



Faculté de Technologie

Département automatique et électrotechnique

République Algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

---

## Mémoire de Master

Filière : Automatique et Electrotechnique  
Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle

Présenté par

Boulacheb Mira

---

# Localisation et détection des défauts à distance Dans les postes MT/BT

---

Proposé par : MR Z.A.Benselama

Année Universitaire 2021-2022

# Remerciement

---

*Dieu merci pour la santé, la volonté, le courage et la détermination qui nous ont accompagnés tout au long de la préparation et l'élaboration de ce travail et qui nous ont permis d'achever ce modeste travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi A mon encadreur Mr BENSLAMA, qui a bien voulu diriger mes recherches.*

*Merci pour votre disponibilité et vos orientations et votre patience qui ont guidé mes travaux.*

*Mes derniers remerciements vont à toute personne qui nous a soutenus de près ou de loin durant ce travail.*

---

## ملخص:

من أجل تحسين إدارة المحطات من كل الجوانب سواء كان ذلك لتقليل الأعطال إلى الحد الأدنى أو لإصلاح أي خلل قد يحدث في وقت قصير جداً، من الضروري وجود وسائل اتصال سريعة جداً بين المحطات. لهذا اقترحنا انشاء نظام اتصالات يسمح بالإخطار في الوقت الفعلي بشأن الاعطال وكذلك مكانها. هذا النظام الذي نقترحه يعتمد في الاساس على متحكم دقيق ووحدة GSM&GPS. لإرسال الرسائل و تحديد موقع الاعطال.

**كلمات المفاتيح :** وحدة GPS; وحدة GSM; متحكم دقيق.

---

## Résumé :

Pour optimiser la gestion des stations a tout point de vu, que se soit minimiser les pannes, réparer tout anomalie qui puissent arriver en un temps minime, suppose qu'il existe des moyen de communication très rapide entre les stations. Pour cela nous nous somme proposé de réaliser un système de communication qui permettra d'aviser en temps réel les pannes ainsi que leur lieu. Ce système que nous proposons sera réalisé a base de microcontrôleur associe aux modules GSM & GPS pour l'envoi des messages et la localisation des pannes

**Mots clés :** microcontrôleur; Le module GSM; Le module GPS.

---

## Abstract :

In order to optimize the management of the stations from all points of view, whether it is to minimize breakdowns or to repair any anomaly that may occur in the shortest possible time, it is necessary to have a means of very rapid communication between the stations. For this reason, we have proposed to create a communication system that will allow us to notify in real time the breakdowns and their location. This system that we propose will be based on a microcontroller associated with GSM & GPS modules for sending messages and locating breakdowns.

**Keywords:** microcontroller; GSM module; GPS module.

---

# Listes des acronymes et abréviations

---

|             |   |
|-------------|---|
| <b>AuC</b>  | <b>Authentication Center</b>                              |
| <b>BG</b>   | <b>Border Gateway</b>                                     |
| <b>BSC</b>  | <b>Base Station Controller</b>                            |
| <b>BSS</b>  | <b>Base Station Subsystem</b>                             |
| <b>BT</b>   | <b>Basse tension</b>                                      |
| <b>BTS</b>  | <b>Base Transceiver Station</b>                           |
| <b>EIR</b>  | <b>Equipement Identity Register</b>                       |
| <b>GGSN</b> | <b>Gateway GPRS Support Node</b>                          |
| <b>GMSC</b> | <b>Gateway MSC</b>  |
| <b>GPRS</b> | <b>General Packet Radio Service</b>                       |
| <b>GPS</b>  | <b>Système de positionnement global</b>                   |
| <b>GSM</b>  | <b>Global System for Mobile Communication</b>             |
| <b>HLR</b>  | <b>Home Location Register</b>                             |
| <b>HT</b>   | <b>Haute Tension</b>                                      |
| <b>HTA</b>  | <b>Haute Tension classe A &lt; 50 kV</b>                  |
| <b>HTB</b>  | <b>Haut tension classe B &gt; 50kv</b>                    |
| <b>IDE</b>  | <b>Pulse Width Modulation</b>                             |
| <b>IMEI</b> | <b>International Mobile Equipment Identity</b>            |
| <b>IMSI</b> | <b>International Mobile Subscriber Identity</b>           |
| <b>IP</b>   | <b>Internet Protocol Address</b>                          |
| <b>MS</b>   | <b>Mobile Station</b>                                     |
| <b>MSC</b>  | <b>Mobile Switching Center, : Mobile Switching Center</b> |
| <b>MT</b>   | <b>Moyenne tension</b>                                    |
| <b>NSS</b>  | <b>Network Subsystem</b>                                  |
| <b>OSS</b>  | <b>Operation Subsystem</b>                                |
| <b>PLMN</b> | <b>Réseau mobile d'une région public</b>                  |
| <b>PMW</b>  | <b>Pulse Width Modulation</b>                             |
| <b>RNC</b>  | <b>Radio Network Controller</b>                           |
| <b>SGSN</b> | <b>Serving GPRS Support Node</b>                          |
| <b>SS7</b>  | <b>Système de signalisation #7</b>                        |
| <b>THT</b>  | <b>Très Haute Tension</b>                                 |
| <b>UMTS</b> | <b>Universel Mobile Télécommunications System</b>         |
| <b>VLR</b>  | <b>Visitor Location Register</b>                          |

# Table des matières

---

|   |    |
|---|----|
| Introduction générale.....                                    | 1  |
| 1 CHAPITRE 1: GENERALITE SUR LES STATIONS ELECTRIQUES .....   | 2  |
| 1.1 Introduction : .....                                      | 3  |
| 1.2 Les réseaux électriques :.....                            | 3  |
| 1.2.1 Le réseau de transport et d'interconnexion THT: .....   | 3  |
| 1.2.2 Le réseau de répartition HT :.....                      | 3  |
| 1.2.3 Le réseau de distribution : .....                       | 4  |
| 1.3 Les postes électriques : .....                            | 5  |
| 1.3.1 Le poste HTB/HTA (poste source) : .....                 | 5  |
| 1.3.2 Le poste HTA/HTA :.....                                 | 7  |
| 1.3.3 Le poste HTA/BT :.....                                  | 8  |
| 1.4 Les différents éléments d'un poste MT/BT :.....           | 9  |
| 1.5 Différents types des défauts dans un poste MT/BT :.....   | 10 |
| 1.5.1 Le court-circuit :.....                                 | 11 |
| 1.5.2 La surcharge:.....                                      | 11 |
| 1.5.3 Défaut non franc:.....                                  | 12 |
| 1.5.4 Défaut franc :.....                                     | 12 |
| 1.5.5 Courant de fuite :.....                                 | 12 |
| 1.5.6 Défaut fugitif :.....                                   | 12 |
| 1.5.7 La surintensité :.....                                  | 12 |
| 1.5.8 Défaut d'isolement :.....                               | 12 |
| 1.6 La technologie GSM :.....                                 | 13 |
| 1.6.1 Concept d'un Le réseau cellulaire :.....                | 13 |
| 1.6.2 Architecture d'un réseau GSM :.....                     | 14 |
| 1.6.3 Fonctions d'un système GSM :.....                       | 18 |
| 1.7 Le réseau GPRS :.....                                     | 18 |
| 1.7.1 La carte SIM :.....                                     | 19 |
| 1.7.2 Les équipements d'un réseau GPRS :.....                 | 19 |
| 1.7.3 Les équipements GSM utilisent par le réseau GPRS :..... | 19 |
| 1.8 Le réseau UMTS :.....                                     | 21 |
| 1.8.1 Les équipements d'un réseau UMTS :.....                 | 21 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.9   | Le système de positionnement global (GPS) :.....    | 22 |
| 1.9.1 | Le Fonctionnement de GPS: .....                     | 23 |
| 1.10  | Conclusion :.....                                   | 24 |
| 2     | Chapitre 2 : présentation de la carte Arduino ..... | 25 |
| 2.1   | Introduction : .....                                | 26 |
| 2.2   | Définition :.....                                   | 26 |
| 2.3   | La connectique :.....                               | 27 |
| 2.4   | La platine d'expérimentation (BREADBOARD) :.....    | 27 |
| 2.5   | Les entrées / sorties : .....                       | 28 |
| 2.6   | Les entrées numériques : .....                      | 30 |
| 2.7   | Les entrées analogiques :.....                      | 31 |
| 2.8   | Les sorties analogiques :.....                      | 33 |
| 2.9   | Les tensions de références :.....                   | 35 |
| 2.10  | Le port USB :.....                                  | 36 |
| 2.11  | Transférer un programme a la carte :.....           | 36 |
| 2.12  | Les précautions :.....                              | 37 |
| 2.13  | Programmer le microcontrôleur arduino : .....       | 39 |
| 2.14  | Conclusion :.....                                   | 41 |
| 3     | Chapitre 3 : réalisation et SIMULATION. ....        | 42 |
| 3.1   | Introduction : .....                                | 43 |
| 3.2   | Schéma synoptique :.....                            | 43 |
| 3.3   | Le module GSM/GPRS : .....                          | 44 |
| 3.3.1 | Caractéristique principale :.....                   | 44 |
| 3.3.2 | Description du module :.....                        | 45 |
| 3.3.3 | Communication série : .....                         | 45 |
| 3.3.4 | Utilisation du module GSM/GPRS :.....               | 46 |
| 3.3.5 | Commandes AT Sur Arduino :.....                     | 47 |
| 3.4   | Le module GPS NEO-6M : .....                        | 49 |
| 3.4.1 | Câblage des broches :.....                          | 49 |
| 3.4.2 | Obtenir des données GPS brutes :.....               | 50 |
| 3.4.3 | Schéma de câblage : .....                           | 50 |
| 3.5   | Description matériel : .....                        | 50 |
| 3.5.1 | Le matériel utilisé :.....                          | 51 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.6   | Description logiciel : .....           | 54 |
| 3.6.1 | L'IDE Arduino :.....                   | 54 |
| 3.7   | Fonctionnement de la conception :..... | 55 |
| 3.8   | Conclusion :.....                      | 56 |
|       | Conclusion générale.....               | 57 |
|       | Bibliographie.....                     | 58 |

# Liste des figures

---

|  |    |
|--|----|
| Figure 1.1.Schéma de description d'un réseau électrique.....                   | 5  |
| Figure 1.2. un poste HTB/HTA.....  | 6  |
| Figure 1.3.Shéma de poste de distribution HTB/HTA.....                         | 6  |
| Figure 1.4.Poste de distribution publique.....                                 | 7  |
| Figure 1.5.Schéma d'un poste HTA/HTA.....                                      | 7  |
| Figure 1.6.Schéma d'un poste de distribution HTA/BT.....                       | 8  |
| Figure 1.7.Motif de réseau cellulaire.....                                     | 13 |
| Figure 1.8.Un système GSM.....   | 15 |
| Figure 1.9.Station Architecture GSM.....                                       | 15 |
| Figure 1.10.Architecture de réseau GPRS.....                                   | 21 |
| Figure 1.11.Infrastructure d'un réseau UMTS.....                               | 22 |
| Figure 1.12.positionnement GPS avec 3 horloges parfaitement synchronisées..... | 23 |
| Figure 2.1.Schéma d'une platine Arduino Uno.....                               | 26 |
| Figure 2.2.La platine d'expérimentation.....                                   | 28 |
| Figure 2.3.Allumage d'une led.....   | 29 |
| Figure 2.4.Montage erroné.....   | 30 |
| Figure 2.5.Montage correct.....  | 31 |
| Figure 2.6.Les entrées analogiques.....  | 32 |
| Figure 2.7.Exemple de câblage.....   | 32 |
| Figure 2.8.Exemple de câblage.....   | 33 |
| Figure 2.9.Les sorties analogiques.....  | 34 |
| Figure 2.10.Exemple d'application d'une sorties analogiques.....               | 34 |
| Figure 2.11.Les ports de tension.....  | 35 |
| Figure 2.12.Une fenêtre Logiciel IDE.....                                      | 37 |
| Figure 2.13.Montage à courant très fort.....                                   | 39 |
| Figure 2.14.Montage test.....  | 40 |
| Figure 3.1. Shéma synoptique de la réalisation.....                            | 43 |
| Figure 3.2.les composants de module GSM/GPRS.....                              | 45 |
| Figure 3.3.Cavalier liaison série GSM/GPRS.....                                | 46 |
| Figure 3.4.Insertion carte SIM.....  | 46 |
| Figure 3.5.Vérification antenne.....   | 46 |
| Figure 3.6.Led GSM/GPRS.....   | 47 |
| Figure 3.7.Led d'état GSM/GPRS.....  | 48 |
| Figure 3.8.Code mise en marche de module GSM/GPRS.....                         | 48 |
| Figure 3.9.Image module GPS NEO-6M.....  | 49 |
| Figure 3.10.Schéma d'insertion module GPS avec l'arduino.....                  | 50 |



|   |    |
|---|----|
| Figure 3.11.Schéma d'insertion module GSM avec l'arduino..... | 51 |
| Figure 3.12.Détecteur de défaut MT.....                       | 52 |
| Figure 3.13.Relais de phase.....                              | 52 |
| Figure 3.14. Fin de course.....                               | 52 |
| Figure 3.15.câblage.....                                      | 53 |
| Figure 3.16.Image de la réalisation.....                      | 54 |
| Figure 3.17.image du programme dans IDE.....                  | 55 |

# Liste des Tableaux

---

|   |    |
|---|----|
| Tableau 3.1.caractéristique module GSM/GPRS sim 800. ....                 | 44 |
| Tableau 3.2.Caractéristiques module GPS NEO-6M.....                       | 49 |
| Tableau 3.3.Caractéristiques techniques de microcontrôleur ATmega328..... | 51 |

# Introduction générale

---

Il est impossible d'imaginer la vie sans énergie électrique. L'énergie électrique a envahi toutes les sphères de l'activité humaine : l'industrie, l'agriculture, science et espace dans notre quotidien.

L'électricité circule depuis le lieu où elle est fabriquée jusqu'à l'endroit où elle est consommée, par l'intermédiaire d'un réseau de lignes électriques. Il permet de transporter et de distribuer l'énergie électrique sur l'ensemble du territoire Algérien.

Une coupure de courant, qu'elle soit programmée par un gestionnaire de réseau ou non, représente une interruption brutale de l'alimentation électrique, qui non seulement affecte le confort des résidents, mais porte également préjudice aux petites et moyennes entreprises. Quelle que soit la cause, cela reste désagréable et inconfortable. Face à ce problème, comment le fournisseur d'énergie peut-il assurer la fiabilité du réseau électrique, régler les problèmes de coupures de courant non planifiées dans les plus brefs délais et satisfaire les clients ?

Le fonctionnement des lignes de transport d'électricité exige l'exécution de manœuvres, en cas de perturbation. Le gestionnaire de réseaux doit réduire la durée des procédures de maintenance, Cette solution prévoit la localisation rapide de point dysfonctionnement sur la ligne et les postes de distribution. L'installation d'un système simple et moins coûteux dont l'objectif est La signalisation et la localisation immédiate des pannes et nécessaires.

Afin d'aboutir cet objectif, notre travail sera structuré en trois chapitres sont :

Chapitre 1 : Généralité sur les stations électriques.

Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO.

Chapitre 3 : Réalisation et Simulation.



---

***CHAPITRE 1: GENERALITE SUR LES STATIONS  
ELECTRIQUES***

---

### **1.1 Introduction :**

Depuis les débuts de l'utilisation industrielle de l'électricité, les télécommunications sont un auxiliaire indispensable de la production, du transport et de la distribution de l'énergie électrique. Ce chapitre traite d'abord des réseaux électriques. Ensuite nous définirons les types de sous-station en détaillant les types de pannes qui peuvent se produire et enfin j'expliquerai le système de communications GSM et de positionnement GPS pour les utiliser lors des dépannages rapide.

### **1.2 Les réseaux électriques :**

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie

Électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Le réseau électrique est structuré en plusieurs niveaux, Il ne suffit pas de produire le courant électrique dans les centrales, il faut aussi l'amener en différentes tension et puissance jusqu'à l'utilisateur final. Ces différents niveaux sont :

#### **1.2.1 Le réseau de transport et d'interconnexion THT:**

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission, de collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport). La valeur de la tension est 150 kV jusqu'au

400 kV (voir la figure 1.1).

#### **1.2.2 Le réseau de répartition HT :**

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension, ont pour rôle de répartir l'énergie issue du Réseau de transport au niveau régional. Leur tension est supérieure à 63 kV.

### **1.2.3 Le réseau de distribution :**

Les réseaux de distribution sont alimentés à partir des réseaux de répartition. Ils commencent à partir des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension (inférieures à 63 kV) jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA.

Le poste de transformation HTA/BT (Basse tension) constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique. Il existe deux sous niveaux de tension :

#### **1.2.3.1 Le réseau de distribution moyenne tension MT (ou HTA) :**

Les réseaux de distribution MT permettant l'acheminement de l'énergie électrique des Réseaux de répartition aux points de moyenne consommation (30 et 10 kV). Ces points de consommation sont :

-Soit du domaine public, avec accès aux postes de distribution publique HTA/BT.

-Soit du domaine privé, avec accès aux postes de livraison aux abonnés à moyenne Consommation, tels que les hôpitaux, les bâtiments administratifs, les petites industries...

#### **1.2.3.2 Le réseau de distribution à basse tension BT :**

C'est le réseau qui nous est en principe familier puisqu'il s'agit de la tension 220/380 V en Algérie. Nous le rencontrons dans nos maisons via la chaîne : compteur, disjoncteur, fusible.

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de distribution MT aux points de faible consommation dans le domaine public avec l'accès aux abonnés BT.

Il représente le dernier niveau dans une structure électrique illustré en Figure 1.1.

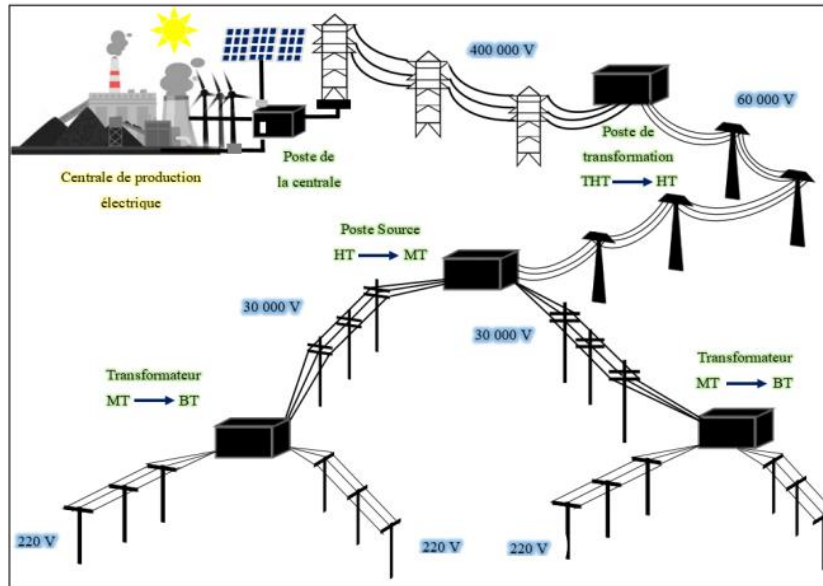


Figure 1.1. Schéma de description d'un réseau électrique.

### 1.3 Les postes électriques :

Un poste électrique est un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels)

Ces postes sont les nœuds du réseau électrique. Ce sont les points de connexion des lignes Électriques. Ils peuvent avoir deux finalités :

- L'interconnexion entre les lignes de même niveau de tension : cela permet de répartir l'énergie sur les différentes lignes issues du poste.
- La transformation de l'énergie : les transformateurs permettent de passer d'un niveau de tension à un autre.

Il existe plusieurs types de postes électriques :

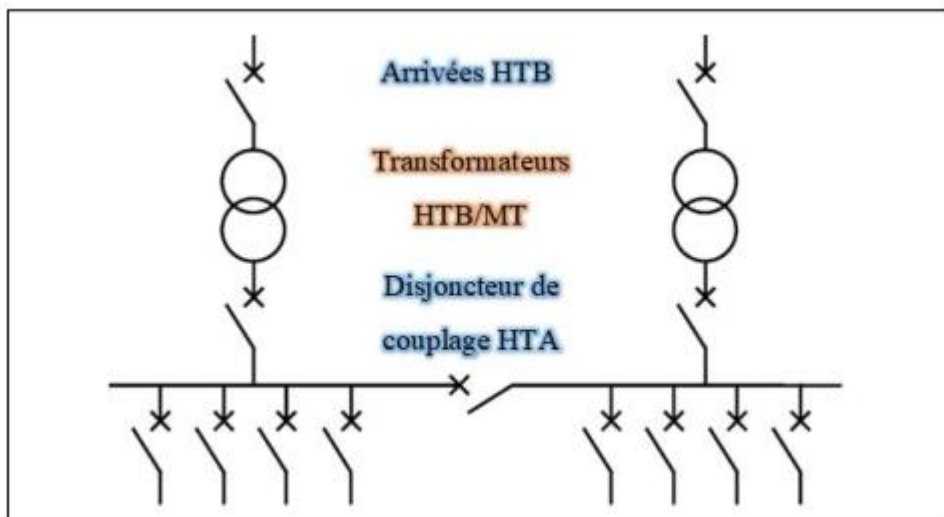
#### 1.3.1 Le poste HTB/HTA (poste source) :

Cet ouvrage est présent dans toute structure électrique d'un pays ; il est situé entre le réseau de Répartition HTB et le réseau de distribution HTA. Sa fonction est d'assurer le passage de la HT (» 100 kV) à la MT (» 10 kV).



**Figure 1.2. un poste HTB/HTA.**

Son schéma (Fig 1.3) comporte deux arrivées HT, deux transformateurs HT/MT, et de 10 à 20 départs MT. Ces départs alimentent des lignes en aérien et/ ou des câbles en souterrain.



**Figure 1.3. Schéma de poste de distribution HTB/HTA.**



### 1.3.2 Le poste HTA/HTA :

Ce type de poste peut réaliser deux fonctions :

- Assurer la démultiplication des départs MT en aval des postes HTB/HTA.

Dans ce cas, le poste ne comporte aucun transformateur voir la figure 1.5.

- Assurer le passage entre deux niveaux HTA (MT).

De tels postes HTA/HTA intègrent des transformateurs, Ils sont nécessaires dans certains pays Qui utilisent deux niveaux successifs de tension sur leur réseau HTA.



Figure 1.4. Poste de distribution publique.

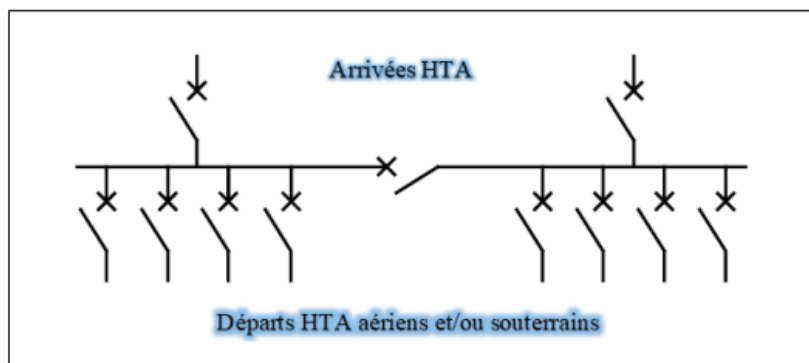


Figure 1.5. Schéma d'un poste HTA/HTA.

### 1.3.3 Le poste HTA/BT :

Les postes de distribution HTA/BT sont situés dans le voisinage des groupes d'abonnés BT, ils abaissent la tension à une valeur appropriée aux appareils domestiques et industriels, ces postes sont localisés entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, ils sont caractérisés par:

- ✓ Les tensions d'entrées sont : 10 ou 30kV.
- ✓ Les tensions de sorties (utilisation) sont : 230/400V.
- ✓ Puissance :  $S = 100, 150, 250, 400, 630 \text{ kVA}$ .
- ✓ Mode d'alimentation :
  - Souterrain : coupure d'artère.
  - Aérien : dérivation.
- ✓ Une cellule de protection générale par disjoncteur HTA.
- ✓ Une cellule de comptage de l'énergie (tension et courant).
- ✓ Protection des transformateurs par fusible HTA[1].

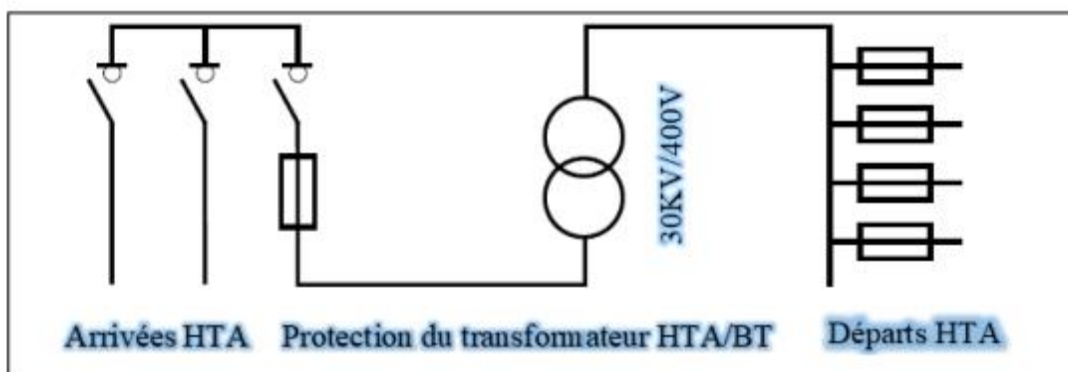


Figure 1.6.Schéma d'un poste de distribution HTA/BT.

### **1.4 Les différents éléments d'un poste MT/BT :**

Le poste de distribution publique comprend:

- ✓ Cellules moyennes tension 36 KV ou 24 KV:

Les appareils (disjoncteurs, interrupteurs, jeu de barres sectionneurs, ... etc.) sont intégrés dans des enveloppes métalliques qui facilitent l'installation et l'exploitation, en toute sécurité des personnes, ces enveloppes sont appelés cellules, ils permettent de réaliser la partie MT des postes de transformation MT/BT de distribution publique, spécifiques ou de répartition MT jusqu'à 36 kV

- ✓ Détecteur de courant de défaut pour réseaux MT souterrains:

Détecteur de courant de défaut est conçu pour la recherche des défauts permanents sur les réseaux MT souterrains, couvrant tous les types de réseaux MT et leurs systèmes de liaisons à la terre grâce à des algorithmes ampérométriques, et directionnels. Il est disponible en boîtiers protégés contre les intempéries. Le détecteur de défaut est menu d'un boîtier de signalisation lumineuse monté à l'extérieur du poste, et d'un capteur (TC tore) placé sur les câbles MT souterrains d'arrivée

- ✓ Transformateur de distribution MT/BT :

Les transformateurs de distribution MT/BT sont généralement abaisseurs, ils permettent d'alimenter des installations basse tension à partir d'un réseau moyen tension. Ils sont caractérisée par:

- Des gammes de puissance (KVA): 50, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000.

- Des rapports de transformation de 30 KV/ 0.4 KV pour les réseaux MT aériens, et de 10 KV/ 0.4 KV pour les réseaux MT sous terrains.

- ✓ Disjoncteur BT :

Le rôle principal d'un disjoncteur est de protéger l'installation électrique contre les conditions anormales de fonctionnement ; les surcharges et les courts-circuits, il est conçu pour ouvrir un

## **Chapitre 1 : Généralité sur le réseau électrique**

circuit automatiquement dès que le courant qui le traverse dépasse une valeur prédéterminée. Pour assurer efficacement cette fonction, le déclencheur du disjoncteur doit prendre en compte l'évolution des récepteurs. Le disjoncteur basse tension peut être fixe, débrochable, CLPG (cellule de protection générale) disjoncteur débrochable, ou TDP (tableau de distribution publique). Le choix du disjoncteur BT se fera à partir de la courante basse tension débitée par le transformateur MT/BT.

### ✓ Câbles MT et BT :

La liaison entre les cellules de protection moyenne tension et les bornes MT du transformateur se fera par un câble MT, capable de transiter le courant appelé du réseau, Le raccordement du secondaire du transformateur avec le disjoncteur BT se fera par un câble BT bien choisi. La longueur du câble BT est calculée en mesurant la distance entre le secondaire du transformateur et le disjoncteur BT, pour les trois phases et neutre. Le nombre des câbles par phase est déterminé à partir du courant débité par le transformateur et les caractéristiques des câbles. Le choix optimal du câble doit répondre à plusieurs critères (courant nominale, température de fonctionnement, mode pose, chute de tension, courant de court circuit,...

### ✓ Fusibles de rechange :

Il est utilisé soit directement comme un dispositif de coupure soit indirectement connecté au circuit Secondaire d'un transformateur de courant, avec un contact de fusion donnant un ordre de déclenchement au disjoncteur. L'inconvénient majeur de ces dispositifs réside dans le fait qu'ils sont endommagés par les défauts et qu'ils ont une faible sensibilité [2].

## **1.5 Différents types des défauts dans un poste MT/BT :**

On appelle un défaut, toute perturbation qui engendre des modifications des paramètres électriques d'un ouvrage ; il est caractérisé par un phénomène non conforme au fonctionnement normal du réseau et pouvant dans certains cas conduire à un effondrement électrique de celui-ci et la mise en danger de son environnement.

Notre réseau nous présente, les défauts électriques suivants :

### 1.5.1 Le court-circuit :

On dit qu'il s'est produit un court-circuit quand un conducteur sous tension se met en contact de manière fortuite ou volontaire, soit avec un autre conducteur du même système électrique à tension différente, soit avec la masse métallique de l'installation connectée à la terre dans un système à neutre mis à la terre. En bref il y a court-circuit lors de tout contact accidentel ou non entre deux ou plusieurs conducteurs situés à des potentiels différents.

