

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : **Electrotechnique Industriel**

*Présenté par*

**Messaoud DJELLOUT**

**Brahim DJAROUM**

Thème

**Conception et réalisation d'un système de  
démarrage automatique d'un groupe électrogène  
à base d'une carte Arduino**

*Mémoire soutenu publiquement le 10/07/2018 devant le jury composé de :*

**Mr Hakim DJOUDI**

MAA, UMMTO, Président

**Mr Nabil BENYAHIA**

MCA, UMMTO, Encadreur

**Mr Fodil ZERROUKI**

Doctorant, UMMTO, Co- Encadreur

**Mr Madjid SI BRAHIM**

MCB, UMMTO, Examineur

# Remerciements

En premier lieu, nous tenons à présenter nos remerciements à nos encadreurs M BENYAHIA Nabil et M ZERROUKI Fodil, et leur témoigner notre gratitude pour leurs orientations et leur patience ainsi que leur soutien qui nous ont été précieux afin de mener notre travail à bon terme.

Nous tenons à remercier les membres du jury qui ont accepté d'examiner notre modeste travail.

Nous voulons aussi exprimer notre reconnaissance et gratitude à tous les enseignants et à l'administration de notre département pour tous les efforts qu'ils ont fournis afin de nous garantir une bonne formation.

# Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents ainsi que toute ma famille et tous mes amis.

Brahim

# Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents ainsi qu'à mes frères et à toutes les personnes qui me sont cher.

Messaoud

# Sommaire

|   |    |
|---|----|
| Introduction générale.....  | 1  |
| Chapitre I: Généralités sur les groupes électrogènes                    |    |
| I.1- Introduction : .....   | 3  |
| I.2- Définition du groupe électrogène : .....                           | 3  |
| I.3- Constitution d'un groupe électrogène : .....                       | 3  |
| I.4- Description des différents éléments d'un groupe électrogène :..... | 4  |
| I.4.1- Moteur thermique : .....   | 4  |
| I.4.1.1- Fonctionnement : .....   | 4  |
| I.4.2- Système de démarrage : .....                                     | 7  |
| I.4.2.1- Démarrage manuel : .....                                       | 7  |
| I.4.2.3- Démarrage électrique : .....                                   | 7  |
| I.4.2.4- Démarrage pneumatique : .....                                  | 10 |
| I.4.2.5- Démarrage automatique : .....                                  | 10 |
| I.4.3- Circuit de lubrification :.....                                  | 10 |
| I.4.3.1- Fonctionnement : .....   | 10 |
| I.4.4- Circuit de refroidissement : .....                               | 11 |
| I.4.4.1- Fonctionnement : .....   | 12 |
| I.4.5- Circuit d'alimentation en combustible : .....                    | 14 |
| I.4.6- Alternateur : .....  | 14 |
| I.4.6.1- Stator : .....   | 14 |
| I.4.6.2- Rotor:.....  | 15 |
| I.4.6.3- Principe de fonctionnement : .....                             | 16 |
| I.4.7- Batterie : .....   | 16 |
| I.4.8- Chargeur de batterie : .....                                     | 16 |
| I.5- Régulation des groupes électrogènes : .....                        | 16 |
| I.5.1- La technologie classique : .....                                 | 17 |
| I.5.2- La technologie INVERTER : .....                                  | 17 |
| I.6- Couplage des groupes électrogènes : .....                          | 17 |
| I.6.1- Méthodes de couplages : .....                                    | 17 |
| I.7- Protection des personnes et du matérielles : .....                 | 18 |
| I.7.1- Protection des personnes : .....                                 | 18 |
| I.7.2- Protection de l'alternateur : .....                              | 20 |

|   |    |
|---|----|
| I.7.3- Protection moteur thermique : .....                  | 21 |
| I.8- Inconvénients des groupes électrogènes : .....         | 21 |
| I.9- Entretien et maintenance du groupe électrogène : ..... | 21 |
| I.9.1- Entretien : .....                                    | 21 |
| I.9.2- Maintenance : .....                                  | 22 |
| I.10- Conclusion : .....                                    | 23 |

## Chapitre II: Présentation de l'Arduino

|   |    |
|---|----|
| II.1- Introduction : .....  | 24 |
| II.2- Présentation de l'Arduino : .....                                       | 24 |
| II.3- Constitution de l'Arduino : .....                                       | 24 |
| II.4- Avantages de l'Arduino [11] : .....                                     | 24 |
| II.5- Les différents types des cartes Arduino : .....                         | 25 |
| II.6- Présentation de la carte Arduino Mega2560 : .....                       | 26 |
| II.7- Partie hardware de la carte : .....                                     | 26 |
| II.7.1- Le microcontrôleur Atmega2560 : .....                                 | 26 |
| II.7.1.1 – Caractéristique de l'Atmega2560 : .....                            | 27 |
| II.7.2- Les mémoires : .....  | 27 |
| II.7.2.1- La mémoire flash (mémoire du programme) : .....                     | 27 |
| II.7.2.2- La RAM : (Random Access Memory : mémoire à accès aléatoire) : ..... | 28 |
| II.7.2.3- L'EEPROM : .....  | 28 |
| II.7.2- Les entrées/sorties : .....   | 28 |
| II.7.2.1- Les entrées/sorties numériques : .....                              | 29 |
| II.7.2.2- Les entrées/sortie analogiques : .....                              | 29 |
| II.7.2.3 : Autre broches : .....  | 29 |
| II.8- L'alimentation de la carte : .....                                      | 30 |
| II.9- Protection du port USB contre les surcharges en intensité : .....       | 30 |
| II.10- Partie logiciel : .....  | 31 |
| II.10.1- Environnement de développement (IDE) : .....                         | 31 |
| II.10.2- Structure d'un programme : .....                                     | 32 |
| II.10.3- Exemple de programme sur Arduino : .....                             | 33 |
| II.11- Programmation de la carte Arduino : .....                              | 34 |
| II.12- Conclusion : .....   | 34 |

## Chapitre III: Rréalisation et mise en marche

|   |    |
|---|----|
| III.1- Introduction :                               | 35 |
| III.2- Matériels utilisés :                         | 35 |
| III.2.1- Horloge à temps réel :                     | 35 |
| III.2.1.1- Fonctionnement avec Arduino Mega2560 :   | 36 |
| III.2.2- Afficheur LCD :                            | 37 |
| III.2.2.1- Fonctionnement                           | 38 |
| III.2.2.2- Brochage avec Arduino Mega2560 :         | 38 |
| III.2.3- Alimentation capacitive :                  | 39 |
| III.2.4- Relais :                                   | 40 |
| III.2.5- Optocoupleur :                             | 40 |
| III.3- Circuit électrique :                         | 42 |
| III.4- Organigramme de fonctionnement.....          | 44 |
| III.5- Fonctionnement du système :                  | 45 |
| III.6- Réalisation pratique :                       | 45 |
| III.6.1- Réalisation de l'alimentation capacitive : | 45 |
| III.6.2- Réalisation du circuit de commande :       | 46 |
| III.7- Mise en marche du système :                  | 46 |
| III.7.1- Déroulement des étapes de mise en marche : | 47 |
| III.8- Conclusion :                                 | 48 |
| Conclusion générale :                               | 49 |

### **Introduction générale**

Actuellement l'énergie électrique est devenu plus que nécessaire dans tous les domaines, car en ces temps-ci ce sont toutes les applications (industriels ou particulières), ce sont consommatrices d'énergie électrique, ce qui fait que chaque coupure provoque des désagréments pour l'utilisateur. La continuité et la qualité de l'énergie électrique fournie par le réseau est donc très importante surtout en ce qui concerne certaines activités. Car certaines activité nécessite une alimentation continue à chaque instant, car la moindre interruption de l'alimentation met en danger la vie d'êtres humains ce qui rend nécessaire la présence d'une source de secours. Pour d'autres activités, l'interruption de l'alimentation est synonyme de pertes financières qui sont très importantes. Ce qui fait que ces coupures ne seront pas admises par l'utilisateur, par exemple les activités utilisant les systèmes informatiques. Ce genre d'activités ne tolèrent pas d'interruptions quelques soit leur durées.

Dans les sites isolés qui ne sont pas couplés aux réseaux de distribution de l'énergie électrique. Les groupes électrogènes représentent le meilleur moyen pour produire cette énergie du faite de leur modularité et leur coût. Les groupes électrogènes sont un très bon moyen de production de l'énergie électrique surtout dans les endroits reculés ou le réseau ne peut pas être établi du faite des conditions géographiques et économiques et pour lesquelles l'énergie électrique est une nécessité.

Par fois, il arrive que le démarrage automatique du groupe électrogène ne soit pas nécessaire, par exemple pendant les temps de repos d'une entreprise ou pendant la nuit pour les installations domestiques. D'un autre coté, il y a des zones ou les coupures d'électricité sont très rares, d'où le groupe électrogène n'intervient pas mais pour des raison de maintenance, il est préconisé de faire tourner le groupe électrogène au moins une fois par mois.

Nous proposons donc dans ce travail, une solution qui consiste à réaliser un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène selon une date et heure précise, en utilisant une carte Arduino et autres composants pour détecter une coupure sur le réseau et gérer le temps.

Après une introduction générale nous allons présenter dans le premier chapitre, les différentes parties qui constituent un groupe électrogène, ainsi que leurs fonctionnements. Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des différents composants constituant le système de

commande. La réalisation et la mise en marche du système de commande seront présentées au troisième chapitre.

### I.1- Introduction :

Les groupes électrogènes ont été créés dans le but de pallier aux coupures de courant et aussi pour fournir de l'énergie aux sites isolés qui ne sont pas désertés par le réseau. On les trouve généralement dans les endroits où l'interruption de l'alimentation en énergie électrique entraîne des conséquences grave ou des pertes financières, comme dans le cas des hôpitaux, l'industrie, les aéroports, les centres informatiques, les pompiers pour les interventions.

### I.2- Définition du groupe électrogène :

Les groupes électrogènes sont des dispositifs autonomes capables de produire de l'électricité lors d'une coupure. Dans l'industrie notamment, ils permettent d'assurer la continuité de la production. La majorité des groupes électrogènes se compose d'un moteur thermique qui entraîne un alternateur permettant ainsi de produire de l'énergie électrique. Il existe différentes catégories selon le poids, la taille et le types de carburant.

### I.3- Constitution d'un groupe électrogène :

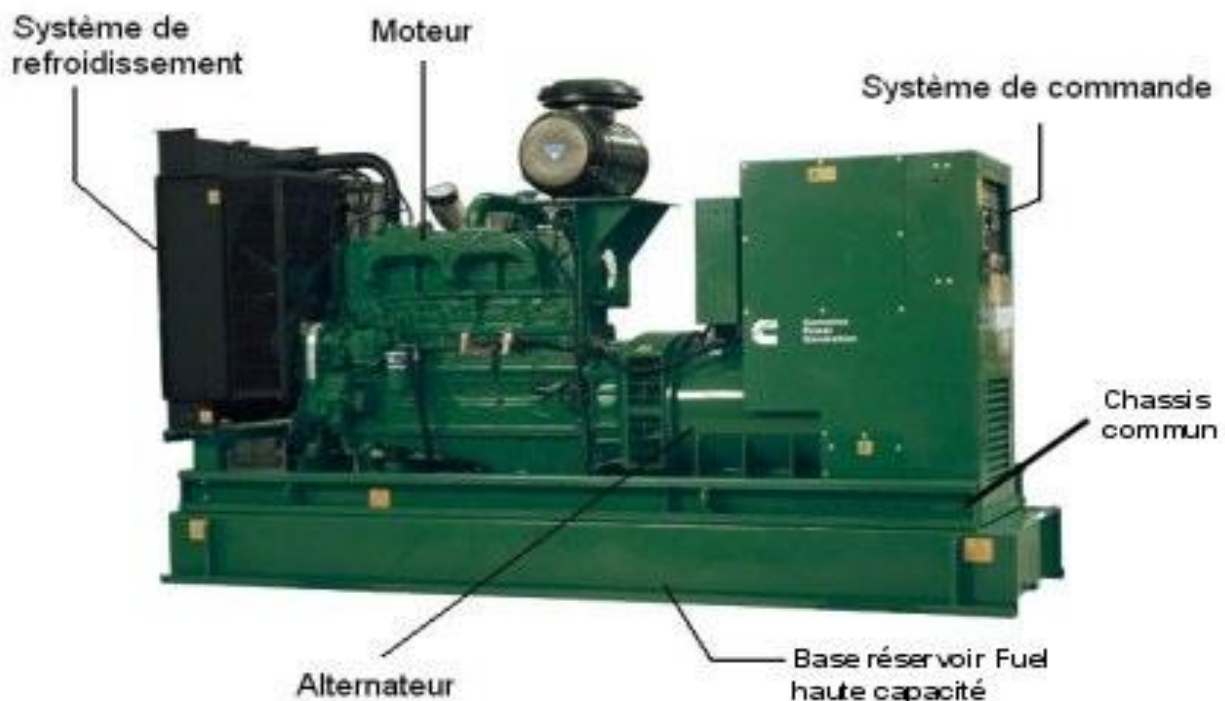


Figure I.1 : Groupe électrogène.

## **I.4- Description des différents éléments d'un groupe électrogène :**

### **I.4.1- Moteur thermique :**

Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique. Ils sont appelés les moteurs à combustion et il en existe deux types :

- **Moteurs à combustion interne** : le système est renouveler à chaque cycle. Il est en contact avec une seule source de chaleur (l'atmosphère), c'est le cas des moteurs à essence et diesel.
- **Moteurs à combustion externe** : le système (air) est recyclé, sans renouvellement, ce qui nécessite alors deux sources de chaleurs, par exemple dans cette dernière catégorie on trouve les machine à vapeur, les moteur Stirling.

#### **I.4.1.1- Fonctionnement :**

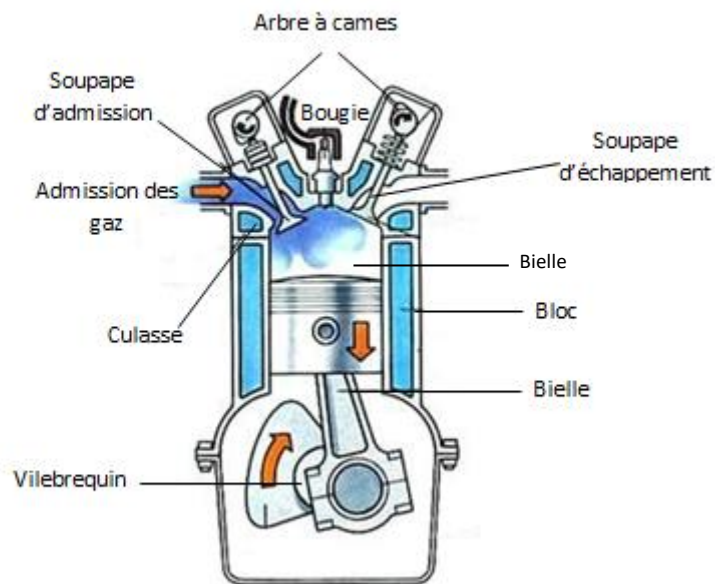
Un moteur diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont semblables et s'ils respectent le même cycle à quatre temps.

Un moteur diesel est un moteur à explosion présentant des différences sensibles, en particulier dans la façon dont le mélange est enflammé et la manière dont la puissance délivré est régulé. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique, par contre dans un moteur diesel, l'allumage est obtenu par une auto inflammation du gasoil à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de compression. Un rapport volumétrique normal est de l'ordre 1/20 pour un moteur diesel (alors qu'il est de 1/10 pour un moteur à essence). Un tel taux de compression porte la température de l'air dans le cylindre à plus de 450°C. Cette température étant celle de l'auto inflammation du gasoil, celui-ci s'enflamme spontanément au contact de l'air sans qu'il y ait besoin d'une étincelle, et par conséquent, sans système d'allumage .

