



Université ABBES LAGHROUR Khenchela  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Industriel  
جامعة عباس لغزور خنشلة  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم الهندسة الصناعية



N° Série : .....

## Mémoire de fin d'étude

*Pour l'obtention du diplôme de Master*

**Filière : Télécommunications**

**Spécialité : Systèmes des Télécommunications**

### THEME

# Systeme Intelligent d'Aide à la Conduite par la Reconnaissance Automatique des Panneaux de Signalisation

*Réalisé par : - DJEBAILI LALOUANI  
- AGUER ABDELAZIZ*

**Soutenu le / /2019 Devant le jury composé de:**

**Mr Djemoui DJAMI**

**Président**

**Université Abbes Laghrou-Khenchela**

**Mr Abdelhakim SAHOUR**

**Encadreur**

**Université Abbes Laghrou-Khenchela**

**Melle Souad FRIHA**

**Examineur**

**Université Abbes Laghrou-Khenchela**

**Promotion 2018/2019**

## **Résumé :**

Le domaine du transport dans ces dernières décennies a connu une énorme explosion, le nombre des véhicules ne cesse d'augmenter, malheureusement avec cette augmentation le taux des accidents routiers accroit et devenu dévastateur. Pour minimiser ce taux qui cause de nombreuses victimes, de mort et de blessés, l'idée de ce projet s'est figurée.

Ce projet rentre dans un cadre sociotechnique à pour objectif de participer à la réduction des accidents de circulation due à l'ignorance des panneaux de signalisation. Par la proposition d'une nouvelle approche de détection des panneaux de signalisation routier, on se basant sur les technique de la communication radio et les réseaux sans fil. Ceci, par la mise en place des émetteurs radio sur les panneaux. Dans le but d'émettre le code du panneau où chaque type de panneau à son propre code. A fin de permettre la détection et la reconnaissance du automatique du panneau, le véhicule doit être équipée par un calculateur, afficher LCD, buzzer et un récepteur radio. Ce qui permet de recevoir les code émit par les panneaux est par conséquent la détection et la reconnaissance. Le système est donc composé d'une partie réceptrice et un ensemble d'émetteurs constituant l'ensemble un réseau sans fil.

## ملخص :

لقد عرف ميدان النقل البري انفجار كبير في العقود الأخيرة، مع استمرار عدد المركبات في الزيادة، ولسوء الحظ مع هذه الزيادة فإن معدل حوادث الطرق يزداد ويصبح مدمراً. لتقليل من هذا المعدل الذي يسبب العديد من الإصابات والوفيات، برزت فكرة هذا المشروع.

هذا المشروع جزء من إطار اجتماعي تقني يهدف في المساهمة في الحد من حوادث المرور. من خلال اقتراح نهج جديد لاكتشاف إشارات الطرقات، استناداً إلى تقنيات الاتصالات اللاسلكية والشبكات اللاسلكية. هذا عن طريق إعداد أجهزة الإرسال اللاسلكية على إشارات الطرقات. لإصدار رمز الإشارة حيث يكون لكل نوع منها رمز خاص به. لتمكين الكشف عن الإشارة أوتوماتيكياً والتعرف عليها ، يجب أن تكون السيارة مزودة بجهاز كمبيوتر وشاشة LCD وجهاز استقبال وجهاز استقبال راديو. ما يسمح باستلام الكود المنبعث من إشارات الطرقات و بالتالي الكشف والتعرف عليها. لذلك يتكون النظام من جزء الاستقبال ومجموعة من أجهزة الإرسال التي تشكل شبكة لاسلكية بالكامل.

## **Abstract :**

The area of transport in recent decades has exploded, the number of vehicles continues to increase, unfortunately with this increase the rate of road accidents increases and become devastating. To minimize this rate which causes many casualties, death and injuries, the idea of this project has figured out.

This project is part of a sociotechnical framework with the aim of contributing to the reduction of traffic accidents. By proposing a new approach to detection of road signs, based on the techniques of radio communication and wireless networks. This, by setting up radio transmitters on the signboards. In order to issue the panel code where each panel type has its own code. To enable detection and recognition of the automatic panel, the vehicle must be equipped with a computer, display LCD, buzzer and a radio receiver. What allows to receive the code emitted by the panels is consequently the detection and the recognition. The system is therefore composed of a receiver part and a set of transmitters constituting the whole a wireless network.

# DEDICASES

*Je dédie ce modeste travail à*

*A ma très chère **mère**, qui a toutes fois viellé sur mon devenir et de me voir pouvoir servir d'exemple, que dieu la protège ;*

*A **mon père**, qui a toujours souhaité à ce que je sois de ceux qui réussissent et qu'il a donné de son mieux pour qu'il se réalise ;*

*A ma sœur*

*A mes frères*

*A mes amies*

*A tous mes camarades de la promotion*

*A tous nos enseignants qui fait leur possible pour nous*

*Djebaili lalouani*

## *Remerciement*

*Nous remercions avant tous ALLAH le tout  
puissant de nous avoir aidé à finir ce modeste  
travail nos vifs*

*Nos remercions notre encadreur SAHOUR  
Abdelhakim pour sa confiance et pour facilité  
notre travail*

*Respectueux professeurs et autre responsable*

# Table des Matières

Abstract, Résumé, ملخص.....	I
<b><u>Table des Matières</u></b> .....	II

---

## Chapitre I

Introduction Générale.....	02
----------------------------	----

---

## Chapitre II

### Etat de l'art

---

II.1.Introduction .....	03
II.2. Monsieur Andreas Møgelmoose, Mohan M Trivedi, ET Thomas B Moeslund.....	03
II.3. Gabriel García Márquez.....	04
II.4. Abbas Kouzani .....	04
II.5 .Claus Bahlmann .....	05
II.6. Garcia-garrido .....	06
II.7.Conclusion .....	06

## Chapitre III

### Outil de la conception et de la réalisation

---

III.1. Introduction .....	10
III.2. Système Arduino.....	10
III. 2.1. Définition du module Arduino :.....	11
III .2.2. Les gammes de la carte Arduino.....	11

III.2.3. La constitution de la carte Arduino UNO.....	13
III.2.3.1.Partie matérielle :.....	13
III.2.3.2.Partie programme :.....	16
III.2.3.3. Les Accessoires de la carte Arduino :.....	19
III.3. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) :.....	21
III.3.1. Les capteurs :.....	21
III.3.1.1.Définition d'un capteur :.....	21
III.3.1.2.Architecture d'un capteur :.....	22
III.3.1.3.Types de capteurs :.....	23
III.3.1.4.Caractéristiques des capteurs :.....	24
III.3.2. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) :.....	26
III.3.2. 1. Applications des RCSF :.....	27
III. 3.2.2. Fonctionnalités des réseaux de capteurs :.....	28
III.3.2.3 Architecture et déploiement :.....	29
III.3. 4. Standards :.....	31
III.3.5.Le standard ZigBee par rapport aux autres standards de communication.....	32
III.3.5.Le standard ZigBee par rapport aux autres standards de communication...33	
III.3.6.Comparaisons entre le Zigbee, Bluetooth et IEEE 802.11:.....	38
III.4 Conclusion :.....	38

## **Chapitre IV**

### **Méthodologie de la conception et de la réalisation**

IV.1 Introduction .....	40
IV.2.Présentation du système.....	40
IV.3 Partie émettrice .....	43
IV.3.1 Module Xbee (zigbee).....	45
IV.3.2 Bloc d'Alimentation .....	46
IV.4 Partie détection et de reconnaissance.....	44

IV.4 .1 Carte arduino (calculateur) :.....	44
IV.4 .2 Afficheurs LCD :.....	44
IV.4.3 Moudule Zigbee .....	45
IV.4.4. alimentation.....	47
IV.5. PROGRAMME .....	48
a. La partie déclaration des librairies externes et initialisation des variables .....	49
b.La partie initialisation du programme.....	50
c. Le corps du programme à exécuter.....	50
IV.6. REALISATION ET TESTS.....	51
IV.6.1. Phase chargement du programme et configuration des modules Xbee.....	51
IV.2.2. tests et résultats .....	57
IV.7.Conclusion .....	61

## **Conclusion générale**

## **Références bibliographiques**

# Chapitre I

## Introduction générale

**Introduction Générale :**

De nos jours, le transport idéal et le plus utilisé est sans conteste possible le transport routier. Ce domaine de transport a subi tant d'améliorations techniques aussi bien au niveau de la motorisation que de son aspect esthétique qui mit entre les mains d'individus c'est vite transformé en domaine qui tue. La rubrique des faits divers des journaux ne manque pas de nous rappeler le décompte macabre de la liste des décès.

Chaque année, on compte plus de 1,2 million de morts et 50 millions de blessés victimes d'accidents de la route occasionnant ainsi à l'humanité un coût impressionnant pour ce qui est de la prise en charge médicale et sociale de ces blessés. Par ailleurs la hausse de la production des véhicules nous pousse davantage à l'inquiétude :

En effet le parc automobile qui était de l'ordre de 300 millions d'unités en 1975 à atteint allégrement le milliard en 2018 [1]. Notre pays dans ce domaine occupe une place peu enviable dans le tableau des nations détentrices de records du nombre d'accidents de la circulation. Ainsi la route aux vertus tant louées s'illustre par le vocable de « tueuse d'hommes ».

De nombreux gouvernements visent à réduire ce taux de mortalités par conséquent plusieurs mesures ont été prises comme la réglementation de la circulation, l'interdiction de l'utilisation de dispositifs de distraction comme les téléphones portables. En outre, de nombreux systèmes d'aide à la conduite automobile (en anglais Advanced driver-assistance systèmes ou ADAS) ont été conçus dans le but de :

- éviter l'apparition d'une situation dangereuse risquant d'aboutir à un accident
- libérer le conducteur d'un certain nombre de tâches qui pourraient atténuer sa vigilance
- assister le conducteur dans sa perception de l'environnement (détecteurs de dépassement, de risque de gel, de piéton, etc.)
- permettre au véhicule de percevoir le risque et de réagir de manière anticipée par rapport aux réflexes du conducteur.



Figure I.1. *Dangers de la route.*

Les routes ont subi des modifications en termes d'infrastructure, de présentation des sections et de construction de structures. Et introduire de nouvelles technologies. En plus de la mise au point de panneaux de signalisations routiers afin d'informer les conducteurs d'un danger potentiel.

Equiper les véhicules par des systèmes de reconnaissance automatique des panneaux de signalisation et les routes avec des panneaux de signalisations intelligentes est très souhaitable, cette détection automatique permet une aide à la conduite. L'objectif de ce travail est de concevoir, réaliser et tester un système d'aide à la conduite par la détection et la reconnaissance automatiques des panneaux routiers.

Notre mémoire est structurée de la façon suivante :

Tout d'abord, Dans le chapitre 2, nous présentons un état de l'art sur les techniques usuelles qui sont utilisées pour la détection et la reconnaissance des panneaux de signalisations routiers.

Ensuite, dans Le chapitre 3 nous présentons les différents outils de conception et l'implémentation de notre application d'aide à la conduite.

Le chapitre 4 présente les méthodologies de la conception et la réalisation de notre application. Nous y présentons également les résultats de détection obtenus au travers des tests.

Enfin, la mémoire se termine par une conclusion générale et l'ensemble des perspectives ouvertes par ce travail

# chapitre II

## Etat de l'art

## II.1. Introduction :

De nombreux travaux ont été réalisés au sujet de la détection et de la reconnaissance automatique de signaux routiers. La plupart travaillent image par image et adoptent une approche en deux étapes. Une première phase consiste à détecter et à localiser les régions d'intérêt dans lesquelles se situent les signaux routiers. Ensuite, une phase de reconnaissance permet de déterminer le type de signal contenu dans chaque région d'intérêt. L'efficacité de la méthode de détection est très importante. On doit tenter de détecter tous les signaux présents dans l'image et de rejeter au maximum les détections d'autres objets, car celles-ci rendraient le travail de reconnaissance plus difficile. Certains travaux ajoutent une étape entre la détection et la reconnaissance : le suivi des signaux au travers d'un flux vidéo. Le suivi permet de faciliter grandement la reconnaissance puisque grâce à lui, celle-ci peut se baser sur une série d'images pour un même signal. Le présent chapitre va tenter de donner un aperçu des récents travaux.

## II.2. Travail de Andreas Møgelmo et al [2]:

Les auteurs dans ce travail proposent un algorithme de détection et de reconnaissance pour la signalisation restrictive, l'avertissement et l'information. La détection de signe est basée sur une analyse de couleur.

En réalité, les panneaux de signalisation sont des informations de couleur spécifiques, telles que la bordure rouge pour les panneaux d'avertissement et de restriction, ou le fond bleu pour les panneaux d'information. Cependant, dans les images obtenues par une caméra montée dans la voiture, les informations de couleur ont été modifiées en raison de conditions d'éclairage telles que: éclairage sombre, temps pluvieux et brumeux, etc.

Pour résoudre ce problème, nous utilisons la segmentation de couleur RVB avec deux règles de restriction:

- La première règle est la limitation des contraintes pour chaque composant de couleur offrant une bonne détection, des images avec de bonnes conditions d'éclairage;
- La deuxième règle utilise des informations de couleur normalisées et permet la détection de signe dans les images sombres.

Nous extrayons le signe candidat de l'image et le classons sous forme de cercle ou de triangle en utilisant des histogrammes de forme d'arrière-plan. Ensuite, nous convertissons la partie interne du signe en masque binaire et appliquons un algorithme de correspondance de modèle. Pour comprendre la signification du signe d'information, nous le séparons en composants de base: flèches et texte, puis nous analysons la relation de position entre ces segments.

La détection des pointes de flèches est basée sur des opérations morphologiques telles que l'analyse de caractéristiques spatiales telles que la surface et la direction. Le résultat de la reconnaissance est le nom du panneau pour les panneaux d'avertissement et de restriction et l'ensemble des paires direction - lieu pour les panneaux d'information.

### **II.3. Travail de Gabriel García Márquez [3] :**

Dans ce travail les auteurs ont Proposé un nouveau système de détection et d'identification de la signalisation routière, ainsi qu'un système d'alerte du conducteur. Avec une précision et des résultats en temps réel, le système proposé peut être utilisé dans des véhicules indépendants ou non.

Il peut être utilisé pour alerter le conducteur des panneaux de signalisation en bordure de la route qui montent ou passent. Ce système s'il est imposé avec l'aide de la mécatronique peut être utilisée pour prendre automatiquement des mesures concernant les panneaux de signalisation qui apparaissent .Avec certaines améliorations avec le modèle, ce système donne des résultats prometteur

La reconnaissance et la détection des panneaux de signalisation constituent une partie importante de tout véhicule autonome. Ce pendant, le véritable défi réside dans la détection et reconnaissance de ces panneaux de signalisation à partir de l'image naturelle en temps réel et avec précision. Nous avons développé et mis en œuvre un système neuronal artificiel réseau formé à l'aide d'ensembles de données réelles. Présente l'utilisation du réseau de neurones de convolution avec GTSRB ensemble de données en tant que mise en œuvre de notre projet pour obtenir des résultats en temps réel avec précision.

Le système développé sur cette base Cette méthodologie peut être mise en œuvre dans les transports en commun, les voitures particulières et d'autres véhicules afin de maintenir les conducteurs en alerte et de réduire les risques les erreurs humaines qui conduisent à des accidents. Le projet a une large mise en œuvre de véhicules autonome.

### **II.4. Travail d'Abbas Kouzani [4]:**

Ce travail Propose un système de reconnaissance automatique de panneaux de signalisation localise d'abord les panneaux de signalisation dans des images capturées par un capteur d'imagerie à bord d'un véhicule,

Puis identifie les panneaux de signalisation détectés. Le travail présente un système automatique de reconnaissance de panneaux de signalisation basé sur un réseau de neurones.

Tout d'abord, une étude de la recherche existante sur la reconnaissance des panneaux de signalisation est présentée. Dans cette étude, les problèmes associés à la reconnaissance

automatique des panneaux de signalisation sont décrits, les méthodes existantes développées pour traiter le problème de la reconnaissance des panneaux de signalisation sont passées en revue et une comparaison des caractéristiques de ces méthodes est présentée.

Deuxièmement, le système développé de reconnaissance de la signalisation routière est décrit. Le système est capable d'analyser des images couleur de scènes de route en direct, de détecter plusieurs panneaux de signalisation dans chaque image et de classer le type de panneaux de signalisation détectés. Le système comprend deux modules: détection et classification. Le module de détection segmente l'image d'entrée dans l'espace colorimétrique d'intensité de teinte-saturation, puis détecte les panneaux de signalisation à l'aide d'un réseau de neurones à plusieurs couches de Perceptron. Le module de classification détermine le type de panneaux de signalisation détectés en utilisant une série de réseaux neuronaux architecturaux multicouches architecturaux. Deux ensembles de classificateurs sont formés à l'aide des algorithmes Résilient-Back Propagation et Scaled-Conjugate-Gradient. Les deux modules du système sont évalués individuellement en premier. Ensuite, le système est testé dans son ensemble. Les résultats expérimentaux démontrent que le système est capable d'atteindre un taux de succès de reconnaissance moyen de 95,96% en utilisant les classificateurs entraînés à gradient conjugué mis à l'échelle.

### **II.5. Claus Bahlmann [5] :**

Les auteurs décrivent un système basé sur la vision par ordinateur pour la détection, le suivi et la reconnaissance de panneaux de signalisation robustes en temps réel.

Un tel système présente un intérêt majeur pour l'assistance au conducteur dans un environnement de cockpit automobile intelligent. L'approche proposée comprend deux composantes. Tout d'abord, les signes sont détectés à l'aide d'un ensemble de caractéristiques en ondelettes Haar obtenues grâce à la formation AdaBoost.

Comparée aux approches précédemment publiées, notre solution offre une modélisation générique et conjointe des informations de couleur et de forme sans nécessiter de réglage de paramètres libres. Une fois détectés, les objets sont efficacement suivis dans un cadre de propagation d'informations temporelles. Deuxièmement, la classification est effectuée à l'aide de la modélisation générative bayésienne.

En utilisant les informations de suivi, les hypothèses sont fusionnées sur plusieurs images. Les expériences montrent une grande précision de détection et de reconnaissance et une cadence d'environ 10 images par seconde sur un PC standard.

### **II.6. Garcia-garrido [6] :**

En fin les auteurs de ce travail proposent un algorithme efficace pour la détection et la reconnaissance des panneaux de signalisation. Le système proposé identifie les régions candidates comme étant des régions d'intérêt, ce qui renforce les variations des conditions d'éclairage. Et l'algorithme d'équation d'onde (Wade). Une machine à vecteurs de support (SVM) basée sur HOG est utilisée pour classifier les panneaux de signalisation. La méthodologie est établie sur des vidéos dans des conditions météorologiques changeantes et un éclairage insuffisant. L'image un prétraitement basé sur l'amélioration du canal de couleur rouge améliore le taux de détection. Le classifieur SVM réalise également un taux de classification élevé.

## II.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons vu qu'il existe de nombreuses techniques de détection de panneaux de signalisation routière. L'ensemble des travaux présentés se base sur les techniques d'analyse d'images et de reconnaissance des formes. Toutefois, bien que ces techniques présentent de nombreux atouts, elles ont aussi quelques inconvénients et questions :

1. le temps joue un rôle important dans la détection de ces panneaux, car la courte distance entre les panneaux de signalisation et la vitesse du véhicule nécessite la détection très rapide.
2. La lisibilité par fois, il n'y a pas de lecture des plaques par la caméra de véhicule, et c'est parce qu'un véhicule dépasse un autre véhicule et donc le véhicule qui dépasse la largeur des panneaux et cette couverture de la caméra que les panneaux ce qui est l'un des inconvénients les plus importants de cette technologie.



Figure II.1. La lisibilité par fois

3. la prospérité des panneaux ces peintures peuvent ne pas être visibles à Cause des rayures ou des coups sur la surface des panneaux, être souillées de la terre ou de neige en plus de la position inappropriée en raison de facteurs externes.



Figure II.2. Les panneaux de signalisation mal placées

4. Il existe également des inconvénients affectant la caméra de véhicule peut être recouvert de neige ou de boue ou de poussière, ce qui n'est pas conduit à la divulgation des panneaux, presque toute ces facteur qui la détection des panneaux.



Figure II.3. La détection des panneaux



Figure II.4. La détection des panneaux.

Afin de surmonter les inconvénients mentionnés, nous proposons dans ce travail une nouvelle approche, qui utilise les technologies de La communication entre machines ou M 2 M (Machine to Machine) Le M2M applique une logique de communication point à point et nécessite un réseau sans fil (RCSF) à courte distance (zigbee).

Cette nouvelle approche consiste à la création d'un réseau de capteurs sans fils ZigBee. Dans les plaques de signalisations représente les end devices de ce réseau et le véhicule représente le coordinateur.

# chapitre III

## Les outils de conception

### **III.1. Introduction :**

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle aussi de système embarquée ou d'informatique embarqué. Son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit. Depuis que l'électronique existe, sa croissance est fulgurante et continue encore aujourd'hui. L'électronique est devenue accessible à toutes personnes en ayant l'envie : ce que nous allons apprendre dans ce travail est un mélange d'électronique et de programmation. On va en effet parler d'électronique embarquée qui est un sous-domaine de l'électronique et qui a l'habileté d'unir la puissance de la programmation à la puissance de l'électronique. Les réseaux de communication sans fil connaissent un succès croissant dans les sociétés scientifiques et industrielles. Grâce à ses différents avantages qui rendent la vie plus facile aux humains, ils offrent des solutions économiquement intéressantes et facilement déplorables à la surveillance à distance. Le réseau de capteurs sans fil est un ensemble de capteurs indépendants à faible coût qui sont connectés à un réseau sans fil, ce sont des réseaux sans infrastructure fixe, ils peuvent être déployés de façon rapide dans des zones sensibles et/ou difficilement accessibles, leur mission consiste le plus souvent à surveiller une zone, en prenant des mesures régulières et en envoyant des alarmes à certains nœuds dans le réseau, nommé les nœuds complexes, est capable de transmettre des informations largement au centre de contrôle à distance.

