



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



N° Série :.....

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Télécommunications Avancées

THEME

Réalisation d'un système de contrôle

Pour un bâtiment de poulet.

Réalisé par :

- Bendaha HAMZA.
- Hafidi SAMIRA.

Dirigé par :

- Mr.Khezzar ZAKI.

Remerciement

En préambule à ce mémoire mes remerciant ALLAH qui m'a aidé et m'a donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes. Je souhaite ici les en remercier. Je tiens d'abord à remercier très chaleureusement DR Zakí Khezzar qui m'a permis de bénéficier de son encadrement. Les conseils qu'il m'a prodigué, la patience, la confiance qu'il m'a témoignée a été déterminants dans la réalisation de notre travail. Mes remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

Sans oublier mes parents pour leur prière et leur douaa. Enfin, je tiens à remercier tous mes amis ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Ma Mère, Mon Père

*Affable, honorable, aimable : vous représentez pour moi
Le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse
et l'exemple du*

*dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier
pour moi.*

Soyez sûrs que je continuerai mon chemin.

*Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond
amour.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous
accorder santé, longue vie et bonheur.*

A mes frère :

Yazid ,halim, abdelwahab,bellal.

*En témoignage de l'attachement, de l'amour et de L'affection
que je porte pour vous. A tous les membres de ma famille,
petits et grands A tous mes amis de proches :*

*ISLAM, ISMAIL ,HICHEM, FAKIH, ABDELRAZAK,
Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de
mon Affection*

hamza

Résumé

Dans ce projet, nous avons développé une application électronique dans le domaine de la télé surveillance dans lieu de volaille à domicile qui permet de surveiller la température à distance, Cette application peut prendre des paramètres thermiques ces derniers donne un aperçu sur l'état de l'endroit tels que les signaux, la température, humidité ... etc. et les transmettes vers un système d'information capable de les présenter au le agent instantanément.

Dans ce projet on a exploité les différents aspects de la technologie de l'information et de la télécommunication que nous avons acquis dans notre parcours d'études.

Ce projet a été divisé en deux sections principales. Une section hardware, dans laquelle divers outils électroniques, tels que le système Arduino, réseau GSM, les capteurs thermiques ont été utilisés, et dans l'autre section dit software, ont a utilisés la programmation représentée par la programmation de carte arduino et enfin les systèmes d'information.

Mot clé : télésurveillance lieu de volaille, système d'information, carte Arduino, capteur DHT11, envoie des donnés, langage de programmation, module GSM, puce GSM.

Abstract

In this project we have developed an electronic application in the field of poultry place telemonitoring at home that allows remote monitoring of temperature . This application can take the measured thermal parameters and provides a view of the place's state such as signals of temperature , humidity...etc and transmits it to an information system able to present them to the control agent instantly.

In this project we have used the various aspects of information technology and telecommunication that we have acquired in our course of study.

This project was divided into two main sections. A hardware section, in which various electronic tools, such as the Arduino system, GSM networks, thermal sensors have been used, and in the other section called software, have used programming represented by programming arduino card ,and finally the information systems

Keyword: poultry place telemonitoring , information system, Arduino card, thermal sensors, send data, programming language, GSM module,GSM chip.

المخلص

في هذا المشروع قمنا بتطوير تطبيق الكتروني داخل في مجال تربية الدواجن عن بعد يسمح بمراقبة درجة حرارة مكان تربية الدواجن وخاصة الأماكن التي تعاني ارتفاع الحرارة. هذا التطبيق يمكنه اخذ إشارات من محيط هذه الأخيرة. من درجة حرارة المكان وحالة الرطوبة... الخ. وتحويلها إلى نظام معلوماتي قادر على عرضها لحظيا للعامل التقني المعين.

قمنا بعرض مختلف الجوانب الخاصة بتكنولوجيا المعلومات الاتصالات التي صادفناها في مشوارنا الدراسي .

انقسم هذا المشروع إلى قسمين رئيسيين وتم فيه استعمال مختلف الأجهزة الالكترونية مثل نظام اردوينو، شبكات الموبايل، المستشعرات الحرارية والقسم الاخر قسم برمجي استعملنا فيه البرمجة ممثلة بطاقة اردوينو وبطاقة اتصال متنقلة، شريحة دخول الشبكة.

الكلمات المفتاحية : نظام معلوماتي، بطاقة اردوينو، مستشعرات حرارية، بطاقة اتصال متنقلة، لغة البرمجة.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale **I**

CHAPITRE I :

Généralité sur le système Arduino

I.1) Introduction	1
I.2) Généralité sur les microcontrôleurs	1
I.3) Définition du système Arduino	2
I.4) Propriétés de système Arduino	3
I.5) Configuration de base d'une carte Arduino	3
I.6) Les gammes des cartes Arduino	4
I.7) Les modules d'extension de la carte Arduino	6
I.7.1) Le module Arduino Bluetooth	6
I.7.2) Le module ESP8266.....	7
I.7.3) Le kit Arduino WIFI	8
I.7.4) Le kit Arduino GSM	9
I.8) Partie programme (software)	10
I.8.1) Présentation du logiciel)	11
I.8.1.1) Les boutons	12
I.8.2) La structure d'un programme Arduino.....	14
I.8.3) Coloration syntaxique	14
I.8.4) La syntaxe du langage.....	15
I.8.4.1) Ponctuation.....	15
I.8.4.2) Les variables	15
I.8.4.3) Les fonctions	16
I.8.4.4) Les structures de contrôle	16
I.9) Conclusion.....	18

Chapitre II

Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

Partie A : Généralité sur les capteurs.

II.A.1) Généralités	19
II.A.2) Définition d'un Capteur	19
II.A.3) Le capteur dans la chaîne de mesure	19
II.A.4) Schéma de principe d'un capteur industriel	21
II.A.5) Les caractéristiques d'un capteur.....	21
II.A.6) Types d'erreur d'un capteur	23
II.A.7) Capteurs intelligents	23
II.A.8) Grandeurs d'influence	24
II.A.9) Les capteurs actifs.....	24
II.A.10) Les capteurs passifs	25
II.A.11) Capteurs logiques.....	26
II.A.12) Capteurs numériques	26
II.A.13) Type de détection.....	27
II.A.13.1) Détection avec contact	27
II.A.13.2) Détection sans contact.....	27
II.A.14) Type de sortie	27
II.A.15) Conclusion	27

Partie B : Le réseau GSM.

II.B.1) Introduction	28
II.B.2) Historique	28
II.B.3) Présentation de la norme GSM	29
II.B.4) L'architecture du réseau GSM	29
II.B.4.1) Sous système radio (BSS)	30
II.B.4.1.1) Station de base (BTS)	30
II.B.4.1.2) Contrôleur de station de base (BSC)	31
II.B.4.2) Sous système réseau (NSS)	31
II.B.4.2.1) Commutateur (MSC)	31
II.B.4.2.2) Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR)	31
II.B.4.2.3) Enregistreur de localisation nominale (HLR)	32
II.B.4.2.4) Centre d'authentification (AUC)	32

II.B.4.2.5) Enregistreur des identités des équipements (EIR)	32
II.B.4.3) Le sous système d'exploitation et de maintenance(OSS)	32
II.B.4.4) La station mobile (MS)	32
II.5) Conclusion	34

Chapitre III

La réalisation pratique de système de surveillance.

III.1 Introduction	35
III.2 Inverseur et groupe électrogène	35
III.3 Architecture de premier scénario	37
III.3.1 Description	37
III.3.2 Organigramme de l'application cas (SMS)	39
III.3.3 Le Capteur DHT11	40
III .3.4 Le Module GPRS / GSM SIM900A	40
III .3.5 Description du programme	41
III.4 Architecture du deuxième scénario	45
III.4.1 Organigramme deuxième cas (Apple)	46
III .4.2 Description du programme	47
III.5 Conclusion	49

Conclusion générale

Bibliographie

Liste des figures

Figure	Nom de figure	page
Figure I.1	Les microcontrôleurs	1
Figure I.2	Architecture générale d'un système Arduino	2
Figure I.3	Ensembles des cartes Arduino	3
Figure I.4	Arduino Mini	4
Figure I.5	Arduino Nano	4
Figure I.6	Arduino LilyPad	5
Figure I.7	Arduino Mega	5
Figure I.8	Arduino Uno	6
Figure I.9	Arduino Bluetooth	7
Figure I.10	Le module ESP8266-07	8
Figure I.11	Kit wifi d'Arduino	9
Figure I.12	Kit GSM d'Arduino	9
Figure I.13	carte connecté et alimentée	10
Figure I.14	Interface de programmation Arduino	10
Figure I.15	Présentation des parties principales du logiciel	11
Figure I.16	Présentation des boutons	12
Figure I.17	le programme de test BLINK	13
Figure I.18	La structure d'un programme Arduino	14
Figure II.A.1	Courbe représente la variation d'étalonnage	22
Figure II.A.2	Capteur intelligent	24
Figure II.A.3	Capteur analogique	26
Figure II.A.4	Capteur numérique DHT11	27
Figure II.B.1	Architecture globale du réseau GSM	30
Figure III.1	inverseur au groupe électrogène.	36
Figure III.2	Architecture de système de ventilation et d'extraction	37
Figure III.3	Schéma fonctionnement.	38
Figure III.4	diagramme de flux	39
Figure III.5	Capteur DHT11	40
Figure III.6	module GSM 900A	41
Figure III.7	SMS d'avertissement	42
Figure III.8	câblage de simulation	43
Figure III.9	câblage de simulation réel	44
Figure III.10	armoie de commande du moteur de refroidissement et de ventilation extracteur	45
Figure III.11	relais de phase	46
Figure III.12	digramme de flux pour une absence de secteur	46
Figure III.13	APPEL d'avertissement	47
Figure III.14	câblages de relais avec le système de surveillance	48

Liste de tableaux

Tableau	Nom de tableau	Page
Tableau II.B.1	Caractéristiques techniques	33

Introduction générale

Introduction générale.

Introduction générale.

1. Généralité :

Le système de contrôle et sécurité présente aussi des enjeux politiques de la télésurveillance a distance en cas une coupure de l'électricité ou chute de tension au niveau de groupe centrale de la ventilation ou système de climatisation dans le lieu de l'élevage de la volaille.

Il s'agit donc de mesurer et contrôler à distance des paramètres essentiels pour le contrôle , éventuellement mentale, du sujet en respectant les règles de confidentialité, de retour d'information vers la personne suivie (accès aux informations mais aussi intelligibilité de cette information), mais aussi de maintien de l'intégrité des informations pendant leur transfert et/ou leur traitement automatisés.

Les principales applications en système de contrôle et sécurité sont :

- La téléconsultation : consultation le agent à distance.
- La télésurveillance ou surveillance à distance le lieu d'élevage de la volaille
- La télé expertise : avis donné à distance par un expert.
- La téléformation : consultation des informations.
- La création de réseau : transmission des dossiers.

Le système de contrôle et sécurité. Parmi ses bénéfices, on cite :

- Amélioration de la sécurité de l'endroit.
- Interventions des agents plus rapides en cas de besoin.
- Suivi immédiat et réconfort après un événement.
- Diminution du cout.
- Réponse aux besoins de l'état de l'endroit qui contrôle.

Au milieu de la chaine d'information, l'électronique programmable plus l'informatique joue un rôle indispensable ce rôle consiste à transmettre les données reçus par les capteurs a travers les réseaux GSM qui représente un bonne solution pour la transmission des données instantanément et avec une qualité de service souhaitable sous forme un SMS.

Introduction générale.

2. objectif du projet :

Dans ce projet deux objectifs ont été visés :

- Le premier est de regrouper suffisamment d'informations sur une grande catégorie de cartes d'interfaçage (Arduino) : son langage de programmation, sa construction, son principe de fonctionnement en plus des informations sur les capteurs thermiques.
- Le deuxième est d'assurer le fonctionnement de l'application par la confirmation de connexion de différentes parties de l'application et l'envoi réussi des informations à travers le réseau GSM.

3. Présentation du mémoire :

Le premier chapitre sera consacré à donner des généralités sur le système Arduino. Puis en exposant la configuration de base des cartes Arduino ainsi que l'environnement de programmation Arduino.

Dans le deuxième chapitre nous donnons en premier temps des généralités sur les capteurs ainsi leur mode de fonctionnement, dans un deuxième temps nous devons présenter les capteurs thermiques leur prospérité et leur classification.

Dans le troisième chapitre : nous donnons des généralités sur le réseau GSM ainsi l'architecture de la cellule de réseau mobile.

Dans le quatrième chapitre, on présentera la méthodologie de la réalisation de notre application, nous commençons par donner une vue globale du circuit, la présentation des différents éléments du système. Par la suite on présentera une explication détaillée de l'algorithme et en terminera par les différentes étapes de test.

Enfin, on terminera avec une conclusion générale qui résumera l'intérêt de notre étude: les différents résultats obtenus expérimentalement, et ensuite nous allons essayer de lister des perspectives de notre système. Autrement dit, nous allons présenter les améliorations qui peuvent y être apportées.

Chapitre I :

Généralité sur le système Arduino

I.1 Introduction :

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle aussi de système embarquée ou d'informatique embarquée. Son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit.

Depuis que l'électronique existe, sa croissance est fulgurante et continue encore aujourd'hui. L'électronique est devenue accessible à toutes personnes en ayant l'envie : ce que nous allons apprendre dans ce travail est un mélange d'électronique et de programmation. On va en effet parler d'électronique embarquée qui est un sous-domaine de l'électronique et qui a l'habileté d'unir la puissance de la programmation à la puissance de l'électronique. [1]

I.2) Généralité sur les microcontrôleurs :

Un microcontrôleur (MCU en anglais) est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires, unités périphériques et interface entrées-sorties.

Les microcontrôleurs sont utilisés dans les systèmes embarqués car ils permettent de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût des produits. [2]

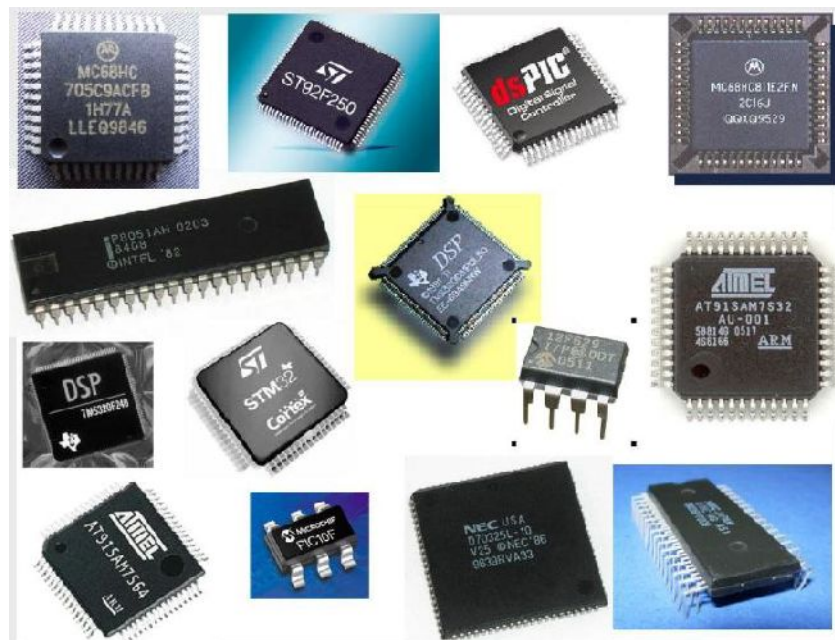


Figure I.1 Les microcontrôleurs.

I.3) Définition du système Arduino :

Le système Arduino est une plateforme open source basée sur une carte programmée à microcontrôleur et un environnement de développement permettant d'écrire, compiler et tester un programme. Les cartes et modules Arduino proposent une interface d'entrées-sorties simples qui peuvent recevoir des signaux de capteurs ou interrupteurs et peuvent commander des moteurs, éclairages, etc. Les projets Arduino peuvent être autonomes ou communiquer avec un PC. Le logiciel de développement open-source peut être téléchargé gratuitement sur www.arduino.org et qui permet de programmer les cartes Arduino en C++.[3]

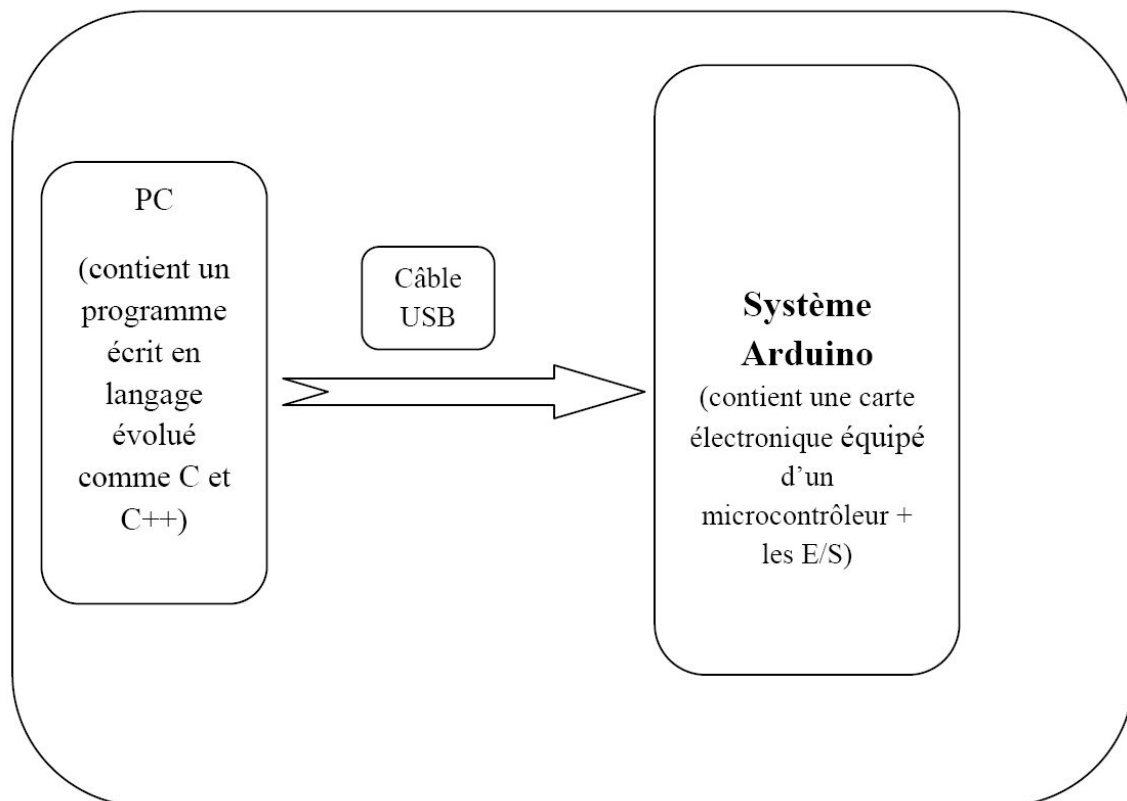


Figure I.2 Architecture générale d'un système Arduino.