#### ➤ *Les Conséquences de court-circuit :*

Elles sont variables selon la nature et la durée des défauts, le point concerné de l'installation et l'intensité du courant :

- Au point de défaut, la présence d'arc de défaut, avec :
  - Détérioration des isolants.
  - Fusion des conducteurs.
  - Incendie et danger pour les personnes.
  - Pour le circuit défectueux : les efforts électrodynamiques, avec :
    - Déformation des JdB (jeux de barres).
    - Arrachement des câbles.
- Suréchauffement par augmentation des pertes joules, avec risque de détérioration des isolants.
- Arc électrique.
- Echauffement important qui entraîne la fusion des parties actives.

### 1.5.2 La surcharge:

La surcharge est l'élévation de l'intensité d'un circuit, produite par une augmentation des récepteurs.

#### ➤ *Conséquence :*

Les conséquences de la surcharge sont :

- Déséquilibre dans le fonctionnement électrique.

- L'échauffement lent et progressif des parties actives (dégagement de chaleur par effet joule dans les conducteurs).

### **1.5.3 Défaut non franc:**

Conducteur actif mis accidentellement en contact indirect, avec résistance de contact avec la masse métallique de l'appareil.

### **1.5.4 Défaut franc :**

Conducteur actif mis accidentellement en contact direct, sans résistance de contact avec la masse métallique de l'appareil.

### **1.5.5 Courant de fuite :**

Courant qui, en l'absence d'un défaut d'isolement, revient à la source par la terre ou le conducteur de protection.

### **1.5.6 Défaut fugitif :**

C'est un défaut éliminé par un cycle rapide.

### **1.5.7 La surintensité :**

Une surintensité est une augmentation dangereuse du courant électrique parcourant un conducteur ou absorbé par un récepteur. Il existe deux types de surintensités :

- les surcharges qui résultent de l'augmentation de la charge.
- le court-circuit qui résulte de contacts d'impédance quasi nulle entre des éléments conducteurs portés à des potentiels différents que nous avons déjà cité ci-haut.

### **1.5.8 Défaut d'isolement :**

Rupture d'isolement qui provoque un courant de défaut à la terre ou un court-circuit via le conducteur de protection [3].

Pour les postes électrique moderne on y trouve souvent des systèmes de communication associe aux outils de localisations défaut tel que le système de communication GSM.

### **1.6 La technologie GSM :**

GSM (Global System for Mobile Communication) une norme élaborée au cours des Années '80 et '90, et qui est toujours en évolution afin de définir les paramètres pour un Réseau de communication cellulaire numérique. La norme GSM est utilisée pour les réseaux de communication sans fil à travers le monde.

#### **1.6.1 Concept d'un Le réseau cellulaire :**

Dans un système cellulaire, la région couverte est divisée en cellule, comme illustré à La figure 1.7 .Une cellule est de forme circulaire mais dépend en réalité de la topographie de la région qui est servie par l'antenne de la cellule.

Pour plus de clarté, on peut les illustrer Par des hexagones. Au centre d'une cellule on retrouve un ou un ensemble d'émetteurs-Récepteurs correspondant à une bande de fréquences.

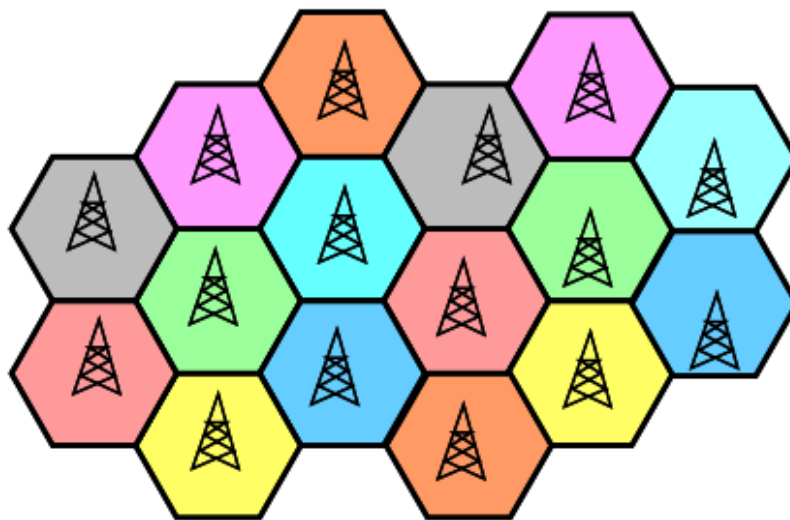


Figure 1.7.Motif de réseau cellulaire.

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.

La taille des cellules peut varier entre 0.5 et 35 km et dépend de la densité d'utilisateur et de la topographie. Les cellules sont regroupées en bloc (appelé motif ou cluster).

Le nombre de cellules dans un bloc doit être déterminé de manière à ce que le bloc puisse être reproduit continuellement sur le territoire à couvrir.

### **1.6.2 Architecture d'un réseau GSM :**

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.

Les composantes principales sont :

- Le contrôleur de station de base : Base Station Controller (BSC).
- La station de base : Base Transceiver Station (BTS).
- Le commutateur de service mobile : Mobile Switching Center (MSC).

La figure 1.8 montre un système GSM et la figure 1.9 illustre l'architecture de GSM .

On peut diviser le réseau en 4 parties principales :

1. La station mobile ( MS): Mobile Station .
2. Le sous-système radio( BSS): Base Station Subsystem.
3. Le sous-système réseau (NSS): Network Subsystem .
4. Le sous-système opération (OSS): Operation Subsystem.



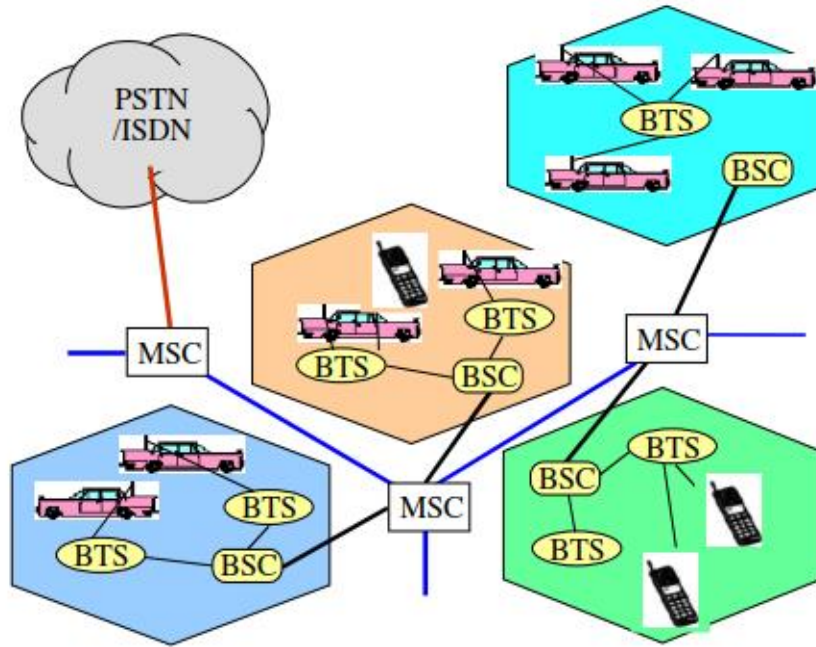


Figure 1.8.Un système GSM.

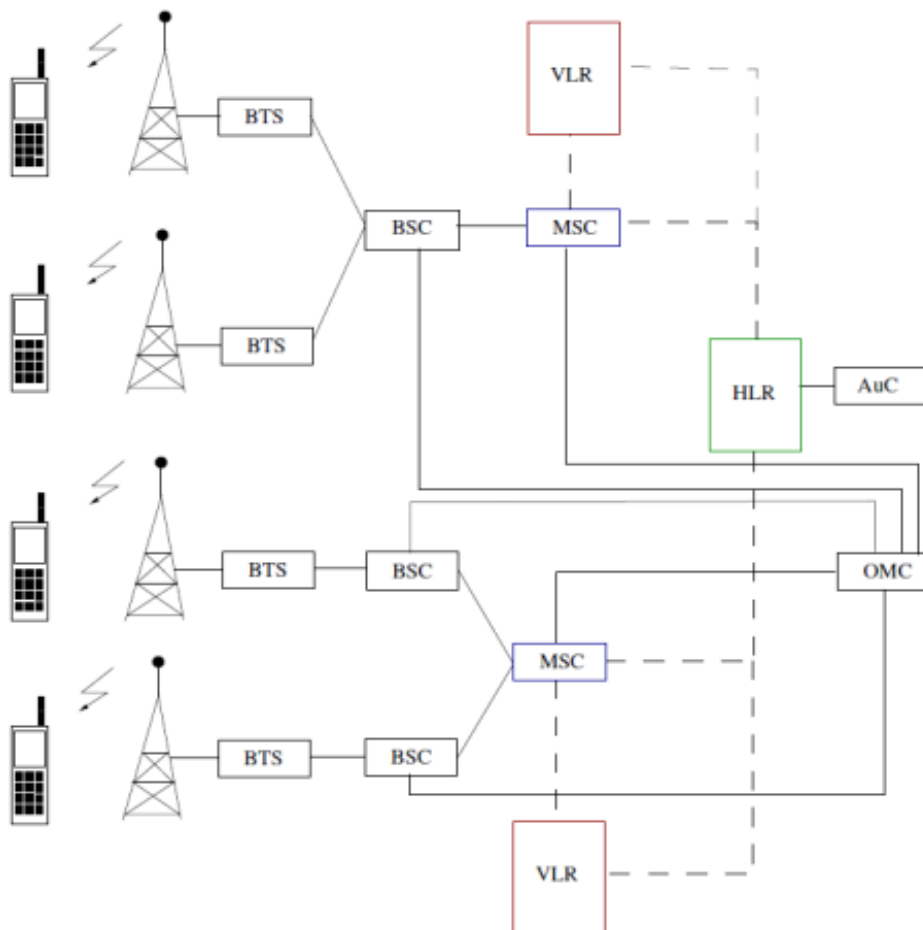


Figure 1.9.Station Architecture GSM.

### **1.6.2.1 Station mobile MS :**

La station mobile est composée d'une part du terminal mobile, et d'autre part du module D'identité d'abonné SIM.

-Le terminal mobile est l'appareil utilisé par l'abonné. Différents types de terminal sont Prescrits par la norme en fonction de leur application. Chaque terminal mobile est identifié par un code unique IMEI (International Mobile Equipment Identity). Ce code est vérifié à chaque utilisation et permet la détection et l'interdiction de terminaux volés.

-Le SIM est une carte à puces qui contient dans sa mémoire le code IMSI (International Mobile Subscriber Identity) qui identifie l'abonné de même que les renseignements relatifs à l'abonnement (services auxquels l'abonné a droit).

Cette carte peut être utilisée sur plusieurs appareils. Il est à noter que l'utilisateur ne connaît pas son IMSI mais il peut protéger sa carte à puce à l'aide d'un numéro d'identification personnel à 4 chiffres.

### **1.6.2.2 Le sous-système radio (BSS) :**

Le sous-système radio comprend 2 parties. La première, appelée station de base

(BTS - Base Transceiver Station), consiste en un ou un ensemble d'émetteurs-récepteurs et leur antenne.

Généralement, une BTS est associée à une cellule et est située au centre de celle-ci.

La communication entre la station mobile et la station de base est réalisée par L'interface Um, appelé aussi interface air ou lien radio.

La seconde partie est le contrôleur de station de base (BSC – Base Station Controller) dont

Le rôle est de gérer les ressources radio ( transfert intercellulaire)

D'une ou plusieurs stations de base (BTS), en plus d'établir le lien physique entre les BTS et le commutateur de service mobile (MSC - Mobile Switching Center), que nous verrons dans la section suivant.

### **1.6.2.3 Le sous-système réseau (NSS) :**

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 de réseaux téléphoniques fixes.

#### **a- Commutateur de service mobile (MSC - Mobile Switching Center)**

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.

#### **b- Commutateur d'entrée de service mobile (GMSC – Gateway MSC) :**

Ce commutateur est l'interface entre le réseau cellulaire et le réseau téléphonique

Publique. Le GMSC est chargé d'acheminer les appels du réseau fixe à un usager

GMS.

#### **c- Registre des abonnés locaux (HLR – Home Location Register) :**

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). Cette base de données contient également la position courante de ses abonnés.

#### **d- Registre des abonnés visiteurs (VLR – Visitor Location Register) :**

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.

#### **e- Centre d'authenticité (AuC – Authentication Center) :**

Le 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.

### **f- Registre d'identification d'équipement (EIR – Equipment Identity Register) :**

Comme nous l'avons vu précédemment, 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.

### **g- Unité de transfert GSM :**

Elle correspond à une interface à divers réseaux pour les communications de données. Au cours de ces communications, la transmission de la voix et des données peut alterner.

#### **1.6.2.4 Sous-système opération (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 le OSS contrôle et gère le trafic au niveau du BSS.

Finalement, un Réseau mobile d'une région public (PLMN) est la région desservie par un opérateur de réseau.

### **1.6.3 Fonctions d'un système GSM :**

Les fonctions que doit remplir un réseau GSM comprennent non seulement la Transmission de données mais également l'enregistrement, l'authentification, le routage et la mise à jour de la localisation [4].

## **1.7 Le réseau GPRS :**

L'usage attendu par le réseau GPRS (General Packet Radio Service) est la possibilité de consulter de manière interactive des Serveurs. Cela nécessite donc un débit plus important sur la voie descendante que sur la voie Montante. On parle de mobile multi slot : le terminal doit être en mesure de recevoir ou de Transmettre des informations sur plusieurs intervalles de temps.

### **1.7.1 La carte SIM :**

La carte SIM utilisée pour l'accès au réseau GPRS est une carte SIM similaire à celle requise pour accéder au réseau GSM classique. Quelques fichiers sont simplement ajoutés lors de la phase de personnalisation chez le fabricant de cartes.

### **1.7.2 Les équipements d'un réseau GPRS :**

➤ Le nœud de service SGSN (Serving GPRS Support Node) est relié au BSS du réseau GSM. Le SGSN est en connexion avec l'ensemble des éléments qui assurent et gèrent les transmissions radio.

➤ Le nœud de passerelle GGSN (Gateway GPRS Support Node) est relié à un ou plusieurs réseaux de données (Internet, autre réseau GPRS). Le GGSN est un routeur qui permet de gérer les transmissions de paquets de données :

- Paquets entrants d'un réseau externe, acheminés vers le SGSN du destinataire.

- Paquets sortants vers un réseau externe, émanant d'un destinataire interne au réseau.

➤ Le module BG (Border Gateway) pour la sécurité, qui assurent les fonctions de sécurité pour la connexion entre ces réseaux.

➤ Le routeur IP (Internet Protocol Address) L'opérateur peut prendre le parti de gérer et d'administrer ses propres

routeurs IP afin d'ouvrir le réseau GPRS vers les réseaux de données externes.

### **1.7.3 Les équipements GSM utilisés par le réseau GPRS :**

Le réseau GPRS appuie son architecture sur les éléments du réseau GSM comme indiqué dans la figure 1.10.

- Les BTS et BSC permettent de couvrir un territoire national pour localiser les terminaux.

