

**Université de Gafsa**  
**Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA**  
**Département d'Automatiques des Systèmes Industriels**



**Titre**

**Implémentation d'un système de surveillance cellulaire de la consommation  
d'énergie basé sur « IOT Internet Of Things »**

Présenté et soutenu par :

**SMARI NOUHA**

En vue de l'obtention de

**Licence en Technologies de l'Information et de la Communication**

Sous la Direction de : **Madame Ibrahmi Rabaa**

**2022/2023**

## **Résumé :**

L'Internet des objets (IoT) est un réseau d'appareils informatiques connectés, de machines mécaniques et numériques et d'objets, chacun avec un identifiant unique et la possibilité de transférer des données sur un réseau sans besoin d'interfaces homme-machine.

"l'internet des objets" est prévu avec de nouveaux domaines d'application tels que la surveillance, la sécurité, la santé, les maisons et les villes intelligentes, ainsi que les systèmes de logistique et de transport intelligents.

Ce projet vise à démontrer l'importance de la technologie Internet dans la vie quotidienne et les nouveaux objets qui ont émergé à la suite du développement humain récent. Il explique également comment créer un système de surveillance de la consommation d'énergie dans les stations de base.

## **Abstract :**

The Internet of Things (IoT) is a network of connected computing devices, mechanical and digital machines, and objects, each of which has a unique identifier and the ability to transfer data across a network without the need for human-machine interfaces.

New application areas such as surveillance, security, health, intelligent homes and cities, as well as intelligent logistics and transportation systems, are anticipated for "the internet of things."

This project aims to demonstrate the significance of Internet technology in daily life as well as the new objects that have emerged as a result of recent human development.

Additionally, it describes how to set up an energy consumption monitoring system for base stations.

# Dédicace

*Du plus profond de mon cœur et avec le plus grand plaisir de ce monde,*

*Je dédie ce travail*

*À mon cher père,*

*À ma chère mère,*

*Pour leurs sacrifices, leurs grands amours qu'ils m'ont porté.*

*Pour tout ce qu'ils ont enduré pour satisfaire toutes mes sollicitudes en espérant assister à ce  
jour bien distingué.*

*Que dieu les préserve en bonne santé et longue vie et qu'ils trouvent dans ces modestes mots  
le témoignage de ma gratitude et ma sincère reconnaissance.*

*À mes sœurs, mes frères*

*Qu'ils soient comblés de bonheur, de joie, de félicité et d'épanouissement.*

*J'espère que ma réussite leur donne le bon courage dans leurs études.*

*À tous les membres de ma grande famille*

*Recevez ici le témoignage de mon grand respect et reconnaissance, de ma gratitude  
et de mon profond attachement.*

*À tous mes amis*

*Que leurs noms dépassent la capacité d'être cités dans une page,*

*Pour leurs amitiés, leurs fraternités et leurs soutiens continus.*

*Qu'ils soient comblés de bonheur, de joie et de succès.*

*Au nom de l'amitié qui nous a réunis et de nos souvenirs inoubliables. Je leurs dédie ce  
travail qui sera le témoignage de mon amitié et de ma profonde reconnaissance.*

*MERCI*

## **REMERCIEMENT**

C'est avec grand plaisir que nous réservons ces quelques lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce projet.

Ce travail a été mené à bout grâce à l'apport scientifique et aux encouragements de Madame RABAA IBRAHMI . Nous tenons à les remercier pour leurs dévouements, leurs persévérances, et les encouragements qu'ils nous ont prodigués. Qu'ils trouvent ici l'expression des immenses gratitude pour la confiance qu'ils nous ont témoignée. Nous leur sommes reconnaissants pour avoir enrichi et développé notre formation et pour nous avoir aidé à maintes reprises par un commentaire éclairé et une suggestion judicieuse.

En guise de notre respect et de notre gratitude, nous tenons à remercier Monsieur, le président de jury, pour l'honneur qu'il nous a fait d'accepter de présider le jury de ce stage et aux Messieurs, les Membres de jury, qui nous a fait l'honneur de vouloir accepter de juger ce travail. .

Enfin, nous remercions sincèrement tous les membres du département ASI de l'ISSAT.

## Table des matières

<b>Résumé :</b> .....	1
<b>Abstract :</b> .....	1
Dédicace.....	2
<b>REMERCIEMENT</b> .....	3
<b>Chapitre 1 : Généralités sur L'internet des Objets :</b> .....	7
<b>I.Introduction:</b> .....	7
<b>II.Historique :</b> .....	7
<b>III.Définition :</b> .....	8
<b>1.IOT :</b> .....	8
<b>2.Platesformes de développement</b> .....	9
<b>3.Le Domaine D'Application</b> .....	9
<b>a)Exemple d'application IoT 1 : Transport / Logistique :</b> .....	10
<b>b)Exemple d'application IoT 2 : la maison intelligente :</b> .....	10
<b>c)Exemple d'application IoT 3 : Les villes intelligentes</b> .....	11
<b>d)Exemple d'application IoT 4 : Smart Factory</b> .....	11
<b>e)Exemple d'application IoT 5 : E-Health :</b> .....	12
<b>IV.Fonctionnement de l'IOT :</b> .....	13
<b>V.Les composants de l'IOT:</b> .....	13
<b>VI.Avantages et inconvénients de l'IoT :</b> .....	15
<b>VII.Les réseaux de capteurs :</b> .....	15
<b>VIII.Architecture d'un réseau capteur sans fil :</b> .....	16
<b>IX.Applications des réseaux de capteurs sans fil :</b> .....	17
<b>X.Conclusion :</b> .....	18
<b>Chapitre 2 : GSM</b> .....	19
<b>I.Introduction :</b> .....	19
<b>II.Historique :</b> .....	19
<b>III.La carte SIM :</b> .....	21
<b>IV.Le concept cellulaire :</b> .....	22
<b>1.Cellule :</b> .....	23
<b>V.Présentation de la norme GSM :</b> .....	24
<b>1.L'architecture du réseau GSM :</b> .....	24
<b>a)Sous système radio (BSS) :</b> .....	25
<b>b)La station mobile (MS) :</b> .....	25
<b>c)Station de base (BTS) :</b> .....	25
<b>d)Le contrôleur de station de base (BSC) :</b> .....	26

e) Sous système réseau (NSS) :	27
f) Centre d'authentification (AUC) :	28
g) Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) :	28
h) Enregistreur des identités des équipements (EIR) :	28
i) Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) :	28
2. Les interfaces du réseau GSM :	28
3. La transmission sur l'interface radio :	29
<b>Chapitre 3 : partie réalisation</b>	<b>30</b>
<b>I. Introduction</b>	<b>30</b>
<b>II. Analyse des besoins de système</b> :	<b>30</b>
1. Besoins matériels :	30
a) Carte esp8266 (nodeMCU) :	30
b) Choix de l'esp8266 :	31
c) Caractéristiques : [16]	31
d) Potentiomètre :	32
2. Besoin software	33
<b>III. La vue statique du système d'IoT</b>	<b>33</b>



# Chapitre 1 : Généralités sur L'internet des Objets :

## I. Introduction:

L'IOT maintenant l'une des technologies les plus importantes du 21<sup>e</sup> siècle, ayant émergé ces dernières années possibilité de connecter des objets du quotidien à Internet à l'aide de terminaux intégrés, tels que des appareils électroménagers, des automobiles, des thermostats et des interphones pour bébés , une communication transparente entre les personnes, les processus et les objets est désormais concevable.

Les objets peuvent partager et collecter des données avec le moins d'implication humaine grâce au traitement informatique à faible coût au cloud, à l'analyse de données volumineuses et aux technologies mobiles. Les systèmes peuvent enregistrer, surveiller et ajuster chaque interaction entre les objets connectés dans le monde hyperconnecté d'aujourd'hui monde physique rencontre le monde numérique et ils travaillent ensemble.