Figure I.3 Ensembles des cartes Arduino.

I.4) Propriétés de système Arduino :

- **Open source** : La désignation open source, ou « code source ouvert », s'applique aux logiciels (et s'étend maintenant aux oeuvres de l'esprit) dont la licence respecte des critères précisément établis par l'Open Source Initiative, c'est-à-dire les possibilités de libre redistribution, d'accès au code source et de création de travaux dérivés. Mis à la disposition du grand public, ce code source est généralement le résultat d'une collaboration entre programmeurs. [4]

- **Open hardware** : L'Open Hardware est un terme qui désigne les matériels dont la conception peut être reproduite, car toutes les informations nécessaires à leur construction sont en libre accès. Une ouverture qui est finalement l'équivalent de l'Open Source, mais non plus appliquées aux lignes de code d'un logiciel, mais aux plans de conception des objets. [9]

I.5) Configuration de base d'une carte Arduino :

Un module Arduino est généralement construit de :

- Un microcontrôleur ATMEL AVR (ATmega328, ATmega168 ou ATmega8).
- Des composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits.
- Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz.

I.6) Les gammes des cartes Arduino :

Actuellement, il existe plus de 20 versions de module Arduino, nous citons quelques un afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique: [5]

- L'Arduino Mini, une version miniature de l'Arduino en utilisant un microcontrôleur ATmega168.



Figure I.4 Arduino Mini.

- L'Arduino Nano, une petite carte programme à l'aide porte USB cette version utilisant un microcontrôleur ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version).

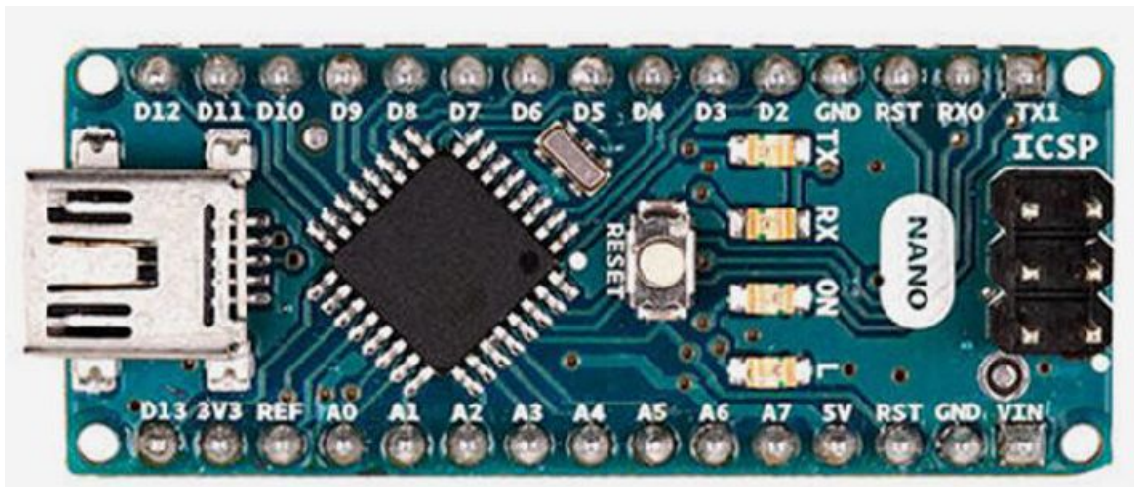


Figure I.5 Arduino Nano.

Chapitre I : Généralité sur le système Arduino

- Le LilyPad Arduino, une conception de minimaliste pour l'application wearable en utilisant un microcontrôleur ATmega168.

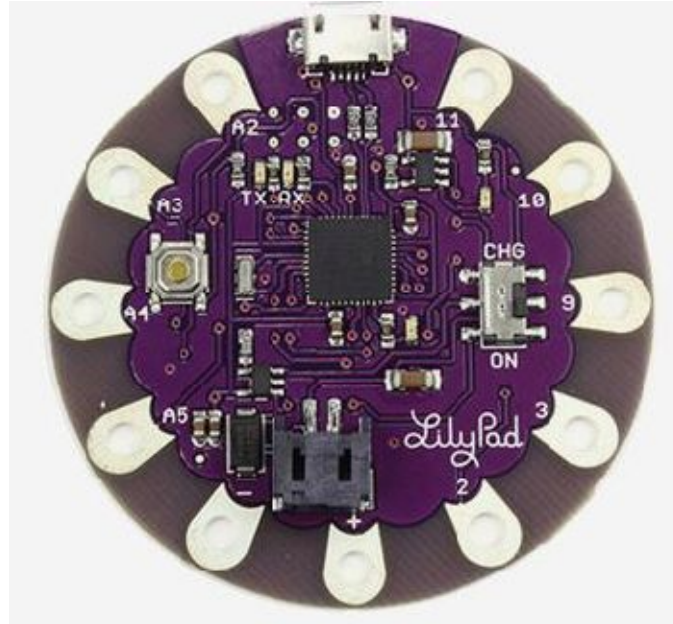


Figure I.6 Arduino LilyPad

- L'Arduino Mega, en utilisant un microcontrôleur ATmega1280 pour I/O additionnel et mémoire.



Figure I.7 Arduino Mega

- L'Arduino UNO, utilisations microcontrôleur ATmega328.



Figure I.8 Arduino Uno.

I.7) Les modules d'extension de la carte Arduino :

Les cartes Arduino généralement sont associées a des modules externe qui simplifient les réalisations. Le constructeur a suggéré qu'une telle carte doit être dotée de plusieurs ports de communications ; on peut éclaircir actuellement quelques types.

I.7.1) Le module Arduino Bluetooth :

Le Module Microcontrôleur Arduino Bluetooth est la plateforme populaire Arduino avec une connexion série Bluetooth à la place d'une connexion USB, très faible consommation d'énergie, très faible portée (sur un rayon de l'ordre d'une dizaine de mètres), faible débit, très bon marché et peu encombrant. [6]



Figure I.9 Arduino Bluetooth.

I.7.2) Le module ESP8266 :

ESP8266 est le nom du microcontrôleur développé par Expressif Systems qui est une société basée à Shanghai. Ce microcontrôleur a la capacité d'effectuer des activités liées au WiFi donc il est largement utilisé comme un module WiFi.

Il existe de nombreux types de module ESP8266 disponibles allant d'ESP8266-01 à ESP8266-12. [7]

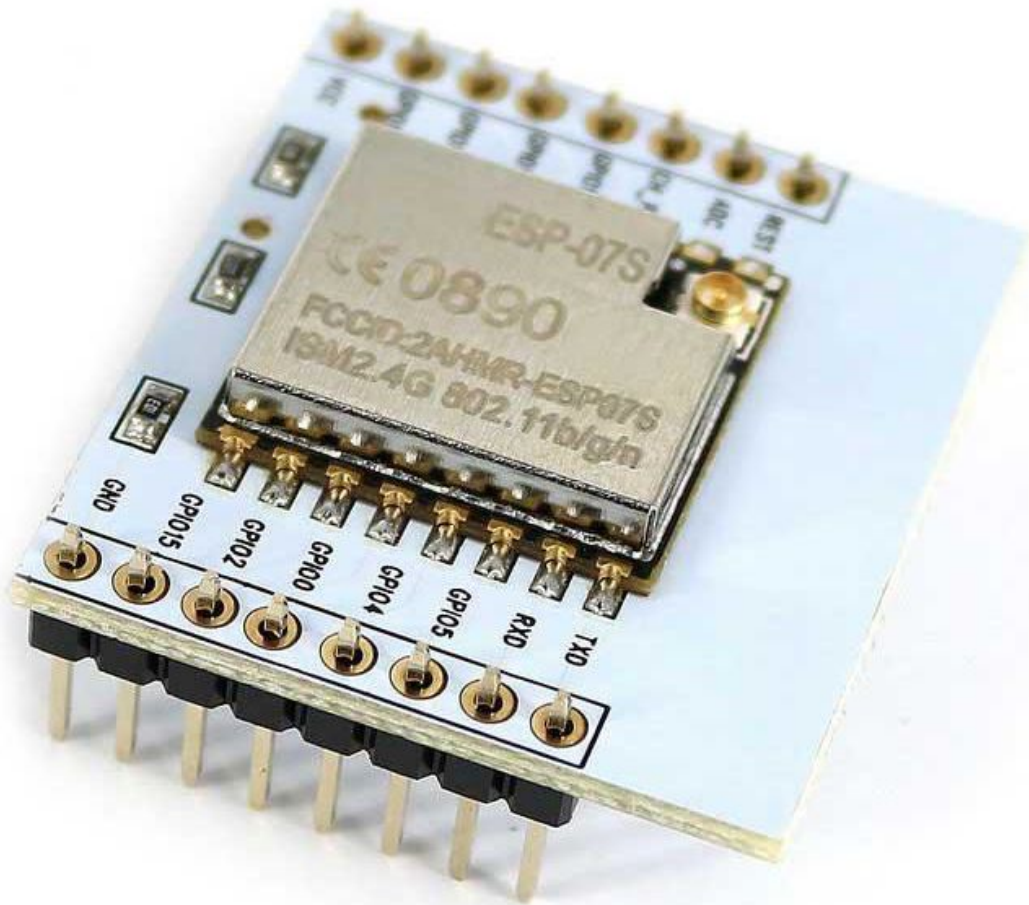


Figure I.10 Le module ESP8266-07.

I.7.3) Le kit Arduino WIFI :

Le kit WIFI Arduino relie Arduino à l'Internet sans fil. Connectez-le à un réseau sans fil en suivant quelques instructions simples pour commencer. Comme toujours avec Arduino, chaque élément de la plate-forme-matériel, logiciel et documentation-est librement disponible et opensource. Cela signifie que vous pouvez apprendre exactement comment il est fait et utiliser sa conception comme point de départ pour vos propres circuits. [8]

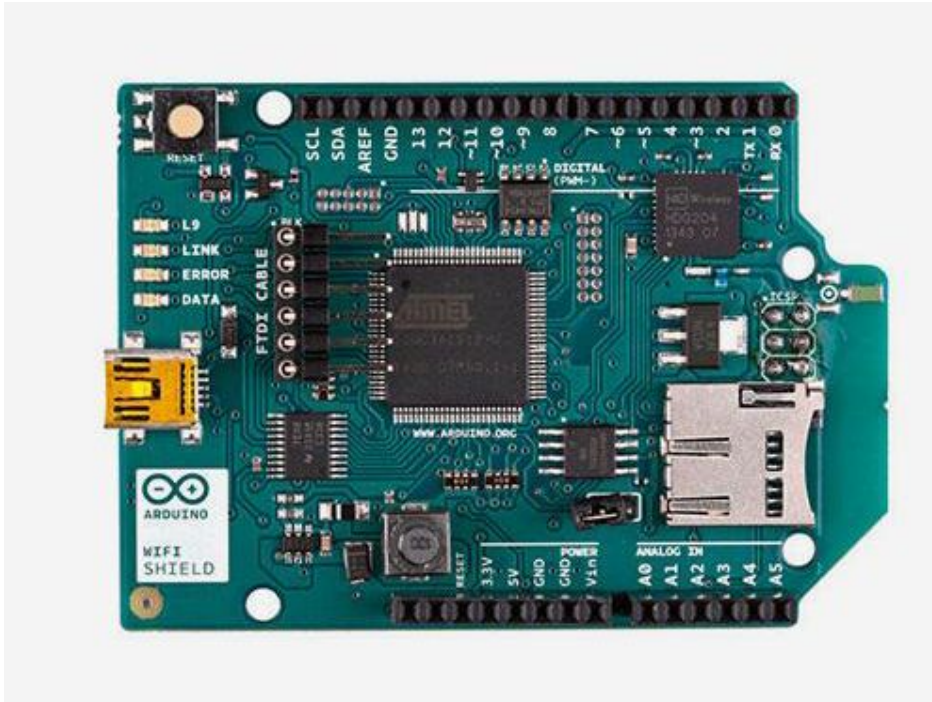


Figure I.11 Kit wifi d'Arduino.

I.7.4) Le kit Arduino GSM :

Le kit d'Arduino GSM connecte Arduino à l'Internet en utilisant le réseau sans fil GPRS. Il suffit de brancher ce module sur une carte Arduino, et on branche une carte SIM d'un opérateur offrant une couverture GPRS et on suit quelques instructions simples pour commencer à contrôler notre monde à travers l'Internet. Nous pouvons également émettre/recevoir des appels vocaux à l'aide de la prise audio/MIC embarquée et envoyer/recevoir des messages SMS. [9]



Figure I.12 Kit GSM d'Arduino.

I.8) Partie programme (software) :

La plupart des cartes électroniques programmables qui se basent sur un microcontrôleur doivent avoir une interface de programmation. L'environnement de programmation open source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux) dans le site officiel <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Après l'installation et une suite de clignotement sur les micro-LED de la carte, celle-ci devrait être fonctionnelle; une petite LED verte témoigne de la bonne alimentation de la carte. [10].

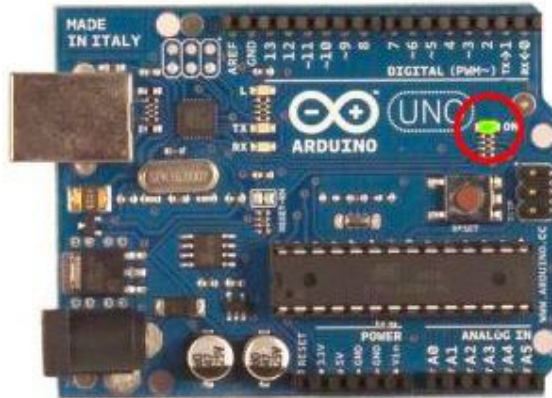


Figure I.13 carte connecté et alimentée.

La fenêtre du logiciel :

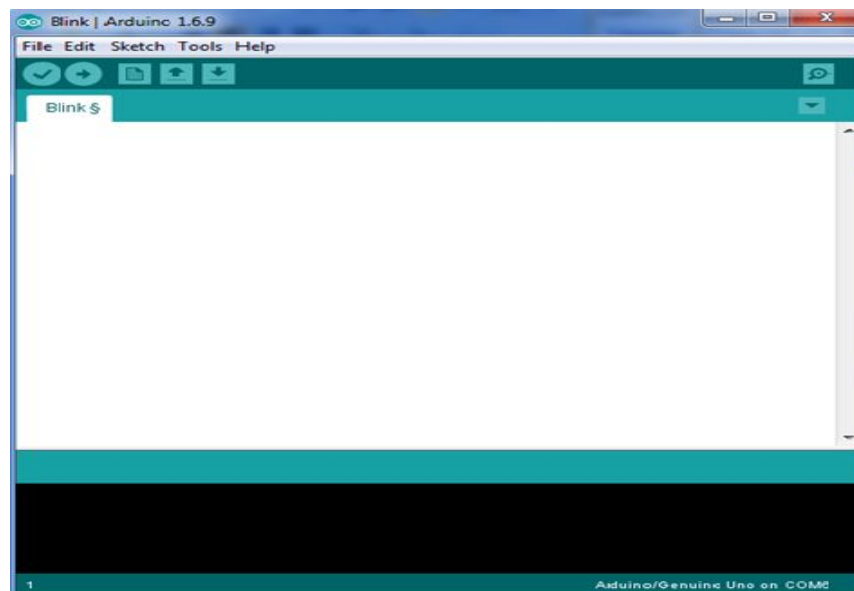


Figure I.14 Interface de programmation Arduino

I.8.1) Présentation du logiciel :

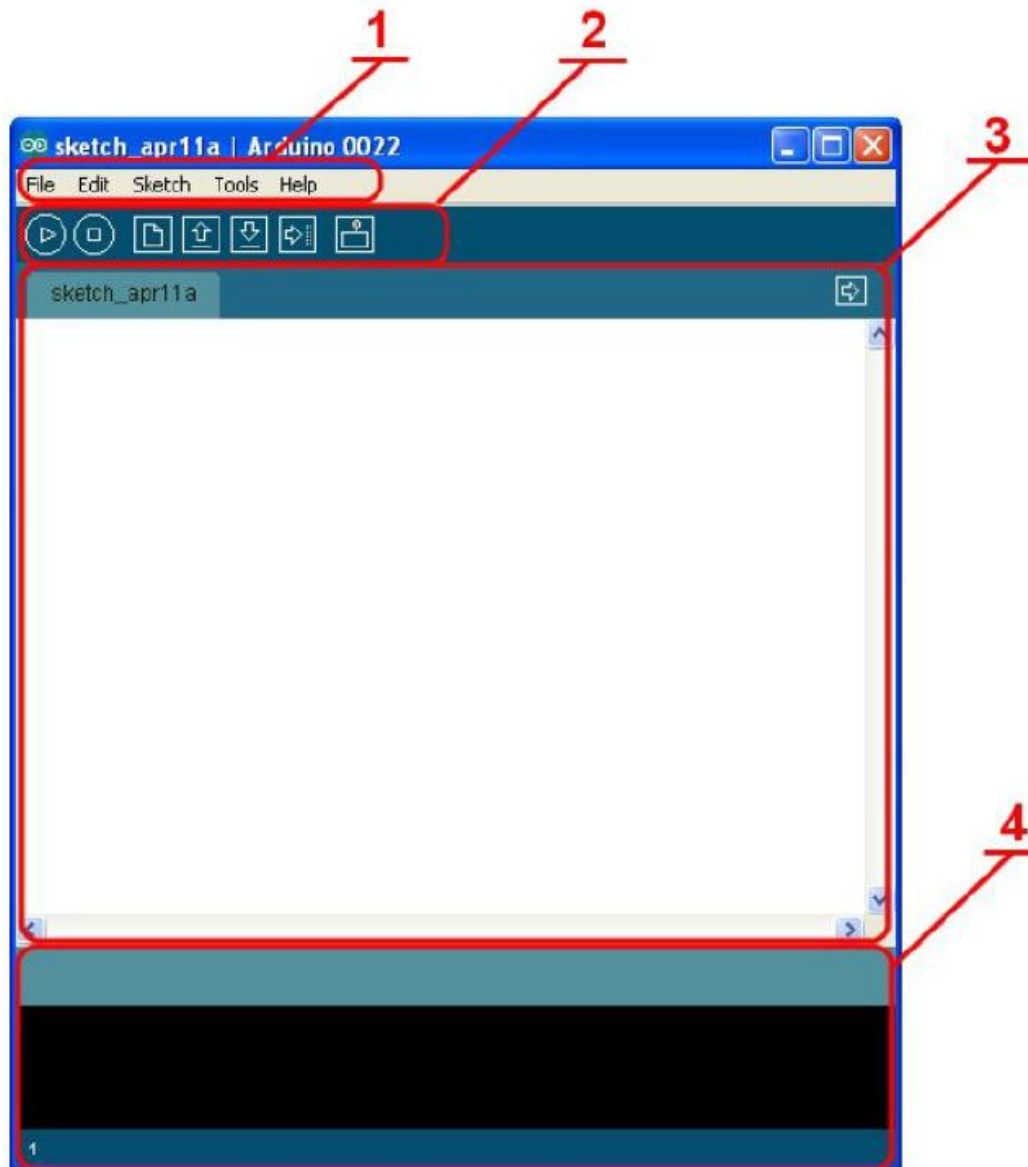


Figure I.15 Présentation des parties principales du logiciel.

