelle des premiers systèmes GSM.

La norme GSM est adoptée dans de nombreux pays. C'est l'unique norme numérique de téléphonie cellulaire 2G(2ème Génération) acceptée en Europe. Dans la plupart des autres régions du monde, elle est en concurrence avec d'autres normes de radio téléphonie numérique, en général originaires des Etats-Unis (Interim Standard IS-95) ou du Japon (Personal Digital Cellular PDC).

III-1-2 Définition de module GSM

Un module GSM est un système de radiotéléphonie, a pour but de permettre à un terminal d'accéder au réseau téléphonique pour la transmission des données numérique sur un territoire d'une assez grande étendue. Ce service utilise une liaison radioélectrique entre le terminal et le réseau. Les modules GSM sont universels puisqu'ils supportent les normes GSM07.07et GSM07.05, permettent de ce fait d'envoyer ou de recevoir des données numériques, des appels, des SMS, d'E-MAIL et même de télécopies(FAX).



Figure III-1 : Modules GSM

III-1-3-Structure interne d'un module GSM :[13]

Le module GSM a un certain nombre de blocs fonctionnels d'où on cite :

- ✓ La partie radio (émission/réception)
- ✓ La partie audio (bande de base)
- ✓ La partie logique
- ✓ La carte SIM
- ✓ Antenne

Partie radio(RF)

La partie radio assumant des fonctions d'émission et de réception largement contrôlées par la partie logique, elle se compose essentiellement d'amplification à faible bruit ou de puissance, de filtres, d'oscillateurs commandés, et de circuit de modulation-démodulation.

Partie audio

La partie audio ou bande de base, c'est la partie la plus intelligente du module, l'un de ses rôles essentiels est celui de CODEC, autrement dit Codeur-Décodeur. A des fonctions de conversion analogique numérique et numérique-analogique s'ajoute ainsi celles de compression et décompression de données.

La partie logique

Véritable cœur du module, le microprocesseur principal exécute un logiciel extrêmement complexe, programmé dans une mémoire éventuellement actualisable par téléchargement. C'est à ce programme que l'on doit toutes les spécificités fonctionnelles du module.

La carte SIM

Véritable clef d'identification et d'authentification de l'utilisateur, la carte est installée dans un connecteur spécial relié à la partie logique par des circuits interface appropriés. Il s'agit en effet d'une carte à puce asynchrone, conforme à la fois aux spécifications de la norme ISO 7816.

III-1-4-Architecture du réseau GSM [12]

Le réseau GSM est composé de 3 parties essentielles:

- Le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem).
- Le sous-système réseau NSS (Network Sub-System).
- Le sous-système d'exploitation et de maintenance NMS.

Le sous-système radio (BSS)

Ce sous-système est constitué de stations de base BTS (Base Transceiver Station), qui assure le lien radioélectrique avec les abonnés mobiles MS. Les BTS sont gérées par un contrôleur de stations de base BSC (Base Station Controller), qui assure également la fonction de concentration du trafic. Le BSC est connecté à un sous-multiplexeur transcodeur TCSM (TransCoder Sub-Multiplexer) qui rend compatible le réseau GSM avec les réseaux numériques fixes publics avec une adaptation du débit des circuits de parole.

Le sous-système réseau NSS

C'est une interface entre le réseau GSM et le réseau fixe public, elle regroupe toutes les fonctions de commutation et de routage, localisées dans le MSC (Mobile-services Switching Center). Les données de référence, propre à chaque abonné sont enregistrées dans une base de données répartie sur des enregistreurs de localisation HLR (Home Location Register) afin de minimiser les accès aux VLR (Visitor Location Register). Le MSC utilise un enregistreur de localisation temporaire le VLR, contenant les données de travail relatives aux abonnés présents dans la zone gérée par le MSC.

Le sous-système d'exploitation et de maintenance NMS

Il est utilisé par l'opérateur pour administrer son réseau, de manière locale par des OMC (Opération and Maintenance Centre), et de manière générale par les NMC (Network Management Centre). Les fonctions de sécurité et de contrôle d'accès au réseau sont assurées par le centre d'authentification AUC (AUthentication Centre) et l'enregistreur des identités des équipements EIR (Equipment Identity Register).

La station mobile (MS)

La station mobile MS (Mobile Station) désigne un équipement terminal muni d'une carte SIM (Subscriber Identity Module) qui permet d'accéder aux services de télécommunications d'un réseau mobile GSM. La carte SIM d'un abonné est généralement du format d'une carte de crédit, parfois même juste du format de la puce (plug-in). Elle contient toutes les informations nécessaires au bon fonctionnement du mobile.

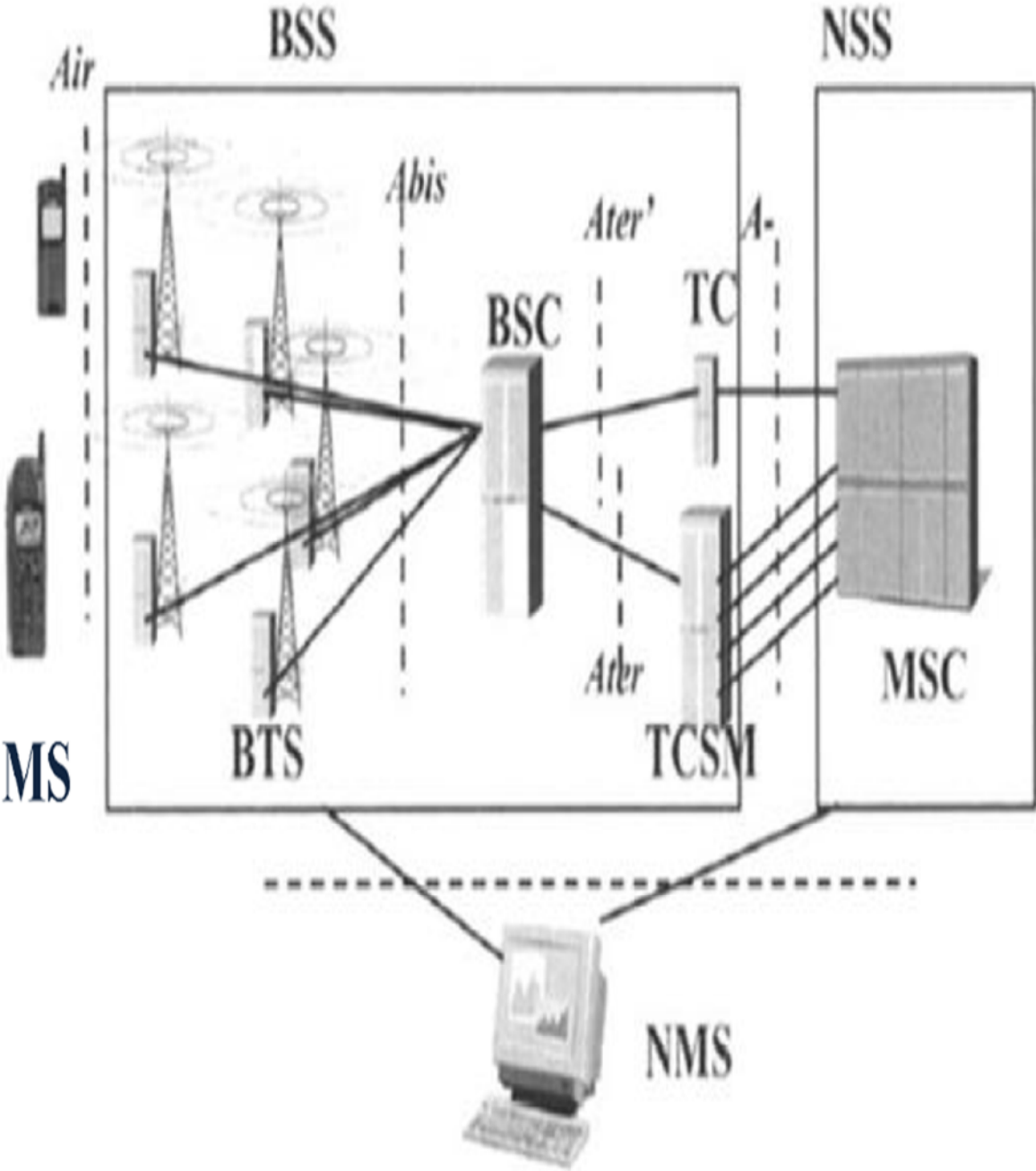


Figure III-2: Architecture d'un réseau GSM

III-2-Bluetooth



III-2-1 Définition [14]

Le Bluetooth est un protocole de communication sans fil (WPAN). Il a vu le jour à la fin des années 1990 et n'a vraiment percé que dans les années 2000 proposant un débit théorique de 1 Mbps pour une portée maximale d'une trentaine de mètres.

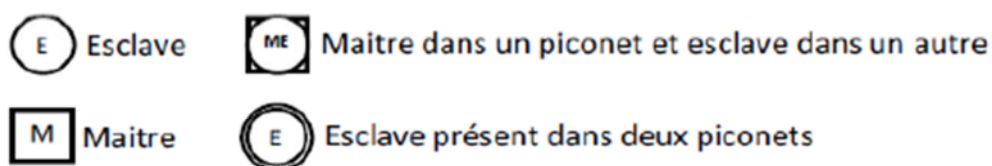
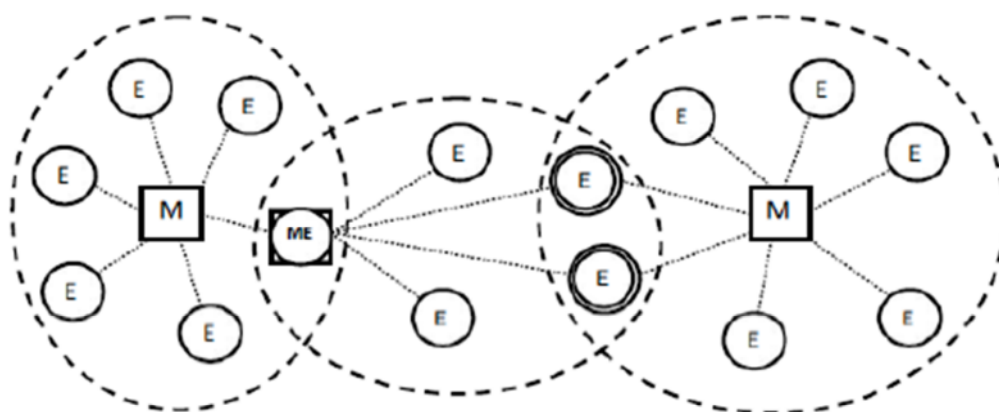
Bluetooth, connue aussi sous le nom IEEE 802.15.1, possède l'avantage d'être très peu gourmand en énergie, ce qui le rend particulièrement adapté à une utilisation au sein de petits périphériques.

