



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mohamed Khider – BISKRA  
Faculté des Sciences Exactes, des Sciences de la Nature et de la Vie  
**Département d'informatique**

N° d'ordre : ...../M2/2019

## Mémoire

présenté pour obtenir le diplôme de master académique en

# Informatique

Parcours : **Intelligence Artificielle**

---

# SIG intelligent pour le ramassage de déchets

---

Par :

**KHELIFA Hadia Zohra**

Soutenu le 07 juillet 2019, devant le jury composé de :

D <sup>r</sup> Slatnia Sihem	Grade	Président
D <sup>r</sup> Rezeg Khaled	Grade	Rapporteur
M <sup>r</sup> Guerrouf Fayçal	Grade	Examineur

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## *Dédicaces*

*C'est grâce à Allah seul que j'ai pu achever ce travail.*

*Je le dédie à :*

*Ma très chère mère, qui a toujours été présente pour moi,*

*dans les moments les plus difficiles et qui sans cesse veille*

*sur moi avec ses prières, pour ses grands sacrifices et tout*

*l'amour qu'elle me porte.*

*A mon mari et mes enfants*

*A la mémoire de mon très chère Père.*

## *Remerciements*

*Je remercie tout d'abord le bon Dieu, le tout puissant de m'avoir armé de force et de courage pour mener à terme ce projet.*

*Ma profonde gratitude s'adresse à M<sup>r</sup> REZEG Khaled, encadreur de ce mémoire pour ses conseils fructueux et pour son aide précieuse qui m'a conduit à concrétiser ce travail.*

*Mes respectueux remerciements sont dédiés aux membres de jury.*

*Mes remerciements vont à tous ceux qu'ont contribué de près où de loin à la réalisation de ce travail en particulier :*

*M<sup>r</sup> BAAISSI Abdelkrim secrétaire général de faculté de la technologie.*

*M<sup>r</sup> MEGUEDDEM Abdelhakim enseignant en électronique*

*M<sup>me</sup> ChALWAI ingénieure en informatique.*

*M<sup>elle</sup> HAMEL Fairouz technicien supérieur en informatique*

*Enfin, je ne pouvais pas m'empêcher de remercier tout le corps enseignant de département d'informatique de notre université.*

# Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## Chapitre I Etat de l'art

I.1 Introduction aux systèmes d'information géographique.....	3
I.2.1 Définition d'un SIG.....	3
I.2.2 Quelques exemples de questions auxquelles un SIG peut répondre.....	3
I.2.3 Les composants d'un SIG.....	3
I.2.2.1 Les logiciels.....	4
I.2.2.2 Les matériels.....	4
I.2.2.3 Les méthodes.....	5
I.2.2.4 Les utilisateurs.....	5
I.2.2.5 Les données.....	5
I.2.4 Structure de l'information géographique.....	5
I.2.5 Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG.....	6
I.2.5.1 Le mode raster.....	6
I.2.5.2 Le mode vecteur.....	7
I.2.6 Les fonctionnalités d'un SIG.....	8
I.2.6.1 L'Abstraction.....	8
I.2.6.2 L'acquisition des données.....	8
I.2.6.3 L'Archivage.....	9
I.2.6.4 l'Analyse.....	9
I.2.6.5 L'Affichage.....	9
I.2 Introduction aux réseaux sans fil.....	9
I.2.1 Les catégories des réseaux sans fil.....	10
I.2.1.1 Selon la zone de couverture (la portée):.....	10
I.2.1.2 Selon l'infrastructure.....	13
I.2.2 Avantages des réseaux sans fil.....	14
I.2.3 Inconvénients du réseau sans fil.....	15
I.2.4 Les réseaux de capteurs.....	15
I.2.4.1 Définition d'un capteur.....	15
I.2.4.2 Architecture d'un capteur.....	16
I.2.5 La contrainte d'énergie dans les capteur.....	17

I.2.5.1	Énergie de capteur.....	17
I.2.5.2	Energie de capture.....	18
I.2.5.3	Energie de traitement .....	18
I.2.5.4	Energie de communication .....	18
I.2.4.3	Types des capteurs .....	18
I.2.4.4	Le capteur ultrasonique.....	20
I.2.4.5	La carte GSM (Global System for Mobile Communication).....	20
I.3	Système de ramassage de déchets classique .....	21
I.3.1	Les déchets .....	22
1.3.2	Les types des déchets .....	22
I.3.3	Méthode classique de ramassage de déchets .....	23
I.3.4	Le ramassage de déchets intelligent .....	24
I.3.4.1	Exemple des systèmes intelligents de ramassage de déchets.....	25
I.3.4.2	Fonctionnement du système Enevo ONE :.....	25
I.3.4.4	Fonctionnement du système Ecube Labs .....	26
I.3.4.5	Etude comparative .....	27
I.4	Conclusion.....	27
 <b>Chapitre II Conception d'un SIG intelligent pour le ramassage de déchets</b>		
II.1	Introduction.....	28
II.2	Organisation générale .....	29
II.2.1.1	Fonctionnement de l'approche proposée .....	29
II.2.1.2	Le modèle conceptuel de la solution proposée .....	33
II.2.2	Coté Hardware .....	35
II.2.2.1	Schéma électronique de l'organisation .....	35
II.2.2.3	Les inconvénients du capteur ultrasonique.....	36
II.3	Conclusion .....	36
 <b>Chapitre III Implémentation d'un SIG intelligent pour le ramassage de déchets</b>		
III.1	Objectif de notre travail.....	37
III.2	Implémentation de l'application.....	37
III.2.1	Plate-forme logicielle et matérielle.....	38
III.2.1.1	Le langage de programmation C# .....	38
III.2.1.2	ArcGIS Desktop .....	38

III.2.1.3 Le simulateur des composants électronique Proteus.....	40
III.2.1.4 Le langage de programmation des composants électroniques Arduino.....	41
III.2.2 Les différentes fonctions de notre application.....	44
III.2.2.1 Détection de remplissage des conteneurs:.....	44
III.2.2.2 Les statistiques .....	46
III.2.2.3 Construction de parcours intelligent .....	47
III.2.3 Les algorithmes utilisés.....	47
III.2.4 L'intelligence dans notre projet.....	49
III.3 Partie matériels .....	49
III.3.1. La carte Arduino .....	49
III.3.2. Le capteur Ultrason.....	50
III.3.2.1 Fonctionnement.....	50
III.3.2.2 Mesure de la distance d'un objet(déchet) .....	51
III.3.2.3 Résultats de mesure du distance de déchets par le capteur Ultrason .....	51
III.3.3 La carte GSM sim900 .....	52
III.3.3.1 Caractéristiques de la carte GSM.....	52
III.3.3.2 Résultats d'envoi des messages par la carte GSM.....	53
III.3.4 Câblage des composants électroniques.....	53
III.3.4.1 Programme qui gère les composants électroniques de notre système.....	54
III.4 Conclusion.....	56
CONCLUSION GENERALE .....	57
Bibliographie .....	58
Webographie.....	59
Annexe.....	61

## Liste des figures

Figure 1 Les Composants d'un SIG .....	4
Figure 2 Structure de l'information géographique .....	6
Figure 3 Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG.....	6
Figure 4 Exemples des images en mode raster.....	7
Figure 5 Représentation de mode vecteur .....	8
Figure 6 Espace des réseaux sans fil .....	9
Figure 7 Les portées des réseaux sans fil .....	10

Figure 8 Utilisation des capteurs dans la Médecine .....	11
Figure 9 Utilisation des capteurs dans la Médecine .....	13
Figure 10 Les réseaux avec infrastructure et Ad-Hoc .....	14
Figure 11 Types des capteurs .....	16
Figure 12 Architecture d'un capteur .....	16
Figure 13 Quelques types de capteurs .....	19
Figure 14 capteur ultrasonique .....	20
Figure 15 Le ramassage classique des déchets .....	23
Figure 16 Emissions de CO2 par le camion de ramassage de déchets .....	24
Figure 17 Débordements des poubelles.....	24
Figure 18 Schéma de l'organisation générale .....	29
Figure 19 Processus d'envoi de message par le capteur et la carte GSM.....	30
Figure 20 Géoréférencement d'une carte géographique .....	31
Figure 21 Fonctionnement de capteur Ultrason .....	32
Figure 22 Représentation du graphe.....	33
Figure 23 Exemple d'un graphe de voyageur de commerce.....	33
Figure 24 Le modèle conceptuel de données.....	34
Figure 25 Schéma électronique de l'organisation.....	35
Figure 26 Logo du langage Visual Studio C# .....	38
Figure 27 Logo du système SIG ArcGis .....	38
Figure 28 Géoréférencement du carte géographique de Biskra dans ArcMap.....	39
Figure 29 Les différentes couches de notre application .....	40
Figure 30 Logo de langage de programmation Proteus.....	41
Figure 31 Résultat de fonctionnement du capteur Ultrason par Proteus .....	41
Figure 32 Logo de langage Arduino.....	41
Figure 33 Interface de logiciel Arduino avec ses des différentes parties .....	43
Figure 34 Processus de la reconnaissance de l'état d'un conteneur .....	45
Figure 35 Les informations reçu par le capteur .....	46
Figure 36 Statistiques des charges pour les camions et les points dépôts .....	46
Figure 37 Parcours optimal des camions pour la collecte de déchets .....	47
Figure 38 La carte Arduino .....	50
Figure 39 Mesure de distance des déchets dans un conteneur .....	51
Figure 40 La carte GSM sim900 .....	52
Figure 41 Message obtenu par le capteur n°3 .....	53



Figure 42 Câblage des composants électroniques .....	53
Figure 43 Connexion des composants électroniques.....	54

## Liste des tableaux

Tableau 1: Les zones de couverture des réseaux sans fil .....	10
Tableau 2 Types des capteurs .....	19
Tableau 3 Caractéristiques du capteur Ultrasons .....	20
Tableau 4 Caractéristiques techniques de GSM.....	21
Tableau 5 Comparaison entre Enevo One et Ecube Labs .....	27
Tableau 6 Fonctionnement de Schéma électronique .....	35

## Introduction générale

La santé de l'homme et la qualité de l'environnement sont continuellement dégradées par la quantité croissante de déchets produits et entre autre par la mauvaise gestion de ramassage de déchets, la question qu'on peut se posé est: Quels sont les outils et les méthodes pour optimiser la collecte des déchets ? nous allons proposer une solution intelligente qui utilise les sensors (capteurs) pour détecter le remplissage de conteneur et pour mieux visualiser, localiser et identifier les problèmes liés à la gestion des déchets ménagers au niveau de la ville Biskra on a eu recours aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG). Ces derniers constituent des outils d'aide à la décision aux mains des gestionnaires locaux. Ils permettent d'élaborer des stratégies intelligent de collecte, d'évacuation des déchets.

Ce mémoire propose une mise en œuvre d'un ensemble des senseurs sans fil, capable de mesurer et de traiter des informations provenant de l'environnement (la reconnaissance d'existence des déchets), et la détection de niveaux de remplissage d'un conteneur de déchets d'un part et d'autre part localiser l'emplacement géographique de ces conteneurs dans une carte géographique, nous allons utiliser le système d'information géographique (SIG) afin de surveiller en temps réel le fonctionnement du système de ramassage intelligent des déchets.

Ce manuscrit est organisé en trois chapitres suivis d'une conclusion générale.

- Le premier chapitre est un état de l'art sur les système d'information géographique et les réseaux sans fil et en fin la gestion de ramassage classique des déchets. Dans la partie réseaux sans fil nous abordons les concepts de base pour plusieurs types de ces réseaux et les réseaux capteurs. Dans la partie SIG nous allons définir leur concepts généraux , les différents domaines d'applications et les différentes composants.
- Dans le deuxième chapitre, nous allons présenter le schémas général de l'organisation et le schéma détaillé du matériel a utiliser, le schéma du modèle conceptuel de la solution proposée et le câblage des pièces électronique utilisés.
- Le dernier chapitre est consacré à la conception et la mise en œuvre de notre projet qui consiste à réaliser une application capable de connaitre si les conteneurs des déchets sont plient ou non, et si le cas de remplissage de conteneurs elle envoi un

message au station d'analyse on utilise les réseaux GSM, cette application permet aussi la construction des parcours pour localiser ces conteneurs géographiquement par l'utilisation de SIG (Système d'Information Géographique).

- Le manuscrit est conclu par une conclusion générale, a travers laquelle on présente le bilan du travail réalisé ainsi que quelques perspectives.

# Chapitre I

## Etat de l'art

*Ce chapitre présente les généralités sur: les systèmes d'informations géographiques, les réseaux sans fil (Les catégories des réseaux sans fil, les réseaux de capteurs, et les différentes types de capteurs ) et le Système de ramassage de déchets classique*

### I.1 Introduction aux systèmes d'information géographique

Le terme de SIG décrit un système d'information qui intègre, stocke, analyse et affiche l'**information géographique**. Les applications liées aux SIG sont des outils qui permettent aux utilisateurs d'analyser l'information spatiale, de modifier et d'éditer des données par l'utilisation de cartes et d'y répondre cartographiquement.

#### I.2.1 Définition d'un SIG

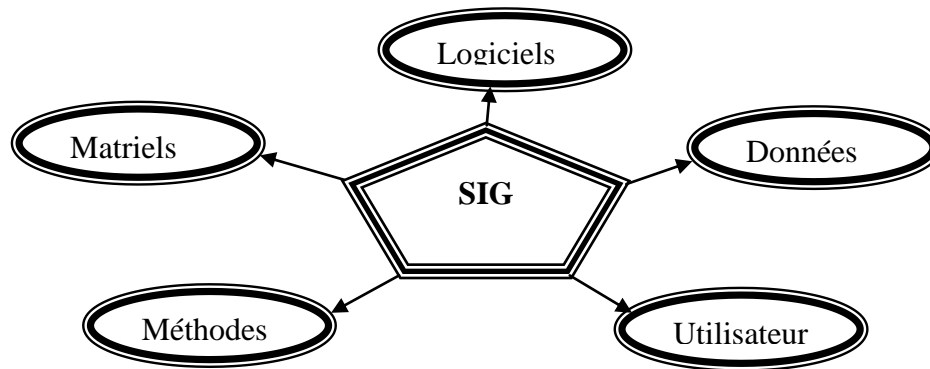
Un système d'information géographique (SIG) est un logiciel informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. [Net 6]

#### I.2.2 Quelques exemples de questions auxquelles un SIG peut répondre :

- Quel est l'état des routes sur une commune ?
- Qu'est-ce qui a changé depuis 1962 ?
- Quelles sont les parcelles concernées par une inondation éventuelle ?
- Quelles sont les zones sensibles en cas de glissement de terrain ?
- Quel est le chemin le plus rapide pour aller de la caserne des pompiers à l'incendie ?
- Que se passe-t-il si une substance toxique se déverse à tel endroit ?
- Où implanter des postes de surveillance d'incendie de forêt ?
- Trouver les zones favorables à la culture du riz ?
- Comment évolue la déforestation en Amazonie ?

#### I.2.3 Les composants d'un SIG

Un système SIG se compose de cinq (05) éléments [HAB 2000]:



**Figure 1** Les Composants d'un SIG

### I.2.2.1 Les logiciels

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations, parmi ces outils nous citons entre autres:

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques;
- Système de gestion de base de données;
- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation;
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

Dans notre projet on a utilisé le système géographique ArcGis et ses outils qui sont: ArcMap, ArcCatalogue.

### I.2.2.2 Les matériels

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

le matériel utilisé est aussi très variable. Un utilisateur souhaitera relevés ses données sur des cartes papier et introduire les données saisies au bureau, un autre souhaitera avoir un ordinateur de poche et tout faire directement sur le terrain. De même que certains logiciels nécessite des ordinateurs récents de grande capacité alors que d'autres se contentent de système plus anciens [Net 22].

### I.2.2.3 Les méthodes

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation. Un SIG fait appel à une **connaissance technique** et à divers savoir-faire et donc divers métiers qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes. Le spécialiste doit mobiliser des compétences en **géodésie** (connaissance des concepts de système de référence et de système de projection), en analyse des **données**, des processus et de modélisation (analyse **Merise**, langage **UML** par exemple), en traitement statistique, en cartographique, en traitement graphique [Net 7] .

### I.2.2.4 Les utilisateurs

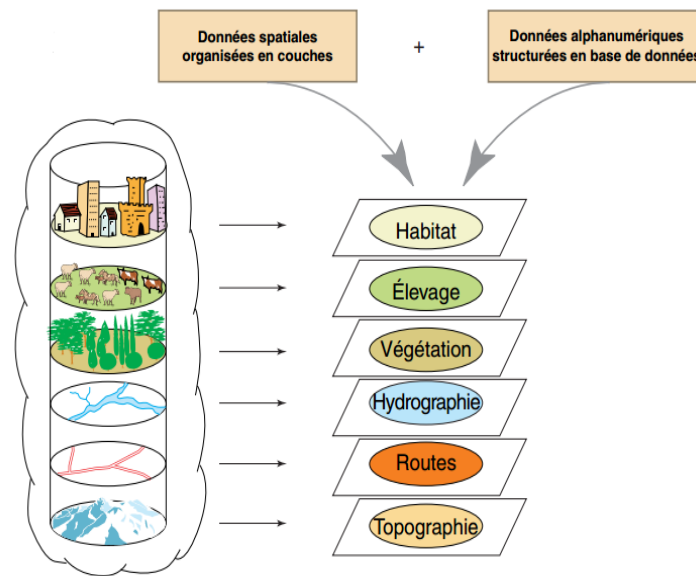
Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

### I.2.2.5 Les données

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite **géographique** lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objets localisés à la surface de la terre [Net 6] .