- **Le cadre numéro 1** : ce sont les options de configuration du logiciel.
- **Le cadre numéro 2** : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes.
- **Le cadre numéro 3** : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer

Chapitre I : Généralité sur le système Arduino

- **Le cadre numéro 4** : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le **débogueur**.

I.8.1.1) Les boutons :

Voyons à présent à quoi servent les boutons, encadrés en rouge et numérotés par les chiffres.

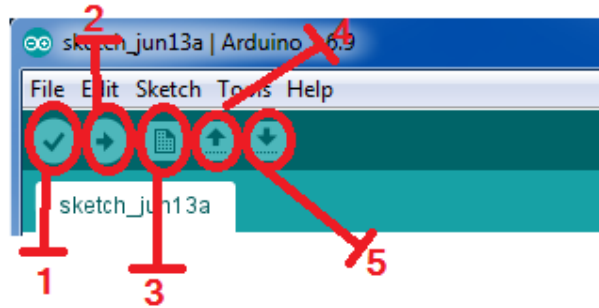


Figure I.16 Présentation des boutons.

- **Bouton 1** : Ce bouton permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans votre programme.
- **Bouton 2** : Ce bouton permet de vérifier et envoyer le programme à la carte.
- **Bouton 3** : Ouvrir un nouveau projet.
- **Bouton 4** : Ouvrir un programme déjà existe.
- **Bouton 5** : Sauvegarder le programme en cours.

La figure I.17 représente un exemple de programme de test **BLINK LED** qui fait clignoter la LED de la carte connectée à la broche 13 ce programme est généralement utiliser à la première fois pour tester le bon fonctionnement de la carte .

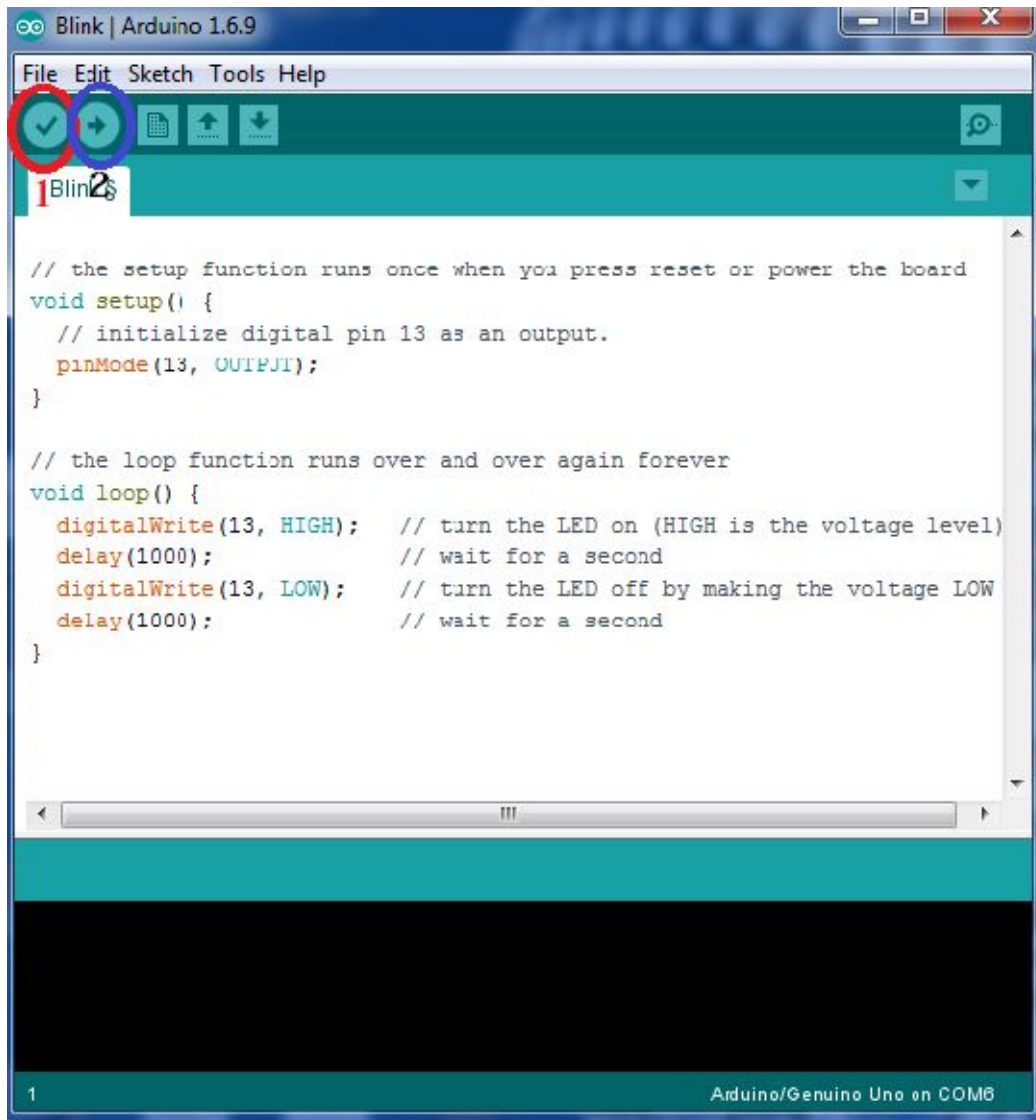


Figure I.17 le programme de test BLINK.

Pour vérifier la syntaxe de programme on click sur le bouton 1(Verify) et pour transférer le programme a la carte Arduino on click sur le bouton 2(UPLOAD).

I.8.2) La structure d'un programme Arduino :

Un programme Arduino comporte trois parties: [11]

```
Button $  
  
// set pin numbers:  
const int buttonPin = 2;    // the number of the pushbutton pin  
const int ledPin = 13;     // the number of the LED pin  
// variables will change:  
int buttonState = 0;       // variable for reading the pushbutton status  
  
void setup() {  
  // initialize the LED pin as an output:  
  pinMode(ledPin, OUTPUT);  
  // initialize the pushbutton pin as an input:  
  pinMode(buttonPin, INPUT);  
}  
  
void loop() {  
  // read the state of the pushbutton value:  
  buttonState = digitalRead(buttonPin);  
  
  // check if the pushbutton is pressed.  
  // if it is, the buttonState is HIGH:  
  if (buttonState == HIGH) {  
    // turn LED on:  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
  } else {  
    // turn LED off:  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
  }  
}
```

Figure I.18 La structure d'un programme Arduino.

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

I.8.3) Coloration syntaxique :

Lorsque du code est écrit dans l'interface de programmation, certains mots apparaissent en différentes couleurs qui clarifient le statut des différents éléments :

En **orange**, apparaissent les mots-clés reconnus par le langage Arduino comme

des **fonctions** existantes. Lorsqu'on sélectionne un mot coloré en orange et qu'on effectue un clic avec le bouton droit de la souris, l'on a la possibilité de choisir « Find in référence » : cette commande ouvre directement la documentation de la fonction sélectionnée. [11]

En **bleu**, apparaissent les mots-clés reconnus par le langage Arduino comme des **constantes**. [11]

En **gris**, apparaissent les **commentaires** qui ne seront **pas exécutés dans le programme**. Il est utile de bien commenter le code pour s'y retrouver facilement ou pour le transmettre à d'autres personnes. L'on peut déclarer un commentaire de deux manières différentes :

- dans une ligne de code, tout ce qui se trouve après « // » sera un commentaire.
- l'on peut encadrer des commentaires sur plusieurs lignes entre « /* » et « */ ». [12]

I.8.4) La syntaxe du langage

I.8.4.1) Ponctuation :

Le code est structuré par une ponctuation stricte : [12]

- **toute ligne** de code se termine par un point-virgule « ; »
- le contenu d'une **fonction** est délimité par des accolades « { » et « } »
- les **paramètres** d'une fonction sont contenus pas des parenthèses « (» et «) ».

Une erreur fréquente consiste à oublier un de ces éléments.

I.8.4.2) Les variables :

Une variable est un espace réservé dans la mémoire de l'ordinateur. C'est comme un compartiment dont la taille n'est adéquate que pour un seul type d'information. Elle est caractérisée par un nom qui permet d'y accéder facilement. [13]

Il existe différents types de variables identifiés par un mot-clé dont les principaux sont :

- nombres entiers (int)
- nombres à virgule flottante (float)
- texte (String)
- valeurs vrai/faux (boolean).

Un nombre à décimales, par exemple *3.14159*, peut se stocker dans une variable de type Float. Notez que l'on utilise un point et non une virgule pour les nombres à décimales. Dans Arduino, il est nécessaire de déclarer les variables pour leurs réserver un espace mémoire adéquat. On déclare une variable en spécifiant son type, son nom puis en lui assignant une valeur initiale (optionnelle).

Exemple :

```
int ma_variable = 45;
// int est le type, ma_variable le nom et = 45 assigne une valeur.
```

I.8.4.3) Les fonctions :

Une fonction (également désignée sous le nom de procédure ou de sous-routine) est un bloc d'instructions que l'on peut appeler à tout endroit du programme.

Le langage Arduino est constitué d'un certain nombre de fonctions, par exemple analogRead(), digitalWrite() ou delay().[13]

Il est possible de déclarer ses propres fonctions par exemple :

```
void clignote(){
digitalWrite (brocheLED, HIGH) ;
delay (1000) ;
digitalWrite (brocheLED, LOW) ;
delay (1000) ;
}
```

I.8.4.4) Les structures de contrôle :

Les structures de contrôle sont des blocs d'instructions qui s'exécutent en fonction du respect d'un certain nombre de conditions.

Il existe quatre types de structure. [14]

if...else : exécute un code **si** certaines conditions sont remplies et éventuellement exécutera un autre code avec **sinon**.

Exemple :

```
//si la valeur du capteur dépasse le seuil
if(valeurCapteur > seuil){
//appel de la fonction clignote
clignote(); }
```

while : exécute un code **tant** que certaines conditions sont remplies.

Exemple :

```
//tant que la valeur du capteur est supérieure à 250
while(valeurCapteur > 250){
//allume la sortie 5
digitalWrite(5,HIGH);
```

Chapitre I : Généralité sur le système Arduino

```
//envoi le message "0" au port serie
Serial.println(1);
//en boucle tant que valeurCapteur est supérieure à 250
}
Serial.println(0);
digitalWrite(5,LOW);
```

For : exécute un code **pour** un certain nombre de fois

Exemple :

```
//pour i de 0 à 255, par pas de 1
for (int i=0; i <= 255; i++){
analogWrite(PWMPin, i);
delay(10);
}
```

switch/case : fait un choix entre plusieurs codes **parmi une liste de possibilités**

Exemple :

```
// fait un choix parmi plusieurs messages reçus
switch (message) {
case 0: //si le message est "0"
//allume que la sortie 3
digitalWrite(3,HIGH);
digitalWrite(4,LOW);
digitalWrite(5,LOW);
break;
case 1: //si le message est "1"
//allume que la sortie 4
digitalWrite(3,HIGH);
digitalWrite(4,LOW);
digitalWrite(5,LOW);
break;
case 2: //si le message est "2"
//allume que la sortie 5
digitalWrite(3,LOW);
digitalWrite(4,LOW);
digitalWrite(5,HIGH);
```

```
break;}
```

I.9) Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons projeté la lumière sur le système Arduino en donnant ainsi les propriétés pour les quelles on l'a choisie, puis nous avons cité les différents types des cartes de ce système ainsi les kits utiliser pour la communication. Ensuite, nous avons expliqué les deux parties essentielles de l'Arduino; (la partie matérielle et la partie de programmation).

Chapitre II :
Généralité sur les capteurs et
le réseau GSM

Partie 1 : Généralité sur les capteurs.

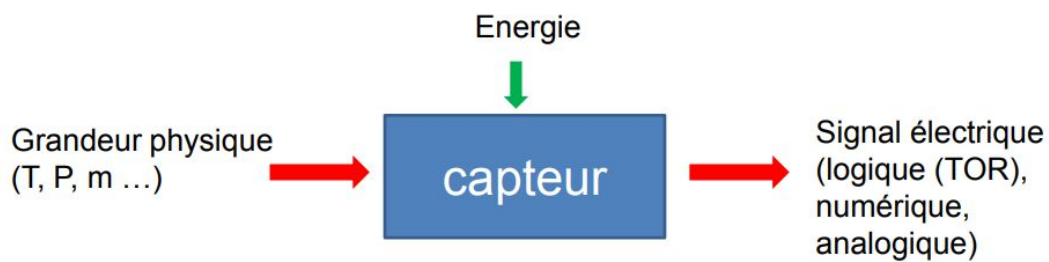
II.1 Généralités:

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories. [15]

- Capteurs actifs.
- Capteurs passifs.

II.2 Définition d'un Capteur :

Un capteur transforme une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande.



II.3 Le capteur dans la chaîne de mesure :

La chaîne de mesure est constituée de l'ensemble des dispositifs, y compris le capteur, rendant possible, dans les meilleures conditions, la détermination précise de la valeur du mesurande.

À l'entrée de la chaîne, le capteur soumis à l'action du mesurande permet, directement s'il est actif ou par le moyen de son conditionneur s'il est passif, d'injecter dans la chaîne le signal électrique, support de l'information liée au mesurande.

À la sortie de la chaîne, le signal électrique qu'elle a traité est converti sous une forme qui rend possible la lecture directe de la valeur cherchée du mesurande :

- Déviation d'un appareil à cadre mobile.
- Enregistrement analogique graphique ou oscillographique.
- Affichage ou impression d'un nombre.

C'est l'étalonnage de la chaîne de mesure dans son ensemble qui permet d'attribuer à chaque indication en sortie la valeur correspondante du mesurande agissant à l'entrée.

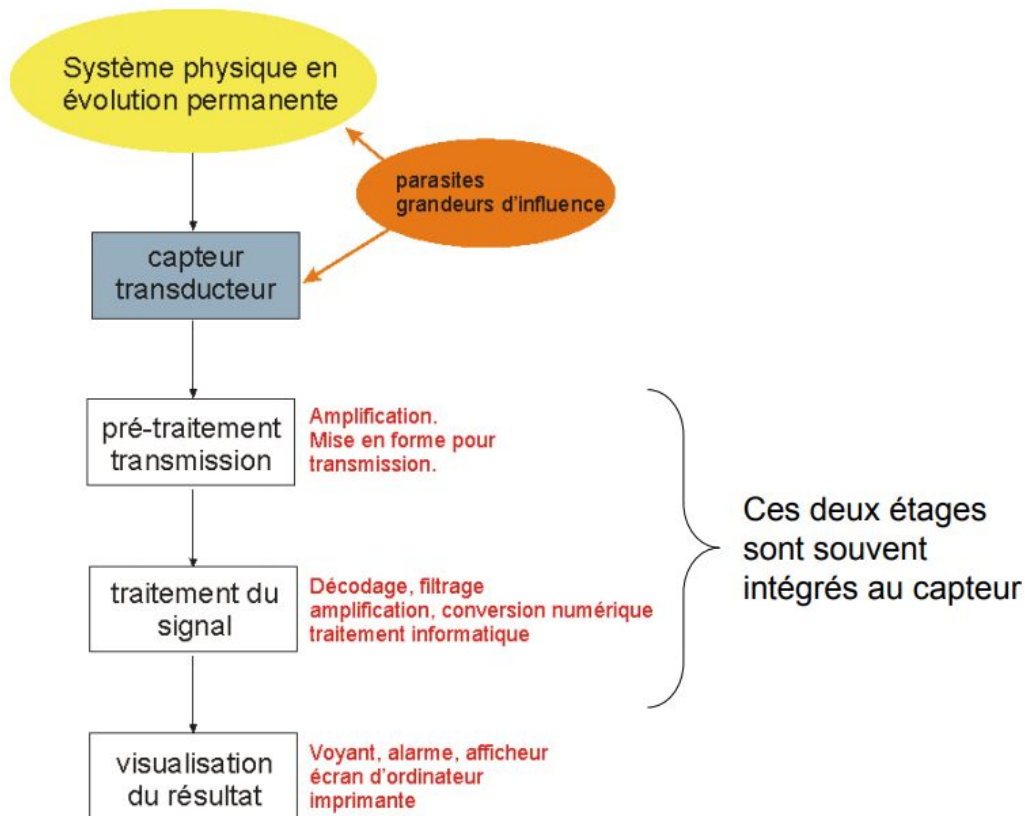
Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

Sous sa forme la plus simple la chaîne de mesure peut se réduire au capteur, et à son conditionneur éventuel, associé à un appareil de lecture :

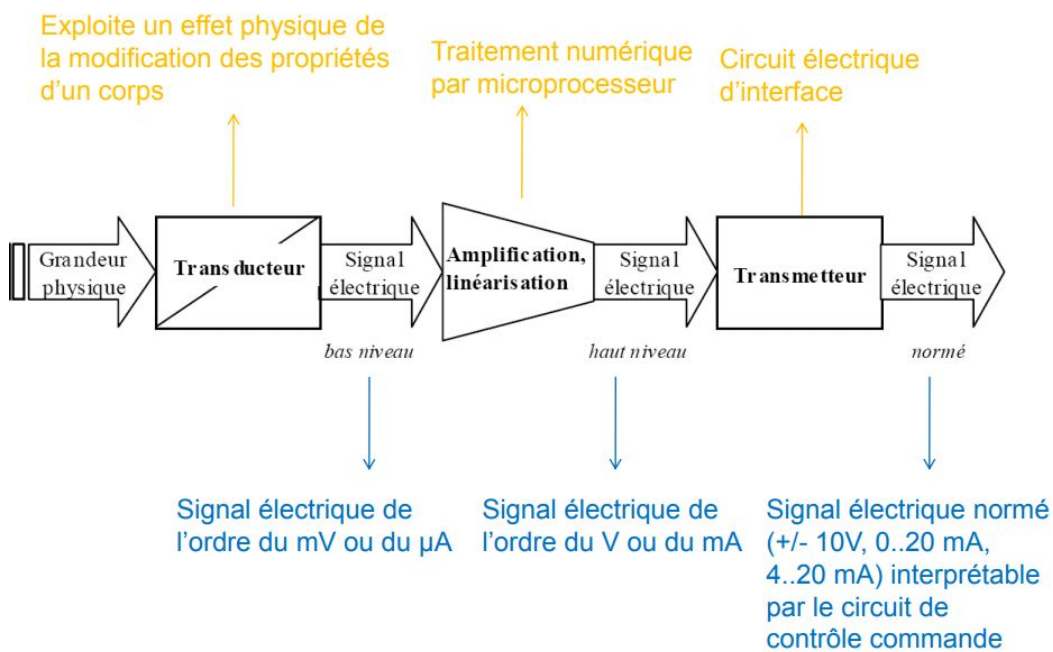
- Thermocouple et voltmètre ;
- Jauge de contrainte placée dans un pont de Wheatstone, avec pour instrument de lecture un galvanomètre ou un voltmètre.