Ce protocole est un cousin du Wifi. En effet, ils utilisent la même gamme de fréquences : 2.4 GHz (tout comme les téléphones portables et le Zigbee par exemple). C'est une communication bidirectionnelle, deux modules peuvent communiquer ensemble en même temps. Le comportement utilisé est « maître/esclave ».

Un esclave pourra parler avec un seul maître, mais un maître pourra dialoguer avec plusieurs esclaves.

Pour son utilisation, elle se passe en plusieurs étapes :

1. Le maître se met en mode « reconnaissable ».
2. L'esclave trouve le maître et demande à s'y connecter.
3. Le maître accepte la connexion.
4. Les périphériques sont alors appariés (ou associés).
5. La communication peut commencer.



FigureIII-3: Réseaux Bluetooth

III-2-2 Présentation du module Bluetooth HC-05

HC-05 est trouvable assez facilement pour quelques euros (via des sites d'import de Chine). Il est aussi gros que le pouce et est en fait un montage d'un module Bluetooth sur un petit PCB (printed circuit board). Cela permet de s'affranchir de certaines contraintes comme la soudure du module (qui est très délicate), la conversion 5V -> 3.3V, la régulation de l'alimentation (3.3V de nouveau) ou encore l'ajout de LEDs de signal. Tout cela est déjà intégré [9]!

Alors que trouvons-nous sur ce petit module ?

Tout d'abord, un ensemble de broches. VCC et GND pour l'alimentation (5V), Rx/Tx pour la communication. On y voit aussi une broche « Key » (ou bien Enable « EN ») qui servira à envoyer des commandes de configuration au module. La dernière broche nommée « Led »(ou bien state) permet de brancher une LED pour obtenir un signal sur l'état du module.

Led sert à connecter une LED de statut, vous pouvez la laisser déconnectée cela n'influencera pas le comportement du module. Key sert à utiliser le mode « commande » du module. Avec cette dernière vous pourrez reconfigurer la voie série (vitesse, parité etc...) et d'autres options liées au Bluetooth (nom du module, mot de passe d'appairage, mode esclave/maître...). Cette broche est à connecter à n'importe quelle sortie numérique de l'Arduino.



FigureIII-4: HC-05

Sa connexion avec la carte Arduino :[14]

Ce module communique via une liaison série avec une carte Arduino. Cette liaison s'établit sur deux broches RX et TX définies dans notre programme en tant que broches 11 et 10.

La broche RX de la carte Arduino doit être raccordée à la broche TX du module Bluetooth HC-05. La broche TX de la carte Arduino doit être raccordée à la broche RX du module HC-05.

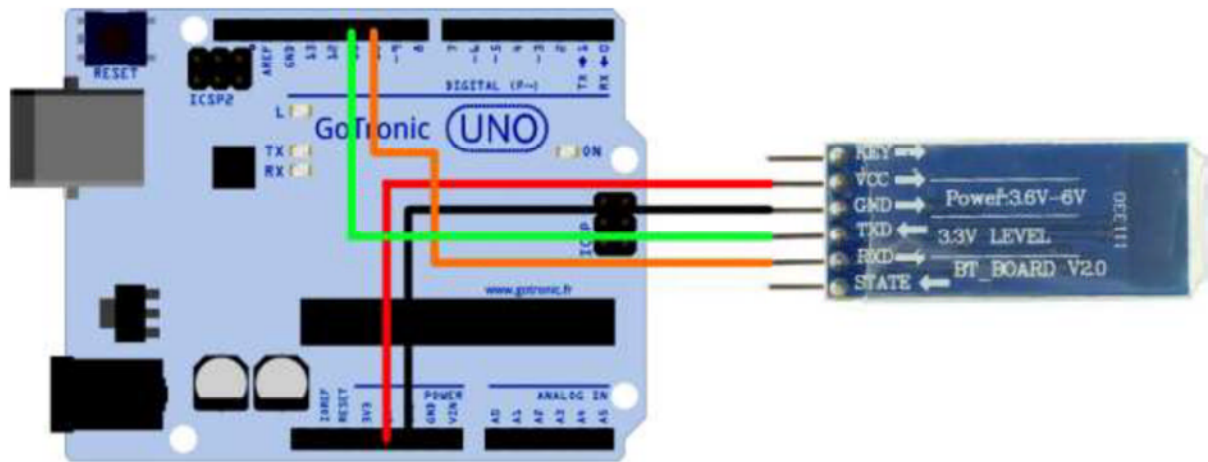


Figure III- 5: Connexion du module HC- 05

Table de correspondance :

Arduino	HC-05
5V	VCC
GND	GND
10	RXD
11	TXD

III-3- 4G

III-3-1-définition [15]

La 4G est la quatrième génération de réseau mobile. Elle est la norme succédant à la 3G. La 4G c'est la norme des standards de téléphonie mobile permettant des débits jusqu'à 50 fois plus important que la première norme.

La technologie LTE (Long Term Evolution) ou la 4G s'appuie sur un réseau de transport à commutation de paquet IP. Elle n'a pas prévu de mode d'acheminement pour la voix, contrairement à la 3G qui transporte la voix en mode circuit.

Le LTE utilise des bandes de fréquences hertziennes d'une largeur pouvant varier de 1,4 MHz à 20 MHz, permettant ainsi d'obtenir (pour une bande 20 MHz) un débit binaire théorique pouvant atteindre 300 Mbit/s en « downlink », alors que la "vraie 4G" offre un débit descendant atteignant 1 Gbit/s.



Figure III-6 : Présentation générale sur le système LTE

III-3-2-Buts de la 4G [15]

La 4^{ème} génération vise à améliorer l'efficacité spectrale et à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation de mobilité et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en établissant l'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise à rendre le passage entre les réseaux transparent pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services durant le transfert inter cellulaire, et à basculer l'utilisation vers le tout-IP.

Les principaux objectifs visés par les réseaux de 4^{ème} génération sont les suivants :

- Assurer la continuité de la session en cours.
- Réduire les délais et le trafic de signalisation.
- Fournir une meilleure qualité de service.
- Optimiser l'utilisation des ressources.
- Réduire le délai de relève, le délai de bout-en-bout, la gigue et la perte de paquets.
- Minimiser le coût de signalisation.

III-3-3 Architecture du LTE (4G)[15]

Les réseaux LTE sont des réseaux cellulaires constitués de milliers de cellules radio qui utilisent les mêmes fréquences hertziennes, y compris dans les cellules radio mitoyennes, grâce aux codages radio OFDMA et SC-FDMA. La figure ci-dessus présente l'architecture du réseau LTE.

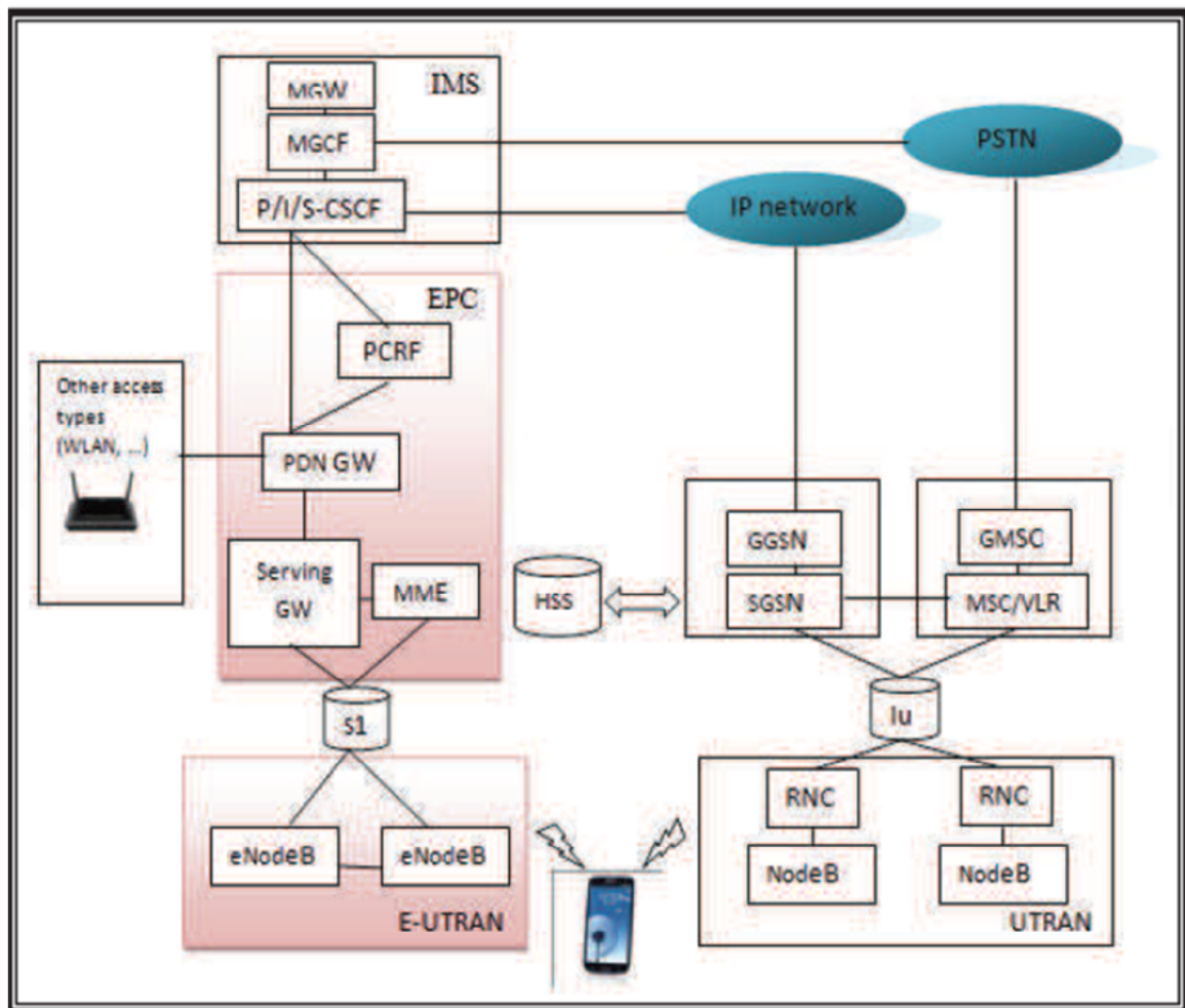


Figure III-7 : Architecture générale du LTE.