- **Cycle à quatre temps :**

#### **-Temps d'admission :**

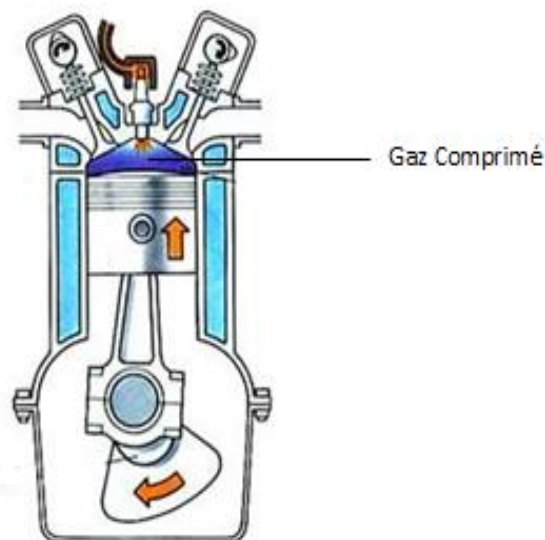
Le piston descend, ce qui fait diminuer la pression dans le cylindre. La soupape d'admission s'ouvre, une mixture d'air et de carburant descend du carburateur vers le cylindre.



**Figure I.2 :** Temps d'admission.

**-Temps de compression :**

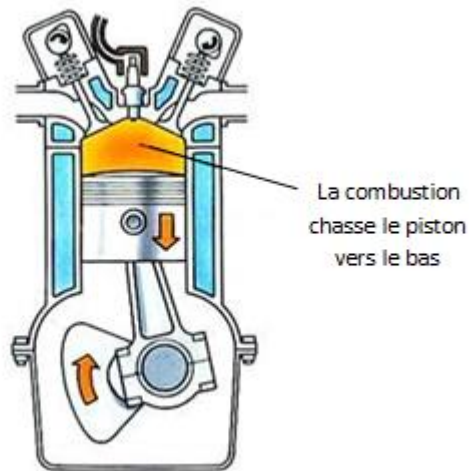
Les soupapes d'admission et d'échappement sont toutes deux fermés. Le piston monte, ce qui comprime le mélange d'air et du carburant donc fait augmenter sa température.



**Figure I.3 :** Temps de compression.

**-Temps de compression détente :**

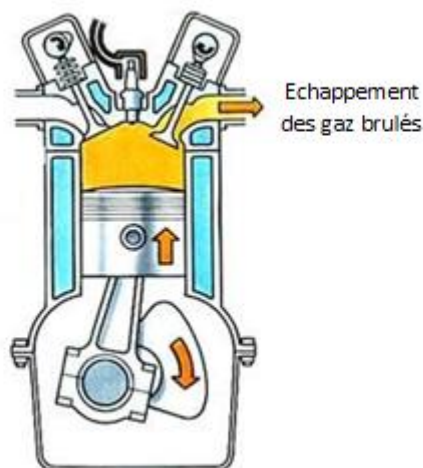
La bougie d'allumage enflamme le mélange d'air et du fuel réchauffé. L'explosion repousse le piston vers le bas.



**Figure I.4 :** Temps de compression détente.

**-Temps d'échappement :**

Le piston remonte, la soupape d'échappement s'ouvre et les gaz d'échappement sont rejetés.



**Figure I.5 :** Temps d'échappement.

### I.4.2- Système de démarrage :

Le circuit de démarrage comprend l'ensemble des composants nécessaires à la mise en fonction autonome du moteur thermique.

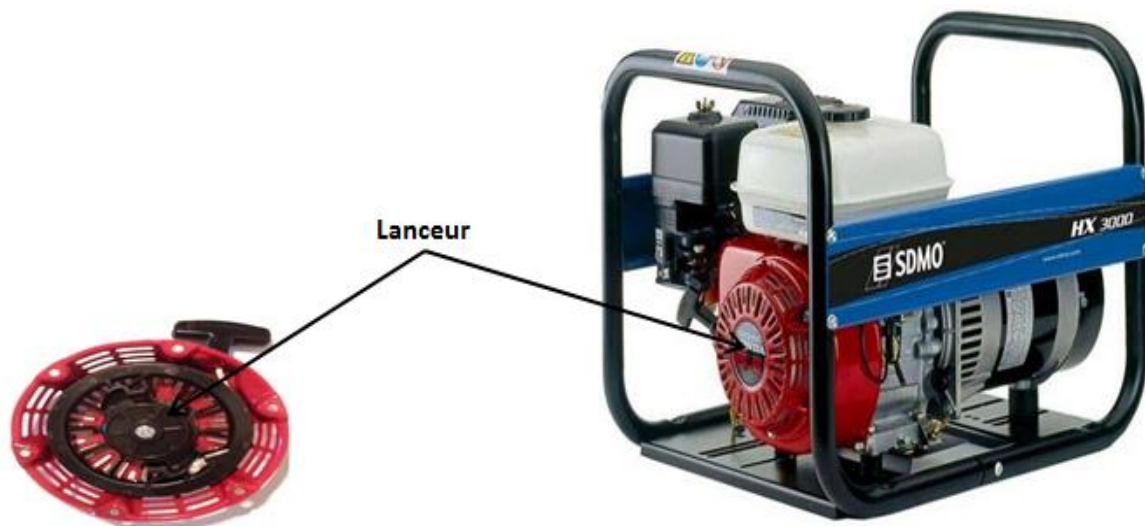
Le système de démarrage d'un groupe électrogène peut être manuel, pneumatique, électrique ou automatique et dans quelques cas il est possible d'installer les deux systèmes au même temps.

#### I.4.2.1- Démarrage manuel :

Le démarrage manuel du groupe électrogène par lanceur est la solution classique. Le démarrage par lanceur est un système compact et léger qui ne nécessite aucune énergie que celle du bras qui l'actionne. Sur un groupe électrogène censé être autonome, le démarrage par lanceur est la solution la plus évidente.

Toutefois, le démarrage par lanceur est limité par la cylindrée du moteur à entraîner, qui dépend de l'énergie et de la puissance du groupe électrogène. En pratique, le démarrage par lanceur est monté sur les groupes électrogènes à essence de faible puissance.

Le principe du lanceur du moteur du groupe électrogène : en tirant la poignée, le cardon enroulé autour de la polie du lanceur se déroule et entraîne la rotation de l'arbre moteur .



**Figure I.6 :** Lanceur groupe électrogène.

### I.4.2.3- Démarrage électrique :

Sur les groupes électrogènes de fortes puissances le démarrage manuel est quasiment impossible à cause du nombre de cylindres qui est vraiment important. C'est la raison pour laquelle on fait appel à un démarrage électrique. Le démarrage électrique est assuré par le démarreur. Les démarreurs ont pratiquement tous le même mode de fonctionnement, mais leurs constructions diffèrent quelque peu les uns des autres. Généralement les démarreurs sont constitués d'un moteur électrique (moteur à courant continu), solénoïde et un lanceur, comme le montre la Figure (I.7) :

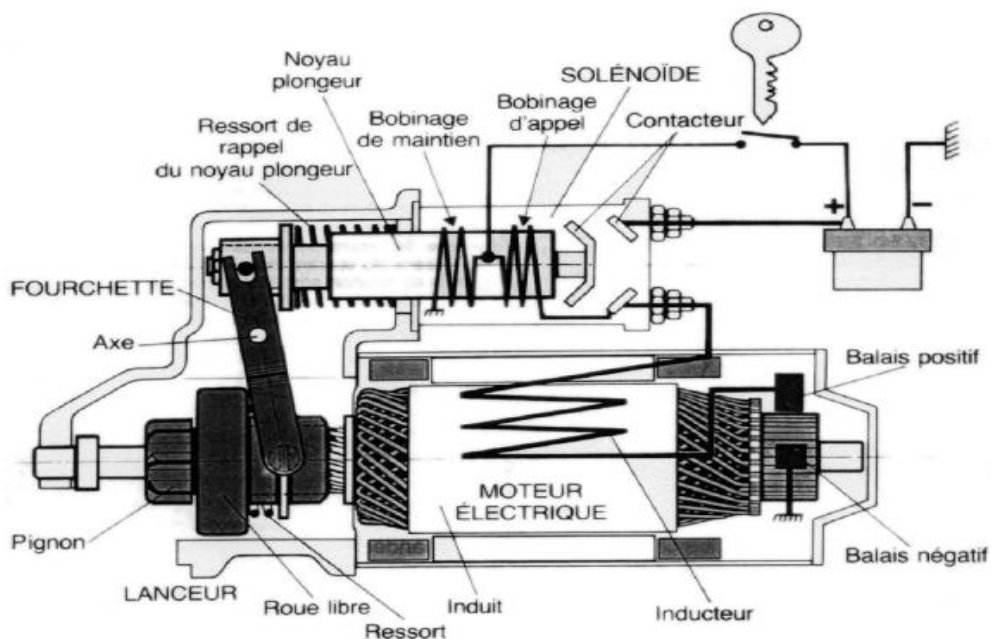


Figure I.7 : Démarreur du moteur thermique.

Le principe de fonctionnement d'un démarreur est composé de trois phases principales :

**-Phase d'appel :** Cette phase peut être expliquée en utilisant la Figure (I.8).

Les deux enroulements 4 et 5 sont alimentés. Ces derniers attirent le noyau 6 qui déplace le lanceur 13 à l'aide de la fourchette 17, le pignon 14 s'engrène avec la couronne comme le montre la figure suivante [1]:

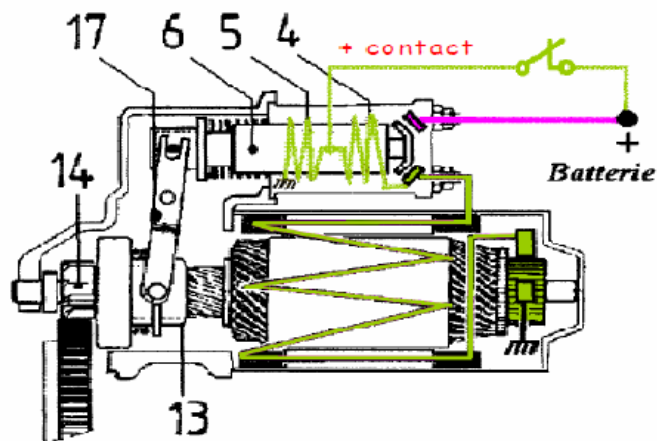


Figure I.8 : Schéma de la phase d'appel.

**-Phase de maintien :** Cette phase est caractérisée par le fonctionnement illustré dans la Figure (I.9).

A la mise en contact, toute la capacité de la batterie est mise à la disposition du démarreur, car dès sa mise sous tension le bobinage d'appel 4 n'a plus d'action, le noyau vient en appui contre les contacts. L'inducteur 12 et l'induit 11 sont alimentés, l'induit tourne. L'enroulement d'appel 4 possède une charge positive à chacune de ses extrémités, ce qui fait qu'il est parcouru par un courant. L'enroulement du maintien 5 assure seulement le maintien du noyau plongeur dans sa position [1].

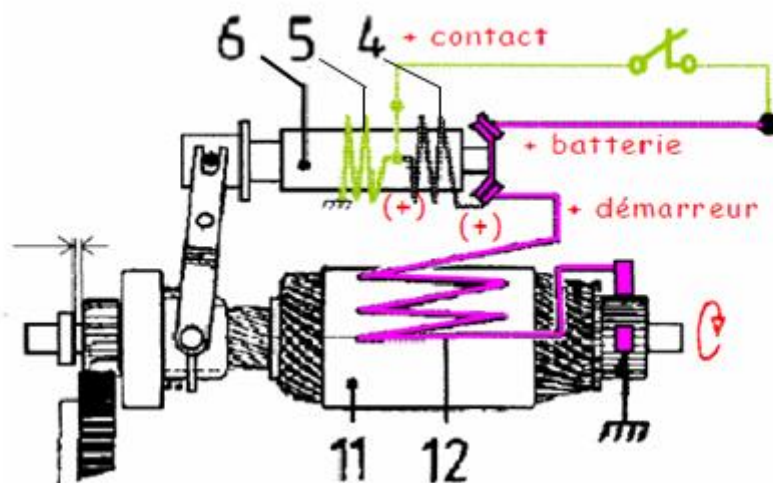


Figure I.9 : Schéma de la phase de maintien.

**-Phase d'arrêt :**

Le pignon entraîne le moteur en rotation à une vitesse précise et celui-ci devient autonome. Quand le moteur devient autonome le contacteur s'ouvre ce qui coupe l'alimentation électrique de l'enroulement de maintien et de la liaison aux bornes [1].

**I.4.2.4- Démarrage pneumatique :**

Il existe deux systèmes de démarrage pneumatique :

- Système pneumatique à turbine suivant le même principe que le démarreur électrique et fonctionnant avec une pression d'air 7 à 10 bar.
- Système de démarrage par injection d'air comprimé dans les cylindres sous une pression d'air comprise entre 20 et 30 bar, cet air comprimé assure la mise en rotation du groupe par action sur les pistons du moteur.

**I.4.2.5- Démarrage automatique :**

Le démarrage automatique d'un groupe électrogène est d'abord un démarrage électrique, mais avec un dispositif supplémentaire qui est l'inverseur de source automatique. Ce dernier permet de détecter un défaut sur le réseau. Il démarre automatiquement le groupe, et assure la commutation sans intervention humaine. Il détecte également le retour du réseau et arrête le groupe automatiquement.

Le démarrage automatique peut être adapté sur tout groupe électrogène à démarrage électrique. Sur le groupe maison, c'est un confort supplémentaire bien appréciable. Pour les hôpitaux, centres de traitement d'urgences et postes stratégiques, c'est une nécessité.

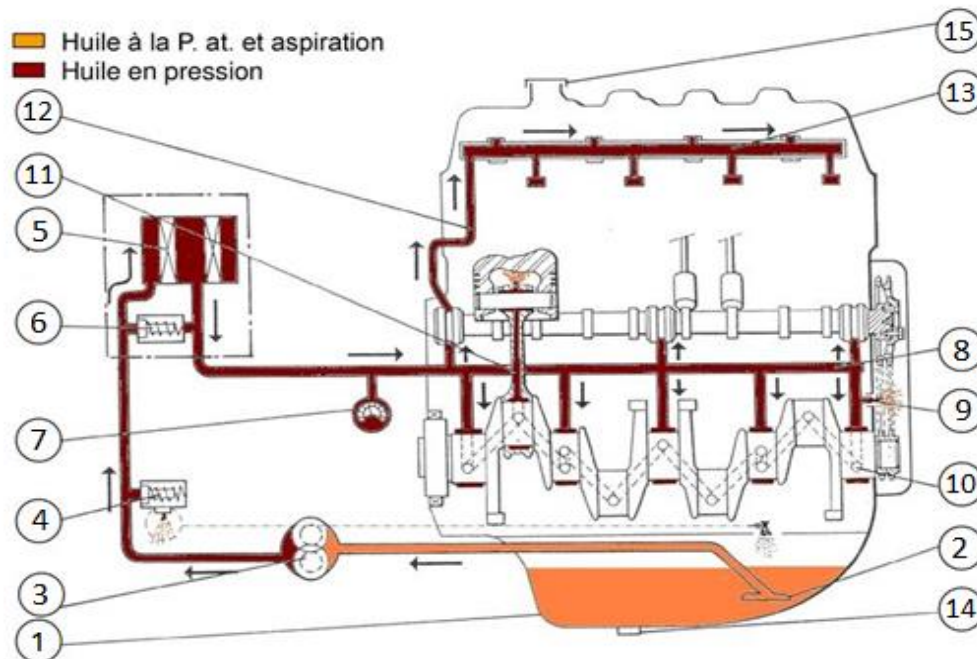
**I.4.3- Circuit de lubrification :**

Un moteur est constitué de tout un tas de pièces métallique en mouvement. En frottant les unes contre les autres cela génère de la chaleur en raison de la friction engendré. Pour que les différents mécanismes puissent perdurer dans le temps il faut que ces derniers soient huilés, c'est-à-dire qu'il y ait une fine pellicule de lubrifiant entre les pièces. Voyons donc le principe de la lubrification ainsi que les éléments qui ont besoin d'être huilés.