Dans ce chapitre, nous expliquerons ce qu'est l'Internet des objets pour quelles applications il peut être utilisé comment ses composants fonctionnent, quels avantages et inconvénients il offre et comment il est lié aux réseaux de capteur.

## II. Historique :

Le terme "Internet des objets" a été utilisé pour la première fois en 1999 au laboratoire Auto-ID Center MIT, où les chercheurs travaillaient sur les technologies émergentes de détection et d'identification par radiofréquence (RFID) dans les réseaux.

Kevin Ashton, informaticien britannique : Le premier qui a utilisé le terme « Internet of Things » en 1999 pour décrire les microprocesseurs d'identification par radiofréquence (RFID). Selon le



groupe Cisco Internet Business Solutions (IBSG), l'Internet des objets est né entre 2008 et 2009, au moment où plus de « choses ou d'objets » étaient connectés à Internet que de personnes. [1]

La population mondiale est passée à plus de 6,3 milliards de personnes en 2003, et 500 millions d'appareils étaient en ligne. Le résultat de la division du nombre d'appareils connectés de la population mondiale par ce nombre révèle que moins de personnes possèdent qu'un seul appareil connecté. L'Internet des objets n'existait pas encore en 2003, selon la définition de Cisco IBSG, car il n'y avait pas beaucoup d'objets connectés à l'époque. Les appareils les plus populaires à l'heure actuelle, comme les smartphones, n'ont été introduits que récemment sur le marché. Exemple, Steve Jobs, PDG d'Apple, n'a pas officiellement présenté l'iPhone avant le Macworld conférence du 9 janvier 2007. A la croissance explosive des smartphones et des tablettes, il y avait 12,5 milliards d'appareils connectés à Internet dans le monde en 2010 alors qu'il n'y avait que 6,8 milliards de personnes sur la planète. Pour la première fois dans l'histoire, le nombre d'appareils connectés par personne dépasse 1 (1,84 pour être exact).

Maintenant, il y a plus de 50 milliards d'appareils IoT en 2020, et ces appareils généreront 4,4 zettaoctets de données cette année. (Un zettaoctet est un billion de giga-octets.) En comparaison, en 2013, les appareils IoT ont généré seulement 100 milliards de giga-octets. Le montant d'argent à gagner sur le marché de l'IoT est également stupéfiant ; les estimations de la valeur du marché en 2025 varient de 1,6 billion de dollars à 14,4 billions de dollars. [1]

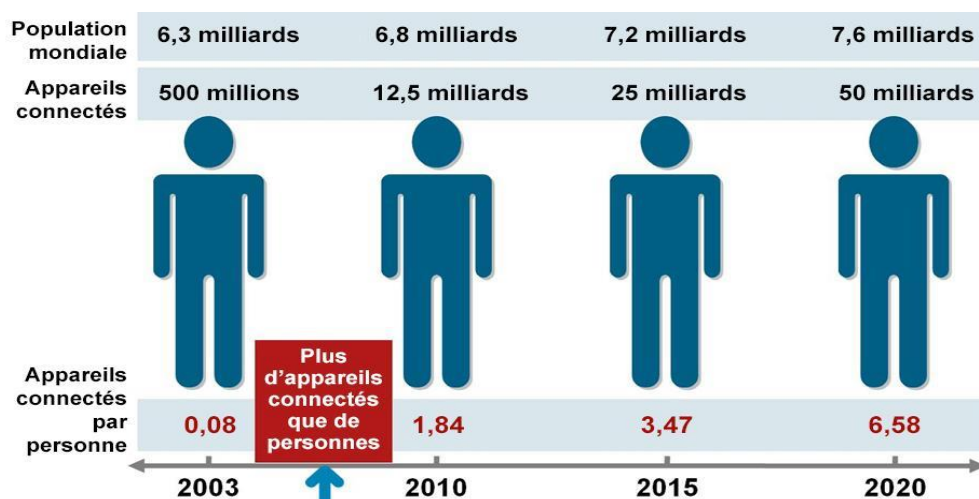


Figure 01 : statistique sur l'IOT

### III. Définition :

#### 1. IOT :

L'Internet des objets (IoT) a été défini en tant qu'infrastructure mondiale pour la société de l'information, permettant des services avancés en interconnectant des objets (physiques et virtuels) basés sur des technologies d'information et de communication interopérables existantes et en évolution (dans la Recommandation UIT-T Y.2060(06/2012)) [1].

De son côté, l'IEEE définit l'IoT comme un « réseau d'éléments chacun muni de capteurs qui sont connectés à Internet ».

L'IoT-GSI définit également un objet connecté comme un équipement possédant les sept attributs suivants :

- ✓ Capteurs
- ✓ Connectivité à Internet
- ✓ Processeurs
- ✓ Efficacité énergétique
- ✓ Coût optimisé
- ✓ Fiabilité
- ✓ Sécurité

## **2. Plateformes de développement**

Les plateformes de développement d'équipements permettent de développer des prototypes et des projets électroniques IoT utilisés par les ingénieurs, les développeurs et les amateurs pour créer des appareils connectés, des capteurs, des systèmes de surveillance et bien plus encore.

Les plates-formes utilisent fréquemment des microcontrôleurs ou des mini-ordinateurs comme base et incluent des fonctionnalités telles que la connectivité Wi-Fi et Bluetooth, la gestion de l'alimentation, l'interaction avec les capteurs et les actionneurs, etc.

Les plates-formes de développement d'équipements sont livrées avec un logiciel de développement qui permet aux programmeurs de créer des applications IoT. Des exemples de ces logiciels incluent des environnements de codage, des bibliothèques de codes et des outils de débogage.

## **3. Le Domaine D'Application**

L'Internet des objets (IoT) a un impact sur plusieurs domaines d'application.

Gubi et Al. [2] divisé les candidatures en quatre catégories dans leur article :

- 1) La catégorie humaine,
- 2) La catégorie transport,
- 3) La catégorie environnementale
- 4) La catégorie infrastructure et services publics.

Dans le schéma ci-dessous, l'Internet des objets est désormais présent à la fois dans notre vie personnelle quotidienne et dans les services publics fournis par le gouvernement.



**Figure 02 : domaines d'application**

#### **a) Exemple d'application IoT 1 : Transport / Logistique :**

L'IoT fait progresser les systèmes de positionnement global et d'identification automatique du fret dans la logistique de transport, en plus des systèmes de flux de matériaux. Il améliore l'efficacité énergétique et réduit ainsi la consommation d'énergie.

#### **b) Exemple d'application IoT 2 : la maison intelligente :**

Les maisons seront conscientes de ce qui se passe à l'intérieur d'un bâtiment et se concentreront principalement sur trois aspects : l'utilisation des ressources (consommation d'eau et d'énergie), la sécurité et le confort.