III-3-4 Les Performance des réseaux 4G

- ✓ Une mobilité à toute épreuve
- ✓ Des temps de réponse rapides
- ✓ La voix sur IP
- ✓ Débit sur l'interface radio
- ✓ Connexion permanente
- ✓ Délai pour la transmission de données
- ✓ Coexistence et Interfonctionnement avec la 3G
- ✓ Flexibilité dans l'usage de la bande

III-3-5 Débits et fréquences du réseau 4G [15]

L'évolution des débits suit une progression semblable à celle de la capacité de calcul. Chaque nouvelle technologie de réseaux mobiles augmente les débits et suscite une attente de débits supérieurs.

Il était ainsi également clair dès 2004 que le LTE devrait fournir de très hauts débits. Au-delà des limitations capacitaires, le débit fourni à un utilisateur dépend de ses conditions radio, liées en particulier à sa position dans la cellule, des techniques de transmission employées et de la ressource spectrale disponible.

L'établissement des standards de performances communément admis pour les réseaux 4G : 100 Mbit/s sur le lien radio descendant (antenne relais vers mobile), et 50 Mbit/s maximum sur le lien montant (mobile vers antenne relais). La technologie LTE fonctionne dans une variété de fréquences selon la zone géographique couverte : 700 MHz aux Etats-Unis pour le réseau de Verizon Wireless, 2,6 GHz et 800 MHz en Europe, et 2,1 GHz pour le réseau japonais de NTT Docomo (opérateur japonais).

L'utilisateur peut ainsi accéder à ses services favoris chez lui ou hors de son domicile avec une fluidité homogène. En complément, le débit est jugé comme un facteur de comparaison entre opérateurs et une course aux débits est en marche dans certains pays.

Enfin, des débits toujours plus élevés ouvrent la porte à l'introduction de nouveaux services, sources de revenus et/ou de différenciation pour les opérateurs.

III-3-6 Comparaison entre les réseaux 3G et 4G

Appréhender les évolutions et le fonctionnement des réseaux mobiles en évolution vers des technologies LTE (Long Term Evolution). La figure suivante montre une simple comparaison entre l'architecture du réseau de troisième génération et celui de la quatrième génération.

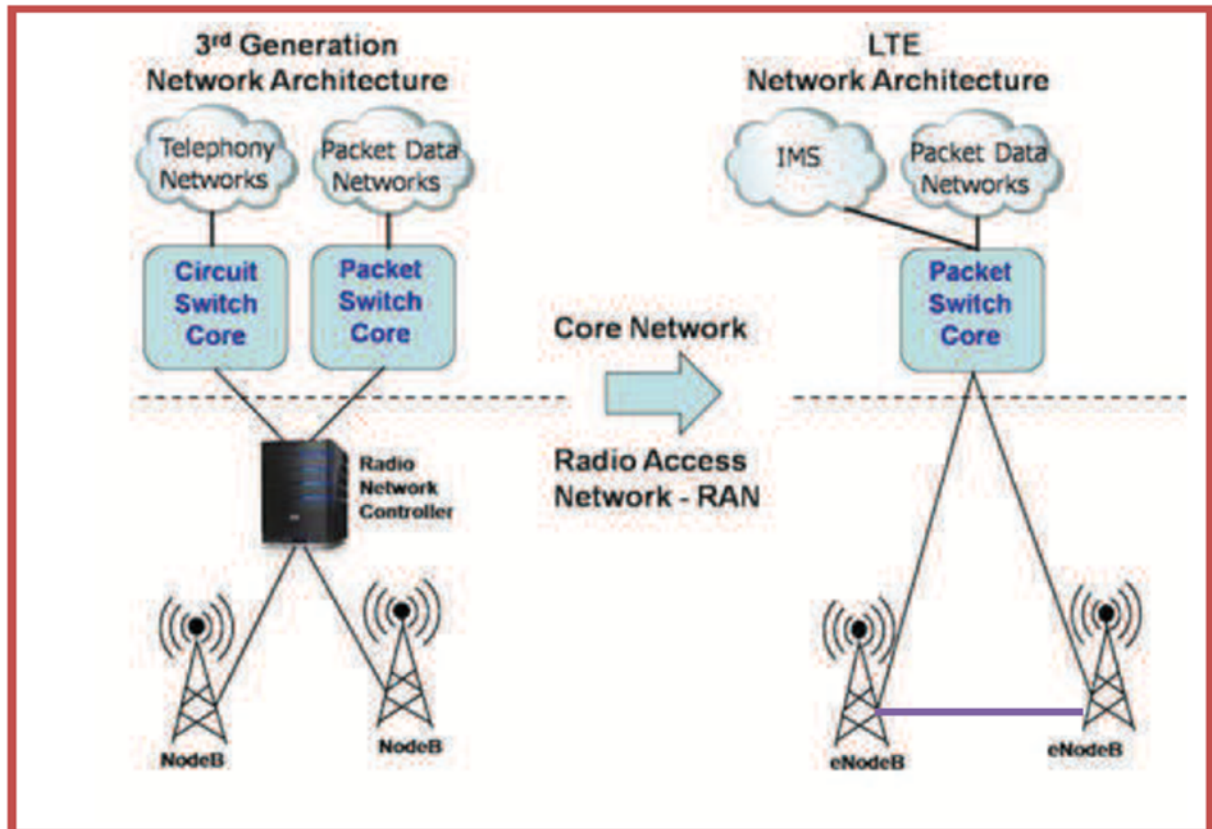


Figure III-8 : Comparaison 3G / 4G.

IV-Le G P S [16]

IV- 1- Historique

Le premier satellite artificiel mis en orbite autour de la Terre, Sputnik 1, a été lancé en octobre 1957 par l'Union soviétique. Cet événement marquant a donné le départ d'une course effrénée à la conquête de l'espace. En effet, dès le début des années 1960, un système de navigation par satellites (couramment appelé système Transit) était déjà exploité par la marine américaine.

Quant à lui, le système GPS a été conçu par le département de la Défense des États-Unis au début des années 1970. Les quatre premiers satellites prototypes ont été lancés en 1978.

Une constellation de 24 satellites opérationnels a été complétée en 1993. Le coût de l'opération se chiffrait alors à quelque dix milliards de dollars américains. Aujourd'hui, un système russe (GLONASS) est en opération. Un système de positionnement européen (Galileo) est également en élaboration.

IV- 2- Définition de GPS

Le système de positionnement global ou GPS, est un système de radionavigation spatial qui permet aux utilisateurs équipés de récepteurs convenables de déterminer sur terre, sur mer ou dans les airs, leur position, leur vitesse et l'heure à n'importe quel moment du jour ou de la nuit et ce, quelles que soient les conditions météorologiques. Le système offre un niveau de précision équivalent ou supérieur à tout autre système de navigation actuel.

Le GPS permet de déterminer en tout point du globe la position exacte avec une précision < 5 m. Les GPS captent avec des récepteurs les signaux émis par les satellites.



Figure IV-1: satellites autour de la terre

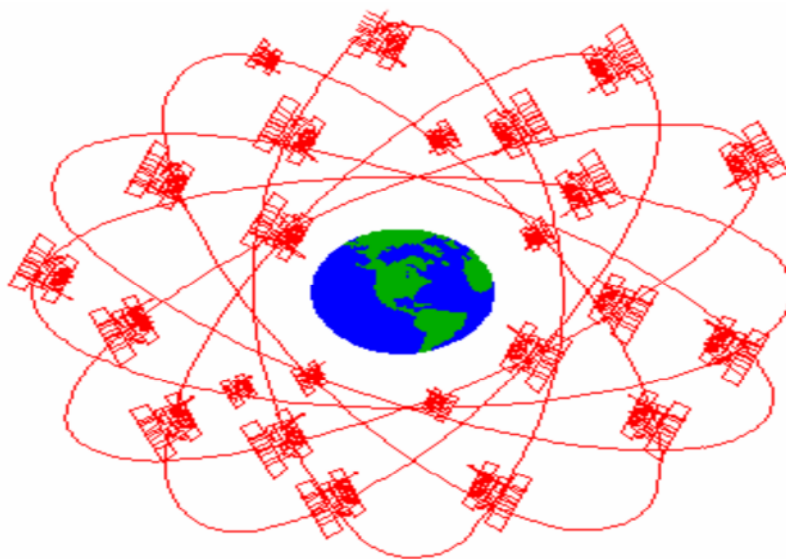
Le système de positionnement global comporte trois éléments : [16]

- Le secteur spatial
- Le secteur de contrôle
- Le secteur utilisation

Le segment spatial

Ce segment se compose de 24 satellites opérationnels répartis sur six orbites circulaires à 10 900 milles marins au-dessus de la terre. De ces 24 satellites, 21 sont des satellites de navigation (SV) et 3 des satellites de secours.

Les orbites sont inclinées à 55° par rapport au plan de l'équateur et leur période est d'environ 12 heures. Cette configuration permet à un récepteur à la surface ou au-dessus de la terre de recevoir les signaux de cinq à huit satellites, 24 heures par jour. Les satellites transmettent continuellement leurs données de position et l'heure, qui sont reçues et traitées par les récepteurs GPS afin de déterminer la position tridimensionnelle de l'utilisateur (latitude, longitude, altitude), sa vitesse et l'heure.

**Le segment contrôle**

Ce segment se compose d'une station de contrôle principale située à Colorado Springs, de cinq stations de poursuite et de trois antennes terriennes réparties autour de la terre.

Les stations de poursuite surveillent tous les satellites GPS en vue et recueillent les données contenues dans leurs messages. Ces stations éloignées sont capables de poursuivre et de surveiller la position de chacun des satellites du GPS.

Les stations de poursuite transmettent les données obtenues des satellites à la station de contrôle principale qui calcule alors les orbites très précises des satellites. Ces données sont ensuite formatées en des messages de navigation actualisés pour chaque satellite.

Les données actualisées sont ensuite transmises sur une liaison montante à chacun des satellites à partir des antennes terriennes. Ces antennes servent également à transmettre et à recevoir les signaux de commande et de surveillance des satellites.

Le segment utilisateur

Ce segment comprend les récepteurs, processeurs et antennes qui permettent aux opérateurs se trouvant en mer, sur terre et dans les airs, de recevoir les transmissions des satellites GPS et de calculer avec précision leur position, altitude, vitesse et heure.

