

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI-OUZOU**



**FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**

## **Mémoire de Fin d'Etudes De MASTER ACADEMIQUE**

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

### **Thème**

**Conception et réalisation d'un  
système de détection et d'alerte des  
incendies forestiers à base d'une carte  
Arduino Uno**

### **Réaliser par :**

- **AIT RAMDANE Mohand Said**
- **MEFTAH Lyli**

### **Devant le jury :**

Président : Mr D.Allouache

Examineur : Mme S.kherchaoui

Promoteur : Mme S. OUDJEMIA

**Année universitaire : 2023/2024**

# Remerciement

*Nous tenons à remercier notre Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté pour compléter ce travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos chers parents pour leurs encouragements, leur patience, et leur grand soutien durant toutes ces années d'études.*

*Nos remerciements s'adressent également à notre Promotrice à Mme OUDJEMIA pour son encadrement, sa motivation professionnelle, son orientation afin de donner notre mieux.*

*Nos profondes gratitude au président de jurys ainsi que les membres de jurys d'avoir accepté d'évaluer et juger notre travail.*

*Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce Mémoire*

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à mes chers parents, en guise de  
Gratitude pour tous leurs sacrifices, soutient, compréhension,  
Leur amour inestimable, leurs confiances et toutes les valeurs  
Humaine qui m'ont inculqué.*

*A mon meilleur frère Nabil et ma chère sœur Cylia qui ont  
Toujours été à mes côtés, merci pour votre compréhension et  
votre*

*Amour.*

*A mes chers oncles et tante merci d'avoir été toujours là  
Pour moi, de m'avoir comblé de bonheur en particulier*

*KAHNA.*

*A ma grand-mère à qui je souhaite une longue vie.*

*A tous mes amis.*

*Sans oublier mon binôme « Sofiane » ainsi qu'à toute sa  
Famille*

*Lylia*

## *Dédicace*

*Ce mémoire représente bien plus que de simples travaux. Ce mémoire est la finalité de cinq longues Années d'études. C'est pourquoi je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma sympathie bien que je dédie ce travail :*

*En premier lieu à la mémoire de mon père que dieu le recueillera dans son vaste paradis.*

*A ma très chère mère qui m'a soutenue tout au long de ma vie en témoignage de son affection et sacrifices.*

*A mes très chers frères et sœurs spécialement « Bouzid et Hamza »*

*A toute ma belle-famille ;*

*A ma binôme « Lyliia » ainsi qu'à toute sa famille ;*

*A tous ceux que j'aime ;*

*A tous ceux qui m'aiment ;*

*A tous mes ami(e)s et mes collègues*

*...*

*Mohand Saïd*

---

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : Généralités sur les feux de fore</b> .....	2
<b>I Préambule</b> .....	2
<b>I.1 Définition</b> .....	2
<b>I.1.1 Feu</b> .....	2
<b>I.1.2 Les incendies de forêt</b> .....	2
<b>I.2 Mécanisme des feux de forêts (Triangle de feu)</b> .....	2
<b>I.2.1 Le combustible</b> .....	3
<b>I.2.2 L'énergie d'activation (La chaleur)</b> .....	3
<b>I.2.3 Comburant (L'oxygène)</b> .....	4
<b>I.3 Développement d'un incendie</b> .....	4
<b>I.4 Les types d'incendies</b> .....	4
<b>I.4.1 Feux de sol</b> .....	5
<b>I.4.2 Feux de surface</b> .....	5
<b>I.4.3 Feux de cimes</b> .....	5
<b>I.5 Les différentes formes de feux de forêts</b> .....	6
<b>I.5.1 Forme circulaire</b> .....	6
<b>I.5.2 Forme d'une ellipse allongée</b> .....	6
<b>I.5.3 Forme irrégulière</b> .....	6
<b>I.6 Les facteurs favorisant le risque de feux de forêt</b> .....	7
<b>I.6.1 Structure et composition de la végétation</b> .....	7
<b>I.6.2 Le relief</b> .....	7
<b>I.6.3 Les conditions météorologiques</b> .....	7
<b>I.6.4 Les facteurs humains</b> .....	7
<b>I.7 Les causes des incendies forestières</b> .....	7
<b>I.7.1 Les causes naturelles</b> .....	7
<b>I.7.2 Les causes humaines</b> .....	8
<b>I.8 Conséquences des incendies</b> .....	9
<b>I.8.1 Impact sur la biodiversité</b> .....	9
<b>I.8.2 La dégradation de la qualité d'air</b> .....	9
<b>I.8.3 Dégradation des sols</b> .....	9
<b>I.8.4 L'économie locale</b> .....	9
<b>I.8.5 Impact sur la santé Montale</b> .....	9
<b>I.9 Méthodes de lutter contre les incendies de forêts</b> .....	9