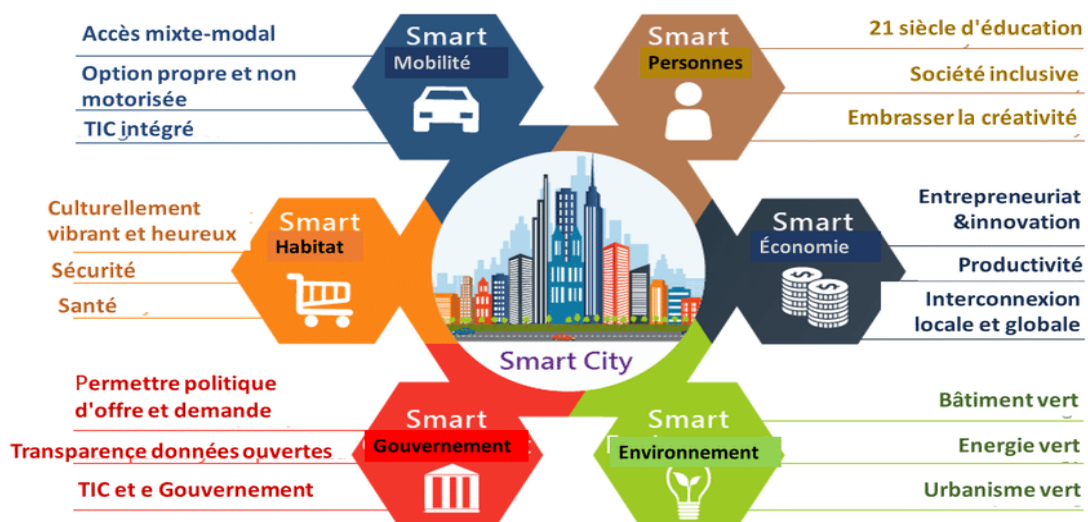


**Figure 03 : Smart Home**

### c) Exemple d'application IoT 3 : Les villes intelligentes

Au rythme actuel des progrès dans la création de villes intelligentes, il deviendra tout à fait possible d'intégrer la technologie IoT dans le développement des villes. Les villes intelligentes peuvent être considérées comme les villes du futur et le futur de la vie intelligente.

L'Internet des objets (IoT) a le potentiel d'améliorer les villes à plusieurs niveaux, y compris les infrastructures, transport, etc.

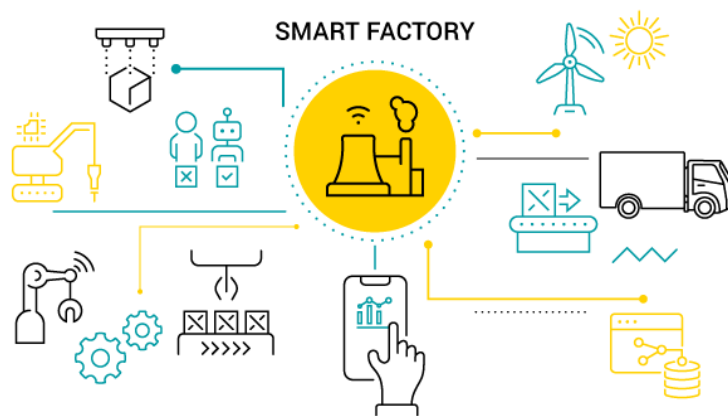


**Figure 04 : Smart City**

### d) Exemple d'application IoT 4 : Smart Factory

Grâce aux étiquettes d'identification par radiofréquence (RFID), les entreprises pourront surveiller tous leurs produits dans une chaîne d'approvisionnement mondiale.

De plus, des capteurs faciliteront la maintenance des machines en permettant une surveillance en temps réel de la santé et de la fonctionnalité des équipements de l'usine.



**Figure 05 : Smart Factory**

#### **e) Exemple d'application IoT 5 : E-Health :**

Les principaux objectifs des futurs soins de santé sont le contrôle et la prévention. Même si le patient et le spécialiste ne sont pas dans le même emplacement, au même endroit, les gens peuvent désormais faire surveiller et suivre leurs soins par des experts.

Le composant qui rend la cyber santé assistée par l'IoT très polyvalent est la capacité de retracer l'historique de santé d'une personne.



**Figure 06 : E-Health**

## IV. Fonctionnement de l'IOT :

L'internet des objets fonctionne principalement avec des capteurs et objets connectés placés dans/sur des infrastructures physiques. Ces capteurs vont alors émettre des données qui vont remonter à l'aide d'un réseau sans fil sur des plateformes IoT. Elles pourront ainsi être analysées et enrichies pour en tirer le meilleur profit. Ces plateformes de **data management** et de **data visualisation** sont les nouvelles solutions IoT permettant aux territoires, entreprises ou même usagers d'analyser les données et d'en tirer des conclusions pour pouvoir adapter pratiques et comportements. [3]

L'IoT peut être envisagé comme un ensemble de technologies reliées entre elles dans trois domaines principaux :



**Figure 07 : Fonctionnement de l'IOT**

**Things** : les « Things » sont des éléments physiques disposant de capteurs intégrés et qui sont connectés à Internet. Ces objets envoient des données de télémétrie (comme lors du passage d'une voiture sur une autoroute à l'aide des capteurs de mouvement ou de pression).

**Insights** : il s'agit des résultats du traitement et de l'analyse des données brutes envoyées par les Things. Par exemple : en calculant le nombre de voitures qui passent par minute, on peut déduire l'état du trafic sur une autoroute.

**Actions** : il s'agit de la réponse automatisée ou manuelle aux informations remontées par l'Insight. Par exemple : si l'Insight montre qu'il y a des embouteillages, des alertes peuvent être envoyées à divers systèmes tels que les tableaux d'affichage des autoroutes ou les différentes applications de navigation utilisées par les automobilistes.

## V. Les composants de l'IOT:

Nous avons entendu parler de l'Internet des objets, l'IoT qui permet la connexion de nos appareils intelligents et des objets au réseau pour fonctionner efficacement et à distance.

Le tableau suivant présente les composants principaux de l'IOT :

Composants	Définition
Objets Physiques	Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent de transcender son usage initial pour proposer de nouveaux services. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (Wi-Fi, Bluetooth, réseaux de téléphonie mobile réseau radio à longue portée de type Sigfox ou LoRa, etc.), qui le relie à Internet ou à un réseau local
Capteurs	Ils sont installés sur les objets connectés, ils sont plus ou moins intelligents, selon qu'ils intègrent ou non eux-mêmes des algorithmes d'analyse de données, et qu'ils soient pour certains auto-adaptatifs. Les capteurs connus sont : Capteurs de température et thermostats, Capteurs de pression, Humidité / niveau d'humidité, Détecteurs d'intensité lumineuse, Capteurs d'humidité, Détection de proximité, Étiquettes RFID
Gens	Exemple : Les humains peuvent contrôler l'environnement via des applications mobiles
Presentations de Service	Exemple : Services Cloud - peuvent être utilisés pour : ✓ Traiter les Big Data et les transformer en informations précieuses ✓ Construire et exécuter des applications innovantes ✓ Optimiser les processus métier en intégrant les données de l'appareil
Plateformes	Elle est considérée comme un type d'intergiciel utilisé pour connecter les composants IoT (objets, personnes, services, etc.) à l'environnement l'IoT.

Réseaux	Les composants IoT sont liés entre eux par des réseaux, utilisant diverses technologies, normes et protocoles sans fil et filaire.
---------	--

## VI. Avantages et inconvénients de l'IoT :

**Certains des avantages de l'IoT sont les suivants : [4]**

**Automatisation :** Le monde se dirige vers l'automatisation basée sur l'Internet des objets dans de nombreuses industries différentes. Cela est particulièrement important dans des domaines tels que la fabrication et les systèmes de contrôle industriels.

**Maintenance prédictive :** L'un des principaux avantages de l'utilisation de l'IoT est la maintenance prédictive, qui consiste à surveiller en continu les systèmes et les processus afin de repérer les principaux indicateurs de problème avant qu'ils ne provoquent une panne ou un arrêt du système.

**Réduction du coût :** l'organisation est plus efficace et peut économiser de l'argent lorsqu'elle augmente la vitesse à laquelle ses systèmes fonctionnent, automatise ses processus, réduit le risque d'échec et de perte de revenus, obtient des informations qui l'aideront à prendre de meilleures décisions et réduit les demandes sur le personnel en termes de temps et de ressources.

**Adaptabilité :** L'un des principaux avantages de l'IoT pour les entreprises est leur capacité à s'adapter aux nouvelles exigences commerciales, aux besoins des clients et à l'évolution des circonstances environnementales, ou à ajuster leur déploiement en fonction de la croissance de l'entreprise ou de la demande des clients.