**I.4.3.1- Fonctionnement :**

L'huile présente dans le carter est aspiré par la pompe à l'huile (entraîné par le moteur via une courroie), le lubrifiant passe alors par un filtre afin de retenir toute particule qui pourrait s'y trouver. Ensuite, des conduites/cavité dans le haut du moteur/cylindre/culasse

permettent à l'huile d'être dirigé vers les endroits qui nécessitent d'être lubrifiés. Ces conduites sont internes à ces pièces et ne peuvent donc pas être vu de l'extérieur. Les principales pièces qui doivent être lubrifiées sont : le vilebrequin (ses enroulements), l'arbre à cames, les soupapes, l'éventuelle turbo (roulement de l'axe), les bielles et les pistons.



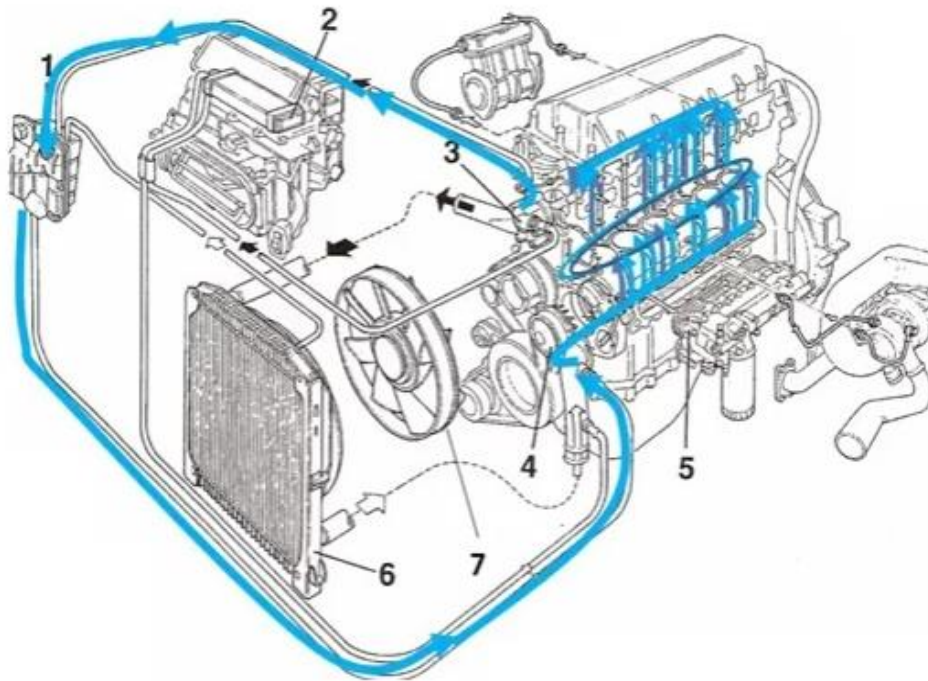
**Figure I.10 :** Circuit de lubrification.

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1- Carter inférieur d'huile.      | 10- Conduite de graissage vilebrequin. |
| 2- Crépine d'aspiration.          | 11- Graissage axe piston               |
| 3- Pompe à l'huile.               | 12- Montée d'huile à la culasse.       |
| 4- Clapet de décharge.            | 13- Rampe de culbuteurs                |
| 5- Filtre à l'huile.              | 14- Bouchon de vidange.                |
| 6- Clapet de sécurité.            | 15- Bouchon de remplissage.            |
| 7- Manomètre de pression d'huile. |  |
| 8- Rampe principale.              |  |
| 9- Gicleur graissage de chaîne    |  |

#### I.4.4- Circuit de refroidissement :

C'est un circuit fermé créé dans le but d'évacuer des calories créées sous formes de chaleur. Le plus souvent il s'agit d'eau avec un additif permettant d'augmenter la température d'ébullition et la résistance au gel. Car à la mise en marche du groupe il commence à consommer du carburant et produit de l'énergie et de la chaleur qui peut atteindre les 2000°C.

Donc l'installation d'un circuit de refroidissement est impérative pour le bon fonctionnement du moteur.

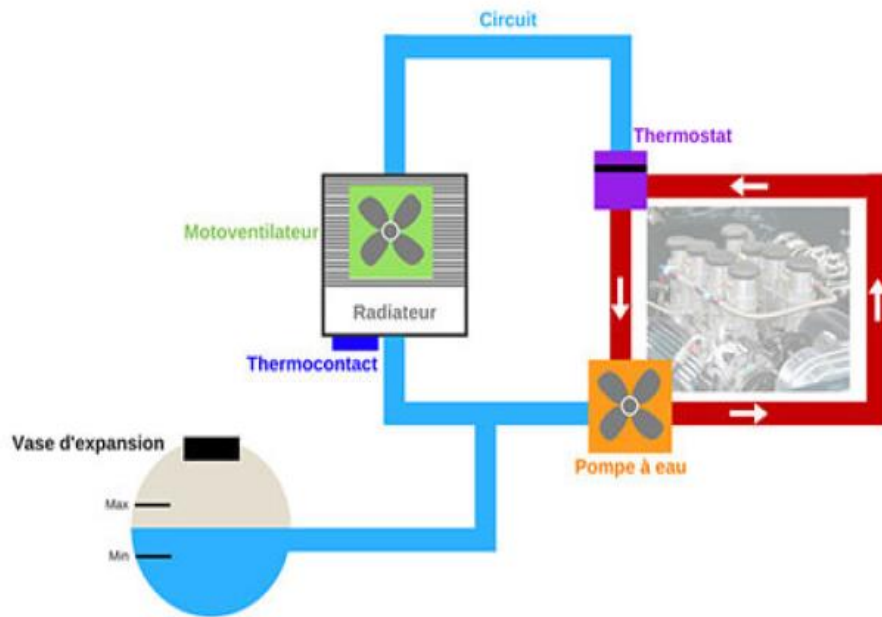


**Figure I.11:** Circuit de refroidissement.

- 1- Vase d'expansion.
- 2- Radiateur de chauffage.
- 3- Thermostat.
- 4- Pompe à eau.
- 5- Echangeur de température.
- 6- Radiateur principal.
- 7- Ventilateur.

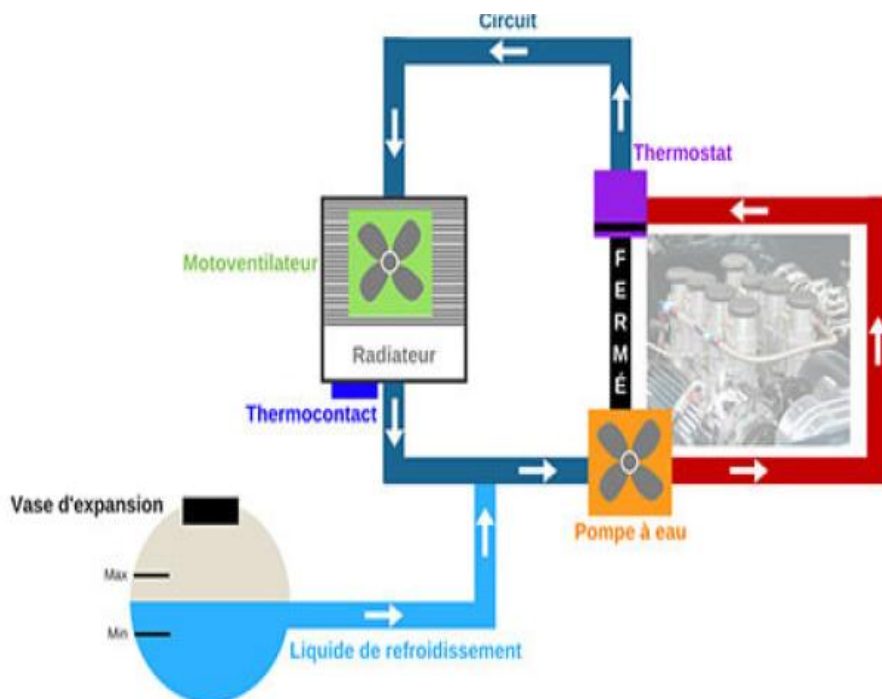
#### **I.4.4.1- Fonctionnement :**

Au démarrage, le circuit est réduit afin de favoriser une montée en température. Il est représenté en rouge sur le schéma de la Figure (I .12) :



**Figure I.12:** Circuit de refroidissement à thermostat fermer.

Lorsque le moteur est chaud, le thermostat s'ouvre ce qui permet au liquide d'accéder à l'autre partie du circuit ici en bleu afin d'éviter une surchauffe. La température optimale est de 88°C.



**Figure I.13:** Circuit de refroidissement à thermostat ouvert.

#### **I.4.5- Circuit d'alimentation en combustible :**

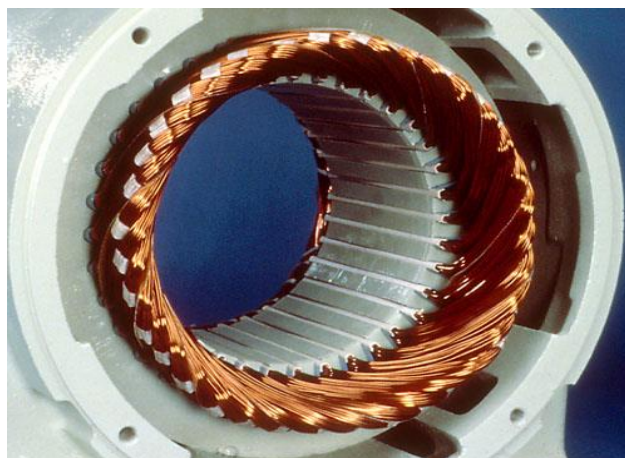
L'alimentation en combustible d'un groupe électrogène est assurée à partir d'un réservoir journalier alimenté depuis un réservoir de stockage principal dimensionné en fonction de l'application et de la puissance du groupe. Le remplissage du réservoir journalier, de capacité limitée à 500 litre, s'il est installé dans le même local que le groupe, et normalement assuré de façon automatique par une pompe de transfert commandé par des niveau de contact haut et bas.

#### **I.4.6- Alternateur :**

Les alternateurs sont des machines synchrones qui fonctionnent en mode génératrice, ils transforment l'énergie mécanique fournie au rotor en énergie électrique. Ce sont des machines très puissantes. On les trouve principalement dans les centrales thermiques et hydrauliques. Du point de vue mécanique, les deux principaux composants d'un alternateur sont le stator et rotor.

##### **I.4.6.1- Stator :**

Comme son nom l'indique, le stator constitue la partie fixe ou statique de l'alternateur, il s'agit donc le plus souvent de l'induit. Le stator se compose alors d'un noyau en tôle d'acier muni d'encoches destinées à recevoir les conducteurs formant les enroulements de l'induit. Les enroulements du stator sont fabriqués en fils de cuivre. Chaque spire de file est isolée des autres spires, dans le cas des alternateurs monophasés, les enroulements sont reliés en série. Dans le cas des alternateurs triphasés, les enroulements sont divisés en trois enroulements distincts, disposés à  $120^\circ$  les uns des autres.



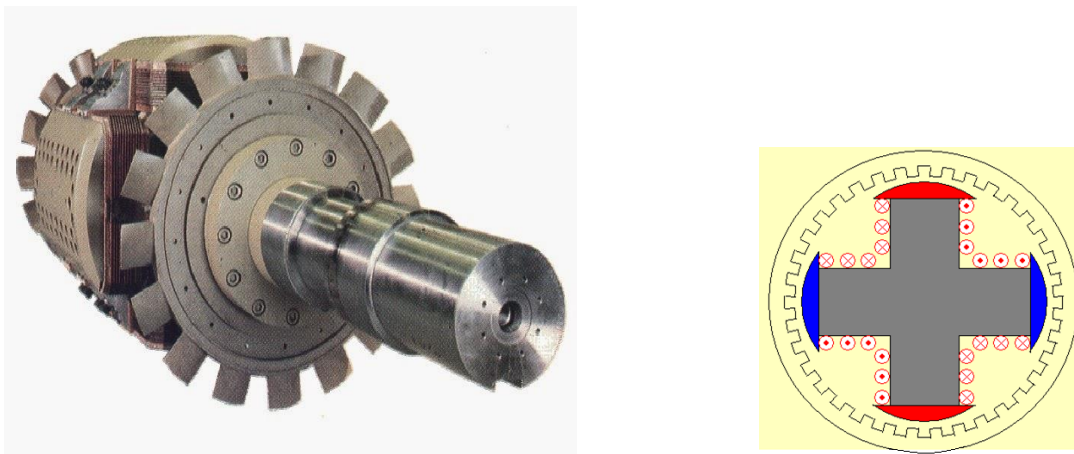
**Figure I.14:** Stator.

### I.4.6.2- Rotor:

Le rotor constitue l'élément mobile de l'alternateur. Il renferme les pièces polaires qui constituent l'inducteur de la machine. C'est pourquoi on l'appelle « roue polaire ». On distingue deux types de rotor :

- Rotor à pôle saillant
- Rotor à pôle lisse.
- **Rotor à pôle saillant :**

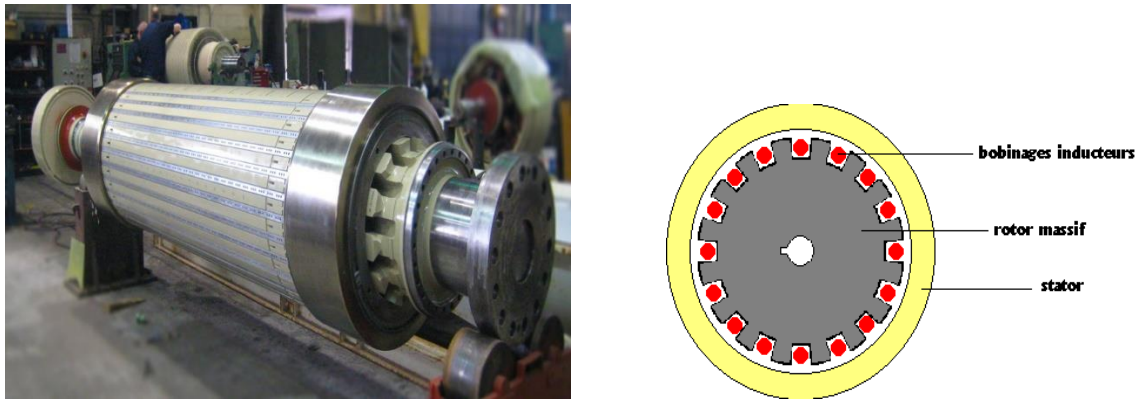
L'alternateur avec rotor à pôle saillant est utilisé dans les applications à basse vitesse. Des bobines d'excitation fabriquées de file ou de barre de cuivre, sont fixées directement sur les pièces polaires. Ces bobines sont reliées en série de façon à créer des polarités contraire entre deux pôles voisins. Ce type d'alternateur dont la puissance varie de 1 MVA à 250 MVA équipe la plupart des centrales hydrauliques, les groupe de secours des administrations et des navires.



**Figure I.15:** Rotor à pôle saillant.

- **Rotor à pôle lisse :**

Les rotors à pôle lisse comme celui apparaissant dans la Figure I.16, sont conçus pour les alternateurs tournant à hautes vitesses. Comme vous pouvez le constater sur la Figure I.16 suivante, leur forme est cylindrique ; les bobines d'excitation s'insèrent dans les entailles usinées à cette fin. Cette machine est appelée « Turbo Alternateur » du fait de sa vitesse de rotation élevée. Leur puissance peut atteindre 1.5 GVA et ils équipent la plus part des centrales thermiques classiques et nucléaires.



**Figure I.16:** Rotor à pôle lisse.

#### **I.4.6.3- Principe de fonctionnement :**

Le principe d'induction magnétique est généralement expérimenté en déplaçant un aimant permanent dans une bobine. Une tension se crée aux bornes de la bobine. Un alternateur fonctionne selon ce principe ; un électro-aimant, alimenté par un courant d'excitation, est en rotation à l'intérieur des trois bobines : il produit ainsi trois tension triphasé alternatif décalées de  $120^\circ$ . L'énergie produite par un alternateur est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'électro-aimant et à la puissance qui elle-même est proportionnelle au courant d'excitation.

#### **I.4.7- Batterie :**

C'est un ensemble d'accumulateurs électriques reliés entre eux de façon à crée un générateur électrique de tension et de capacité désiré, ces accumulateurs sont parfois appelés éléments de la batterie ou cellules.