## I.2.4 Structure de l'information géographique

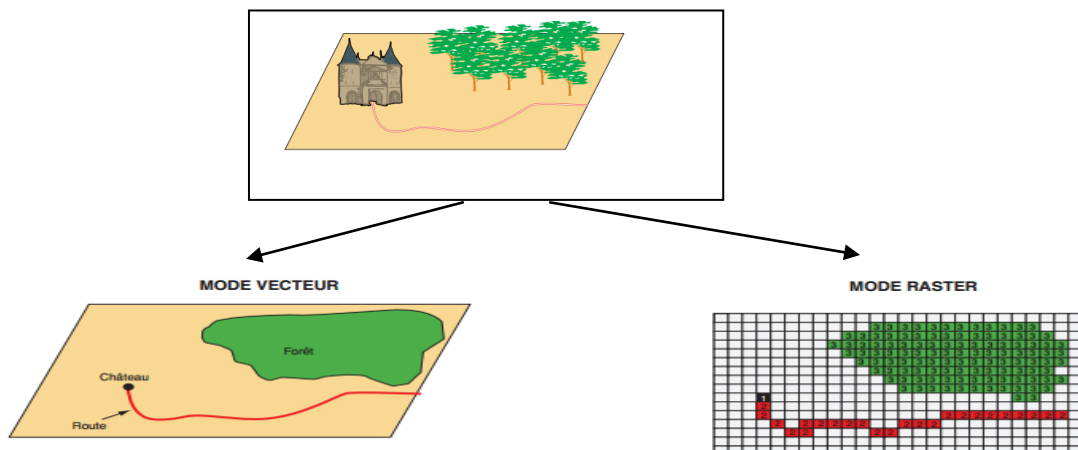
Les couches sont le mécanisme utilisé pour afficher des jeux de données géographiques, Chaque couche spécifie comment il est représenté à l'aide de symboles et d'étiquettes textuelles, Chaque carte, globe ou scène est assemblé en ajoutant une série de couches. Les couches s'affichent dans un ordre spécifique conformément à la table des matières de la carte [HAB 2000].



**Figure 2** Structure de l'information géographique [HAB 2000]

## I.2.5 Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG

Il existe deux modes de représentation des données géographiques.



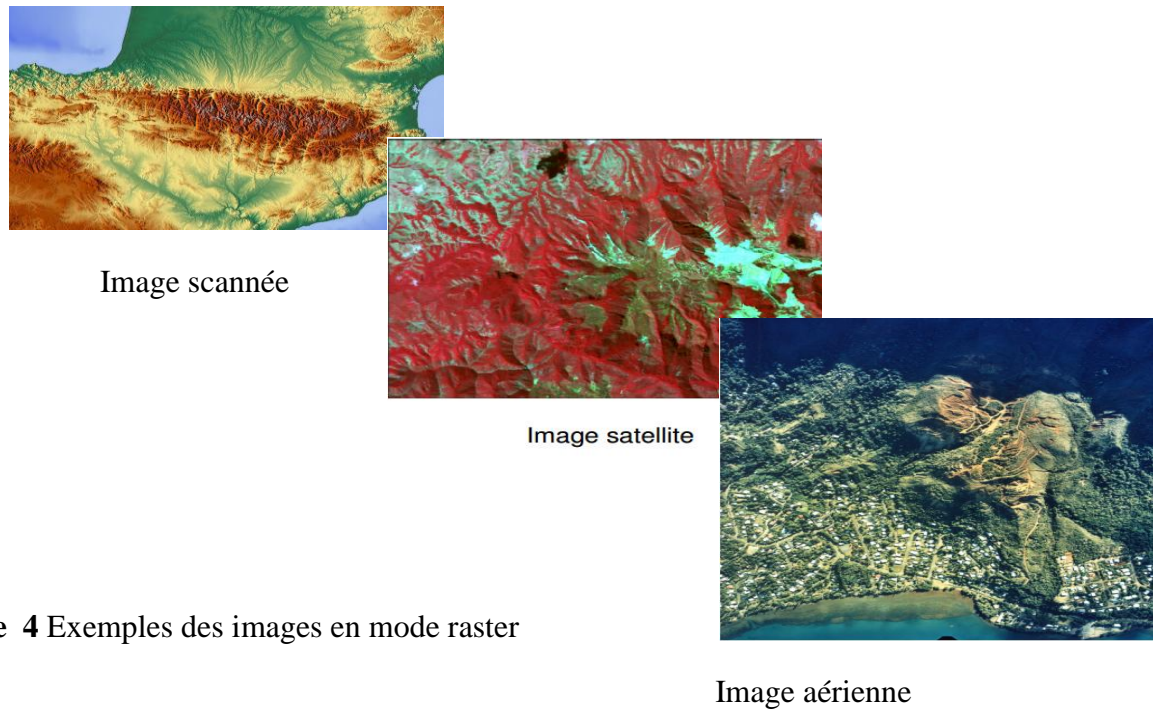
**Figure 3** Modes de représentation de l'information géographique dans un SIG

### I.2.5.1 Le mode raster

Ce mode correspond à une division régulière de l'espace sous forme de cellules ou mailles généralement carrées appelées pixels, qui définissent la précision minimale de la structure. Les pixels sont par exemple, les centaines de milliers de points lumineux et

colorés qui composent l'écran d'ordinateur. Le mode raster s'applique aux traitements d'images (satellites, photos aériennes). [HAB 2000]

Exemples des images en mode raster



### I.2.5.2 Le mode vecteur

Ce mode est une représentation géométrique sous forme :

- De points ("ponctuels") : forage, points géodésiques...
- De lignes ("linéaires") : routes, rivières...
- Des surfaces ("polygones") : parcelles, communes...

Selon l'échelle d'analyse, un fleuve pourra être une ligne ou bien un polygone comme une ville pourrait être un point ou un polygone... Afin de reproduire sous forme vectorielle des données sur support imprimé, il est nécessaire de les numériser : les points, lignes et polygones seront convertis en coordonnées (x, y) à l'écran de l'ordinateur, donc le mode vecteur est représenté par:

#### a. Les points

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

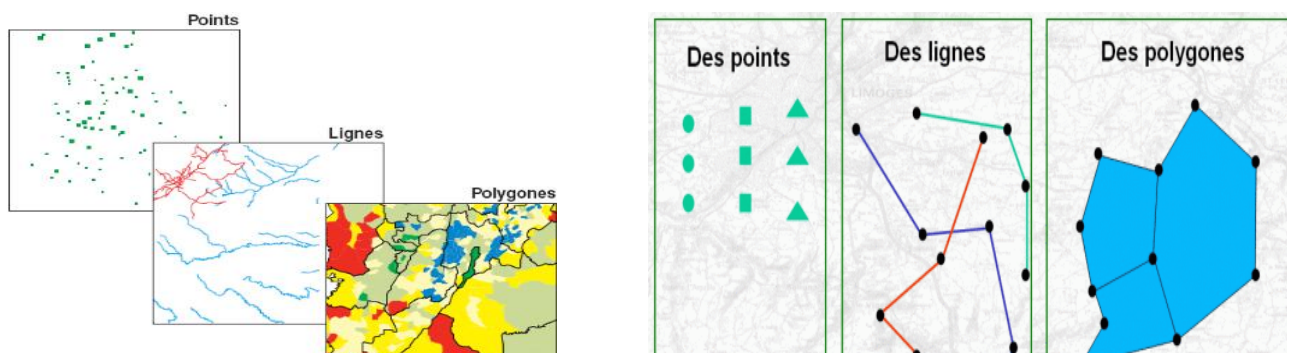


**b. Les lignes :**

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

**c. Les polygones :**

Ils représentent la forme et la localisation d' objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols..... [Net 7].



**Figure 5** Représentation de mode vecteur

## I.2.6 Les fonctionnalités d'un SIG

La mission d'un système SIG, quelque soit son domaine d'application, n'est accomplie qu'après l'exercice de ses cinq(05) fonctionnalités suivantes :

### I.2.6.1 L'Abstraction

C'est la modélisation des données géographiques et de leurs spécifications dans le but de représenter le monde réel afin d'atteindre des objectifs visés.

### I.2.6.2 L'acquisition des données

Il s'agit de récupérer les informations existantes qui peuvent être des données provenant de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou des traitements particuliers comme les images satellitaires[Net 22].

### I.2.6.3 L'Archivage

Consiste a la gestion des bases de données stockant les données de façon a les retrouver et utiliser facilement par des applications variées.

### I.2.6.4 l'Analyse

C'est la manipulation et l'interrogation des données géographiques, permettant de rechercher les objets possédant certaines propriétés situés dans une zone donnée ou encore a une distance d'un lieu fixe.[Net 7]

### I.2.6.5 L'Affichage

Consiste à la visualisation et de mise en forme des données, en assurant la convivialité et l'ergonomie des applications. Actuellement, il est possible de présenter les données suivant un ou plusieurs thèmes, et les faire apparaître selon l'échelle de visualisation désire. Il est aussi possible de prendre en compte l'accessibilité et la précision de ces données afin de limiter leur usage. [HAB 2000]

## I.2 Introduction aux réseaux sans fil

Un réseau sans fil (Wireless network) est un ensemble d'appareils connectés entre eux et qui peuvent s'envoyer et recevoir des données sans qu'aucune connexion «filaire» physique reliant ces différents composants entre eux ne soit nécessaire. Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu [HAD 2011].

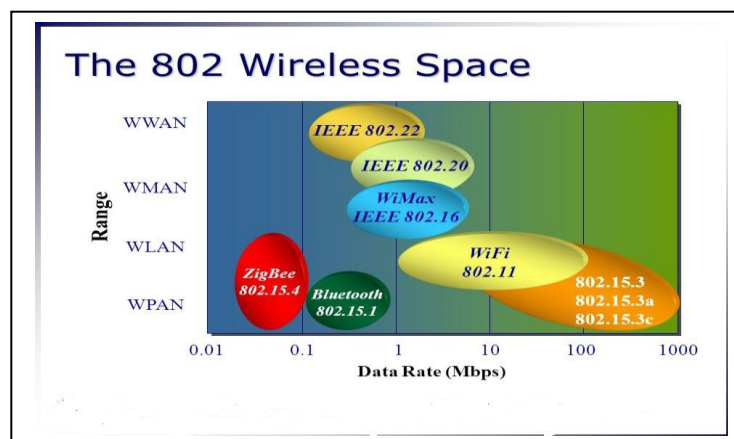


Figure 6 Espace des réseaux sans fil

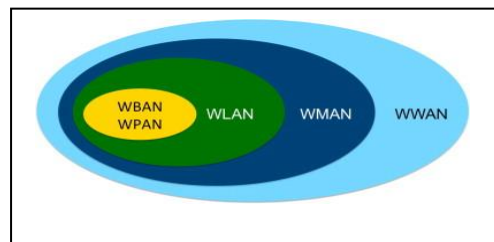
## I.2.1 Les catégories des réseaux sans fil

Il existe deux catégories selon la portée et selon l'infrastructure [AKY 2002]

### I.2.1.1 Selon la zone de couverture (la portée):

Types de réseaux sans fil	Portée
<b>WBAN</b> (Wireless Body Area Networks)	réseaux corporels composés généralement de capteurs incorporés ou collés sur le corps humain (Applications E-healthcare)
<b>WPAN</b> (Wireless Personal Area Networks)	portée de quelques dizaines de mètres (ex: Bluetooth IEEE 802.15.1, ZigBee IEEE 2.15.4).
<b>WLAN</b> (Wireless Local Area Networks)	portée de quelques centaines de mètres (ex: WiFi IEEE 802.11)
<b>WMAN</b> (Wireless Metropolitan Area Networks)	couverture réduite à l'échelle d'une ville (ex: WiMax IEEE 802.16)
<b>WWAN</b> (Wireless Wide Area Networks)	portée de quelques dizaines de kilomètres (< 15Km). Ex: Réseaux de téléphonie mobile: 2G (GSM), 2.5G (GPRS), 3G (UMTS), 4G (LTE)
<b>LPWAN</b> (Low Power Wide Area Networks) de <b>SIGFOX</b> et <b>LoRA</b> ou La variante <b>IEEE 802.11ah</b> du WiFi	

**Tableau 1:** Les zones de couverture des réseaux sans fil



**Figure 7** Les portées des réseaux sans fil

### I.2.1 .1.1 WBAN (Wireless Body Area Networks)

Le Body Area Network (BAN) est une technologie de réseau sans fil basée sur les radiofréquences qui consiste à interconnecter sur, autour ou dans le corps humain de minuscules dispositifs pouvant effectuer des mesures (capteurs) ou agir de façon active (actionneurs). Ces capteurs très miniaturisés, disposant d'une grande autonomie et utilisant des courants de très faible puissance, peuvent être capables de dialoguer avec un centre de service distant, pour alerter un service d'urgences hospitalières par exemple. Les principales applications se trouvent dans les domaines de la santé, des premiers secours, du militaire, du divertissement, du sport, de l'Intelligence ambiante ou des Interactions homme-machine [Net 2]



**Figure 8** Utilisation des capteurs dans la Médecine

Il est important également dans un WBAN de prendre en compte les effets de réflexion, d'interférence et d'absorption du corps ce qui rend difficile la maintenance d'un lien direct entre le nœud sink, responsable de collecter les données, et tous les autres nœuds du réseau.

### I.2.1.1.2 WPAN (Wireless Personal Area Networks)

Le réseau personnel sans fil (appelé également réseau individuel sans fil ou réseau domestique sans fil et noté WPAN pour Wireless Personal Area Network) concerne les réseaux sans fil d'une faible portée : de l'ordre de quelques dizaines mètres. Ce type de

réseau sert généralement à relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques, ...) ou un assistant personnel (PDA) à un ordinateur sans liaison filaire ou bien à permettre la liaison sans fil entre deux machines très peu distantes. Exemple le Bluetooth, ZigBee [AGH 2001]

#### 1.2.1.1.3 WLAN (Wireless Local Area Networks)

Le *réseau local sans fil* (noté **WLAN** pour *Wireless Local Area Network*) est un réseau permettant de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres. Il existe plusieurs technologies concurrentes :

- **Le Wi-Fi** est en fait un label d'interopérabilité et de conformité, attribué aux équipements conformes à un ensemble de normes 802.11 de l'IEEE. Il y a toute une famille de normes 802.11 désignant soit des évolutions majeures du standard, soit des extensions [LVB 2004]
- **HiperLAN2** (*High Performance Radio LAN 2.0*), norme européenne élaborée par l'**ETSI** (*European Telecommunications Standards Institute*). HiperLAN 2 permet d'obtenir un débit théorique de 54 Mbps sur une zone d'une centaine de mètres dans la gamme de fréquence comprise entre 5 150 et 5 300 MHz.

#### 1.2.1.1.4 WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks)

Le réseau métropolitain sans fil (WMAN pour *Wireless Metropolitan Area Network*), aussi connu sous le nom de Boucle Locale Radio (BLR), est une technologie informatique pour le **réseau**.

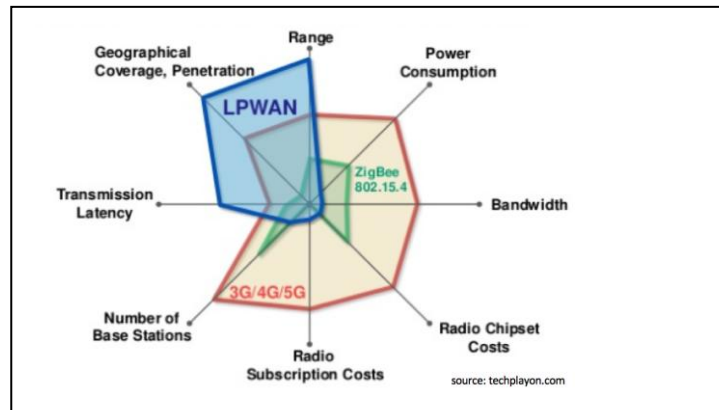
Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16, et offrent un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres. Ce type de connexion est donc principalement destiné aux opérateurs de télécommunication[DUC 2013].

#### 1.2.1.1.5 WWAN (Wireless Wide Area Networks)

Les **WWAN** appelés aussi réseaux longue distance se situent à l'échelle nationale et internationale. Ce sont généralement des réseaux de télécommunications gérés par des opérateurs, qui assurent la transmission des données entre les villes et les pays à l'échelle de la planète. Leurs supports de transmission sont variés (ligne téléphonique, ondes hertziennes, fibre optique, satellite, etc.). La plupart de ces types de réseaux sont publics[DUC 2013].

### I.2.3.1.1.6 LPWAN (Low Power Wide Area Networks) de SIGFOX ET LoRA

Est un type de réseau étendu de télécommunication sans fil conçu pour permettre la communications à longue portée à un faible débit binaire parmi des objets (objets connectés), tels que des capteurs fonctionnant sur batterie



**Figure 9** Utilisation des capteurs dans la Médecine

La faible consommation d'énergie, le faible débit binaire et l'utilisation prévue distinguent ce type de réseau d'un réseau WAN sans fil conçu pour connecter les utilisateurs ou les entreprises et transporter davantage de données, en utilisant davantage de puissance. Le débit de données LPWAN varie de 0,3 kbit / s à 50 kbit / s par canal.