### **III.2. Système Arduino :**

#### **III.2.1. Définition de la carte Arduino :**

Les cartes Arduino sont des circuits imprimés en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre. Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise l'logiciel IDE Arduino [16].

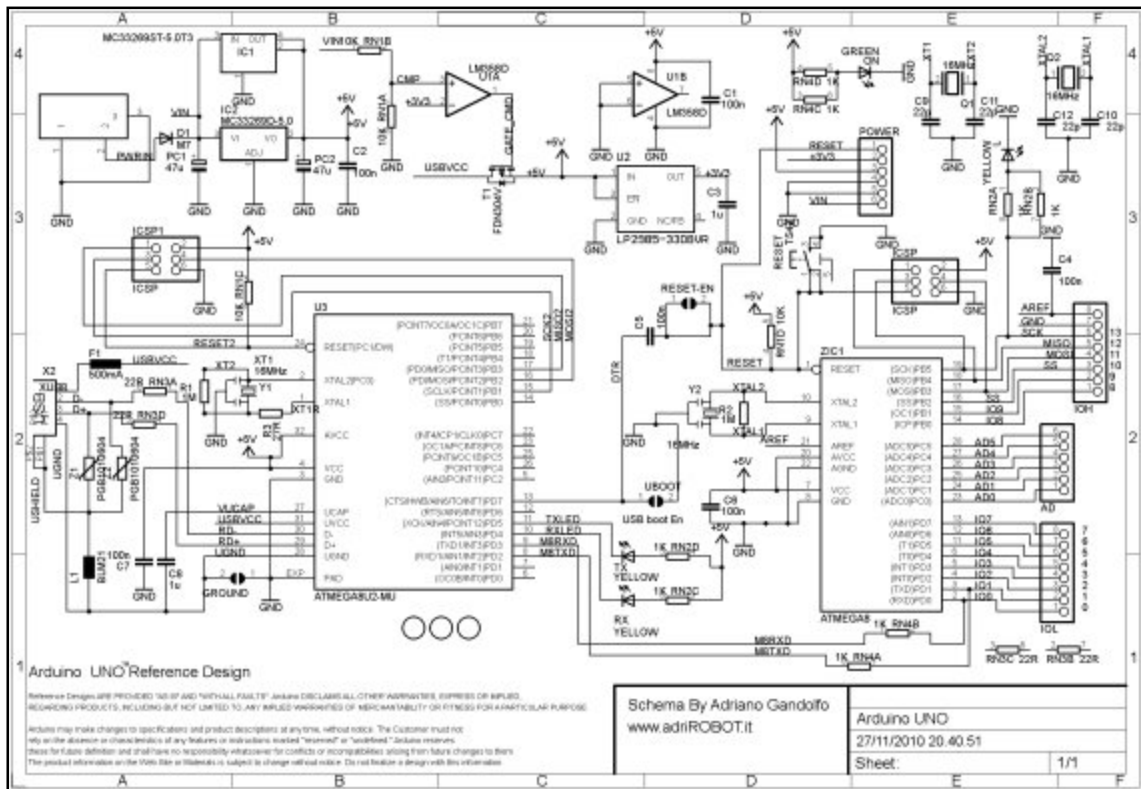


Figure III.1. Schéma électrique de l'Arduino Uno.

### III.2.2. Les gammes de la carte Arduino :

Actuellement, il existe plus de 20 versions de carte Arduino, nous citons quelques un afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique:

- Le NG d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega8.
- L'extrémité d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un Microcontrôleur ATmega8.
- L'ArduinoMini, une version miniature de l'Arduino en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Nano, une petite carte programme à l'aide porte USB cette version utilisant un microcontrôleur ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version).
- Le LilyPad Arduino, une conception de minimaliste pour l'application wear able en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- Le NG d'Arduino plus, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega168.
- L'Arduino Bluetooth, avec une interface de Bluetooth pour programmer en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Décimal, avec une interface d'USB et utilise un microcontrôleur ATmega168.

- L'Arduino Duemilanove ("2009"), en utilisant un microcontrôleur l'ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version) et actionné par l'intermédiaire de la puissance d'USB/DC.
- L'Arduino Méga, en utilisant un microcontrôleur ATmega1280 pour I/O additionnel et mémoire.
- L'Arduino UNO, utilisations microcontrôleur ATmega328.
- L'Arduino Mega2560, utilisations un microcontrôleur ATmega2560, et possède toute la mémoire à 256 KBS. Elle incorpore également le nouvel ATmega8U2 (ATmega16U2 dans le jeu de puces d'USB de révision 3).
- L'Arduino Leonardo, avec un morceau ATmega3U4 qui élimine le besoin de raccordement d'USB et peut être employé comme clavier.
- L'Arduino Explora : ressemblant à un contrôleur visuel de jeu, avec un manche et des sondes intégrées pour le bruit, la lumière, la température, et l'accélération [17].

Parmi ces types, nous avons choisi une carte Arduino UNO (carte Basique). L'intérêt principal de cette carte est de faciliter la mise en œuvre d'une telle commande qui sera détaillée par la suite.

L'Arduino fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source comme interface de programmation. L'injection du programme déjà converti par l'environnement sous forme d'un code « HEX » dans la mémoire du microcontrôleur se fait d'une façon très simple par la liaison USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties. Cette carte est basée sur un microcontrôleur ATmega 328 et des composants complémentaires. La carte Arduino contient une mémoire morte de 1 kilo. Elle est dotée de 14 entrées/sorties digitales (dont 6 peuvent être utilisées en tant que sortie PWM), 6 entrées analogiques et un cristal a 16 MHz, une connexion USB et Possède un bouton de remise à zéro et une prise jack d'alimentation. La carte est illustrée dans la figure si dessous.

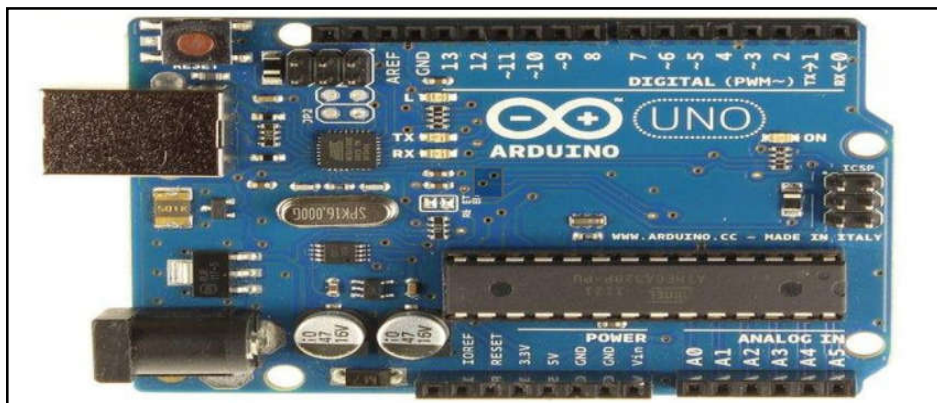


Figure III.2. La carte Arduino UNO

### III.2.3. La constitution de la carte Arduino UNO :

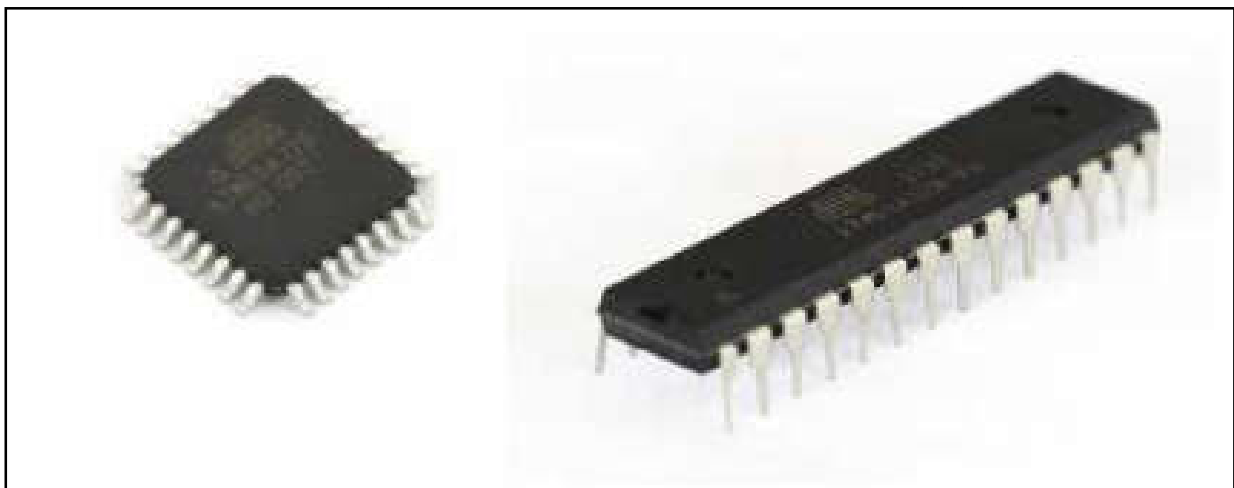
Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur ATMEL AVR, et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Le microcontrôleur est préprogrammé avec un bootloader de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire.

#### III.2.3.1. Partie matérielle :

Généralement tout module électronique qui possède une interface de programmation est basé toujours dans sa construction sur un circuit programmable ou plus.

##### 1. Le Microcontrôleur ATmega328 :

Un microcontrôleur ATmega328 est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit au temps des pionniers de l'électronique. Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants ; tels que les transistors; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C. la figure III.3 montre un microcontrôleur ATmega 328, qu'on trouve sur la carte Arduino [16].



Le composant CMS

Le composant classique

Figure III.3. Microcontrôleur ATmega328

Le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement sur :

- **La mémoire Flash:** C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont boot loader de 0.5 ko).
- **RAM :** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.
- **EEPROM :** C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme.

## 2. Les sources de l'alimentation de la carte :

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée Sortie) et cela comme suit :

- **VIN.** La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- **5V.** La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- **3V3.** Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.

## 3. Les entrées & sorties :

Cette carte possède 14 broches numériques (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode ( )`, `digitalWrite ( )` et `digitalRead ( )` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette

résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction digital Write (broche, HIGH).

En plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Interruptions Externes:** Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. -Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée):

Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analog Write ( ).

- **SPI (Interface Série Périphérique):** Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.

- **I2C:** Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils").

- **LED:** Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

La carte UNO dispose 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction analogRead ( ) du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction analog Reference ( ) du langage Arduino.

La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé. [7].

#### 4. Les ports de communications :

La carte Arduino UNO a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur. L'Atmega328 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX).

On utilise (RX) pour recevoir et (TX) transmettre (les données séries de niveau TTL). Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328 Programmé en convertisseur USB – vers – série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur. Comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur l'ordinateur, La connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un PC, mais son inconvénient est le câble USB, pour éviter cela, il existe différentes méthodes pour utiliser ce dernier sans fil:

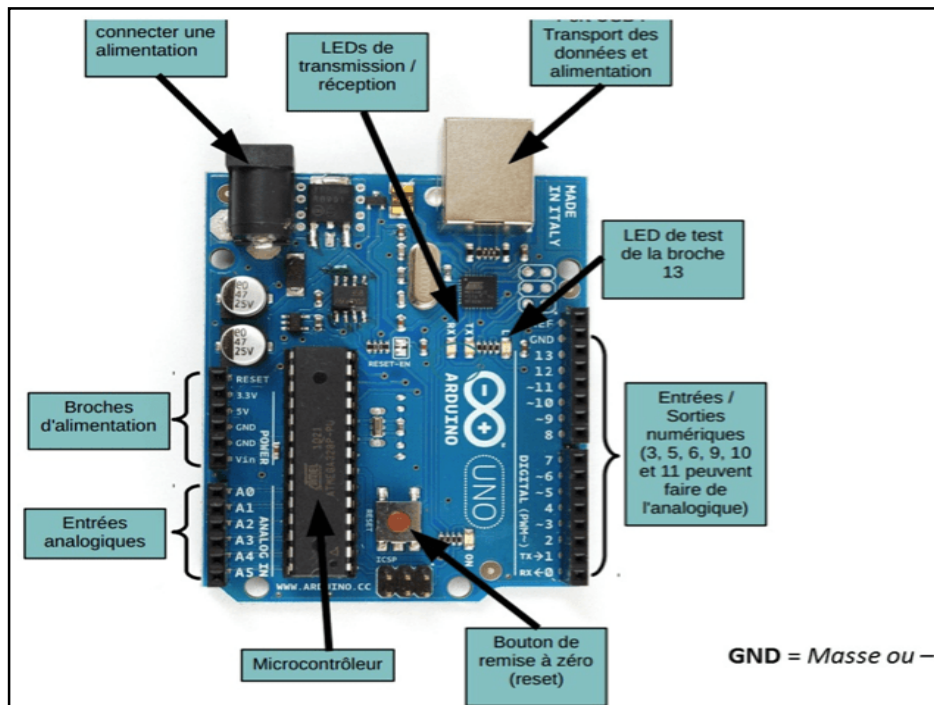


Figure III.4. Constitution de la carte Arduino UNO

#### III.2.3.2. Partie programme :

Une telle carte d'acquisition qui se base sur sa construction sur un microcontrôleur doit être dotée d'une interface de programmation comme est le cas de notre carte. L'environnement de programmation open-source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux).

##### 1 L'environnement de la programmation :

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé

dans la carte à travers de la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information ce programme appelé IDE Arduino. [18]

## 2. Structure générale du programme (IDE Arduino) :

Comme n'importe quel langage de programmation, une interface souple et simple est exécutable sur n'importe quel système d'exploitation Arduino basé sur la programmation en C.

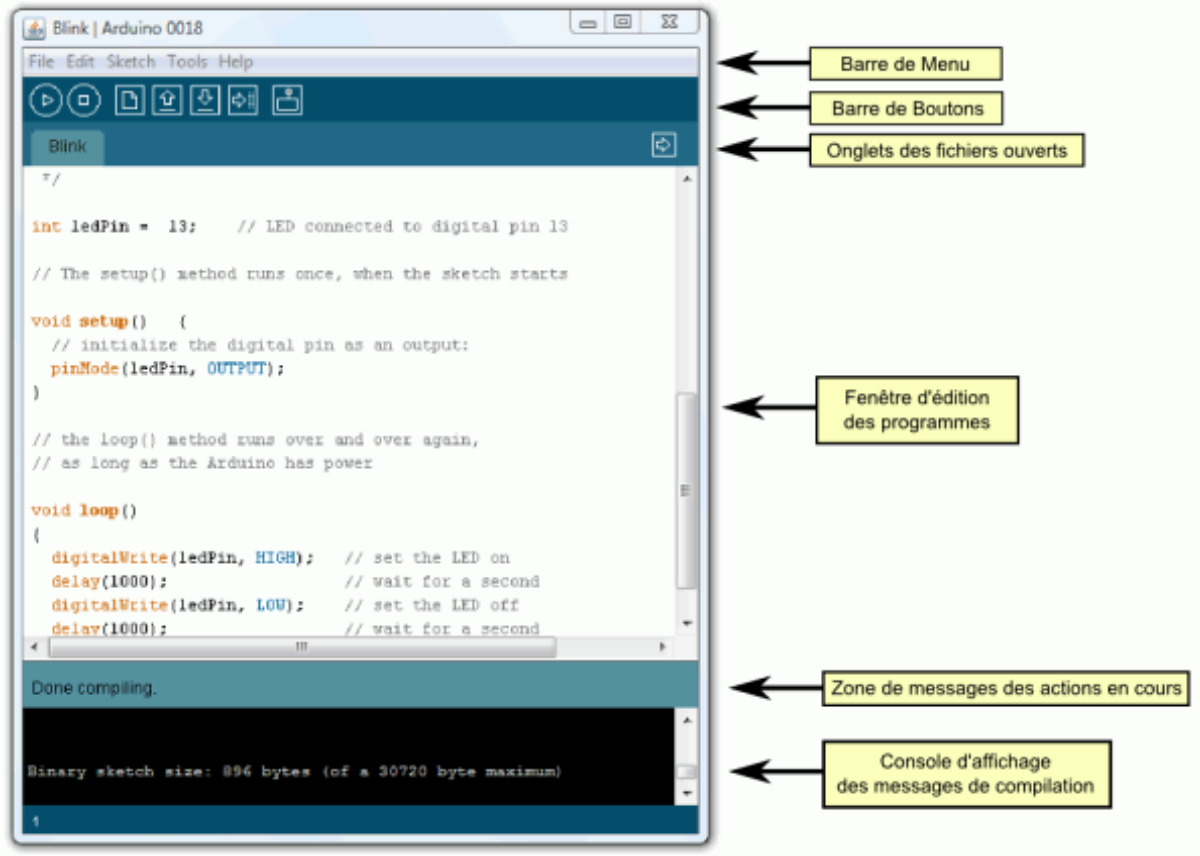


Figure III. 5. Interface IDE Arduino

## 3 Injection du programme :

Avant d'envoyer un programme dans la carte, il est nécessaire de sélectionner le type de la carte (Arduino UNO) et le numéro de port USB (COM 1) comme à titre d'exemple cette figure suivante.

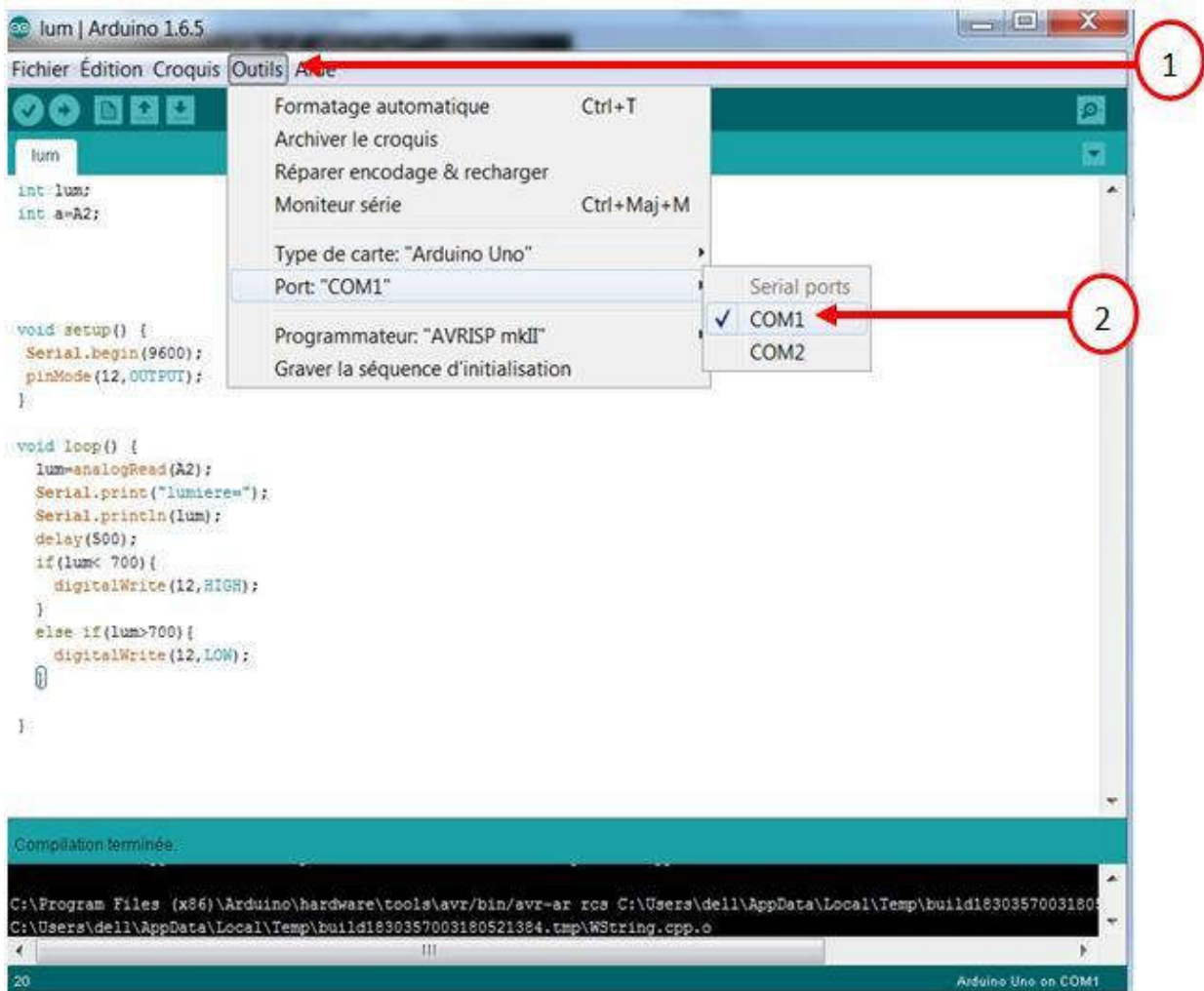


Figure III.6. Paramétrage de la carte

#### 4 Les étapes de téléchargement du programme :

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d’injecter un code vers la carte Arduino via le port USB.