#### **I.4.8- Chargeur de batterie :**

Un chargeur est un appareil permettant de recharger un ou plusieurs accumulateurs électriques, groupés ou non en batterie en injectant un courant électrique inverse au sens d'utilisation (décharge).

### **I.5- Régulation des groupes électrogènes :**

Lorsque on branche des charges sur le groupe électrogène, le moteur perd de sa puissance et donc de sa vitesse. C'est là qu'intervient le régulateur de tension du groupe électrogène. Il a pour rôle de corrigé les sur tension et les sous tension. Il existe deux technologies de régulation pour l'alternateur :

**I.5.1- La technologie classique :**

Le régime du moteur détermine la fréquence du courant, et l'alternateur la qualité du courant, on corrige ce dernier par le condensateur ou l'AVR (Automatic Voltage Regulator).

- Le condensateur (ou le transformateur utilisé pour les plus fortes puissances) assure un courant de bon qualité. Sa distorsion harmonique, représentant l'écart de la courbe produite par rapport à celle d'un courant parfait et relativement fort. Ce qui rend les groupes électrogènes corrigé par condensateur difficilement compatible avec le matériel à usage audio/vidéos ou informatique par exemple.
- L'AVR est un système de régulation automatique de la tension en fonction de la charge appliquée au groupe électrogène. La qualité de ce courant rend ces groupes électrogènes compatibles avec la plupart des appareils.

**I.5.2- La technologie INVERTER :**

Elle ne consiste plus à corriger le courant de la génératrice, mais à retraiter complètement et électroniquement ce courant de base de l'alternateur pour approcher le courant sinusoïdal parfait ainsi, la fréquence du courant ne dépend plus de la vitesse du moteur, mais d'une horloge électronique L'INVERTER (développé par Honda), permet aussi l'asservissement du régime moteur à la demande du courant.

**I.6- Couplage des groupes électrogènes :**

La puissance appelée par une installation et la variation importante de cette dernière rend nécessaire la mise en parallèle de plusieurs groupes électrogènes, cette possibilité permet de mettre en production un nombre de groupes adapté à la puissance appelé en évitant ainsi de faire fonctionner un groupe à une puissance trop faible. Il est précisé en effet qu'un groupe électrogène ne doit pas fonctionner à des puissances inférieures à 30% de sa puissance nominale pendant des durées prolongées, une durée consécutive de 30minute au maximum et une valeur normalement admise.

**I.6.1- Méthodes de couplages :**

Pour coupler un groupe électrogène sur un réseau ou un autre groupe électrogène, il faut respecter les conditions suivantes :

- Egalité de tension.
- Egalité des fréquences.
- Concordance des phases.

L'ordre de fermeture de l'organe de puissance ne sera autorisé que si ces trois conditions sont remplies [5].

## I.7- Protection des personnes et du matériel :

### I.7.1- Protection des personnes :

Comme toutes les installations électriques, les groupes électrogènes nécessitent une protection, pour les utilisateurs. Généralement les régimes de protection utilisés pour les groupes électrogènes sont : le régime TT, IT et TN avec un disjoncteur différentiel.

- **Le régime TT :**

Dans le régime de protection TT, le neutre de l'alternateur est relié à la terre et les masses des équipements sont raccordés à la terre. Dans une telle installation, il est nécessaire d'utiliser un dispositif différentiel pour assurer la coupure automatique de l'alimentation en cas d'apparition de défaut.

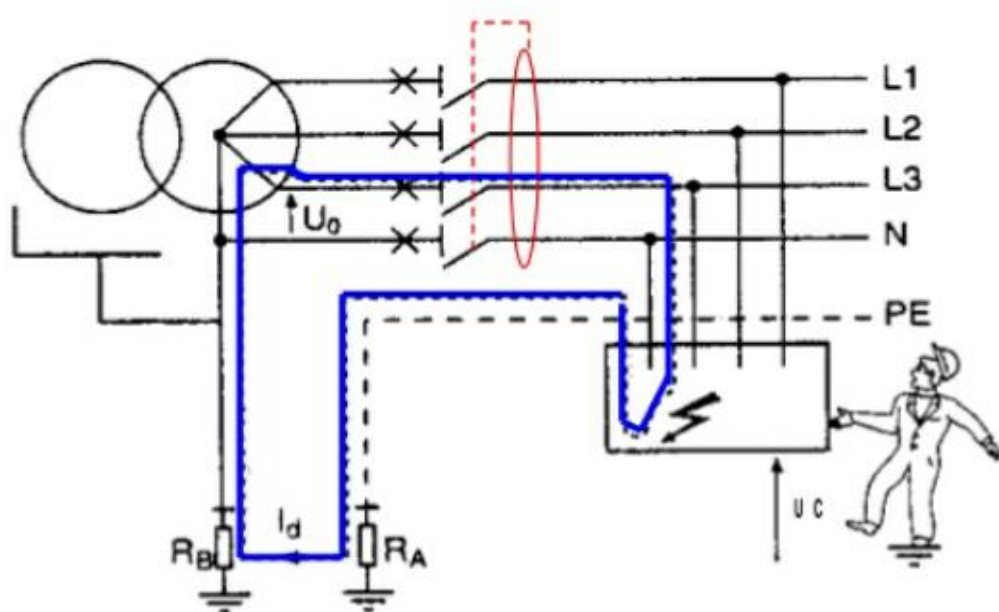
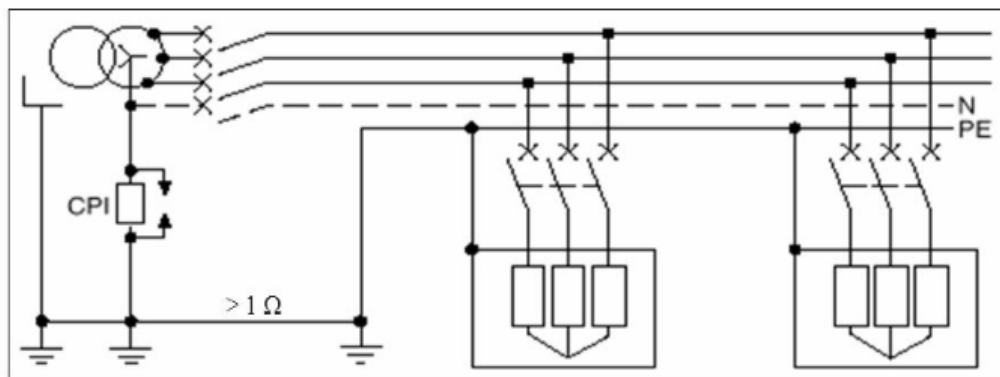


Figure I.17: Régime TT.

- **Le régime IT :**

Dans ce cas le neutre est isolé de la terre ou relié à la terre avec une impédance élevée, et les masses sont reliées à une prise de terre. Un premier défaut n'est pas dangereux, mais il doit être recherché et éliminé. Au deuxième défaut, il faut impérativement le circuit en défaut.



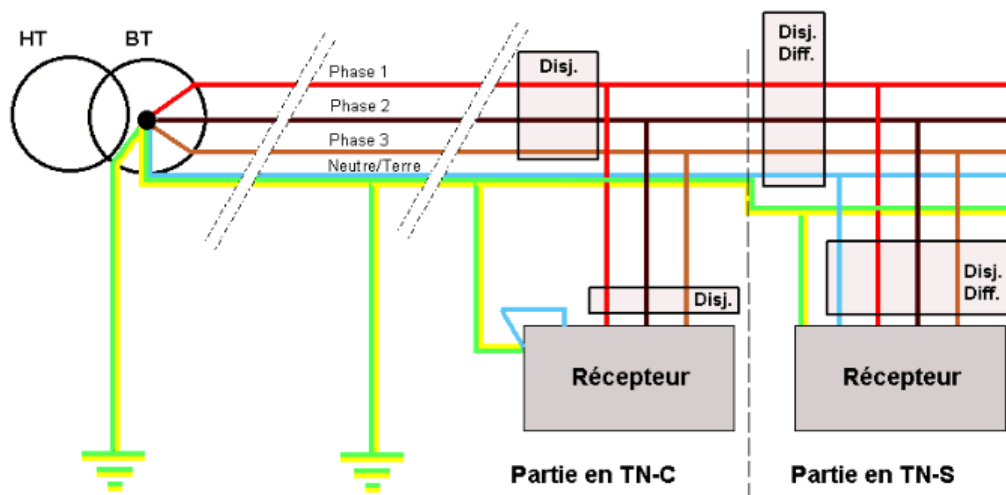
**Figure I.18:** Régime IT.

- **Le régime TN :**

Il existe deux régimes TN :

- Régime TNC : le neutre N et le conducteur de protection PE sont confondus sur le schéma. Ce régime est introduit pour des sections de câble inférieures à  $10 \text{ mm}^2$ , en effet la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.

- Régime TNS : Le neutre N et le conducteur de protection PE sont séparés. Il faut des appareils tripolaires plus neutre, il est à noter que dans les deux cas du régime TN, la protection doit être assurée par coupure au premier défaut.



**Figure I.19:** Régime TN (TN-C et TN-S).

- **Disjoncteur différentiel :**

Un disjoncteur différentiel coupe automatiquement un circuit si un courant de fuite (défaut d'isolation) dépasse 30,100 ou 300 mA respectivement, se produit entre une ou plusieurs phases et la terre, dépendent du type de disjoncteur différentiel utilisé.

Le disjoncteur différentiel protège toutes les charges derrière l'alternateur, mais il n'offre aucune protection à l'alternateur.

### **I.7.2- Protection de l'alternateur :**

L'alternateur d'un groupe électrogène peut être protégé de plusieurs manières différentes :

- **Protection thermique :**

Un disjoncteur thermique protège l'alternateur contre les surcharges. Celui-ci se désactive dès que le courant est trop haut.

- **Protection magnétothermique :**

Un disjoncteur magnétothermique protège l'alternateur contre les surcharges et contre les court-circuit. En cas de surcharge, la partie thermique de la protection magnétothermique se désactivera après un certain temps. Le laps de temps dépend du type de surcharge : Plus la surcharge est grande, moins faut-il de temps à la protection magnétothermique pour se déclencher. En cas de court-circuit, le disjoncteur magnétique de la protection magnétothermique saut immédiatement.

- **Surveillance d'isolation :**

Un relais de contrôle d'isolation est utilisé pour mesurer et surveiller l'isolation (résistance) entre des réseaux à tension alternative et une terre de votre choix (par exemple le cadre ou la masse d'un groupe électrogène). La surveillance d'isolation protège les utilisateurs contre des contacts indésirables ainsi que l'alternateur lui-même. En cas de défaut d'isolation, la résistance d'isolation diminuera jusqu'à arriver en dessous de la valeur minimum de la surveillance d'isolation et la tension sera enlevée des prises de courant. Une prise de terre n'est pas obligatoire pour ce système.

- **Protection température :**

Un disjoncteur de température sur les enroulements de l'alternateur coupe l'alimentation vers les prises de courant quand la température augmente trop.

**I.7.3- Protection moteur thermique :**

Le groupe électrogène doit avoir des protections relatives au moteur thermique, il s'agit essentiellement :

- Du niveau de la température de l'huile.
- Du niveau de la température de l'eau.
- De la température d'échappement.

**I.8- Inconvénients des groupes électrogènes :**

Malgré le grand intérêt des groupes électrogènes, on ne peut pas ignorer certains de leurs inconvénients qui ont des impacts sur la santé et l'environnement, car ils émettent deux sortes de pollution, à savoir au niveau de ses gaz d'échappement mais aussi au niveau sonore. Lors du fonctionnement du groupe électrogène, il est évident que celui-ci rejette des oxydes d'azotes, du monoxyde de carbone qui est un gaz très dangereux pour la santé.

Au niveau sonore, il faut savoir que le bruit d'un groupe électrogène peut être supérieur à 70 décibels, ce qui est énorme et qui va nécessairement être source de dérangement.

**I.9- Entretien et maintenance du groupe électrogène :**

Comme tout appareil électrique, un bon entretien et une bonne maintenance assurera une meilleure longévité au groupe électrogène.

**I.9.1- Entretien :**

- **Huile Moteur :**

Une jauge d'huile moteur est toujours présente sur un moteur à 4 temps. Le plus souvent, cette jauge sert également de bouchon de remplissage. En générale, le contrôle de niveau d'huile moteur se fait moteur froid sur le plat avant chaque démarrage.

- **Filtre à air :**

Un filtre à air propre est indispensable au bon démarrage du moteur, il limite sa consommation d'essence et son émission de pollution.

- Le nettoyage du filtre à air est préconisé toutes les 50 heures de fonctionnement.
- Le remplacement du filtre à air chaque année est vivement conseillé.

- **Bougie (moteur essence) :**

- Le nettoyage des bougies s'effectue toutes les 100 heures de fonctionnement.
- Le remplacement s'effectue toutes les 300 heures.

- **Batterie (moteur à démarrage électrique):**

Si la batterie en place est une batterie à électrolyte liquide (et non au gel), un contrôle de niveau est requis régulièrement et un éventuel complément à l'eau distillée uniquement sans jamais dépasser le repère du niveau maximum.

### **I.9.2- Maintenance :**

La maintenance répond à une réglementation stricte qu'il faut veiller à respecter. Il est recommandé de faire des essais de vérification :

- Tous les mois : le groupe électrogène doit tourner pendant 30 minutes en charge à 50%, toutes les deux semaines, procédé aux contrôles demandés dans le guide d'entretien.
- Tous les six mois : nettoyer le pare étincelle et contrôler le tuyau de carburant. Il faut prévoir de le remplacer si celui-ci est endommagé.
- Tous les ans : régler les soupapes et nettoyer et purger le réservoir de carburant.
- Tous les deux ans : nettoyer la chambre de combustion.

Par fois, il arrive que le démarrage automatique du groupe électrogène ne soit pas nécessaire, par exemple pendant les temps de repos d'une entreprise ou pendant la nuit pour les installations domestiques. D'un autre côté, il y a des zones où les coupures d'électricité sont très rares, d'où le groupe électrogène n'intervient pas mais pour des raisons de maintenance, il est préconisé de faire tourner le groupe électrogène au moins une fois par mois.

Nous proposons donc dans ce travail, une solution qui consiste à réaliser un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène selon une date et heure précise, en utilisant une carte Arduino et autres composants pour détecter une coupure sur le réseau et gérer le temps.

**I.10- Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons pu identifier les différentes parties d'un groupe électrogène leurs rôles, nous permettant ainsi d'acquérir les informations nécessaires pour pouvoir réaliser le système de démarrage.

Dans ce qui suit, nous allons présenter la partie matérielle et logiciel utilisés pour réaliser le système de démarrage.

### **II.1- Introduction :**

Après avoir traité dans le premier chapitre la description et le principe de fonctionnement du groupe électrogène et ses différents éléments, nous entamerons dans ce chapitre la présentation de l'Arduino ainsi que, les descriptions détaillées des différents composants qui seront connectés avec la carte Arduino.

### **II.2- Présentation de l'Arduino :**

Arduino est un projet crée par une équipe de développeur composée de six individus qui sont : Massimo Banzi, David Cuartielles, Tome Igoe, Gianluca Martino, David Millis et Nicholas Zambetti. Cette équipe a créé le « Système Arduino » qui est une plateforme de prototypage électronique open-source, et aussi un outil qui permet aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électronique plus au moins complexes.

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation avec celle de l'électronique. Les gros avantages de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le cout de la réalisation, mais aussi la charge du travail à la conception d'une carte électronique.

### **II.3- Constitution de l'Arduino :**

Arduino est composé de deux parties indissociables : la carte qui est la partie hardware avec laquelle on va devoir travailler en construisant chaque projet, et la plateforme IDE (Integrated Development Environnement) qui 'est la partie logicielle fonctionnant sur PC. Celle-ci permet de mettre en point et de transférer le programme qui sera par la suite exécuté par la carte Arduino [2].