## Chapitre 1 : Généralité sur le réseau électrique

- Le MSC et le VLR permettent également de gérer les problématiques d'itinérance des Abonnées sur les réseaux GSM et GPRS.
- Le SMSC et le GMSC permettent la communication interne au réseau par l'envoi de Messages courts à destination du terminal GPRS.
- Le HLR permet de gérer la problématique liée à la localisation des individus (en mode GPRS, fournir une carte de la ville où se trouve l'abonné).
- L'EIR permet de gérer les problématiques liées au terminal visé (est il compatible avec Les données que le réseau souhaite lui faire parvenir ) .

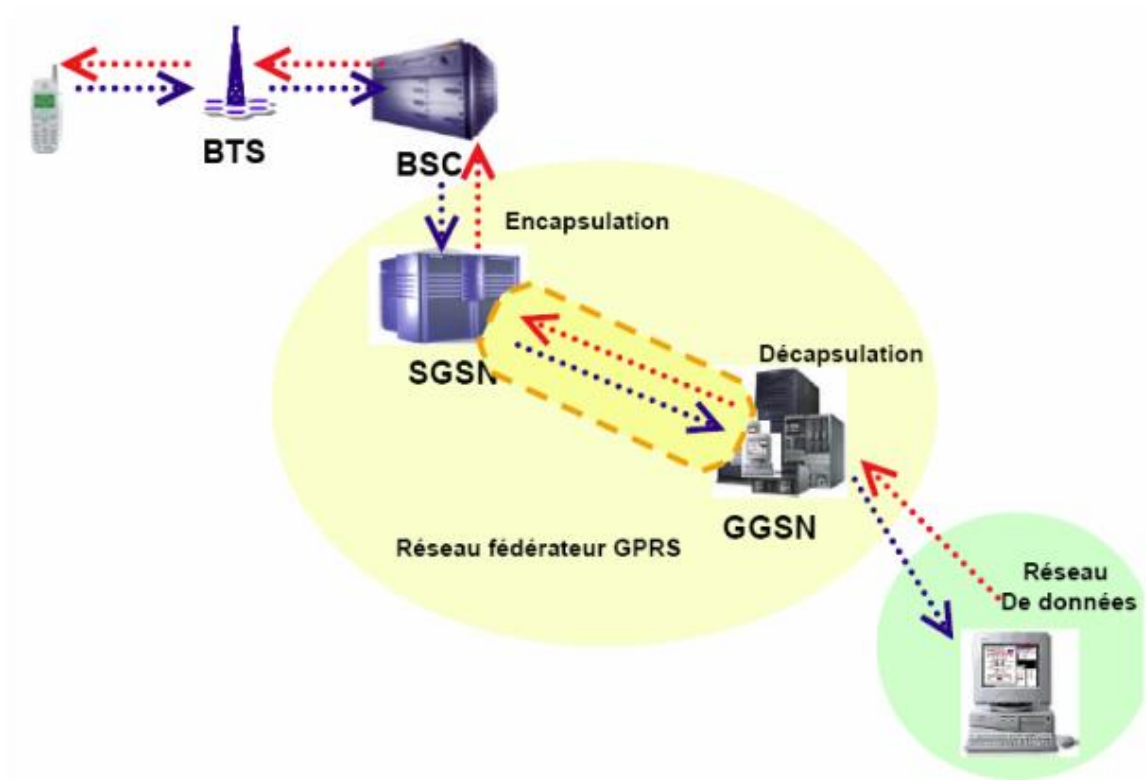
Le réseau GPRS est totalement dépendant du bon fonctionnement des infrastructures du Réseau GSM.

Le réseau GSM constitue donc en effet une base pour la mise en place du réseau GPRS.

L'ensemble des éléments GSM et GPRS est associé pour fournir un service GPRS.

Deux protocoles sont alors utilisés :

- Le traditionnel protocole IP qui assure une ouverture vers les terminaux fixes extérieurs au réseau.
- Le protocole SS7 (système de signalisation #7) qui est un protocole interne au réseau GPRS.



**Figure 1.10. Architecture de réseau GPRS.**

## **1.8 Le réseau UMTS :**

Le réseau UMTS (Universel Mobile Télécommunications System) vient se combiner aux réseaux déjà existants. GSM et GPRS apportent des Fonctionnalités respectives de Voix et de Données, le réseau UMTS apporte ensuite les Fonctionnalités Multimédia.

### **1.8.1 Les équipements d'un réseau UMTS :**

A mise en place du réseau UMTS implique la mise en place de nouveaux éléments sur le réseau (voir la Figure 1.11).

## Chapitre 1 : Généralité sur le réseau électrique

- Le Node B est une antenne. Réparties géographiquement sur l'ensemble du territoire, les Nodes B sont au réseau UMTS ce que les BTS sont au réseau GSM. Ils gèrent la couche Physique de l'interface radio.
- Le RNC (Radio Network Controller) : est un contrôleur de Node B. Le RNC est encore ici l'équivalent du BCS dans le réseau GSM[5].

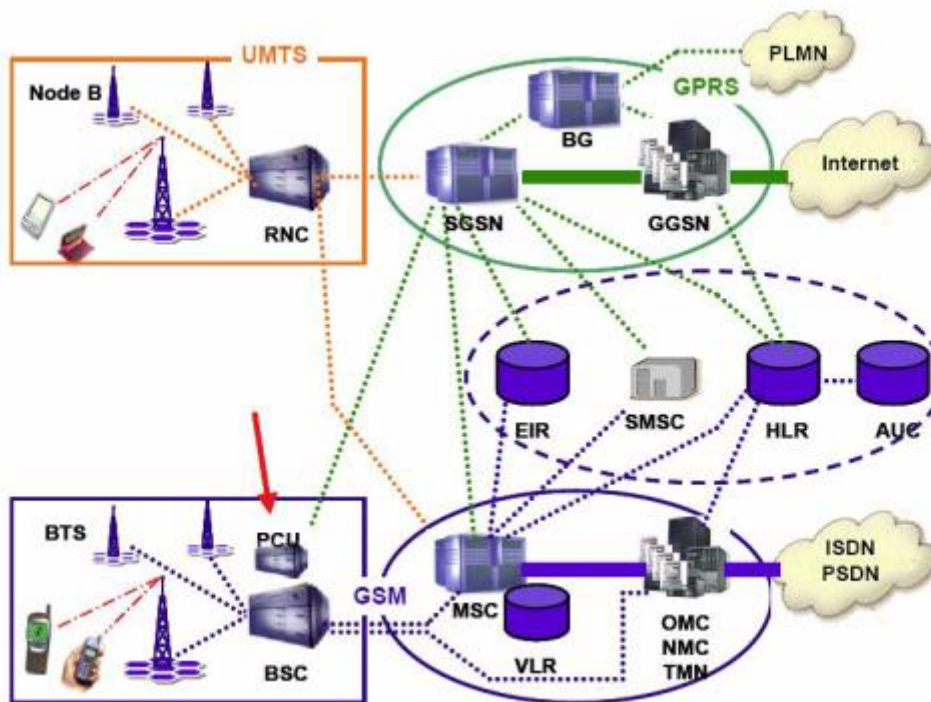


Figure 1.11. Infrastructure d'un réseau UMTS.

### 1.9 Le système de positionnement global (GPS) :

Est un appareil qui permet de connaître sa position avec précision, ou encore de connaître l'itinéraire pour aller à un endroit qu'on ne connaît pas. Le positionnement se fait à partir de signaux émis par des satellites et reçus par le GPS.



### 1.9.1 Le Fonctionnement de GPS:

Si on veut simplifier, on peut dire que pour connaître la position d'un point sur la surface de la Terre, il suffit de connaître la distance entre ce point et trois satellites. Connaître la distance à un satellite signifie qu'on se trouve sur une sphère centrée sur ce satellite. Connaître la distance à deux satellites signifie qu'on se trouve sur l'intersection de deux sphères, chacune centrée sur un des satellites. Cette intersection est un cercle. Connaître la distance à trois satellites signifie qu'on se retrouve sur l'intersection de trois sphères, chacune centrée sur un des satellites. Cette intersection contient exactement deux points, un seul des deux étant sur la surface de la Terre, l'autre est de l'autre côté du plan des trois satellites, loin dans l'espace.

Cette distance est aussi égale  $C \times T$  ou  $C$  est la vitesse de la lumière et  $t$  est le temps mis par le signal émis par le satellite pour rejoindre le récepteur GPS [6].

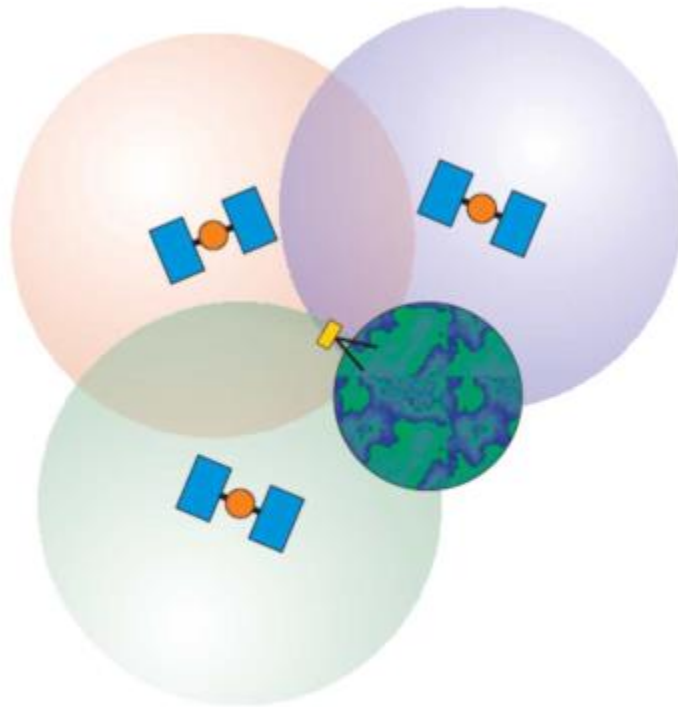


Figure 1.12. positionnement GPS avec 3 horloges parfaitement synchronisées.

### **1.10 Conclusion :**

On vient de voir dans ce chapitre les généralités concernant les stations électrique celles-ci ont été modernisé a l'aide des moyens de communication pour permettre au système complet d'être efficace et répond a toute éventualité. Nous avons vu dans ce chapitre trois types de communication, GSM, GPRS, et UMTS ainsi que les outils de localisation. Ces systèmes ne sont réalisable que grâce a des systèmes programmables pour notre cas nous allons utiliser la carte Arduino associé aux de localisation et de communication qui seront détaillés dans le chapitre qui suit.



---

***CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA CARTE  
ARDUINO***

---

### 2.1 Introduction :

Après avoir vu le domaine d'application de notre projet de fin d'étude qui nécessite un outil programmable, nous allons développer et détailler dans ce chapitre l'outil choisi, à savoir la carte de prototypage ARDUINO ainsi que les principales syntaxes nécessaires pour la programmation des fonctions utiles pour notre application.

### 2.2 Définition :

Un microcontrôleur est un système qui ressemble à un ordinateur : il a une mémoire, un processeur, des interfaces avec le monde extérieur. Les microcontrôleurs ont des performances réduites, mais sont de faible taille et consomment peu d'énergie, les rendant indispensables dans toute solution d'électronique embarquée (voiture, porte de garage, robots, ...). La carte Arduino n'est pas le microcontrôleur le plus puissant, mais son architecture a été publiée en open-source, et toute sa philosophie s'appuie sur le monde du libre, au sens large.

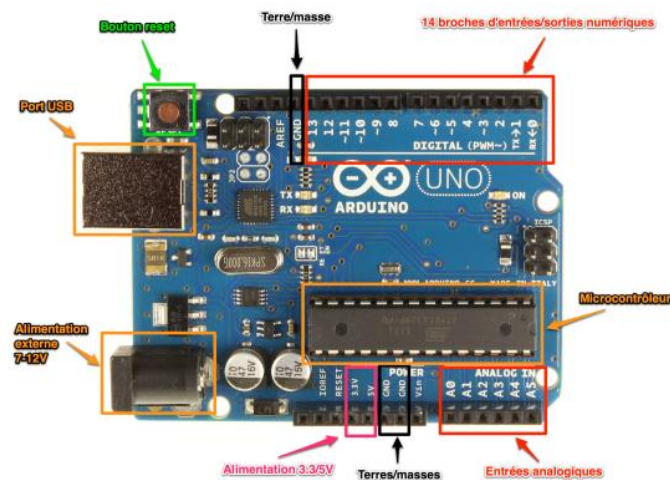


Figure 2.1. Schéma d'une platine Arduino Uno

La carte Arduino se relie à un ordinateur par un câble USB. Ce câble permet à la fois

L'alimentation de la carte et la communication série avec elle[6].

### **2.3 La connectique :**

A part une LED sur la broche 13, la carte Arduino ne possède pas de composants (résistances, diodes, moteurs...) qui peuvent être utilisés pour un programme. Il est nécessaire de les rajouter. Mais pour cela, il faut les connecter à la carte. C'est là qu'interviennent les connecteurs, aussi appelés broches (pins, en anglais). Sur les Arduino et sur beaucoup de cartes compatibles Arduino, les broches se trouvent au même endroit. Cela permet de fixer des cartes d'extension, appelée shields en les empilant.

Exploration des broches Arduino :

1. 0 à 13 Entrées/sorties numériques
2. A0 à A5 Entrées/sorties analogiques
3. GND Terre ou masse (0V)
4. 5V Alimentation +5V
5. 3.3V Alimentation +3.3V
6. Vin Alimentation non stabilisée (= le même voltage que celui à l'entrée de la carte).

### **2.4 La platine d'expérimentation (BREADBOARD) :**

Pour faire des montages électriques rapidement, on utilise une platine d'expérimentation

Appelée breadboard dans laquelle on peut planter des fils ou des composants sans avoir besoin de soudure. Ces platines contiennent deux bandes latérales de chaque côté, qu'on réserve en général aux tensions d'alimentation (0 V et 5 V). La partie centrale est séparée en deux bandes distinctes (voir les connections cachées qui relient les différentes entrées du breadboard ci-dessus).