On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel IDE Arduino

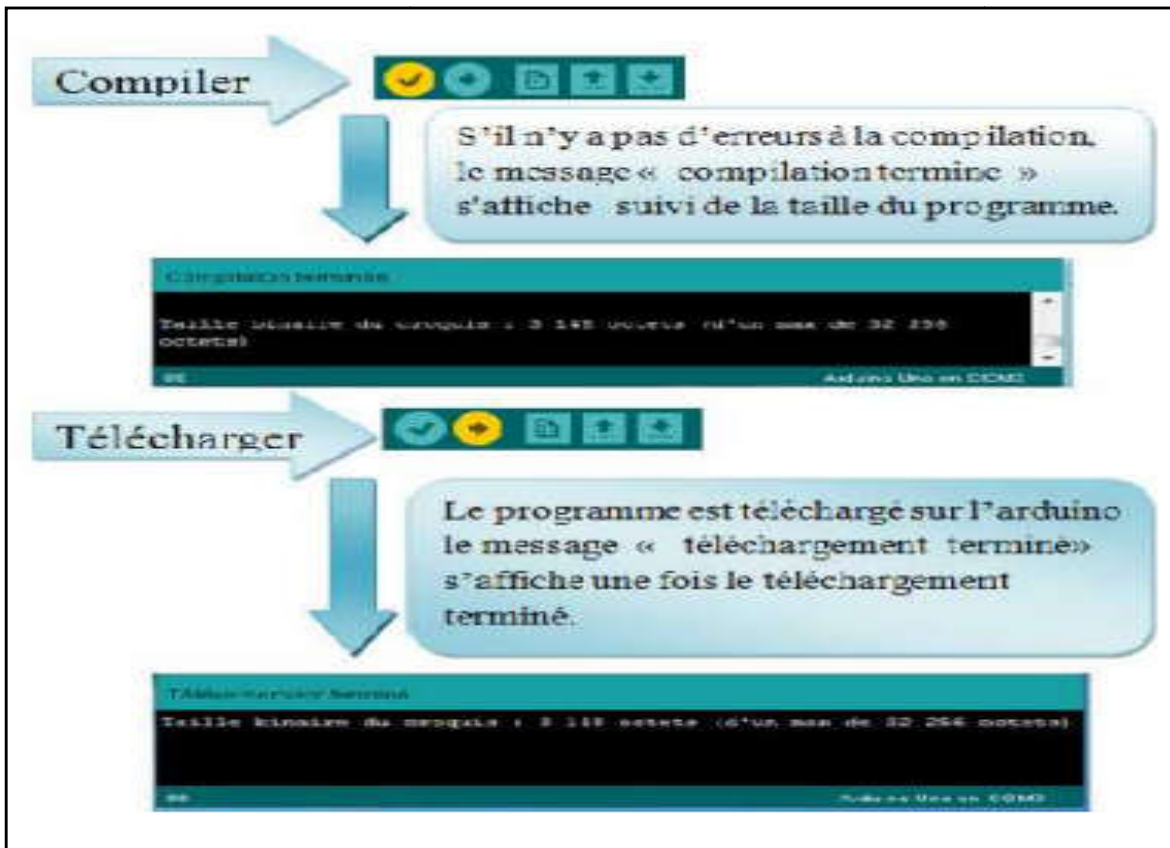


Figure III.7. Les étapes de téléchargement du code

### III.2.3.3. Les Accessoires de la carte Arduino :

La carte Arduino généralement est associée aux accessoires qui simplifient les réalisations.

#### 1. les ports de la Communication :

Le constructeur a suggéré qu'une telle carte doit être dotée de plusieurs ports de communications ; on peut éclaircir actuellement quelques types.

1. Le module Arduino Bluetooth
2. Le module shield Arduino Wifi
3. Le Module XBee

#### 2. Les capteurs :

Un capteur est une interface entre un processus physique et une information manipulable. Il ne mesure rien, mais fournit une information en fonction de la sollicitation à laquelle il est soumis. Il fournit cette information grâce à une électronique à laquelle il est associé.

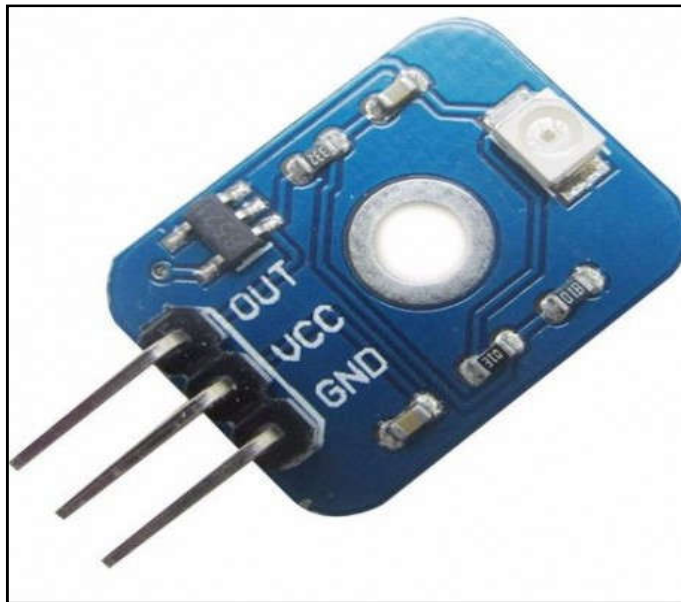


Figure III.8. Capteur Arduino

### III.2.3.3. 3. Les drivers :

Il existe plusieurs drivers comme des cartes auxiliaires qui peuvent être attachées avec l'Arduino afin de faciliter la commande ; on peut citer quelques types.

1. Des moteurs électriques :
2. Les afficheurs LCD Les afficheurs LCD
3. Le relais

### **III.3. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) :**

#### **III.3.1. Les capteurs :**

##### **III.3.1.1. Définition :**

Un capteur est un dispositif ayant pour tâche de transformer une mesure physique observée en une mesure généralement électrique qui sera à son tour traduite en une donnée binaire exploitable et compréhensible par un système d'information.

Parmi les différents types de mesures enregistrées par les capteurs, on peut citer entre autres :

La température, l'humidité, la luminosité, l'accélération, la distance, les mouvements, la position, la pression, la présence d'un gaz, la vision (capture d'image), le son, etc... a notion de capteur s'est évoluée avec le temps puisque leur domaine d'application s'est élargi. Les premiers capteurs n'étaient dédiés qu'à un unique type de mesure, les capteurs contemporains sont la combinaison de plusieurs dispositifs capables de mesurer différentes mesures physiques. En outre, à ces possibilités de mesures multiples, les capteurs actuels ont vu se gérer des fonctionnalités qui leur permettent, en plus de l'enregistrement et de la détection d'événements mesurables, le traitement de ces données et leur communication vers un autre dispositif. On parle alors de capteur intelligent, capable à la fois de mesurer des données et de les communiquer avec d'autres capteurs au sein d'un réseau, tel qu'il est caractérisé par sa capacité à effectuer une collecte des mesures, les traiter et à les communiquer au monde extérieur [4].

##### **III.3.1.2. Architecture d'un capteur :**

Dans cette section, nous distinguons les deux parties qui composent un capteur :

###### **a) Architecture matérielle :**

La figure III.9 est l'illustration la plus générale de l'architecture d'un capteur dit intelligent.

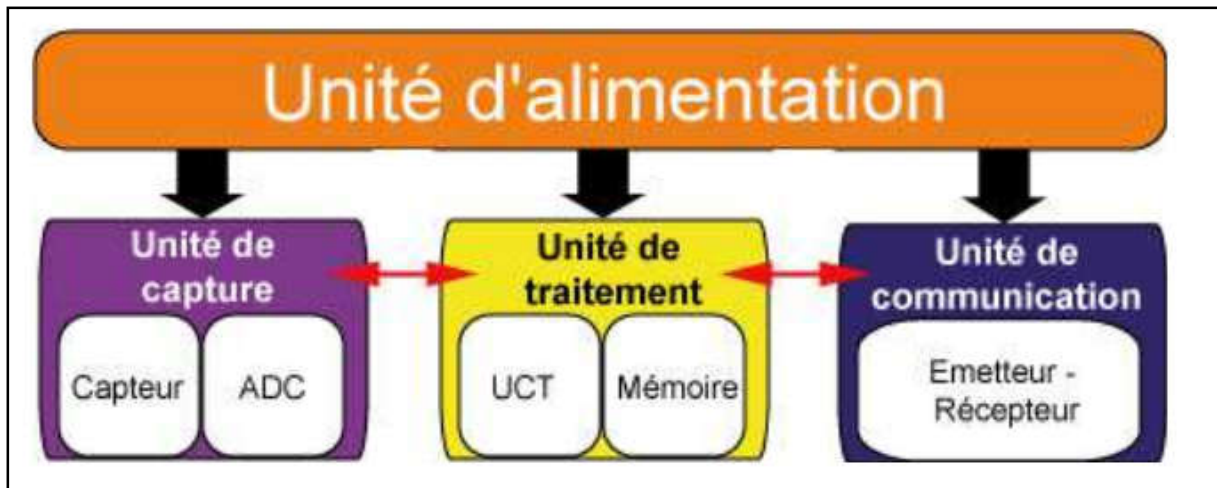


Figure III.9. Architecture d'un capteur sans fil

Cette architecture s'articule autour de quatre unités :

**- l'unité de traitement :**

C'est l'unité principale du capteur. Elle est généralement représentée par un processeur couplé à une mémoire vive. Son rôle est de contrôler le bon fonctionnement des autres unités. Sur certains capteurs elle peut embarquer un système d'exploitation pour faire fonctionner le capteur. Elle peut aussi être couplée à une unité de stockage, qui servira par exemple à y enregistrer les informations transmises par l'unité d'acquisition de données.

**- l'unité d'acquisition :**

Elle permet la mesure des grandeurs physiques ou analogiques et leur conversion en données numériques. Elle est composée du capteur lui-même et de l'ADC qui permet la conversion des données. Le capteur est chargé de récupérer les signaux analogiques qu'il transmet à l'ADC (Analog-to-Digital Converters) qui a pour rôle de transformer et de communiquer les données analogiques en données numériques compréhensibles pour l'unité de traitement.

**- l'unité de communication :**

Elle a pour fonction de transmettre et recevoir l'information. Elle est équipée d'un couple émetteur/récepteur pour communiquer au sein du réseau. Il existe cependant d'autres possibilités de transmission (optique, infrarouge, etc. . .)

**- l'unité d'alimentation :**

C'est un élément primordial de l'architecture du capteur, c'est elle qui fournit en énergie toutes les autres unités. Elle correspond le plus souvent à une batterie ou une pile alimentant le capteur, dont les ressources limitées en font une problématique propre à ce type de réseau puisque ces derniers sont généralement déployés dans des zones non accessibles. La

réalisation récente d'unité d'alimentation à base de panneaux solaires tente d'apporter une solution pour prolonger sa durée de vie.

Par ailleurs, un capteur peut être doté d'autres unités. Citons, entre autres, la possibilité d'ajouter une unité de localisation, tel qu'un GPS, une unité de mobilité pour assurer la mobilité du capteur, ou une unité spécifique de capture comme une caméra pour de l'acquisition vidéo.

Dans le cas de l'utilisation d'un GPS ou d'une caméra de surveillance, il est intéressant de noter que leur utilisation dans les capteurs actuels a un coût non négligeable en termes de consommation énergétique, qui peut réduire grandement la durée de vie d'un capteur équipé de ce type de dispositifs.

### **b) Architecture Logicielle :**

La contrainte énergétique des capteurs exige l'utilisation de systèmes d'exploitation légers tels que TinyOS ou Contiki .Cependant, TinyOS reste toujours le plus utilisé et le plus populaire dans le domaine des RCSF. Il est libre et est utilisé par une large communauté de scientifiques dans des Simulations pour le développement et le test des algorithmes et protocoles réseau.

### **III.3.1.3.Types de capteurs :**

Il existe actuellement un grand nombre de capteurs, avec des fonctionnalités diverses et variées. Tous ces différents capteurs ne pourraient être décrits ici, cependant une liste exhaustive peut être trouvée sur le site The Sensor Network Museum [9].

La plupart des capteurs dépendent de l'application pour lesquels ils ont été conçus (capteur aquatique, sous-terrain, etc. . .). Il est plus intéressant de décrire les capteurs les plus utilisés et leur évolution au cours du temps. En l'occurrence, la figure III-10 illustre l'évolution des capteurs au cours de ces 20 dernières années. Cette représentation met en avant l'importance des travaux de recherche de l'université de Berkeley dans l'essor des réseaux de capteurs, surtout sachant que l'entreprise Xbow (aussi appelé Crossbow) qui fait jusqu'à aujourd'hui office de référence dans la fabrication de capteurs est née au sein de la célèbre université californienne.



Figure III.10. Quelques exemples de capteurs

Les capteurs fabriqués par X\_BOW au cours des dix dernières années (famille de capteurs Mica et Telos) sont sans aucun doute les plus utilisés dans les expériences et travaux de recherche. Ces capteurs sont capables de mesurer plusieurs métriques (température, humidité, luminosité, etc. . .) et s'articulent pour la plupart d'entre eux autour du Chipcon CC2420 qui est devenu le standard au niveau des modules de transmission utilisant le protocole de communication IEEE 802.15.4.

**III.3.1.4. Caractéristiques des capteurs :**

Pour illustrer les caractéristiques des capteurs, on présente un type de chaque famille : MicaZ de la famille Mica et TelosB de la famille Telos comme montre dans la figure III-11 Le tableau 1.1 résume les caractéristiques de ces capteurs.

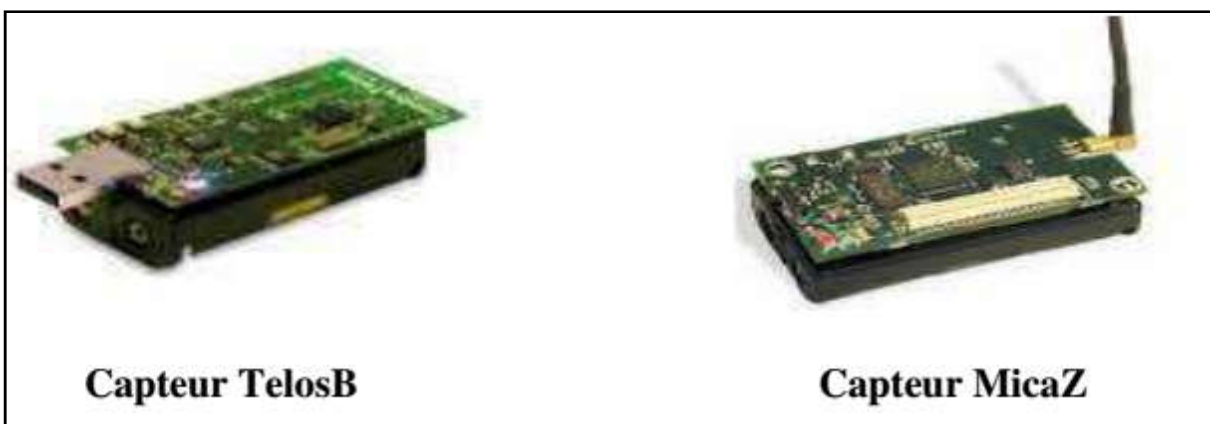


Figure III.11. Capteurs TelosB et MicaZ

Tableau II I.1: Caractéristiques de quelques exemples de capteurs

<b>Caractéristiques</b>	<b>TelosB</b>	<b>MicaZ</b>
<b>Flash</b>	48Kb	512Kb
<b>RAM</b>	10Kb	4Kb
<b>Antenne</b>	Radio Chipcon Wireless Transceiver	Antenne Chipcon CC2420
<b>MCU</b>	1MHz T1 MPS430	8MHz ATmega128
<b>Dimension</b>	65x31x6 Mm	58x32x7 Mm
<b>2 piles AA</b>	Radio+cpu :75mW Sleep mode : 140 $\mu$ W	Radio+cpu mode :63mW Sleep mode : 30 $\mu$ W
<b>External flash</b>	512kB	512kB

### III.3.2. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF)

Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) sont un type particulier de réseaux Ad-hoc, dans lesquels les nœuds sont des "capteurs intelligents". Ils se composent généralement d'un grand nombre de capteurs communicants entre eux via des liens radio pour le partage d'information et le traitement coopératif.

Dans ce type de réseau, les capteurs échangent des informations par exemple sur l'environnement pour construire une vue globale de la région contrôlée, qui est rendue accessible à l'utilisateur externe par un ou plusieurs nœud (s). Les données collectées par ces capteurs sont acheminées directement ou via les autres capteurs de proche en proche à un "point de collecte", appelé station de base (ou sink). Cette dernière peut être connectée à une machine puissante via internet ou par satellite. En outre, l'utilisateur peut adresser ses requêtes aux capteurs en précisant l'information d'intérêt.

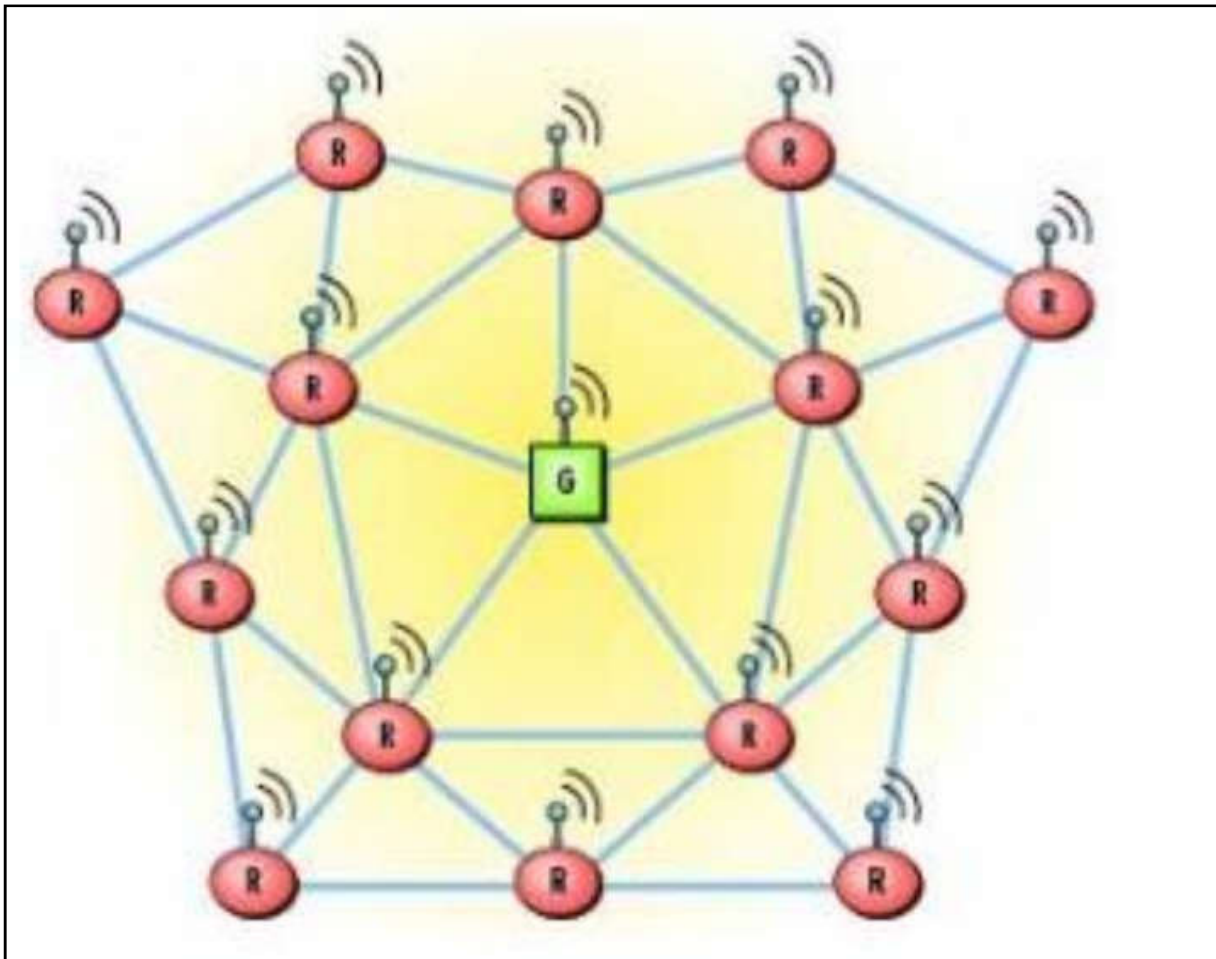


Figure III.12.exemple de réseaux de capteurs .

Un exemple de réseaux de capteurs est fourni dans la Figure 11 : les capteurs sont déployés d'une manière aléatoire dans une zone d'intérêt, et une station de base, située au milieu de cette zone, est chargée de récupérer les données collectées par les capteurs. Lorsqu'un capteur détecte un événement pertinent, un message d'alerte est envoyé à la station de base par le biais d'une communication entre les capteurs. Les données collectées sont traitées et analysées par des machines puissantes. Les réseaux de capteurs viennent en soutien de l'environnement, de la santé et de l'industrie grâce aux récents développements réalisés dans le domaine des techniques sans fil. Depuis quelques décennies, le besoin d'observer et de contrôler des phénomènes physiques tels que la température, la pression ou encore la luminosité est essentiel pour de nombreuses applications industrielles et scientifiques

### III.3.2. 1. Applications des RCSF :

Le domaine d'applications des RCSF est très varié. Ces réseaux sont présents dans le domaine militaire, sécurité civile, médical, transport, environnemental,...etc.