IV- 3- Rappel sur Les coordonnées géographiques [16]

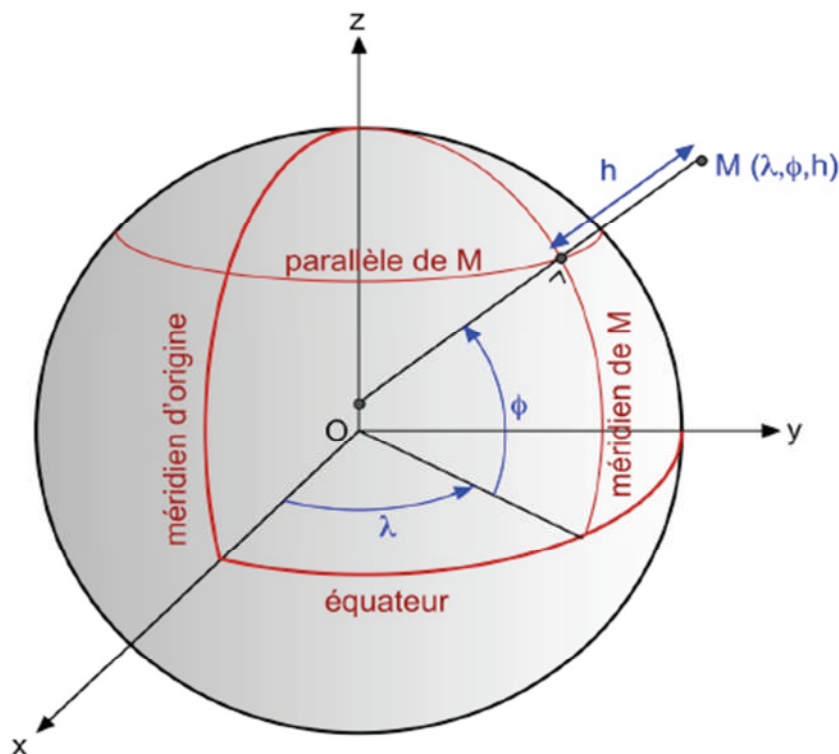
Les coordonnées géographiques d'un point M de la surface de la Terre sont :

- La longitude: angle orienté entre le plan méridien origine et le plan méridien contenant le point M.

Le méridien d'origine est celui de Greenwich.

- La latitude: angle orienté entre le plan de l'équateur et la normale à l'ellipsoïde passant par le point M.

La hauteur: distance algébrique entre le point M et l'ellipsoïde.



FigureIV-2 : Les coordonnées géographiques

IV- 4- Principe de fonctionnement [16]

Le récepteur GPS doit savoir deux choses pour faire son travail. Il doit savoir où se trouvent les satellites (leur position) et à quelle distance ils se trouvent.

Le récepteur GPS tire des satellites deux sortes d'informations codées. Le premier type d'informations, appelé 'données d'almanach', contient les positions des satellites. Ces données sont transmises en permanence et enregistrées dans le mémoire du récepteur GPS, afin qu'il connaisse l'endroit où chaque satellite est censé se trouver.

Maintenant le GPS doit encore connaître la distance à laquelle se trouvent les satellites. Il existe une formule simple qui indique au récepteur à quelle distance il se trouve du satellite.

La distance vous séparant d'un satellite est égale à la vitesse du signal émis, multipliée par le temps que le signal met à vous parvenir ($Vitesse \times Temps \text{ de voyage} = Distance$). En bref :

- le satellite émet une onde électromagnétique de vitesse connue.
- le récepteur calcule le temps mis par cette onde pour l'atteindre.
- le récepteur sait alors qu'il se trouve sur une sphère centrée sur le satellite.

IV- 5- Les différentes applications du GPS :

- Les applications Gouvernementale
- Les applications civiles
- La navigation en temps réel
- La cartographie
- La météorologie
- Les transports

V- les relais [17]

V-1- Définition

Le relais est un interrupteur à commande électromagnétique, il se place entre la batterie (ou un plus permanent) et l'appareil à alimenter.

Les relais permettent de commander un courant de forte intensité avec un courant de faible intensité protégeant ainsi les systèmes de commande.

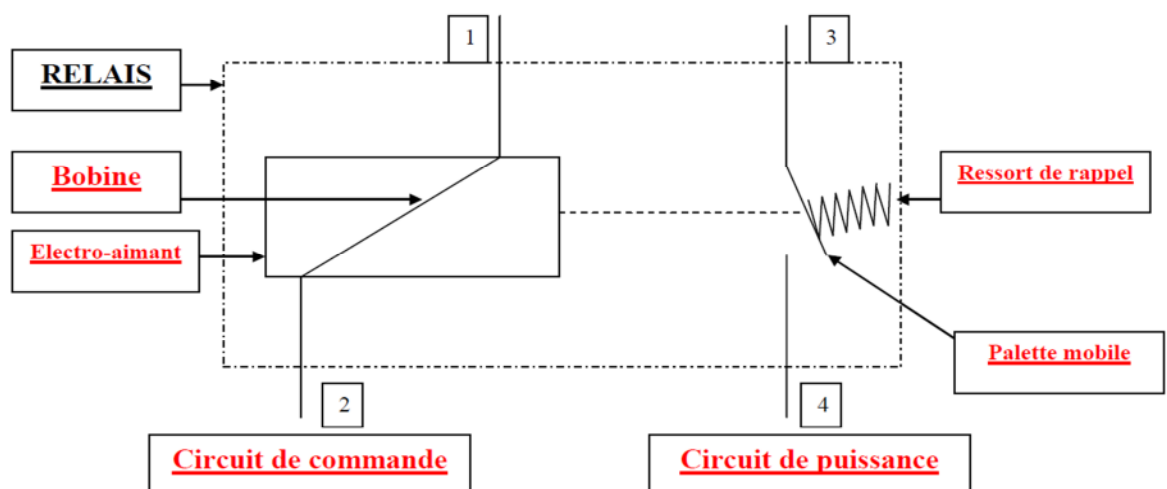


FigureV-1 : relais

V-2- Constitution d'un relais

Un relais est un pré actionneur constitué au moins :

- d'un électroaimant (bobine+circuit ferromagnétique)
- d'une palette mobile supportant l contact mobile
- ainsi qu'un contact fixe
- d'un ressort de rappel du contact mobile



FigureV-2 : schéma interne d'un relais

V-3 Description du relais électrique « SONGLE » (12V-10A)

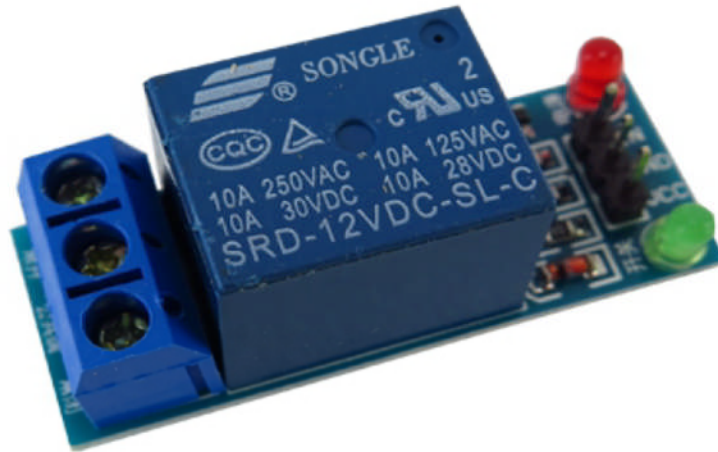


Figure V-3 : le relais électrique (12V-10A)

Ses Performances

critère	type	SRD
Résistance de contact		100mΩ Max
Temps d'opération		10ms Max
Temps de libération		5ms Max
Force diélectrique		
Entre bobine et contacte		1500 VAC 50/60 HZ (min)
Entre contacte		1000 VAC 50/60 HZ (min)
Résistance d'isolation		100 MΩ Min. (500VDC)
Max commutation ON/OFF		
Mécanique		300 opérations /min
Electrique		30opérations /min
Température ambiante		-25°C jusqu'à +70°C
Humidité d'exploitation		45 jusqu'à 85% RH

Vibration : Endurance Erreur opérationnel	10 jusqu'à 55 HZ 10 jusqu'à 55 HZ
Shock Endurance Erreur opérationnel	100 G Min 10 G Min
Durée de vie Mécanique Electrique	10^7 opérations Min 10^5 opérations Min
Poids	10 gr

Sa Dimension(Unité : mm)

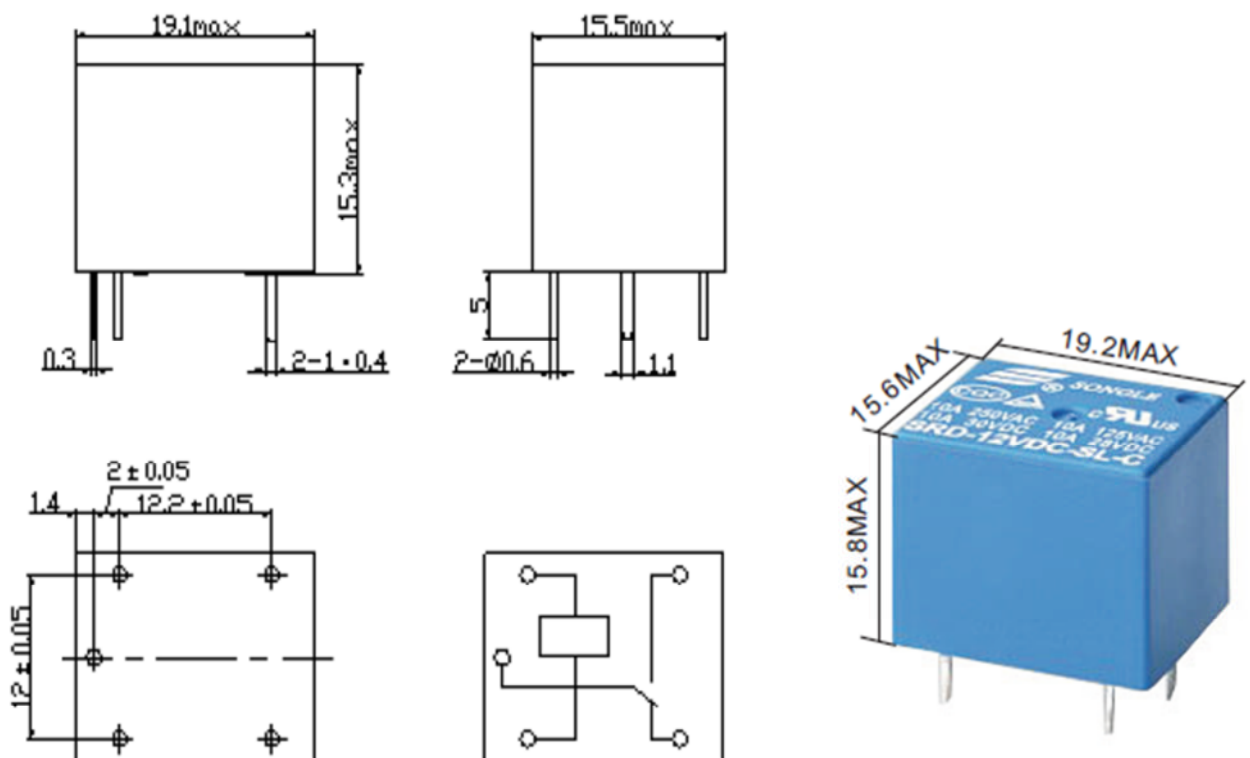


Figure V-4 : dimension de relais (SONGLE)