Cependant les conditions pratiques de mesure telles qu'elles sont imposées par l'environnement d'une part et par les performances exigées pour une exploitation satisfaisante du signal d'autre part amènent à introduire dans la chaîne des blocs fonctionnels destinés à optimiser l'acquisition et le traitement du signal :

- Circuit de linéarisation du signal délivré par le capteur ;
- Amplificateur d'instrumentation ou d'isolement destiné à réduire les tensions parasites de mode commun ;
- Multiplexeur, amplificateur d'instrumentation programmable, échantillonneur
- Bloqueur, convertisseur analogique - numérique lorsque l'information doit être traitée par ordinateur ;
- convertisseur tension-courant ou tension-fréquence lorsque le signal doit être transmis à distance par câble
- modulateur de fréquence dans le cas de télémesure par voie hertzienne. [15]



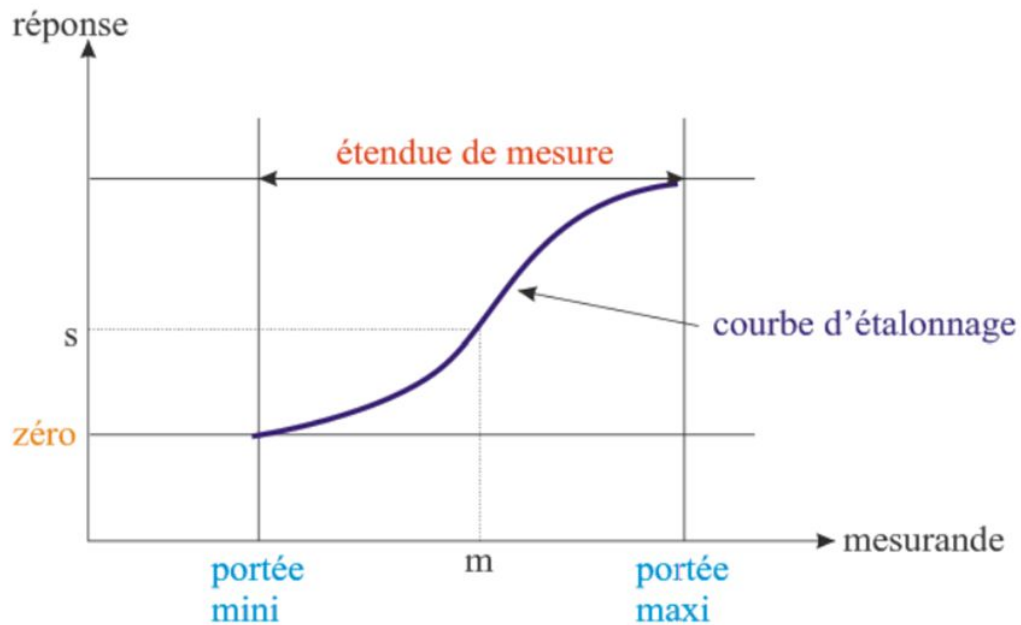
II.4 Schéma de principe d'un capteur industriel :



II.5 Les caractéristiques d'un capteur :

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

Etendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur



Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.

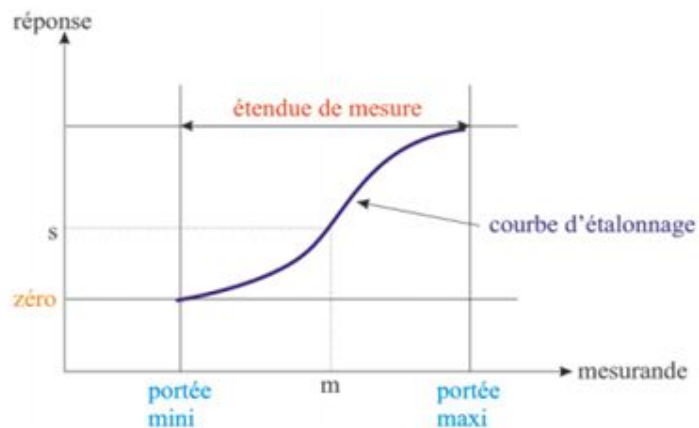


Figure II.A.1 : courbe représente la variation d'étalonnage.

Conception d'un capteur : S doit dépendre le moins possible de :

- La valeur de m (linéarité)
- la fréquence de variation (bande passante)
- du temps (vieillessement)
- d'actions extérieures (grandeurs d'influence)

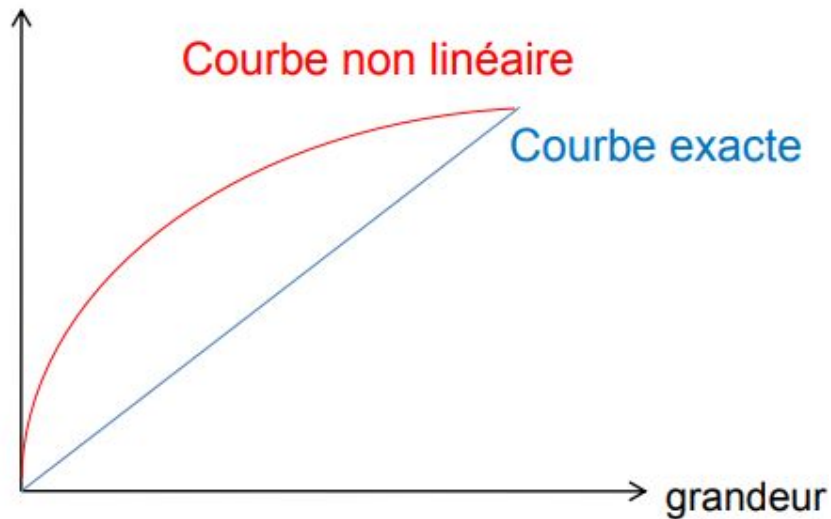
. **Précision :** Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie

. **Rapidité :** Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante

. **Linéarité** : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure.

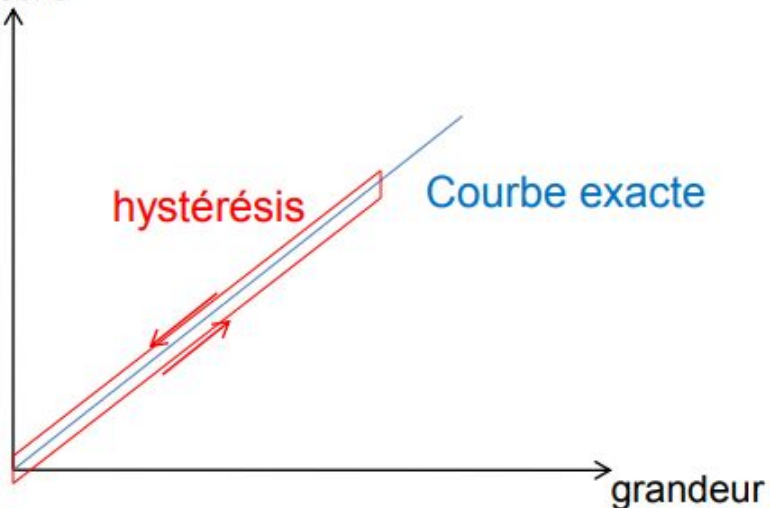
II.6 Types d'erreur d'un capteur :

mesure



Erreur de linéarité

mesure



Erreur d'hystérésis : le résultat dépend de la mesure précédente

II.7 Capteurs intelligents :

Les dernières années du XXe siècle ont vu apparaître le concept de capteurs intelligents.

En plus de leur faculté de mesurer une grandeur physique, ils possèdent d'autres fonctionnalités dont voici une liste non-exhaustive :

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

- fonctions configurables de traitement du signal (filtre, gains, etc.).
- fonctions d'auto-test et d'auto-contrôle.
- étalonnage automatique.
- sortie sur des bus de terrain.

On désigne par capteur intelligent l'ensemble de mesure d'une grandeur physique constitué de deux parties :

- une chaîne de mesure pilotée par microprocesseur.
- une interface de communication bidirectionnelle.

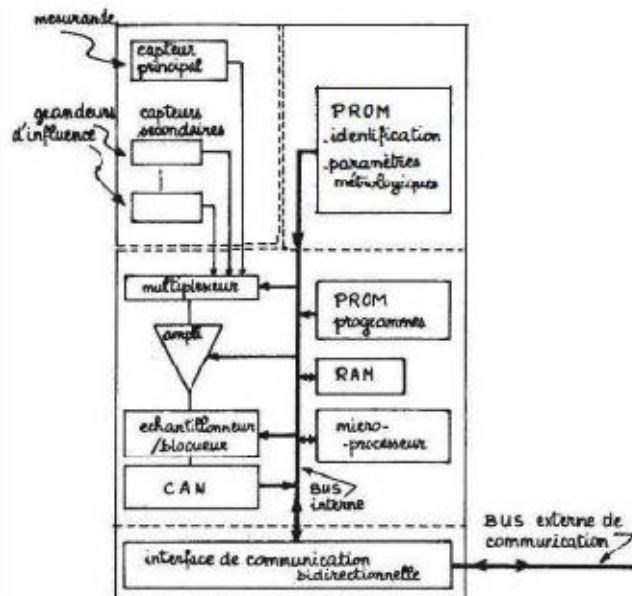


Figure II.A.2 Capteur intelligent.

II.8 Grandeurs d'influence :

Grandeur physique autre que le mesurande dont la variation peut modifier la réponse du capteur :

- **Température** : modifications des caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles
- **Pression, vibrations** : déformations et contraintes pouvant altérer la réponse
- **Humidité** : modification des propriétés électriques (constante diélectrique ou résistivité). Dégradation de l'isolation électrique
- **Champs magnétiques** : création de fém. d'induction pour les champs variables ou modifications électriques (résistivité) pour les champs statiques
- **Tension d'alimentation** : lorsque la grandeur de sortie du capteur dépend de celle-ci directement (amplitude ou fréquence).

Nécessité de :

- Réduire les grandeurs d'influence (tables anti-vibration, blindages magnétiques...).
- Stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues.
- Compenser l'influence des grandeurs parasites par des montages adaptés (Pont de Wheatstone). [15]

II.9 Les capteurs actifs :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à mesurer (énergie thermique, mécanique ou de rayonnement).

Effet thermoélectrique (ou effet Seebeck) : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice d'origine thermique $e(T_1, T_2)$.

Effet piézo-électrique : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.

Effet d'induction électromagnétique : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).

Effet photo-électrique : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

Effet Hall : Un champ magnétique B (aimant, angle θ /surface du matériau) et un courant électrique I créent dans le matériau une différence de potentiel.

Effet pyroélectrique : certains matériaux ont une polarisation spontanée en l'absence de champ électrique extérieur. Une variation de température induit une variation de cette polarisation et donc l'apparition de charges électriques à la surface du matériau.

II.10 Les capteurs passifs :

Il s'agit généralement d'impédances (résistance, inductance, capacité) dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée.

La variation d'impédance résulte :

- d'une variation de dimension du capteur (capteurs de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile).

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

- d'une déformation résultant d'une force ou d'une grandeur s'y ramenant (pression accélération). Exemples : armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable. [15]

Grandeur mesurée	Caractéristique électrique sensible	Types de matériaux utilisés
Température	Résistivité électrique	Platine, Nickel, cuivre ...
Rayonnement optique	Résistivité électrique	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité électrique	Alliage de Ni, Si dopé
	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position	Résistivité électrique	Matériaux magnétorésistants (Bismuth, antimoine d'indium)
Humidité	Résistivité électrique	Chlorure de lithium

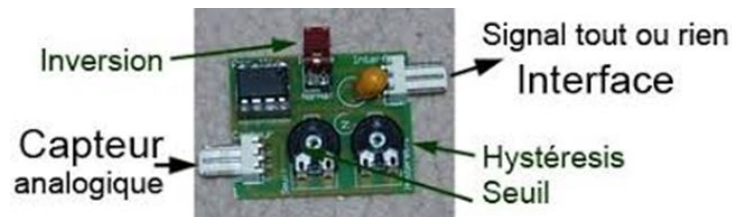


Figure II.A. 3 capteurs analogiques.

II.11 Capteurs logiques :

Ou capteurs TOR. La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre ces deux valeurs. Le signal des capteurs logiques peut être du type :

- courant présent/absent dans un circuit.
- potentiel, souvent 5 V/0 V.
- DEL allumée/éteinte.
- signal pneumatique (pression normale/forte pression).

II.12 Capteurs numériques :

La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être du type :

- train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise.

- code numérique binaire.
- bus de terrain.

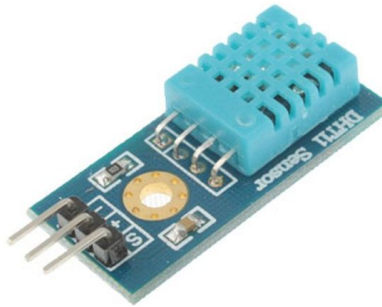


Figure II.A.4 Capteur numérique DHT11.

II.13 Type de détection :

II.13.1 Détection avec contact : le capteur doit entrer en contact physique avec un phénomène pour le détecter.

II.13.2 Détection sans contact : le capteur détecte le phénomène à proximité.

II.14 Type de sortie :

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie :

La sortie est une grandeur électrique dont la valeur est une fonction de la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues. Le signal des capteurs analogiques peut être du type :

- sortie tension
- sortie courant
- règle graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide). [15]

PARTIE 2 : le réseau GSM.

II.B.1. Introduction :

Le GSM (Global System for Mobile communications), est un système cellulaire et numérique de télécommunication mobile. Il a été rapidement accepté et a vite gagné des parts de marché. L'utilisation du numérique pour transmettre les données permet des services et des possibilités élaborées par rapport à tout ce qui a existé. On peut citer, par exemple, la possibilité de téléphoner depuis n'importe quel réseau GSM dans le monde. Les services avancés et l'architecture du GSM ont fait de lui un modèle pour la troisième génération des systèmes cellulaires, le réseau UMTS.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les caractéristiques principales du système GSM.

II.B.2. Historique : [16]

Durant des siècles, l'homme s'est contenté de la parole ou des écrits comme seuls moyens de communication entre deux personnes éloignées d'une distance importante.

En 1982, lors de la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) que fut créé le Groupe Spécial Mobile (GSM).

En 1985, la Commission Européenne annonce l'imposition de la norme issue du GSM.

En 1987, le choix est arrêté sur la transmission numérique AMR.

En 1989, les travaux du Groupe Spécial Mobile "GSM" sont transférés au comité "SMG"

de l'Européen Télécommunication Standards Institute (ETSI), qui poursuit les tâches de normalisations. Notons que c'est cette comité qui mettra au point le module d'identité d'abonné SIM.

Le groupe "GSM" change alors de signification : de "Groupe Spécial Mobiles" il devient "Global System for Mobile communications"

En 1991 fût réalisé la première communication entre un mobile et un abonné fixe. Les premiers terminaux sont représentés au Salon Télécom à Genève cette même année. Puis on assiste à l'ouverture des systèmes d'essai à Paris.

Et c'est en 1992 que fût ouvert le système GSM ITINERIS de France Telecom, rejoint plus tard par SFR du groupe Cegetel et par Bouygues Telecom (1994).

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

L'explosion du marché des mobiles, sa croissance soutenue et l'apparition de nouveaux services amènent les réseaux GSM actuels à leur limite. Le débit de 9,6 kb/s, défini à l'origine, est insuffisant pour couvrir les nouveaux besoins de transferts de données et constitue un frein à la diffusion de contenus multimédias.

Les premières applications WAP (norme permettant l'affichage de pages Web sur les Mobiles) sur réseau sans fil souffrent encore de temps de connexion et de réponse trop long, surtout quand les appels sont facturés à la durée. De plus, la qualité de service est encore insuffisante et la fiabilité des communications doit être améliorée.

Les nouvelles normes de téléphonie hauts débits, tels GPRS, EDGE et UMTS devraient résoudre ces problèmes et bouleverser à terme les possibilités.

II.B.3. Présentation de la norme GSM : [17]

Le GSM est la première norme de téléphonie cellulaire de seconde génération qui soit pleinement numérique, c'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles. Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de stations mobiles de bout en bout à travers le réseau. 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.

II.B.4. L'architecture du réseau GSM : [18]

Un réseau GSM compte une (ou plusieurs) station de base par cellule. La station mobile choisit la cellule selon la puissance du signal. Une communication en cours peut passer d'une cellule à l'autre permettant ainsi la mobilité des utilisateurs.