- **Applications militaires** : Les RCSF permettent la détection des mouvements ennemis sur un champ de bataille ou bien de tracer leurs mouvements. De façon analogue, ils peuvent permettre la détection d'intrusion ou de cambriolage dans le domaine de la sécurité civile.

- **Applications environnementales** : Les réseaux de capteurs permettent la détection des incendies, la surveillance des catastrophes naturelles, la détection des pollutions et le suivi des écosystèmes.

- **Applications agricoles** : Les capteurs peuvent être semés avec les graines. Ainsi, les zones sèches seront facilement identifiées et l'irrigation sera donc plus efficace et économique.

- **Applications médicales** : Les RCSF permettent par exemple la surveillance de l'état de santé des patients qu'ils soient au sein de l'établissement ou même ailleurs, et ce en permanence.

- **Applications de transport** : Les RCSF permettent la surveillance des réseaux ferroviaires ou routiers ainsi que d'éventuelles intrusions.

- **Applications domestiques** : En plaçant, sur le plafond ou dans le mur, des capteurs, on peut économiser l'énergie en gérant l'éclairage ou le chauffage en fonction de la localisation des personnes.



Figure III.13. Quelques domaines d'applications des RCSF

### III. 3.2.2. Fonctionnalités des réseaux de capteurs :

Dans les réseaux de capteurs, toute configuration manuelle ou toute administration devient inutile ce qui, dans certaines applications, est très appréciable.

Individuellement, chaque nœud possède une vue locale qui permet de communiquer avec les nœuds proches. En général, la notion d'auto-organisation. Permet de résoudre une tâche complexe en agissant de manière coordonnée tout en étant adaptable, robuste et de dimensions ajustables.

### **1. Adaptable**

Un réseau de capteurs, dans un lieu de géographique où on est obligé de changer l'emplacement des capteurs de temps à autre dépendant des besoins ou des nécessités doit bénéficier d'une adaptabilité acceptable pour les applications pressenties. La fonction adaptable, dans un réseau de capteurs, permet une facilité pour le nœud de s'adapter au changement de situations, c'est-à-dire qu'il est dynamiquement configurable

### **2. Robuste**

Il se peut qu'un nœud dans un réseau de capteurs installé dans une zone éloigné perde son efficacité ou tombe en panne, pour diverses raisons. Alors la fonction robuste permet au réseau de continuer à fonctionner, car dans chaque groupe de nœuds, un de ceux-ci est le principal et il s'occupera du nœud de la communication avec les autres groupes du réseau.

### **3. Dimension ajustable**

Les réseaux de capteurs sont connus par leur une densité très importante, allant parfois jusqu'à des milliers d'unités. La fonction dimension ajustable permet au réseau de capteurs de s'adapter aux nouveaux nœuds installés grâce à une facilité de déploiement et une configuration automatique. Cela permet un fonctionnement constant de tout le réseau

## **III. 3.2.3. Architecture et déploiement :**

Dans ce type de réseau, il n'y a pas d'infrastructure fixe, comme c'est par exemple le cas pour les stations de base des réseaux cellulaires. Ici, les nœuds sont des micro-capteurs capables de récolter et de transmettre des données entre les entités réseaux, Ainsi, chaque nœud achemine l'information vers un autre nœud dans le réseau, tel qu'illustré à la figure III.14.a. Ce type de topologie se nomme la topologie plate. Il est également possible d'utiliser une topologie hiérarchique (Figure III.14) où des groupes de nœuds élisent un maître, le (cluster Head), qui est le responsable de la communication avec les maîtres des autres groupes.

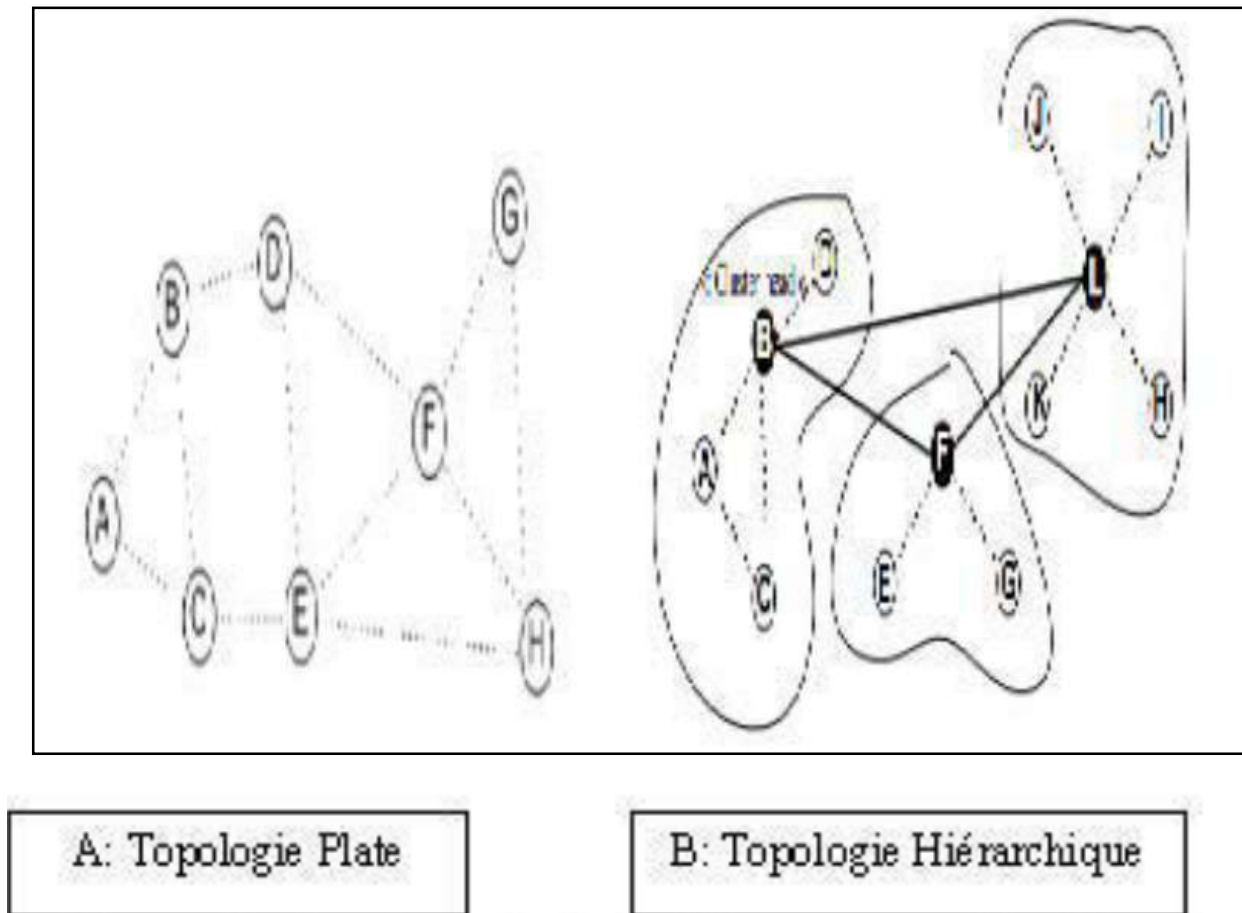


Figure III.14. Topologie de réseaux de capteur sans fil

### III.3.3. L'infrastructure :

L'infrastructure d'un réseau de capteurs se base sur les entités réseaux. Plus précisément elle influence, par les caractéristiques physiques des différents capteurs (la capacité de capture et de calcul, la taille de la mémoire, les caractéristiques de la batterie, elle mode de transmission ...) et la stratégie de déploiement (la densité des capteurs, leur localisation, et leur mobilité).

#### III.3.3.1. Les protocoles du réseau :

Ils sont responsables de maintenir des chemins de communication entre les capteurs et les observateurs. Le cluster Head se trouve dans chaque groupe; il est responsable de la gestion et de la configuration des entités qui se trouve dans sa cellule. En plus, il s'occupe du routage ce qui lui permet de lier la communication entre différents nœuds à base des Protocoles réseaux.

#### 1. IEEE 802.11(Wifi)

Le Wifi est l'abréviation de Wireless Fidélité, ainsi nommé par l'alliance du début des deux mots : Wifi. Généralement, le Wifi se reporte aux différentes versions du standard IEEE 802.11 (includ : a/b/g/ n. etc.) qui sont les technologies et les protocoles de communication sans fil. Le Wifi est utilisé largement dans tous les domaines: le bureau, la résidence, le restaurant, pour n'en

nommer que quelques-uns. En tant que moyen de communication sans-fil populaire, le Wifi est caractérisé par haut débit de transfert de données, ainsi que sa sécurité et stabilité de connexion très élevées. Le débit de données et la fréquence variant entre les différentes versions du standard IEEE 802.11. Tableau 2 compare les spécifications des versions du standard IEEE 802.11 a/b/g/n. Tableau III.2. Les spécifications du standard IEEE 802.11a/b/g/n

IEEE 802.11	Bande de fréquence	Débit de données	Modulation	Gamme (intérieur)
802.11a	5 GHz	54 Mbps	OFDM	≈25m
802.11b	2.4 GHz	11Mbps	DSSS/CCK	≈35m
802.11g	2.4 GHz	54Mbps	OFDM/OSSS/CCK	≈25+m
802.11n	2.4/5 GHz	>500Mbps	MIMO/OFDM	≈50+m

## 2. Bluetooth

Le Bluetooth est basé sur le système radio sans fil conçu pour les appareils communicants à courtes distances et à un coût peu élevé [30]. Il opère dans la fréquence de 2.4GHz et les appareils peuvent partager les données à moins de dix mètres à la vitesse 720kbps de capacité. Deux topologies fondamentales sont possibles avec Bluetooth :

Piconet et scatternet . Un réseau de piconet est formé par un dispositif Bluetooth qui fait office de maître dans le réseau, et un ou plusieurs dispositifs Bluetooth font office de serveurs (le rôle peut être inversé). Un dispositif maître peut être connecté avec sept dispositifs serveurs dans un piconet, et le maître décide du temps de synchronisation pour tous les dispositifs. Les serveurs communiquent avec leur maître selon le mode de point à point, tandis que le maître est capable de choisir la mode de transmission, soit point à point, soit point à multipoint. Si un des serveurs d'un piconet agit également comme maître d'un autre piconet, ils forment un scatternet.

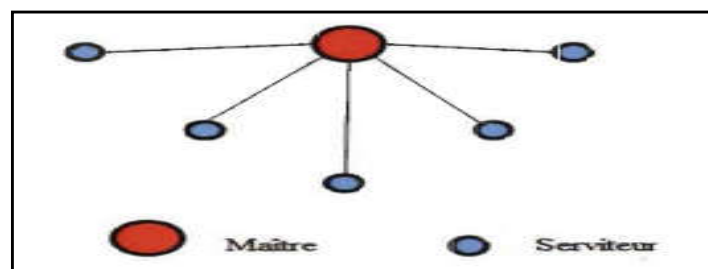


Figure III.14. Topologie de piconet

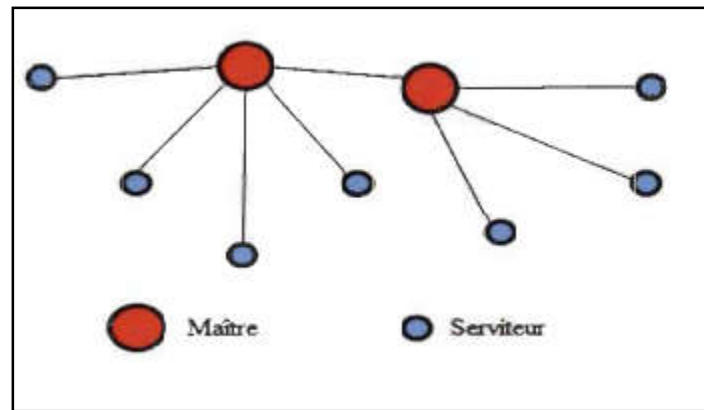


Figure III15. Topologie de scatternet

### III.3.4. Standards

Nous avons déjà souligné, dans l'introduction aux réseaux de capteurs, que la contrainte principale dans ce type de réseaux est la consommation d'énergie, ce qui prouve que les autres standards classiques sans fils tel que Bluetooth, WLAN, etc...ne peuvent pas être adaptés pour ce type de réseaux. Les seuls standards qui sont convenables pour l'utilisation de la communication sans fils dans les réseaux de capteurs sont le standard IEEE 802.15.4 et ZigBee

#### III.3.4.1. Le standard IEEE 802.15.4

Cette norme définit le protocole et l'interconnexion des appareils par communication radio à titre de réseau personnel (PAN). La norme utilise la détection de la porteuse à accès multiple avec un milieu permettant l'évitement des collisions dues aux mécanismes d'accès et soutient les topologies étoiles ainsi que le point à point. L'accès des médias se fait en utilisant la structure de la super trame, les créneaux horaires peuvent être alloués par le coordinateur du PAN pour les appareils avec des données en temps critiques aux réseaux plus performants est fournie par un PAN coordinateur.

##### III.3.4.1.1. Les topologies réseaux du standard IEEE 802.15.4

Selon les exigences de l'application, le LR-WPAN peut fonctionner dans l'une des deux topologies suivantes: la topologie étoile ou la topologie point à point. Les deux sont présentées à la figure ci-dessous. Dans la topologie en étoile la communication est établie entre les périphériques et un contrôleur central unique et le coordonnateur est appelé un PAN. Un dispositif de ce genre a une certaine application qui lui est associée soit au point d'initiation ou le point de la communication terminale du réseau.

Le coordonnateur de PAN est le contrôleur principal et tous les dispositifs fonctionnant sur un réseau de topologie ont une unique adresse de 64 bits étendus. Cette adresse peut être utilisée

pour la communication directe au sein du PAN. Le coordonnateur de PAN peut fonctionner sur le secteur, tandis que les dispositifs seront très probablement alimentés par une pile.

La topologie point à point a aussi un coordonnateur de PAN, mais il diffère de la topologie en étoile dans le sens où tout appareil peut communiquer avec n'importe quel autre appareil aussi longtemps qu'ils sont à portée les uns des autres. La topologie point à point permet des formations réseaux plus complexes à mettre en œuvre, telles que la topologie de réseau maillé. Cette dernière permet la fonction de l'auto-organisation et les sauts multiples pour router les messages à partir de n'importe quel appareil à un autre appareil sur le réseau. Ces fonctions peuvent être ajoutées à la couche réseau, grâce à l'alliance ZigBee.

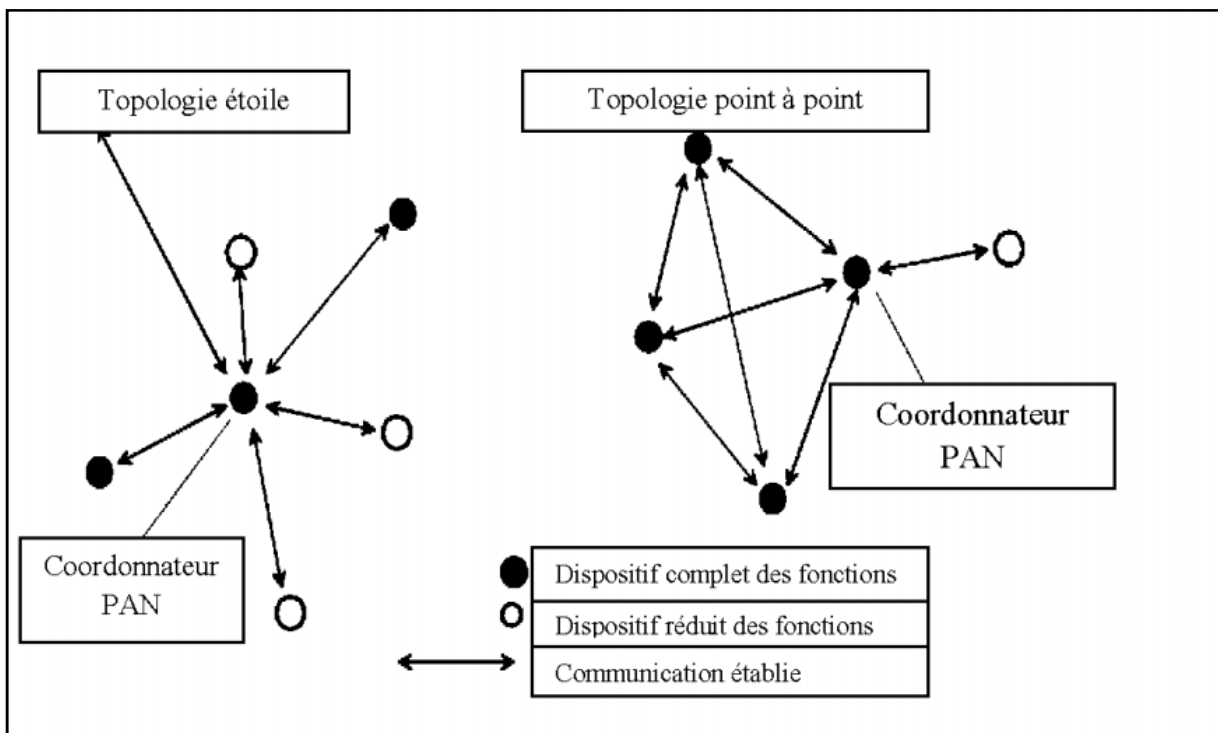


Figure III.16. Topologies étoile et point à point.

Chaque PAN indépendant sélectionnera un identifiant unique. Cet identifiant PAN permettra la communication entre les appareils au sein d'un réseau en utilisant des adresses courtes et des transmissions entre les dispositifs à travers des réseaux indépendants

### III.3.4.1. 2. Les caractéristiques du standard IEEE 802.15.4 :

La couche physique est simple.

- La couche MAC est également simple, l'accès des nœuds au canal étant géré à l'aide du protocole CSMA-CA qui se base sur l'écoute avant d'utiliser le canal pour ne pas avoir des problèmes de collisions
  - Le débit binaire est faible, varie de 20 à 250 Kbits/s selon la bande de fréquence utilisée.

- La portée se situe entre 10 et 100 m, dans les bandes de fréquence ISM 800/900 MHz et 2.4 GHz.
- Le protocole, défini pour une durée de vie de batterie maximale, permet que chaque capteur fonctionne sur une alimentation par pile pendant une durée minimum de 10 ans.

### **III.3.4.1. 3. La Couche MAC du standard IEEE 802.15.4 :**

La couche liaison de données MAC gère les accès au médium radio et résout les problèmes d'accès concurrents au médium. Le standard 802.15.4 propose deux types d'accès : un mode non coordonné qui est le CSMA/CA et un mode coordonné qui est le mode temps garantie ou GTS (guaranteed time slot) qui est disponible uniquement dans une topologie étoile, où le coordinateur envoie périodiquement des trames balises (beacon) pour synchroniser et préparer les nœuds du réseau pour l'envoi ou la réception. Toute entité du réseau qui écoute cette balise peut ainsi se synchroniser et se servir de ce coordonnateur comme d'un relais. Ce type de mode permet d'avoir les meilleures performances sur le plan énergétique car, une fois l'information transmise au relais, le nœud transmetteur peut somnoler; de même, les messages étant stockés dans la mémoire du relais, le nœud destinataire se prépare à choisir l'instant où il va demander le rapatriement des données pour prolonger sa durée de somnolence. L'espace temporel entre deux trames balises s'appelle une super trame.

La couche liaison de données MAC gère les accès au médium radio et résout les problèmes d'accès concurrents au médium. Le standard 802.15.4 proposent deux types d'accès : un mode non coordonné qui est le CSMA/CA et un mode coordonné qui est le mode temps garantie ou GTS (guaranteed time slot) qui est disponible uniquement dans une topologie étoile, où le coordinateur envoie périodiquement des trames balises (beacon) pour synchroniser et préparer les nœuds du réseau pour l'envoi ou la réception. Toute entité du réseau qui écoute cette balise peut ainsi se synchroniser et se servir de ce coordonnateur comme d'un relais. Ce type de mode permet d'avoir les meilleures performances sur le plan énergétique car, une fois l'information transmise au relais, le nœud transmetteur peut somnoler; de même, les messages étant stockés dans la mémoire du relais, le nœud destinataire se prépare à choisir l'instant où va demander le rapatriement des données pour prolonger sa durée de somnolence. L'espace temporel entre deux trames balises s'appelle une super trame.