### **II.4- Avantages de l'Arduino [2] :**

- La plateforme de développement IDE est open source, peut être téléchargé gratuitement sur le site [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).
- Elle fonctionne sur de nombreux environnement : Windows, Macintosh et Linux.
- Les transferts vers les modules peuvent se faire par un simple câble USB, et non avec un port série, bientôt obsolète sur les PC modernes.

- Tout le système tant logiciel que matériel est open source. Il est possible de télécharger les schémas et de construire ses propres modules, sans rien payer aux concepteurs d'Arduino.
- Le prix d'achat des modules est raisonnable.
- Les utilisateurs Arduino forment maintenant une vaste communauté, et vous y trouvez toujours quelqu'un pour aider en cas de problèmes.

### II.5- Les différents types des cartes Arduino :

La Figure (II.1) présente les différentes cartes Arduino que l'on trouve généralement sur le marché :

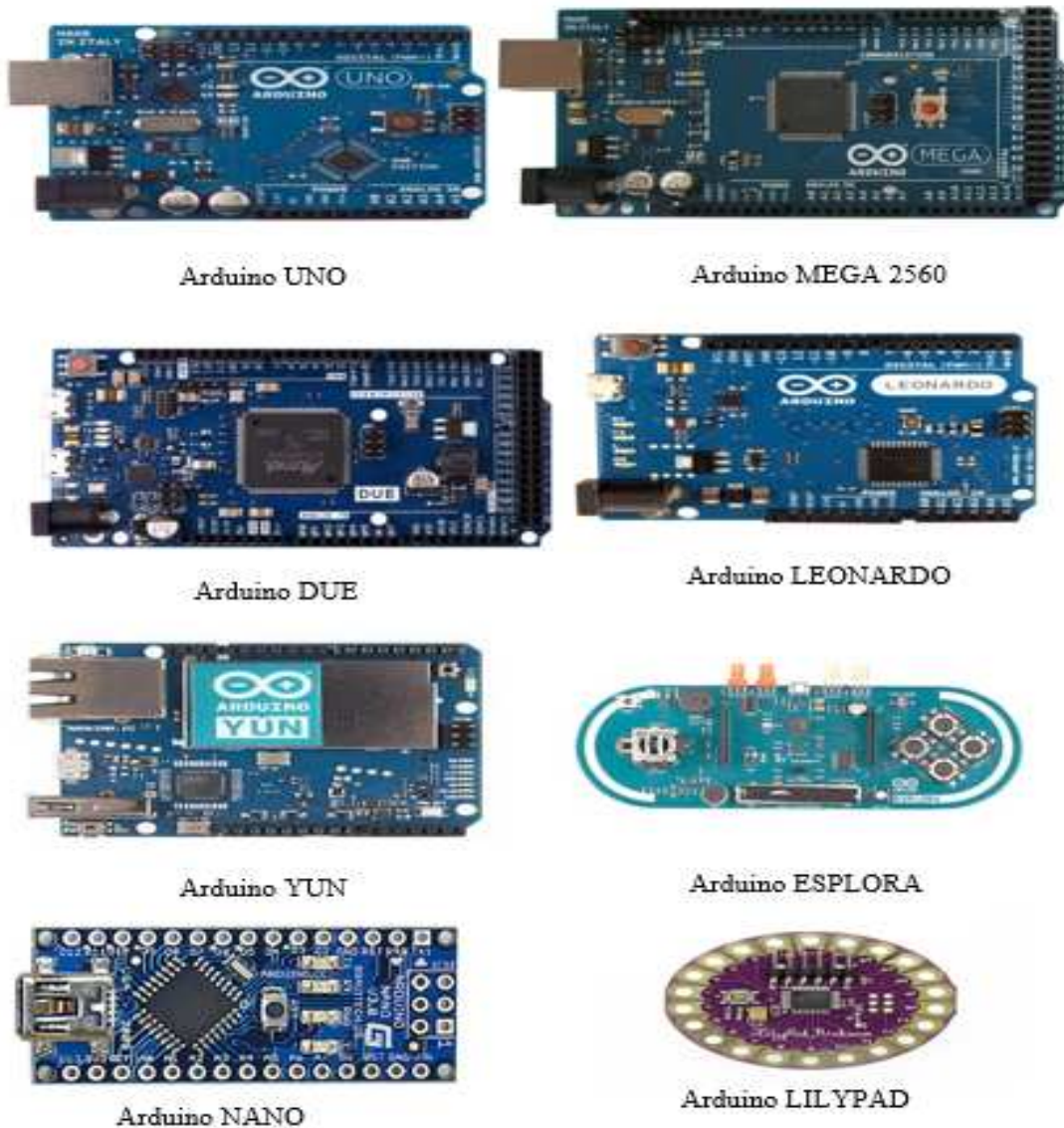


Figure II.1 : Types des cartes Arduino.

Parmi ces différentes cartes, nous avons choisis de travailler avec la carte Arduino Mega2560. Le choix de cette carte est dicté d'une part, par ses performances, car elle offre une capacité mémoire et un nombre d'entrées/sortie assez important, ce qui va même permettre de couvrir tous les besoins envisageable pour un développement complexe. D'une autre part, par sa disponibilité sur le marché car elle est la plus diffusée après l'Arduino UNO et aussi par son coût raisonnable.

## II.6- Présentation de la carte Arduino Mega2560 :

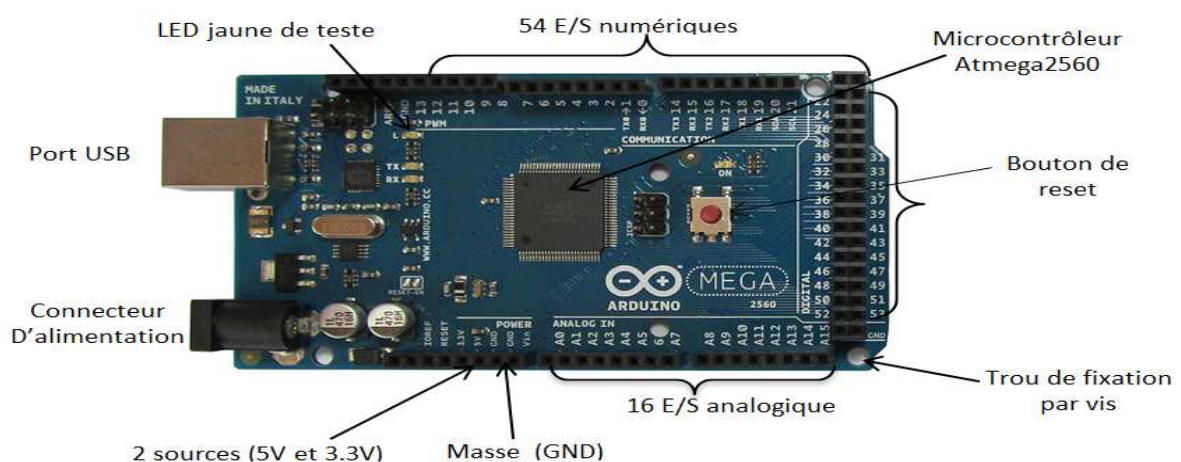
La carte Arduino Mega2560 ressemble à une carte Arduino UNO allongé comme vous pouvez le constaté à l'examen de la photo visible dans la Figure (II.1). En fait, cette carte est pleinement compatible avec l'Arduino UNO puisque les connecteurs situés sur sa partie gauche sont disposés de la même façon et véhiculent les mêmes signaux que sur cette dernière.

Même s'il existe des shields (cartes qui se branchent sans soudure aux cartes Arduino) spécifiques de la Mega2560, tous ceux destinés aux autres cartes Arduino UNO s'enfichent dessus et fonctionnent sans aucun problème.

La carte Arduino Mega2560 est en effet elle aussi équipée d'un microcontrôleur Atmel AVR de référence ATmega2560, d'où le nom donné à la carte [3].

## II.7- Partie hardware de la carte :

La Figure (II.2) illustre les différentes parties matérielles de la carte Arduino Mega2560 :



**Figure II.2:** Carte Arduino mega2560.

### II.7.1- Le microcontrôleur Atmega2560 :

Le microcontrôleur Atmega2560 est le cerveau de la carte, permettant de recevoir le programme créé et le stocker dans sa mémoire flash (mémoire du programme), puis il l'exécute. Grâce aux instructions du programme, le microcontrôleur peut accomplir les tâches souhaitées, qui peuvent être par exemple : faire clignoter une LED, afficher des caractères sur un écran, commander des moteurs...etc [4].

La Figure (II.3) présente la photo de l'Atmega2560 :



**Figure II.3 :** Microcontrôleur Atmega2560.

#### II.7.1.1 – Caractéristique de l'Atmega2560 :

Le Tableau (II.1) illustre les différentes caractéristiques du microcontrôleur Atmega2560 :

|  |            |
|--|------------|
| Nom  | Atmega2560 |
| Tension de fonctionnement                      | 5 V        |
| Tension d'alimentation recommandée             | 7-12 V     |
| Tension d'alimentation limite                  | 6-20 V     |
| Broches E/S numériques                         | 54         |
| Broches d'entrées analogiques                  | 16         |
| Intensité max disponible par broche E/S (5V)   | 40 mA      |
| Intensité max disponible par broche E/S (3.3V) | 50 mA      |
| Mémoire programme flash                        | 256 KB     |
| Mémoire SRAM (volatile)                        | 8 KB       |
| Mémoire EEPROM (non volatile)                  | 4 KB       |
| Vitesse d'horloge                              | 16 MHz     |

**Tableau II.1 :** Caractéristique de l'Atmega2560.

## II.7.2- Les mémoires :

Le microcontrôleur Atmega2560 dispose des trois types de mémoires qui sont :

### II.7.2.1- La mémoire flash (mémoire du programme) :

L'Atmega2560 est équipé de 256 kilo-octets de mémoire du programme, cette dernière est analogue à celle que l'on trouve dans une clé USB. Elle se programme électriquement de manière transparente lorsque l'Arduino est utilisé avec son logiciel de développement fonctionnant sur PC, au travers du connecteur USB. Cette mémoire flash conserve son contenu même lorsque la carte n'est pas alimentée.

### II.7.2.2- La RAM : (Random Access Memory : mémoire à accès aléatoire) :

Ce sont des mémoires vives accessibles et modifiables, c'est-à-dire qu'on peut y écrire et y lire une information à tout moment en un temps constant [5].

L'Atmega2560 contient 8 kilo-octets de mémoire vive, cette mémoire est généralement utilisée pour les variables employées dans les programmes, et pour stocker des résultats temporaires lors des calculs. La RAM perd son contenu dès qu'elle n'est plus alimentée.

### II.7.2.3- L'EEPROM :

C'est une mémoire effaçable électriquement. Cette mémoire conserve son contenu même lorsque la carte n'est plus alimentée. Le microcontrôleur peut lire à tout instant sur L'EEPROM, il peut aussi y écrire et effacer son contenu.

L'Atmega2560 dispose d'une EEPROM avec une capacité 4 kilo-octets. Sur Arduino, la bibliothèque < *EEPROM.h* > nous simplifie l'écriture et la lecture de L'EEPROM en utilisant les deux fonctions suivantes :

*EEPROM.write( )* —————> pour une écriture.

*EEPROM.read( )* —————> pour un lecture.

## II.7.2- Les entrées/sorties :

Les entrées/sorties représentent le moyen qu'à la carte Arduino d'interagir avec l'extérieur. Les sorties sont contrôlées par la carte, cela permet au programme du microcontrôleur de déclencher des actions (allumer ou éteindre une LED, un moteur...). Les

entrées sont lues par le microcontrôleur, ce qui permet de connaître l'état du système auquel il est relié [7].

Il y a deux sortes d'entrées/sortie qui sont :

### II.7.2.1- Les entrées/sorties numériques :

Les entrées/sorties numériques ne peuvent prendre que deux valeurs, la valeur LOW (0V), et la valeur HIGH (5V). La valeur d'un port numérique peut donc être codée sur un bit 0 ou 1.

La carte Arduino Mega2560 comporte 54 E/S numériques (appelées DIGITAL sur la carte). Chacun de ces ports peut être déclaré comme étant une entrée ou comme une sortie dans le programme du microcontrôleur [15].

De plus, certaines broches numériques ont des fonctions spécialisées :

- **Interruption externe :**

L'Arduino Mega2560 dispose de six broches (2, 3, 18, 19, 20, 21) qui peuvent être configurées pour déclencher une interruption en utilisant l'instruction *attachInterrupt()*.

- **Impulsion PWM :**

Les broches digitales 0 à 13 peuvent fournir une impulsion PWM 8bits à l'aide de l'instruction *analogWrite()*.

- **LED de teste :**

Une LED est connectée sur la broche 13 de l'Arduino Méga. Cette LED est généralement utilisée pour tester la carte Arduino.

### II.7.2.2- Les entrées/sortie analogiques :

La carte Arduino Mega dispose de 16 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 qui est appliquée en sa valeur numérique. C'est le travail du convertisseur analogique/numérique, dit CAN.

Le CAN de la carte Arduino travail sur 10 bits, il accepte en entrée une tension comprise entre 0V et une tension de référence, et fournit au microcontrôleur un chiffre compris entre 0 et 1023[6].

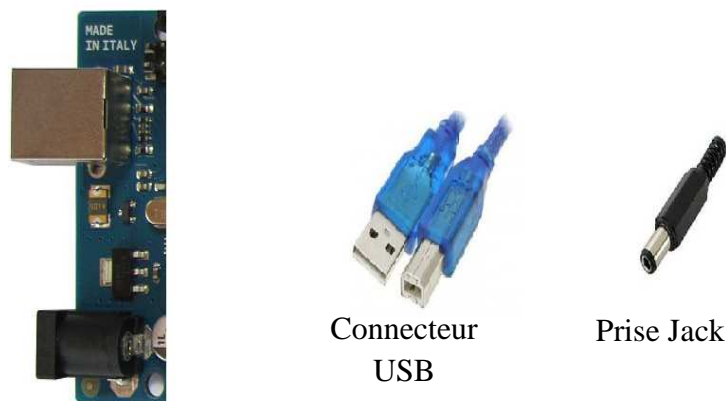
### II.7.2.3 : Autre broches :

- **Reset :**

Mettre cette broche au niveau bas entraîne la réinitialisation (redémarrage) du microcontrôleur, Typiquement cette broche est utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte.

### II.8- L'alimentation de la carte :

Notre carte Arduino doit être alimentée en énergie pour pouvoir travailler. Cette alimentation peut s'effectuer tout d'abord via l'interface USB qui relie la carte à l'ordinateur. En phase de développement avec l'Arduino, la connexion USB va servir de l'alimentation primaire de la carte. La seconde possibilité consiste à branché une batterie ou un bloc secteur au connecteur, appelé prise jack. Nous pouvons, par exemple, employer cette variante si nous avons construit un engin manœuvrable, commandé par la carte Arduino. Le véhicule doit pouvoir évoluer librement dans l'espace, sans câble. En effet, l'utilisation d'un câble USB, généralement trop court, limiterait alors la mobilité de l'engin. L'emploi d'une batterie rend le dispositif autonome [7].



**Figure II.4 :** Connecteurs d'alimentation de la carte Arduino.

### II.9- Protection du port USB contre les surcharges en intensité :

La carte Arduino Méga2560 intègre un poly fusible réinitialisable qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité qui est généralement limité à 500mA. Bien que la plupart des ordinateurs aient leurs propres protections internes, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliquées au

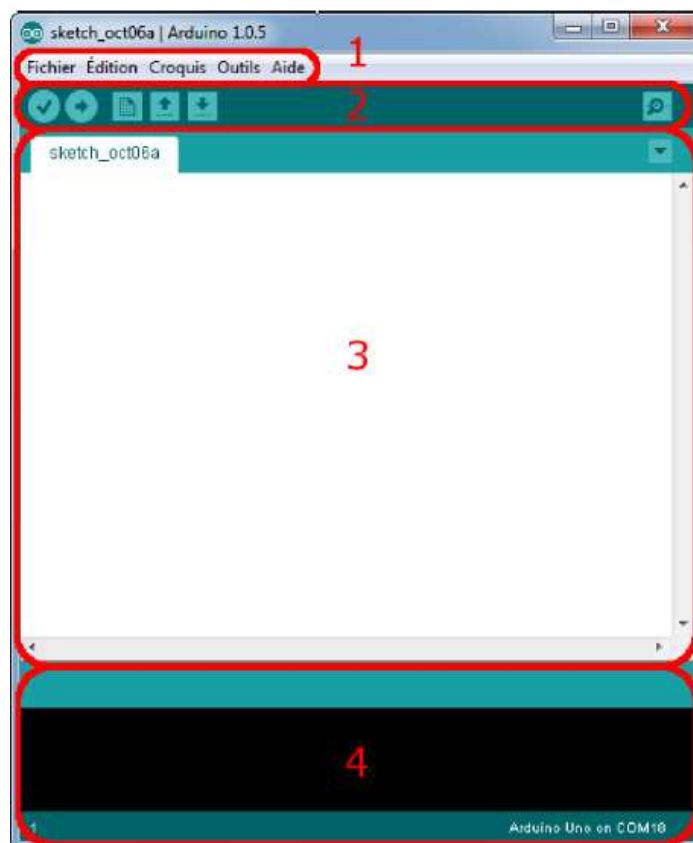
port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé.