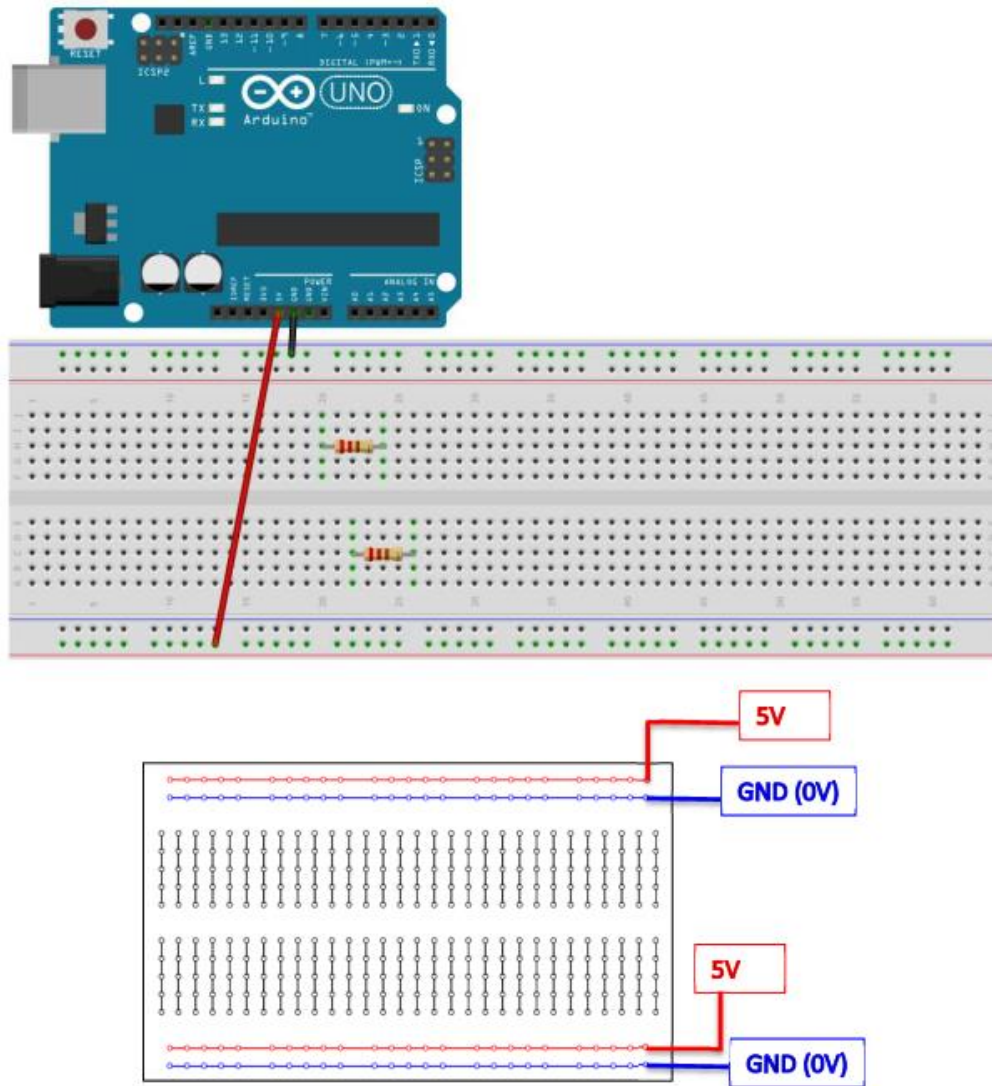


Figure 2.2. La platine d'expérimentation.

### 2.5 Les entrées / sorties :

Chacun des 14 ports numériques de la carte peuvent être utilisés en sortie. Si un port est déclaré comme une sortie, le microcontrôleur contrôle la valeur de ce port.

## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

Attention, le courant que peut délivrer un port digital en sortie est limité à 40 mA : en demander plus peut endommager la carte ! Ce genre de situation peut arriver si un port, déclaré comme une sortie, est directement relié à la masse (port GND) avec une résistance très faible (un fil), et que le programme bascule la sortie en HIGH (5 V). L'inverse est également dangereux (une sortie numérique reliée au port 5 V et basculée sur la valeur LOW).

Les sorties numériques ne peuvent pas fournir une grande puissance électrique (40 mA max sur 5 V). On les utilise pour échanger des informations (par exemple les ports D0 et D1 servent à la communication série avec l'ordinateur), ou pour déclencher des actions : par exemple allumer une LED. Voici un montage simple pour contrôler l'état de la LED :

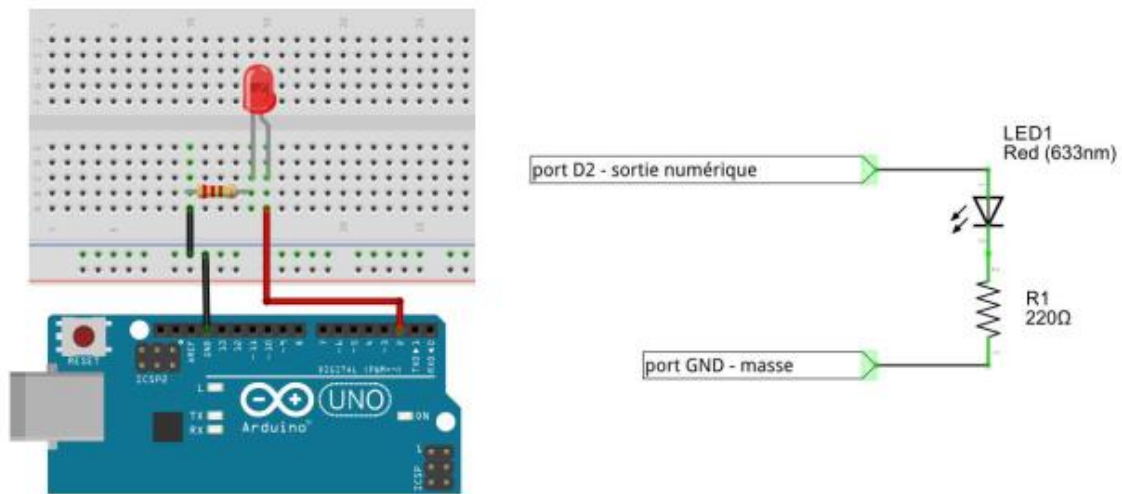


Figure 2.3. Allumage d'une led.

Le programme téléversé sur le microcontrôleur définit le port D2 comme une sortie. Quand le programme bascule la valeur de ce port à LOW, la LED est éteinte. Quand le programme bascule la valeur de D2 à HIGH, la LED s'allume. La résistance R1 sert à limiter le courant, ce qui protège à la fois le microcontrôleur et la LED (qui a également un courant critique au-delà duquel elle fume). Si la LED est montée en sens inverse, elle ne s'allumera jamais (c'est une diode).

Instructions de programmation utiles :

- `pinMode(2, OUTPUT);` // définit le port D2 comme une sortie ;
- `digitalWrite(2, HIGH);` // bascule l'état du port D2 à HIGH ;

- `digitalWrite(2, LOW); // bascule l'état du port D2 à LOW.`

### 2.6 Les entrées numériques :

Chacun des 14 ports numériques de la carte peuvent être utilisés en entrée. Si un port est déclaré comme entrée, l'état du port sera lu par Arduino (HIGH ou LOW), et cette valeur pourra être utilisée dans le programme pour déclencher telle ou telle action. Déclaré comme une entrée, un port numérique sera considéré comme HIGH ou LOW selon la Valeur de la tension mesurée par la carte.

En gros, les tensions inférieures à 1 V seront lues comme LOW, les tensions supérieures à 4 V seront lues comme HIGH. Il faut éviter les tensions intermédiaires, qui risquent de donner un résultat indéterminé.

Attention, une tension supérieure à 5.5 V peut détruire la carte arduino.

Attention : une entrée numérique non connectée sera flottante (sans tension affectée), son état sera indéterminé. La lecture de ce port peut donner n'importe quel résultat. Il faut éviter cette situation. Par exemple, si on veut déterminer si un interrupteur est appuyé ou non, le montage suivant n'est pas bon car lorsque l'interrupteur est ouvert, le port D2 n'est alors plus connecté à rien, il n'y a aucune tension définie. Si le microcontrôleur lit l'état de cette entrée, le résultat sera aléatoire. C'est le cas du montage suivant :

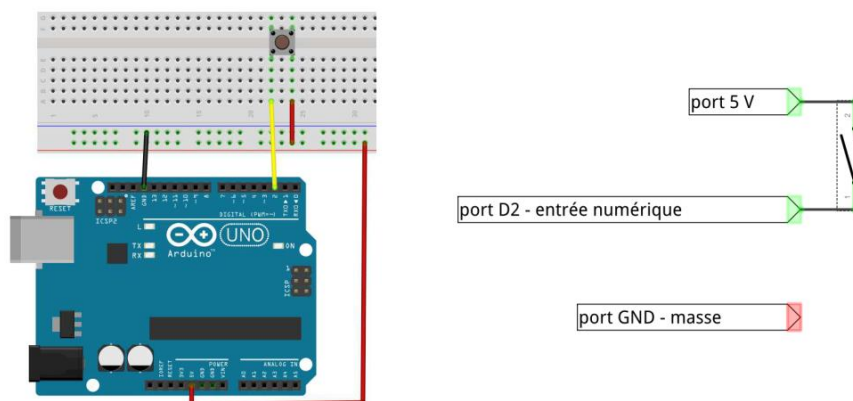


Figure 2.4.Montage erroné.



Le montage suivant corrige ce problème : cette fois, la masse GND est reliée au via une résistance R2 .

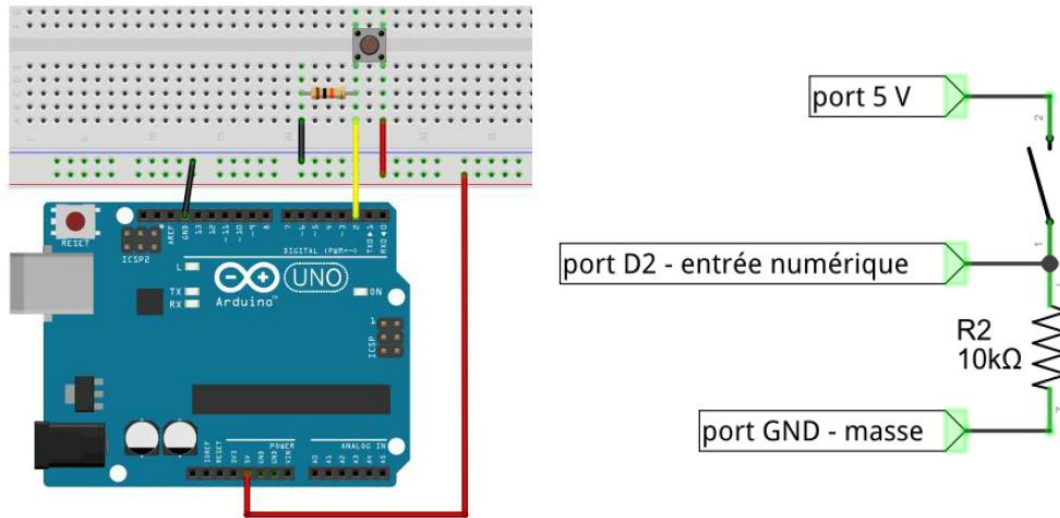


Figure 2.5.Montage correct.

Maintenant, quand l'interrupteur est ouvert, D2 et la masse sont reliés directement sans courant entre eux, et la carte mesure bien 0 V (D2 est au même potentiel que la masse GND).

Quand l'interrupteur est fermé, le potentiel du port D2 monte à 5 V (HIGH), et un courant de 0.5 mA circule entre le port 5 V et le port GND, ce qui n'est pas un problème.

### 2.7 Les entrées analogiques :

Une entrée analogique est une sorte de voltmètre : la carte lit la tension qui est appliquée sur le port. Cependant le microcontrôleur ne travaille qu'avec des chiffres : il faut donc transformer la tension appliquée en sa valeur numérique. C'est le travail du convertisseur analogue/digital, dit « CAD »( figure 2.6).

## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

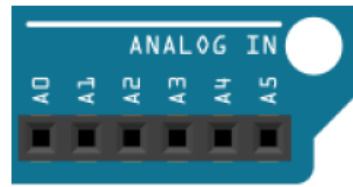


Figure 2.6. Les entrées analogiques.

Le CAD de la carte Arduino travaille sur 10 bits : il accepte en entrée une tension comprise entre 0 V et  $V_{ref}$  une tension de référence, et fournit au microcontrôleur un chiffre entier compris entre 0 et 1023 ( $= 2^{10} - 1$ ). Une tension inférieure à 0 V est lue comme 0, une tension supérieure à  $V_{ref}$  est lue comme 1023, une tension intermédiaire est lue comme un entier entre 0 et 1023, avec une relation linéaire. La tension  $V_{ref}$  est 5 V par défaut, mais cette valeur peut être changée dans le programme.

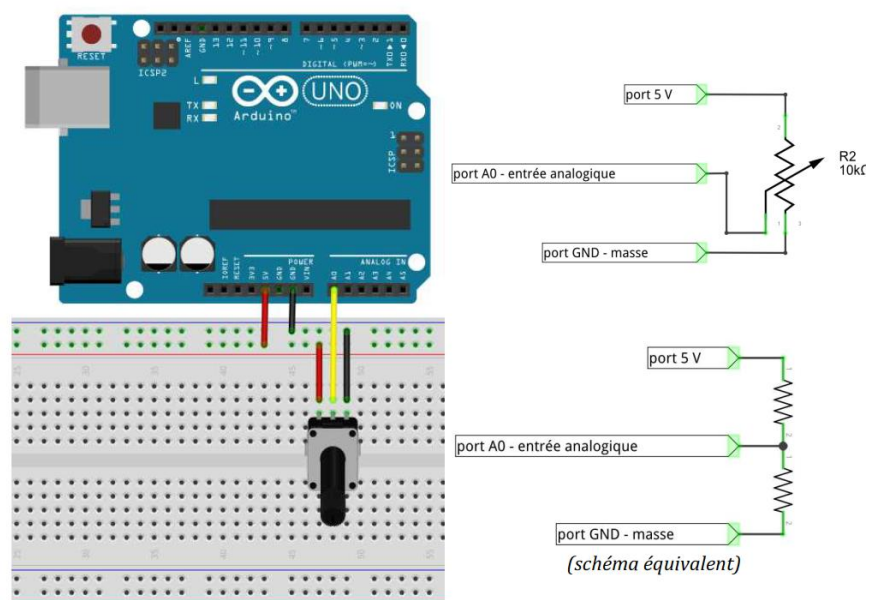


Figure 2.7. Exemple de câblage.

Le montage ci-dessus permet de mesurer une tension modifiée par un potentiomètre. Ce montage est équivalent à un pont diviseur de tension (voir le schéma équivalent).

## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

À la place du port 5 V de la carte Arduino, on peut aussi utiliser une source externe pour alimenter le potentiomètre. Il faut alors faire attention à bien définir une masse unique dans le circuit. C'est le cas du montage ci-après :

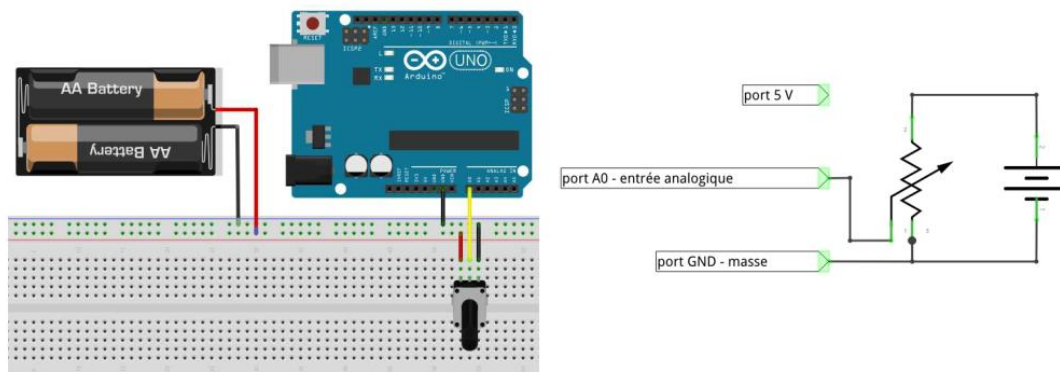


Figure 2.8. Exemple de câblage

Instructions de programmation utiles :

- `sensorValue = analogRead(A0);` // fonction qui retourne un entier compris entre 0 et 1023, selon la tension appliquée sur le port A0.