**Certains inconvénients de l'IoT sont les suivants :**

Malgré ses nombreux avantages, l'IOT présente également plusieurs inconvénients auxquels il convient de remédier. L'une des principales préoccupations est la sécurité. Les objets connectés sont vulnérables aux cyberattaques et, s'ils sont piratés, peuvent être utilisés pour accéder à des données sensibles ou même causer des dommages physiques. Une autre préoccupation est le risque de violation de données, car les grandes quantités de données collectées par les dispositifs



IOT peuvent être sensibles et personnelles. En outre, il existe un risque de perte d'emploi, l'IA et l'automatisation remplaçant les travailleurs humains dans certaines industries. [5]

## **VII. Les réseaux de capteurs :**

Depuis leur introduction il y a près de deux décennies, les réseaux de capteurs sans fil ont connu une croissance significative, avec des applications dans de nombreuses sphères de la vie quotidienne. Dans le contexte de l'Internet des objets (IoT), il devrait y avoir une augmentation à la fois du nombre d'appareils et des catégories d'applications utilisées. Ces environnements contemporains reprennent les applications omniprésentes des environnements d'aide, telles que les voitures de santé personnalisées, les applications intelligentes pour la maison et la ville, etc.

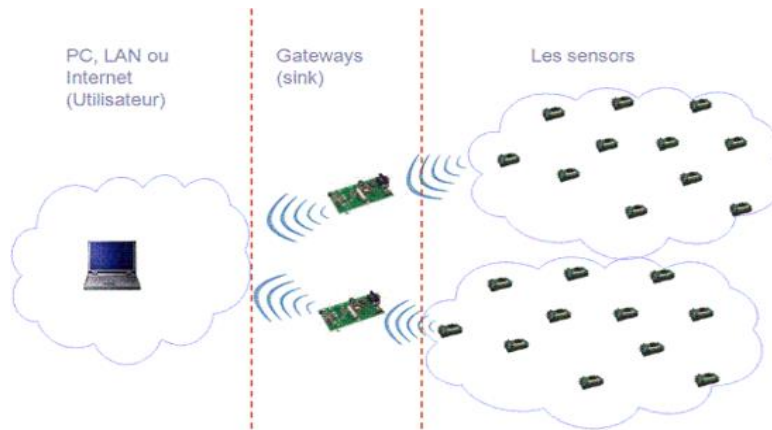
Un capteur est un dispositif électronique qui détecte ou mesure des stimuli physiques dans l'environnement du monde réel et convertit le signal sous forme analogique ou numérique. [6]

Les capteurs peuvent être classés en fonction des paramètres qu'ils mesurent :

- ✓ Mécanique (par exemple position, force, pression, etc.).
- ✓ Thermique (par exemple température, flux de chaleur).
- ✓ Champs électrostatiques ou magnétiques.
- ✓ Intensité de rayonnement (par exemple électromagnétique, nucléaire).
- ✓ Chimique (par exemple humidité, ion, concentration de gaz).
- ✓ Biologique (par exemple toxicité, présence d'organismes biologiques) etc.
- ✓ Militaire - suivi de l'ennemi ou surveillance du champ de bataille [6].

## **VIII. Architecture d'un réseau capteur sans fil :**

Un ensemble de nœuds capteurs constituent un RCSF. Ces nœuds de capteurs sont arrangés sont disposés en " champs de capteurs" dans les " champs de détection". Ces nœuds ont la capacité de collecter des données et de les transférer via une architecture multicouche vers le nœud passerelle, également connu sous le nom de " puits ". Ensuite, afin d'analyser les données et de prendre des décisions, les tuyaux les transmettent par satellite ou par Internet à l'ordinateur central connu sous le nom de " Tache Manager". [7]

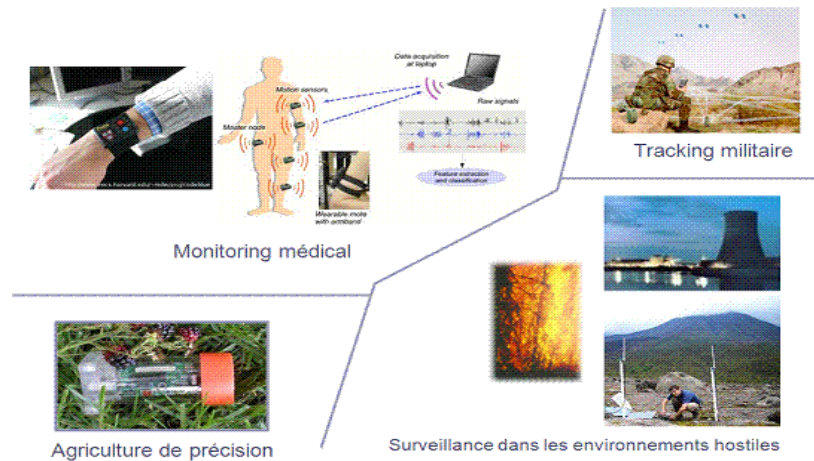


**Figure 08 : Architecture d'un réseau capteur sans fil**

## **IX. Applications des réseaux de capteurs sans fil :**

Les RCSF peuvent avoir beaucoup d'applications telle que :

- **Le domaine militaire** : détection et collecte d'informations sur la position de l'ennemi, surveillance des zones hostiles (contaminées), détection d'agents chimiques, bactériologiques...
- **L'environnement** : pour la détection des feux de forêt, pour le contrôle de la qualité de l'eau ou de l'air
- **Le bâtiment** : lors de tremblements de terre, pour aider les secouristes à retrouver les victimes (capteurs emprisonnés dans le béton à la construction qui détectent le niveau de bruit)
- **Le domaine de l'industrie** : gestion des stocks
- **Le domaine des transports** : gestion du trafic
- **Le domaine médical** : pour contrôler le rythme cardiaque des patients. [8]



**Figure 09 : Applications des réseaux de capteurs sans fil**

## **X. Conclusion :**

Dans ce chapitre, une analyse approfondie de l'Internet des objets (IOT), y compris sa définition, son domaine d'application, ses composants et son fonctionnement, ainsi que ses avantages et ses inconvénients, a été présentée.

Probablement la même chose s'applique au fonctionnement et aux applications des systèmes de réseaux de capteurs.

# Chapitre 2 : GSM

## **I. Introduction :**

Avec un groupe de terminaux, d'entités et de nœuds connectés les uns aux autres via des connexions qui permettent la communication inter-terminaux, les réseaux de communication mobile (MCN) sont une forme de réseau pour les télécommunications. Les entités agissent en tant qu'individus utilisant des appareils mobiles portables et elles conversent entre elles via des messages ou des signaux d'appel vocaux en même temps. De nombreuses technologies, telles que le système mondial de communications mobiles (GSM) et le service général de radiocommunication par paquets (GPRS), sont utilisées pour gérer et fournir le MCN.

Au début du développement du GSM, des changements importants ont été apportés à la planification du réseau du système GSM afin de répondre à la demande toujours croissante des opérateurs mobiles et des utilisateurs qui ont des problèmes de capacité et de couverture. À sa proximité avec les mobinautes, la planification du réseau peut être l'étape la plus cruciale de tout le processus de conceptualisation.

Le GSM (Global System for Mobile Communications) est un système de communication mobile sans fil et numérique. La transmission numérique des données permet le développement de nouveaux services et opportunités relatifs à tout ce qui était auparavant possible.

Les principales caractéristiques du système GSM seront présentées dans ce chapitre.

## **II. Historique :**

Au fil des ans années, les gens ont été se contentés de communiquer entre eux uniquement par des mots parlés ou des mots écrits lorsqu'ils étaient séparés par une distance importante.

Le Groupe Spécial Mobile (GSM) a été créé en 1982 lors de la Conférence européenne sur la poste et des Télécoms (CEPT).