I-Energies mise en œuvre

A partir de l'énergie contenue dans le carburant (l'énergie chimique), le moteur produit une énergie thermique transformée par le système pistons bielles vilebrequin en énergie mécanique. L'énergie mécanique permet d'entraîner les roues par l'intermédiaire de la transmission ainsi que d'autres éléments capables de produire d'autres énergies tels que :

L'alternateur qui produit de l'énergie électrique

La pompe de direction assistée qui produit de l'énergie hydraulique

II-Les composants essentiels d'un véhicule

II-1- La batterie

C'est l'élément qui fournit l'énergie nécessaire pour le fonctionnement des récepteurs.

Le courant utilisé actuellement sur les véhicules est de type continu et de tension nominale 12V.



Figure II-1 : batterie

II-2- L'alternateur

L'alternateur développe une tension capable de recharger la batterie à la suite du démarrage, mais aussi d'assurer l'alimentation de tout type d'accessoires : essuie glace, radio, ...

Quand le moteur tourne, l'alternateur fournit une tension voisine de 14V. Les consommateurs fonctionnent donc sous cette tension.

- 12 V tension nominale de l'alternateur;
- 70 A Intensité maximum que peut fournir l'alternateur.

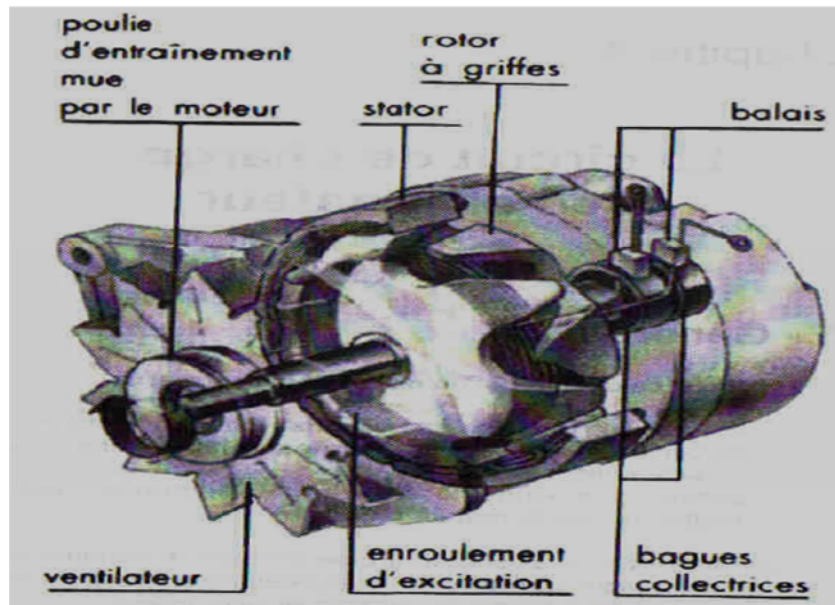


Figure II-2 : alternateur

II-3- Démarreur

Le démarreur qui est un consommateur, il met le moteur en fonction après alimentation.



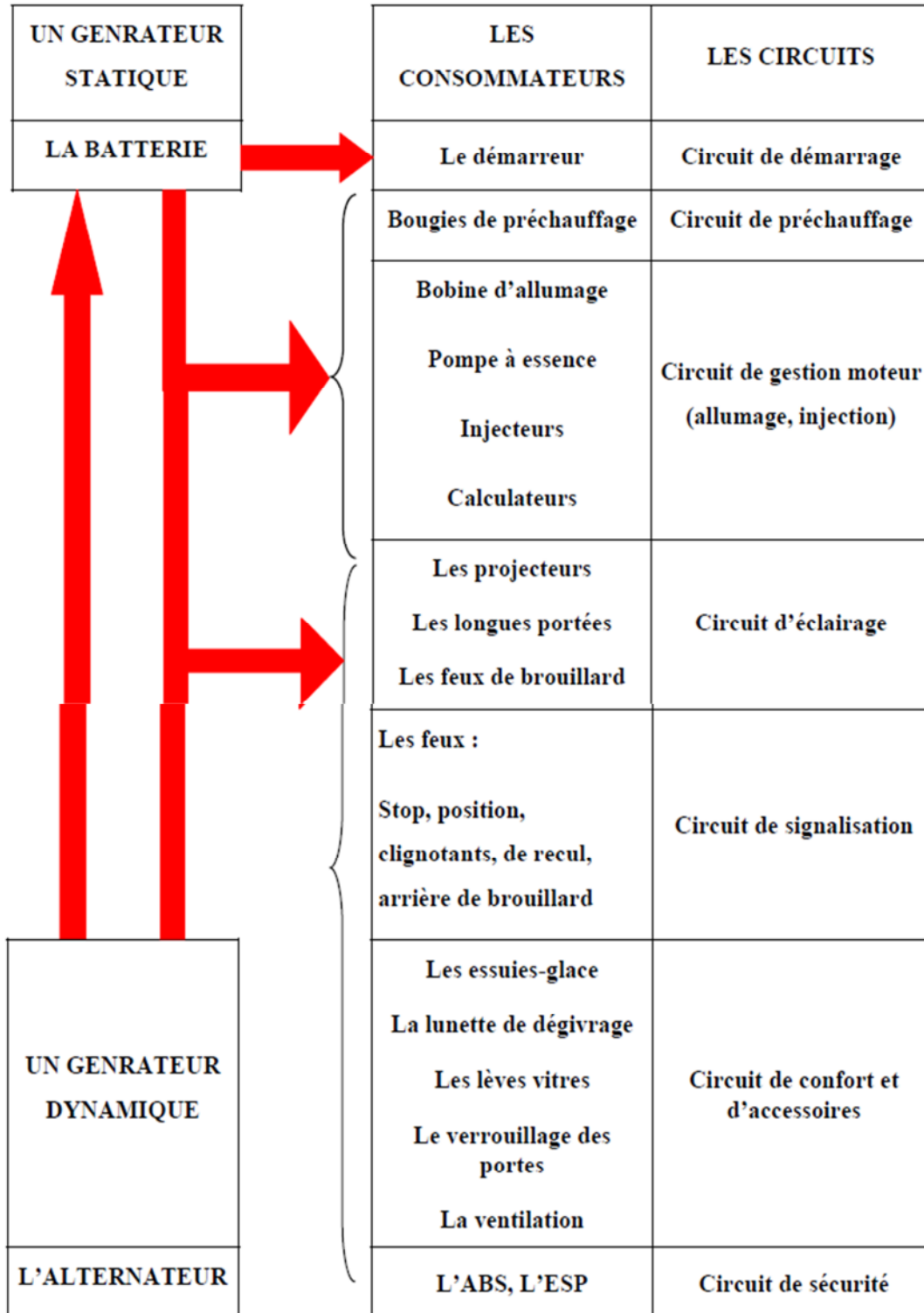
Figure II-3 : Démarreur

II-4-Pompe à essence électrique

Pompe à essence électrique est un actionneur ayant pour rôle d'aspirer le carburant du réservoir d'essence pour le refouler vers les injections ou vers le carburateur après alimentation.



Figure II-4 : pompe à essence électrique



III- L'allumage d'un véhicule

L'allumage est l'opération qui consiste à fournir, à partir des 12 volts continus de la batterie, plus de 20 000volts à une bougie montée sur un cylindre en état 3 (compression du mélange carburé).

Le système d'allumage

On désigne par « système d'allumage l'ensemble des éléments qui permettent l'allumage. Ce dispositif comporte :

- ✓ Un allumeur(DELCO) : coup régulièrement le circuit primaire de la bobine et distribue les impulsions H.T.issues de cette dernière aux différentes bougies.
- ✓ Une bobine d'induction : génère l'impulsion H.T.
- ✓ Des bougies (une par cylindre) : allument le mélange carburé

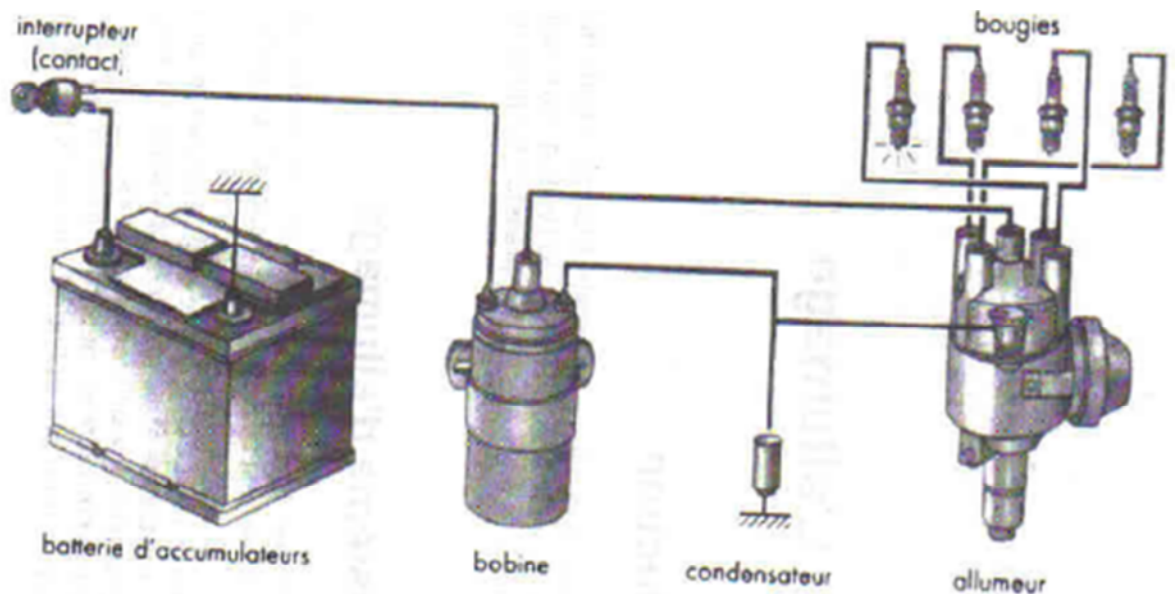


Figure III-1 : Le système d'allumage

IV- La protection des circuits

Lorsque le câble est accidentellement réuni avec la masse il y a court-circuit. Le Câbles'échauffe,fondet il y a risque d'incendie.
Pour éviter ces conséquences néfastes, onintercale sur le circuit des fusibles.