### 2.8 Les sorties analogiques :

La carte Arduino ne possède pas de vraie sortie analogique, capable de produire une tension d'une valeur arbitraire choisie par l'utilisateur. Certains ports numériques peuvent cependant servir de sortie analogique en utilisant la technique de PWM (Pulse Width Modulation) : il s'agit des ports 3, 5, 6, 9, 10 et 11 (signalés par un ~ sur la carte voir la figure 2.9).

Ces ports peuvent simuler une tension entre 0 et 5 V en basculant rapidement entre leur état LOW (0 V) et HIGH (5 V). La valeur moyenne de la tension peut être contrôlée de 0 à 5 V.

## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

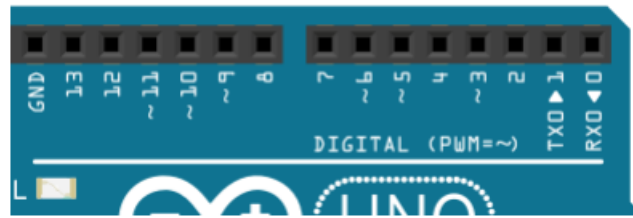


Figure 2.9. Les sorties analogiques.

Pour certaines applications, une sortie PWM (Pulse Width Modulation) convient tout à fait. Par exemple, pour alimenter un moteur, ou pour faire varier la puissance d'une LED. Le circuit ci-après permet de faire varier l'intensité de la LED en fonction de la valeur demandée au port D3 défini par le programme comme une sortie analogique.

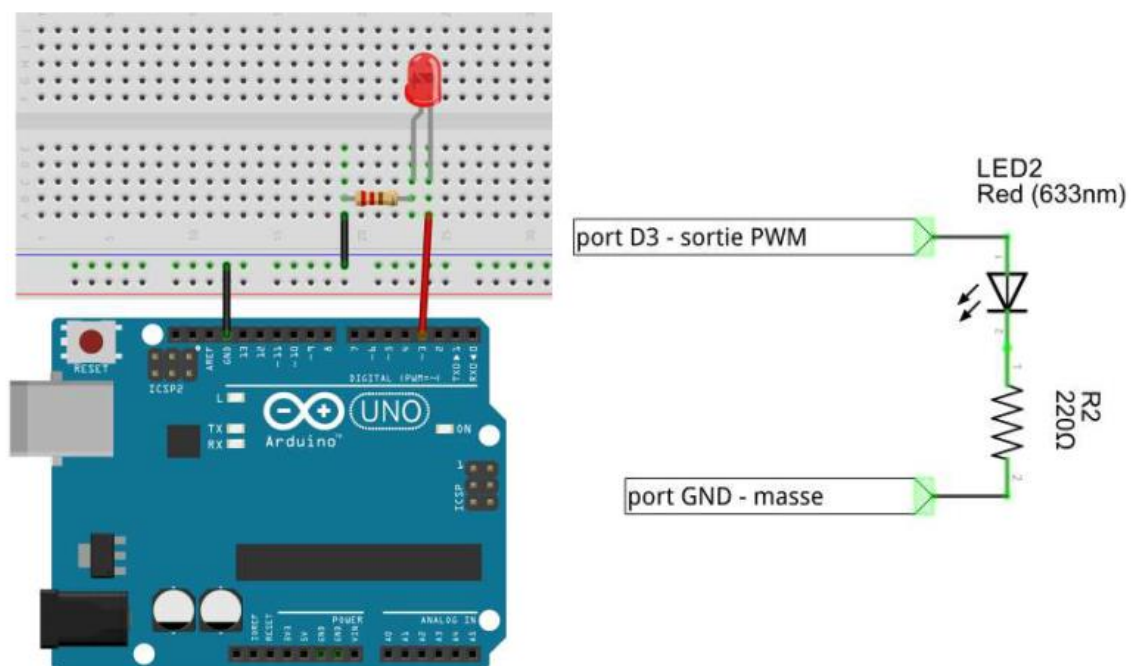


Figure 2.10. Exemple d'application d'une sorties analogiques.

Instructions de programmations utiles

- `analogWrite(3, 127);` // envoie sur le port D3 une tension moyenne de 2.5 V.

### 2.9 Les tensions de références :

La carte Arduino fournit des ports permettant d'accéder à certaines tensions de référence.

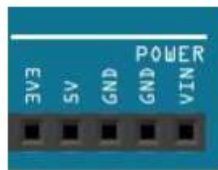


Figure 2.11. Les ports de tension.

GND est la référence de la carte Arduino par rapport à laquelle toutes les différences de tension sont mesurées. Si la carte est reliée à l'ordinateur par un câble USB, cette tension est celle de la terre.

Les ports 5V et 3V3 donnent accès aux tensions de 5 V et de 3.3 V. Ces tensions sont normalement régulées et précises.

Une exception :

Quand la carte est branchée sur un port USB sans alimentation externe, le port 5 V ne provient plus de la carte Arduino mais directement du câble USB, la tension de référence 5 V n'est alors plus aussi bien régulée.

VIN est la tension de l'alimentation externe, quand il y en a une.

Attention :

si vous reliez directement le port 5 V au port GND (ou le port 3V3 au port GND, ou le port 5V au port 3V3), vous provoquerez un court-circuit qui endommagera la carte !

### **2.10 Le port USB :**

Le port USB permet à la fois l'alimentation de la carte Arduino et la communication série entre la carte et l'ordinateur. Une fois connectée, la carte Arduino apparaît dans le gestionnaire de matériel de votre ordinateur, connecté à un port série (COM1, COM4, ...). Vous devez vérifier que l'IDE (le programme fourni par Arduino) est bien configuré pour dialoguer sur le bon port COM (et pour le bon type de carte Arduino !).

L'IDE permet de scanner le port COM et de récupérer les messages éventuels de la carte. Utiliser toujours cet outil pour debugger votre programme quand il y a des informations qui circulent sur le port série : Outils / Moniteur série.

### **2.11 Transférer un programme a la carte :**

La façon dont le microcontrôleur gère ses entrées / sorties est fixée par un programme, contenu dans le microcontrôleur.

Ce programme doit être écrit par l'utilisateur. En pratique, l'utilisateur écrit le programme en langage C, en utilisant un environnement de développement spécialisé (IDE) installé sur un ordinateur. Ce programme est ensuite compilé et téléversé dans le microcontrôleur par liaison série (USB).

Nous utiliserons l'IDE standard Arduino (arduino.exe). Il suffit de taper le code dans la fenêtre dédiée (voir la Figure 2.12), de compiler et de téléverser le programme sur la carte arduino. La carte doit être reliée à l'ordinateur par un câble USB. La modèle de la carte arduino (il y a plusieurs type de carte) ainsi que le port série sur lequel elle est branchée doivent être déclarés dans le menu de l'IDE Outils/type de carte et Outils/port série.

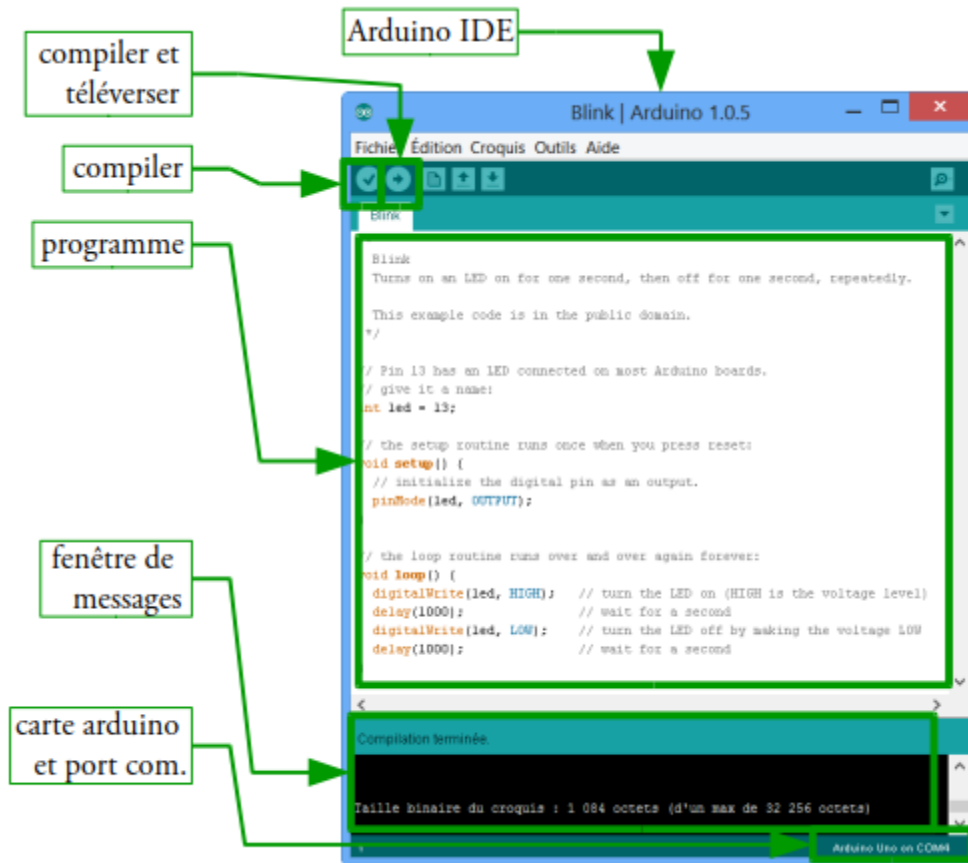


Figure 2.12. Une fenêtre Logiciel IDE.

Une fois téléversé dans le microcontrôleur, le programme s'exécute. La fonction `setup()` s'exécute une seule fois, la fonction `loop()` s'exécute en boucle. De nombreux exemples de programmes sont disponibles via le menu Fichier/Exemples de l'IDE, classés par thèmes.

### 2.12 Les précautions :

✓ Attention :

il y a quelques précautions à suivre pour ne pas endommager le matériel.

## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

Ne pas respecter ces consignes peut entraîner la perte de la carte, et potentiellement celle du port USB de l'ordinateur.

- ne jamais connecter une tension supérieure à 5 V sur les ports d'entrée de la carte ;
- ne jamais faire débiter à la carte plus de 40 mA par port, et 200 mA au total. Donc ne jamais envoyer une sortie de la carte vers un circuit de trop faible résistance.

Si vous devez relier une sortie à la masse (entre D13 et GND par exemple), il faut donc que votre circuit contienne une résistance d'au moins 125  $\Omega$ , ce qui correspond à un courant de 40 mA.

Une résistance de 200  $\Omega$  est préférable – soit 25 mA – pour garder une marge de sécurité.

✓ Quelques consignes importantes :

- Ne jamais relier directement une sortie digitale à la masse ;
- Ne jamais relier directement deux sorties digitales.
- Bien vérifier la polarité d'une alimentation externe avant de l'allumer (ou via un multimètre avant de brancher) .
- Ne pas envoyer de tension dans ports des sorties fixes (ceux intitulés 5V 3V3 GND VIN) ; ne jamais envoyer plus de 5.5 V dans une entrée, analogique ou digitale.
- Toujours vérifier les courants demandés par le circuit, et les comparer aux limites de la carte.
- Toujours mettre une résistance en série à une diode branchée à une sortie digitale pour ne pas cramer la diode.

Toutes les différentes tensions sont mesurées par rapport à GND, qui est relié à la masse quand la carte est connectée à un ordinateur par câble USB. « Ne pas dépasser une tension de 5.5 V sur un port » veut dire « ne pas dépasser une différence de tension de 5.5 V entre un port et le GND ».



## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

La façon la plus simple de détruire une sortie numérique est de lui faire débiter un courant électrique trop élevé.

Une résistance inférieure à  $100\ \Omega$  entre le port numérique et la masse (port GND) demandera un courant supérieur à  $50\ \text{mA}$  si le port bascule en HIGH. Un fil, qui a une résistance quasi-nulle, fera un court-circuit et imposera un courant énorme comme indique la Figure 2.13.



**Figure 2.13. Montage à courant très fort.**

- Une sortie analogique peut être détruite de la même façon qu'une sortie numérique, si un courant plus élevé que  $40\ \text{mA}$  est demandé. La sortie D3 est utilisée pour produire une tension de valeur moyenne  $0.5\ \text{V}$ , il faut quand même une résistance de  $125\ \Omega$  minimum entre ce port et le port GND : la tension moyenne est de  $0.5\ \text{V}$ , mais la tension réelle varie sans arrêt entre  $0$  et  $5\ \text{V}$ .

Une résistance de  $15\ \Omega$  n'est pas suffisante pour limiter le courant en dessous de  $40\ \text{mA}$ , même si une tension de  $0.5\ \text{V}$  seulement est demandée.

- il ne faut pas appliquer une trop forte tension d'alimentation ; Il suffit de brancher une tension supérieure à  $5\ \text{V}$  sur un port de la carte (numérique ou analogique).

### **2.13 Programmer le microcontrôleur arduino :**

Pour créer un programme sur le microcontrôleur, procéder ainsi à chaque fois :

➤ lancer le programme initOrsay avec le câble USB branché (ça va initialiser proprement

Toutes les voies en entrée et effacer les effets du programme précédent) ;

## Chapitre 2 : Présentation de la carte ARDUINO

- débrancher le câble USB, réaliser votre montage électrique et votre programme.
- rebrancher le câble USB puis téléverser le programme arduino ;
- si ça marche, dessinez sur vos cahiers le circuit électrique ou prenez une photo pour garder la mémoire du circuit.

1) Un premier test (programmation de base) :

Lancer le programme Fichier / Exemples / Basics / Blink et vérifier que la LED interne de la Carte arduino clignote bien. Modifier le délai de clignotement dans le programme et vérifier.

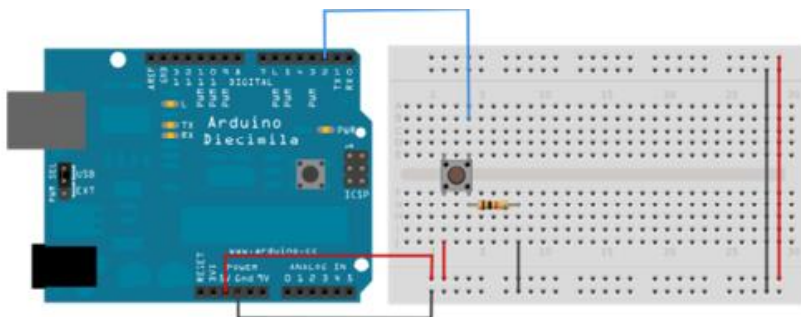
2) Allumer une LED extérieure (sortie numérique dans la figure2.14) :

À partir du même programme Blink, faites cette fois clignoter une vraie LED via le breadboard.

3) Utiliser un interrupteur (entrée numérique) :

Réaliser le circuit correspondant au programme Button pour utiliser l'interrupteur et

Contrôler l'allumage de la LED interne à la carte [7].



**Figure 2.14.Montage test.**

### **2.14 Conclusion :**

On a vu dans ce chapitre que la carte de prototypage Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Cette avantage va nous aider à répondre au problème posé à notre application a savoir la détection, la transmission et la localisation des pannes dans les station électriques. Ses avantages seront mise en œuvre dans le chapitres qui suit.