En 1985, L'imposition de la norme d'émission GSM est annoncée par la Commission européenne.

En 1987, la décision d'utiliser la transmission AMR numérique est prise.

En 1989, Le comité "SMG" de l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI) a repris les travaux "GSM" du Groupe Spécial Mobile et a poursuivi les travaux de normalisation.

Rappelons que ce sera ce comité qui activera le module d'identité de la SIM.

L'acronyme "GSM" change donc de sens de "Groupe Spécial Mobiles" à "Global System for Mobile Communications".

La première communication réussie entre un abonné mobile et fixe a lieu en 1991. La même année, les premiers terminaux sont présentés au Salon Télécom de Genève. Puis l'ouverture des systèmes d'essais à Paris.

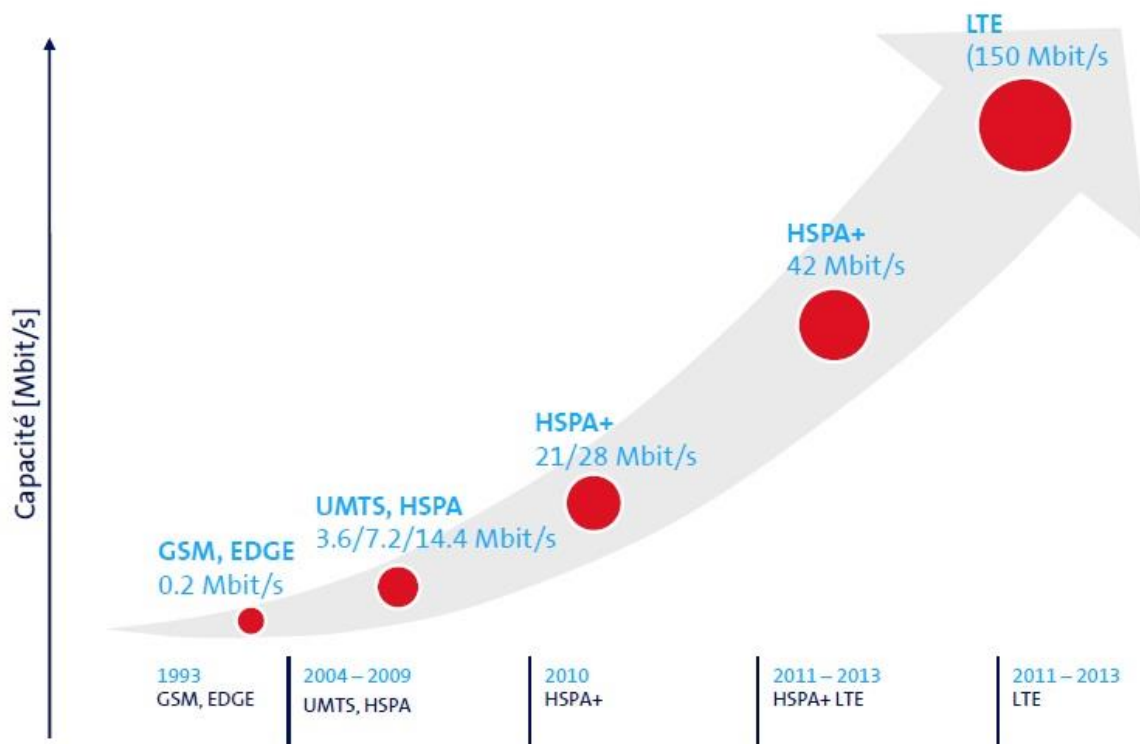
Le système GSM ITINERIS de France Telecom a été lancé en 1992, et SFR de la société Cegetel et Bouygues Telecom l'ont rejoint plus tard (1994).

Les réseaux GSM actuels atteignent leur pleine capacité en raison de la croissance explosive du marché mobile, de la croissance régulière et de l'introduction de nouveaux services. Le seuil de débit de données d'origine de 9,6 kbps est insuffisant pour répondre aux nouvelles exigences de transmission de données et inhibe la propagation de contenu multimédia.

La première application WAP (la norme permet en appareils mobiles) connaissent toujours des temps de connexion et de réponse excessifs sur les réseaux sans fil, surtout lorsque les appels sont facturés à la durée. De plus, la qualité du service est toujours correcte insuffisante, la fiabilité de la communication doit être améliorée. Les nouvelles normes de téléphonie à large bande telles que GPRS, EDGE et UMTS devraient résoudre ces problèmes et détruisent finalement la possibilité.

Le développement des communications mobiles et sans fil a été traditionnellement considérée comme une séquence de générations successives. La première génération de

téléphonie mobile analogique a été suivie par la deuxième génération ou numérique. La troisième génération permet une transmission de données multimédia complète ainsi que des communications vocales. La quatrième génération est entièrement basée sur le protocole Internet (IP), y compris les communications vocales, et augmente le débit en parallèle de ces activités liées à l'évolution des technologies sans fil actuelles de quatrième génération (4G). La cinquième génération (5G), elle progresse les performances et la fourniture de services des systèmes sans fil, en fournissant des débits de données allant jusqu'à 200 Mbps avec une couverture étendue et jusqu'à 1 Gbps avec une couverture locale. [9]



### III. La carte SIM :

Le module d'identité d'abonné, ou SIM, est une carte à puce numérique qui permet l'identification, l'accès à un opérateur de réseau choisi, le transit de données et le stockage d'informations.

On peut résumer ces informations dans le tableau ci-dessous : [10]

Advice of Charge (AoC):	
	Il s'agit d'un service GSM (Global System for Mobile Communications), qui estime les coûts des services mobiles.
Clé d'authentification (Ki)	

	Elle est unique pour chaque SIM. Elle consiste en une valeur de 128 bits utilisée pour authentifier la carte SIM sur le réseau.
<b>Identité internationale de l'abonné mobile (IMSI)</b>	C'est un numéro qui identifie votre carte SIM auprès de votre opérateur de réseau mobile.
<b>Code de pays du mobile (MCC)</b>	Il représente les trois premiers chiffres du numéro IMSI. Avec le code de réseau mobile (MNC), il identifie les réseaux GSM dans le monde entier.
<b>Numéro d'identification de l'abonné mobile (MSIN)</b>	Ce numéro identifie un abonné d'un réseau mobile. Il sert de lien entre le réseau et l'utilisateur.
<b>Réseau numérique à intégration de services pour les stations mobiles (MSISDN)</b>	Il s'agit du numéro de téléphone à composer pour établir la communication. Il peut être modifié si l'abonné le demande.
<b>Identité de zone locale (LAI)</b>	Ce code fonctionne comme un identifiant et se compose de l'indicatif du pays du mobile (MCC), de l'indicatif du réseau mobile (MNC) et d'un indicatif de zone de localisation (LAC).
<b>Numéro d'identification personnel (PIN)</b>	Il s'agit d'un code utilisé pour verrouiller et déverrouiller l'appareil mobile. L'opérateur mobile le fournit mais il peut être modifié si nécessaire. Il est généralement composé de quatre chiffres et peut également être désactivé.
<b>Numéro de composition de service (SDN)</b>	Il s'agit de numéros fournis par l'opérateur mobile, que l'utilisateur peut utiliser pour accéder à des services tels que la vérification du solde actuel ou la messagerie vocale.
<b>Nom du fournisseur de services (SPN)</b>	Le nom de votre opérateur mobile.
<b>Centre de service de messages courts (SMSC)</b>	Le centre de service qui stocke, traite et livre vos messages texte (Short Message Service).
<b>Code de déblocage (PUK)</b>	Ce code est utilisé lorsque l'utilisateur saisit trois fois un code PIN erroné. Le téléphone se verrouille et demande le code PUK qui est fourni par l'opérateur mobile. Si vous entrez le mauvais code PUK plus de 10 fois, la carte SIM sera verrouillée sans possibilité de la récupérer.
<b>ID de la carte à circuit intégré (ICCID)</b>	Il s'agit d'un numéro qui identifie une carte SIM, composé d'un code de 18 à 22 chiffres. Il est unique pour chaque carte SIM dans le monde. Il n'y a pas deux cartes SIM avec les mêmes informations stockées.
<b>Services à valeur ajoutée (VAS)</b>	Il s'agit de services supplémentaires que le client utilise et paie.