### **III.3.4.1. 4. La Couche Physique du standard IEEE 802.15.4**

Le standard IEEE 802.15.4 spécifie la couche physique (PHY) dans les bandes ISM 868 MHz, 915 MHz et 2.4 GHz avec des débits respectifs de 20, 50 et 250kbits/s. Le nombre de

canaux disponible étant plus important dans la bande 2.4 GHz, comme c'est montré dans la figure ci-dessous c'est elle qui est la plus utilisée

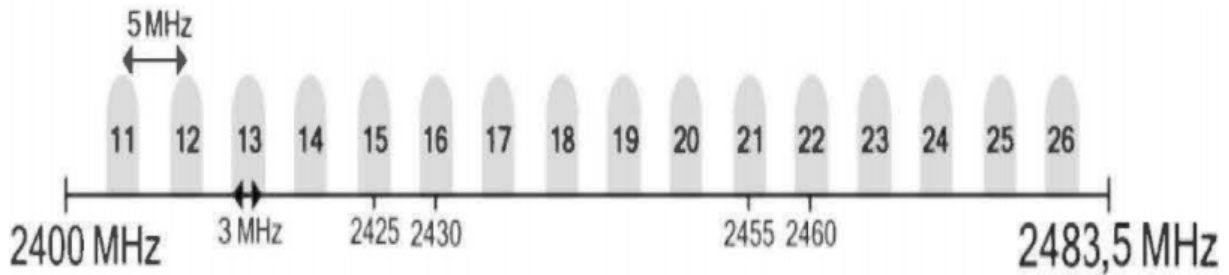


Figure III.17. Répartition des canaux 802.15.4 dans la bande 2.4 GHz.

Dans la bande disponible entre 2.405 GHz et 2.4835 GHz, le standard 802.15.4 définit donc 16 canaux avec un espacement inter-canal de 5MHz. Ils sont numérotés de 11 à 26, les dix premiers correspondant aux canaux disponibles dans la bande de fréquence 868 et 915 MHz

### III.3.4.1.5. Comparaison du standard IEEE 802.15.4 avec les autres standards

Le tableau 2.2 ci-dessous présente une comparaison générale entre les différents standards sans fils existants, et montre les raisons pour lesquelles notre choix s'est porté pour le standard 802.15.4. Selon des études ce standard est le plus pour les réseaux de capteurs.

Tableau III.3. Comparaison avec d'autres standards

IEEE	802.15.4	802.15.1	801.11a/b/n
Besoin mémoire	4-32 kb	250 kb+	1 Mb+
Autonomie avec pile	Des années	Des jours	Des heures
Nombre de nœuds	64 000 +	7	32
Débit binaire	250 kbits/s	1 Mb/s	11-54-108-302 Mb/s
Portée	100 m	10 m	300 m
La bande du canal	3 Mhz	10 Mhz	22 Mhz

Selon la comparaison avec les autres technologies sans fils citées au tableau, on résume les principaux points forts pour le 802.15.4 :

- ✓ Il n'occupe pas beaucoup d'espace mémoire pour fonctionner.
- ✓ La durée de vie de la batterie est assez importante par rapport aux autres standards, elle peut durer une dizaine d'années.
- ✓ Par rapport aux autres standards, le débit est faible et la bande du canal est de 3 MHz, ce qui ne demande pas beaucoup d'énergie pour la communication ou bien le traitement de données.
- ✓ La densité des nœuds dans un réseau peut dépasser 64 000, ce qui fait une énorme différence par rapport aux autres technologies

#### **III.3.4.1.6. Le standard ZigBee**

La norme ZigBee a été développée par l'Alliance ZigBee qui regroupe des centaines d'entreprises membres de l'industrie des semi-conducteurs, des développeurs d'entreprises membres de l'industrie des semi-conducteurs, des développeurs de logiciels et des installateurs. L'alliance ZigBee a été formée en 2002 en tant qu'organisation à but non lucratif ouverte à tous ceux qui veulent y adhérer. Le ZigBee standard a adopté IEEE 802.15.4 pour la couche physique (PHY) et la couche liaison moyen, Access Control (MAC) des protocoles.

La norme Zigbee est spécifiquement développée pour répondre aux besoins de la mise en œuvre à très faible coût et à faible débit de données des réseaux sans fil à ultra-basse consommation. Elle permet de réduire le coût de la mise en œuvre par la simplification des protocoles de communication et la réduction du débit de données. Les exigences minimales qui spécifient le ZigBee et IEEE 802.15.4 sont relativement détendues par rapport à d'autres standards, ce qui réduit la complexité et le coût des émetteurs-récepteurs de type Zigbee. La figure 2.7 ci-dessous montre la différence entre l'alliance ZigBee et le standard IEEE 802.15.4. Ce dernier présente une couche physique de radiocommunications que c'est l'alliance ZigBee lui permet d'ajouter à une couche réseau qui est responsable du routage des données dans un réseau de capteurs. La figure ci-dessous nous montre les différentes couches de l'alliance ZigBee et le standard 802.15.4.

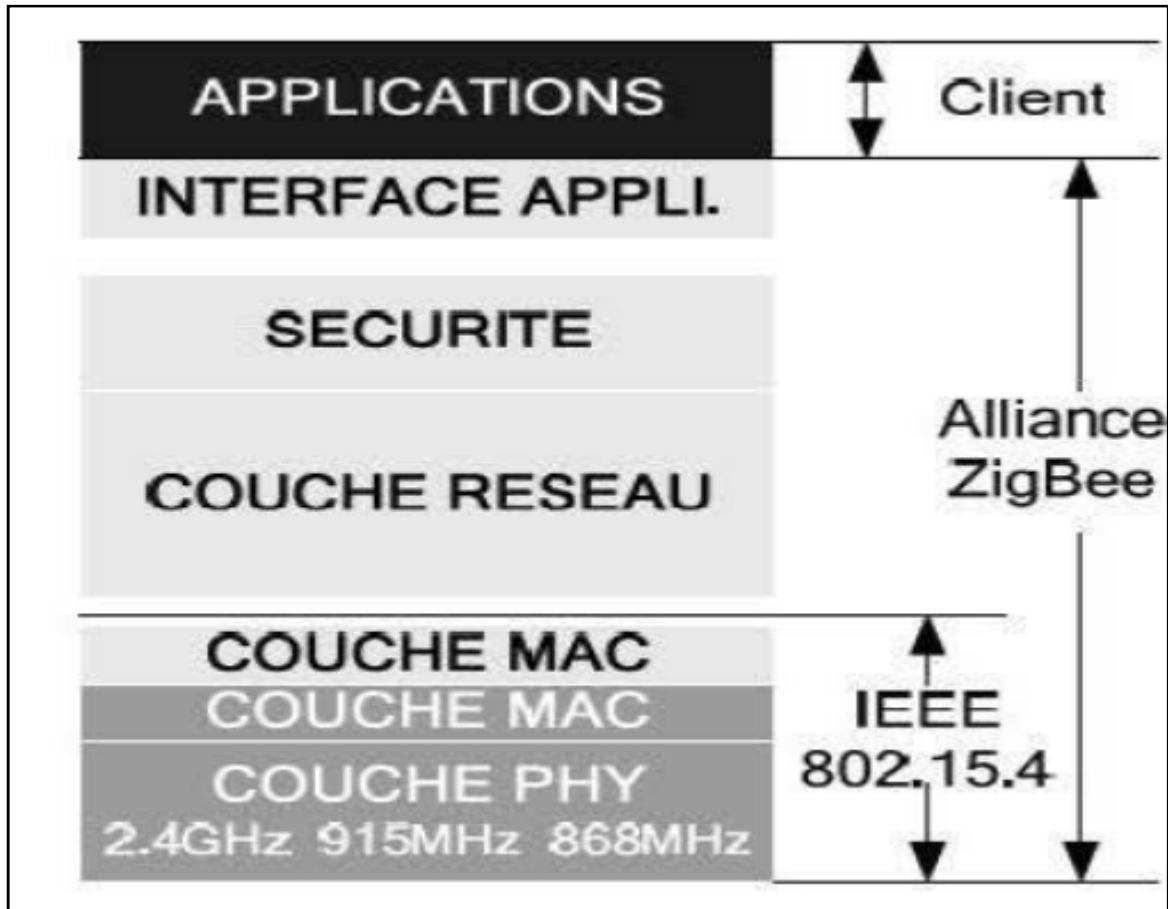


Figure III.18. Différence entre l'alliance ZigBee et le standard IEEE 802.15.4

Le standard 802.15.4, avec l'alliance ZigBee permet la création des réseaux maillés grâce à un routage automatique. C'est la couche réseau ZigBee qui est responsable du routage des données dans un réseau de capteurs

La Figure III.19 illustre l'architecture de la topologie des réseaux maillés avec un coordonnateur ZigBee. Celui-ci est responsable du traitement des données et aussi du routage et l'interconnexion avec les autres groupes. TI est branché à une alimentation directe. On a quelque chose d'identique pour le routeur ZigBee ffd (full function device) qui permet aussi le routage sauf qu'il interconnecte les nœuds qui appartiennent à son groupe seulement. La dernière entité réseau dans ce type de topologie est l'entité réduite RFD (reduced function device) ; elle ne permet pas le routage et son rôle est seulement de capter le signal et de l'envoyer directement au coordonnateur le plus proche, ce qui lui permet une consommation d'énergie réduite significativement car elle est alimentée à base d'une batterie.

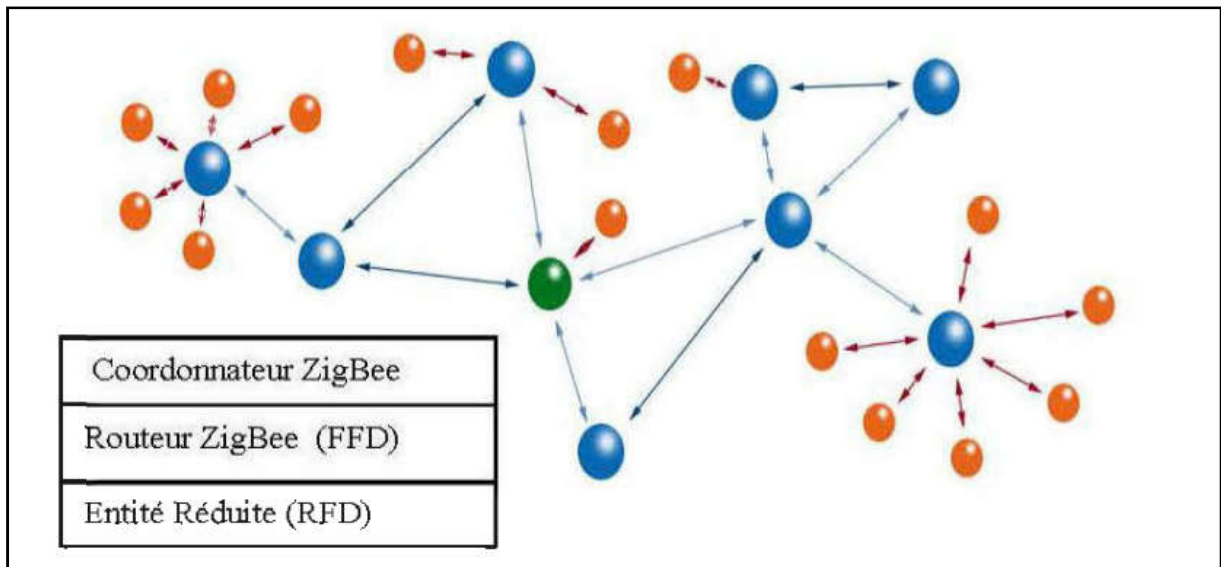


Figure III.19: Topologie Maillée

### III.3.5. Le standard ZigBee par rapport aux autres standards de communication

Figure III.20 nous présente la position de divers standards sur une échelle de portée et de débit par rapport au standard ZigBee. On remarque que le WIFI, autorise un débit de données de 11 à 55 Mbps. Ce débit de données élevé contribue à des applications de transmission vidéo sans fil à partir d'un appareil à un téléviseur à proximité. Le Bluetooth, avec un débit de données de 1 à 3 Mbps, est utilisé dans la transmission de la voix de haute qualité dans les casques sans fil. ZigBee, avec un débit de données maximum de 250kbps, est classé comme un LR-WPAN. Ce standard envoie des données format texte ce qui lui permet d'avoir un faible débit, et c'est ce qui lui permet aussi de faire le processus transmission *une* réception avec une faible consommation d'énergie

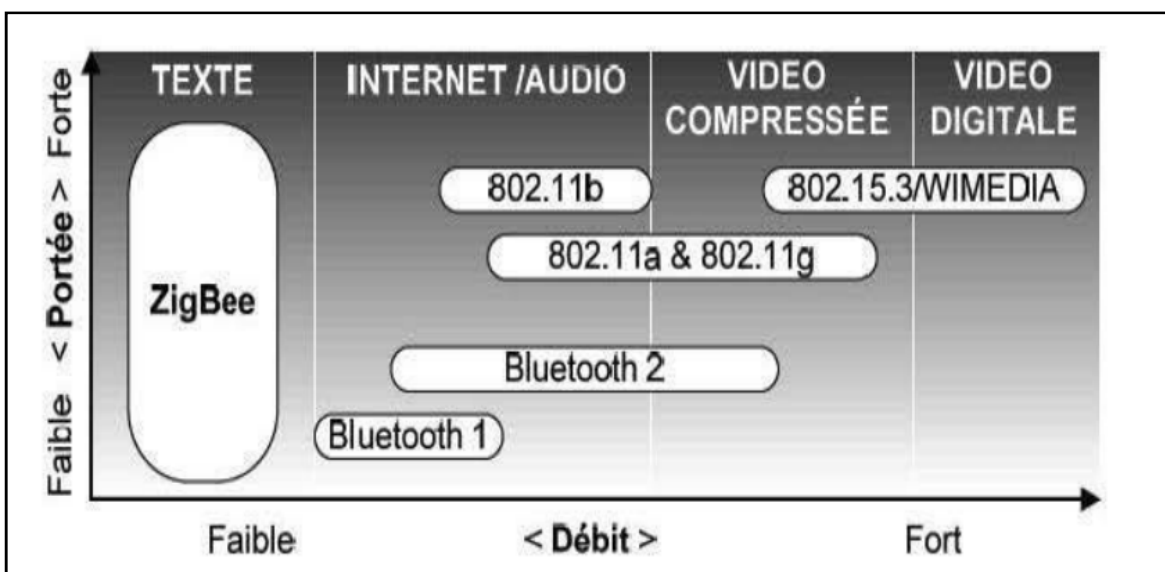


Figure III.20. Standard ZigBee par rapport aux autres standards sans fils [2]

Les réseaux de capteurs sans fil conçus pour être utilisés en sécurité possèdent plusieurs caractéristiques différentes par rapport aux autres réseaux sans fil traditionnels. Car ils ont été conçus spécifiquement pour la surveillance et le contrôle des zones rurales. Les études et les recherches ont démontré que les réseaux de capteurs permettent une communication des entités réseaux à faible débit et faible coût. Les standards convenables pour ce genre de réseaux sont IEEE 802.15.4 et ZigBee

On s'est intéressé à définir le standard IEEE 802.15.4 et aussi les raisons pour lesquelles il a été choisi pour les réseaux de capteurs en détaillant ces caractéristiques de la couche physique et de liaison. La dernière partie du chapitre a présenté les caractéristiques du standard ZigBee en incluant pour comparaison avec les autres technologies sans fils.

### **III.3.6. Comparaisons entre le ZigBee, Bluetooth et IEEE 802.11:**

La comparaison de la norme ZigBee avec Bluetooth et IEEE 802.11 WLAN nous aide à comprendre comment ZigBee se différencie des standards existants. La figure(3) résume les caractéristiques de base de ces trois normes.

IEEE 802.11 est une famille de normes; IEEE 802.11b est sélectionné ici parce qu'il fonctionne dans la bande 2,4 GHz, ce qui est commun avec Bluetooth et Zigbee. IEEE 802.11b a un débit de données élevé (jusqu'à 11 Mbits / s), et fournir une connexion Internet sans fil est l'une de ses applications typiques. La portée intérieure de l'IEEE 802.11b est généralement comprise entre 30 et 100 mètres. Bluetooth, d'autre part, a un débit de données inférieur (moins de 3 Mbps) et sa portée intérieure est généralement de 2-10 mètres ; Une application populaire de Bluetooth est dans les casques sans fil, où Bluetooth fournit les moyens de communication entre un téléphone mobile et un casque mains libres. ZigBee a le plus faible débit de données et la complexité parmi ces trois normes et fournit une durée de vie de la batterie significativement plus longue.

Le très faible débit de données de ZigBee signifie que ce n'est pas le meilleur choix pour implémenter une connexion Internet sans fil ou un casque sans fil de qualité CD où plus de 1 Mbps est souhaité. Cependant, si l'objectif de la communication sans fil est de transmettre et de recevoir des commandes simples et / ou de collecter des informations à partir de capteurs tels que les capteurs de température ou d'humidité, ZigBee offre la solution la plus économique et la plus rentable par rapport à Bluetooth et IEEE 802.11b.

### **III .7. Conclusion :**

L'Arduino c'est un mélange d'électronique et de programmation donc c'est de l'électronique embarquée qui nous facilite la réalisation de beaucoup de projets Arduino est utilisé

dans beaucoup d'applications comme l'électronique industrielle et embarquée, la domotique mais aussi dans des domaines différents, ainsi les raisons pour lesquelles on l'a choisie, puis nous avons cité des différents types de cette dernière. Ensuite, nous avons expliqué les deux parties essentielles de l'Arduino (la partie matérielle et la partie de programmation) plus précisément. Nous avons également expliqué le principe de fonctionnement de la carte Arduino sans oublier ses caractéristiques.

. Les réseaux de capteurs sans fil présentent un intérêt considérable et une nouvelle étape dans l'évolution des technologies de l'information et de la communication. Cette nouvelle technologie suscite un intérêt croissant vu la diversité de ces applications : santé, environnement, industrie et même dans le domaine sportif.

Ce chapitre présente tout d'abord respectivement Les protocoles du réseau, Wifi, Bluetooth, et Zigbee. Ensuite, nous avons comparé ces trois technologies sur la fréquence de communication, le débit de donnée, la distance approximative de transmission, la topologie, le nombre de nœuds permettant de se connecter et la sécurité.

En considérant que ce travail vise le réseau domestique, Zigbee comporte plus d'avantages par rapport aux autres technologies mentionnées. Zigbee peut être utilisé pour construire un grand réseau avec environ 6 000 nœuds, car même s'il comporte une limite sur la distance de transmission, la distance qu'il soutient satisfait le besoin dans une résidence. En plus, ZigBee consomme moins d'énergie que les autres

# Chapitre IV

## Méthodologie de la conception et de la réalisation

## IV.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la Méthodologie de la conception et de la réalisation d'un système embarqué d'aide à la conduite qui se base sur des panneaux de signalisation intelligente et un ordinateur pour la détection, la reconnaissance et l'affichage.

## IV.2.Présentation du système :

Afin de permettre une détection automatique des panneaux de signalisations routières, ces derniers doivent être équipés d'un émetteur radio. Dans le but d'émettre le code du panneau où chaque panneau à son propre code. Le véhicule doit être aussi est équipé par un système de détection, reconnaissance et d'affichage composé de :

- Un ordinateur,
- Afficheur LCD
- Un récepteur radio.

Ce qui permet de recevoir en permanence les codes émit par l'ensemble des panneaux, et par conséquent, par la suite ces codes seront déchiffrés. Ce qui permet une reconnaissance automatique du panneau. la figure IV .1 illustré le schéma de du système proposé.



Figure IV.1: architecture globale du système proposé

En ce sens notre système se présente comme réseaux de capteurs sans fil (en anglais sensors wireless network) dans tel réseaux au moins deux éléments : le ordinateur et le panneau de signalisation peuvent communiquer sans une liaison filaire. Grâce à ce réseau sans fil, le véhicule a la possibilité de se connecter aux différents panneaux, installés à côté de la route, tout en se déplaçant.

L'évolution technologique a permis l'avènement des réseaux sans fil (par opposition aux réseaux filaires qui utilisent différents types de câbles) dont le développement est en plein essor à

cause du confort de raccordement qu'ils procurent, On distingue habituellement plusieurs topologies de réseaux sans fil on site :

**La topologie en bus** : correspond au cas où tous les nœuds sont connectés à un unique fil, à un unique support de transmission matériel.

**La topologie totalement maillée** : est celle où tous les ordinateurs sont reliés à tous les autres. Le nombre de liens est alors important (proportionnel au carré du nombre d'ordinateurs à relier).

**La topologie hybride** : est équivalent à une topologie maillée à laquelle on aurait retiré quelques liaisons point-à-point, pour économiser des liens sans trop diminuer la performance du réseau.

**La topologie en étoile** : est celle où les nœuds sont reliés à un équipement réseau central. Le nombre de liens est proportionnel au nombre d'ordinateurs du réseau, ce qui est peu. Le nombre d'intermédiaire est faible (seulement un), ce qui fait que le matériel réseau nécessaire pour créer un réseau en étoile est particulièrement simple et peu cher. La moindre panne de l'équipement central fait tomber tout le réseau : les ordinateurs ne peuvent plus communiquer entre eux.

**La topologie linéaire** : est celle en forme de chaîne. Tous les ordinateurs sont reliés à deux voisins, sauf les deux nœuds au bout de la chaîne.

**La topologie en anneau** : est celle en forme d'anneau. Tous les ordinateurs sont reliés à deux voisins, sans exception. Elle est équivalente à une topologie linéaire dont on aurait relié entre eux les deux bouts.

Chacune de ces topologies a ses avantages et ses inconvénients.

On tenant compte de l'idée proposée, que le système de reconnaissance et affichage installé dans le véhicule représente une station de base, et l'ensemble des émetteurs installés sur les panneaux de signalisation représente chacun un nœud terminal est alors connecté directement à ce système central.