Constitution.

C'est un fil d'alliage spécial placé en série sur le circuit électrique à protéger. Il coupe La circulation du courant en fondant si l'intensité est supérieure à sa valeur.

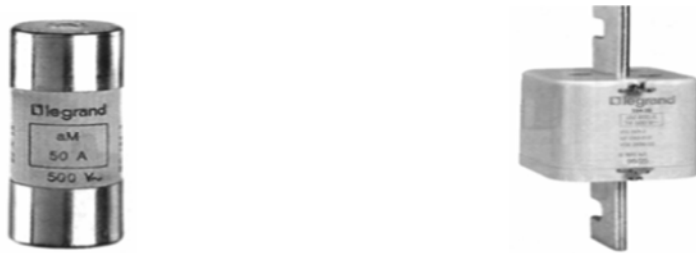


Figure IV-1 : fusible

V- La télécommande

La télécommande est munie d'un interrupteur poussoir et d'un voyantlumineux. Quand l'interrupteur est appuyé, le voyant s'allume, les ondestransportent le signal d'après une distance prévue vers l'entrée de la boiteélectronique ; ce signal est amplifié par l'alimentation reçue par la boîte. A lasortie de la boîte, l'alimentation peut mettre en fonction un consommateur.

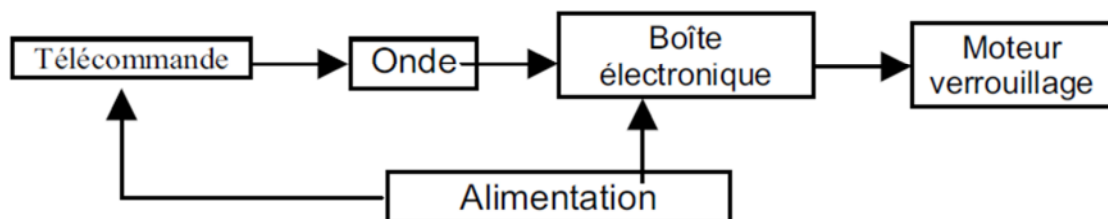


Figure IV-2: Verrouillage électrique des portières Télécommande.

I-Introduction

Après études générales des différents éléments constituant notre carte électronique, on passe maintenant à la réalisation physique de notre projet. Dans cette partie on touchera aux différents logiciels et outils utilisés pour la création de notre carte.

II-Liste des composants

- Arduino uno
- Accéléromètre GY 521
- Module Bluetooth HC-05
- 1 relais (12V-10A)
- Batterie 12V
- 2 téléphones Android
- Buzzer

III- les étapes suivies durant la réalisation de l'application :

- ✓ Achat des différents composants nécessaire.
- ✓ Injection d'une application Bluetooth « SSV » dans le mobile emmagasiner a l'intérieure de véhicule.
- ✓ Injection de programme de l'application dans la carte arduino.
- ✓ Branchement des différents composants.

1. Branchement de l'arduino avec l'accéléromètre GY 521

VCC —→ 5V
GND —→ GND
SCL —→ A5
SDA —→ A4

2. Branchement de l'arduino avec Bluetooth HC 05

TXD —→ RX
RXD —→ TX
GND —→ GND
VCC —→ 5V

3. Branchement de l'arduino avec le relais

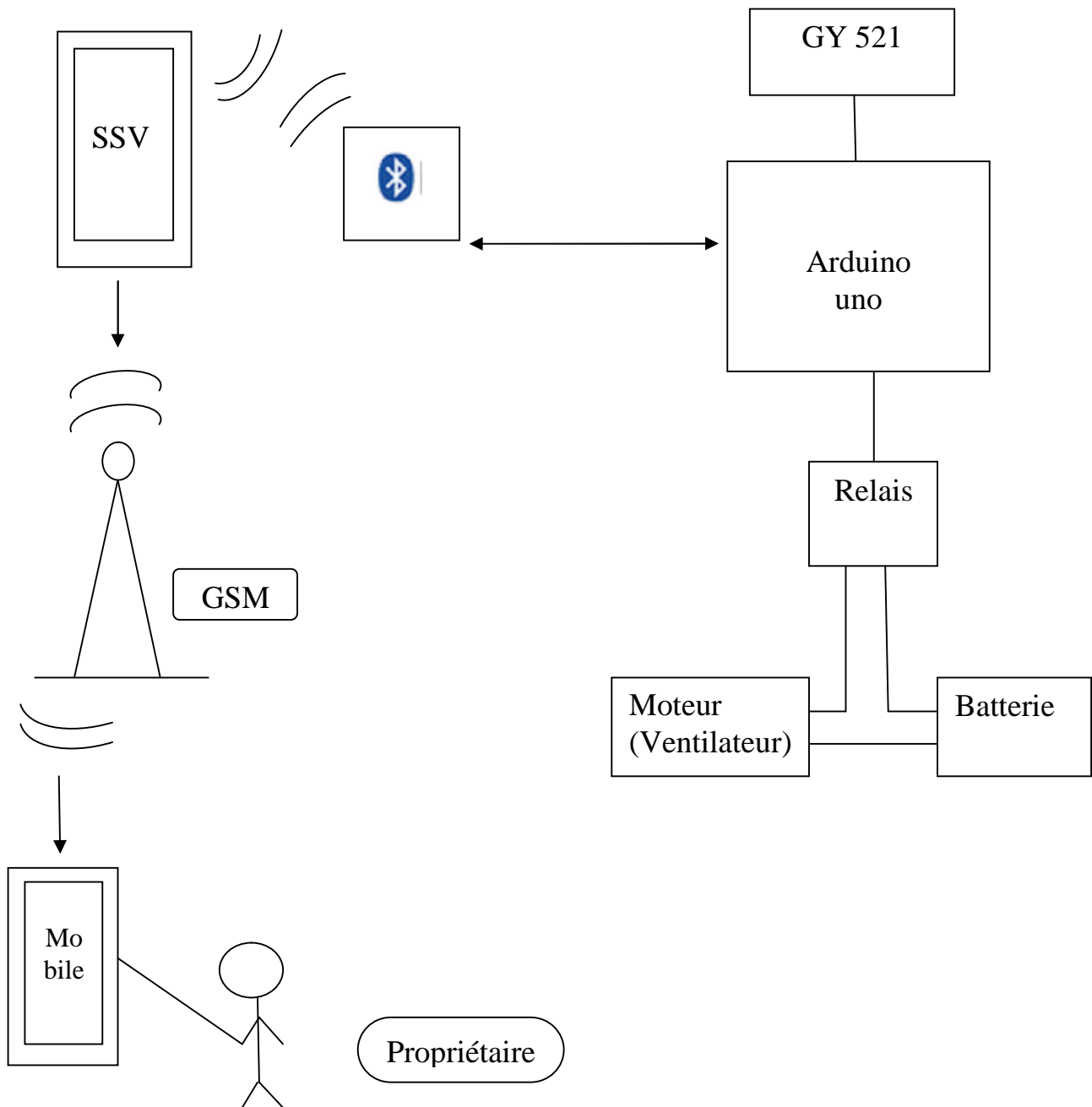
GND —→ GND
VCC —→ VCC
IN1 —→ Pin 4

4. Branchement de l'arduino avec le Buzzer

Patte 1 —→ A0
Patte 3 —→ GND

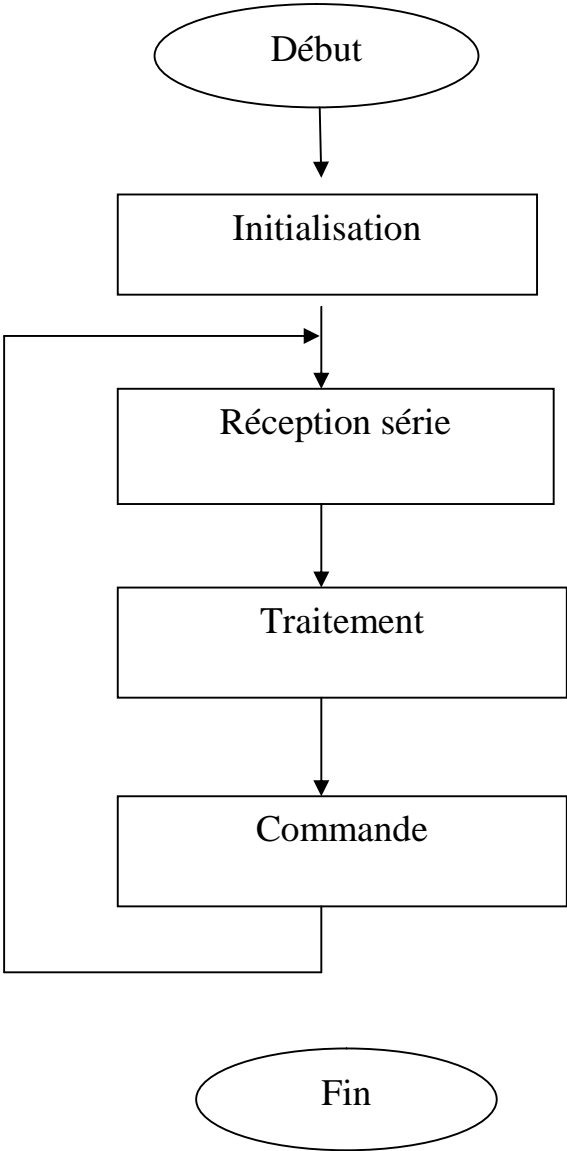
5. Branchement de relais avec le moteur (ventilateur) et la batterie