## II.10- Partie logiciel :

### II.10.1- Environnement de développement (IDE) :

L'approche adoptée par les promoteurs du projet ayant pour but de permettre au maximum d'utilisateur de développer leurs propres applications avec l'Arduino, un langage de programmation a été choisi et un environnement de développement complet, adopté à celui-ci a donc été créé. Cet environnement de développement à ce jour disponible pour les PC fonctionnant sous Windows, Linux ou Mac [3].

Comme la montre la Figure (II.5), l'environnement de développement comporte quatre parties :









**Figure II.5 :** Fenêtre de travail de l'IDE [17].

Partie 1 : Représente les options de configuration du logiciel.

Partie 2 : Barre de bouton, leur rôle est illustré dans le Tableau (II.2).

Partie 3 : Editeur de texte permettant d'écrire le programme source en langage évolué.

Partie 4 : Console de texte qui affiche les messages concernant les résultats de la compilation du programme.

| Bouton  | Fonction   |
|---|--|
|    | <b>Vérifier</b> : compile le programme en cours d'édition et, de ce fait, vérifie sa syntaxe         |
|    | <b>Téléverser</b> : compile le programme en cours d'édition et le télécharge en mémoire de l'Arduino |
|    | <b>Nouveau</b> : ouvrir une nouvelle fenêtre vierge pour écrire un nouveau programme.                |
|    | Ouvrir : ouvre la liste de tous les sketches contenus dans sketchbook.                               |
|    | <b>Enregistrer</b> : sauvegarde le sketch en cours d'édition.  |
|  | <b>Moniteur série</b> : ouvre l'écran du moniteur de port série intégré à l'environnement.           |

**Tableau II.2** : Fonctions des icônes de la barre des boutons de l'IDE [3].

### II.10.2- Structure d'un programme :

Un programme ou *sketch* destiné à Arduino, comporte toujours deux fonctions distinctes. La première est appelée *setup*, n'est exécutée qu'une seule fois juste après le lancement du programme. Elle contient généralement des instructions de certaines ressources de la carte telle que, entrée/sortie (output/input), définition de la vitesse de fonctionnement du port série...etc. Elle s'écrit de la façon suivante [3] :

```
void setup() {
```

Instruction à n'exécuter qu'une seule fois ;

```
}
```

La seconde fonction s'appelle *loop* (boucle en anglais), elle contient les instructions qui seront indéfiniment répétées tant que l'Arduino restera sous tension. En d'autres termes, suite à un reset au moyen de son poussoir ou suite à une mise sous tension qui a pour effet de provoquer un reset automatique, l'Arduino exécute une seule fois les instructions contenues dans la

fonction *setup* puis exécute ensuite indéfiniment les instructions contenus dans la fonction *loop* de ce même programme. La fonction *loop* s'écrit de la fonction suivante :

```
void loop() {
```

Instructions qui seront répétées indéfiniment ;

```
}
```

Selon le cas une troisième partie peut être présente mais ne contient pas des instructions exécutables. Il s'agit de la zone de définition des constantes au moyen de *define* ou de *const*, ou bien encore d'inclusion de bibliothèques utilisées par le programme au moyen d' *include*. Elle se place avant la fonction *setup*.

La structure générale d'un programme destiné à Arduino est ainsi le suivant :

Définition éventuelle des constantes et bibliothèques ;

```
void setup() {
```

Instructions à n'exécuter qu'une seul fois ;

```
}
```

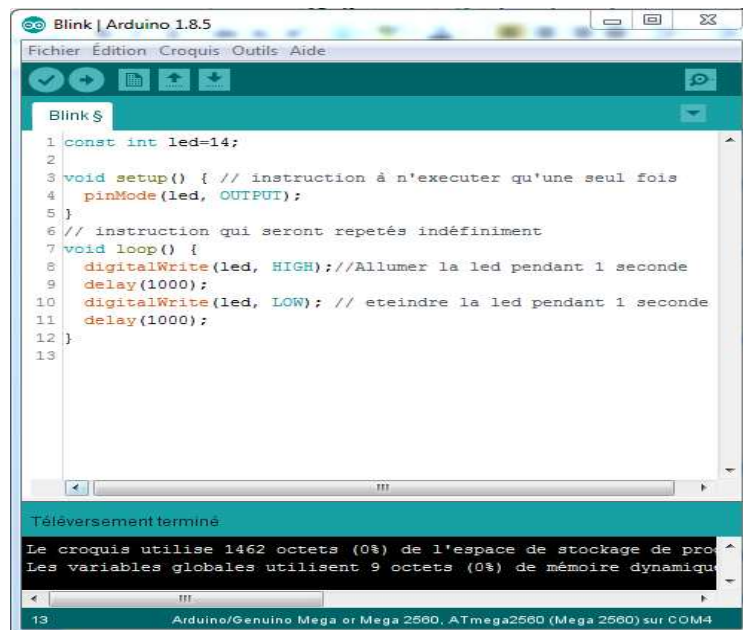
```
void loop() {
```

Instructions qui seront répétées indéfiniment ;

```
}
```

### II.10.3- Exemple de programme sur Arduino :

La Figure (II.16) illustre un programme Arduino qui permet de faire clignoter une LED, avec la structure décrite précédemment.



```
Blink | Arduino 1.8.5
Fichier Édition Croquis Outils Aide
Blink $
1 const int led=14;
2
3 void setup() { // instruction à n'executer qu'une seul fois
4   pinMode(led, OUTPUT);
5 }
6 // instruction qui seront repetés indéfiniment
7 void loop() {
8   digitalWrite(led, HIGH); //Allumer la led pendant 1 seconde
9   delay(1000);
10  digitalWrite(led, LOW); // eteindre la led pendant 1 seconde
11  delay(1000);
12 }
13

Téléversement terminé
Le croquis utilise 1462 octets (0%) de l'espace de stockage de pro
Les variables globales utilisent 9 octets (0%) de mémoire dynamique

13 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) sur COM4
```

**Figure II.6 :** Programme pour clignoter un LED.

### II.11- Programmation de la carte Arduino :

L'environnement de développement (IDE) nous permet d'entrer directement en contact avec la carte et de charger le programme dans le microcontrôleur.

Le programme est d'abord transformé en langage C, puis dans le langage machine du microcontrôleur par le compilateur AVR gcc, Cette dernière étape est importante, car c'est justement là que le système Arduino rend la vie plus facile, et cache les aspects les plus complexes de la programmation[2].

On peut résumer le cycle de programmation comme suit :

- Brancher la carte sur un port USB du PC.
- Ecrire le programme qui va donner vie à la carte.
- Transférer le code via le câble USB, et attendre quelques secondes pour que la carte redémarre.
- La carte exécute alors le programme qui a été écrit.

### II.12- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons effectués une présentation détaillée de l'Arduino (partie matériels et logiciel), afin de mieux l'exploiter dans la réalisation pratique décrite dans le chapitre suivant.

### III.1- Introduction :

La réalisation et la mise en marche du système de commande d'allumage du groupe électrogène fait l'objet de ce chapitre. L'objectif de ce système est de surveiller et détecter une coupure sur le réseau, en se servant d'une alimentation capacitive sans transformateur. Ainsi que prévoir un démarrage automatique selon une date et une heure bien précise à l'aide de l'horloge à temps réel.

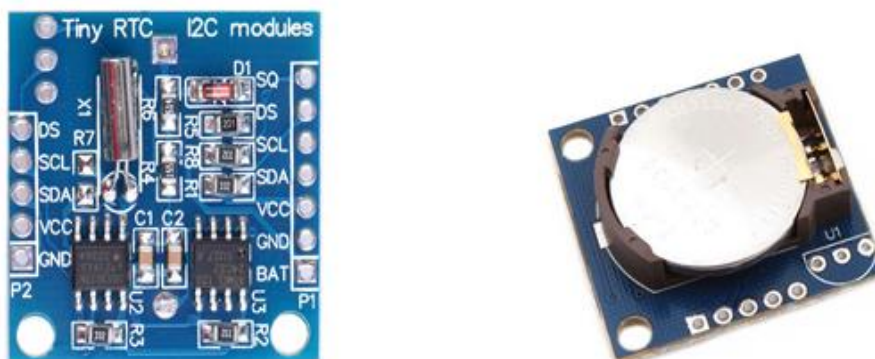
### III.2- Matériels utilisés :

Pour la réalisation du système de démarrage automatique du groupe électrogène, nous avons besoins de :

#### III.2.1- Horloge à temps réel :

Une horloge à temps réel (Real Time Clock ou RTC) est un circuit intégré dont la principale fonction consiste à mesurer le temps.

Dans ce travail, nous avons utilisés un module RTC DS1307 de maxime integrated. Ce module RTC est capable de gérer l'heure (heures, minutes, secondes) et la date (jours, mois, années), tout en s'occupant des mois de 30 ou 31 jours et des années bissextiles. Le calendrier intégré dans le module DS1307 est valable de l'an 2000 jusqu'à l'an 2100, ce qui devrait être suffisant pour la plupart des projets. L'RTC DS1307 est muni d'une pile qui peut durer plusieurs années, et il dispose aussi d'une NVRAM (mémoire non volatile) qui conserve son contenu tant que la pile est toujours fonctionnelle.



**Figure III.1 :** Module RTC DS1307.

### III.2.1.1- Fonctionnement avec Arduino Mega2560 :

La communication du module RTC DS1307 avec le microcontrôleur l'Arduino se fait via le bus I2C (Inter Integrated Circuit). Ce dernier est basé sur un mode de transmission bidirectionnel utilisant deux lignes :

- Ligne d'horloge appelée SCL (Serial Clock Line).
- Ligne de données appelée SDA (Serial Data Line).

Comme le montre le schéma de la Figure (II.8) réalisé avec le logiciel fritzing, quatre fils suffisent pour brancher le module RTC à l'Arduino :

- SCL → broche 21.
- SDA → broche 22.
- VCC → 5 volts.
- GND → GND.

La bibliothèque <RTClib.h> simplifie énormément la conception des programmes pour gérer l'RTC. Pour régler l'heure et la date de l'RTC, il faut juste utiliser la fonction suivante :

« RTC.adjust(\_\_DATE\_\_, \_\_TIME\_\_) ; », le DS1307 se réinitialisera en utilisant l'heure et la date de l'ordinateur. Si on souhaite personnaliser le réglage, on utilise une autre fonction qui est la suivante :

« RTC.adjust( année, mois, jours, heure, minute, seconde) ».

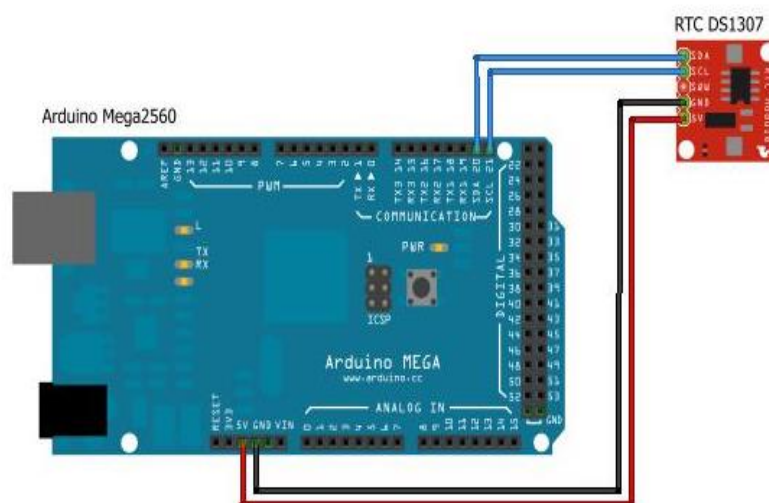


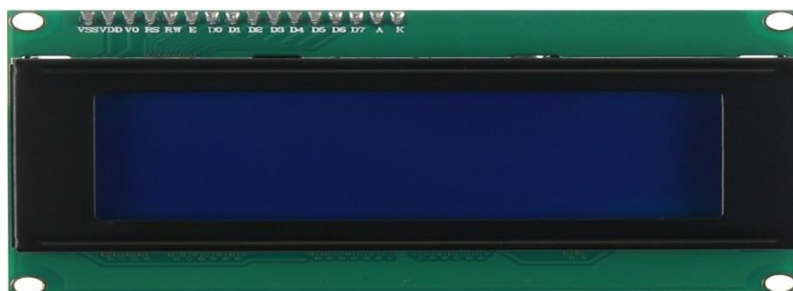
Figure III.2 : Brochage de l'RTC DS1307 avec l'Arduino Mega2560.

### III.2.2- Afficheur LCD :

Précédemment nous avons décrit comment interagir avec l'ordinateur, et lui envoyer des informations. Mais, si on veut afficher des informations sans avoir besoin d'un ordinateur, on utilise un afficheur LCD (Liquid Crystal Display).

L'afficheur à cristaux liquide est composé de deux polarisateurs placés entre deux plaques de verre aux cristaux liquide. Il consomme peu (de 1 à 5mA), sont bons marché et s'utilisent avec beaucoup de facilité. Plusieurs afficheurs LCD sont disponible sur le marché et différent les uns des autres, non seulement par leurs dimension (1 à 4 lignes, 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leurs tension de service. Certains disposent d'un rétro éclairage de l'affichage, cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module.

L'afficheur utilisé dans notre projet est un afficheur composé de 4 lignes et 20 colonnes avec un rétro éclairage, comme celui apparaissant dans la Figure (II.9) :



**Figure III.3** : Afficheur LCD (20, 4).

Un circuit intégré spécialisé et chargé de la gestion du module. Il remplit une double fonction : d'une part il commande l'affichage et d'autre part, il se charge de la communication avec l'extérieur. L'afficheur LCD comporte 16 pins dont le fonctionnement est illustré dont le Tableau (II .3) :

| Broche | Nom            | Fonction   |
|--------|----------------|--|
| 1      | VSS            | Masse  |
| 2      | VDD            | Alimentation +5V   |
| 3      | V <sub>0</sub> | Tension variable entre 0 et 5V pour le réglage du contraste de l'afficheur |
| 4      | RS             | Sélection du registre (Register Select)                                    |
| 5      | R/W            | Lecture ou écriture (Read/Write)   |
| 6      | E              | Entrée de validation (Enable)  |
| 7      | D0             |  |

|    |    |                                 |
|----|----|---------------------------------|
| 8  | D1 | Bus de données                  |
| 9  | D2 |                                 |
| 10 | D3 |                                 |
| 11 | D4 |                                 |
| 12 | D5 |                                 |
| 13 | D6 |                                 |
| 14 | D7 |                                 |
| 15 | A  | Anode rétro éclairage (+5V)     |
| 16 | K  | Cathode rétro éclairage (masse) |

**Tableau III.1 :** Broches de l’afficheur LCD et leurs fonctions.

### III.2.2.1- Fonctionnement

Deux modes de fonctionnement de l’afficheur sont disponibles, le mode 8 bits et le mode 4 bits.