<b>I.9.1</b>	<b>Aménagements des forêts contre les incendies</b> .....	9
<b>I.9.2</b>	<b>Améliorer la résilience des forêts</b> .....	12
<b>I.9.3</b>	<b>Respecter les plans de prévention du risque incendie de forêt (PPRIF)</b> 12	
<b>I.9.4</b>	<b>Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES)</b> .....	12
<b>I.10</b>	<b>Systèmes de préventions</b> .....	12
<b>I.10.1</b>	<b>Définition</b> .....	12
<b>I.10.2</b>	<b>Technologie et méthodes cruciale pour une intervention rapide</b> .....	12
<b>I.11</b>	<b>Moyens d'aide à l'extinction des feux</b> .....	14
<b>I.11.1</b>	<b>Avion bombardier ou avion citerne</b> .....	14
<b>I.11.2</b>	<b>Seau pomp dorsal</b> .....	15
<b>I.11.3</b>	<b>Claie de portage EPI-HI11181</b> .....	15
	<b>Discussion</b> .....	16
	<b>CHAPITRE II :La partie matérielle du projet</b> .....	17
<b>II</b>	<b>Préambule</b> .....	17
<b>II.1</b>	<b>La carte Arduino UNO</b> .....	17
<b>II.1.1</b>	<b>Présentation de la carte</b> .....	17
<b>II.1.2</b>	<b>Caractéristuques de la carte Arduino Uno</b> .....	18
<b>II.1.3</b>	<b>Les différents composants de la carte Arduino Uno</b> .....	18
<b>a.1</b>	<b>Description</b> .....	19
<b>a.2</b>	<b>Caractéristiques [1]</b> .....	20
<b>a.3</b>	<b>Principe de fonctionnement</b> .....	20
<b>II.2</b>	<b>GSM SIM 900</b> .....	24
<b>II.2.1</b>	<b>Définition</b> .....	24
<b>II.2.2</b>	<b>Caractéristiques</b> .....	24
<b>II.2.3</b>	<b>Présentation du bouclier</b> .....	25
<b>II.2.4</b>	<b>Les commande AT avec arduino</b> .....	28
<b>II.3</b>	<b>CAPTEUR DHT11</b> .....	28
<b>II.3.1</b>	<b>Caractéristiques</b> .....	29
<b>II.3.2</b>	<b>Fonctionnement</b> .....	29
<b>II.3.3</b>	<b>Branchement</b> .....	29
<b>II.4</b>	<b>CAPTEUR DE FLAMME KY-026</b> .....	29
<b>II.4.1</b>	<b>Caractéristiques :</b> .....	30
<b>II.4.2</b>	<b>Fonctionnement</b> .....	30
<b>II.4.3</b>	<b>Branchement</b> .....	30

<b>II.5</b>	<b>RELAIS</b> .....	30
	<i>II.5.1</i> Principe de fonctionnement.....	31
	<b>II.5.2</b> Branchement [17].....	31
<b>II.6</b>	<b>Capteur de gaz (MQ135)</b> .....	31
	<b>II.6.1</b> Définition.....	31
	<b>II.6.2</b> Caractéristique.....	32
	<b>II.6.3</b> Principe de fonctionnement.....	32
	<b>II.6.4</b> Branchement.....	32
<b>II.7</b>	<b>LA BATTERIE</b> .....	32
<b>II.8</b>	<b>Afficheur LCD</b> .....	33
	<b>II.8.1</b> Définition.....	33
	<b>II.8.2</b> Caractéristiques.....	34
<b>II.9</b>	<b>Pompe à eau</b> .....	34
<b>II.10</b>	<b>Terminaux virtuels</b> .....	34
<b>II.11</b>	<b>Led (Light Emitting Diode)</b> .....	35
	<b>II.11.1</b> Définition.....	35
	<b>II.11.2</b> Composants essentiel d'une LED.....	35
	<b>II.11.3</b> Principe de fonctionnement des LED.....	36
	<b>Discussion</b> .....	36
	<b>CHAPITRE III : Conception et réalisation du proje</b> .....	37
<b>III</b>	<b>Préambule</b> .....	37
<b>III.1</b>	<b>Présentation des logiciels</b> .....	37
	<b>III.1.1</b> Logiciel Arduino IDE.....	37
<b>III.2</b>	<b>Proteus Professional</b> .....	41
	<b>III.2.1</b> ISIS.....	41
	<b>III.2.2</b> Présentation de l'interface isis.....	41
<b>III.3</b>	<b>Description du système de surveillance</b> .....	44
	<b>III.3.1</b> Principe de fonctionnement.....	44
	<b>III.3.2</b> Schéma électrique du système.....	45
	<b>III.3.3</b> Branchement du système.....	45
<b>III.4</b>	<b>Programmation du système</b> .....	48
<b>III.5</b>	<b>Test du système</b> .....	50
	<b>III.5.1</b> Le système lors du repos.....	50
	<b>III.5.2</b> Un des deux détecteurs est en marche.....	50
	<b>Conclusion générale</b> .....	53