IV-Schéma synoptique

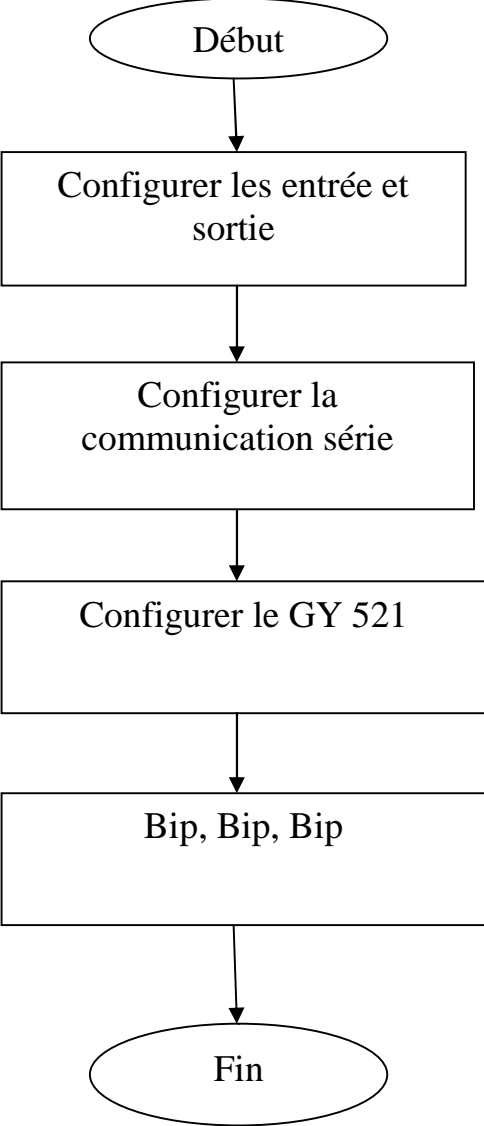


V-Les organigrammes de programmation :

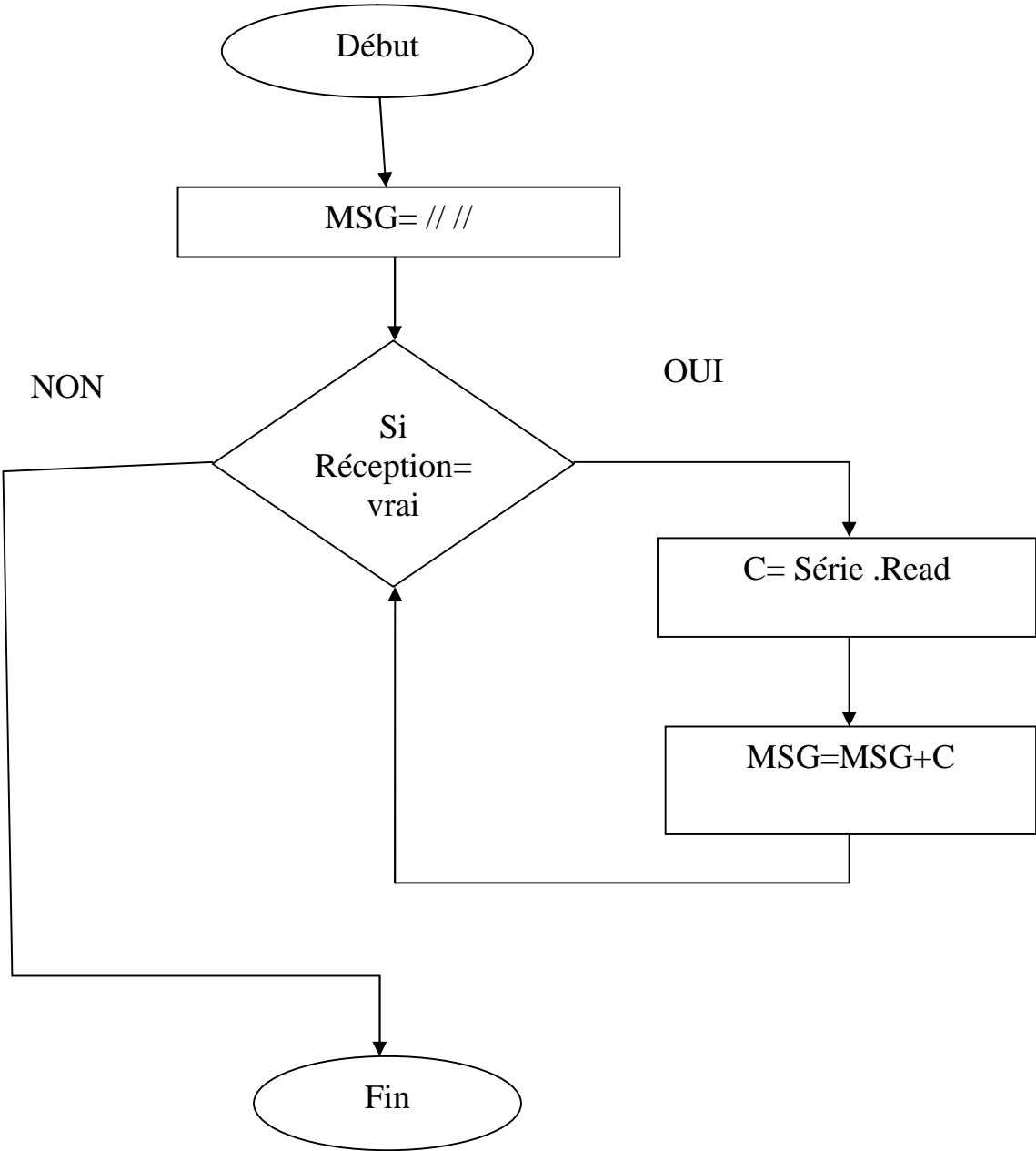
V-1-l'organigramme de Programme principal :



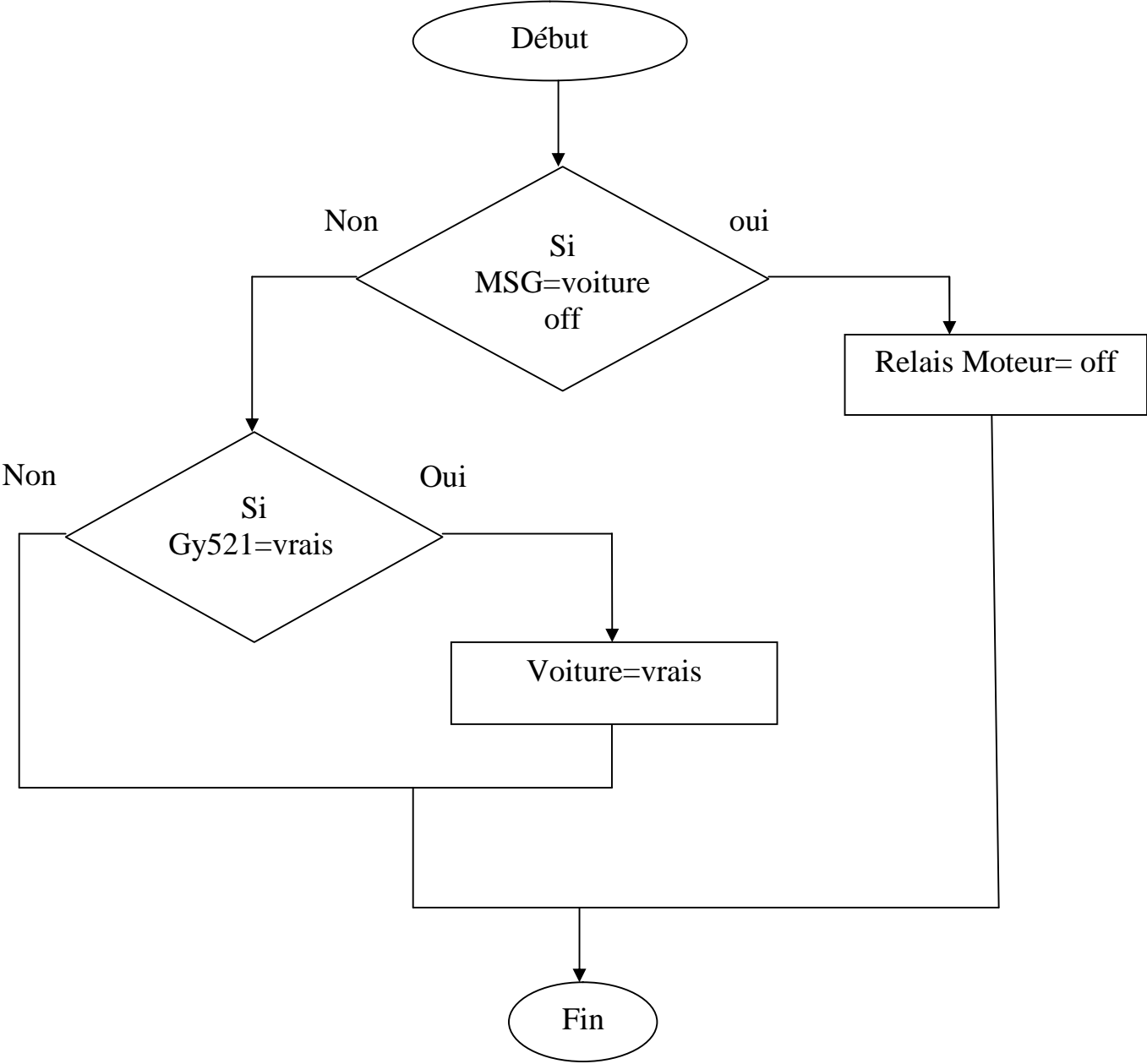
V-2- l'organigramme de Sous programme initialisation :