Un réseau LPWAN peut être utilisé pour créer un réseau de capteurs sans fil privé, mais peut également être un service ou une infrastructure, permettant aux propriétaires de capteurs de les déployer sur le terrain sans avoir à investir dans la technologie de passerelle [AKY 2002]

De point de vue infrastructurel : On a deux grandes familles de réseaux sans fils

#### I.2.1.2 Selon l'infrastructure

On a les réseaux cellulaires

##### I.2.1.2.1 Les réseaux cellulaires : (avec infrastructure)

- ❑ Réseaux organisés en cellules, chaque cellule comprend un point d'accès et un ensemble de nœuds communicants.
- ❑ Les communications doivent passer obligatoirement par le point d'accès.
- ❑ Exemples: réseaux téléphoniques (GSM, UMTS, LTE), WiFi [LVB 2004]

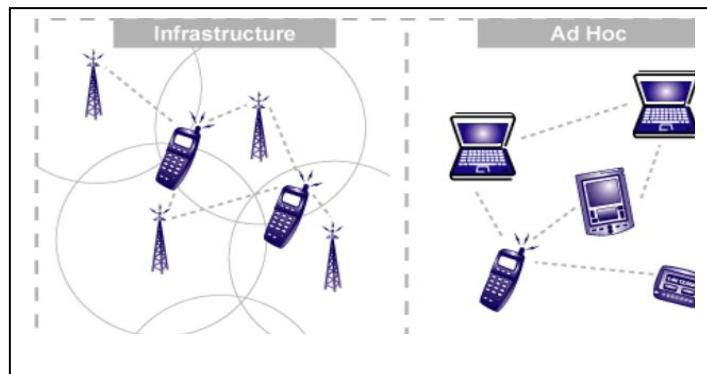
### a. Les 4 générations des réseaux de mobiles

- ✓ G1 : téléphones mobiles analogiques
- ✓ G2 : réseaux GSM (Global System for Mobile Comm.)
- ✓ G3 : réseaux UMTS (Universal Mobile Télécommunications System)
- ✓ G4 : réseau LTE (Long Term Evolution)
- ✓ G5 : en cours de développement ...[WLY 1995]

Notre organisation utilise les réseaux cellulaires puisque elle utilise les réseaux GSM

#### I.2.1.2.2 Les réseaux Ad hoc : (sans infrastructure)

- ❑ Réseaux créés rapidement et à faible coût
- ❑ Communications permises directement entre les nœuds voisins qui se recouvrent (qui existent dans la même portée radio).
- ❑ Chaque nœud est à la fois routeur et nœud terminal.
- ❑ Exemples : réseaux Bluetooth, MANETs (Mobile AdHoc Networks), WSNs (Wireless Sensor Networks)...[DUC 2013]



**Figure 10** Les réseaux avec infrastructure et Ad-Hoc

### I.2.2 Avantages des réseaux sans fil

**Mobilité :** La connexion au réseau sans fil permet de se déplacer librement dans le rayon disponible sans avoir à brancher/débrancher quoi que ce soit.

**Facilité:** Un réseau sans fil bien configuré permet de se connecter très facilement, à condition de posséder une autorisation. Il suffit généralement de se trouver dans la zone de couverture pour être connecté.

**Souplesse:** La souplesse d'installation des réseaux sans fils permet d'adapter facilement la zone d'action en fonction des besoins. Si le point d'accès est trop faible, on ajoute des répéteurs pour étendre la couverture.

**Coût:** La plupart des éléments du réseau sans fil peuvent être simplement posés. L'installation peut donc parfois se faire sans le moindre outillage, ce qui réduit les coûts de main-d'œuvre. Le budget de fonctionnement est similaire à un réseau filaire.

**Evolutivité:** La facilité d'extension ou de restriction du réseau permet d'avoir toujours une couverture correspondant aux besoins réels[LVB 2004].

### I.2.3 Inconvénients du réseau sans fil

**Qualité et continuité du signal:** La puissance du signal diminue avec la distance et les obstacles.

**Sécurité:** il est possible de s'y connecter sans intervention matérielle. Cela veut dire qu'il faut particulièrement étudier la sécurisation du réseau si l'on veut éviter la présence d'indésirables ou la fuite d'informations[AKY 2002].

### I.2.4 Les réseaux de capteurs

Un Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF) est un ensemble de dispositifs très petits, nommés **nœuds capteurs**, variant de quelques dizaines d'éléments à plusieurs milliers. Dans ces réseaux, chaque nœud est capable de surveiller son environnement et de réagir en cas de besoin en envoyant l'information collectée à un ou plusieurs points de collecte, à l'aide d'une connexion sans fil. [KAND 2017]

#### I.2.4.1 Définition d'un capteur

Un capteur est un petit appareil autonome capable d'effectuer des mesures simples sur son environnement immédiat, comme la température, la vibration, la pression, etc.



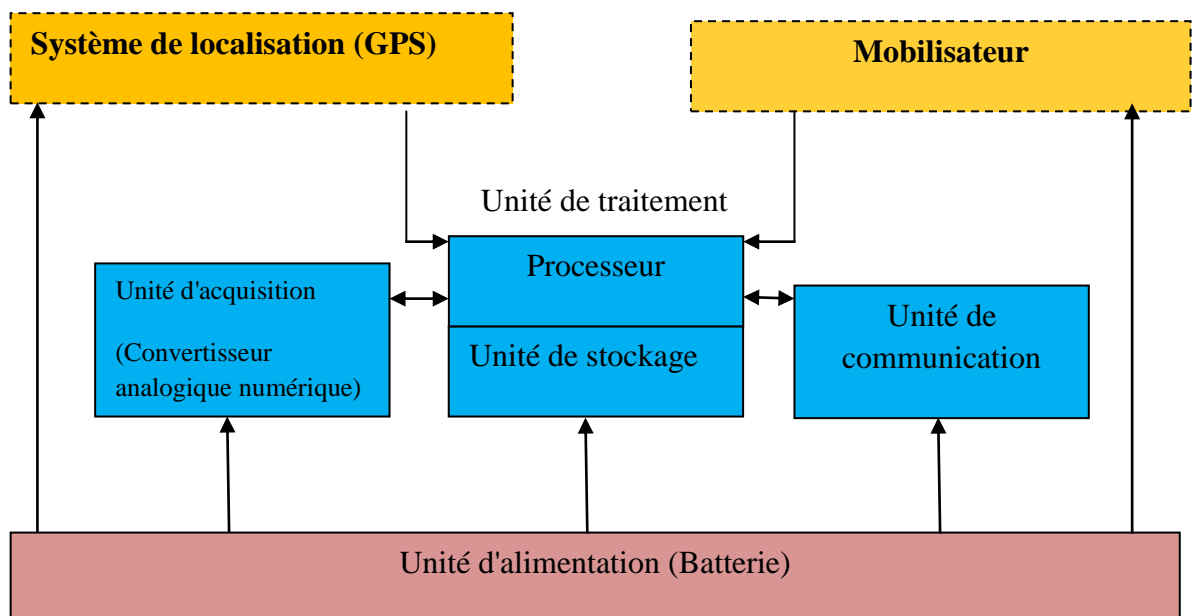


**Figure 11** Types des capteurs

Chaque capteur assure trois fonctions principales : la collecte, le traitement et la communication de l'information vers un ou plusieurs points de collecte appelés station de base [Net 2].

#### I.2.4.2 Architecture d'un capteur

Un « nœud capteur » contient quatre unités de base : l'unité d'acquisition, l'unité de traitement, l'unité de communication, et l'unité d'alimentation. Selon le domaine d'application, il peut aussi contenir des modules supplémentaires tels qu'un système de localisation (GPS), ou bien un système générateur d'énergie (cellule solaire). Quelques micro-capteurs, plus volumineux, sont dotés d'un système mobilisateur chargé de les déplacer en cas de nécessité [ALO 2017].



**Figure 12** Architecture d'un capteur [AIO 2017]

- **L'unité d'acquisition** : Le capteur est généralement composée de deux sous-unités : le récepteur (reconnaissant l'analyste) et le transducteur (convertissant le signal du récepteur en signal électrique). Le capteur fournit des signaux analogiques, basés sur le phénomène observé, au convertisseur Analogique/Numérique. Ce dernier transforme ces signaux en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement[Net4].
- **L'unité de traitement** : Elle comprend un processeur généralement associé à une petite unité de stockage. Elle fonctionne à l'aide d'un système d'exploitation spécialement conçu pour les micro-capteurs (TinyOS par exemple). Elle exécute les protocoles de communications qui permettent de faire collaborer le nœud avec les autres nœuds du réseau. Elle peut aussi analyser les données captées pour alléger la tâche du nœud puits[Net2].
- **L'unité de communication** : Elle effectue toutes les émissions et réceptions des données sur un médium « sans-fil ». Elle peut être de type optique (comme dans les nœuds Smart Dust), ou de type radiofréquence[Net19]
- **L'unité d'alimentation** : Un micro-capteur est muni d'une ressource énergétique (généralement une batterie) [Net4]

Dans notre système de ramassage de déchets on a plusieurs capteurs distribués dans différentes régions , ces capteurs est composés par des cartes GSM pour envoyer des messages à la station d'analyse(Serveur).

Une contrainte forte des réseaux de capteurs concerne les limitations en termes d'énergie, Comme caractéristiques basiques d'un réseau de capteurs.

### I.2.5 La contrainte d'énergie dans les capteur

Le nœud capteur est un dispositif micro-électronique , alimenté par une batterie de faible puissance. Dans la plupart des cas le remplacement de la batterie est impossible. En conséquence, la durée de vie du capteur est donc dépendante de la durée de vie de sa batterie

#### I.2.5.1 Énergie de capteur

L'énergie consommée par un capteur est due essentiellement aux opérations suivantes : la capture, le traitement et la communication de données [ALO 2017].

### **I.2.5.2 Energie de capture**

En général, l'énergie de capture représente un faible pourcentage de l'énergie totale consommé par un capteur. Il est dissipée pour accomplir certain nombre des tâches tel que, l'échantillonnage, traitement de signal, conversion analogique/numérique et activation de la sonde du capture[ALO 2017].

### **I.2.5.3 Energie de traitement**

L'énergie de traitement est un peu plus que l'énergie de capture. Cependant, elle est faible par rapport à celle nécessaire pour la communication. Elle se divise en deux parties : 1) l'énergie de commutation qui est déterminée par la tension d'alimentation et la capacité totale commutée au niveau logiciel (en exécutant un logiciel). 2) l'énergie de fuite qui correspond à l'énergie consommée lorsque l'unité de calcul n'effectue aucun traitement

[ALO 2017].

### **I.2.5.4 Energie de communication**

C'est l'énergie qui représente la portion la plus grande de l'énergie consommée par un nœud capteur. L'énergie de communication se décline en deux parties : l'énergie de réception et l'énergie de l'émission. Cette énergie est influencée par la quantité des données à communiquer et la distance de transmission, ainsi que par les propriétés physiques du module radio. [ALO 2017].

Il existe plusieurs types des capteurs peuvent être utilisés pour le système de ramassage de déchets parmi eux le capteur ultrason.

### **I.2.4.3 Types des capteurs**

Voici quelques types des capteurs

Nom de capteur	Caractéristiques
Capteur de flamme (flame sensor)	Très sensible aux rayons infrarouges de 750 à 1100 nm, le capteur de flamme permet de détecter une flamme devant lui. Pratique pour les applications de sécurité.
Capteur de son (sound sensor)	Permet d'obtenir une sortie binaire pour savoir si un son est présent ou non et d'analyser son amplitude.
Capteur de lumière RGB (RGB sensor)	Détecte la couleur des objets. Multiples applications de reconnaissances et de commande
Capteur UV (UV sensor)	Fonctionne de la même manière que le capteur RGB mais pour la lumière ultraviolette.
Capteurs de gaz (gas sensor)	Au pluriel car il existe beaucoup de capteurs différents pour les gaz : Methane, Butane, Les plus connus sont les MQ
Capteur de flexion (bend/flex sensor)	Permet de détecter l'ouverture d'une porte, un mouvement, la tension d'un arc
Capteur de vibrations Piezoélectriques (piezo vibration sensor):	Les capteurs piezo sont utilisés très souvent, pour détecter une vibration, quelqu'un qui frappe à une porte
Capteur d'obstacles et de proximité (Obstacle Sensor)	Ce capteur émet en permanence une lumière infrarouge et analyse la lumière renvoyée par les objets.
<b>Capteur Ultrason</b> <b>(Ultrasonic Sensor)</b>	Le capteur ultrason est un capteur de distance. Il comporte un émetteur et un récepteur d'onde et permet de calculer la distance d'un objet en face de lui en comparant les temps d'émission et de réception de l'écho
Capteur magnétique à effet hall (hall effect sensor)	Le capteur à effet Hall est sensible à un champ magnétique

Tableau 2 Types des capteurs[Net19]

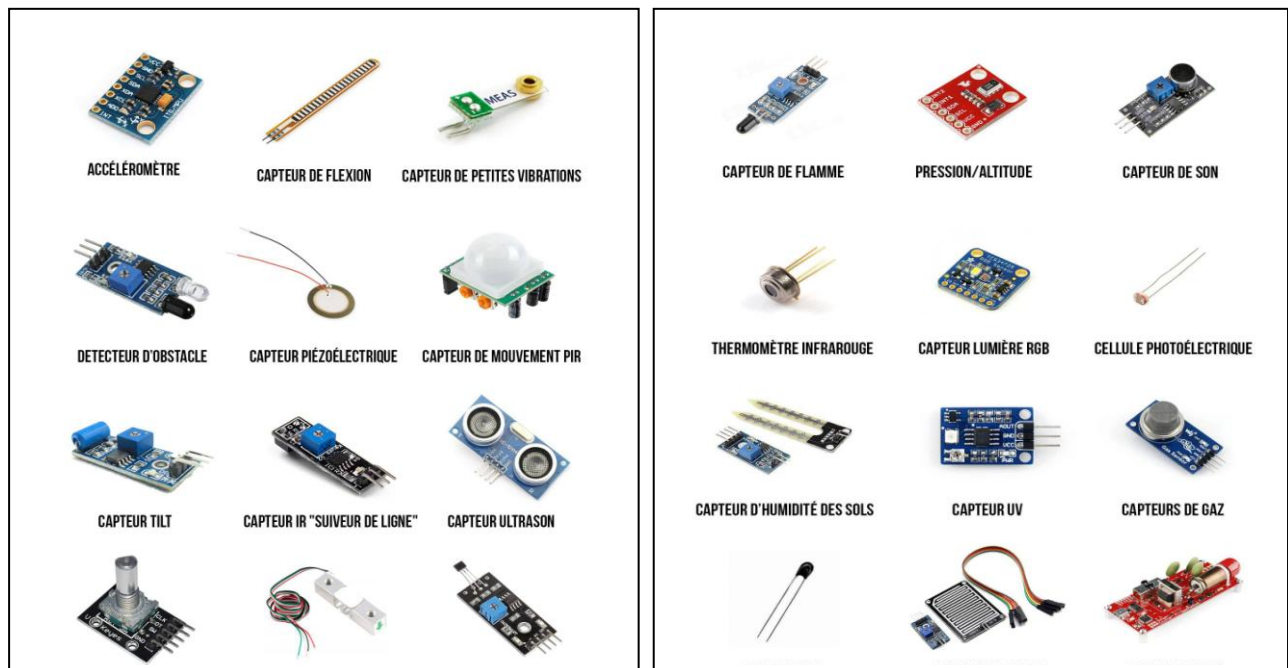
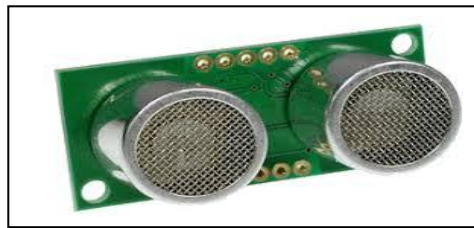


Figure 13 Quelques types de capteurs[Net4]

### I.2.4.4 Le capteur ultrasonique

Ce type de capteur que nous allons utiliser dans notre système, son principe de fonctionnement repose comme son nom l'indique sur l'utilisation des ultrasons. Ce sont des ondes acoustiques dont la fréquence est trop élevée pour être audible par l'être humain. Ici, on mesurera un niveau de remplissage d'une poubelle grâce au capteur ultrasonique. La mesure de niveau par ultrasons permet d'effectuer une mesure sans contact avec le produit qui est le déchet solide.



**Figure 14** capteur ultrasonique

\* **Principe de fonctionnement** L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier.

L'émetteur envoie un train d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter et ensuite revenir à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet sera loin plus il faudra longtemps pour que le signal revienne[Net16].

\* Caractéristiques techniques de Capteur Ultrasons [Net5]:

Caractéristiques	Capteur Ultrasons
Dimensions	45 mm x 20 mm x 15 mm
Plage de mesure	2 cm à 400 cm
Résolution de la mesure	0.3 cm
Angle de mesure efficace	15 °
Largeur d'impulsion sur l'entrée de déclenchement	10 µs

Tableau 3 **Caractéristiques du capteur Ultrasons**

### I.2.4.5 La carte GSM (Global System for Mobile Communication)

GSM est l'abréviation de (Global System for Mobile Communication), c'est une norme établie en commun par les opérateurs européens depuis 1982, ayant pour objectif le

développement d'un système de téléphonie mobile permettant des communications à distance. [BDJ 2009]

La communication a lieu par un paquet d'onde ayant deux fréquences : 900 MHz et 1800 MHz. Le GSM se distingue par plusieurs spécificités, le premier est l'aspect numérique du réseau, qui offre une qualité supérieure grâce à sa résistance aux interférences. La deuxième spécificité du réseau de GSM réside dans sa configuration cellulaire. Le territoire est subdivisé en petites cellules attachées les unes aux autres. Chaque cellule se voit assigner un certain nombre de canaux permettant les communications [AGH 2001].

\* Caractéristiques techniques de **GSM** [Net5]:

Les caractéristiques de la carte GSM sont résumés dans le tableau suivant:

Caractéristiques	GSM
-Bande de fréquences (")	890; 2 - 915 [MHz]
-Bande de fréquences (#)	935; 2 - 960 [MHz]
-Nombre d'intervalles de temps par trame TDMA.	8
-Débit total par canal	271 [kb=s]
-Débit de la parole	13 [kb=s]
-Débit maximal de donnés	12 [kb=s]
-Technique de multiplexage	Multiplexage fréquentiel et temporel
-Rayon de cellules	0; 3 à 30 [km]
-Puissance des terminaux	2 à 8 [W ]
-Sensibilité des terminaux	-102 [dB]
-Sensibilité de la station de base	-104 [dB]

Tableau 4 **Caractéristiques techniques de GSM**

### I.3 Système de ramassage de déchets classique

De nos jours l'utilisation intensive et abusive des ressources et le rejet des déchets dans l'environnement contribuent à détériorer notre milieu. Ce changement a un impact sur la société, la santé humaine, l'économie, les espèces vivantes, la production alimentaire, le tourisme et l'écologie. Chaque jour la pollution de notre environnement augmente, la santé humaine est de plus en plus mise en danger, mais nous nous n'en préoccupons pas. Comme l'on ne voit pas directement les conséquences de nos actes, on s'en préoccupe peu.