- **Mode 8 bits :**

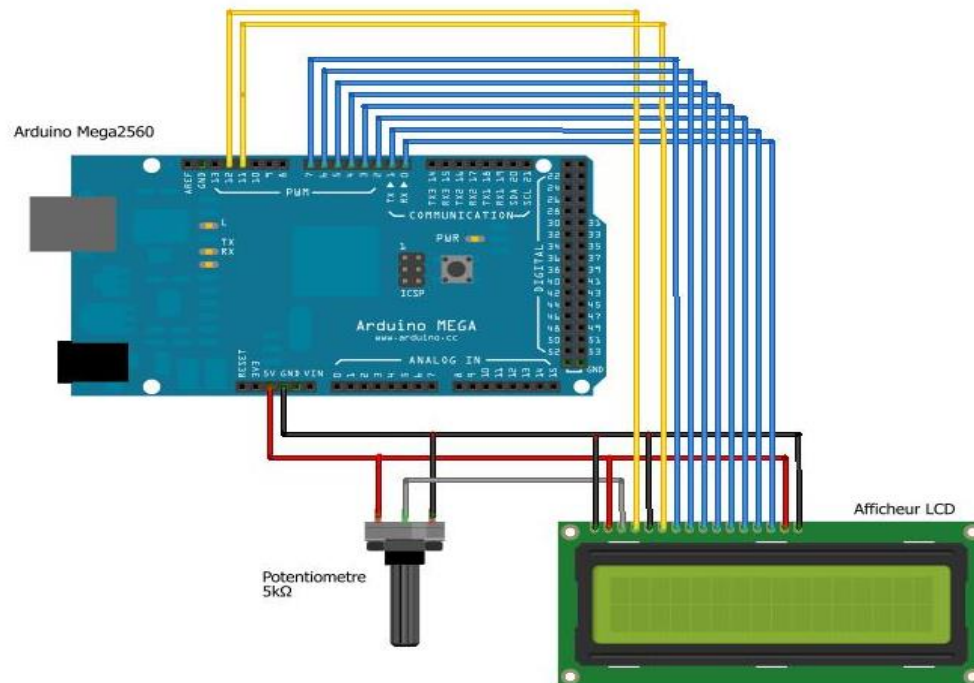
Dans ce mode 8 bits, les données sont envoyées à l’afficheur sur les broches D0 à D7. On place la ligne RS à 0 ou 1 selon que l’on désire transmettre une commande ou une donnée. Il faut aussi mettre la ligne R/W à 0 pour indiquer à l’afficheur que l’on désire faire une écriture. Il reste à envoyer une impulsion sur l’entrée E pour, pour indiquer que des données valides sont présentes sur les broches D0 à D7.

- **Mode 4 bits :**

Le mode 4 bits est utilisé lorsqu’on dispose de très peu de broches d’entrées/sortie sur un microcontrôleur. Dans ce mode seul les 4 bits du poids fort (D4 à D7) sont utilisés pour transmettre les données et les lire. Les 4 bits du poids faible (D0 à D3) sont connectés à la masse. Les données sont alors écrites ou lues en envoyant séquentiellement les quatre bits du poids fort suivi des quatre bits du poids faible. Une impulsion doit être envoyée sur la ligne E pour valider chaque demi-octet.

### III.2.2.2- Brochage avec Arduino Mega2560 :

Le schéma de la Figure (II.10) présente le brochage de l'afficheur LCD avec l'Arduino Mega2560 en mode 8 bits.



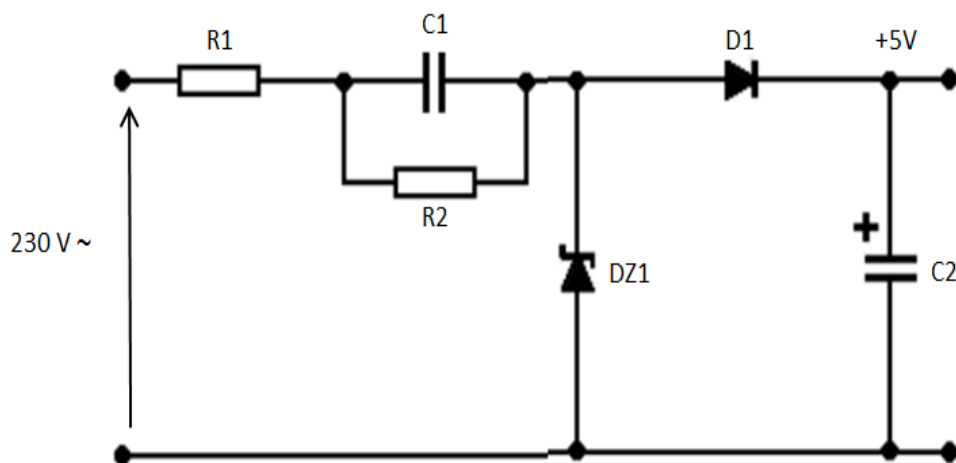
**Figure III.4 :** Brochage de l'afficheur LCD avec l'Arduino Mega2560 en mode 8 bits.

### III.2.3- Alimentation capacitive :

Dans le but d'avoir une tension continue de 5 volts et un courant de quelques mA, à partir de la tension du réseau 230 volt alternative. L'alimentation capacitive sans transformateur représente une solution simple et économique. Elle est constituée de :

- Un condensateur  $C_1$  en série pour faire chuter la tension par son impédance :  $Z = \frac{1}{2\pi f C_1}$  ( $f$ : fréquence du courant et  $C_1$  capacité du condensateur).
- Deux résistances, une en série pour limiter le courant et protéger le circuit et une en parallèle du condensateur pour faciliter sa décharge.
- Une diode Zener pour stabiliser la tension, elle limite la tension à sa valeur de sortie.
- Une diode de redressement D1.

La Figure (II.11) présente le circuit de l'alimentation capacitive :

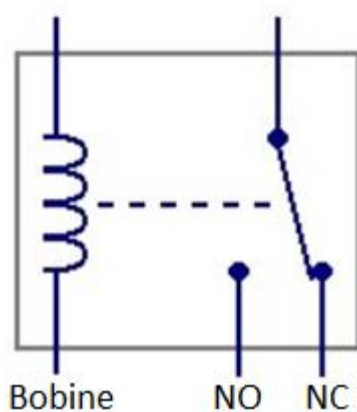


**Figure III.5:** Alimentation capacitive.

### III.2.4- Relais :

Les sorties de la carte Arduino ne peuvent pas fournir une tension supérieure à 5 volts. Pour cela, On utilise un relais pour alimenter le démarreur du groupe électrogène.

Le relais se compose généralement de deux contacts, un contact NO (normalement ouvert), un contact NC (normalement fermé) et une bobine qui peut être alimentée avec une tension de 5 volts (tension de l'Arduino). Lorsque la bobine est alimentée, elle crée un champ magnétique qui va attirer le contact mécanique pour fermer le contact NO et ouvrir le contact NC, ce qui va permettre de faire passer la tension de la batterie pour actionner le démarreur.

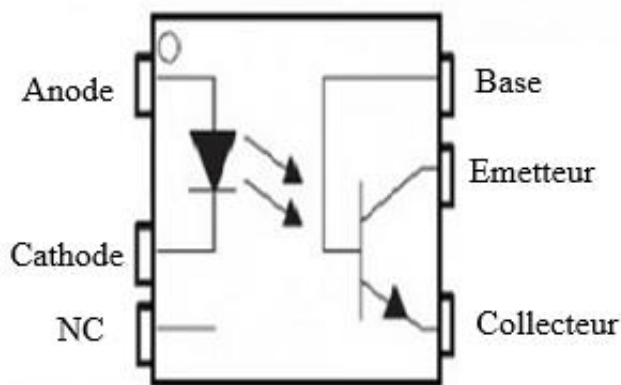


**Figure III.6:** Symbole du relais.

### III.2.5- Optocoupleur :

L'optocoupleur est un composant électronique capable de transmettre un signal d'un circuit électrique à un autre, sans qu'il y'ait de contact galvanique entre eux. Il est analogue à un relais qui isole magnétiquement deux circuits, il diffère du relais dans le sens où il est plus petit et permet un fonctionnement rapide. Il est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor ou d'une photodiode.

Dans ce projet nous allons utiliser un optocoupleur de référence 4N25 montré dans la Figure (II.13) :



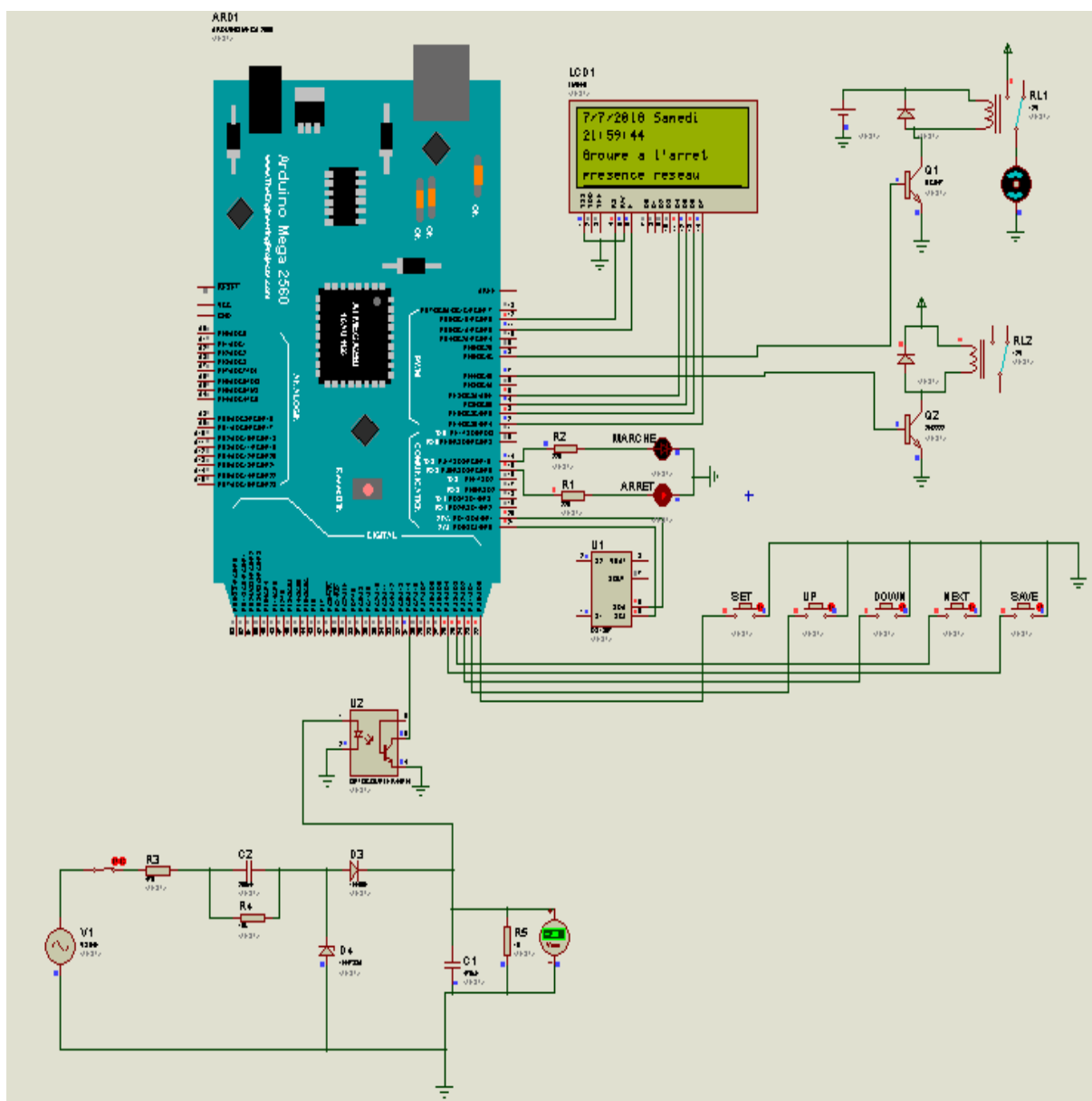
a : Schéma de l'optocoupleur



b : Photo de l'optocoupleur

**Figure III.7 :** Optocoupleur 4N25.

## III.3- Circuit électrique :



**Figure III.8:** Circuit électrique du système de commande d'allumage du groupe électrogène.

Comme on peut voir dans le circuit de la figure (III.1), la carte Arduino Mega2560 présente le composant essentiel auxquelles sont reliés les autres composants utilisés pour la réalisation de notre système de commande.

- L'horloge à temps réel est relié aux broches 21 et 22 (bus I2C), afin de donner la date et l'heure réel à l'Arduino.
- L'alimentation capacitive est utilisée pour détecter une coupure sur le réseau, elle est reliée à la broche 30 par l'intermédiaire d'un optocoupleur pour assurer une protection à la carte Arduino.

- 
- Les deux relais avec des transistors d'amplification pour le contact général et le contact de démarrage sont reliés respectivement aux broches 7 et 8.
  - Deux LED témoins (LED verte → marche, LED rouge → Arrêt) sont reliés aux broches 14 et 15.
  - Cinq bouton poussoirs (Set, up, down, nexte, save) sont reliés aux broches 22, 23, 24, 25, 26 pour faire les différentes configurations du système de commande.
  - L'afficheur LCD est connecté en mode 4 bits, il a pour rôle d'afficher les différentes informations de notre système de commande.

III.4- Organigramme de fonctionnement

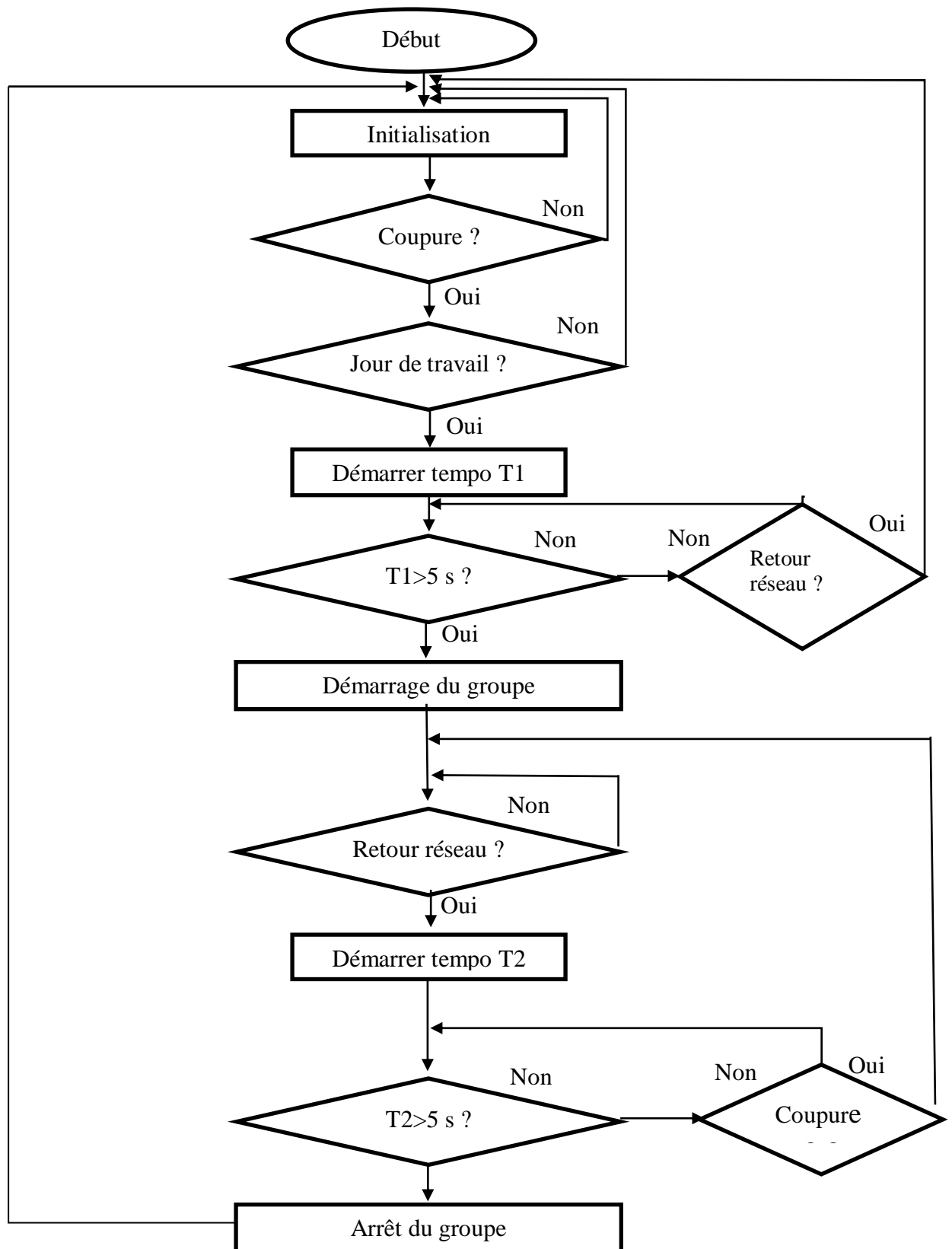


Figure III.9 : Organigramme de fonctionnement du système de démarrage.