Ce qui signifie que chaque véhicule va représenter un réseau réseaux personnel sans fil, ou WPAN (wireless personal area network), en étoile avec l'ensemble des panneaux comme le montre la figure IV.2 :

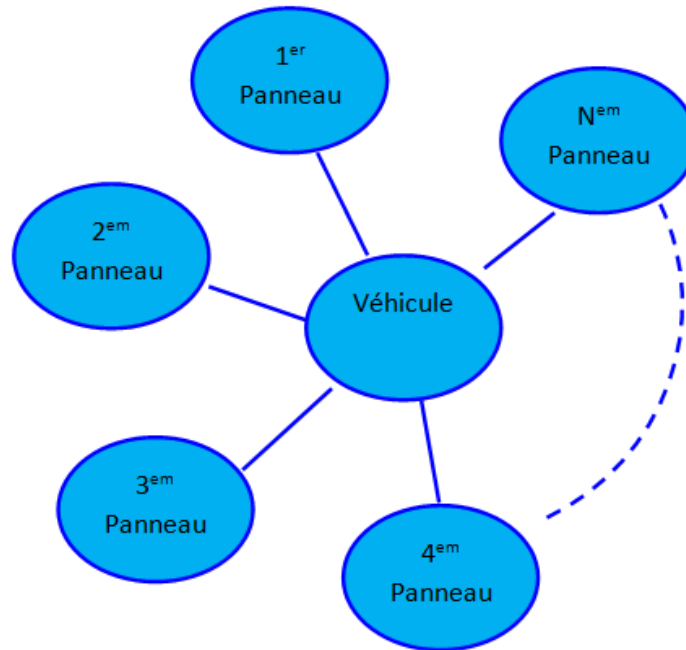


Figure IV.2 : le réseau proposé

Les WPANs sont d'une faible portée : de l'ordre de quelques dizaines mètres. Plusieurs technologies de WPAN coexistent à ce jour : Bluetooth, UWB, ZigBee et Wi-Fi, qui correspondent à la norme IEEE Normes 802.15.1, 802.15.3, 802.15.4 et 802.11a / bg, respectivement. IEEE définit les couches physiques (PHY) et MAC pour les communications sans fil sur une plage d'action environ 10-100 mètres.

Après une étude comparative de ces normes sans fil les plus répandues d'une évaluation quantitative du temps de transmission, de l'efficacité du codage des données, de la complexité du protocole, de la consommation d'énergie, des canaux radio, de la sécurité et de la coexistence.

Le standard de réseau ZigBee (ZigBee / IEEE 802.15.4) peut répondre aux exigences de notre conception en matière de la fiabilité, de sécurité, de faible coût, de faible consommation énergétique et de capacité, permettant ainsi à un périphérique de se connecter à un réseau unique. Nous avons donc choisi les technologies ZigBee WSN, qui conviennent le mieux à une telle application. Les nœuds de panneaux distants sont implémentés avec un module XBee.

Après cette présentation du système à réaliser on peut lui donner l'architecture de la figure :

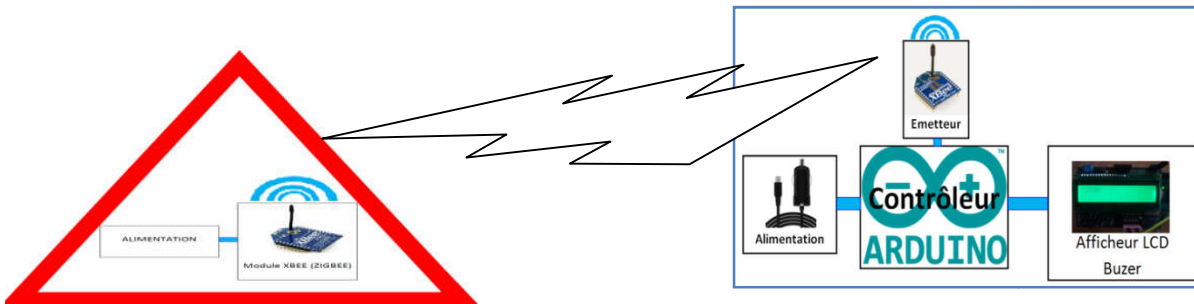


Figure IV.3 a : Panneau de signalisation

Figure IV. b : Détecteur du panneau

**IV.3 Partie émettrice** (Panneau de signalisation) :

Comme il a été indiqué précédemment, chaque panneau de signalisation doit être équipé par module émetteur radio. Afin d’émettre le code du panneau. Notre choix a été l’utilisation d’un module Xbee, qui est un microcontrôleur sans fil fabriqué par Digilent, utilisant les protocoles 802.15.4. Ces modules sont capables de communiquer avec le protocole de communication sans fil Zigbee. Le schéma bloc de tel module est donné par la figure :

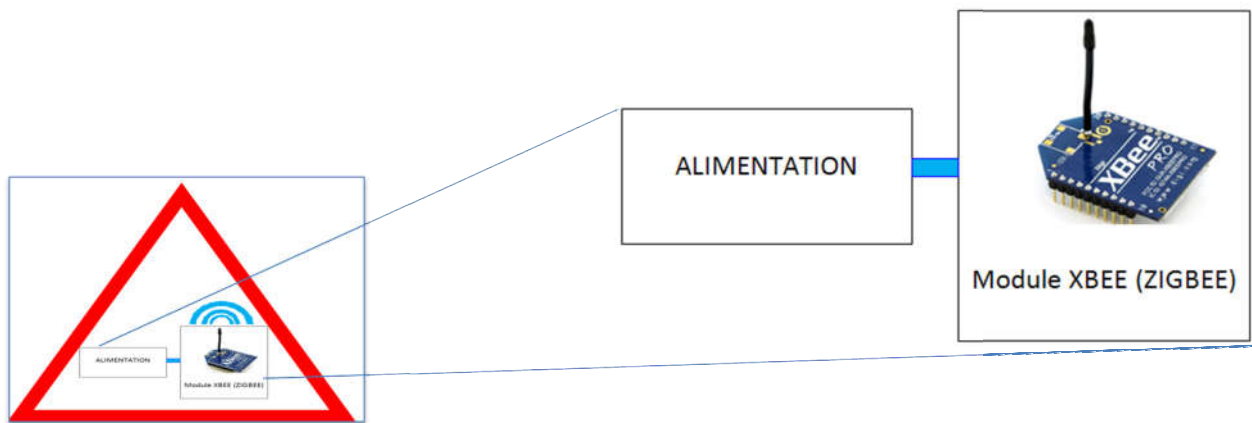


Figure IV.5. Le schéma bloc la partie émettrice

**IV.3.1 Module Xbee (zigbee) :**

Ce module doit être configuré en Dispositif de fin ou un périphérique final (end device). Pour qu’il puisse émettre le code du panneau. Chaque type de plaque à un son propre code. Par exemple le panneau STOP a le code 001, et le panneau indiquant le sens interdit à un code 005 ect.

Le module XBee sera configuré ainsi :

Tableau IV.1. Paramètres de configuration de Xbee

Paramètre	Valeur	Rôle
ID	3332	adresse de réseau commun
MY	5678	l'adresse de ce Xbee
DH	0	partie haute de l'adresse, indique qu'on veut utiliser les adresses sur 16 bits
DL	1234	adresse de destinataire

Pour le reste des modules Xbee installé sur les panneaux on ne change que l'adresse du module.

### IV.3.2 Bloc d'Alimentation :

Les panneaux de signalisations intelligentes, équipées des modules Xbee, Seront installés au long de la route. Donc leurs alimentation est un point essentiel. Ils nécessitent une alimentation électrique comme tout dispositif électronique. Les caractéristiques électriques des modules Xbee est alors :

- ✓ Alimentation: 2.8 - 3.4 Vcc
- ✓ Consommation en émission: 45 mA (@ 3.3 V)
- ✓ Consommation en réception: 50 mA (@ 3.3 V)
- ✓ Consommation "Power-down": <10  $\mu$ A

L'alimentation doit être comprise entre 2,8V et 3,4V. Pour ce faire nous avons envisagé deux solutions possibles, soit l'utilisation des batteries rechargeables, soit l'utilisation des panneaux solaires avec des batteries.

L'ensemble du dispositif consomme 0,06 A lorsque le module Xbee est en veille, et 0,12 A lorsque le module Xbee est éveillé. L'éveil du Xbee dure 1min30 par 10 min. L'intensité moyenne calculée sur heure est donc 0,07 A Donc l'autonomie de la batterie est de  $12/0,07 = 171$  h environ. Le panneau solaire photovoltaïque poly cristallin a pour puissance maximale  $P_m = 20$  W, avec un courant maximal de 1,2 A. Valeurs données pour une énergie reçue par unité de surface de 4000 W/m<sup>2</sup>, c'est-à-dire lorsque les rayons du Soleil sont orthogonaux à la surface du capteur, au mois de juin. L'expérience montre que la simple lumière du jour (même en hiver) suffit à compenser la consommation de la station



Figure IV. 6: Panneaux solaire

#### IV.4. Partie détection et de reconnaissance :

Ce dispositif de détection et de reconnaissance automatique des panneaux de signalisation de la figure IV.7. doit être placé dans la voiture il contient les éléments suivant :

- Une carte arduino (calculateur)
- XBee (zigbee) coordinateur
- Afficheur LCD
- Buzzer

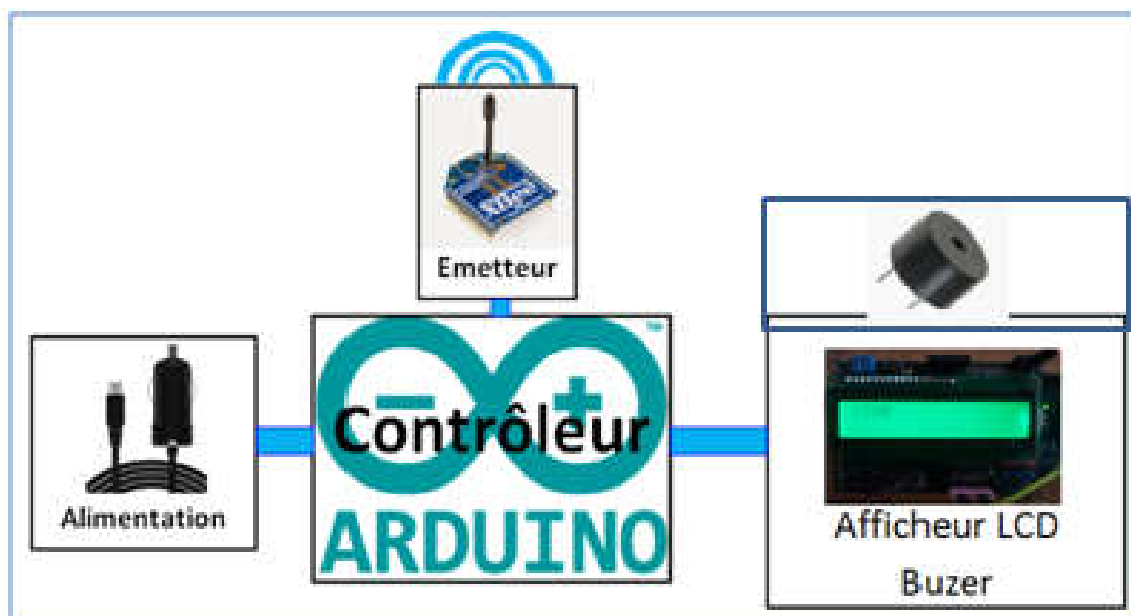


Figure IV.7. Partie détection et de reconnaissance

Le dispositif reçoit les codes émet par les modules placés sur les panneaux, par la suite il déchiffre les codes pour reconnaître le panneau, ainsi le panneau reconnu, il sera affiche sur l'afficheur LCD avec l'émission d'un signal sonore pour avertir le conducteur.

### **IV.4 .1 Carte arduino (calculateur) :**

Pour cette application, l'Arduino UNO a été utilisé comme contrôleur. Compte tenu de ses caractéristiques suffisantes pour notre application à savoir : moins coûteux, sa consommation électrique faible. Elle est capable d'exécuter notre programme. La carte Arduino Uno basée sur l'ATmega328P, compte tenu de ses caractéristiques suffisantes. Il possède 14 broches d'entrée / sortie numériques (dont 2 peuvent être utilisées en tant que UART et 6 en tant que sorties PWM), 6 entrées analogiques, un quartz 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation. Elle comprend : Mémoire Flash de 32 Ko, SRAM de 2 Ko et EEPROM de 1 Ko.

### **IV.4 .2 Afficheurs LCD :**

L'afficheur LCD est en particulier une interface visuelle entre le système et le conducteur. Son rôle est de transmettre les noms des panneaux au conducteur. Nous avons opté à utiliser un afficheur LCD (cristaux liquide) 2 lignes de 16 caractères chacune.

Parmi les différentes caractéristiques:

- lignes de 16 caractères chacune
- Texte en Blanc, Fond Bleu
- Connecteur avec empatement de 2.54mm, il peut donc s'intégrer dans un breadboard (avec l'utilisation d'un pinHeader)
- Les broches sont notées à l'arrière de l'afficheur LCD. Cela facilite vraiment le câblage.
- Le rétro-éclairage utilise une LED dont l'intensité peut être contrôlé par l'intermédiaire d'une résistance (potentiomètre) ou d'un signal PWM.

Le rétro-éclairage LED consomme nettement moins d'énergie d'un rétro-éclairage électroluminescent (beaucoup plus répandu)

- Peut être totalement contrôlé à l'aide de 6 broches digitales! (N'importe quelle broche analogique/digitale de votre Arduino peut être utilisée)



Figure IV.8 : Afficheurs LCD

### IV.4.3 Module Zigbee

Ce module XBee de base ou coordinateur recevra le signal du différent émetteur placé sur les panneaux. Il sera configuré comme motionner dans le tableau IV.2 :

Tableau IV.2. Paramètres de configuration de Xbee coordinateur

Paramètre	Valeur	Rôle
ID	3332	adresses de réseau commun
MY	1234	l'adresse de ce Xbee
DH	0	partie haute de l'adresse, indique qu'on veut utiliser les adresses sur 16 bits
DL	FFFF	adresse de destinataire : broadcast à tous

Ce module de base quant à lui il a une adresse de broadcast (FFFF), ce qui lui permet d'atteindre tous les modules XBee qui sont sur le réseau personnel 3332 (paramètre ID identique pour tous).

### IV.4.4 alimentation

Pour l'alimentation de l'ensemble du système. Nous avons simplement envisagé d'utiliser l'allume cigare de la voiture ou véhicule.

### IV.5. PROGRAMME :

Cette partie est consacrée à la description de l'organigramme et le programme de gestion du système. Pour cela nous avons développé un programme Arduino qui permet :

- De gérer l'ensemble des éléments du montage
- La réception des codes.
- la reconnaissance automatique les panneaux.
- Et enfin L'affichage.

La figure IV.8. donne l'organigramme de notre programme

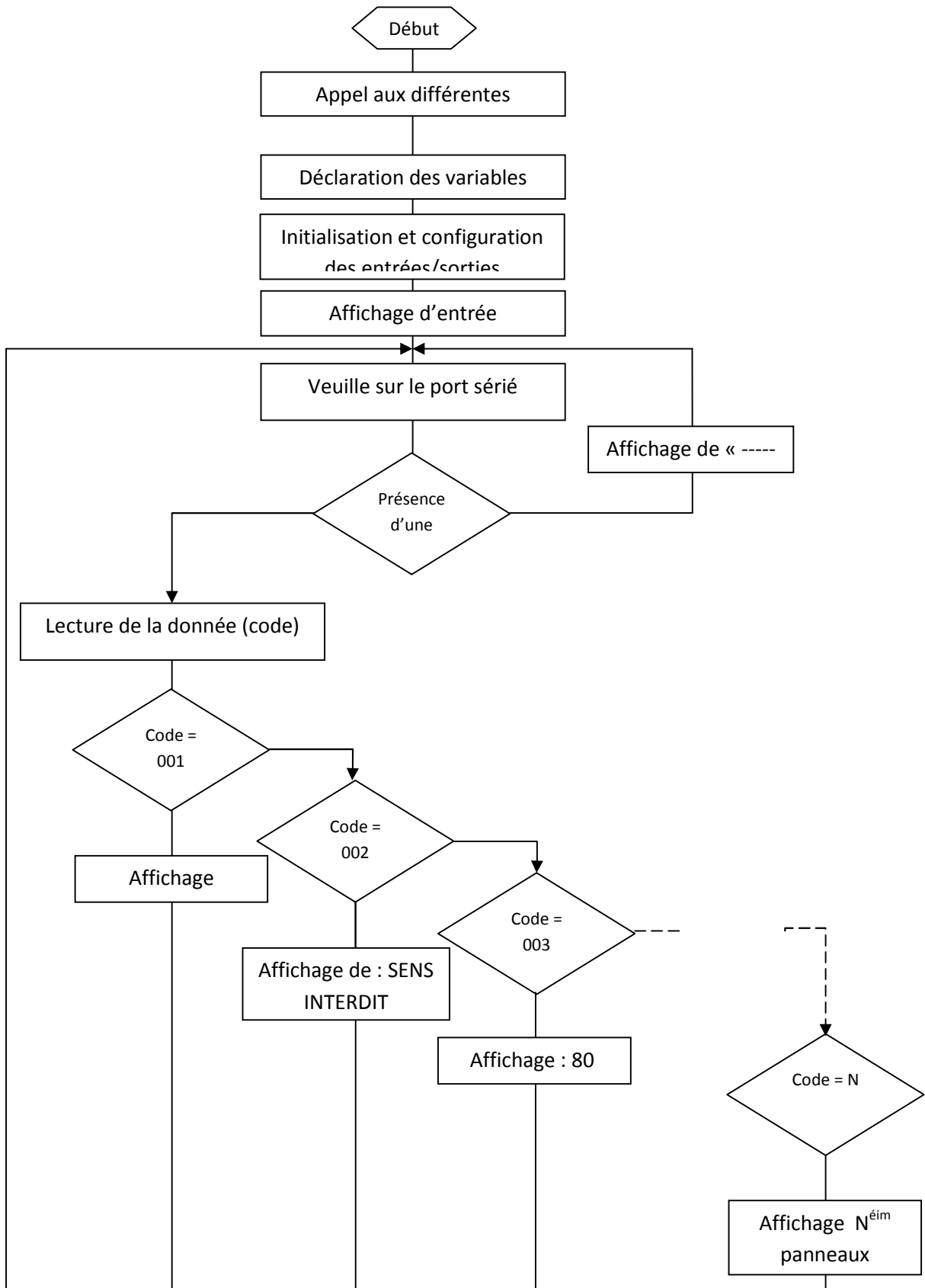


Figure IV.9. L'organigramme.

Cette représentation graphique décrit l'enchaînement des opérations et des décisions effectuées par notre programme, comme on peut le constater l'organigramme est constituée de plusieurs étapes qui sont :

**a. La partie déclaration des bibliothèques externes et initialisation des variables :**

Dans cette nous faisons appel aux différentes bibliothèques externes nécessaires à la gestion de l'ensemble des modules de notre application. Comme dans le logiciel Arduino beaucoup de bibliothèques sont déjà présentes et intégrés avec l'IDE. Elles nous permettent de programmer plus vite et plus simplement nos systèmes. Voici en conséquence les bibliothèques que nous avons utilisées et qui doivent être déclarées :

***LiquidCrystal.h*** : Cette bibliothèque permet à une carte Arduino de contrôler les écrans LiquidCrystal (LCD) basés sur le chipset Hitachi HD44780 (ou compatible), présent sur la plupart des LCD à texte. La bibliothèque fonctionne en mode 4 ou 8 bits (c.-à-d. En utilisant 4 ou 8 lignes de données en plus des lignes rs, enable et, éventuellement, des lignes de commande rw).

***SoftwareSerial.h*** : Les cartes Arduino disposent d'un support intégré pour la communication série . pour la carte UNO une liaison série sur les broches 0 et 1 (qui se connecte également à l'ordinateur via la connexion USB). Le support série se fait via un élément matériel intégré appelé UART . Ce matériel permet au microcontrôleur Atmega de recevoir une communication série même tout en effectuant d'autres tâches, à condition qu'il y ait de la place dans la mémoire tampon série de 64 octets.

La bibliothèque SoftwareSerial a été développée pour permettre la communication série sur d'autres broches numériques de l'Arduino, à l'aide d'un logiciel permettant de reproduire la fonctionnalité (d'où le nom " SoftwareSerial "). Il est possible d'avoir plusieurs ports série logiciels avec des vitesses pouvant atteindre 115200 bps. Un paramètre active la signalisation inversée pour les périphériques nécessitant ce protocole.

**Xbee.h** : cette bibliothèque Arduino permet la communication avec les modules XBees en mode API, avec prise en charge de Series 1 (802.15.4) et de Series 2 (ZB Pro / ZNet). Cette bibliothèque prend en charge la plupart des types de paquets, notamment: Émission / Réception, Commande AT, AT à distance, Échantillons d'E / S et Statut du modem.

C'est aussi dans cette partie qu'on a déclaré nos variables globales, c'est-à-dire des variables qui sont accessibles et utilisables partout dans le sketch.

**b. La partie initialisation du programme :**

Cette partie est exécutée une seule fois au démarrage de la carte Arduino. Elle permet de configurer les broches d'émission et de réception, la commande de l'afficher LCD. Les broches configurées en réception peuvent recevoir les signaux en provenance des différents panneaux.

**c. Le corps du programme à exécuter :**

C'est ici que s'exécute l'algorithme de travail. Le code contenu dans cette fonction est exécuté en boucle : une fois terminé, il recommence.