C'est pourquoi nous ne pourrions pas diminuer le rejet des déchets tant que l'on n'exploitera pas les ressources d'une façon intelligente et en prévenant le gaspillage inutile

**Conformément à la loi 01-19 du 12 décembre 2001**, le gouvernement Algérien a défini une stratégie nationale en matière de protection de l'environnement qui s'est traduite par le plan national d'action pour l'environnement et le développement durable[SAD 2018].

**Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au  
12 décembre 2001 relative à la gestion, au  
contrôle et à l'élimination des déchets.**

### I.3.1 Les déchets

Il existe plusieurs définitions de mot déchet parmi eux on a

#### I.3.1.1 Définition1 :

La définition des déchets est variable selon le centre d'intérêt : Classiquement, Un déchet est tout objet ou matériau destiné à l'abandon . Du point de vue économique, un déchet est une matière ou un objet dont la valeur économique est nulle ou négative pour son détenteur à un moment et dans un lieu donné[Net5].

#### I.3.1.2 Définition 2 :

Selon la loi française du 15 juillet 1975, un déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou tout généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.

En toute logique, on englobe sous terme « déchets » tous les déchets solides, liquides et gazeux qui ont un impact négatif sur l'environnement. Les déchets solides étant des matériaux mis au rebut et qui ne sont pas évacués par le biais de canalisations comme les eaux usées[Net18].

### 1.3.2 Les types des déchets

Toute activité humaine produit des déchets solides. Les sources des déchets solides sont à cet effet variées [Net10]. On distingue :

- ❖ **Des déchets d'industries**, tels que les produits chimiques, eaux usées, huiles etc. qui peuvent contenir des composants dangereux[Net12].
- ❖ **Les déchets ménagers** et ceux issus des jardins maraîchers proviennent des activités de préparation des repas et de nettoyage des foyers, cantines, hôtels, etc. Ils peuvent contenir des matières organiques (reste de cuisine, miettes d'huiles comestibles, ...), des vieux papiers, des matériaux d'emballage, des bouteilles, des tissus d'ameublement, des feuillages, etc. Les déchets des marchés ou de commerce sont produits à proximité des activités économiques, bureaux, magasins, et grandes surfaces. Ils comprennent du papier, des matériaux d'emballage, des invendus et objets abîmés, des matières organiques et inorganiques qui pourraient parfois être dangereuses et contenir des produits chimiques.
- ❖ **Les déchets des hôpitaux** sont généralement considérés toxiques du fait de la présence de matières infectieuses et dangereuses. Ce type de déchet peut être sous divisés en plusieurs catégories : déchets infectieux, déchets biologiques et enfin objets déchets coupants (pointus et tranchants).
- ❖ **Les déchets solides de sources diverses** incluses les balayures (déchets jetés dans les rues), les restes de plantations sur les bords de routes, des débris issus des activités de nettoyage, de démolition, de réparation et autres travaux de construction (boue, fragment de briques, pierres, bûches, etc.). Ce travail sera axé essentiellement sur les déchets solides domestiques. [Net12].

### I.3.3 Méthode classique de ramassage de déchets

La collecte des déchets ménagers se fait en général au moyen de camions-poubelles, qui se rendent à chaque point de production de déchets pour ramasser les ordures (collecte de type « porte-à-porte »), Jusqu'à maintenant, elle s'est faite suivant des itinéraires et des horaires aléatoires. Les conteneurs sont vidés chaque jour ou chaque semaine, qu'ils soient pleins ou non.



**Figure 15** Le ramassage classique des déchets



Ceci entraîne des coûts superflus, une mauvaise optimisation de l'équipement, et les conteneurs pleins durant plusieurs jours provoquent des nuisances.

### I.3.4 Le ramassage de déchets intelligent

La solution intelligente par un système d'information de ramassage de déchets optimise la planification de la collecte des déchets, résultant à des réductions de coûts directes, un environnement plus sain et des villes plus propres.

#### a. Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>



**Figure 16** Emissions de CO<sub>2</sub> par le camion de ramassage de déchets

La collecte des déchets est une proposition très polluante. Notre solution offre le moyen d'avoir un minimum de camions sur la route pour si peu de temps, signifiant une émanation minimum de gaz à effet de serre, un minimum de pollution sonore et une moindre surcharge des routes.

#### b. Propreté accrue

Dans les zones à forte concentration de population, une génération rapide de déchets conduit très souvent à un débordement des poubelles et à des rues très sales. L'automatisation de gestion des déchets permet au personnel de collecte de déchets d'être informé des niveaux de remplissage en temps réel et de recevoir des notifications de débordements de déchets.



**Figure 17** Débordements des poubelles

### c. Réduction de coûts

La solution intelligente d'un système de gestion des déchets réduit la fréquence de collecte des déchets d'une manière considérable, ce qui permet d'économiser le carburant, la main-d'œuvre et les coûts d'entretien des parcs. Au total, la solution peut réduire vos coûts d'exploitation jusqu'à 80%.

### d. Acheminement dynamique

La solution optimise les trajets et les horaires de collecte des déchets basés sur des données chronologiques en temps réel et fournit des analyses prédictives afin de permettre de prendre des décisions préalables et offre des consultations sur les allocations de poubelles.

#### I.3.4.1 Exemple des systèmes intelligents de ramassage de déchets

Voici quelques exemples des systèmes intelligents pour la gestion de déchets parmi eux :

**1. Enevo One** [Net 8] Finlande : Est une solution de ramassage de déchets complète qui permet des économies de temps, d'argent et qui préserve l'environnement. Ses capteurs sans fil mesurent et prédisent le moment où les conteneurs à ordures seront remplis, pour ensuite générer un plan de ramassage intelligent, aux horaires les plus adéquats et en empruntant les trajets les plus rapides.

**2. Ecube Labs** [Net 10] Los Angeles: Est un système d'information qui permet de fournir des solutions intelligentes de gestion des déchets qui aide les villes et l'industrie de la collecte des déchets, il utilise un Capteur sans fil qui Détecte le niveau de remplissage de la poubelle et il envoie des données en temps réel.

#### I.3.4.2 Fonctionnement du système Enevo One :

- Enevo ONE utilise des capteurs sans fil pour connaître l'état de remplissage des conteneurs.
- Ces données sont ensuite envoyées à une plate-forme d'analyse.
- Celle-ci génère des prévisions fiables du moment de ramassage idéal et définit des itinéraires optimisés, accessibles au conducteur via n'importe quel téléphone portable ou tablette compatible (iOS, Android, Windows 8).

- Il offre des plans de ramassage.
- Le chauffeur du camion à ordures reçoit en temps réel le **trajet à effectuer**.

#### **Caractéristiques du capteur Enevo One [Net23] :**

- La batterie de **capteur Enevo One** a une durée de vie de 10 ans. La durée de vie est dépendante de la fréquence à laquelle le capteur communique avec le réseau et de bien d'autres conditions, comme la configuration, la puissance du signal sans fil et la température.
- Il fonctionne dans une fourchette de températures allant de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+85^{\circ}\text{C}$ .
- Il peut mesurer la distance De 25 cm à 400 cm
- Le capteur est muni d'un thermomètre et peut envoyer une alerte lors d'une montée rapide de température (en cas d'incendie par exemple). Il est également équipé d'un capteur de mouvement extrêmement sensible capable de détecter le moindre mouvement (par exemple lors d'un acte de vandalisme). De plus, il est équipé d'un clinomètre. Le système peut donc signaler que le conteneur est incliné.
- le capteur envoie une notification lorsque le conteneur change de localisation.
- Les démentions de capteur est : 58 / 61mm (H) x 95 mm (L). Masse 498g; la tendance veut que les capteurs deviennent toujours plus petits afin de pouvoir servir dans d'autres domaines.
- À l'aide d'une technologie ultrason brevetée par Enevo, le capteur mesure différentes portions de déchets.
- le capteur a une coque IP-66 qui rend le capteur résistant à l'eau et aux poussières. Le capteur a été conçu pour résister aux jets d'eau lors du nettoyage des conteneurs

#### **I.3.4.4 Fonctionnement du système Ecube Labs**

En 2015, la startup coréenne Ecube Labs a établi un partenariat avec la compagnie colombienne de gestion des déchets, pour mettre en place un projet pilote de collecte intelligente dans deux villes, Santa Marta et Ibagué. Le but est de répondre au problème des bennes débordant dans les zones les plus fréquentées, et où de plus grandes bennes ne pourraient être installées, en améliorant la collecte pour vider les bennes de manière plus fréquente. Pour ceci, Ecube Labs a équipé les deux villes avec 130 de ses systèmes, des

bennes SMART équipées de compacteurs et de senseurs qui indiquent quand la benne est prête à être collectée, ainsi qu'un hot spot Wi-Fi et un écran LED, alimentés par des panneaux solaires. Cependant, la technologie d'Ecube Labs était financièrement inabordable (coûte entre 2000 et 3000 dollars). [Web1]

### I.3.4.5 Etude comparative

	Batterie	Material	Fonctionnement
Enevo One	La batterie a une durée de vie de 10 ans	* <b>capteurs</b> ultrason	génère un <b>parcours de collecte idéal</b>
Ecube Labs	Utilise l'énergies solaire	*Utilise une corbeille compactrice. * <b>capteurs de niveau</b>	génère un <b>parcours de collecte idéal</b>

**Tableau 5** Comparaison entre Enevo One et Ecube Labs

## I.4 Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie, des généralités sur les réseaux sans fil, les différents types des réseaux sans fil, les réseaux de capteurs, les types de capteurs, le système d'information géographique et enfin le système ramassage de déchets classique. La description que nous avons faite sur ces réseaux fournira au lecteur les bases nécessaires à la compréhension des concepts liés à ce type de réseaux.

Dans ce chapitre aussi on a démontré les inconvénients du système de ramassage des déchets classique. Afin de résoudre cette limite, nous proposons dans le chapitre suivant une solution informatique permet d'optimiser ce système par la détermination des informations sur l'emplacement géographique des poubelles par le système d'information géographique(SIG) et les informations envoyés par les capteurs, enregistrer l'historique des poubelles pleins par l'utilisation des bases de données, la prévision de remplissage des poubelles par le calcul des statistiques globales et en fin de trouver le plus court chemin optimale pour ramasser les déchets.



## Chapitre II

# Conception d'un SIG intelligent pour le ramassage de déchets

*Ce chapitre décrit l'approche que nous avons proposée pour le système de ramassage de déchets intelligent avec les différents composants software et hardware utilisés pour l'implémenter. Il étudie essentiellement l'architecture globale et les descriptions détaillées de l'organisation ainsi que leurs rôles et aussi le modèle conceptuel de la solution.*

### II.1 Introduction

La pollution de notre environnement augmente de plus en plus, ceci est due entre autre a la mauvaise stratégie de gestion des ordures. Jusqu'à maintenant, elle s'est faite suivant des itinéraires et des horaires aléatoires, et Les conteneurs sont vidés chaque jour ou chaque semaine, qu'ils soient pleins ou non.

**Comment optimiser la gestion de ramassage de déchets pour obtenir un environnement plus sain et des villes plus propres?**

Pour répondre à cette question nous avons développé une solution intelligente de ramassage de déchets consiste à attacher des **senseurs (capteurs)** aux conteneurs de déchets afin de mesurer leur niveau de remplissage, et générer des plans de collecte de façon intelligente en utilisant les itinéraires les plus efficaces.

Après avoir exposé le contexte général de notre étude: les systèmes d'informations géographiques, les réseaux sans fil , le ramassage classique de déchets avec ses inconvénients et une étude comparative entre les systèmes intelligents de ramassage de déchets en Europe, seul que nous avons trouvé de ces études.

Nous allons dans ce chapitre détailler les différentes étapes de la conception (la conception en général se compose de l'analyse de problématiques, étude de principe (schémas, dessins), étude de construction, et élaboration de prototype [Net 18] ) : dans notre cas nous allons présenter le schémas général de l'organisation et le schéma détaillé du matériel a utiliser, le schéma du modèle conceptuel de la solution proposée et le câblage des

pièces électronique utilisés.

## II.2 Organisation générale

Dans notre organisation nous présentons l'aspect software et l'aspect hardware,

Nous pouvons schématiser l'organisation générale de la solution proposée comme suit:

### II.2.1 Coté Software

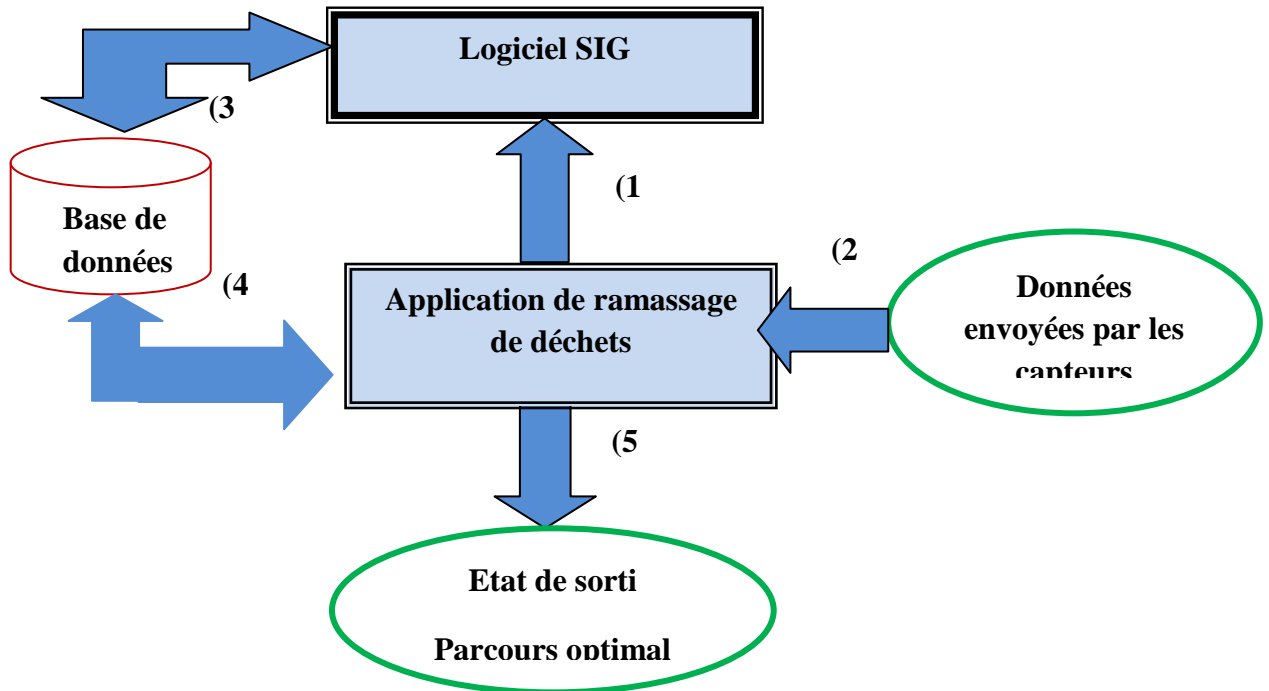


Figure 18 Schéma de l'organisation générale

### II.2.1.1 Fonctionnement de l'approche proposée

Dans le schéma précédant les cadres représentent les applications, tandis que les flèches représentent les sens des opérations de gestion des données tel que:

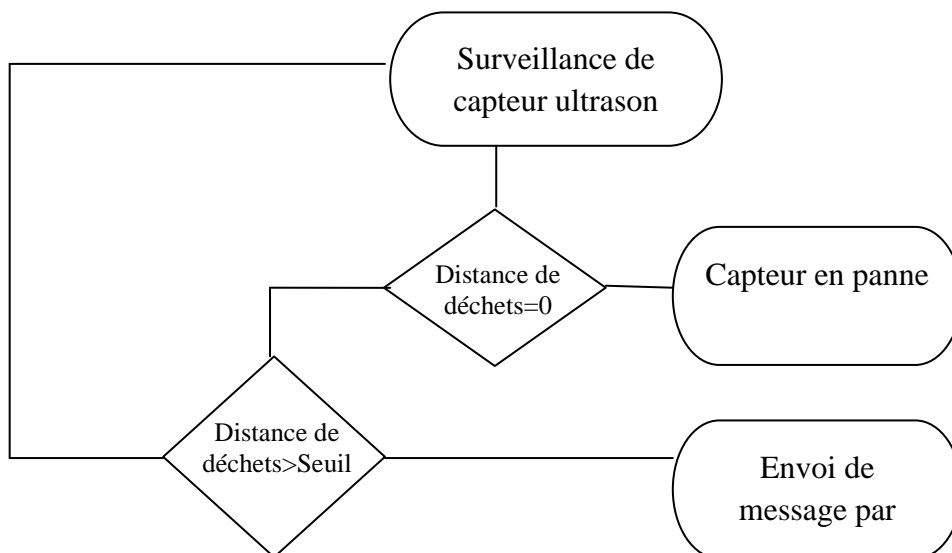
- **Le logiciel SIG**: Interface géographique qui permet de gérer les cartes géographiques et les relier avec la base de données SIG dans notre système on a utilisé le logiciel ArcGis:
- **ArcGis** est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde. [Net 15]

**Application de ramassage de déchets:** l'application de notre projet, elle traite les cartes géographiques issues de logiciel SIG ArcGis et google earth d'un part et

- d'autre part reçoit et traite aussi les données des capteurs de type ultrason .Le projet est réalisé dans un langage de programmation (Visual studio C#) que nous allons détailler dans chapitre implémentation.
- **Les données envoyées par les capteurs:**

Le capteur ultrasonique surveille le conteneur de déchets s'il arrive a la valeur de seuil de remplissage de conteneur le capteur active la carte GSM de type SIM900.

la carte GSM SIM900 envoie un message contenant tout les informations nécessaire concernant le conteneur, capteur.



**Figure 19** Processus d'envoi de message par le capteur et la carte GSM

- **La Base de données:** Le but du présent travail est l'élaboration d'une base de données avec l'outil SIG dans le but de mettre en évidence les principales causes de faiblesse de la gestion de déchets et proposer les améliorations adéquates. On introduit dans cette base les données/cartes détaillées concernant : la géographie, réseau routier, les moyens disponible pour la gestion des déchets (les Camions, les Conteneurs, Station d'analyse, décharge publique) . L'examen de certaines données a permis de mettre en évidence plusieurs défaillances tels que : la mauvaise gestion



et exploitation des moyen concernant l'affectation et la répartition des camions, chauffeurs et les chemins traversés.