### III.5- Fonctionnement du système :

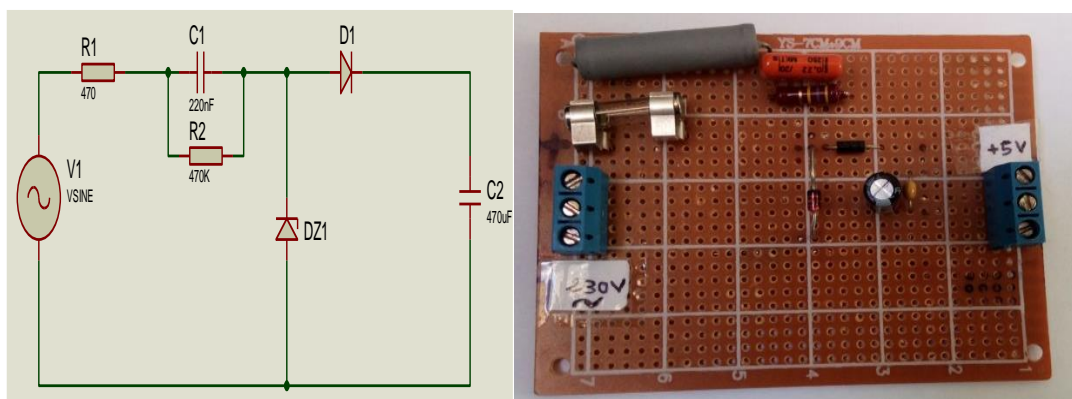
Le système de démarrage automatique du groupe électrogène réalisé, doit assurer les fonctions suivantes :

- Détection de la coupure du réseau à l'aide de l'alimentation capacitive et allumage du groupe après un retard 5 seconds.
- Détection du retour du réseau pour arrêter le groupe après un retard de 5 secondes.
- Configuration de l'heure et date d'allumage et d'arrêt du groupe électrogène en utilisant les boutons poussoir.
- Sauvegarder les réglages effectués sous l'EEPROM de l'Arduino.
- Comparaison de l'heure et date d'allumage ou d'arrêt avec celles données par l'RTC.
- Si la date et l'heure d'allumage du groupe sont compatibles avec la date et l'heure de l'RTC, le groupe s'démarre.
- Si la date et l'heure d'arrêt du groupe sont compatibles avec la date et l'heure de l'RTC, le groupe s'arrête.

### III.6- Réalisation pratique :

#### III.6.1- Réalisation de l'alimentation capacitive :

Une alimentation capacitive a pour but de fournir une tension petite devant la tension du réseau (5V, 12V ...etc.).



**a** : Circuit de l'alimentation capacitive

**b** : Photo de la réalisation

**Figure III.10** : Alimentation capacitive.

### III.6.2- Réalisation du circuit de commande :

La Figure (III.3) présente la photo du circuit de commande réalisé :

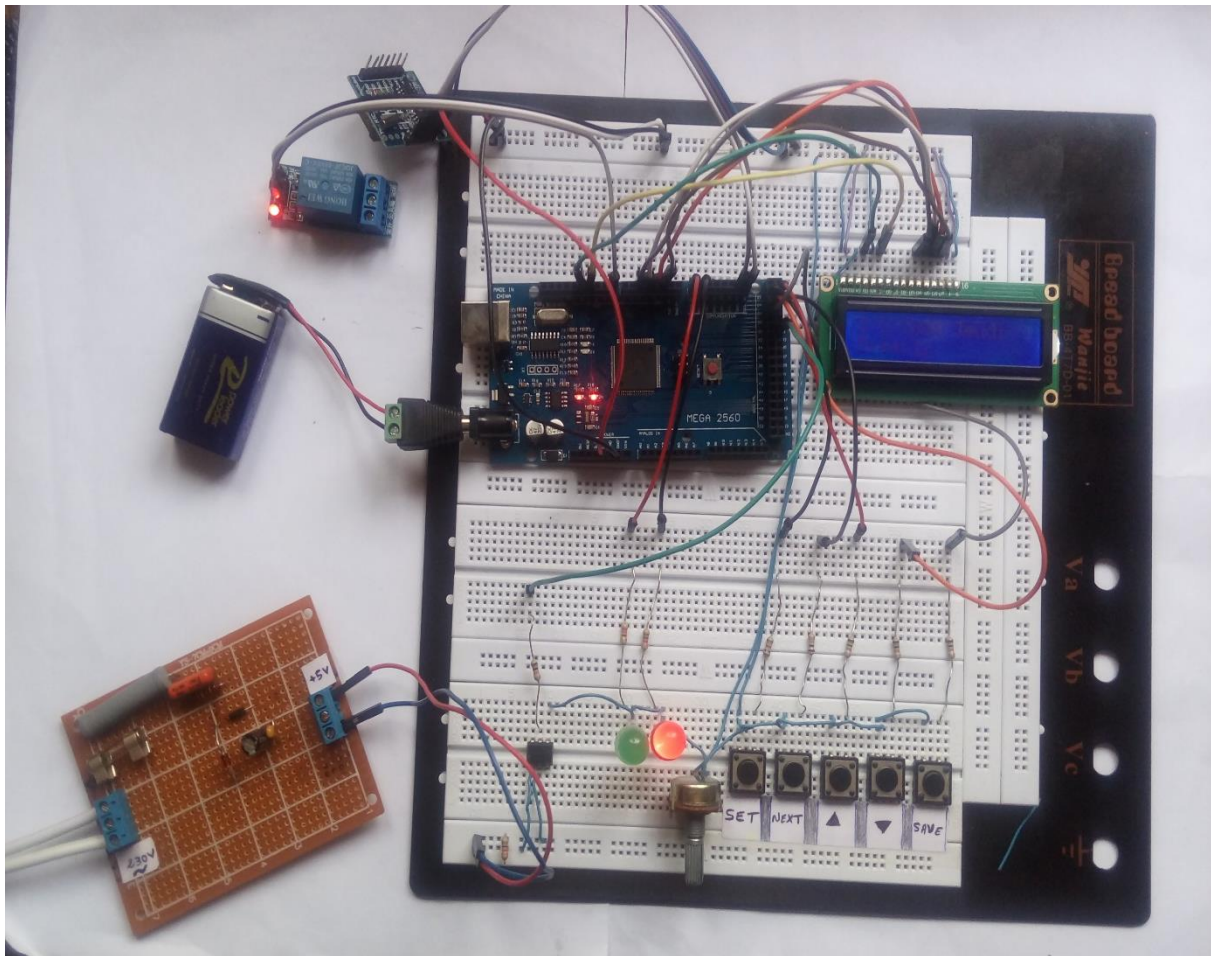


Figure III.11 : Photo de la réalisation.

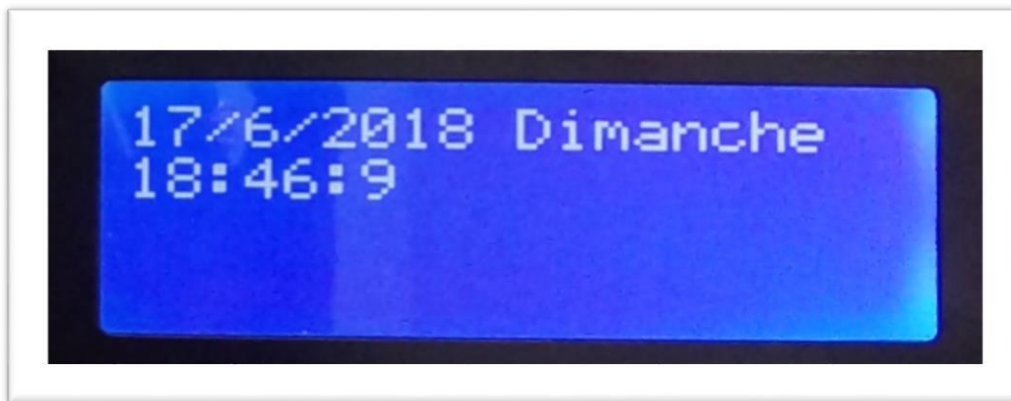
### III.7- Mise en marche du système :

Nous avons utilisés 5 boutons poussoirs pour faire les différentes configurations de notre système :

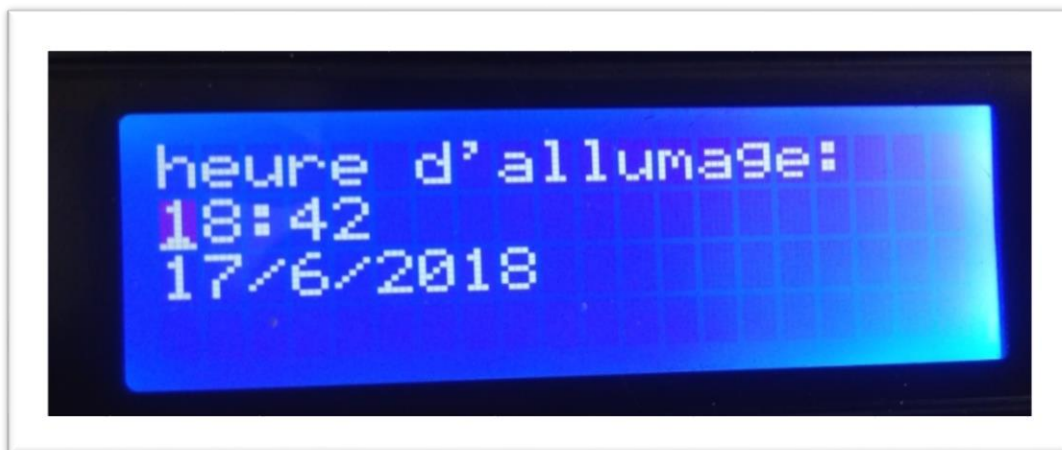
- 1<sup>er</sup> Bouton (Set) : Sert à entrer et sortir de menu de configuration.
- 2<sup>ème</sup> Bouton (Next) : qui a pour rôle de déplacer le curseur.
- 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> Bouton (up et down) : Ces deux boutons servent à l'incréméntation et à la décrémentation des différents variables.
- 5<sup>ème</sup> Bouton (save) : l'appui sur ce bouton permet de sauvegarder les différents réglages effectués.

### III.7.1- Déroulement des étapes de mise en marche :

Au début nous avons un écran d'accueil qui affiche la date et l'heure :



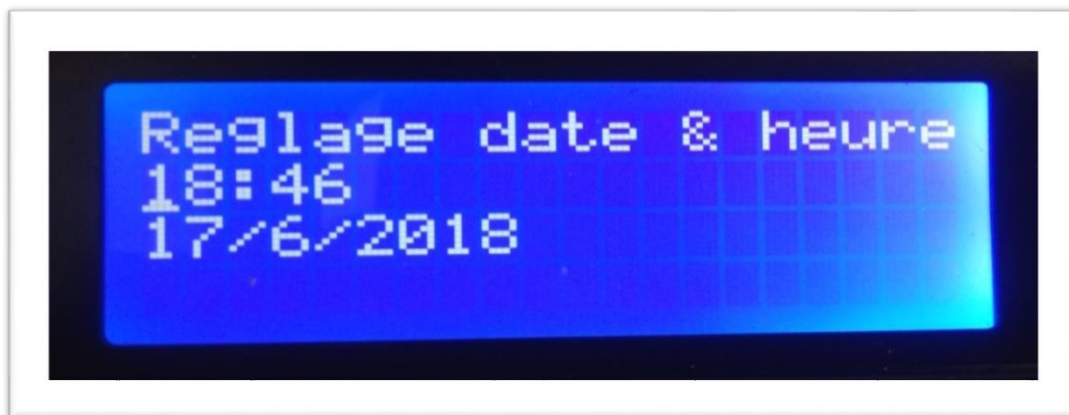
Un premier appui sur le bouton Set, permet d'effacer le premier écran et afficher un autre écran ou il apparaîtra un curseur qui clignote, pour le réglage de la date et de l'heure d'allumage du groupe électrogène en utilisant les boutons poussoirs.



Un deuxième appui sur le bouton Set, permet d'afficher un écran pour le réglage de l'heure et la date d'arrêt du groupe électrogène.



Un troisième appui sur Set, permet d'afficher un troisième écran qui affiche « Réglage date & heure » afin de mettre à jour l'heure et la date si elles sont dérégées, ou il y a eu un changement de batterie de l'RTC.



Un quatrième appui sur Set permet le retour à l'écran d'accueil.

### III.8- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons effectués une présentation détaillée des différents composants utilisés pour la réalisation du système de démarrage du groupe électrogène, ainsi que les différentes fonctions de la commande et à la fin le système réaliser permet de :

- Détecter une coupure sur le réseau et démarre le groupe électrogène automatiquement.
- Détecter le retour du réseau et arrête le groupe électrogène automatiquement.
- Démarrage du groupe électrogène selon une date et heure précise.

### **Conclusion générale :**

L'objectif de ce mémoire été de concevoir et de réaliser un système de commande d'allumage automatique du groupe électrogène dans le cadre de projet de fin d'étude.

La problématique de notre travail consisté à détecter une coupure sur le réseau et démarrer le groupe, et aussi à prévoir un démarrage automatique selon une date et une heure bien précise.

Concevoir un système capable de détecter une coupure sur le réseau et programmer le démarrage du groupe électrogène selon une date et une heure précise sont les points les plus importants de notre travail. Pour cela, nous avons utilisé une carte Arduino Mega2560, une alimentation capacitive et une horloge à temps réel. Ce système permet d'allumer le groupe électrogène en cas de coupure d'électricité et aussi l'allumage du groupe selon une date et une heure précise. Ce qui nous permet de dire que l'objectif visé est atteint.

En perspective, nous pouvant signaler que ce travail peut sans doute être amélioré, en ajoutant d'autre fonctionnalité enrichissante telle qu'une commande à distance avec smartphone en utilisant un module wifi ou un shield Ethernet.

Nous avons eu au cours de ce projet de fin d'étude, l'occasion d'acquérir certaines connaissances en ce qui concerne le fonctionnement du groupe électrogène, ainsi que les différents éléments le constituant car c'est un dispositif qui est très utilisé dans le domaine de l'électrotechnique. Nous avons aussi eu l'occasion d'utiliser une diversité de matériels et logiciels, qui nous ont été utile pour l'élaboration de notre projet, ainsi que pour l'approfondissement de nos connaissances en électronique et en programmation.

## **Bibliographie :**

- [1] : Chafa Aiane, A. Z. « Etude d'un groupe électrogène par simulation numérique », mémoire de master.UMMTO 2016.
- [2] : M.Banzi, « Demarrer avec Arduino principe de base et premier montage », édition DUNOD,. Paris 2011.
- [3] : C.Taverier. « Arduino: Maitraiser sa programmation et ses cartes d'interface (shield) », édition DUNOD, Paris 2011.
- [4] : Merabti Djahida « Conception et réalisation d'une commande automatique d'une station de pompage à base d'une carte Arduino Mega2560 »,mémoire de master.UMMTO 2017.
- [5] : D.Blin « Automatique et informatique industrielle », édition Casteilla, Paris 1995
- [6] : Bobroff, F. B « Microcontrôleur Arduino ». Paris 2015
- [7] : E.Bartmane. « Le grand livre de l'Arduino, 2ém Edition », édition DUNOD, Paris 2011.