C'est ici qu'on interroge la ligne de réception série, si une donnée est présente, elle doit d'être lue, cette donnée représente le code de la plaque. Elle est ensuite testée pour pouvoir connaître le type de panneau en question. Une fois que le panneau est déterminé le programme lance un bip sonore et affiche son type sur l'écran LCD. Et enfin il revient à l'interrogatoire de nouveau de la ligne de réception série.

**IV.6. REALISATION ET TESTS :**

La structure du système réalisé est composée de plusieurs éléments, à savoir la carte Arduino Uno, les modules xbee, l'afficheur LCD. Donc, pour cette raison, nous avons commencé en première phase par le chargement du programme principal dans la carte puis la configuration des modules Xbee. En seconde phase, nous avons effectué une série de tests de chaque partie séparément afin de détecter d'éventuels problèmes dans la mise en œuvre. Et avec l'intention de s'assurer qu'il opère correctement. Par la suite, toutes les parties étaient assemblées et testées.

**IV.6.1. Phase chargement du programme et configuration des modules Xbee****a. Configurer les modules XBee**

Les modules sans fil Xbee permettent au système de communiquer sans fil à l'aide de protocole ZigBee. Ces doivent former un réseau avec une topologie en étoile figure IV.9.

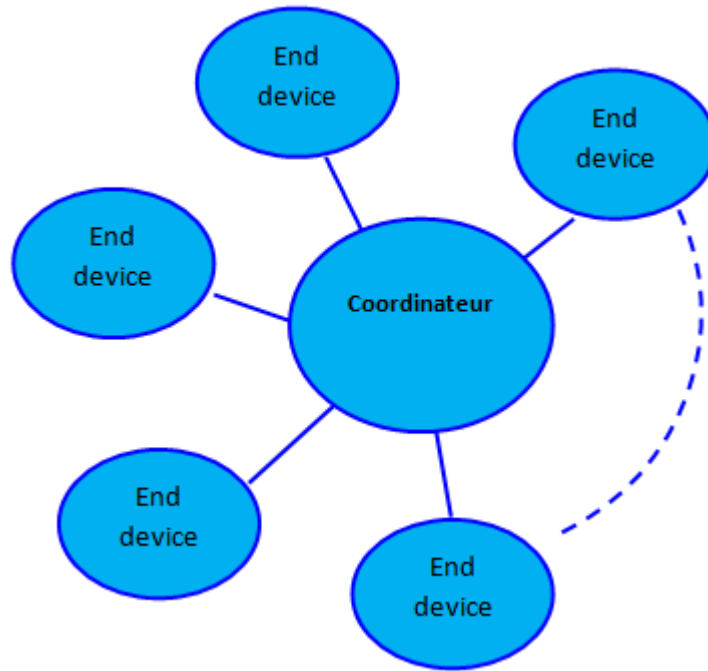


Figure IV.10. L'organigramme.

Dans notre cas, il doit y avoir un seul coordinateur qui gère tout le réseau installé dans le véhicule. Avec de nombreux modules, installés sur les panneaux de signalisation, pouvant communiquer directement avec le coordinateur. Bien que chaque module doive être configuré pour un rôle spécifique.

Pour configurer un module ZigBee en tant que coordinateur, routeur ou périphérique final, on doit modifier le microprogramme. il faut avoir au plus du matériel et des logiciels suivants:

- Modules du kit de maillage Zigbee XBee
- Câbles micro USB
- Un ordinateur
- Le Logiciel : XCTU

On doit Monter les modules sur la prise Wireless Shield. Puis on les connecte à l'ordinateur et on lance le logiciel X-CTU. Puis on click sur l'icône recherche module connecté à l'ordinateur, la fenêtre select the ports to scan de la figure IV.11 s'affiche.

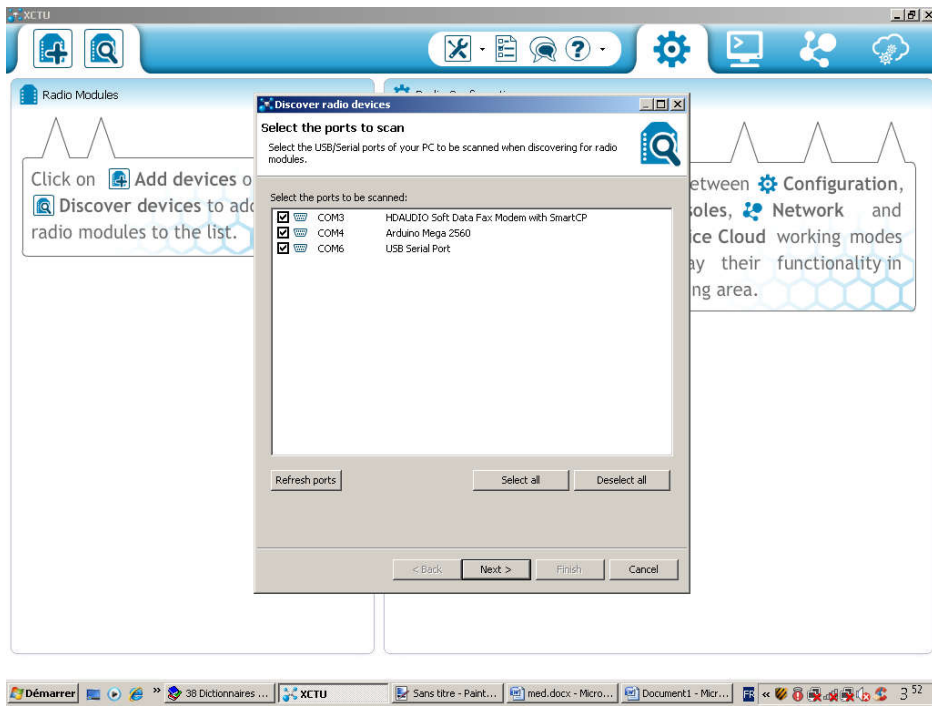


Figure IV.11 : Capture d'écran

On doit sélectionner soit les ports COM manuellement, soit automatiquement par le bouton « select all » puis on appui sur le Botton « Next ». la fenêtre de configuration du port de la figure IV.12 s'affiche.

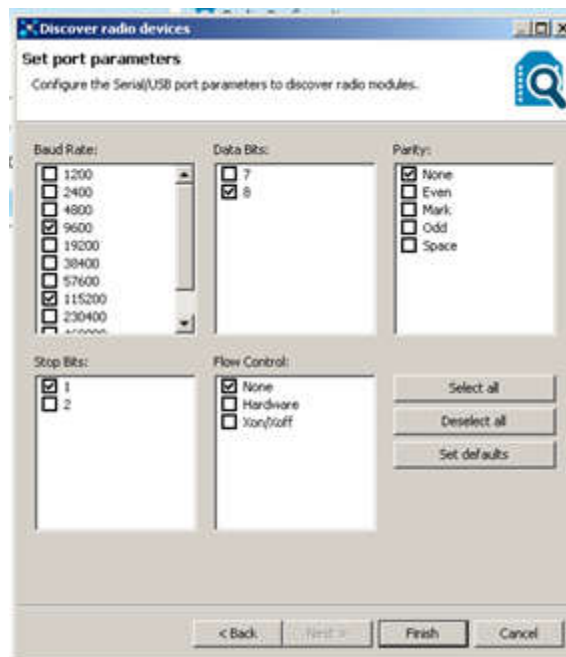


Figure IV.12. Capture d'écran de la fenêtre de configuration du port

Un appui sur Next affiche la fenêtre de la figure IV.13. cette fenêtre affiche les modules radio connectés à l'ordinateur. Une fois ils sont selectioner on passe

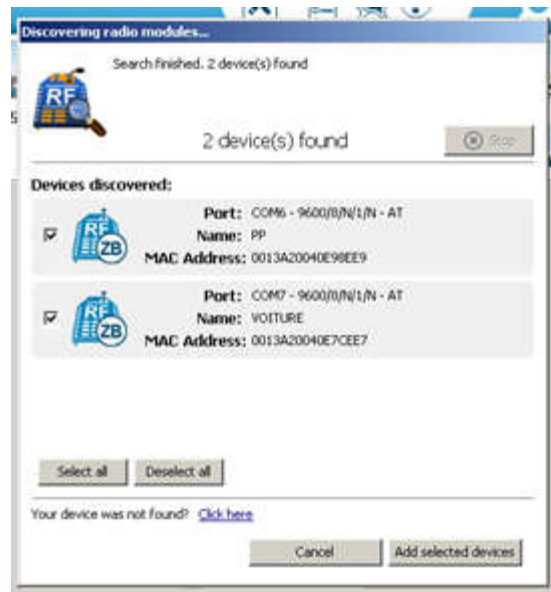


Figure IV.13.captueur d'écran

Une fois ils sont sélectionnés on passe à la fenêtre suivante :

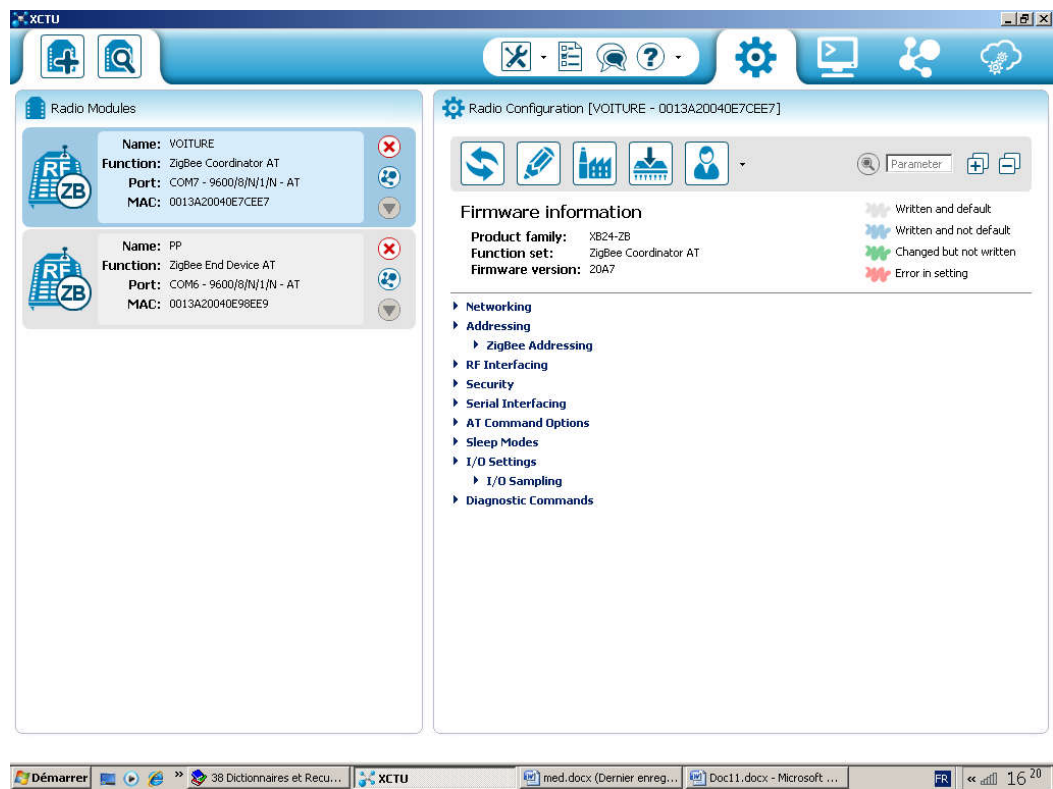


Figure IV. 14 : Fenêtre de configuration des module radio

A partir de cette fenêtre on peut configurer, reconfigurer, tester les communications radio de chaque module séparément.

• **Configuration du périphérique final (end device)**

Un click sur le premier module la fenêtre de configuration de la figure IV.12 s'affiche :

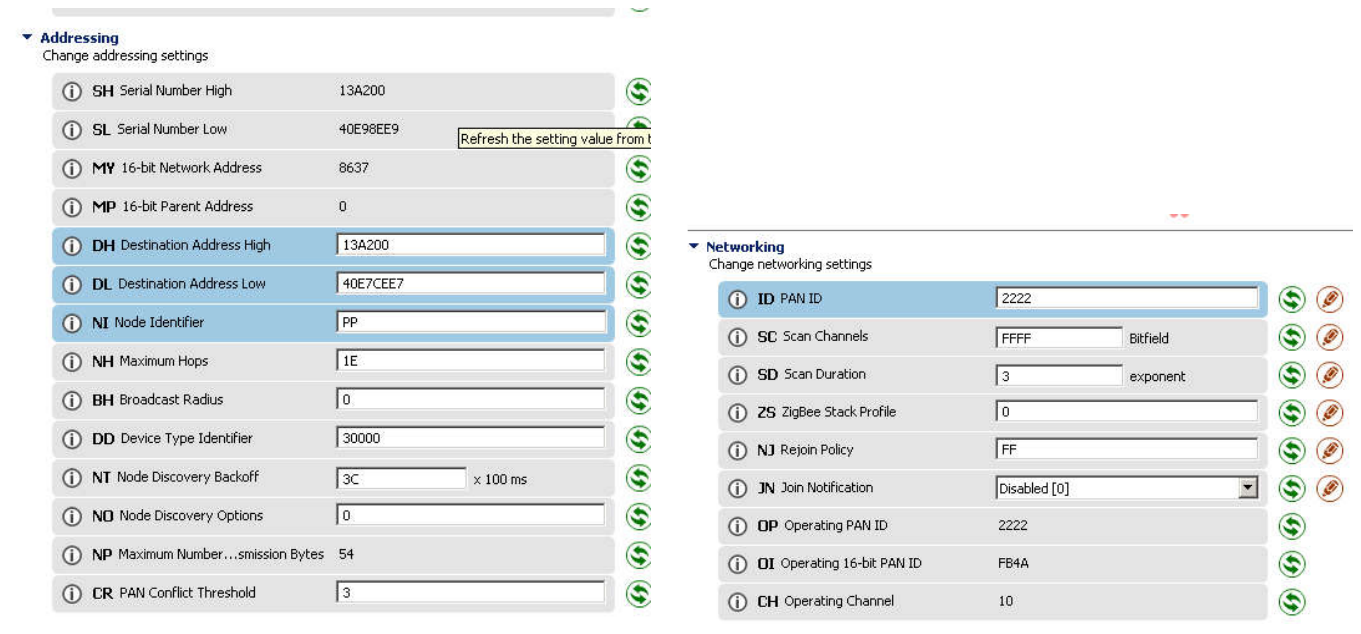


Figure IV. 15 : Fenêtres de configuration du end device

• **Configuration du coordinateur**

On la même procédure pour le Xbee coordinateur.

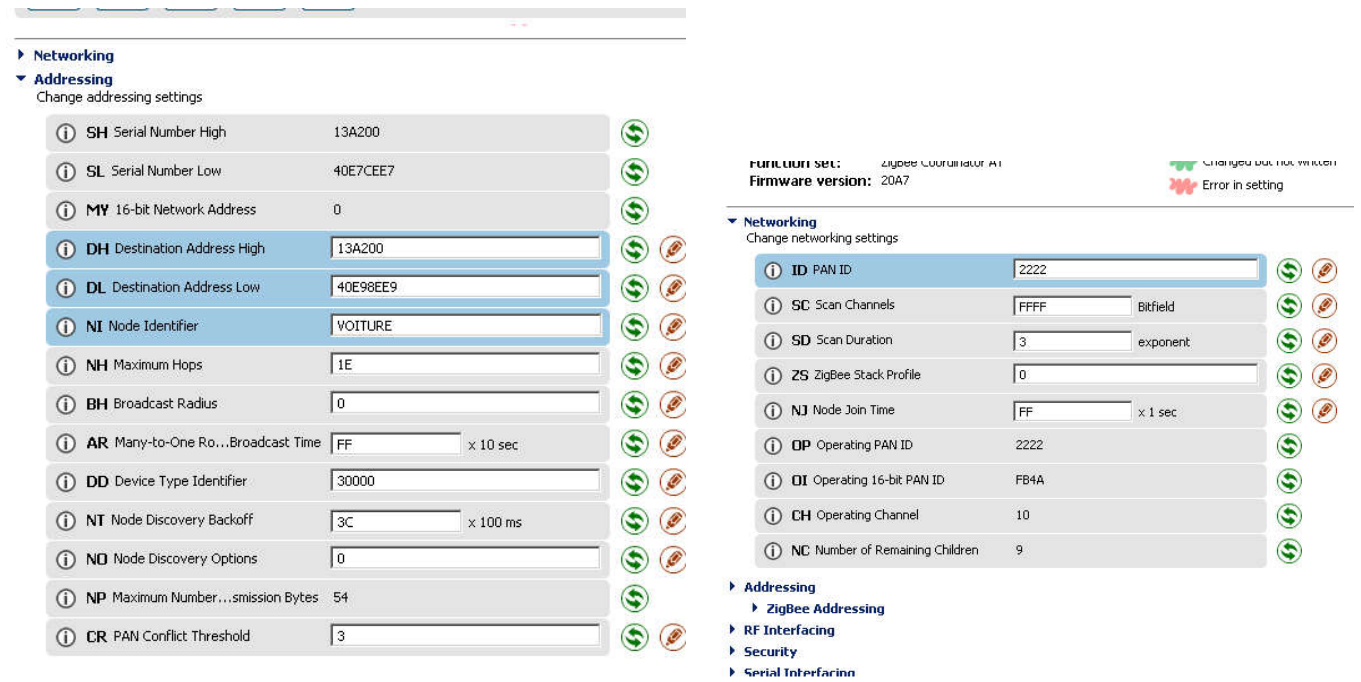
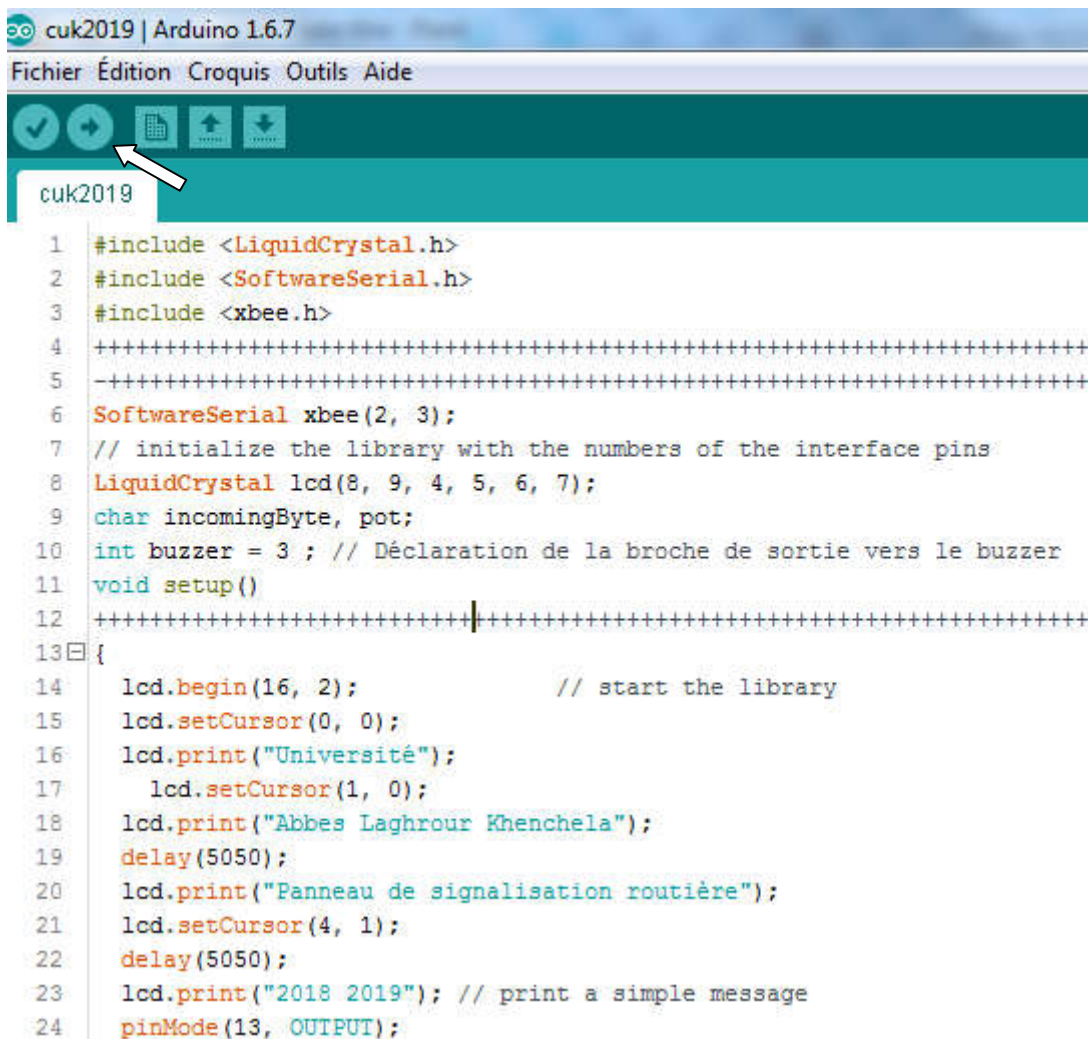


Figure IV. 16 : Fenêtres de configuration du coordinateur

## b. Chargement du programme

Dans phase il nous allons faire le transfert du programme écrit et compilé auparavant vers la carte Arduino. Cette étape s'appelle la procédure de téléchargement du programme. Le logiciel ARDUINO IDE va nous permettre sa. Il nous offre une multitude de fonctionnalités. La figure III.19 montre une capture d'écran de ce logiciel.



```

1  #include <LiquidCrystal.h>
2  #include <SoftwareSerial.h>
3  #include <xbee.h>
4  ++++++
5  -+++++
6  SoftwareSerial xbee(2, 3);
7  // initialize the library with the numbers of the interface pins
8  LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
9  char incomingByte, pot;
10 int buzzer = 3 ; // Déclaration de la broche de sortie vers le buzzer
11 void setup()
12 ++++++
13 {
14   lcd.begin(16, 2);           // start the library
15   lcd.setCursor(0, 0);
16   lcd.print("Université");
17   lcd.setCursor(1, 0);
18   lcd.print("Abbes Laghrour Khenchela");
19   delay(5050);
20   lcd.print("Panneau de signalisation routière");
21   lcd.setCursor(4, 1);
22   delay(5050);
23   lcd.print("2018 2019"); // print a simple message
24   pinMode(13, OUTPUT);

```

Une fois nous avons terminé le chargement du programme avec succès, on aura le rapport indiqué sur le tableau xx, d'après ce rapport on constate bien que ce type de carte est très suffisant pour notre application.