Les tables de la base de données utilisées sont:

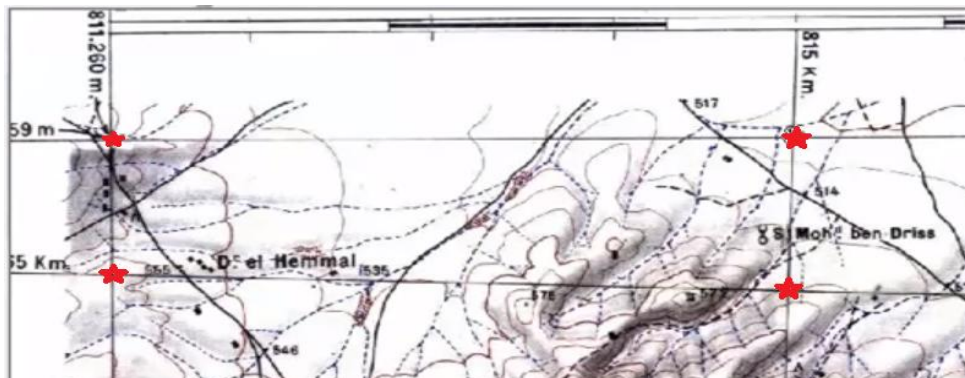
- Conteneur, Capteur, Chemin, Parcours, Camion, Point\_depot, Station\_Analyse, Décharge\_publicque, Chauffeur.

Tandis que les opérations se déroulent, successivement, comme suit:

**- Opération (1):**

Préparation de la carte géographique dans ArcGis c.-à-d. faire leur géoréférencement pour l'utilisation dans l'application.

Le géoréférencement consiste à utiliser des coordonnées cartographiques pour affecter un emplacement spatial à des entités cartographiques[Net 17]. Tous les éléments d'une couche de carte ont une position et une étendue géographiques spécifiques qui leur permettent d'être repérés sur la surface de la terre, dans notre cas on utilisé la carte géographique de notre ville Biskra comme un exemple et on a appliqué le géoréférencement par l'introduction des coordonnées X, Y de quatre points non alignés.



**Figure 20** Géoréférencement d'une carte géographique

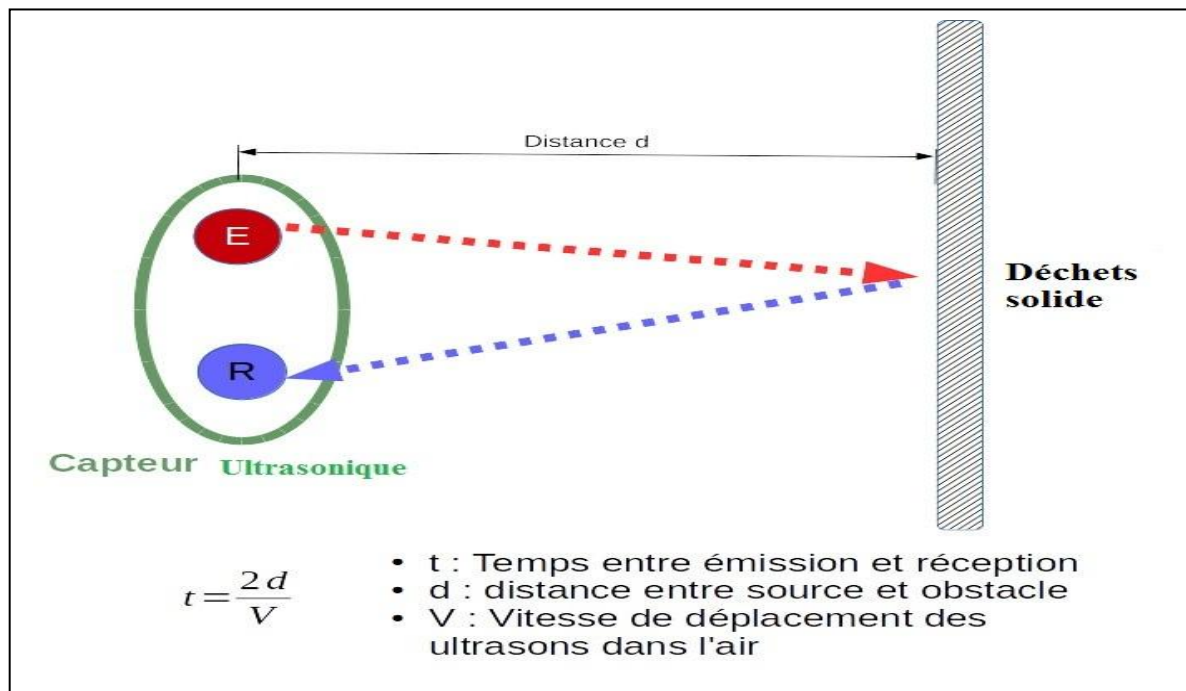
**- Opération (2):**

Lors de remplissage de conteneur de déchets le capteur associé envoi un message dans l'application, cette dernier traite ce message et l'ajoute dans la base de données tous

les informations concernant : le conteneur, l'emplacement x et y,... a fin de construire le chemin optimal de ramassage par les camions.

Le type de capteur choisi pour cette étude est Ultrasonique.

- **Principe de fonctionnement de ce capteur Ultrasonique:** L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoi un train d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter et ensuite revenir à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet sera loin plus il faudra longtemps pour que le signal revienne. Pour détecter le niveau (la distance d), on utilise l'équation :  $t d v =$  donc  $d = v \cdot t$  ,  
 - t étant le temps vu au dessus entre le début de l'émission et le début de la réception  
 - et v étant la vitesse du son qui est de 330 m.s. [Net 16]



**Figure 21** Fonctionnement de capteur Ultrason

Sachons qu'Il détectera des obstacles dans un angle de visée de  $15^\circ$ , et d'une portée de 2 à 500 cm (5 m). L'écart est de 3 cm avec un obstacle à 2 m, donc une marge d'erreur inférieure à 2 %.

### -Opération (3):

Le logiciel ArcGis crée, manipule et enregistre les tables de la carte géographique.

C.-à-d. toute modification des données est visualisée dans la carte géographique

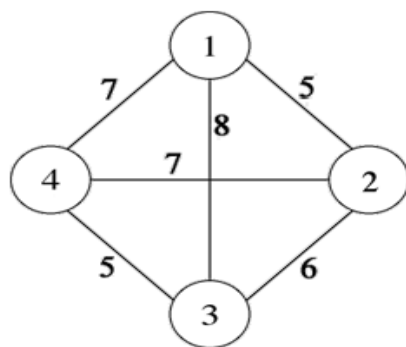
#### - Opération (4):

Le programme de gestion des déchets peut aussi gérer et manipuler les tables de la base de données.

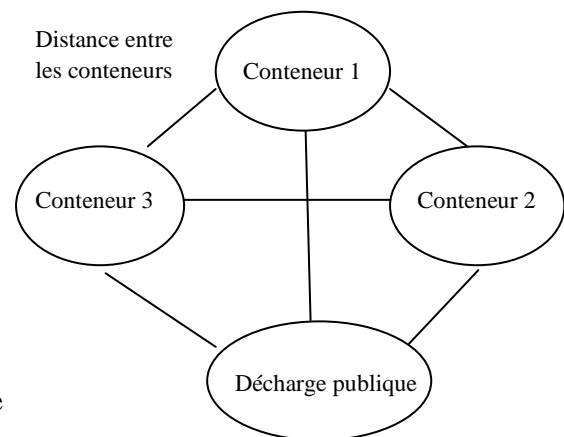
#### - Opération (5):

Dans cette opération l'application recherche le plus court chemin pour les camions et les conteneurs pleins dans cette recherche on utilise l'algorithme de voyageur de commerce. Le problème du voyageur de commerce, étudié depuis le 19<sup>e</sup> siècle, est l'un des plus connus dans le domaine de la recherche opérationnelle [Net 20]

Le problème du voyageur de commerce peut être modélisé à l'aide d'un graphe constitué d'un ensemble de sommets et d'un ensemble d'arêtes. Chaque sommet représente une ville, une arête symbolise le passage d'une ville à une autre, et on lui associe un poids pouvant représenter une distance. Par exemple



**Figure 23** Exemple d'un graphe de voyageur de commerce



**Figure 22** Représentation du graphe

Dans notre cas le camion de ramassage de déchets traverse

les plus courts chemins contenant les conteneurs pleins vers la décharge publique.

### II.2.1.2 Le modèle conceptuel de la solution proposée

Pour la bonne exploitation des données, nous proposons le modèle conceptuel de données suivant:

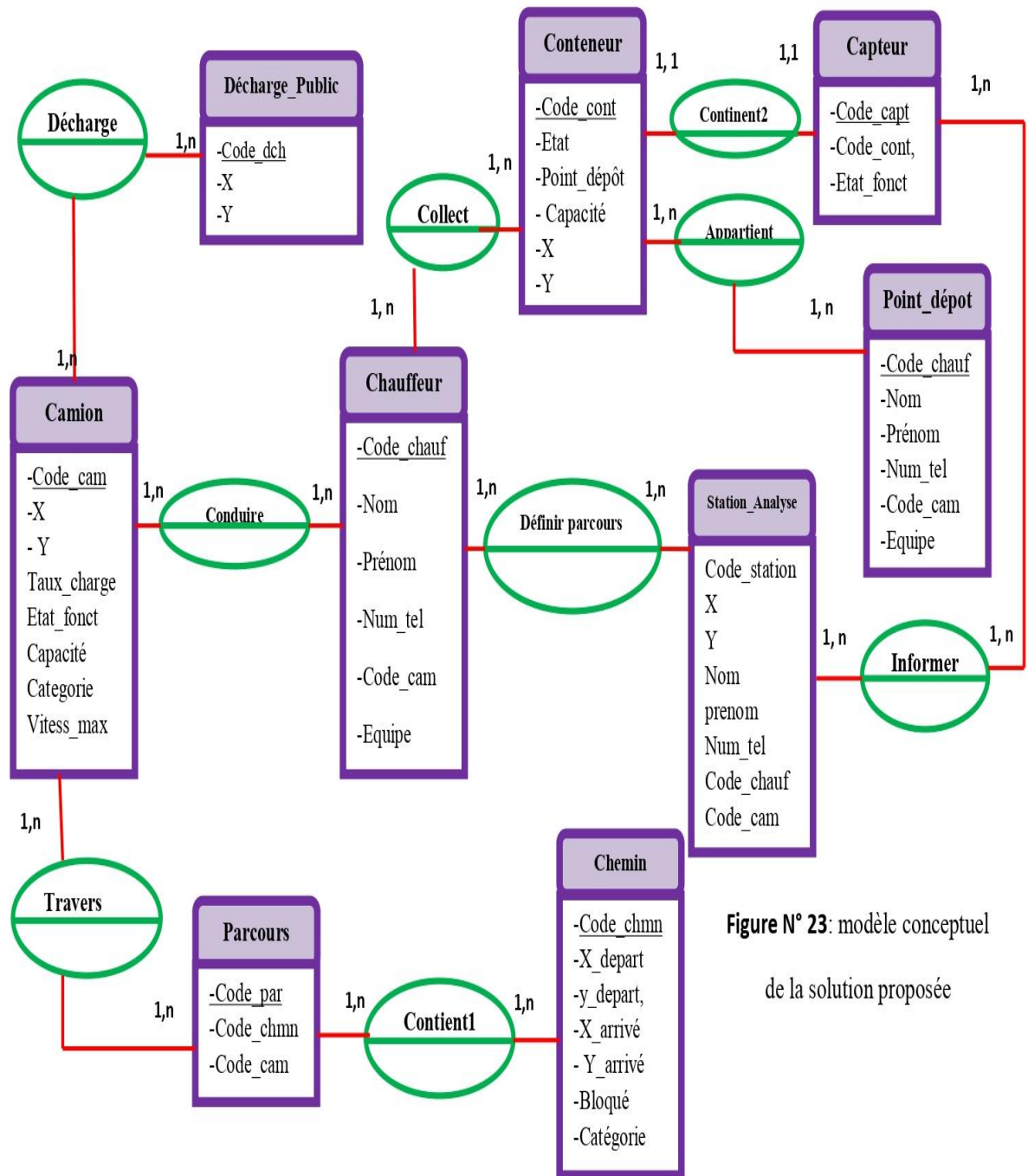


Figure N° 23: modèle conceptuel de la solution proposée

Figure 24 Le modèle conceptuel de données

## II.2.2 Coté Hardware

Nous allons aborder le Schéma électronique de l'organisation utilisé, son fonctionnement et les inconvénients du capteur ultrasonique.

### II.2.2.1 Schéma électronique de l'organisation

Si on veut réaliser l'installation de matériels nécessaires pour notre organisation voici le

Schéma électronique correspondant.

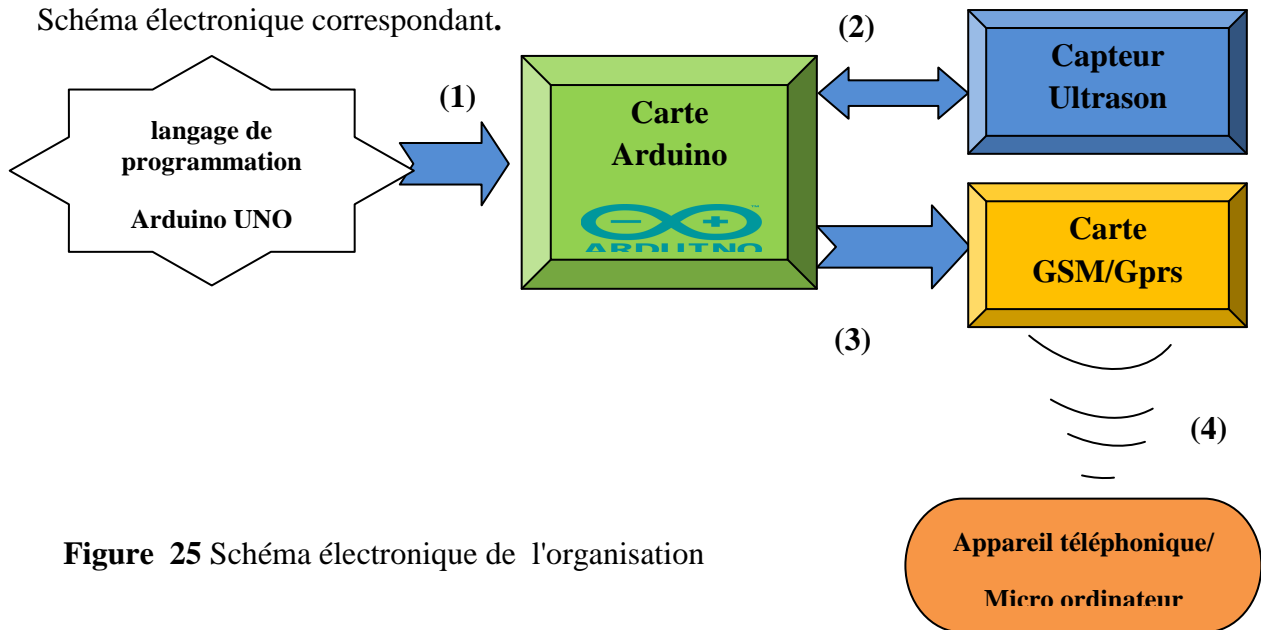


Figure 25 Schéma électronique de l'organisation

### II.2.2.2 Fonctionnement de Schéma électronique

Opération	Explication
(1)	-La carte Arduino est chargé par un programme écrit dans le langage de programmation des pièces électroniques qui s'appel Arduino Uno
(2)	- Communication entre le capteur et la carte Arduino a travers ce programme
(3)	-Si le capteur détecte le remplissage de la poubelle le programme chargé dans la carte Arduino d'éclanche la carte GSM pour envoyer un message
(4)	- Le message de la carte GSM est envoyé au numéro de téléphone de (Administrateur de collecte ou station de base) qui a été déterminé dans le programme Arduino Uno

Tableau 6 Fonctionnement de Schéma électronique

### II.2.2.3 Les inconvénients du capteur ultrasonique

Voici les principaux inconvénients du capteur ultrasonique:

- ✓ Relativement précis mais la précision diminue avec la distance, l'angle de mesure et les conditions de température et de pression.
- ✓ Sensible à la température et à la pression. Également sensible aux autres capteurs utilisant la même fréquence ce qui peut poser un problème dans une compétition.

## II.3 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les outils logiciels et matériels ainsi que la démarche à suivre pour réaliser une application orientée détection et localisation des entités géographique par le SIG.

Cette conception est basée sur les capteurs ultrason qui exigent des outils bien particuliers qui sont l'utilisation des systèmes embarqués(les programmes charges dans les composants électroniques) dans notre cas on a utilisé le langage Arduino et les réseaux cellulaires par l'utilisation d'une carte GSM de type Sim900.

Nous avons exposé dans ce chapitre le schéma général de la solution de coté programme et matériel, et le modèle conceptuel de données associer.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter notre implémentation sur une étude de cas concrète par la réalisation d'une poubelle intelligente d'un part et d'autre part par un système SIG intelligent de ramassage de déchets.

## Chapitre III

### Implémentation d'un SIG intelligent pour le ramassage de déchets

*Ce chapitre présente les résultats de simulations obtenus à partir de l'exécution de notre application RIDD(Ramassage De Déchets) que nous avons mis en œuvre pour résoudre les problèmes de gestion de ramassage de déchets, la planification des parcours intelligent par l'algorithme de voyageur de commerce. De même, nous présentons les outils et les plateformes (SIG) de développement utilisés à l'implémentation des différents composants électroniques du système*

#### III.1 Objectif de notre travail

Dans le but de fournir des données exactes et réelles sur le remplissage des conteneurs de déchets et d'obtenir un parcours intelligent permet de ramasser les déchets en passons par le maximum possible des conteneurs pleins et on traversons le plus court chemin possible. Peu d'études que nous avons trouvées sur le développement de système de ramassage intelligent des déchets. Dans cet étude nous avons proposé un model intelligent de ce système et implémenté un programme qui simule le ramassage intelligent des déchet on n'utilisons le SIG et le langage de programmation C# et aussi par un simulateur des composons électroniques Proteus d'un part et d'autre part nous avons réalisé une poubelle intelligentes par l'intégration des composons électroniques qui nous avons programmé par le langage de programmation Arduino Uno

#### III.2 Implémentation de l'application

Cette section définit la l'implémentation de l'application de RIDD(Ramassage intelligent de déchets) utilisée pour détecte le remplissage d'un conteneur de déchets solide d'un part et de construire un chemin intelligent pour les ramasser. Plus spécifiquement, elle explique la plateforme matérielle et logicielle utilisée pour l'implémentation, les exigences et l'architecture de l'application.