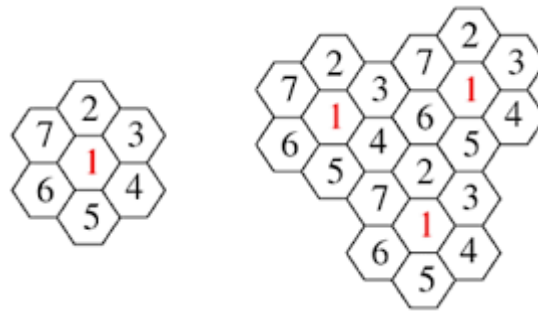
## IV. Le concept cellulaire :

La station mobile MS (terminal portable MS) et le réseau téléphonique sont reliés par une liaison radioélectrique dans un système de radiotéléphonie. L'établissement d'un groupement de stations de base (BTS) sur tout le territoire que l'on souhaite couvrir, tel que le terminal soit toujours à quelques kilomètres de l'une d'entre elles, est nécessaire pour une liaison radio suffisante entre le téléphone mobile et le réseau.

La surface sur laquelle un téléphone mobile peut établir une connexion avec une station de base choisie est appelée cellule. L'idée est de diviser une zone en un nombre fixe de cellules desservies chacune par un relais radio-électronique (le BTS) de faible puissance qui émet à des fréquences différentes de celles utilisées sur les cellules voisines. Les cellules doivent être contenues sur la surface couverte. Il est nécessaire d'entourer ces cellules sur la surface recouverte.

Le nombre limité de fréquences attribuées au système GSM, l'opérateur est tenu de réaffecter les mêmes fréquences sur des cellules suffisamment espacées pour éviter les interférences entre les transmissions utilisant la même fréquence. On parle alors de « réutilisation de fréquences ». [11]

L'hexagone est la forme régulière qui ressemble le plus au cercle et que l'on peut juxtaposer sans laisser de zones vides. Toutefois, la réalité du terrain est bien différente de ce modèle théorique, notamment en zone urbaine où de nombreux obstacles empêchent une propagation linéaire.



## 1. Cellule :

Le terme "cellule" fait référence à une zone géographiquement définie du réseau qui est couverte par des antennes (couverture) et où un canal de transmission spécifique (voie balise) est disponible. Un canal de transmission spécifique est caractérisé par une fréquence spécifique ou un ensemble de fréquences, en fonction des services fournis. Les cellules sont disposées côte à côte et peuvent couvrir une portée de 5 à 20 km, ce qui signifie qu'elles peuvent atteindre les abonnés qui se trouvent dans un cercle de 10 à 40 km de diamètre. La cellule sert d'interface entre le mobile et le cellulaire central, assurant les fonctions suivantes :

- ✓ Affectation des canaux de communication aux mobiles,
- ✓ Emission permanente de la signalisation,
- ✓ Supervision de la communication.

La dimension d'une cellule est fonction de la puissance de son émetteur-récepteur. Si un émetteur-récepteur est très puissant, alors son champ d'action sera très vaste, mais sa bande de fréquence peut être rapidement saturée par des communications. Par contre, en



utilisant des cellules plus petites, (émetteur-récepteur moins puissant) alors la même bande de fréquence pourra être réutilisée plus loin, ce qui augmente le nombre de communications possibles.

Dans la conception d'un réseau cellulaire, il faut considérer les aspects suivants :

- ✓ La topographie (bâtiments, collines, montagnes, etc.).
- ✓ La densité de la population (ou de communications) pour établir la dimension de cellule.
- ✓ Deux cellules adjacentes ne peuvent utiliser la même bande de fréquence afin d'éviter les interférences. La distance entre deux cellules ayant la même bande doit être de 2 à 3 fois le diamètre d'une cellule.

Il faut noter que la taille des cellules n'est pas la même sur tout le territoire. En effet, celle-ci dépend :

- ✓ Du nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone.
- ✓ De la configuration du terrain (relief géographique, présence d'immeubles).
- ✓ De la nature des constructions (maisons, buildings, immeubles en béton, ...) et de la localisation (rurale, suburbaine ou urbaine) et donc de la densité des constructions.

Une cellule se caractérise : par sa puissance d'émission, ce qui se traduit par une zone de couverture à l'intérieure de laquelle le niveau du champ électrique est supérieur à un seuil déterminé. Par la fréquence de porteuses utilisées pour l'émission radioélectrique. Par le réseau auquel elle est interconnectée. [12]

## **V. Présentation de la norme GSM :**

La norme GSM est la norme de l'industrie pour les systèmes radio mobiles et est la première norme de téléphonie cellulaire de deuxième génération à être entièrement numérique. Le réseau GSM fournit à ses abonnés des services qui permettent une communication inter-réseaux entre les stations mobiles .

La téléphonie est la plus importante des services offerts. Ce

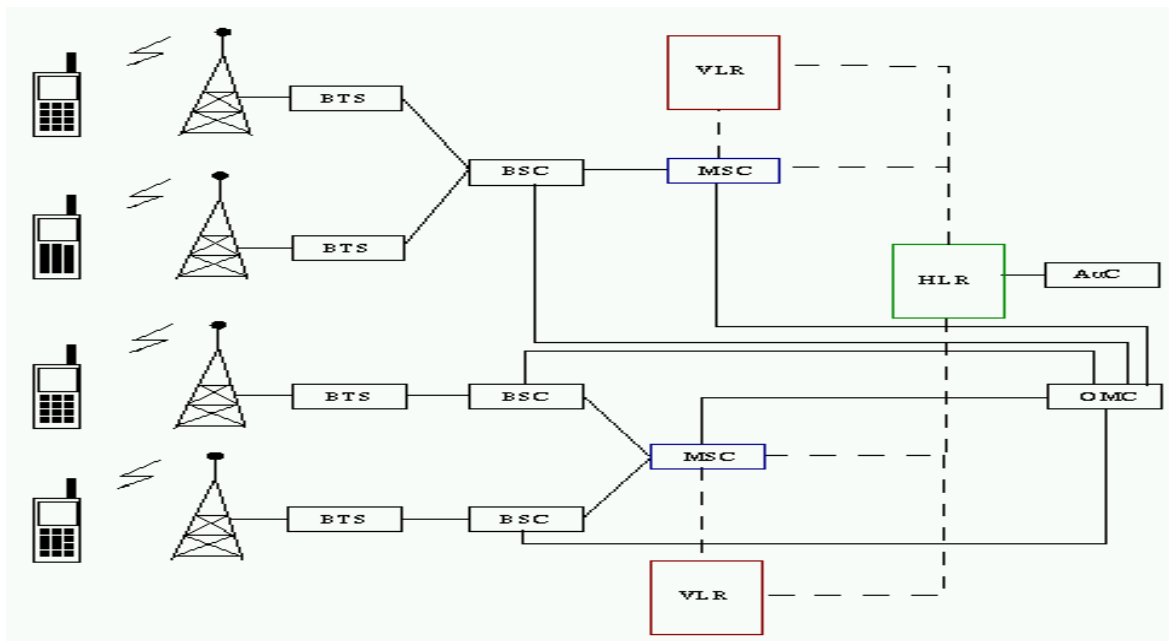
réseau permet la communication entre deux postes mobiles ou entre un poste mobile et un poste

fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données à faibles débits et la transmission de messages alphanumériques courts. [13]

### **1. L'architecture du réseau GSM :**

L'architecture d'un réseau GSM peut être divisée en **trois** sous-systèmes:

1. Le sous-système radio contenant la station mobile, la station de base et son contrôleur. BSS - Base Station Subsystem
2. Le sous-système réseau ou d'acheminement. NSS – Network Subsystem.
3. Le sous-système opérationnel ou d'exploitation et de maintenance. OSS – Operation Subsystem. [14]



#### a) Sous système radio (BSS) :

Le sous-système radio gère la transmission radio. Il est constitué de plusieurs entités dont le mobile (MS), la station de base (BTS) et un contrôleur de station de base (BSC).