---

***CHAPITRE 3 : REALISATION ET SIMULATION.***

---

### 3.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous expliquons en détail les étapes importantes de la conception de notre application. L'objectif du projet est réalisé un système automatique simple et moins couteux pour contrôler, détecter et localiser les pannes curatives dans un réseau électrique et les signaler par des messages aux gestionnaire du réseau en temps réel. Il nous permet d'éviter les accidents et l'agression du réseau électrique et les pannes de longue durée afin de diminuer les pertes au maximum

### 3.2 Schéma synoptique :

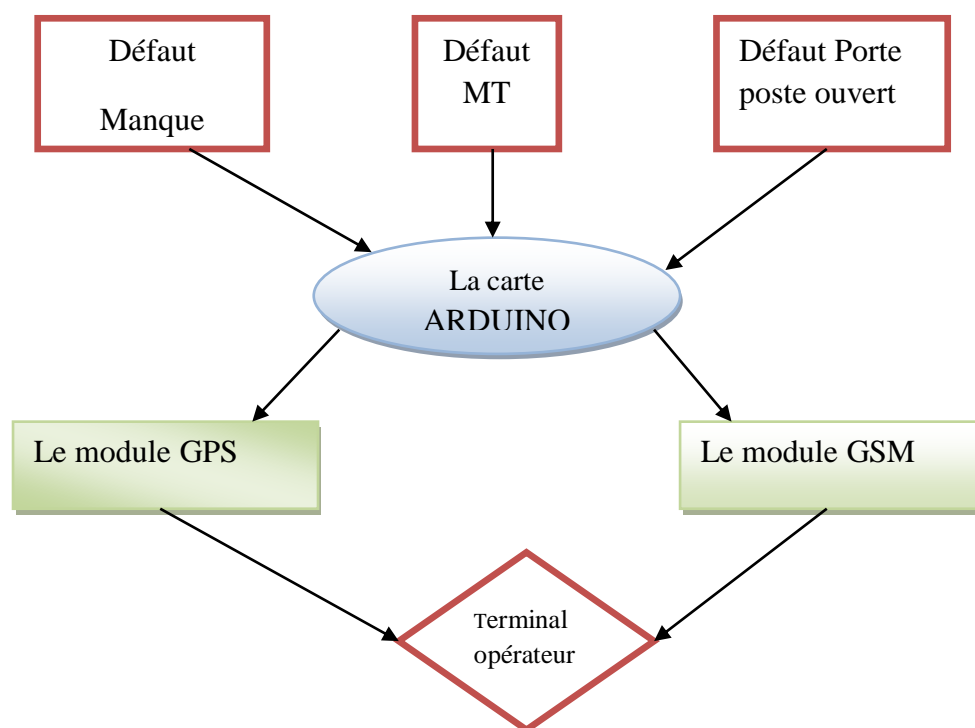


Figure 3.1. Shéma synoptique de la réalisation

### 3.3 Le module GSM/GPRS :

Le module GMS/GPRS est une carte d'interface compatible Arduino. Elle permet d'envoyer et recevoir des SMS, des données ou des communications vocales depuis le réseau mobile. La communication entre le module et une carte Arduino est réalisée par la liaison série asynchrone.

#### 3.3.1 Caractéristique principale :

| Caractéristique               | Observation   |
|-------------------------------|---|
| Module Quad-band              | 850/900/1800/1900 MHz   |
| Protocoles supportés          | TCP/UDP   |
| Tension d'alimentation        | 5 V par la broche 5V<br>6,5V à 12V par la broche Vin                    |
| Consommation                  | 1,5 mA en veille<br>400 mA max  |
| Puissance                     | Classe 4(bandes 850/ 900M Hz): 2W<br>Classe 1(bandes 1800/1900 MHz) :1W |
| Température de fonctionnement | -40°C à+ 85°C   |
| Dimensions                    | 68.58 x 53.34mm   |

Tableau 3.1.caractéristique module GSM/GPRS sim 800.

### 3.3.2 Description du module :

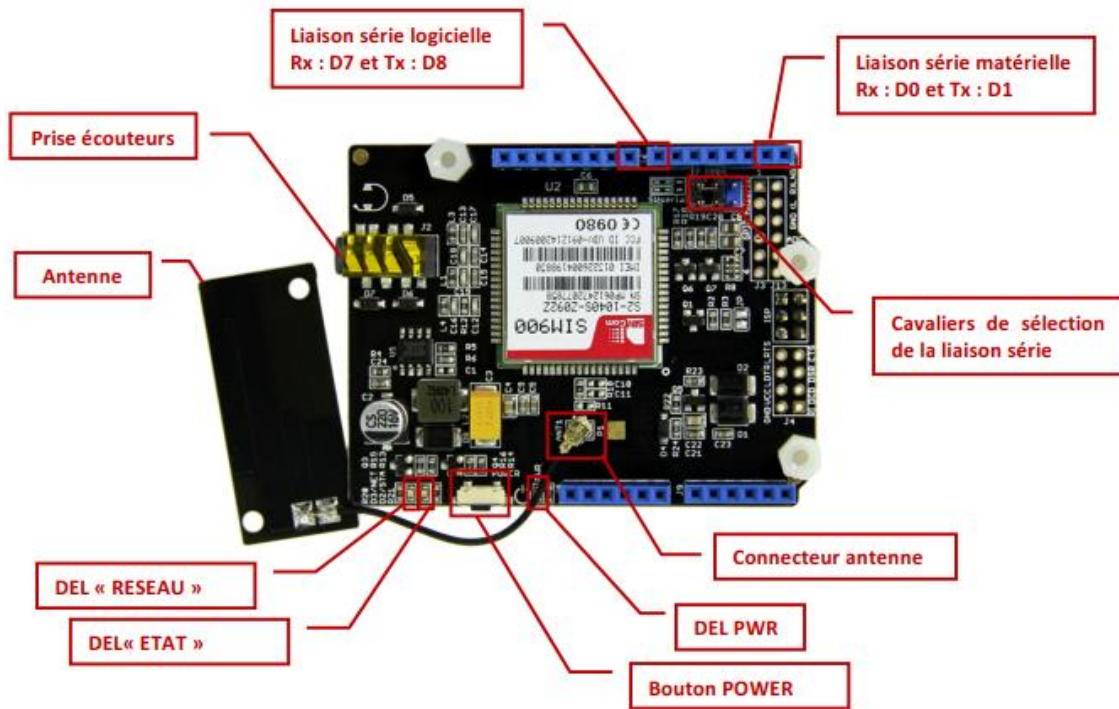


Figure 3.2.les composants de module GSM/GPRS.

### 3.3.3 Communication série :

Le choix des broches permettant la communication entre le shield GPRS et la carte Arduino via la liaison série est réalisé via deux cavaliers.

Liaison série logicielle: Rx =D7 et Tx =D8 .

Liaison série matérielle : Rx =D0 et Tx=D1.

La liaison série doit être réglée avec une vitesse de 19200 bits/s.

### 3.3.4 Utilisation du module GSM/GPRS :

1- Placer les cavaliers afin de configurer la liaison série.



Figure 3.3.Cavalier liaison série GSM/GPRS.

2- Placer la puce SIM.

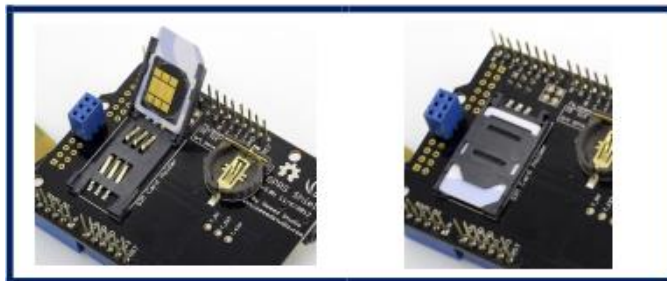


Figure 3.4.Insertion carte SIM.

3- Vérifier que l'antenne est correctement connectée.



Figure 3.5.Vérification antenne.



4-Connecter le shield sur une carte Arduino ou une carte : équivalente. Alimenter la carte Arduino. La DEL « POWER » Doit s'allumer.

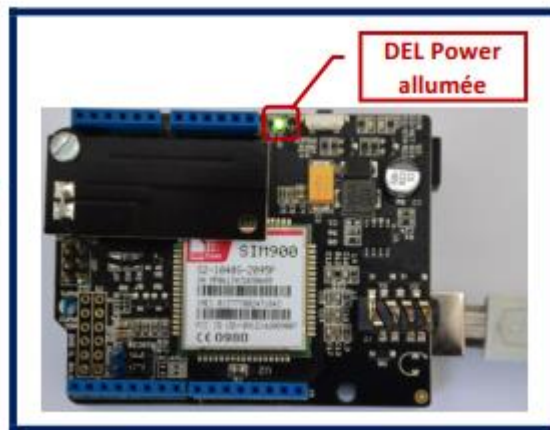


Figure 3.6.Led GSM/GPRS.

### 3.3.5 Commandes AT Sur Arduino :

➤ Présentation :

Les commandes AT sont un jeu de commande des textuelles permettant de gérer la plupart des modems. Ou des modules GSM. Ces commandes commencent toujours par les lettres « AT» et se terminent Obligatoirement par un retour chariot.

➤ Configuration de la liaison série logicielle :

L'Atmega 328 possède une interface de communication série UART accessible, grâce aux broches numériques 0 (Rx) et 1 (Tx).

La bibliothèque «SoftwareSerial» a été développée pour permettre la communication série sur d'autres broches numériques de l'Arduino de manière logicielle.

Il est possible de gérer plusieurs ports séries logiciels avec des vitesses allant jusqu'à 115200 bps ce pendant un seul peut recevoir des données à la fois.

- MISE EN OEUVRE DU SHIELD GSM AVEC UNE CARTE ARDUINO
  - Editer le programme dans l'IDLE Arduino.
  - Presser le bouton « POWER» pendant 2s. La DEL«ETAT» doit s'allumer et la DEL «RESEAU» doit clignoter si un réseau mobile a été trouvé.

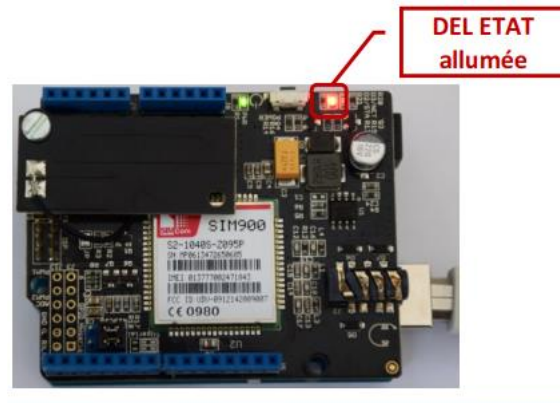


Figure 3.7.Led d'état GSM/GPRS

-Lorsque la mise sous tension est achevée, le SIM900 envoie le code de résultat (result code) RDY pour indiquer qu'il est prêt.

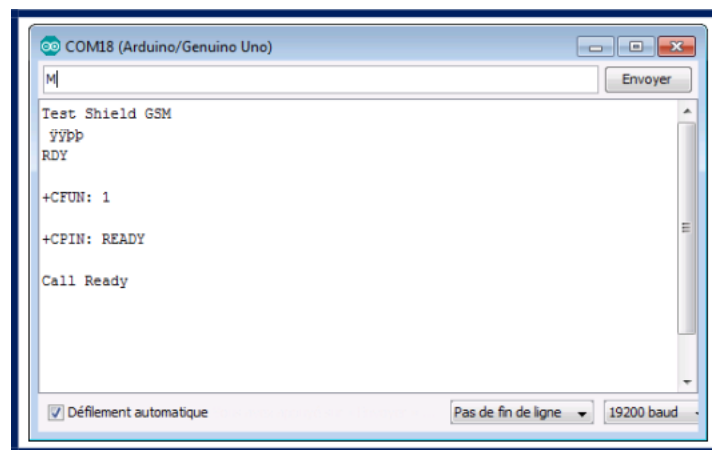


Figure 3.8.Code mise en marche de module GSM/GPRS.

- Exécuter le programme à partir de l'IDLE. Le message est alors envoyé [8].

### 3.4 Le module GPS NEO-6M :

GPS ( *Système de positionnement global* ) peut être utilisé pour déterminer la position, l'heure et la vitesse si vous voyagez.

Le module GPS NEO-6M est illustré dans la figure ci-dessous. Il est livré avec une antenne externe et n'est pas livré avec des broches d'en-tête. Donc, vous devrez en obtenir et en souder.



Figure 3.9. Image module GPS NEO-6M .

Ce module a une antenne externe et une EEPROM intégrée.

- Interface : RS232 TTL
- Alimentation : 3V à 5V
- Débit en bauds par défaut : 9600 bps
- Fonctionne avec des phrases NMEA standard

#### 3.4.1 Câblage des broches :

Le module GPS NEO-6M possède quatre broches : VCC, Réception, Émission, et GND.

|           |  |
|-----------|--|
| VCC       | 5V                                       |
| Réception | Broche TX définie dans le logiciel série |
| Émission  | Broche RX définie dans le logiciel série |
| GND       | GND                                      |

Tableau 3.2. Caractéristiques module GPS NEO-6M.

Le module communique avec l'Arduino via une communication série en utilisant les broches TX et RX.

### 3.4.2 Obtenir des données GPS brutes :

Pour obtenir des données GPS brutes, il vous suffit de démarrer une communication série avec le module GPS à l'aide du logiciel Serial. Continuez à lire pour voir comment faire cela.

### 3.4.3 Schéma de câblage :

- ✓ La broche GND du module est connectée à Arduino GND épinglé
- ✓ La broche RX du module est connectée à Arduino broche 3
- ✓ La broche TX du module est connectée à Arduino broche 4
- ✓ La broche VCC du module est connectée à Arduino 5V épinglé [9].

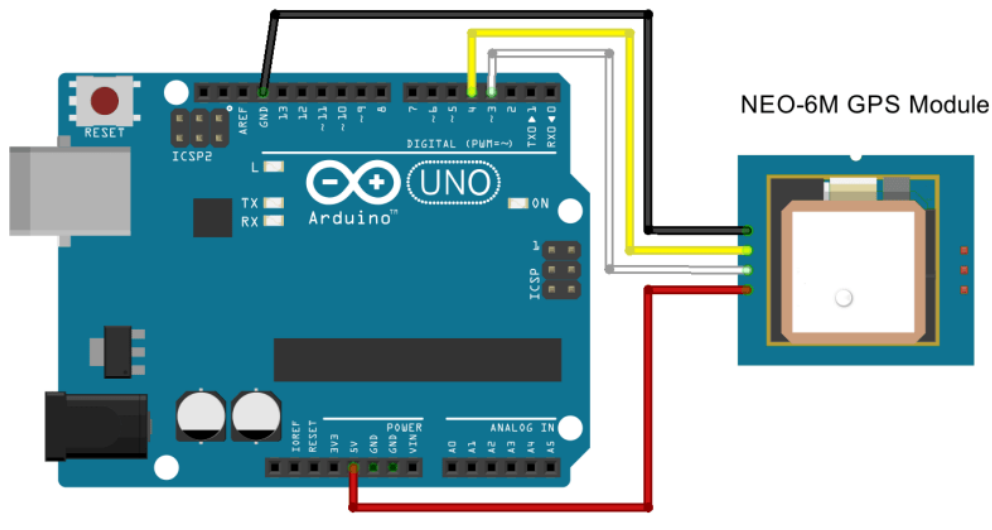


Figure 3.10. Schéma d'insertion module GPS avec l'arduino.