### III.2.1 Plate-forme logicielle et matérielle

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé les outils matériels et logiciels suivants :

#### III.2.1.1 Le langage de programmation C#

C# (C sharp [si.ʃ a.ɒp] en anglais britannique) est un langage de programmation orientée objet, commercialisé par Microsoft depuis 2002 et destiné à développer sur la plateforme Microsoft .NET.

Il est dérivé du C++ et très proche du Java dont il reprend la syntaxe générale ainsi que les concepts, y ajoutant des notions telles que la surcharge des opérateurs, les indexeurs et les délégués. Il est utilisé notamment pour développer des applications web sur la plateforme ASP.NET.

Il est utilisé pour développer des applications web, ainsi que des applications de bureau, des services web, des commandes, des widgets ou des bibliothèques de classes. En C#, une application est un lot de classes où une des classes comporte une méthode *Main*, comme cela se fait en Java. [Net 22]

**Figure 26** Logo du langage Visual Studio C#



#### III.2.1.2 ArcGIS Desktop

**ArcGIS** est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine *Esri* (Environmental Systems Research Institute, Inc.)

Esri développe le **système ArcGIS** (auparavant appelé **ArcView GIS**). Ce système est composé de différentes plateformes qui permettent aux utilisateurs SIG, qu'ils soient bureautiques, web, ou mobiles, de collaborer et de partager l'information géographique comme ArcMap, ArcCatalog,... [Net 23]

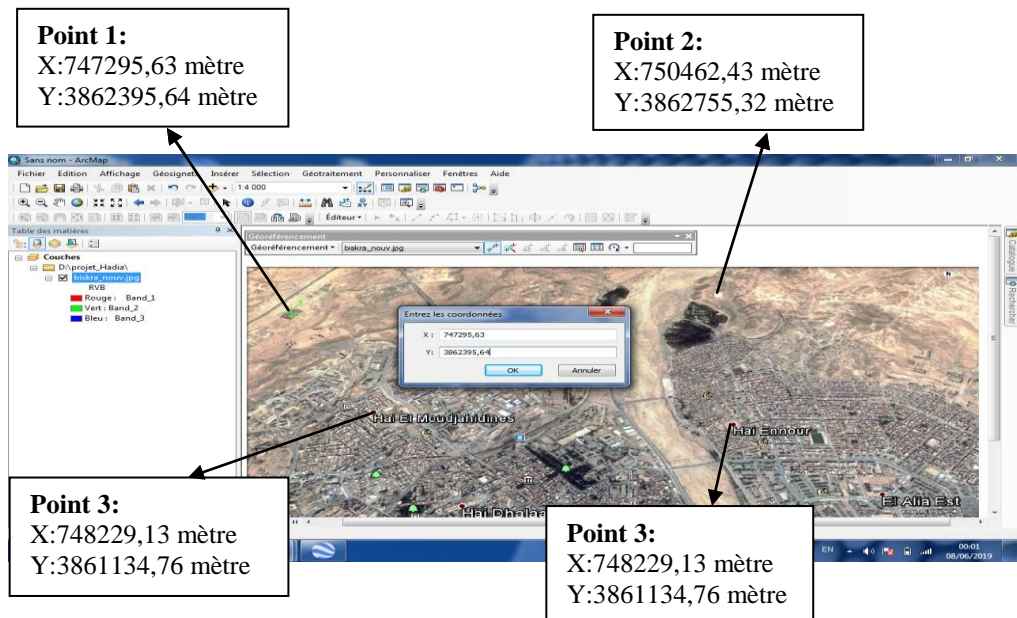
**Figure 27** Logo du système SIG ArcGis





### a. Les étapes de géoréférencement de la carte géographique de Biskra

- Définir le système de projection des coordonnées dans notre cas Biskra se trouve dans Nord Sahara 1959 UTM zone 31N de l'Afrique.
- Ajouter la carte a géoréférencier dans notre projet on a enregistré l'image de Biskra dans google earth se forme d'une image JPG .
- Connexion au dossier qui contient cette image dans ArcMap.
- Ajouter la carte dans ArcMap.
- Visualiser la fenêtre géoreférencier dans ArcMap si elle n'existe pas.
- Ajouter (04) points de contrôles dans l'image avec spécification de ses coordonnées.



**Figure 28** Géoréférencement de la carte géographique de Biskra dans ArcMap

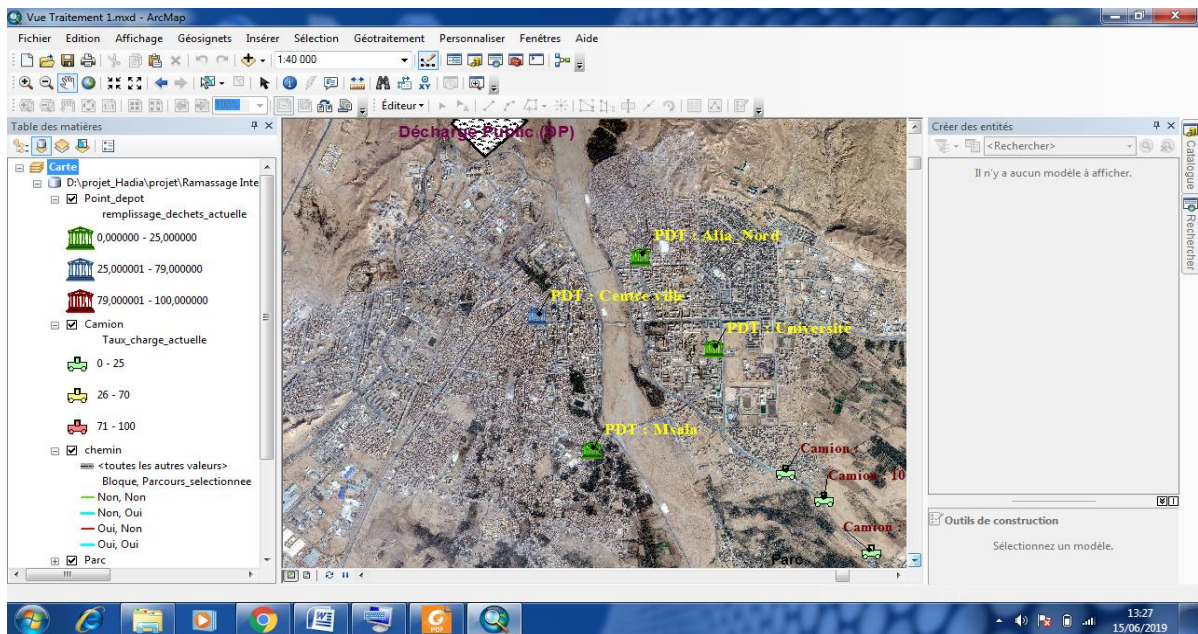


Figure 29 Les différentes couches de notre application

Dans ArcGis on a construis les couches de notre projet comme suite:

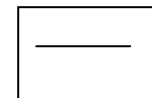
✓ La couche Point\_dépôt → Représentation Point → Symbole



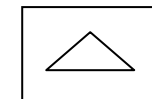
✓ La couche Camion → Représentation Point → Symbole



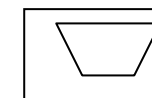
✓ La couche chemin → Représentation Ligne → Symbole



✓ La couche Parc → Représentation Polygone →



✓ La couche Décharger publique → Représentation Polygone →



### III.2.1.3 Le simulateur des composants électronique Proteus

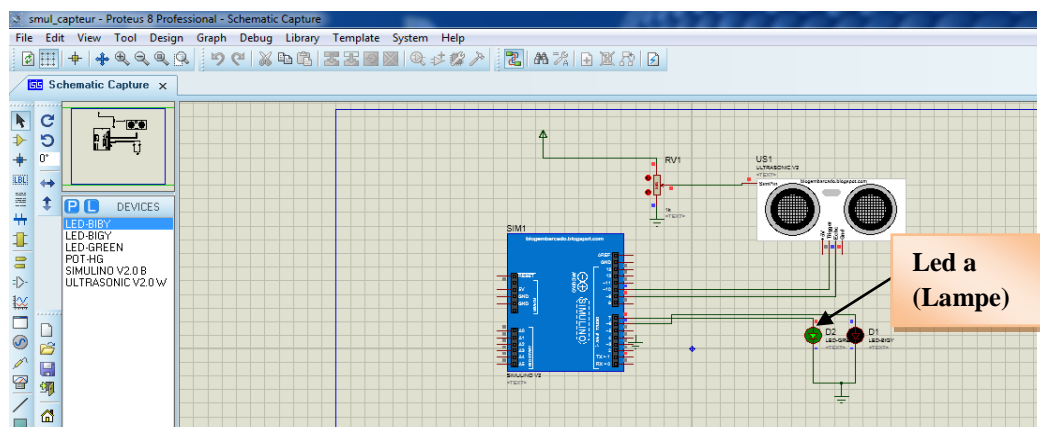
**Proteus** est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Lab center Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique.

**Figure 30** Logo de langage de programmation  
Proteus



- C'est un L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet.
- Il est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de détecter certaines erreurs dès l'étape de conception. [Net 21]

Dans notre travail on a utilisé Proteus pour simuler le fonctionnement du capteur Ultrasonique avons le réalisé en réalité par schémas nous avons obtenu les résultats suivante



**Figure 31** Résultat de fonctionnement du capteur Ultrason par Proteus

Si le capteur détecte le seuil qui représente le niveau de remplissage il allume une lampe "a"  
La valeur est défini le programme Arduino.

### III.2.1.4 Le langage de programmation des composants électroniques Arduino

**Figure 32** Logo de langage Arduino



### **a. Pourquoi Arduino?**

Arduino a été utilisé dans des milliers de différents projets et applications.

Le logiciel Arduino est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment souple pour les utilisateurs avancés.

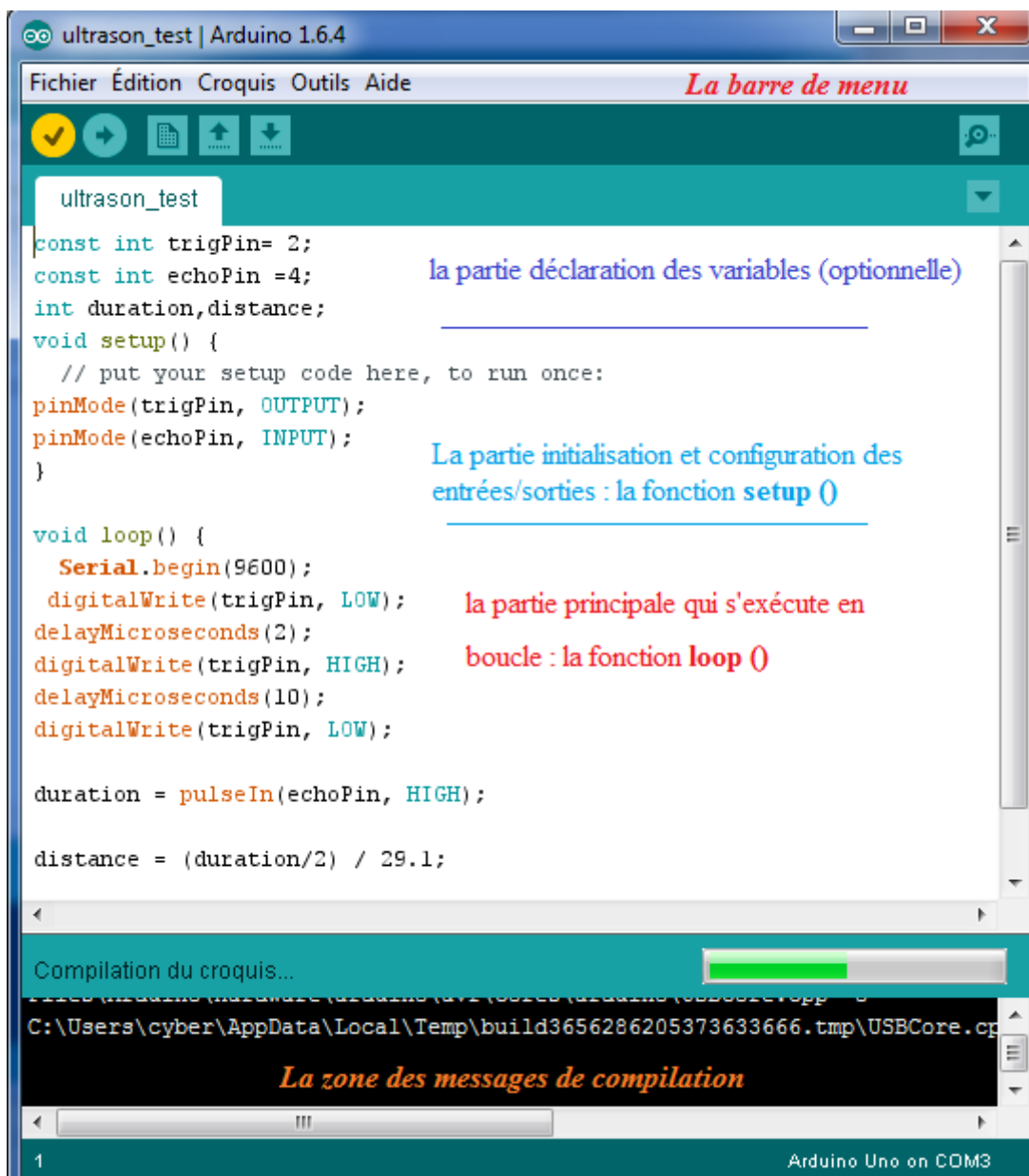
Il fonctionne sur Mac, Windows et Linux , les enseignants et les étudiants l'utilisent pour construire des instruments scientifiques, la programmation des composants électroniques et la robotique.

Peu coûteux : cartes Arduino sont relativement peu coûteux par rapport à d'autres plates-formes de microcontrôleurs. [Net 21]

### **b. Définition du logiciel Arduino**

Le logiciel Arduino de programmation des modules Arduino Uno est une application Java multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware (programme intégré dans un matériel informatique) et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler et uploader(télécharger dans la pièce) les programmes via l'interface en ligne de commande. [Net 21]

Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec avr-g++, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino à toute personne maîtrisant le Cou le C++.



**Figure 33** Interface de logiciel Arduino avec ses des différentes parties

### c. Programme Arduino de simulation de fonctionnement du capteur ultrasonique

const Entier trigPin= 10; // le Broche N°10 qui connecte le canal de sortie du capteur Ultrason

const Entier echoPin =9; // le Broche N°9 qui connecte le canal d'entrée du capteur Ultrason

const Entier leda=6; // Une lampe nommé a et branché dans la fil N° 6

Entier duration,distance;// des variables entiers

**Procédure** setup() { // Le programme principal

Serial.begin(9600);

pinMode(trigPin, OUTPUT);

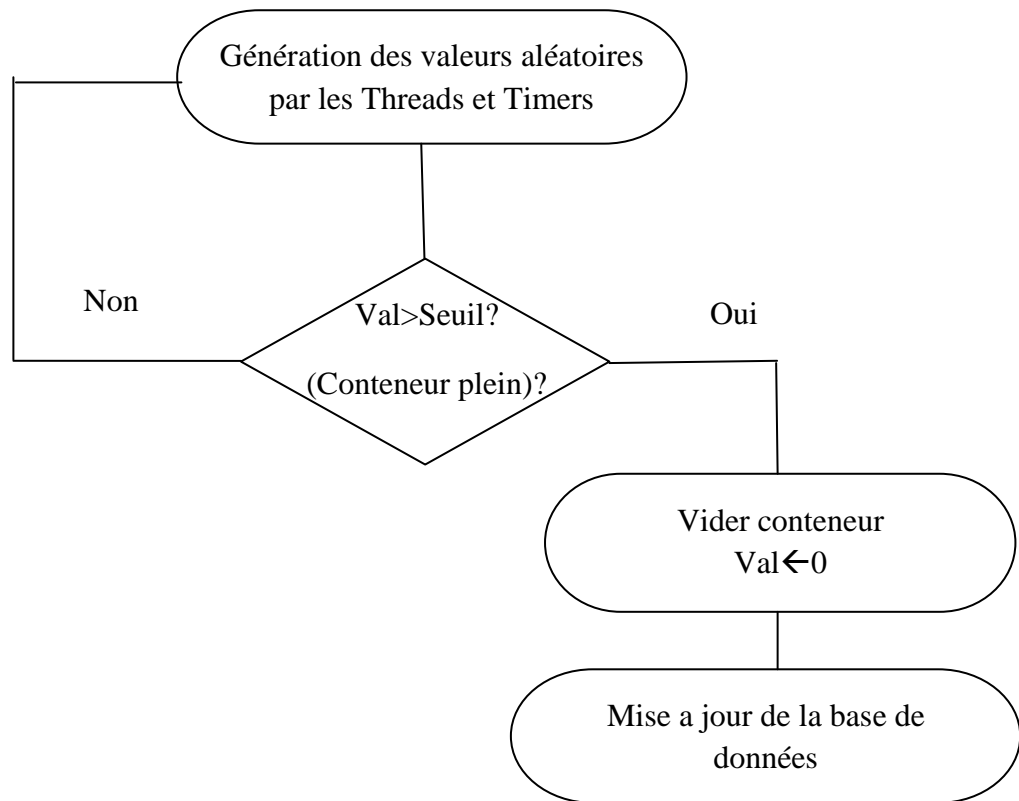
```
pinMode(echoPin, INPUT);
pinMode(leda, OUTPUT);
}
Procedure loop() { // la tache que le capteur répète
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = (duration/2) / 29.1;// calcul de distance a partir de vitesse de son
Si (distance > Seuil_conteneur ) Alors
{
    digitalWrite(leda,HIGH);// le capteur détecte si niveau le remplissage
    est dépassé le seuil de remplissage, le capteur allume une lampe
}
}
```

### III.2.2 Les différentes fonctions de notre application

Notre application réalise les fonctions suivantes

#### III.2.2.1 Détection de remplissage des conteneurs:

Les données envoyées par les capteurs est simulés dans l'application par la génération des nombres aléatoires par les objets threads et Timer ce nombre représente le niveau de remplissage des conteneurs comme suite:



**Figure 34** Processus de la reconnaissance de l'état d'un conteneur

Si le nombre généré égale à la valeur de seuil de remplissage de conteneur le programme envoie le code de conteneur, code capteur associé, X et Y d'emplacement géographique de ce conteneur. Dans le SIG la modalisation de l'état des conteneurs (vide, moyenne et plein) est représentée par des couleurs suivantes:

- Verte Si le taux de remplissage dans l'intervalle [0-25] %.
- Bleu Si le taux de remplissage dans l'intervalle [25-79] %.
- Rouge Si le taux de remplissage dans l'intervalle [79-100] %.