#### b) La station mobile (MS) :

Seuls deux éléments auxquels un utilisateur a un accès direct sont le téléphone et la carte SIM (Subscriber Identity Module ). Ces deux composants suffisent pour mettre en œuvre toutes les fonctionnalités nécessaires à la transmission et à la gestion des déplacements.

La carte SIM est la seule méthode utilisée pour identifier un appareil mobile . En fait, il comprend des informations spécialisées telles que le code PIN et d'autres détails sur l'abonné,

l' environnement radio et l' environnement de l'utilisateur . Un numéro unique (IMSI, International Mobile Subscriber Identity) différent du numéro de téléphone connu de l'utilisateur ( MSISDN, Mobile Station ISDN Number ), tous deux intégrés dans la carte SIM , est utilisé pour identifier un utilisateur . [14]

### c) **Station de base (BTS) :**

Le composant principal est la station de base , qui peut être décrite comme un ensemble d'émetteurs et de récepteurs qui contrôle une ou plusieurs cellules. Dans le réseau GSM , chaque cellule primaire dans laquelle se trouve une station de base peut être divisée en cellules plus petites qui sont des sections de la cellule primaire et fonctionnent sur des bandes de fréquences différentes grâce à des antennes directives .la connexion entre le mobile et le sous-système du réseau est réalisée par la station de base . Comme le multiplexage temporel est limité à 8 intervalles de temps , une station de base peut gérer jusqu'à huit connexions simultanées par cellule.



### d) **Le contrôleur de station de base (BSC) :**

le contrôleur de station de base contrôle une ou plusieurs stations de base et communique avec elles via l'interface A-bis. Ce contrôleur effectue une variété d' opérations à la fois au niveau de la communication et au niveau d'exploitation.

Puisqu'il transfère les communications provenant de diverses stations de base vers une seule sortie, le BSC agit comme un concentrateur pour les besoins des communications de signal des stations de base .plusieurs stations de base à une sortie unique. Dans un autre sens, les données sont transformées par le contrôleur en les envoyant à la bonne station de base . Le BSC sert également de relais pour les différents signaux d'alarme qui sont dirigés vers le centre d'exploitation et de maintenance . Il fournit également des données aux bases de données des stations de base.

la gestion des ressources radio pour la zone desservie par les plusieurs stations de base qui y sont connectées est une dernière caractéristique cruciale . En effet, le contrôleur gère les transferts inter-cellulaires des utilisateurs dans sa zone de couverture, c'est-à-dire quand une station mobile passe d'une cellule dans une autre. Il doit alors communiquer avec la station de base qui va prendre en charge l'abonné et lui communiquer les informations nécessaires tout en avertissant la base de données locale VLR (Visitor Location Register) de la nouvelle localisation de l'abonné.

#### **e) Sous système réseau (NSS) :**

Le sous-système réseau, appelé Network Switching Center (NSS), joue un rôle essentiel dans un réseau mobile. Alors que le sous-réseau radio gère l'accès radio, les éléments du NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de connexions utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes: chiffrement, authentification ou roaming.

Le NSS est constitué de:

Mobile Switching Center (MSC)

Home Location Register (HLR)

Authentication Center (AuC)

Visitor Location Register (VLR)

Equipment Identity Register (EIR)

Le centre de commutation mobile (MSC) :

Puisqu'il gère les appels et tout ce qui concerne l'identité, l'enregistrement et l'emplacement de l'abonné, ce composant peut être considéré comme le cerveau d'un système de téléphonie mobile. Le MSC fonctionne essentiellement comme un nœud d'un réseau commuté.

L'enregistreur de localisation nominale (HLR) :

Il existe au moins un enregistreur de localisation (HLR) par réseau (PLMN). Il s'agit d'une base de données avec des informations essentielles pour les services de téléphonie mobile et avec un accès rapide de manière à garantir un temps d'établissement de connexion aussi court que possible.

**f) Centre d'authentification (AUC) :**

L'AUC est une base de données sécurisée qui contient une copie de la clé secrète stockée sur la carte SIM de chaque abonné. Cette clé est utilisée pour valider la légitimité de l'abonné et chiffrer toutes les données envoyées.

**g) Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) :**

Cette base de données ne contient que des informations dynamiques et est liée à un MSC. Il y en a donc plusieurs dans un réseau GSM. Elle contient des données dynamiques qui lui sont transmises par le HLR avec lequel elle communique lorsqu'un abonné entre dans la zone de couverture du centre de commutation mobile auquel elle est rattaché. Lorsque l'abonné quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR; les données suivent l'abonné en quelque sorte.

**h) Enregistreur des identités des équipements (EIR) :**

Chaque appareil mobile est identifié par un code IMEI. Le registre EIR contient la liste de tous les terminaux valides. Une consultation de ce registre permet de refuser l'accès au réseau à un terminal qui a été déclaré perdu ou volé.

**i) Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) :**

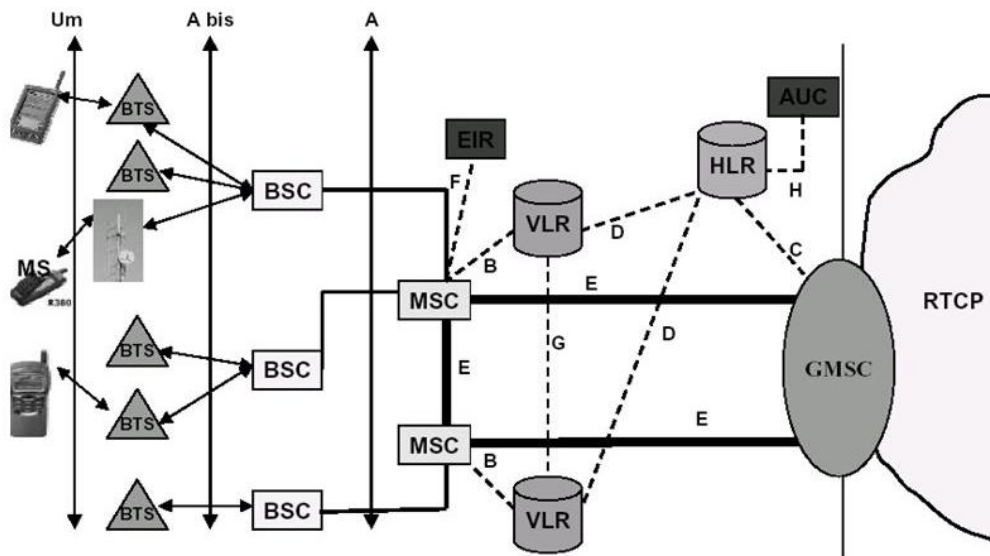
Ce sous-système est connecté à plusieurs composants de réseau de sous-système ainsi qu'au contrôleur de station de base ( BSC). Une perspective à l'échelle du réseau révèle que l' OSS gère le trafic au niveau du BSS .