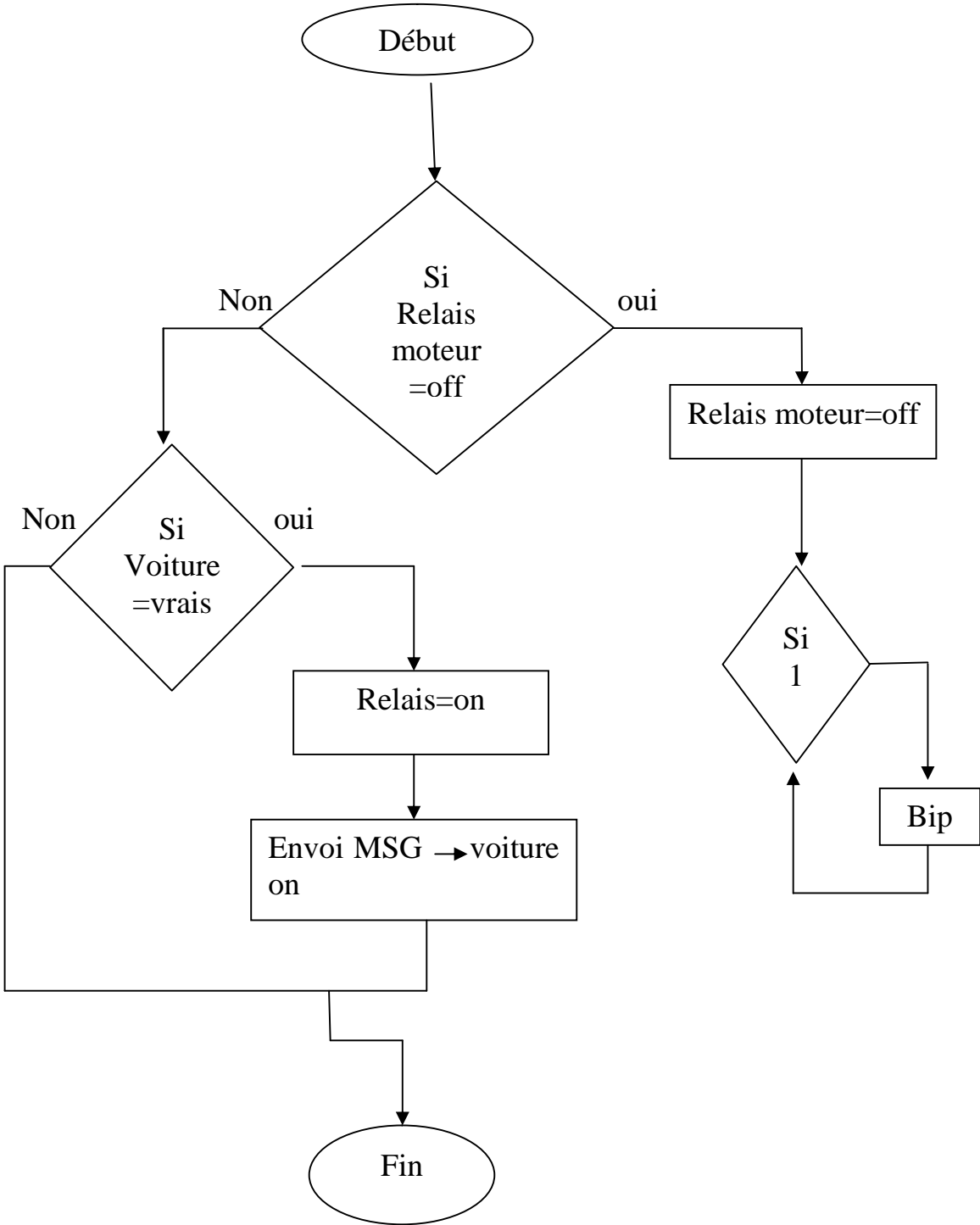
V- 3- l'organigramme de Sous programme réception série :



V- 4- l'organigramme de Sous programme traitement :



V- 5- l'organigramme de Sous programme commande :



V-6 Description de la réalisation :

Après avoir déplacé le véhicule, l'arduino reçoit l'information « le véhicule est allumé » à partir d'accéléromètre GY 521.

L'arduino envoie cette information pour le mobile (1) qui a l'application « SSV » Via le module Bluetooth et le mobile (1) transmette cette information pour le mobile (2) via le réseau GSM

Le mobile (2) a sa portée la commande, si il veut arrêté le véhicule, il va envoyer le MSG= « VOITUREOFF » et cette dernière va s'éteindre afin de recevoir l'arduino cette information avec une réception série via le HC 05.

L'arduino traite l'information et va arrêter le véhicule en réagissant sur le relais qui coupe le courant électrique et éteindre le moteur.

Schema électrique

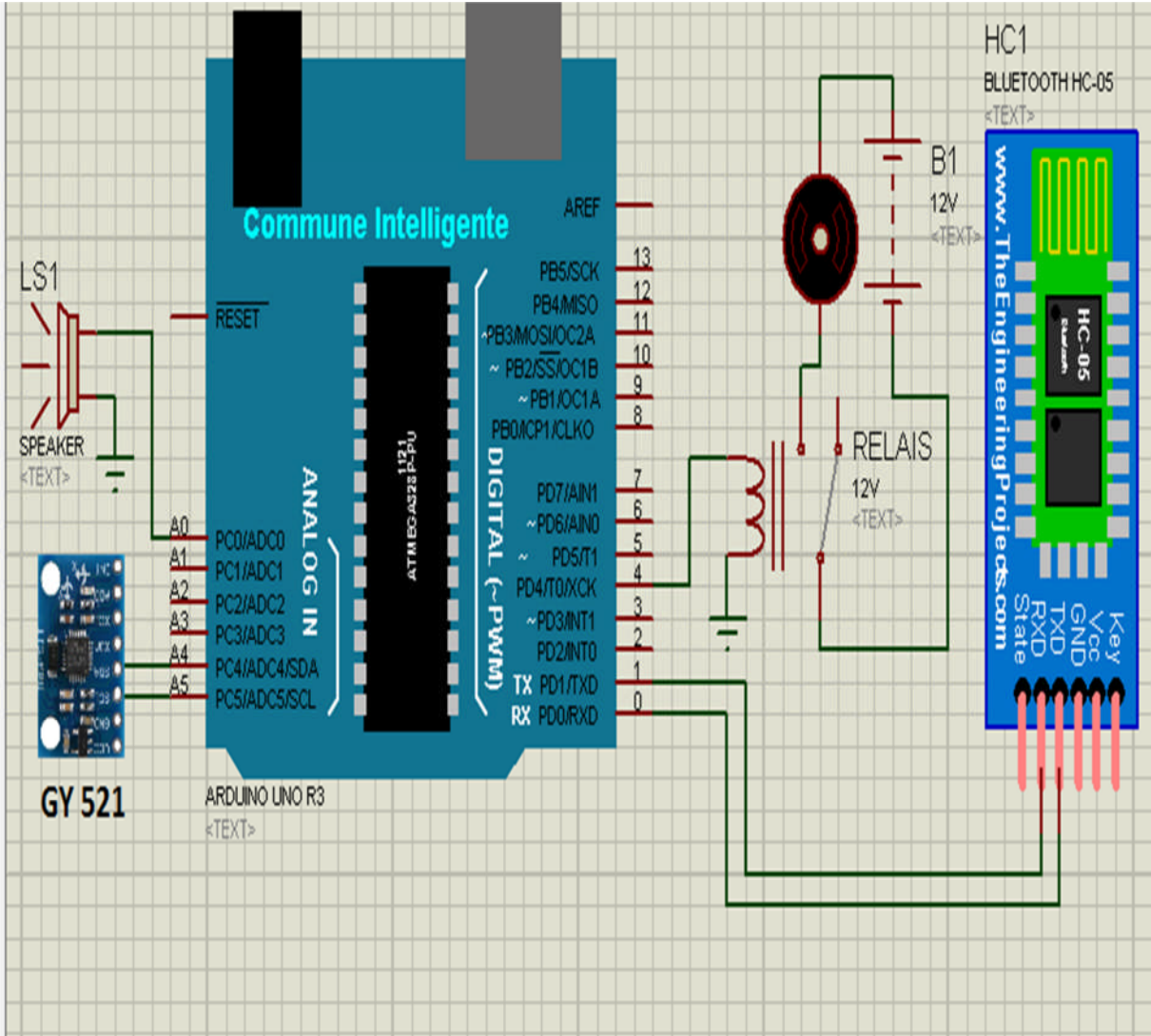


Photo de la réalisation



Conclusion générale

Le but de notre travail de mémoire de Master en instrumentation consiste à étudier et à réaliser un système à base de microcontrôleur pour le suivi et la commande à distance de véhicules via le réseau GSM.

Notre système est composé de deux parties principales :

- La partie électronique basée sur la carte Arduino.
- La partie réseau pour la transmission et la réception des messages de notre système à partir d'un réseau GSM.

Les résultats des tests que nous avons obtenus sont satisfaisants et même encourageants. Cependant, il reste des améliorations à apporter comme la détermination de la position par GPS, ainsi que l'information sur la vitesse du véhicule. De plus, on peut envisager la transmission de l'image et du son.

Enfin, nous espérons que ce mémoire va servir comme référence pour la conception et la réalisation de systèmes de contrôle et de commande à distance.

La bibliographie

Les lèvres :

[1] le grand livre d'arduino

[10] F.boudoin ,M.lavabre,(2008) , capteurs : principes et utilisations, 2^{eme} edition castella, paris

[19] D.Benabesselam,(1996),electricuté automobile,Omega,alger

les mémoires fin d'étude :

[7] mémoire conception et réalisation d'un système antivol à base d'une care arduino .promotionde 2016 , dirigé par M^{elle} takilt hakima et M^{elle} sebaoui faroudja

[12]Simulation et Optimisation D'un Réseau GSM en utilisant la technologie OFDM , promotion 2010, dirigé par khouni Sadika.

[13] Réalisation d'un système de contrôle et de commande à distance via le réseau GSM, promotion 2010, dirigé par Salem dalila et Ougache Farida.

[14] Commande vocale via Bluetooth d'un véhicule à base d'Arduino ,pormotion 2017, dirigé pas Bendjeddou Chaima

[15] Etude des pereformances des reseau 4G (LTE), promotion 2013, dirigé par Melle Boucgentouf hadjer et Mr Boudghene stambouli Riyad

[16] Etude générale du GPS ,promotion 2011, dirigé par Gasmi Yahia et Bouzelha Sofiane

les cites internet :

[2] [https://www.arduino\(1\).pdf](https://www.arduino(1).pdf)

[3] [www.cour4handout\(1\).pdf](http://www.cour4handout(1).pdf)

[4] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardmega2560>

[5] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>

[6] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

[8] www.la_carte_arduino_Uno.pdf

[9] www.arduinoCotenceau2016.pdf

[11] www.composelec.com/accelerometre

[17] <https://supertos.free.fr/supertos.php?Page=1741>

[18] sdr-05VDC-sl-c- datacheet(1).pdf