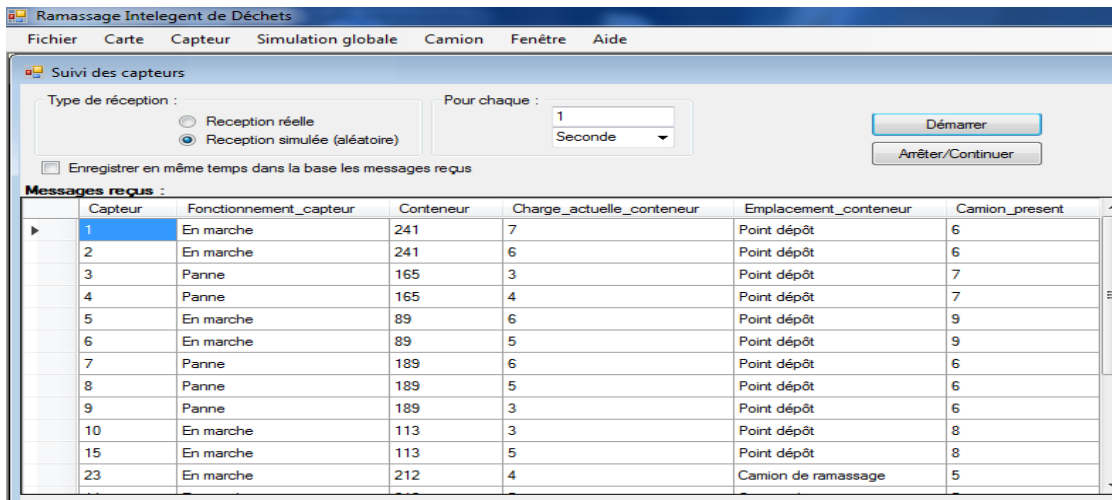


Figure 35 Les informations reçu par le capteur

### III.2.2.2 Les statistiques

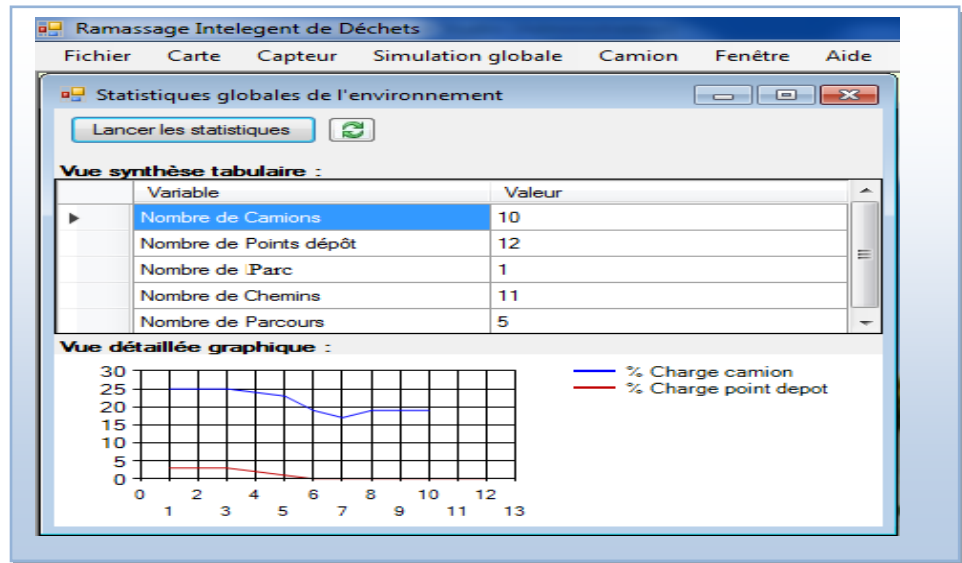
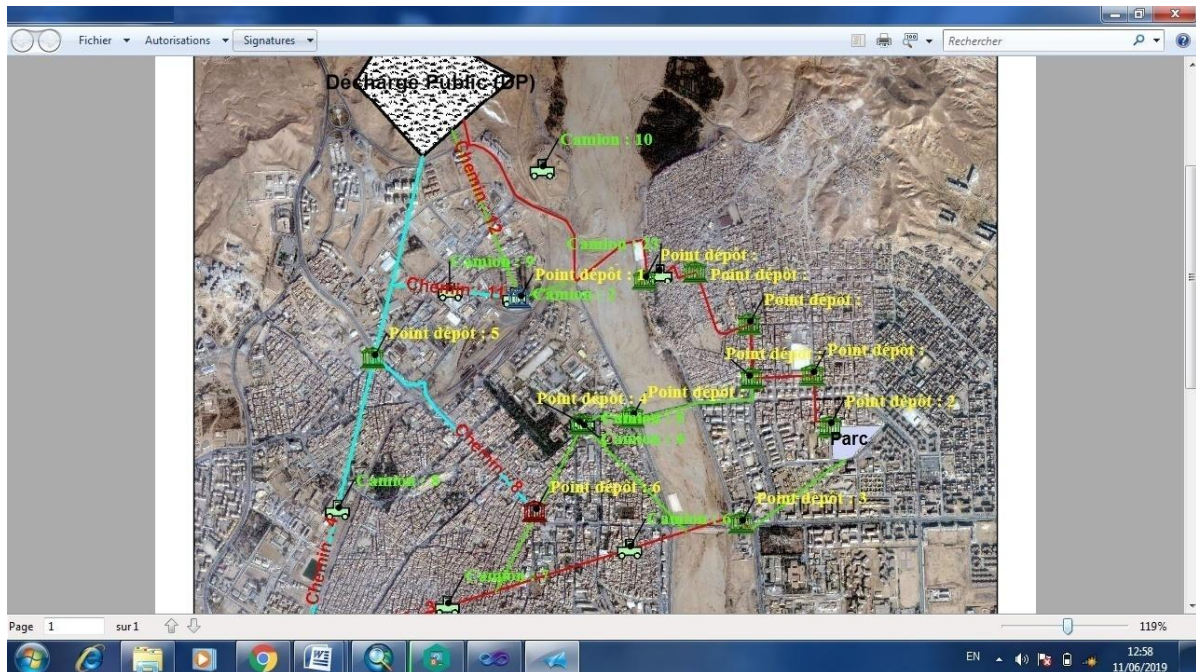


Figure 36 Statistiques des charges pour les camions et les points dépôts

A partir des données stockées dans la base de données de notre application nous avons construis une courbe pour la comparaison entre le pourcentage de charge concernant les camions et les points dépôts.



### III.2.2.3 Construction de parcours intelligent



**Figure 37** Parcours optimal des camions pour la collecte de déchets

On a appliqué deux méthodes:

1. Dans la carte géographique on sélectionne le parcours optimal par la souris selon l'état des routes, conteurs et camions le SIG affiche toutes les états des couches en temps réel avec la base de données modifié par notre application.
2. On a appliqué l'algorithme intelligent de voyageur de commerce connu dans la théorie de graphe.

### III.2.3 Les algorithmes utilisés

Algorithme de la recherche de plus cours chemin

Le graphe est noté  $G=(S,A)$  où :

- l'ensemble  $S$  est l'ensemble fini des sommets du graphe  $G$
- l'ensemble  $A$  est l'ensemble des arcs de  $G$  tel que : si  $(S1,S2)$  est dans  $A$  , alors il existe un arc depuis le nœud  $S1$  vers le nœud  $S2$  ;

- on définit la fonction poids définie sur  $SXS$  dans  $R^+$  qui à un couple  $(S1,S2)$  associe le poids positif  $\text{poids}(S1,S2)$  de l'arc reliant  $S1$  à  $S2$  (et  $+\infty$  s'il n'y a pas d'arc reliant  $S1$  à  $S2$ ).
- $P$  sous graph

Entrées:  $G=(S,A)$  un graph avec une pondération positive  $\text{poids}$  des arcs,  $S_{deb}$  un sommet de  $S$

**Initialisation** ( $G, s_{deb}$ )

**Pour** chaque point  $s$  de  $G$  **faire**

$d[s] := \text{infini}$  /\* on initialise les sommets autres que  $s_{deb}$  à infini \*/

**Fin pour**

$d[s_{deb}] := 0$  /\* la distance au sommet de départ  $s_{deb}$  est nulle \*/

$P \leftarrow \emptyset$

$d[a] \leftarrow +\infty$  pour chaque sommet

$d[S_{deb}] \leftarrow 0$

**Tant qu'il** existe un sommet hors de  $P$  **Faire**

Choisir un sommet  $a$  hors de  $P$  de plus petit distance  $d[a]$

Mettre  $a$  dans  $P$

**Pour chaque** sommet  $b$  hors de  $P$  voisin de  $a$

$d[b] \leftarrow \text{Min}(d[b], d[a] + \text{Poids}(a,b))$

**Fin Pour**

**Fin Tant que**

Recherche d'un nœud de distance minimale

**Trouve\_min**(  $Q$  )

$\text{Mini} := \text{infini}$

$\text{Sommet} := -1$

**Pour** chaque sommet  $s$  de  $Q$

**si**  $d[s] < \text{mini}$

**alors**

$\text{mini} := d[s]$

$\text{sommet} := s$

Renvoyer  $\text{sommet}$

Mise à jour des distances

$\text{Maj\_distance}(s1, s2)$

**si**  $d[s2] > d[s1] + \text{poids}(s1, s2)$  /\* si la distance de  $s_{deb}$  à  $s2$  est plus grande que \*/  
/\* celle de  $s_{deb}$  à  $s1$  plus celle de  $s1$  à  $s2$  \*/

**alors**

```

d[s2] := d[s1] + poids(s1,s2) /* on prend ce nouveau chemin qui est plus court */
Prédécesseur [s2] := s1      /* en notant par où on passe */

```

## Le programme principal

```

Dijkstra (G,poids,sdeb)
Initialisation (G,sdeb)
Q := ensemble de tous les noeuds
tant que Q nest pas un ensemble vide faire
    s1 := trouve_min(Q)
    Q : Q privé de s1
    Pour chaque nœud s2 voisin de s1 faire
        Maj_distances (s1 ,s2)
    Fin pour
Fin tant que

```

Recherche de plus cours chemin

```

A = suite vide
S := sfin
Tant que s != sdeb faire
    A = A+s          /* on ajoute s à la suite A */
    S = prédécesseur [s] /* on continue de suivre le chemin */
Fin tant que

```

### III.2.4 L'intelligence dans notre projet

- ✓ Notre capteur fonctionne autonome, il ne nécessite pas la présence de l'humain lors sa mesure de niveau de remplissage de la poubelle d'un part et d'autre part;
- ✓ Notre projet utilise un algorithme intelligent pour la recherche de chemin optimal entre les camions et les conteneurs.

## III.3 Partie matériels

On a utilisé dans projet les composants électroniques suivantes:

### III.3.1. La carte Arduino

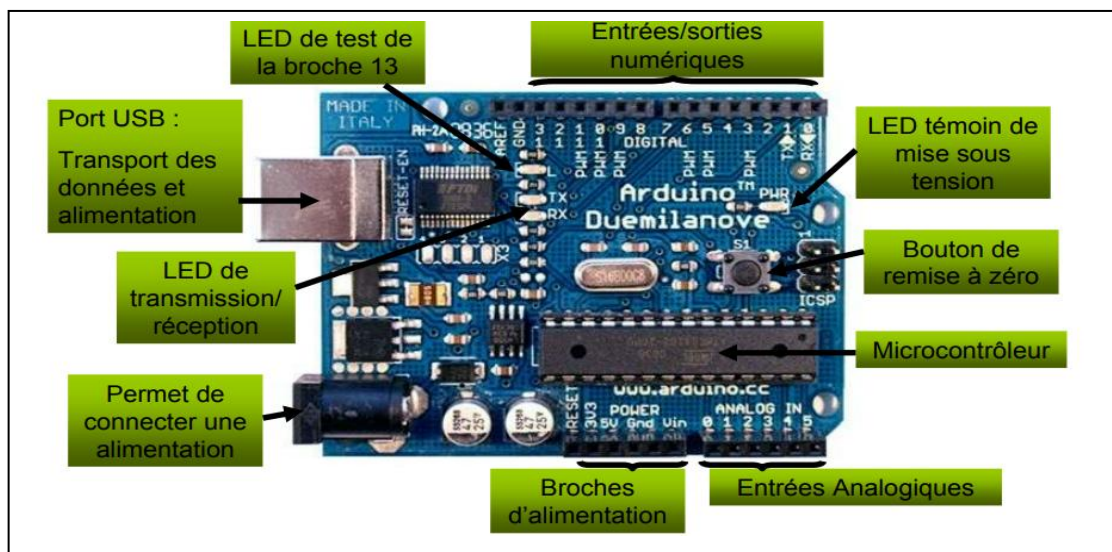
- Une plate-forme de développement et de prototypage Open Source.
- Le rôle de la carte Arduino est de stocker un programme et de le faire fonctionner.

il contient:

- Les Shields (cartes d'extension) avec des fonctions diverses qui s'enchâssent sur la carte Arduino :par exemple: Les Relais, commande de moteurs, lecteur carte SD, ...

- Module Ethernet, WIFI, GSM, GPS, ...
- Les Afficheurs LCD, Écran TFT, ... [Net 16]

Il dispose de 14 broches numériques d'entrée / sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un résonateur céramique de 16 MHz, d'une connexion USB, une prise d'alimentation, d'une embase ICSP et d'un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour soutenir le microcontrôleur; suffit de le brancher à un ordinateur avec un câble USB ou de la puissance avec un adaptateur ou la batterie AC-DC pour commencer.



**Figure 38** La carte Arduino [Net 16]

### III.3.2. Le capteur Ultrason

Broches de connexion

- ✓ Vcc = Alimentation +5 V DC
- ✓ Trig = Entrée de déclenchement de la mesure (Trigger input)
- ✓ Echo = Sortie de mesure donnée en écho (Echo output)
- ✓ GND = Masse de l'alimentation [Net 21]

#### III.3.2.1 Fonctionnement

Pour déclencher une mesure, il faut présenter une impulsion "high" (5 V) d'au moins 10  $\mu$ s sur l'entrée "Trig". Le capteur émet alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40

kHz, puis il attend le signal réfléchi. Lorsque celui-ci est détecté, il envoie un signal "high" sur la sortie "Echo", dont la durée est proportionnelle à la distance mesurée.

### III.3.2.2 Mesure de la distance d'un objet(déchet)

La distance parcourue par un son se calcule en multipliant la vitesse du son, environ 340 m/s (ou 34'000 cm/1'000'000  $\mu$ s) par le temps de propagation, soit :  $d = v \cdot t$  (distance = vitesse  $\cdot$  temps) Le HC-SR04 donne une durée d'impulsion en dizaines de  $\mu$ s. Il faut donc multiplier la valeur obtenue par 10  $\mu$ s pour obtenir le temps t. On sait aussi que le son fait un aller-retour. La distance vaut donc la moitié.  $d = 34'000 \text{ cm}/1'000'000 \mu\text{s} \cdot 10\text{us} \cdot \text{valeur} / 2$  en simplifiant  $d = 170'000 / 1'000'000 \text{ cm} \cdot \text{valeur}$  Finalement,  $d = 17/100 \text{ cm} \cdot \text{valeur}$  La formule  $d = \text{durée}/58 \text{ cm}$  figure aussi dans le manuel d'utilisation du HC-SR04 car la fraction 17/1000 est égale à 1/58.8235. Elle donne cependant des résultats moins précis

Le capteur HC-SR04 est intéressant. Pour un coût très bas, il donne des résultats étonnants de précision. L'écart est d'environ 3 cm avec un objet placé à 2 m, ce qui représente une erreur inférieure à 2 %. [Net 21].