Tableau 3 Le rapport de la programmation de la carte

	Total	Utiliser
Mémoire de la carte	253 952 bytes	5204 bytes (2%)
Mémoire dynamique	7 604 bytes	588 bytes (7%)

```
5 SoftwareSerial sbee(2, 3);
6 // initialize the library with the numbers of the interface pins
7 LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
8 char incomingByte, pot;
9 int buzzer = 3 ; // Déclaration de la broche de sortie vers le buzzer
10 void setup()
11
12 {
13   lcd.begin(16, 2);           // start the library
14   lcd.setCursor(0, 0);
15   lcd.print("Université");
16   lcd.setCursor(1, 0);
17   lcd.print("Abbes Laghrour Khenchela");
18   delay(5050);
19   lcd.print("Panneau de signalisation routière");
20   lcd.setCursor(4, 1);
21   delay(5050);
22   lcd.print("2018 2019"); // print a simple message
23   pinMode(13, OUTPUT);
24   digitalWrite(13, LOW);
25   Serial.begin(9600);
26   digitalWrite(13, LOW);
27   pinMode (buzzer, OUTPUT) ;// Initialisation comme broche de sortie
28
29 }
30 void loop()
```

Compilation terminée

Le croquis utilise 5 204 octets (2%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 253 952 octets.  
Les variables globales utilisent 588 octets (7%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 7 604 octets pour les variables locales. Le maximum est de 8 192 octets.

Figure IV. 17 : Capture d'écran de la fenêtre du logiciel ARDUINO après le téléchargement

## IV.6.2 Tests et Résultats :

Dans cette phase, toutes les parties étaient assemblées, la figure IV.18 représente le système.

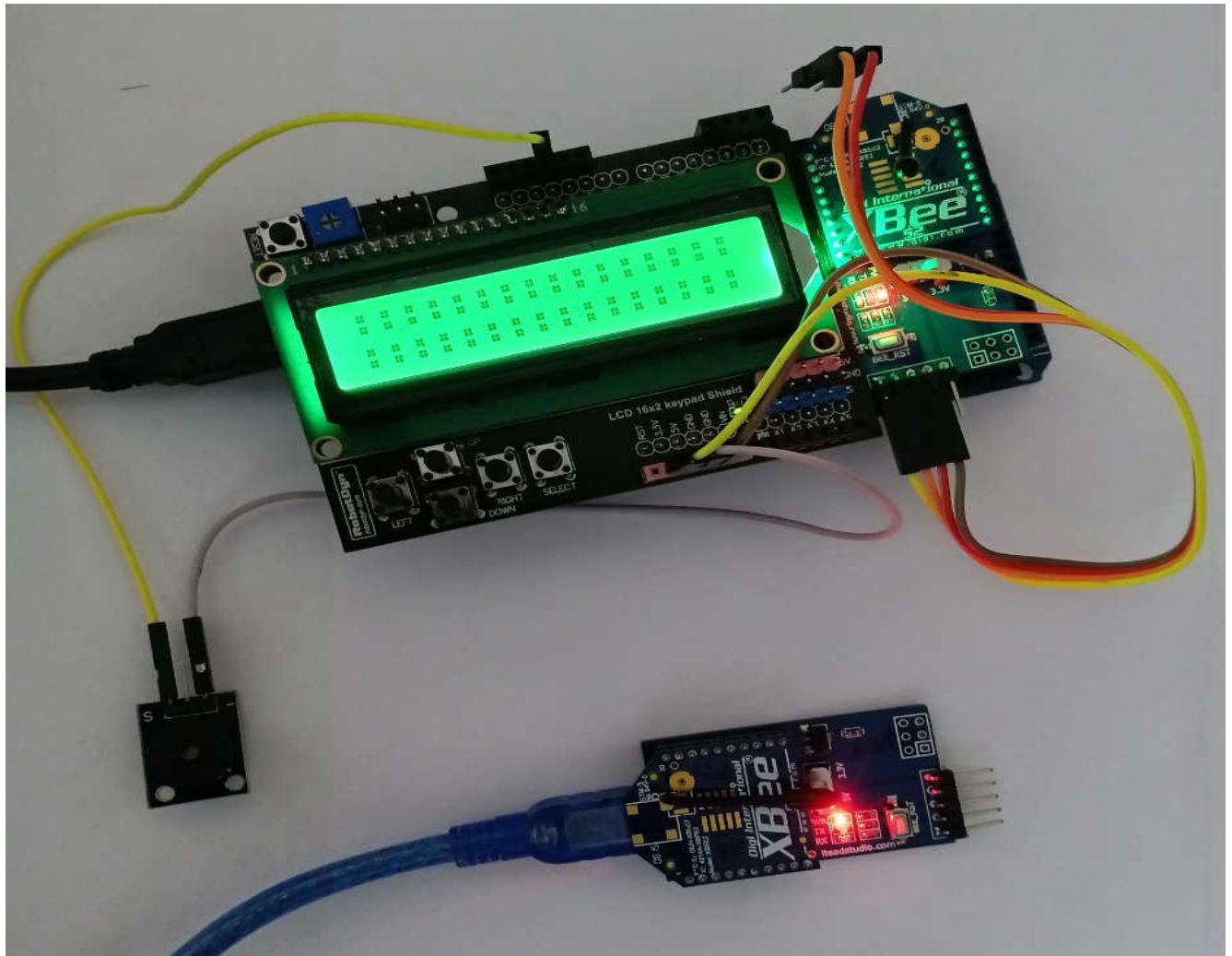


Figure IV.18 : Partie détection et de reconnaissance

Pour n'en citer que quelques-uns, Les figures ci-dessous montrent des exemples de teste du système réalisé.

Cette première figure montre l'affichage de « ..... » ce qui indique au conducteur qu'il n'est y a pas de panneau. Ce message est toujours affiché à l'absence des panneaux de signalisation

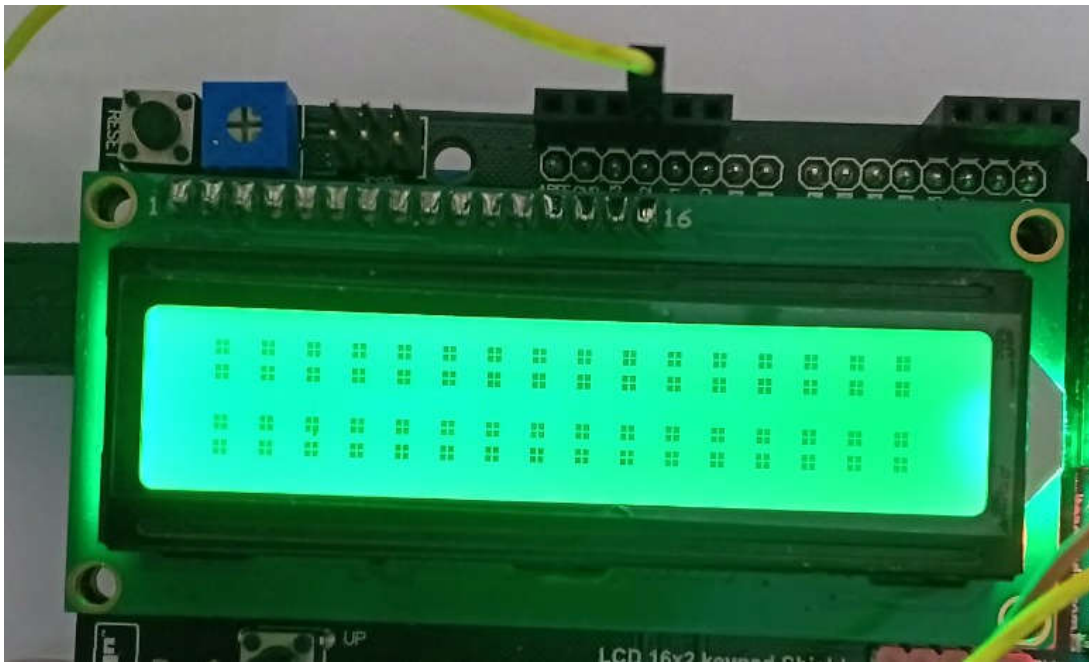


Figure IV .19 : il n'est y a pas de panneau

Une fois qu'il y a un signal émit par un panneau et reçu par le système, l'afficheur LCD affiche le type de ce panneau. La figure montre l'affichage de « STOP », ce qui montre que le système à bien reconnaît le panneau de signalisation « STOP ».



Figure IV.20. Stop

Cette figure IV.21 montre aussi le cas du panneau « cédez le passage » sa se traduit que le système a bien détecté le panneau de signalisation cédez le passage.



Figure IV.21. Cédez le passage

La figure IV.22 l'afficheur LCD affiche « sens interdit ».

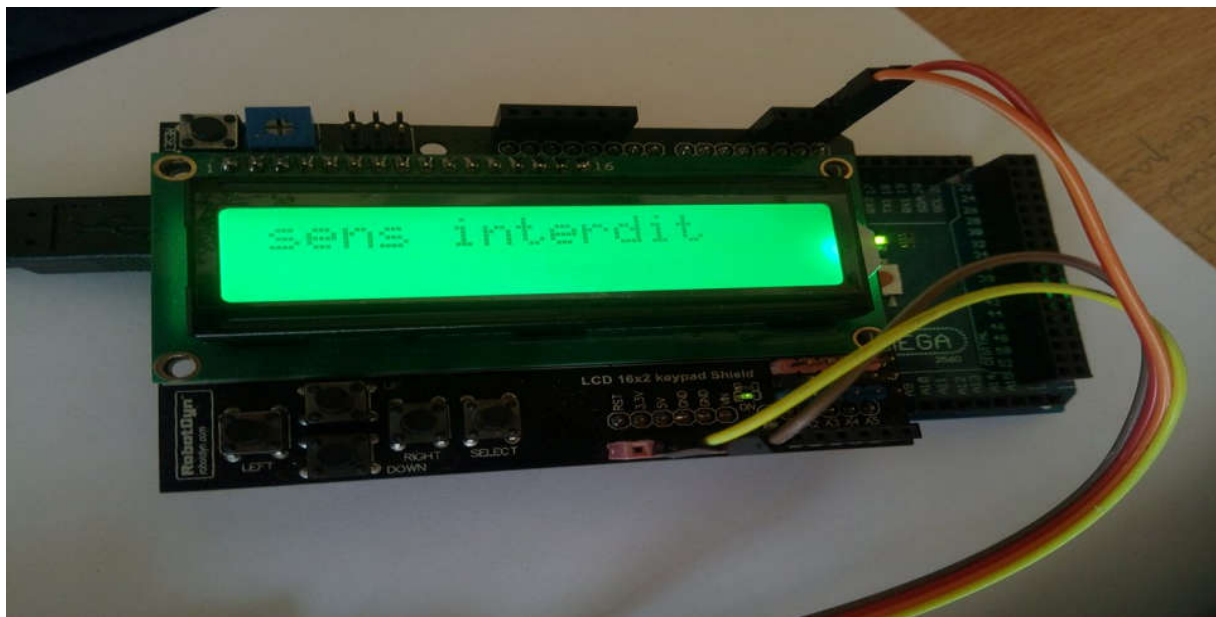


Figure IV.22 sens interdit

Cette dernière figure IV.23 l'afficher LCD affiche « 100 » ce qui correspond à la détection du panneau de limitation de la vitesse à 100 Km/h.

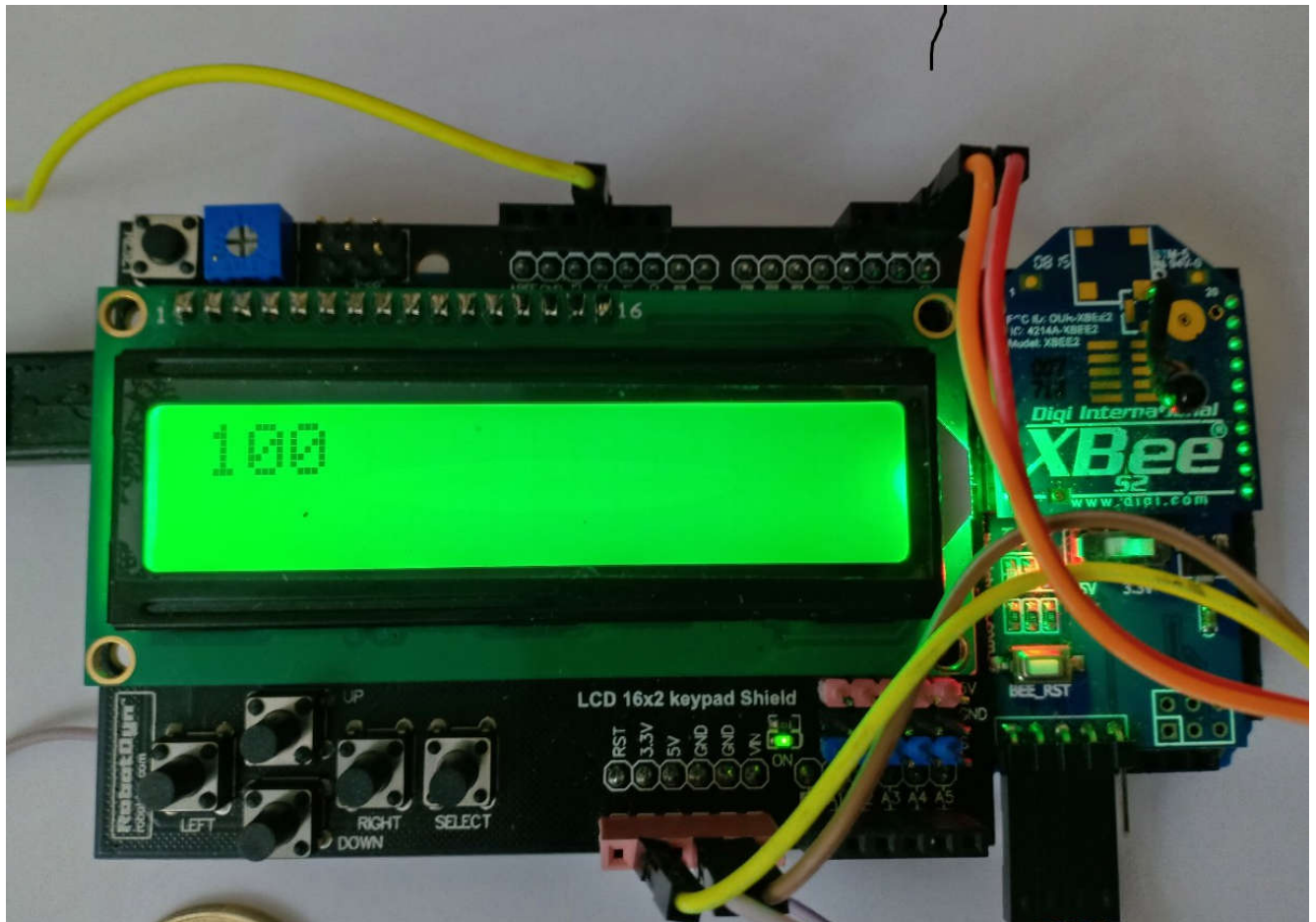


Figure IV.23 : limitation de la vitesse

## IV.7.Conclusion

Dans cette partie a pour vocation la réalisation et les tests du système d'aide à la conduite, la conception proposée est réaliser. Ensuite nous avons procédé à l'évaluation pratique du dispositif dans le but de confirmer la fonctionnalité de notre système. Notre réalisation est acceptable et tous les résultats obtenus révèlent l'efficacité de notre conception.

## **Conclusion générale :**

Nous avons remarqué une forte augmentation du secteur des transports routiers, en particulier les voitures, des routes ont été étendues et de l'émergence de ce que l'on appelle les routes, ce qui a entraîné une augmentation des accidents de la route.

Pour réduire ce taux qui a fait de nombreuses victimes, la mort et les blessés, l'idée de ce projet a émergé. Le système réalisé permet la détection des panneaux de signalisations.

La réalisation d'un système de communication à base d'une carte Arduino, nous a conduits à se familiariser de l'ensemble des étapes de conception pour concevoir un système électronique embarqué.

Le système réalisé entre dans le domaine de l'aide automatique à la conduite. Il permet la détection et la reconnaissance des panneaux de signalisations qui sont intelligentes.

L'un des principaux avantages de cette conception réside dans l'utilisation d'une nouvelle approche utilisant un système qui se base sur la création d'un réseau sans fil point à point à base des modules Xbee. Où l'un est configuré en coordinateur et le reste sont configurés en end device. Chaque module de ces derniers émet le code du panneau sur lequel il est installé. Le coordinateur connecté à une carte Arduino reçoit le code ce qui lui permet au calculateur de reconnaître le type du panneau. À l'aide d'un afficheur LCD permet l'affichage de la plaque.

Après l'ensemble des tests et des essais. Nous avons permis de connaître l'efficacité du système réalisé. Bien qu'une telle réalisation n'est pas dénuée de difficultés. Il est à noter que nous nous sommes confrontés à plusieurs problèmes surtout dans la phase de la réalisation.

Toutefois, bien que le système présente de nombreux atouts. Il faut aussi apparaître quelques problèmes :

Le coût total de l'application au niveau du nombre de panneaux de signalisations.

Parfois il y aura chevauchement des signaux émit par un nombre important de panneaux dans distance limité.

La Nécessité d'avoir un personnel spécialisé aux niveaux des chantiers de travaux publique pour la mise en place de ces équipement et pour la maintenance et l'entretien.

Ce pendant, comme perspective de ce travail, il serait intéressant que le système réaliser peut communiquer avec le véhicule. Notre perspective vise aussi à optimiser d'avantage ce système avec le développement des algorithmes.

Nous souhaitons vivement que ce projet puisse servir comme élément de base pour d'autres études plus approfondies pour le rend plus efficace à l'aide de la conduite, ce qui permet de réduire le taux d'accidents liée à la non observation des panneaux de signalisation.

## Références bibliographiques

- [1] COMMISSIONS RÉGIONALES DES NATIONS UNIS, « *Améliorer la sécurité routière mondiale : fixe des objectifs régionaux et nationaux de réduction du nombre de victimes des accidents* », Nations unies, New York et Genève, 2010.
- [2] [Møg et al, 2012] Andreas Møgelmoose, Mohan M Trivedi, and Thomas B Moeslund. Vision-based trafficsign détection and analysis for intelligent driver assistance Systems: Perspectives and survey. 2012
- [3] “Traffic Sign Détection in Static Images using Matlab”, Garcia, M.A.; Sotelo, M.A.; Gorostiza, E.M. Emerging Technologies, and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA apos;03. IEEE Conference Volume 2, Issue, 16-19 Sept. 2003.
- [4] Y. Y. Nguwi et A. Z. Kouzani. Detection and classification of road signs in natural Environments. Neural computing and applications, 17, 265–289, 2008.
- [5] C. Bahlmann, Y. Zhu, R. Visvanathan, M. Pellkofer, et T. Koehler. A system for traffic sign detection, tracking, recognition using color, shape, and motion information. Dans proceedings of IEEE intelligent vehicules symposium (IV’05), pages 255–260, las vegas, usa, juin 2005.
- [6] M. A. Garcia-garrido, M. A. Sotelo, et E. Martin-gorostiza. Fast traffic sign detection and recognition under changing lighting conditions. Dans proceedings of IEEE intelligent transportation systems conference (ITSC’06), pages 811–816, toronto, canada, 2006.
- [7] <http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino>. consulter le: mars 2015.
- [08] S.V.D.Reyvanth, G.Shirish, « PID controller using Arduino ».
- [09] C. Tavernier, « Arduino applications avancées ». Version Dunod.
- [10] X.HINAULT. [www.mon-club-elec.fr](http://www.mon-club-elec.fr).
- [11] <http://www.acm.uiuc.edu/sigbot/tutorials/> 2009-11-17-Arduino-basics. Consulter le: mars 2015.

[12] Jean- Noël, « livret Arduino en français » , centre de ressources art sensitif.

[13] Eskimon, Olyte « Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation ».

[14] A. Grimault, J. Querard « Artiel Procédé et dispositif de commutation d'un relais

[16] <http://www.mrabetghada.info/arduino/chapitre1.pdf>

[17]

[https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation\\_arduino.pdf](https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation_arduino.pdf)

[18]<https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec:arduino-pour-bien-commencer-enelectronique-et-en-programmation.pdf>

[19] <https://skyduino.wordpress.com/2012/04/03/comparatif-des-differentes-cartes-arduino-etdes-cartes-compatible-arduino/>