Un réseau GSM est constitué de trois sous réseau :

- Le sous-système radio : BSS - Base Station Subsystem
- Le sous-système réseau : NSS – Network Subsystem.
- Le sous-système opération : OSS – OperationSubsystem.

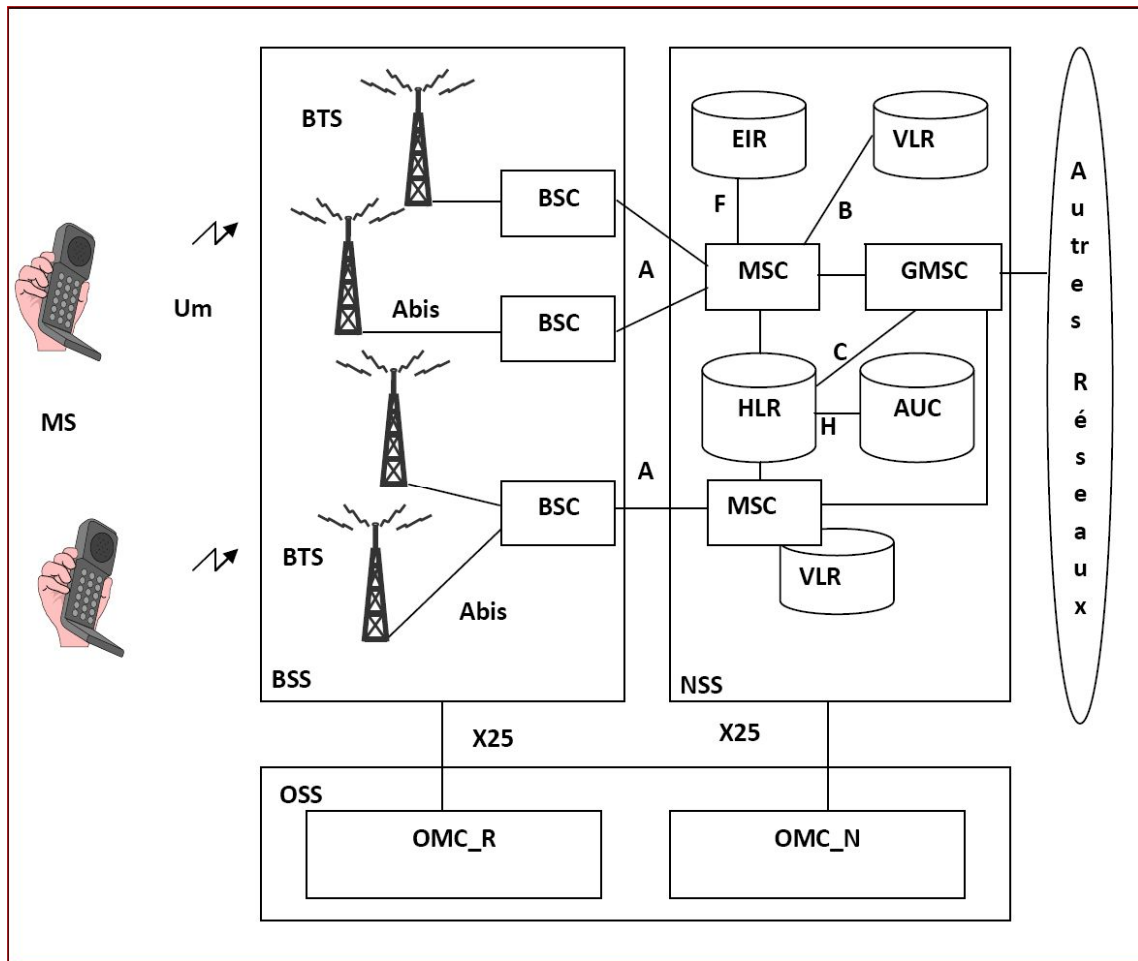


Figure II.B.1: Architecture globale du réseau GSM. [19]

II.B.4.1 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).

II.B.4.1.1 Station de base (BTS) : [20]

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

La BTS représente la partie radio du réseau GSM, elle relie les stations mobiles à l'infrastructure fixe du réseau.

La BTS est composée d'un ensemble d'émetteurs / récepteurs. Elle assure :

- La gestion du multiplexage temporel (une porteuse est divisée en 8 slots dont 7 sont alloués aux utilisateurs), et la gestion des sauts de fréquence.
- Des opérations de chiffrement.
- Des mesures radio permettant de vérifier la qualité de service ; ces mesures sont transmises directement au BSC.
- La gestion de la liaison de données (données de trafic et de signalisation) entre les mobiles et la BTS.
- La gestion de la liaison de trafic et de signalisation avec le BSC.

La capacité maximale typique d'une BTS est de 12 porteuses, soit 96 communications simultanées. En zone urbaine où le diamètre de couverture d'une BTS est réduit, cette capacité peut descendre à 4 porteuses soit 24 communications.

II.B.4.1.2 Contrôleur de station de base (BSC) : [16]

Ce sont des concentrateurs de BTS. Ils gèrent les ressources radioélectriques et le fonctionnement d'un certain nombre de stations de base notamment les handovers tandis que les BTS ne font qu'appliquer les décisions prises par le BSC. Un BSC standard peut contrôler une soixantaine de BTS, ce nombre peut être réduit en zone rurale. Le BSC est connecté aux BTS par l'interface Abis et aux MSC par l'interface A.

II.B.4.2 Sous système réseau (NSS) : [21]

Le rôle principal de ce sous-système est de gérer les communications entre les abonnés et les autres usagers qui peuvent être d'autres abonnés, des usagers sur le réseau RNIS ou des usagers de réseaux téléphoniques fixes.

II.B.4.2.1 Commutateur (MSC) :

Cet élément peut être considéré comme le cœur d'un système cellulaire puisqu'il fait la gestion des appels et de tout ce qui est lié à l'identité des abonnés, à leur enregistrement et à leur localisation. Le MSC agit en somme comme un nœud d'un réseau commuté.

II.B.4.2.2 Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) :

Cette base de données contient temporairement des informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par un MSC autre que celui auquel ils sont abonnés. Ces informations proviennent du HLR auquel l'abonné est enregistré et indiquent les services auxquels l'abonné a droit. Ce transfert d'informations se fait qu'une seule fois et n'est effacé que lorsque l'abonné ferme son appareil ou quitte la région du MSC courant. En procédant ainsi, le VLR n'a pas à interroger le HLR chaque fois qu'une communication est demandée par ou pour l'abonné visiteur. Il est à noter que le VLR est toujours associé à un MSC.

II.B.4.2.3 Enregistreur de localisation nominale (HLR) :

Il s'agit d'une base de données contenant les informations sur les abonnés appartenant à la région desservie par le commutateur de services mobiles (MSC).

II.B.4.2.4 Centre d'authentification (AUC) :

L'AUC est une base de données protégée qui contient une copie de la clé secrète inscrite sur la SIM de chaque abonné. Cette clé est utilisée pour vérifier l'authenticité de l'abonné et pour l'encryptage des données envoyées.

II.B.4.2.5 Enregistreur des identités des équipements (EIR) :

Chaque terminal 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.

II.B.4.3 Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) :

Ce sous-système est branché aux différents éléments du sous-système réseau de même qu'au contrôleur de station de base (BSC). Par une vue d'ensemble du réseau, l'OSS contrôle le trafic au niveau du BSS.

II.B.4.4 La station mobile (MS) : [16]

La station mobile est constituée du téléphone portable à proprement parler mais aussi d'une carte appelée carte SIM, qui est indispensable pour accéder au réseau. Cette carte contient, sur un microprocesseur, les informations personnelles de l'abonné. Ce dernier peut donc, par insertion de la carte SIM dans n'importe quel téléphone portable, recevoir des appels, en donner et avoir accès à tous les services qu'il a souscrit : le téléphone portable et l'utilisateur sont totalement indépendants.

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

Le téléphone portable est identifié par le numéro IMEI. Ce numéro renseigne sur le type d'équipement, l'identité du constructeur et le numéro de série. La carte SIM contient le numéro IMSI, mais aussi une clé secrète pour la sécurité, ainsi que d'autres informations. Les numéros IMEI et IMSI sont indépendants, ce qui permet la séparation du téléphone portable et de l'utilisateur. De plus, la carte SIM protège l'abonné des connections frauduleuses par l'introduction d'un numéro d'identité personnel (code PIN) lors de l'accès au réseau.

Nous distinguons trois types de stations mobiles :

- Les stations mobiles embarquées (classe 1) de puissance 20 W
- Les mobiles portables (classe 2) de 8 W.
- Les mobiles portatifs de (classe 3) 5 W, (4) 2 W et (5) 0.8 W.
- Les mobiles portatifs 2 W sont actuellement les plus répandus dans les réseaux GSM.

II.B.5. Les interfaces du réseau GSM : [22]

Les interfaces normalisées sont utilisées entre les entités du réseau pour la transmission du trafic (paroles ou données) et pour les informations de signalisation. Dans le réseau GSM, les données de signalisation sont séparées des données de trafic.

Toutes les liaisons entre les équipements GSM sauf avec la station mobile sont des liaisons numériques. La liaison entre BTS et MS est une liaison radio numérique.

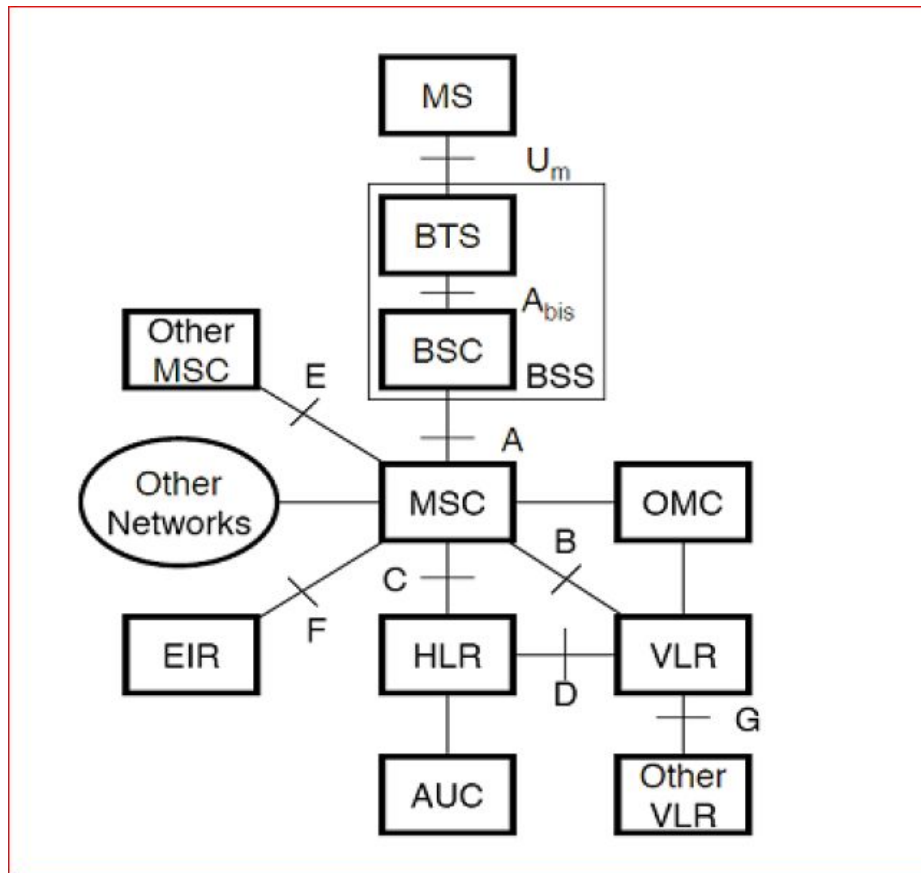


Figure II.B.2: les interfaces du réseau GSM. [23]

- **Interface Um** : appelée aussi Air ou radio, entre BTS et MS, s'appuie sur le protocole LAPDm. Il est utilisé pour le transport du trafic et des données de signalisation.
- **Interface A bis** : entre BTS et BSC s'appuie sur le protocole LAPD. Il est utilisé pour le transport du trafic et des données de signalisation.
- **Interface A** : entre BSC et MSC, s'appuie sur le protocole sémaphore N-7 du CCITT. Il est utilisé pour le transport du trafic et des données de signalisation.
- **Les Interfaces B** entre MSC et VLR, **C** entre MSC et HLR, **E** entre MSC et MSC, **F** entre MSC et EIR, **G** entre VLR et VLR, **D** entre VLR et HLR/AuC s'appuient sur le protocole sémaphore N-7 du CCITT pour les couches OSI basses (MTP, Message Transfert Protocol) et sur le protocole MAP (Mobile Application

Protocole) pour les couches hautes. Ces interfaces sont utilisées en particulier pour le transport des données relatives à l'application des mobiles.

- **Les Interfaces REM** : entre OMC-R et BSS ou entre OMC-S et NSS, utilisent un réseau de transmission de donnée de type X25.
- **Les Interfaces passerelles** : entre le MSC et les réseaux publics s'appuient sur le protocole sémaphore N·7 du CCITT. Elles sont utilisées pour le transport du trafic et des données de signalisation.

II.B.6. La Transmission radio : [16]

II.B.6.1 Allocation des fréquences :

La téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de fréquences aux alentours des 900 Mhz.

- De 890 à 915 [Mhz] pour la transmission des signaux des stations mobiles vers la station de base (Uplink).
- De 935 à 960 [Mhz] pour la transmission en sens inverse (Downlink).

La largeur de bande de chaque sens est divisée en 124 canaux de 200 Mhz de largeur. Ces canaux ne sont pas suffisants dans les grandes villes, donc, il s'est avéré nécessaire d'attribuer une bande supplémentaire aux alentours des 1800 Mhz. C'est le système DCS. 1800 dont les caractéristiques sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service.

Les communications montantes sont alors entre 1710 et 1785 [Mhz] et les communications descendantes entre 1805 et 1880 [Mhz].

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

	GSM - 900	GSM - 1800
Bande spectrale - canaux descendant	935 à 960 MHz	1805 à 1880 MHz
Bande spectrale - canaux montant	890 à 915 MHz	1710 à 1785 MHz
Espacement entre les canaux d'un couple	45 MHz	95 MHz
Nombre de canaux (multiplexage FDMA)	124	374
Largeur des canaux	200 KHz	200 KHz
Multiplexage TDMA	8	8
Nombre de canaux logiques	992	2992

Tableau II.B.1 : Caractéristiques techniques. [19]

II.B.6.2 Les canaux physiques :

Pour augmenter la capacité du réseau, le GSM utilise deux techniques pour l'allocation de ses fréquences :

- L'accès multiple à répartition en fréquence ou le partage en fréquence (FDMA).
- L'accès multiple à répartition dans le temps ou le partage en temps (TDMA).

II.B.6.2.1 Multiplexage fréquentiel FDMA : [17]

La méthode d'accès FDMA (Frequency Division Multiple Access) ou Accès Multiple par Répartition de Fréquences (AMRF) repose sur un multiplexage en fréquences. Un tel procédé divise la bande de fréquences en plusieurs sous bandes. Chacune est placée sur une fréquence dite porteuse ou carrier qui est la fréquence spécifique du canal. Chaque porteuse ne peut transporter que le signal d'un seul utilisateur. La méthode FDMA est essentiellement utilisée dans les réseaux analogiques.

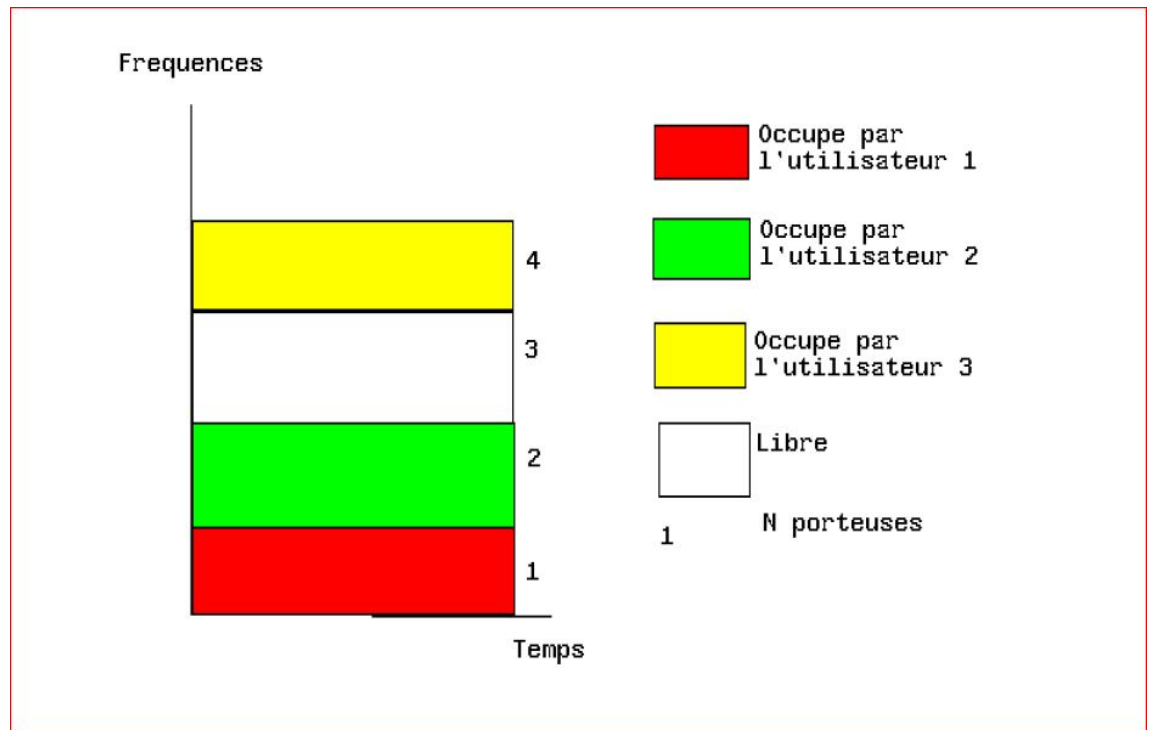


Figure II.B.3: Principe du FDMA.