### III.3.2.3 Résultats de mesure du distance de déchets par le capteur Ultrason

Le test de fonctionnement du capteur ultrason dans le conteneur a donné les résultats suivantes

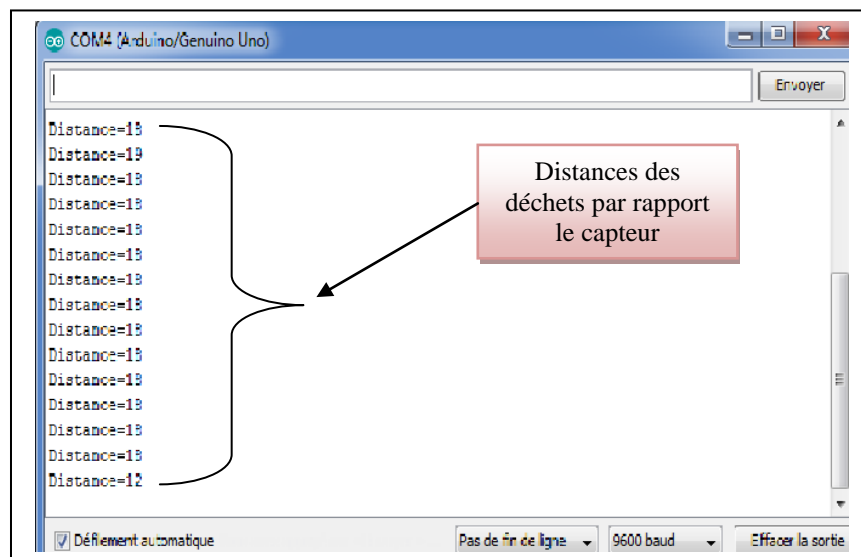
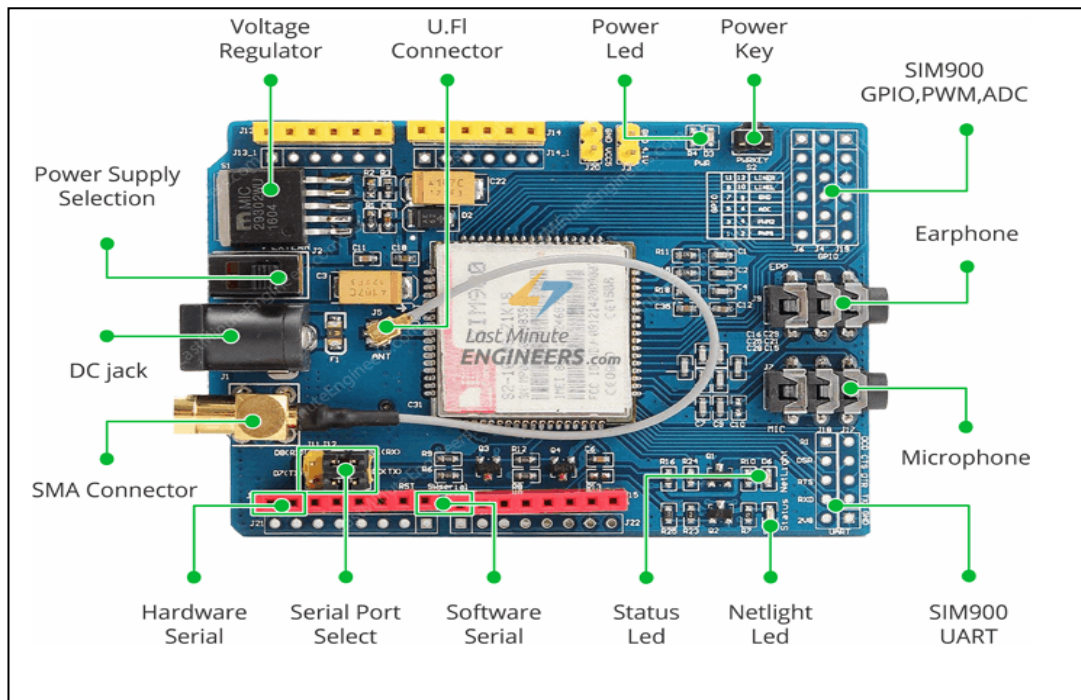


Figure 39 Mesure de distance des déchets dans un conteneur

### III.3.3 La carte GSM sim900

**GSM** signifie **G**lobal **S**ystème pour **M**obiles Communications et est la norme mondiale pour les communications mobiles.

**GPRS** signifie **G**énéral **P**acket **R**adio **de** service. GPRS est un service mobile sur la communication cellulaire 2G et 3G.



**Figure 40** La carte GSM sim900 [Net 16]

#### III.3.3.1 Caractéristiques de la carte GSM

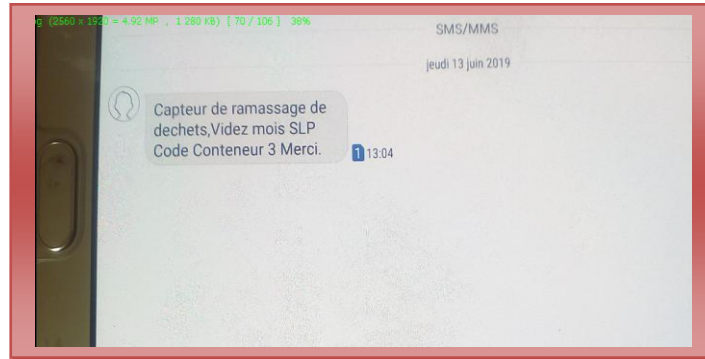
Voici quelques-unes des caractéristiques les plus importantes de la carte GSM:

- Compatible avec Arduino.
- Basé sur le module SIM900 de SIMCOM
- Elle permet de envoyer des SMS, MMS, GPRS et Audio via UART à l'aide de commandes AT.
- Elle possède 12 GPIO, 2 PWM et un ADC intégré du module SIM900
- Bande quad: 850; 900; 1800 et 1900 MHZ, elle devrait donc fonctionner dans tous les pays dotés de réseaux GSM
- Contrôle via les commandes AT
- Prend en charge l'horloge temps réel (RTC) - elle a un support pour une pile 3V

CR1220 à l'arrière.

Possède des prises micro et casque pour les appels téléphoniques

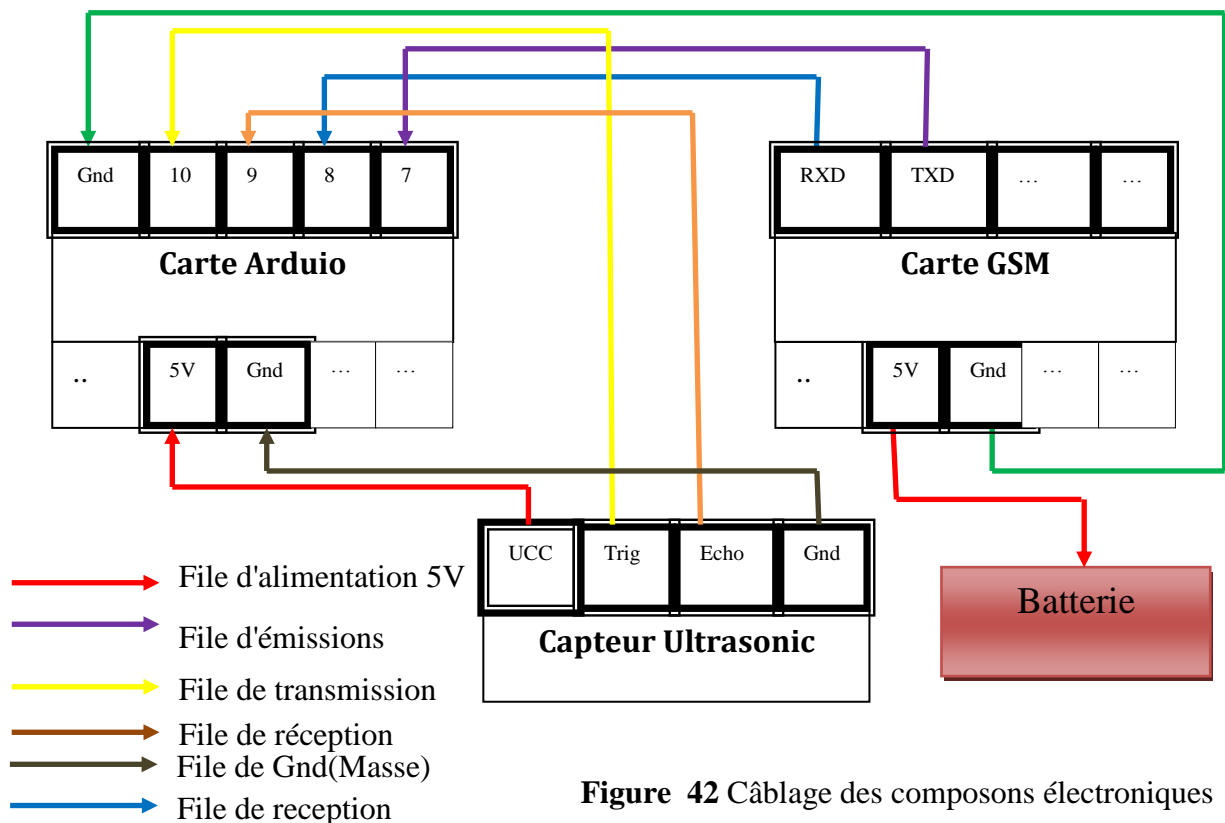
### III.3.3.2 Résultats d'envoi des messages par la carte GSM



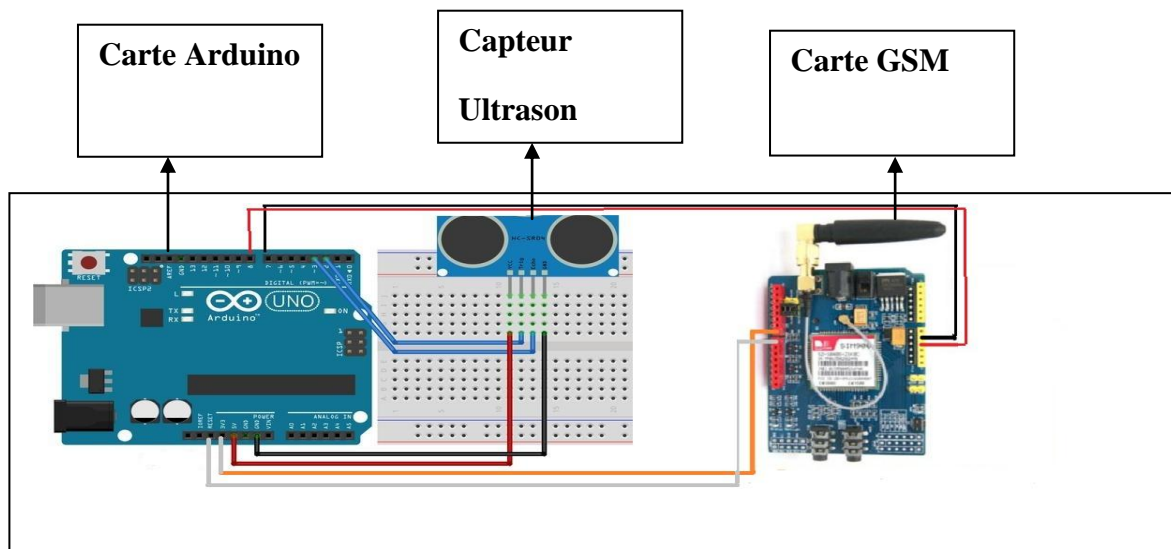
**Figure 41** Message obtenu par le capteur n°3

Le capteur surveille le niveau de la poubelle s'il égale à la valeur du seuil spécifier dans notre programme il active la carte GSM, cette dernier répondre par l'envoi de message au numéro de téléphone spécifier dans le programme

### III.3.4 Câblage des composants électroniques



**Figure 42** Câblage des composants électroniques



**Figure 43** Connexion des composants électroniques

### III.3.4.1 Programme qui gère les composants électroniques de notre système

```
#include <SoftwareSerial.h>

const int trigPin= 10;
const int echoPin =9;
SoftwareSerial SIM900(7,8);
int duration,distance;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  SIM900.begin(19200);
  delay(20000);
}

void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
```



```
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = (duration/2) / 29.1;
Serial.print("Distance=");
Serial.println(distance);
if (distance <= 12 )
{
  sendSMS();
  delay(20000);
}
}

void sendSMS()
{
  SIM900.print("AT+CMGE=1\r");
  delay(100);
  SIM900.println("AT + CMGS = \"Numéro de téléphone de station d'analyse\"");
  delay(100);
  SIM900.println("Capteur de ramassage de dechets, Videz mois SLP Code Conteneur 3
  Merci.");
  delay(100);
  // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
  SIM900.println((char)26);
  delay(100);
  SIM900.println();
}
```

### III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les outils logiciels et matériels ainsi que la démarche à suivre pour réaliser une application basé sur les événements des capteurs et la localisation par le système d'information géographique.

Cette implémentation exige des outils bien particuliers qui sont développés pour exploiter notre application tels que un langage de programmation des composants électroniques(Arduino et proteus), un logiciel de traitement des cartes géographique (ArcGis) et un langage de programmation C# permet de créer une application capable d'utiliser le système SIG d'un part et d'autre part permet la manipulation d'une base de données des cartes géographique et vérifier le remplissage des conteneurs des déchets par l'envoi des messages on utilisons les réseaux GSM.

## CONCLUSION GENERALE

Les capteurs sans fil présentent des spécificités bien particulières. Ils se caractérisent par l'aspect miniaturisé et les ressources limitées en termes d'énergie, calcul et stockage. Ils traitent deux types d'applications: les applications orientées événements et les applications orientées surveillance. Dans le premier type, on a étudié principalement les événements envoyés par les capteurs Ultrason a travers la détection de remplissage des conteneurs.

Dans le cadre de notre projet, on s'est intéressé aux applications orientées détection et localisation. Ces applications consistent à envoyer des informations périodiques à un centre de contrôle distant(Station d'analyse) .Ces informations peuvent être exploitées directement ou stocker dans une base de données pour effectuer une recherche intelligente d'un parcours ou localiser géographiquement des informations importantes dans une zone d'intérêt par l'utilisation de SIG et le système GPS.

Notre perspective est:

- ✓ Utiliser les agents au lieu de threads et timer
- ✓ Utiliser l'internet dans l'application (Outil Web)
- ✓ Ajouter d'autre senseurs par exemple le capteur qui détecte le feux pour la détection et la localisation d'un incendie dans le conteneur.
- ✓ Utiliser un mécanisme de compactage de déchets dans le conteneur pour agrandir le temps de remplissage de la poubelle et minimiser le nombre de tour pour les camions.
- ✓ Utiliser le composant électronique Raspberry au lieu de trois composants électroniques (Carte Arduino, Carte GSM, capteur), il est moins chère et plus efficace .

### Bibliographie

- [HAB 2000]: Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth HABERT - IRD 2000
- [LVB 2004] : Livre blanc ; « Sécurité des systèmes sans fil ». Cyber Networks ; Janvier 2004
- [AKY 2002]: I.F. AKYILDIZ, W. S. SANKARASUBRAMANIAM, E. CAYIRCI: Wireless Sensor Networks: A Survey. Computer networks, 2002
- [KAN 2017]: Mémoire : Génération Et Distribution De Clés Dans Les Réseaux De Capteurs Corporels Sans Fil (WBAN<sup>s</sup>) KANDOUCCI ABDESSAMAD 2017
- [WLY 1995]: Willy PIRARD PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE TELEPHONIE MOBILE GSM 1995
- [AGH 2001]: Al Agha pujolle vivier Réseaux de mobiles & Réseaux sans fil 2001
- [DUC 2013]: Tony Ducrocq Auto-organisation des réseaux sans-fil multi-sauts dans les villes intelligentes
- [SAD 2018]: Hassane Saadoun Qu'est-ce qu'une ville intelligente ? 30 Juin 2018
- [ALO 2017]: Une Approche Agent Mobile Pour Les Réseaux De Capteurs

### Webographie

- [Net1] <https://www.ecubelabs.com/fr/#benefits>  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau\\_de\\_capteurs\\_sans\\_fil#Architecture](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_capteurs_sans_fil#Architecture)
- [Net2] [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau\\_de\\_capteurs](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_capteurs)
- [Net3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau\\_de\\_capteurs\\_sans\\_fil#Architecture d.27un\\_microcapteur](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_capteurs_sans_fil#Architecture_d.27un_microcapteur)
- [Net4] <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>
- [Net5] <https://www.urbanfutur.com/blank>
- [Net6] <https://www.esrifrance.fr/sig2.aspx>
- [Net7] [https://www.memoireonline.com/02/10/3158/m\\_Conception-et-realisation-dune-application-de-webmapping-danalyse-territoriale-sur-des-SIG-et-bas6.html](https://www.memoireonline.com/02/10/3158/m_Conception-et-realisation-dune-application-de-webmapping-danalyse-territoriale-sur-des-SIG-et-bas6.html)
- [Net8] <https://www.etteplan.com/references/enevo>
- [Net 9] <http://www.brangon.fr/gestion-globale-dechets/dechets-menagers/>
- [Net 10] <https://www.ecubelabs.com/>
- [Net 11] <https://www.urbanfutur.com/projects//vedio> poubelle
- [Net12] <https://www.tsa-algerie.com/quest-ce-quune-ville-intelligente/> //definition de la ville intelligente
- [Net 13] [https://www.youtube.com/watch?v=Da-yt\\_d40Iw](https://www.youtube.com/watch?v=Da-yt_d40Iw) // \*
- [Net 14] <https://www.youtube.com/watch?v=BljjGd-v2zw> // \*
- [Net15] <https://resources.arcgis.com/fr/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- [Net 16] [http://www2.ac-lyon.fr/lyc69/descartes/IMG/pdf/Capteur\\_ultrasonique\\_Li2oc.pdf](http://www2.ac-lyon.fr/lyc69/descartes/IMG/pdf/Capteur_ultrasonique_Li2oc.pdf)

## Webographie

---

- [Net 17] <https://resources.arcgis.com/fr/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>
- [Net 18] [www.google.com/search?rlz=1C1CHBD\\_frDZ843DZ843&biw=1280&bih=560&tbm=isch&sa=1&ei=W3nfXI\\_VEZGOatORi7gC&q=définition](http://www.google.com/search?rlz=1C1CHBD_frDZ843DZ843&biw=1280&bih=560&tbm=isch&sa=1&ei=W3nfXI_VEZGOatORi7gC&q=définition)
- [Net 19] <http://ibni.over-blog.com/article-cours-capteurs-intelligents-insa-87941667.html>
- [Net 20] <https://interstices.info/le-probleme-du-voyageur-de-commerce/>
- [Net 21] <https://www.gotronic.fr/pj2-hc-sr04-utilisation-avec-picaxe-1343.pdf>
- [Net 22] <https://www.natucom.ch/cartographie-et-sig/logiciels-et-materiel>
- [Net23] <https://circleknowledge.atlassian.net/wiki/spaces/CS/pages/198323/Enevo+One+-+Sensors+to+monitor+waste+collection>

## Annexe

Notre poubelle intelligente