## 3.5 Description matériel :

L'objectif de la conception est contrôler la bonne mise en marche d'un poste électrique :

- ✓ détection d'un manque de phase dans la basse tension.

- ✓ Détection de défaut de la moyenne tension.
- ✓ assurer la sécurité par la signalisation de la fermeture ou l'ouverture de la porte.

### 3.5.1 Le matériel utilisé :

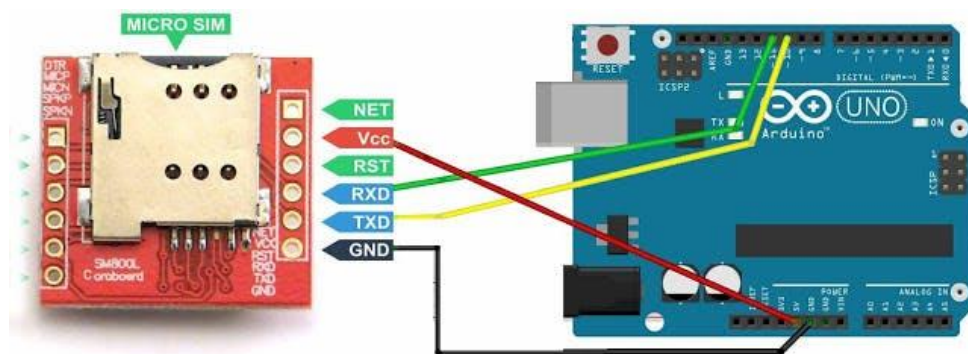
- une carte arduino UNO :

Quelque caractéristique technique

|  |  |
|--|--|
| Micro contrôleur                           | ATmega328.   |
| Fréquence horloge                          | 16 MHz   |
| Tension d'alimentation interne             | 5Vcc   |
| Tension d'alimentation externe recommandée | 7Vcc à 12Vcc                                       |
| Entrées/sorties binaires                   | 14 broches   |
| Courant MAX par broches en sortie          | 40 mA  |
| Les E/S binaires 0 et 1                    | sont mobilisées par le dialogue sur la ligne série |

**Tableau 3.3. Caractéristiques techniques de microcontrôleur ATmega328.**

- module GSM/GPRS SIM800 avec une puce téléphonique:



**Figure 3.11. Schéma d'insertion module GSM avec l'arduino.**

- alimentation stabilisé 5V
- détecteur de défaut MT moyen tension (15-30kv) :



**Figure 3.12. Détecteur de défaut MT.**

On le remplace par un bouton poussoir

- relais de phase pour détecter le manque ou inversement de phase basse tension 380VAC, on le remplace par un bouton poussoir.



**Figure 3.13. Relais de phase.**

- fin de course pour détecter l'ouverture de la porte de poste électrique. on le remplace par un bouton poussoir



**Figure 3.14. Fin de course.**

- ✓ un module GPS NEO-6M.

### 3.4.2 Montage des composants :

Voir les figures ci-dessous

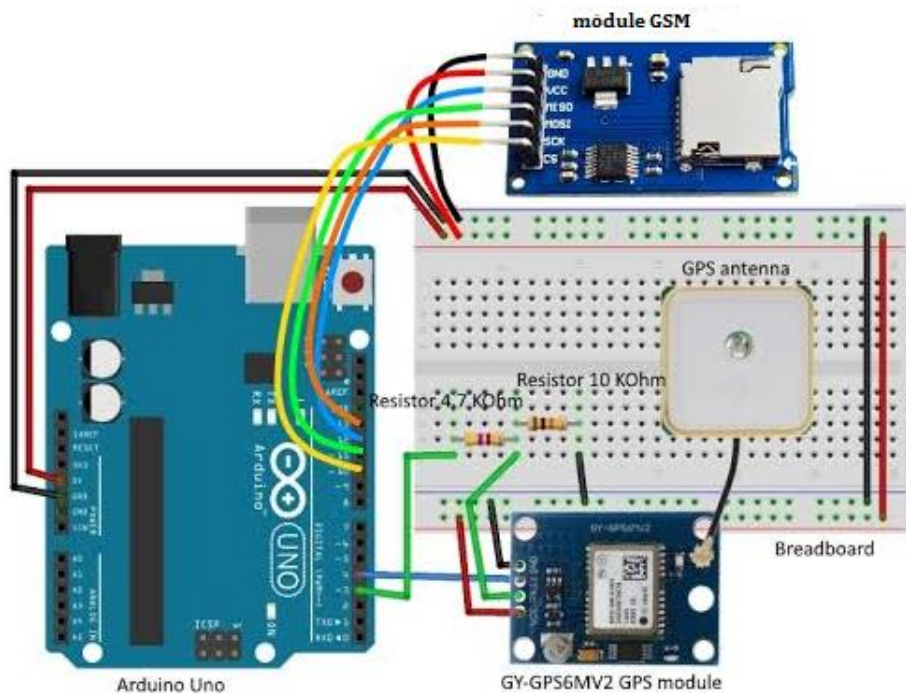


Figure 3.15.câblage

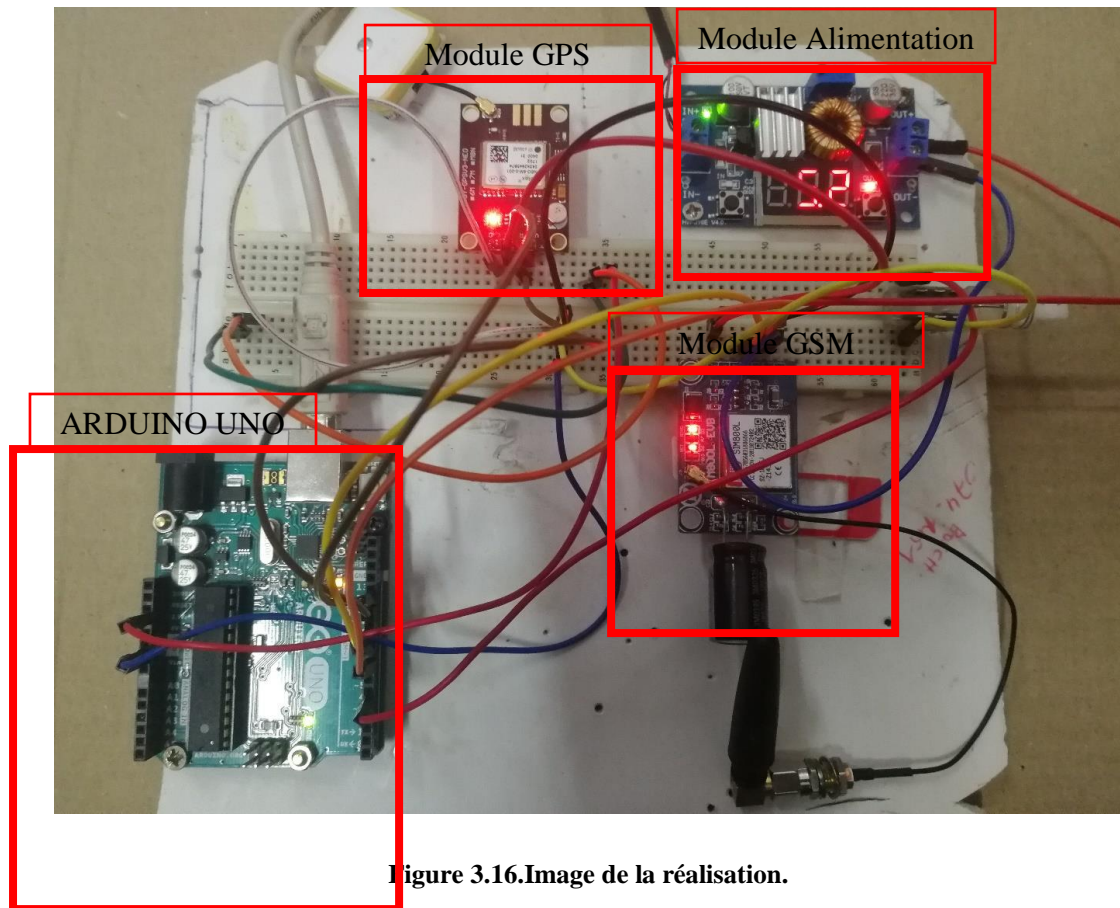


Figure 3.16. Image de la réalisation.

Après la réalisation de câblage on commence la phase de programmation et mise en marche de la conception.

### 3.6 Description logiciel :

#### 3.6.1 L'IDE Arduino :

Les créateurs d'Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes Arduino soit visuelle, simple et complète à la fois.

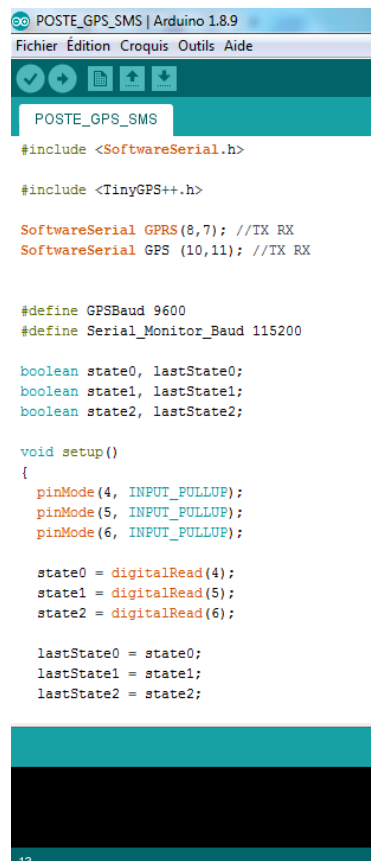
C'est ce que l'on appelle une IDE, qui signifie *Integrated Development Environment* ou Environnement de Développement « Intégré » en français.

L'IDE affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation.

-saisir le programme, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte Arduino.



L'image suivante montre l'éditeur de programme dans l'IDE [10].



```
POSTE_GPS_SMS | Arduino 1.8.9
Fichier Édition Croquis Outils Aide
POSTE_GPS_SMS
#include <SoftwareSerial.h>

#include <TinyGPS++.h>

SoftwareSerial GPRS(8,7); //TX RX
SoftwareSerial GPS (10,11); //TX RX

#define GPSBaud 9600
#define Serial_Monitor_Baud 115200

boolean state0, lastState0;
boolean state1, lastState1;
boolean state2, lastState2;

void setup()
{
  pinMode(4, INPUT_PULLUP);
  pinMode(5, INPUT_PULLUP);
  pinMode(6, INPUT_PULLUP);

  state0 = digitalRead(4);
  state1 = digitalRead(5);
  state2 = digitalRead(6);

  lastState0 = state0;
  lastState1 = state1;
  lastState2 = state2;
}
```

Figure 3.17.image du programme dans IDE.

### 3.7 Fonctionnement de la conception :

➤ On utilise les trois ports 4, 5,6 d'ARDUINO comme des entrées :

-Port 4 est relié à un fin de course de porte pour détecter l'ouverture /la fermeture de poste.

-Port 5 est relié à un relais de phase afin de détecter un maque de phase dans le réseau électrique.

-Port 6 est relie a un détecteur de défaut moyen tension pour détecter les coupures d'électricité.

- Le module GSM/GPS communique avec l'ARDUINO par l'intermédiaire des ports 8 (TX) et 7 (RX)
- Le module GPS communique avec l'ARDUINO par l'intermédiaire de port série 10 (TX) Et 11 (RX)

Suit à une détection au niveau un port d'entrée 4 ou 5 ou 6 l'Arduino reçoit l'information sous forme binaire. il active le module GSM pour assurer l'envoi de message de signalisation avec le type de la panne (PORTE OUVERT, MANQUE PHASE BT, DÉFAUT MT) correspond à chaque entre (4, 5, 6) au numéro indiqué dans le programme .le module GPS sera aussi activé, il localise la position du poste.

### **3.8 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous venons de voir en détail notre travail et notre réalisation, nous avons commencé par montrer notre synoptique en représentant la pièce maitresse de gestion qui est la carte de prototypage ARDUINO associe aux cartes de communication GSM et la carte de position GPS qui servira a communiquer avec la central.

# Conclusion générale

---

La formation de master en automatisme nous permet d'acquérir des connaissances nécessaires pour l'analyse et la modélisation des systèmes l'automatisation et la gestion d'un processus industriel.

Nous sommes donc perfectionnés sur des logiciels de programmation de supervision par des automates programmables qui sont importants dans l'industrie, aussi que l'étude théorique et pratique des moyens de contrôle et de régulation des Systèmes industriels.

Le Bénéfice de ces études nous a amenés à ce modeste travail ; de nous engendrer de la manière d'examiner les types de défaillance d'un réseau électrique et de chercher une solution peut être utilisée pour la bonne gestion des sous-stations électriques.

Le projet réalisé est simple, moins couteux. Il comporte une carte à microcontrôleur, et deux modules GPS et GSM. L'installation de ce système dans tous les postes du réseau permet aux opérateurs d'identifier le type de la panne et l'emplacement du poste en temps réel et à distance sans déplacement de l'opérateur, Réduisez donc le temps de la coupure.

Au final, pour que le système fonctionne correctement, la station doit être située dans les zones couvertes par un réseau GSM. La signalisation immédiate exige des lignes téléphoniques sécurisées et accessibles en permanence.

# Bibliographie

---

[1] : ARIBI Walid & BOUDALI Ihcene <<Mémoire de Master >> Université SAAD DAHLAB de BLIDA 2020.

[2] : [La sécurité dans les postes de distribution MT/BT \(researchgate.net\)](#) .PDF. consulté avril 2022

[3] : [ETUDE D'UN SYSTEME DE CONTROLE POUR LA DETECTION DES DEFAUTS EN VUE DE LA PROTECTION AUTOMATIQUE DE LA CABINE DE DISTRIBUTION N°4 MT/BT . \(congovirtuel.com\)](#) . Consulté l'avril 2022

[4] : <https://www.iro.umontreal.ca/~kropf/ift-6052/notes/gsm.pdf> consulté avril 2022.

[5] : Support du cours par Ben Salem Jamel. décembre 2014;Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Nabeul. République Tunisienne consulté Avril 2022.

[6] : [les\\_gps\\_0.pdf \(umoncton.ca\)](#). Consulté Mai 2022

[7]. : [poly\\_s4s5\\_arduino.pdf \(u-psud.fr\)](#).pdf Consulté Mai 2022

[8] : [SIM900-Doc.pdf \(arduipianet.ma\)](#).pdf Consulté Mai 2022

[9] : [Guide du module GPS NEO-6M Arduino - Raspberryme](#).pdf Consulté Mai 2022

[10] : [Qu'est-ce que Arduino ? Définition et description simple \(positron-libre.com\)](#).html Consulté Mai 2022