II.B.6.2.2 Multiplexage temporel TDMA : [17]

La technique d'accès TDMA (Time Division Multiple Access) ou Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT) offre la totalité de la bande de fréquences à chaque utilisateur pendant une fraction de temps donnée, dénommée slot (intervalle de temps). L'émetteur de la station mobile stocke les informations avant de les transmettre sur le slot, autrement dit dans la fenêtre temporelle qui lui a été réservée. Les différents slots sont regroupés par la suite en trames, le système offrant ainsi plusieurs voies de communication aux différents utilisateurs. La succession des slots dans les trames forme le canal physique de l'utilisateur. Le récepteur enregistre les informations à l'arrivée de chaque slot et reconstitue le signal à la vitesse du support de transmission. Le TDMA s'applique principalement à la transmission des signaux numériques, contrairement au FDMA conçu pour une transmission analogique. Toutefois la combinaison des deux techniques est possible.

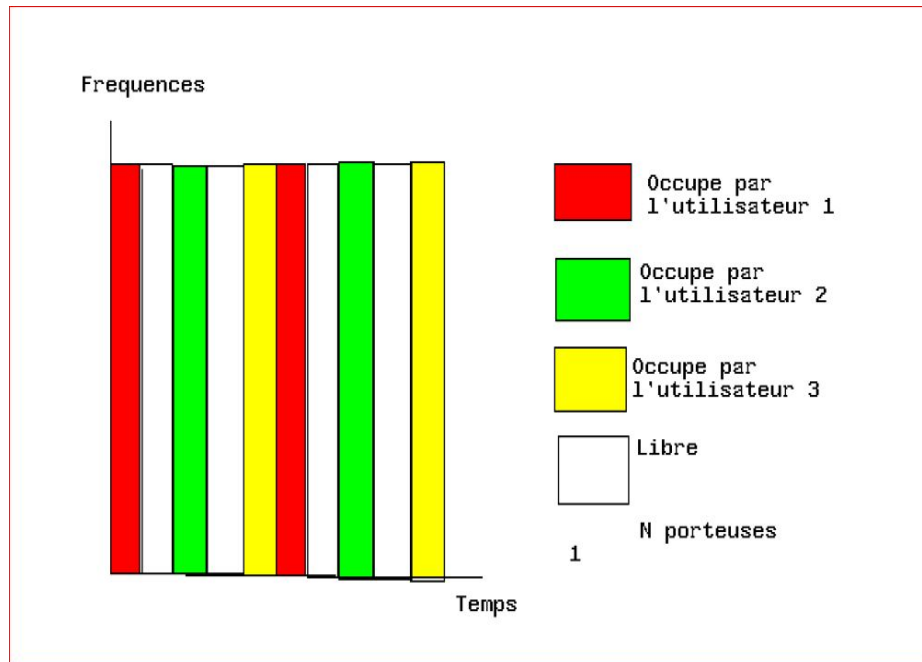


Figure II.B.4: Principe Du TDMA.

Donc la bande spectrale est multiplexé en fréquence (FDMA) pour obtenir plusieurs canaux et chacun de ces canaux est multiplexé selon TDMA (d'ordre 8).

La **Figure II.5** illustre un canal dans le système GSM en termes de domaine de temps et domaine de fréquence.

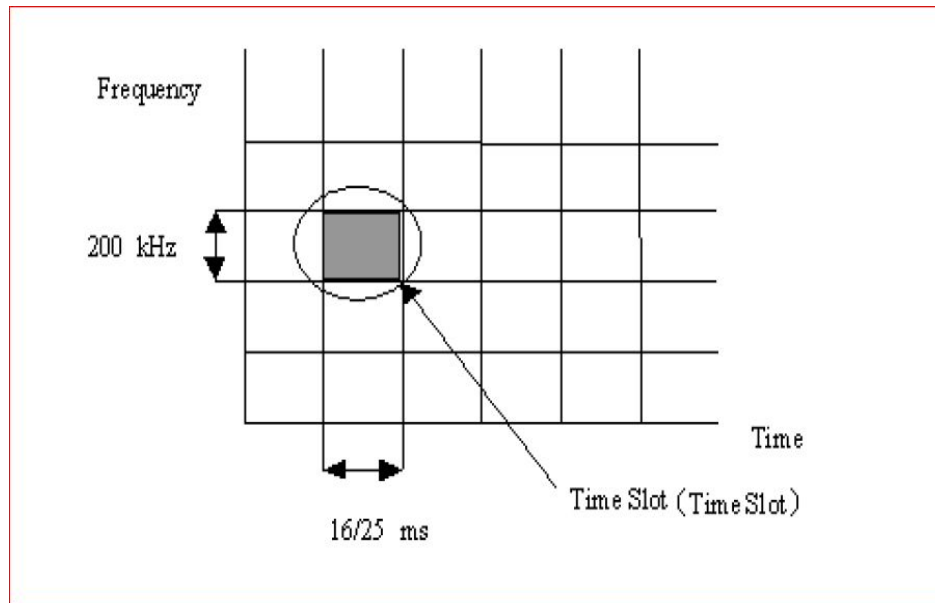


Figure II.B.5: Structure temps fréquence des canaux physiques.

II.B.6.3 Les canaux logiques : [24]

Sur une paire de fréquence, un slot parmi 8 est alloué à une communication avec un mobile donné. Cette paire de slot forme un canal physique duplex.

Ce dernier forme la base de deux canaux logiques:

- le TCH (Trafic Channel) qui porte la voie numérisée, mais aussi un petit canal de contrôle.
- le SACCH (Slow Associated Control Channel) qui permet principalement le contrôle des paramètres physiques de la liaison.

D'une manière plus générale, il faut prévoir une multitude de fonction de contrôle, en particulier :

- Diffuser les informations systèmes BCCH (Broadcast Control Channel).
- Prévenir les mobiles des appels entrants et faciliter leur accès au système CCCH (Common Control Channel).
- Contrôler les paramètres physiques avant et pendant les phases actives de transmission (FACCH, SCH et SACCH).
- Fournir des supports pour la transmission de signalisation téléphonique (SDCCH).

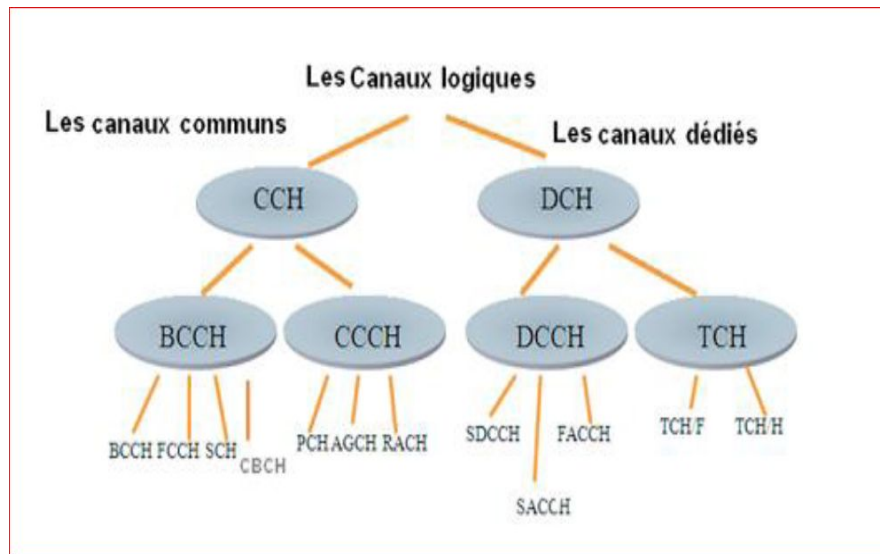


Figure II.B.6: les canaux logiques d'un réseau GSM. [19]

II.B.7. Le concept cellulaire : [25]

Au début de la téléphonie mobile, le but était d'atteindre une grande surface avec une seule antenne puissante, située de préférence sur une grande tour. Avec ce système il était impossible de réutiliser les fréquences sur la surface couverte par l'antenne et par conséquent le nombre d'utilisateurs était limité. Le concept cellulaire a beaucoup apporté dans le design des réseaux pour résoudre le problème de l'encombrement du trafic et pour permettre à l'opérateur d'utiliser les fréquences à disposition avec plus d'efficacité. Avec ce concept nous admettons qu'une cellule sert une surface beaucoup plus petite à l'aide d'une station de base.

Le nombre de canaux alloués à une station représente seulement une portion de tous les canaux alloués au système complet. Un canal est en général composé d'une fréquence. Les stations voisines les unes des autres ont droit à des canaux différents pour qu'elles ne s'empêtent pas.

Par contre nous pouvons utiliser des canaux (fréquences) identiques si deux cellules sont suffisamment éloignées l'une de l'autre. Ceci permet ainsi de résoudre le problème de l'encombrement, ou en d'autres termes un plus grand nombre d'utilisateurs pourra faire usage du téléphone cellulaire simultanément. Plus le nombre de cellules est grand pour une surface donnée, plus le nombre d'utilisateurs pourra être grand également. La puissance d'émission doit être adaptée à la dimension de la cellule. A la campagne les cellules sont de dimension plus importante étant

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

donnée le faible nombre d'utilisateurs. La planification des fréquences consiste à attribuer des fréquences (canaux) à des cellules. Nous pouvons utiliser un même ensemble de canaux pour des cellules suffisamment éloignées. On parle alors de « réutilisation de fréquences ».

II.B.7.1 Cellule :

On appelle cellule, une surface géographique de service du réseau couverte par des antennes (couverture) sur laquelle il y a la disponibilité d'un canal de transmission donnée (voie balise), constitué d'une voie radio électrique caractérisée par une fréquence donnée ou un couple de fréquences données selon les services assurées.

Les cellules sont disposées de façon adjacente les unes contre les autres et peuvent couvrir un rayon variant de 5 à 20 Km, c'est-à-dire qu'elles peuvent desservir les abonnés situés dans un cercle de 10 à 40 Km de diamètre. La cellule joue le rôle d'interface entre le mobile et le central cellulaire, elle assure donc 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.

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

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.

Chaque cellule est caractérisée par:

- La puissance d'émission normale de sa BTS (dans cette zone le niveau de champ électrique doit être supérieur à un seuil déterminé.)
- Sa fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radio électrique .
- Le réseau auquel elle est interconnectée.

II.B.7.2 Déploiement des réseaux cellulaires :

Diverses tailles et types de cellules sont à déployer en fonction de l'environnement considéré et de la technologie. Un opérateur devra donc tenir compte des contraintes du relief topographique et des contraintes urbanistiques pour dimensionner les cellules de son réseau. Pour cela, on distingue :

II.B.7.2.1 La macro cellule omnidirectionnelle :

Elle est composée d'un frame et donc d'un seul secteur. Elle possède au minimum un TRX. Ce type classique de cellule est plus utilisé dans les zones rurales (à faible densité d'abonnés).

II.B.7.2.2 La macro cellule bisectorisée :

Elle est composée de deux frames (une par secteur) et de deux secteurs. Elle possède au minimum un TRX chacun. Ce type de cellule conviendrait mieux à un environnement médian (ruro-urbain). Malheureusement ce type de cellule est de plus en plus délaissé au profit des cellules trisectorisées.

II.B.7.2.3 La macro cellule trisectorisée :

Elle est composée de trois frames (une par secteur) et de trois secteurs possédant chacun au minimum un TRX. C'est le type de cellule la plus utilisée, notamment en zones urbaines à forte densité de trafic.

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et le réseau GSM

Les microcellules sont des cellules de petite dimension destinées aux zones à fortes densité de trafic (par exemple une rue passante), tandis que les pico cellules sont des cellules de taille encore plus inférieures, prévues pour des endroits tels que les gares, les galeries marchandes,...

II.B.7.3 Le modèle hexagonal :

Lorsqu' on considère un environnement homogène, l'affaiblissement de parcours est proportionnel à $r^{-\gamma}$ où r désigne la distance entre station de base et mobile et γ coefficient d'atténuation entre 2 et 4 typiquement 3.5, Une cellule est alors un disque de rayon R , dont la valeur dépend de la puissance d'émission et du seuil de réception du système. On approxime une cellule par un hexagone qui est le polygone le plus proche du cercle qui permet de paver le plan.

On considère un territoire à couvrir par des cellules de même dimension avec les hypothèses suivantes:

- Sur l'ensemble de ce territoire, la loi de propagation s'applique.
- La puissance nominale de toutes les stations de base et de tous les mobiles est la même.
- La demande en trafic est uniformément répartie et l'opérateur affecte le même nombre de porteuse à chaque station de base.

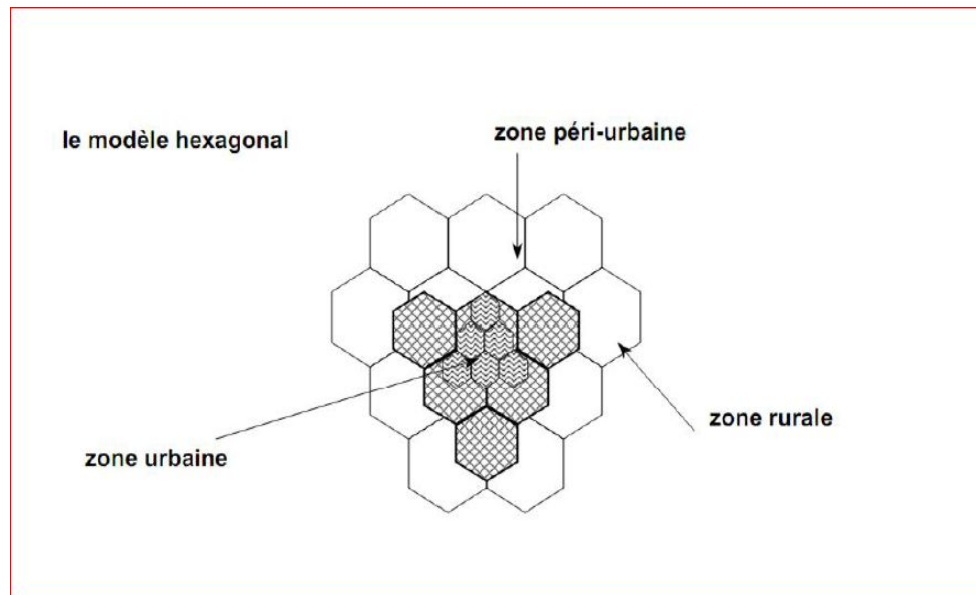


Figure II.B.7: Le modèle hexagonal. [26]

II.B.8 Conclusion :

Ce chapitre en la divisé sur deux parties :

Dans la partie 1, nous avons présenté les différents catégories des capteurs, et Quelle que type des grandeurs physique sur les capteurs avec vue générale sur la chaine de mesure dans capteur.

Dans deuxième partie, nous avons présenté les principes de base du GSM avec les différentes techniques définies utilisées. Ces techniques offrent une meilleure qualité de communication et une signalisation en temps réel entre les entités du réseau.

Chapitre III :
La réalisation pratique de
systeme de surveillance

Chapitre III : La réalisation pratique de système de surveillance

III.1 Introduction:

Dans ce chapitre, nous abordons la méthodologie de la réalisation de notre application on utilisant les technologies de l'électronique embarquée et la communication cellulaire. Pour atteindre nos objectifs une carte Arduino doit être disponible en plus d'un module GSM qui permet la communication et transmettre des données vers le téléphone mobile. Un capteur de température et humidité DHT11 et un relais de phase pour mesurer la présence des phases de secteur sont utilisées pour une surveillance permanente de bâtiment.

La coupure de l'électricité est le problème majeur pour les éleveurs. Les bâtiments de poulets de chair moderne ce sont équipés avec des groupes électrogènes avec un inverseur de réseau électrique, mais pour notre pays malheureusement une grandes parties des bâtiments ne sont pas équipés par des génératrices de secours, ce type de coupures provoque des dégâts importants et sur tout dans la saison de chaleur. Par ce que le refroidissement et la ventilation sont hors service.

Nous avons proposé un système de contrôle de température et d'absence de secteur électrique. Ce type de contrôle ça coûte quelque milliers de dinars afin de protéger un élevage qui coûte des millions de dinars.

III.2 Inverseur et groupe électrogène :

Un inverseur électrique, appelé plus communément « inverseur de source » par les distributeurs d'appareillages électriques, est un organe permettant l'accessibilité à une seconde source d'énergie en cas de défaut de la source principale figure (1). Il garantit le bon fonctionnement d'une installation par la permutation de la source principale (réseau) sur une source secondaire de secours (groupe électrogène).

Les inverseurs électriques peuvent être de 3 types :

- Inverseur **manuel** : l'utilisateur doit lui-même enclencher l'inverseur électrique (l'inverseur de source) sur la seconde source dite « de secours ». Un simple geste suffit pour l'inversion des sources, mais il nécessite l'intervention d'une personne (aucune habilitation n'est nécessaire). Il est réalisé avec 2, voire 3 appareillages commandés manuellement.

Chapitre III : La réalisation pratique de système de surveillance

- Inverseur **automatique** ou **motorisé** : un inverseur télécommandé est associé à un automatisme pour piloter les sources selon des modes programmés (gestion de permutation des sources, régulation, etc.).
- Inverseur **télécommandé** : l'inverseur électrique ne nécessite aucune intervention humaine. Le basculement de source est piloté électriquement. Ce type d'inverseur électrique est utilisé sur des équipements/appareils de fort calibre



Figure III.1 inverseur au groupe électrogène.

III.3 Architecture de premier scénario :

Dans ce cas nous avons réalisé un système de contrôle de température et déclenché le refroidissement du bâtiment si la température atteint un seuil danger sur l'élévation, la figure (2) présente l'architecture de refroidissement et d'extraction dans un bâtiment.

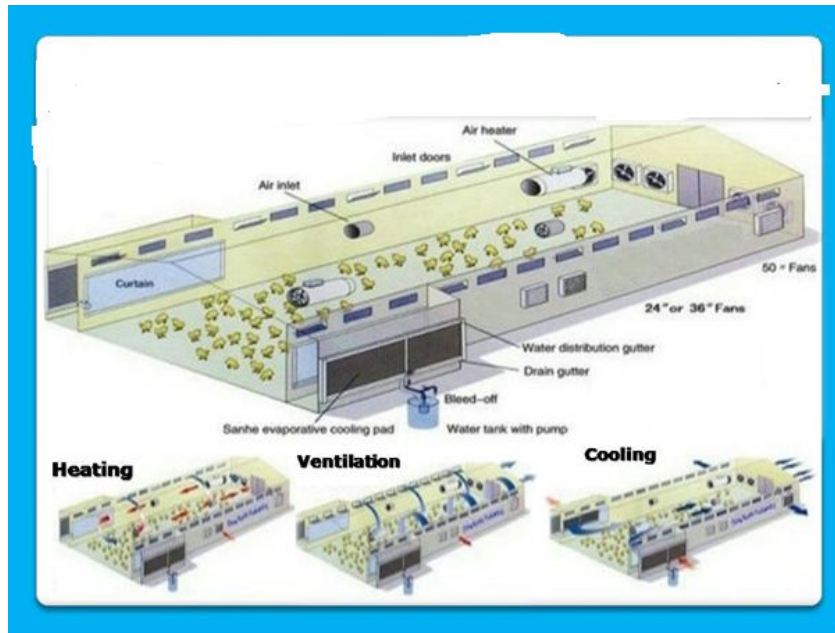


Figure III.2 Architecture de système de ventilation et d'extraction.