## Liste des figures

- I-1 : Un gigantesque feu de forêt au Californie
- I-2 : Triangle de feu
- I-3 : Développement d'un incendie
- I.4 : feux de sol
- I.5 : feux de surface
- I.6 : Feux de cime
- I.7 : Formes des feux
- I.8 : Point d'eau à la forêt
- I.9 : Une piste forestière
- I.10 : Une route forestière
- I.11 : Débroussaillage dans une zone forestière
- I.12 : Image satellitaire de forêt
- I.13 : Drones utilisés dans la lutte contre les incendies de forêt
- I.14 : Capteur de détection précoce thermique d'incendie de forêt
- I.15 : Moyens visuelles de détection de feux de forêt
- I.16 : Avion à citerne
- I.17 : seau pompe dorsal
- I.18 : Claie de portage
- II. 1 : Carte Arduino UNO
- II. 2 : Les différents composants de la carte Arduino UNO.
- II.3 : Microcontrôleur ATmega328
- II.4 : Brochage de l'ATmega 32
- II.5 : Alimentation de la carte Arduino Uno
- II.6 : Les E/S numériques
- II.7 : Les Entrées analogiques
- II.8 : Carte GSM
- II.9 : Bouclier GSM
- II.10 : Led d'indication
- II.11 : Fiche d'alimentation
- II.12 : Antenne
- II.13 : Connecteur de Sim
- II.14 : Information sur SIM900A

- II.15 : Capteur DHT11
- II.16 : capteur ky-026
- II.17 : relais
- II.18 : Branchement du relais
- II.19 : Capteur de Gaz MQ135
- II.20 : Batterie
- II.21 : Afficheur LCD I2C 2\*16
- II.22 : pompe à eau
- II.23 : virtuels terminaux sur Proteus.
- II.24 : Diode électroluminescente.
- III.1 : Interface de l'IDE Arduino
- III. 2 : Menu fichier dans Arduino IDE
- III.3 : Menu outils
- III.4 : Barre d'outils
- III.5 : Chronogramme générale d'un programme Arduino
- III.6 : Interface de logiciel de simulation ISIS
- III.7 : barre de menu
- III.8 : Zone de travail
- III.9 : Sélecteur d'objet
- III.10 : Choix des composants.
- III.11 : Recherche d'un composant
- III.12 : Icône terminal
- III.13 : Activation de la simulation
- III.14: Schéma électrique du système sur Proteus
- III.15 : Connexion capteur dht11
- III.16: Connexion capteur MQ135
- III.17: Connexion capteur dht11.
- III.18 : Connexion de la pompe à eau.
- III.19 : Afficheur LCD
- III.20 : Organigramme de fonctionnement du système.
- III.21 : Image réelle du système lors du repos
- III. 22 : détection de flamme
- III. 23 : Message de détection de flamme
- III. 24 : détection de gaz

## Liste des figures

---

III. 25 : Message de détection de gaz

III. 26 : détection de flamme et de gaz

III. 27 : Message de détection de gaz et de flamme

**Liste des tableaux**

Tableau II.1 : Caractéristiques de la carte Arduino Uno

Tableau I.2: caractéristique du microcontrôleur ATmega328

Tableau II.2 : led d'indication

Tableau II.3 : Informations sur la Sim

Tableau II.4 : Caractéristiques d'afficheurs LCD

# **Résumé**

Le développement de la technologie a profondément transformé notre mode de vie, en ouvrant de nouvelles possibilités dans divers domaines, y compris celui de la surveillance et de contrôle, qui nous a permis de développer un système intelligent pour la surveillance des forêts contre les incendies, et de les contrôler afin de limiter leur dégât.

Notre système est basé sur l'électronique, il permet de surveiller un endroit précis (la température, l'humidité, la fumée et la flamme) et en cas de déclenchement d'un feu ou de la présence d'une fumée, une alerte sera envoyée vers un récepteur, suivi d'une irrigation de la zone avec de l'eau. On a eu besoin d'une carte Arduino Uno, un modèle GSM900a, une pompe à eau, ainsi qu'un ensemble de capteurs. Notre système doit être installé dans un endroit qui possède un fort réseau mobile

(GSM900a est une carte qui nécessite le réseau).