## **2. Les interfaces du réseau GSM :**

Les interfaces sont des protocoles qui permettent la communication entre chaque structure de réseau GSM. Ils sont un composant crucial qui est spécifié dans la norme GSM car ce sont ces interfaces qui déterminent les interconnexions mondiales des réseaux. [15]

Voici le tableau présentant les interfaces dans un système GSM : [15]

Nom	Localisation	Utilisation
Um	MS-BTS	Interface radio
A bis	BTS-BSC	Divers
A	BSC- MSC	Divers
B	MSC-VLR	Divers
C	GMSC-HLR	Interrogation HLR pour appels entrant
D	VLR-HLR	Gestion des informations d'abonnés
E	MSC-MSC	Exécution des handover
E	MSC-GMSC	Transport des messages courts
F	MSC-EIR	Vérification de l'identité du terminal
G	VLR-VLR	Gestion des informations d'abonnés
H	HLR-AUC	Echange des données d'authentification



### 3. La transmission sur l'interface radio :

Elle se distingue par la voix et les données des méthodes et des technologies de transmission telles que méthodes d'accès multiples (TDMA, FDMA, saut de fréquence ).

# Chapitre 3 :partie réalisation

## I. Introduction

Une collection de modules et de composants permet la mise en œuvre de notre système de surveillance cellulaire. Pour réaliser ce système on a utilisé deux solutions matérielles et logiciels disponible.

Dans ce chapitre nous allons présenter les composants et le câblage de notre équipement , ainsi que sa structure et son fonctionnement.

## II. Analyse des besoins de système :

### 1. Besoins matériels :

#### a) Carte esp8266 (nodeMCU) :

Module basé sur un ESP8266 cadencé à 80 MHz et exécutant le firmware open source NodeMCU. Cette carte se programme via l'IDE Arduino et est compatible avec les scripts LUA.  
[16]



#### b) Choix de l'esp8266 :

Le NodeMCU est un microcontrôleur basé sur le module ESP8266, qui est un système-sur-puce (SoC) à faible coût et à faible consommation d'énergie, conçu pour la connectivité Wi-Fi.

**Wi-Fi intégré :** L'ESP8266 possède un module Wi-Fi intégré, ce qui permet au NodeMCU de se connecter facilement à Internet sans avoir besoin d'un module Wi-Fi externe. Cela en fait un choix pratique pour les projets IoT nécessitant une connectivité sans fil.



**Faible coût** : Le NodeMCU est un microcontrôleur abordable, ce qui le rend accessible aux amateurs et aux étudiants. Il offre un excellent rapport qualité-prix par rapport à d'autres options disponibles sur le marché.

**Programmation facile** : Le NodeMCU est programmable à l'aide du langage Lua, mais il peut également être programmé en utilisant l'IDE Arduino, ce qui le rend plus convivial pour ceux qui sont déjà familiers avec la programmation Arduino. Il existe également des bibliothèques et des ressources en ligne abondantes pour vous aider à démarrer rapidement.

**Communauté active** : Le NodeMCU bénéficie d'une communauté de développeurs et de passionnés très active. Vous pouvez trouver de nombreux exemples de projets, des tutoriels et des forums en ligne où vous pouvez obtenir de l'aide si vous rencontrez des problèmes.

**GPIO polyvalents** : Le NodeMCU dispose de broches GPIO (General Purpose Input/Output) qui permettent de connecter facilement différents capteurs, actionneurs et périphériques externes. Cela en fait un choix idéal pour les projets nécessitant des interactions avec le monde réel.

### **c) Caractéristiques : [16]**

- Alimentation :
  - 5 Vcc via micro-USB
  - 5 à 9 Vcc via broche Vin (régulateur intégré)
- Microcontrôleur : ESP8266
- Microprocesseur : Tensilica LX106
- Fréquence : 80 MHz
- Mémoire RAM : 64 kB
- Mémoire Flash: 96 kB
- 10 E/S digitales compatibles PWM
- Interfaces: I2C, SPI, UART
- Interface Wifi 802.11 b/g/n 2,4 GHz
- Antenne intégrée
- Température de service: -40 à 125 °C
- Dimensions: 58 x 31 x 12 mm

- Version: 2

#### d) **Potentiomètre :**

Un potentiomètre est un composant électronique utilisé pour ajuster et contrôler la résistance électrique dans un circuit. Il est également appelé "résistance variable" ou "résistance ajustable". Le potentiomètre est généralement constitué d'un élément résistif et d'un curseur mobile. En tournant le curseur, on peut modifier la résistance effective du potentiomètre.

Le potentiomètre est souvent utilisé pour régler des paramètres tels que le volume sonore, la luminosité d'un écran, la fréquence d'un signal, etc. Il est couramment utilisé dans les amplificateurs audio, les radios, les télévisions, les instruments de musique, les circuits de contrôle de la luminosité, etc.

Le potentiomètre possède 3 broches :

- Une alimentation (généralement, nous utilisons le +5V délivré par l'Arduino)
- Une sortie analogique
- Une masse



## 2. **Besoin software**

- ✓ Arduino IDE
- ✓ Blynk

### III. **La vue statique du système d'IoT**

**Identification des acteurs :** nous distinguons les acteurs suivants :

- **Administrateur** : Son rôle est de gérer le système. Il possède tous les privilèges d'accès. Il a la possibilité d'utiliser toutes les fonctionnalités du système.
- **Utilisateur** : Il représente un technicien de maintenance par exemple ou toute autre personne contribuant suivi de l'éclairage. Cet acteur a des restrictions d'accès au système qui se limite par la consultation des données.

L'administrateur et l'utilisateur sont des acteurs principaux.

Ainsi, nous distinguons les acteurs secondaires suivants :

- **Objet connecté** : Représente la source de données du système. Son rôle est d'exécuter des actions et d'envoyer les données en fonction de la manière dont il a été programmé.
- **Plateforme d'IoT** : peut-être source ou destination de données. Principalement, un service de la plateforme sera utilisé pour le stockage distant des données.

**Identification des cas d'utilisation** : Il est à rappeler qu'un cas d'utilisation représente une unité discrète d'interaction entre un utilisateur (humain ou machine) et un système.

## Références

- [1] «itu,» [En ligne]. Available: « <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/>,».
- [2] R. B. S. M. a. M. P. J. Gubbi, Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, 2013.
- [3] «oracle,internet-of-things,» [En ligne]. Available: <https://www.oracle.com>.
- [4] j. locke, «DIGI,» 08 juillet 2022. [En ligne]. Available: <https://fr.digi.com>.
- [5] jillian, «commentouvrir,» [En ligne]. Available: <https://commentouvrir.com/info/inconvenients-de-lido-une-vue-densemble/>..
- [6] R. Chbeir, «Proceedings of the 8th International Conference on Management of Digital Eco Systems,» ACM Press the 8th International Conference, 2016.11.01-2016.11.04..
- [7] Y. CHALLAL, «Réseaux de Capteurs Sans Fils»..
- [8] A. Bunel, ««Les réseaux de capteurs sans fil,»,» mars 2007. [En ligne]. Available: <http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/Bunel/index.html>..
- [9] A. R.Mishra, Book of Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation..
- [10] M. Rozewski, «SimOptions,» 03 novembre 2022. [En ligne]. Available: <https://www.simoptions.com/fr/information-carte-sim>.
- [11] S. Robert, « «“Planification des réseaux mobiles” Haute Ecole d’Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-Vd),» Institute for Information and Communication Technologies (IICT), juin, 2003..
- [12] «Principes de fonctionnement du réseau,» 2010-2011..
- [13] S. M. e. I. BAWA, «Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l’UMTS’’,» PFE, Promotion IGE 25,» Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussoufd’Oran, Juin 2005..
- [14] M. V. D. C. DEMOULIN, «Principes de base du fonctionnement du réseau GSM,» Département d’électricité, électronique et Informatique (Institut Montefiore)..
- [15] ««POLY,JL Langlois sur GSM,» document PDF.».
- [16] *Gotronic,Module NodeMCU ESP8266.*