III.3.1 Description:

Dans cette partie le microcontrôleur de type Arduino Méga reçoit les mesures de la température à partir d'un capteur de température de type NTC, une comparaison avec un seuil bien déterminé selon la saison, si la température dépasse la limite, le microcontrôleur déclenche le relais de refroidissement.

L'activation de relais par une tension de 5 volts sortie d'une pin digitale de la carte Arduino Méga, le relais alimente une bobine d'un contacteur sur l'armoire de commande de refroidissement (les contacteurs sont tracés par un trié verte sur la figure de l'armoire de commande) et transmettent un message à partir d'un module GSM dans notre cas un module SIM900A par le réseau cellulaire existant. La réalisation suit le schéma de fonctionnement et le diagramme de flux sur figure III.3

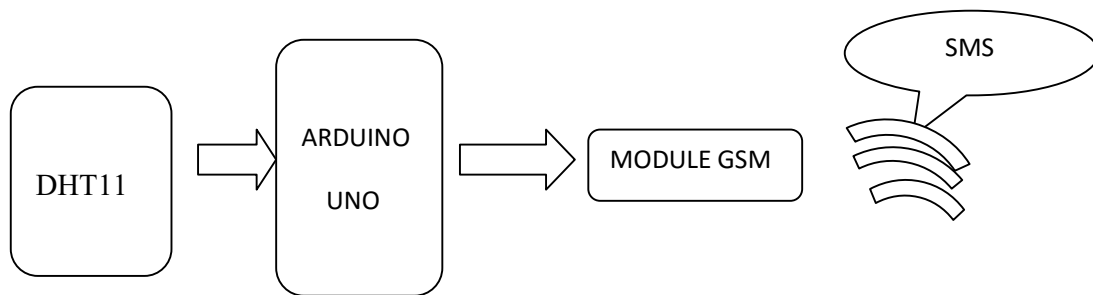


Figure III.3 Schéma fonctionnement.

III.3.2 Organigramme de l'application cas SMS

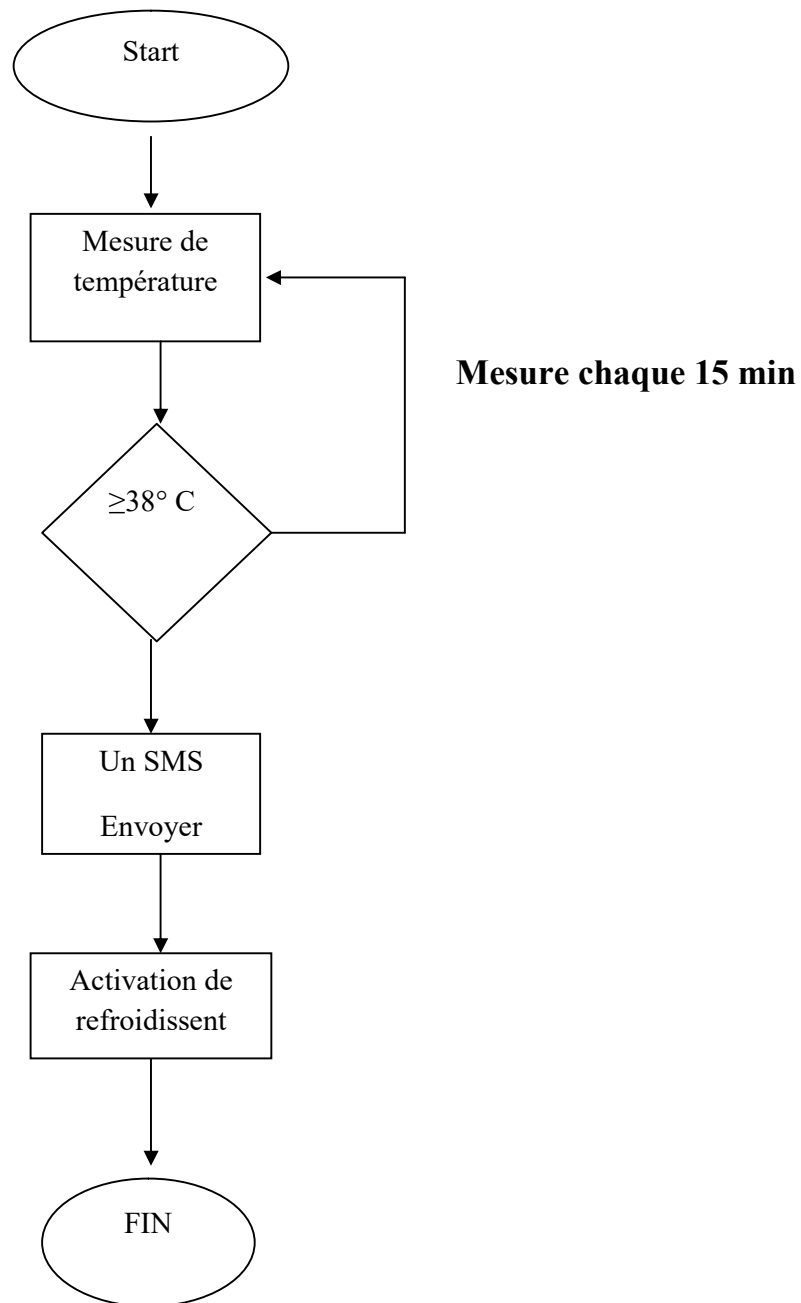


Figure III.4 diagramme de flux.

III.3.3 Le Capteur DHT11 :

Ce capteur est dédié à la mesure de température et l'humidité avec une sortie de signal numérique calibrée en utilisant la technique exclusive « numérique-signal acquisition.» et la technique de détection de température & d'humidité, il assure la fiabilité élevée et une excellente stabilité à long terme, ce capteur comprend une mesure de l'humidité du type résistif et un élément NTC de mesure de température ,et se connecte à un microcontrôleur 8 bits haute performance, offrant d'excellente qualité, réponse rapide, capacité anti parasitage et la rentabilité.

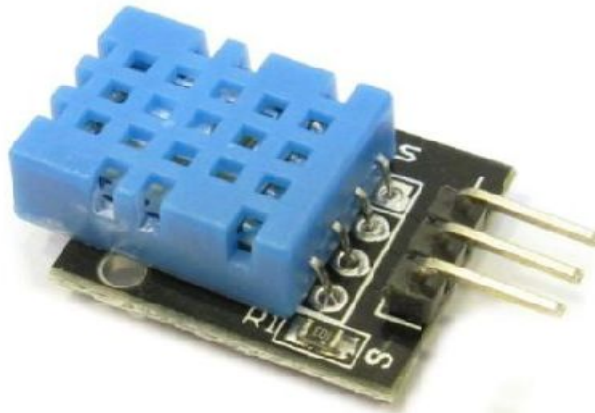


Figure III. 5 Capteur DHT11.

III .3.4 Le Module GPRS / GSM SIM900A :

Le module GSM/GPRS est basé sur un module SIM900 de SIMCOM, il est compatible avec Arduino et ses clones. Le shield GPRS permet à votre Arduino de communiquer en utilisant le réseau GSM. Ce shield permet d'envoyer des SMS, MMS, GPRS et de Audio en envoyant des commandes AT à l'UART. Les commandes AT supportées sont GSM 07.07 ,07.05 et SIMCOM enhanced AT Commands. Le shield dispose aussi des 12 GPIOs, 2 sorties PWM et du convertisseur Analogique/Digital ADC du module SIM900 (accessible sur la carte, logique 2.8volts) **figure .**

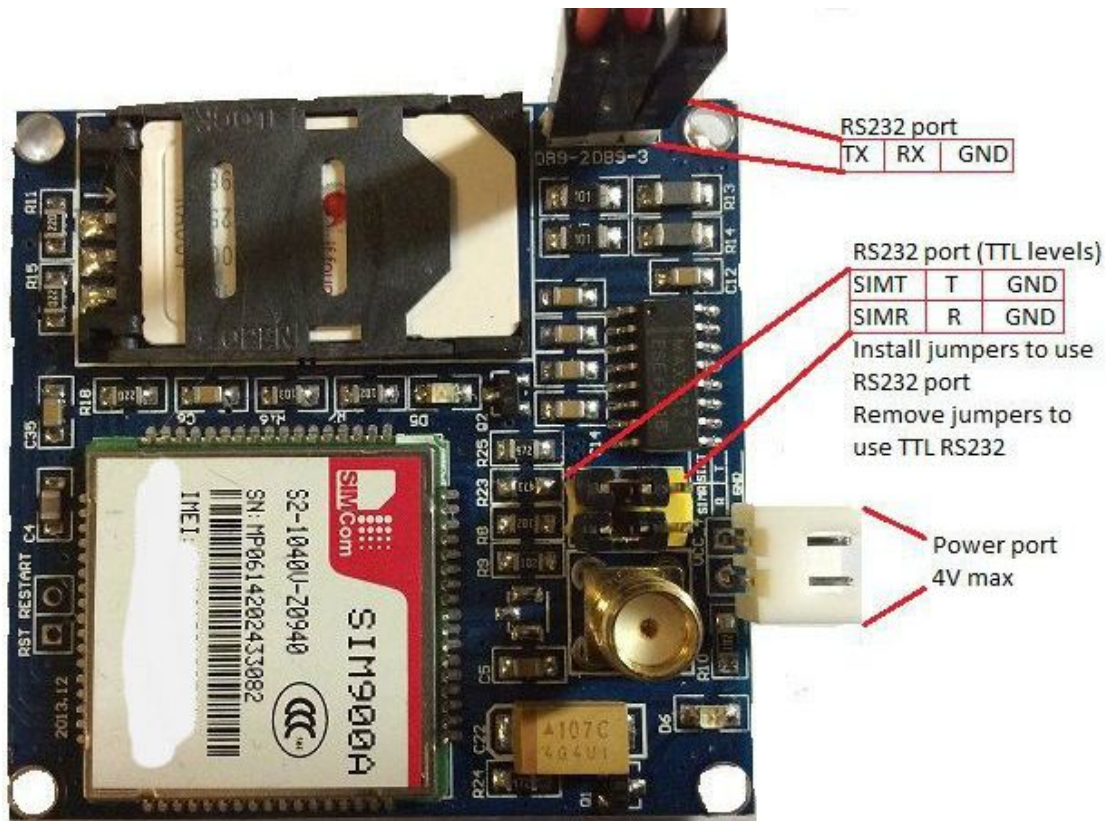


Figure III.6 module GSM 900A.

III .3.5 Description du programme :

Comme il a été dit précédemment le scénario numéro un, présente un travail de mesure de température à partir d'un capteur, faire une comparaison avec un seuil choisi et en fin un message à transmettre si une anomalie a été constatée au cours du processus. Un ensemble de programmes a été développé qui seront implémentés dans le microcontrôleur. Ces programmes ont les rôles suivants : la mesure et le traitement des données provenant des capteurs puis la transmission via un réseau GSM et déclenchement d'un relais de 5V refroidissement. Les figures suivantes présentent le schéma de câblage sur un simulateur **figure** ensuite le câblage réel de différentes parties du système **figure**. **la figure 7** présentera un message d'avertissement qui a été généré dans le cas d'un problème de température détecté.



Figure III.7 SMS d'avertissement.

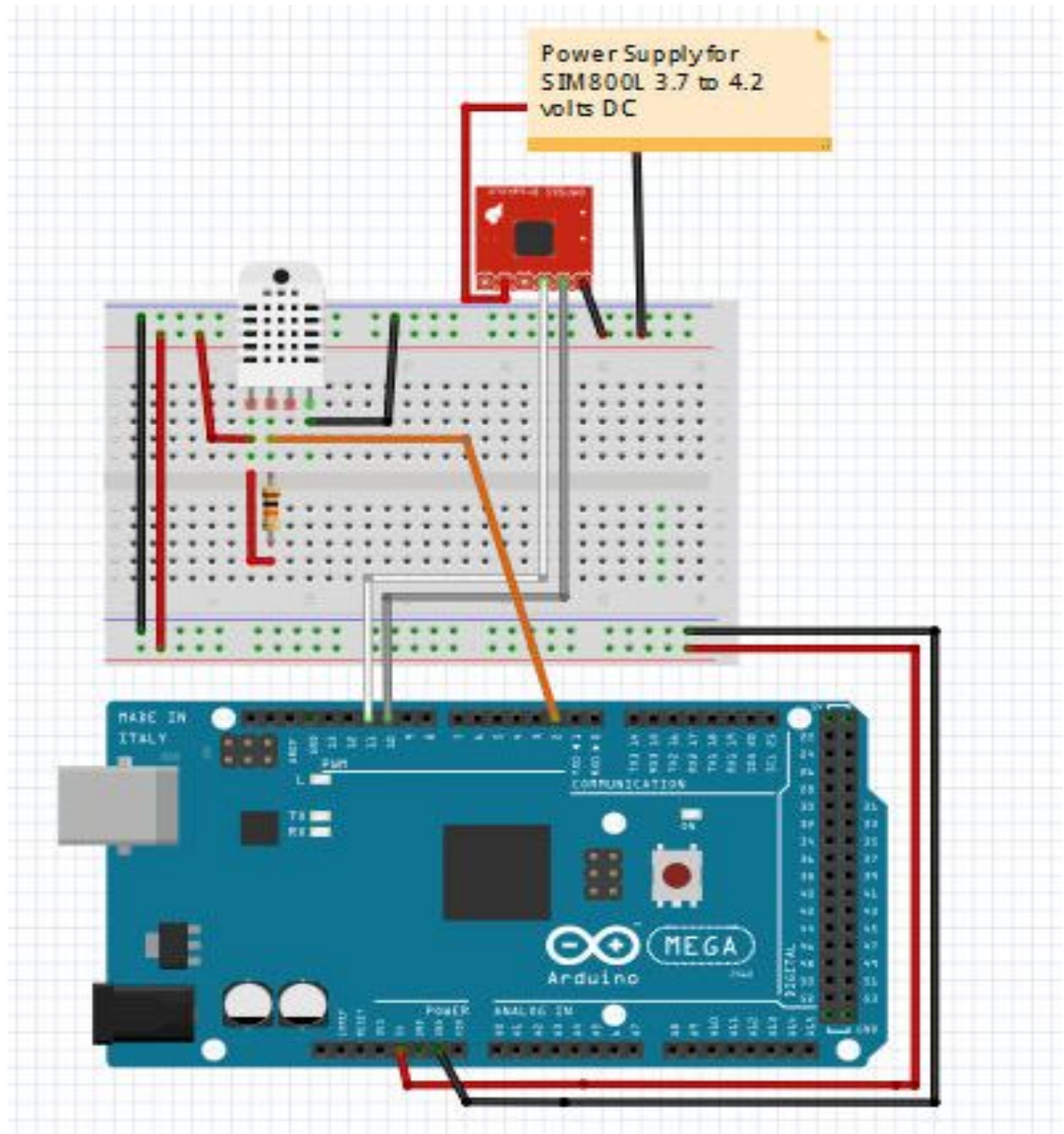


Figure III.8 câblage de simulation.

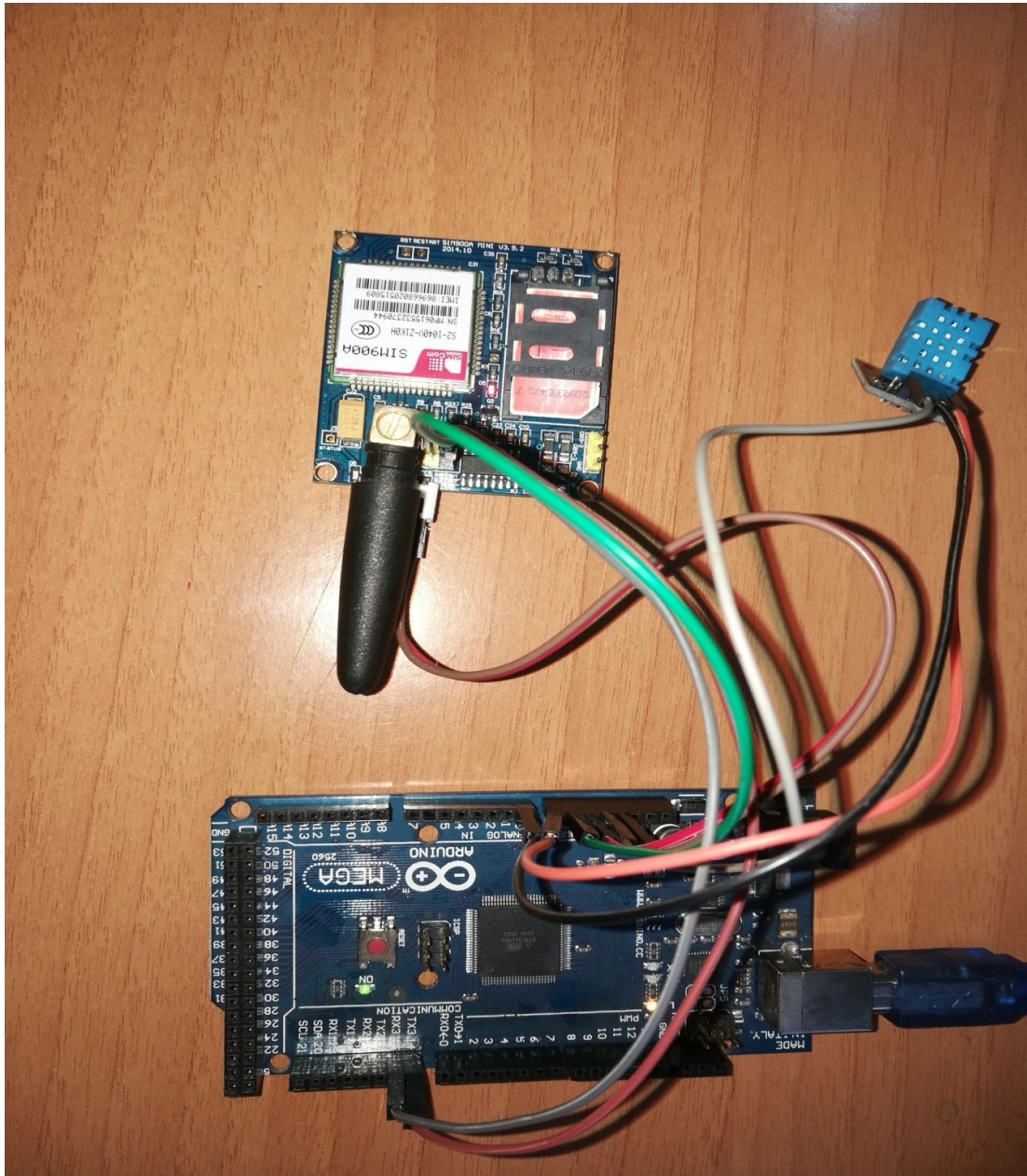


Figure III.9 câblage de simulation réel.

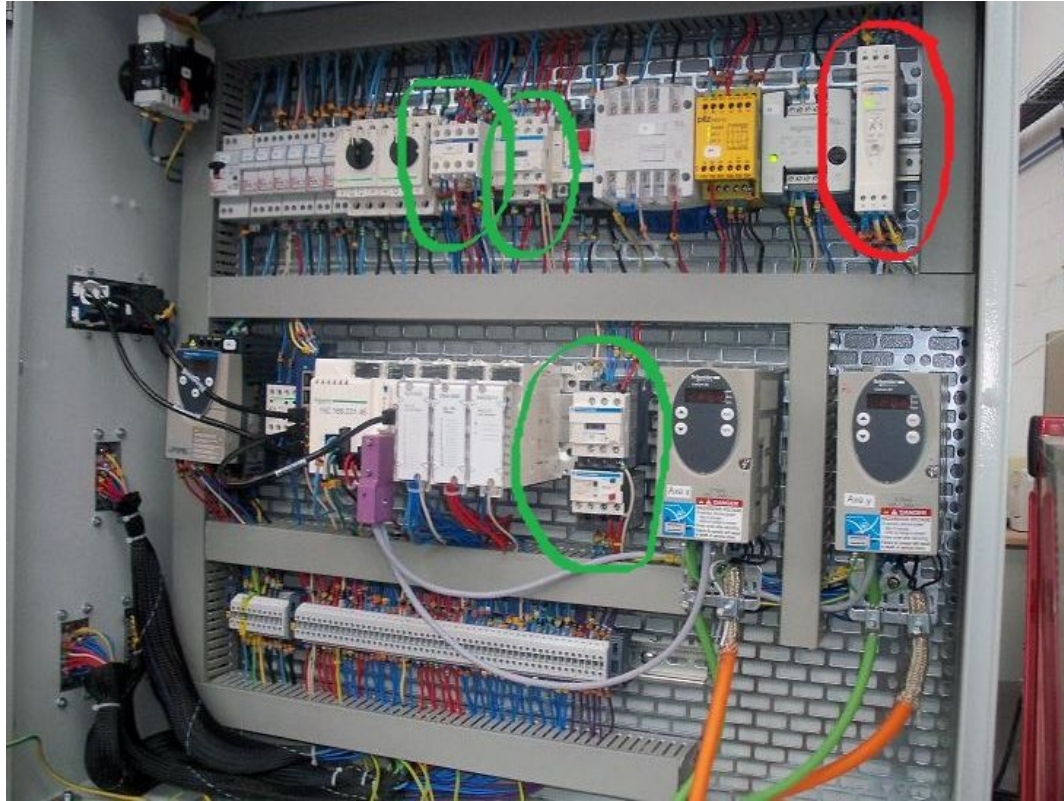


Figure III.10 armoire de commande du moteur de refroidissement et de ventilation extracteur.

III.4 Architecture du deuxième scénario :

le deuxième scénario est absence de secteur ou manque phase présente est un problème plus critique et dangereux pour l'élevage,.

Généralement dans chaque armoire de commande il existe un relais de phase .en cas d'absence une phase le relia bascule vers l'autre été de relais donc protège les moteur en cas de manque de phase, alors on exploite cette bascule de relai pour envoi un changement d'état au microcontrôleur pour faire un appel de alarme. La figure 8 (traçage verte) et 9 présenté le relais de phase.

Le relais de phase donne une sortie de 220 volt donc on a besoin d'un transformateur a un courant continue pour attaque l'entrée de basculement de microcontrôleur.



Figure III.11 relais de phase.

III.4.1 Organigramme deuxième cas (Apple) :

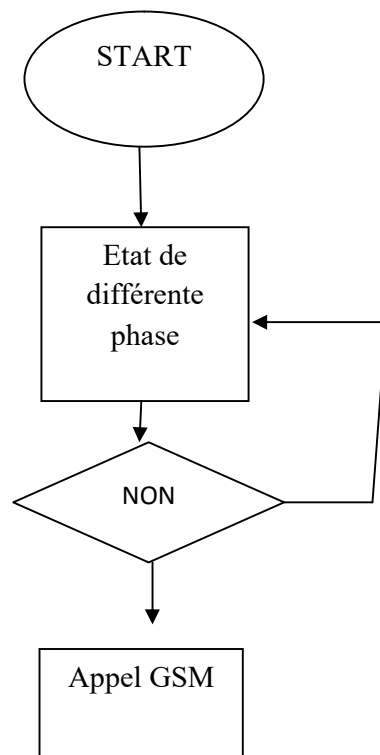


Figure III.12 digramme de flux pour une absence de secteur.

III .4.2 Description du programme :

Comme a été présenté dans le diagramme de flux le programme de deuxième scénario a été basé sur l'état d'entrée d'un de porte digitale 39 de microcontrôleur Arduino Mega qui la sortie de relais comme il montre **figure12**, un pic dans ce pin la déclenche un programme d'appelle.

Un Appel d'avertissement a été venu lorsque le relais change l'état comme montre **la figure 13**

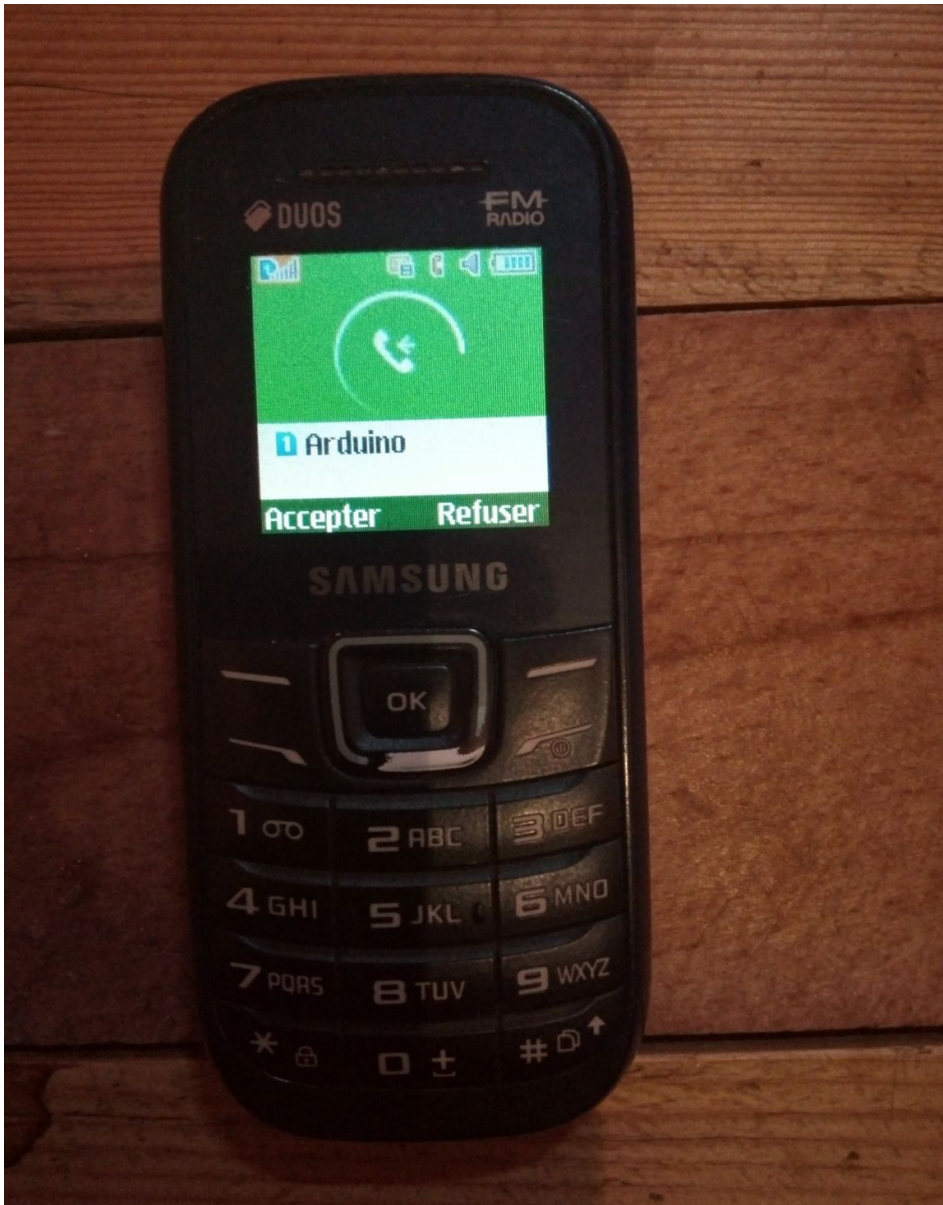


Figure III.13 APPEL d'avertissement.

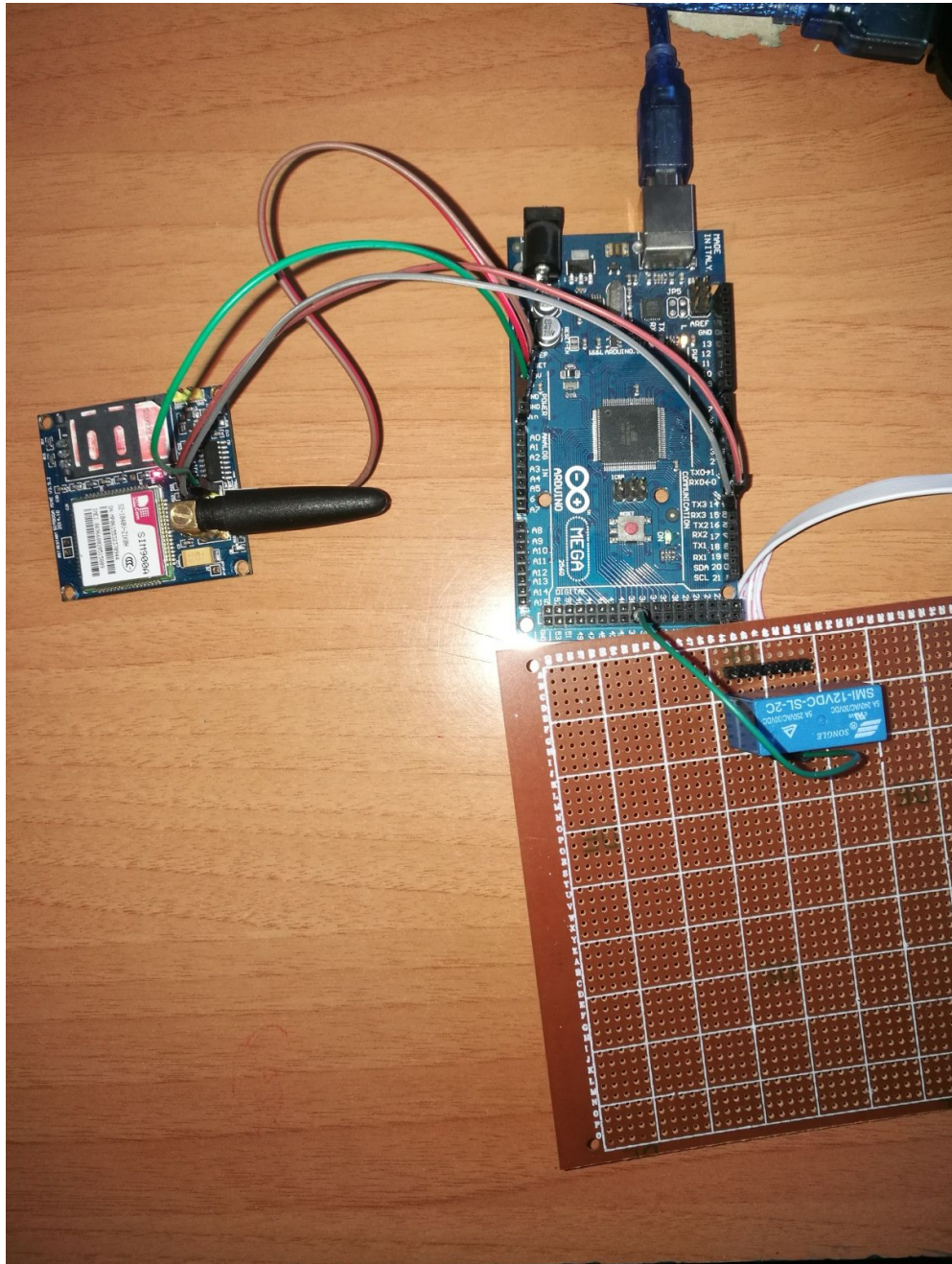


Figure III. 14 câblages de relais avec le système de surveillance.

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre les deux scénarios proposées sont présentés a pour le premier un mesure de température été relevé puis une comparaison a été fait lorsque la limite est dépassé un message d'avertissement et des contacteurs de refroidissement sont déclenchés, un microcontrôleur de type Arduino Méga et un capteur de température ainsi un module de transmission GSM SIM900A a été utilisées ,pour le deuxièmes scénario un relais de phase d'armoire électrique de système de refroidissent a été utilisé pour détecter l'absence de secteur ou le manque de phase ,une entrée de Arduino Méga a été excitée a fin de mettre un appel d'alarme, pour cela les composantes cites précédemment sont utilisées.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans ce mémoire on a traité une problématique actuelle qui est la télésurveillance ; ce qui constitue l'une des questions importantes. En utilisant les technologies de l'information et de la télécommunication, le contrôle a domicile en cas une coupure de l'électricité a cause de l'augmentation de la température

. Dans ce cadre on a proposé et développé un prototype d'une application de contrôle à distance.

1. L'installation et la programmation de la carte Arduino avec le capteur utilisé.
2. La programmation de la page logiciel pour la réception le traitement et l'affichage des données.
3. L'envoi des données a travers le réseau GSM vers le téléphone mobile.

Problème rencontré :

Une telle réalisation n'est pas dénuée de difficultés. Il est à noter que nous sommes confrontés a plusieurs problèmes parmi eu :

- La disponibilité de matériel au niveau du laboratoire de l'université.
- La disponibilité des capteurs thermiques sur le marché.
- Le cout élevé des différentes composantes surtout le kit GSM.
- La réalisation de l'application elle-même.

Perspective du projet :

Pour apporter une solution cohérente dans le domaine de contrôle et sécurité à distance, notre système de suivi peut prendre en compte différentes obstacles. Il doit par conséquence être ouverts et évolutifs. Il doit aussi assurer une transmission, et présente au le agent de contrôle toutes les informations utiles dans un contexte simple et explicite. Cependant, différentes problématiques restent encore ouvertes en perspectives,

- L'amélioration dans le coté de la communication par exemple ajout d'un module GSM peut nous donner un addendum est de l'utiliser comme une liaison de secours parmi les propriétés que nous bénéficions de ce module est l'appel le agent concerne.
- Introduire des traitements des données dans la partie client (coté capteur) afin de ne pas envoyer les données non utiles
- L'amélioration du système d'information par l'introduction d'un ensemble de procédure de traitement afin d'aider le agent de contrôle dans la prise des décisions. Même pour l'envoi des alertes en cas de nécessité.

Bibliographie

Bibliographie

- [1]. <http://for-ge.blogspot.com/2015/07/microcontrleur.html>
 - [2]. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontr%C3%B4leur>
 - [3]. <https://www.g%C3%A9n%C3%A9rationrobots.com/fr/152-arduino>
 - [4]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Open_source
 - [5]. <http://www.journaldunet.com/solutions/magazine/open-hardware-et-materiel-libredefinition.shtml>
 - [6]. <https://www.arduino.cc/en/main/products>
 - [7]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardBT?from=Main.ArduinoBoardBluetooth>
 - [8]. https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266_Kit_wifi
 - [9]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield>
 - [10]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
 - [11]. <http://eskimon.fr/81-arduino-104-le-materiel>
 - [12]. <https://fr.flossmanuals.net/arduino/programmer-arduino/>
 - [13]. <https://programmingelectronics.com/tutorial-3-arduino-ide-and-sketchoverview/>
 - [14]. <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>
 - [15]. http://gte.univ-littoral.fr/sections/documents-pdagogiques/chapitre-8-mesure/downloadFile/file/Les_capteurs.pdf
 - [16]. D.ROMAIN, “ Réseaux cellulaires”, document PDF, Juillet 2000. Site : www.yopdf.com.
 - [17]. S.C.MAHAMAT et I.A.R.BAWA, “Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l’UMTS”, PFE, Promotion IGE 25, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2005.
 - [18]. I.M.DAOUA, M.M.GONI BOUALAMA, “Evolution des réseaux mobiles de 2G vers la 3G”, PFE, IGE 25, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2005.
 - [19]. C. BERRABAH, S.ABDELKRIM, “Ingénierie et planification d'un réseau GSM”, PFE, Promotion IGE 24, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2004.
 - [20]. ZNATY, “Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités”, document PDF, 2008. Site : www.yopdf.com
 - [21]. P.BRISSON, P.KROPF, “ Global System for Mobile Communication (GSM)”, Université de Montréal.
 - [22]. POLY, JL Langlois sur GSM, document PDF.
-

Bibliographie

- [23]. L.DENEIRE, “Téléphonie Mobile de troisième génération de GSM” a HSPDA, département R et T, Licence professionnelle, Janvier 2008.
 - [24] “GSM Basic and Key Technology” ZTE University.
 - [25]. Stephan 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.
 - [26]. “communication radio mobile”, Cours B11 TRANSMISSION DES TELECOMMUNICATIONS – Partie2 - Chapitre 8, document PDF.
-