The development of technology has profoundly transformed our way of life, opening up new possibilities in various fields, including that of monitoring and control, which has enabled us to develop an intelligent system for monitoring forests against fires, and controlling them in order to limit their damage.

Our system is based on electronics, it monitors a precise area (temperature, humidity, smoke and flame), and if a fire breaks out or smoke is present, an alert will be sent to a receiver, followed by irrigation of the area with water. We needed an Arduino Uno board, a GSM900a model, a water pump and a set of sensors. Our system had to be installed in a place that had a mobile network (GSM900a is a card that requires the network)

لقد أحدث التطور التكنولوجي تحولاً عميقاً في أسلوب حياتنا، وفتح أمامنا إمكانيات جديدة في مختلف المجالات، بما في ذلك مجال المراقبة والتحكم، الأمر الذي مكّننا من تطوير نظام ذكي لمراقبة الغابات ضد الحرائق، والسيطرة عليها من أجل الحد من أضرارها  
يعتمد نظامنا على الإلكترونيات، فهو يراقب منطقة محددة (درجة الحرارة والرطوبة والدخان واللهب)، وفي حال اندلاع حريق أو وجود دخان، يتم إرسال تنبيه إلى جهاز استقبال، يتبعه ري المنطقة بالماء. احتجنا إلى لوحة آردوينو أونو ، ومضخة مياه ومجموعة من المستشعرات. كان لا بد من تركيب نظامنا في مكان يحتوي على GSM900a وطراز ، (هي بطاقة تتطلب الشبكة GSM900a) شبكة هاتف محمول

### Mot clés

GSM, Arduino, flamme, mq135, détection, alerte

# **INTRODUCTION GENERALE**

### **Introduction générale**

L'incendie forestier est un phénomène naturel qui représente aujourd'hui une problématique majeure à l'échelle mondiale, il peut avoir des conséquences dévastatrices sur les écosystèmes, la santé humaine et les infrastructures, par conséquent une détection rapide avec une intervention efficace permet de minimiser les dommages.

L'évolution technologique de nos jours permet de contrôler et de surveiller des objets physiques connectés à travers le réseau qui est omniprésent dans plusieurs domaines tels que la communication, l'automatique et l'électronique...etc.

Les systèmes de surveillances modernes permettant de détecter les feux à un stade précoce et de transmettre rapidement les informations aux autorités compétentes pour des interventions rapides et parmi ces technologies, on trouve l'utilisation de microcontrôleurs comme l'Arduino Uno avec un module de communication GSM qui est l'une des solutions qui surveille les incendies de la forêt.

Dans ce mémoire, nous présentons la conception d'un système de surveillance des incendies forestiers basé sur la carte Arduino Uno, le cerveau de notre réalisation qui reçoit et traite de l'information, le module GSM900a pour envoyer des alertes par SMS aux responsables de la gestion des incendies pour une action immédiate, d'un capteur DHT11 pour indiquer la température et l'humidité, d'un capteur MQ135 qui détecte de la fumée, d'un capteur KY-026 pour indiquer la flamme, d'un afficheur LCD pour visualiser les données collectés par ces capteurs, d'une pompe qui s'active pour propager de l'eau dans la zone et enfin deux leds qui s'allument en cas de détection de gaz et de la fumée.

Ce mémoire est composé de trois chapitres :

CHAPITRE I : Généralités sur les feux de forêts.

CHAPITRE II : La partie matérielle du projet.

CHAPITRE III : Conception et réalisation du projet.

Pour conclure, ce mémoire vise à démontrer comment une approche basée sur Arduino peut fournir une solution efficace pour la surveillance des incendies forestiers avec quelques Perspectives.

# **CHAPITRE I : Généralités sur les** **feux de foret**

## I Préambule

Les incendies ont toujours été une réalité dans les forêts du monde entier. Chaque année, des millions d'hectares de forêts sont ravagés par les flammes, entraînant d'énormes pertes en termes de bois, de biens, d'espaces de récréations et parfois même de vies humaines.

L'humain a développé des gestions pour protéger les forêts contre les incendies. Cette richesse naturelle dont l'équilibre se fragilise une fois rompu et qui demande d'énormes moyennes pour son rétablissement, alors ces gestions augmentent à mesure que les forêts, les terres boisées et les prairies subissent des pressions croissantes pour les produits et les loisirs qu'ils offrent. [1]

### I.1 Définition

#### I.1.1 Feu

C'est une émission simultanée de chaleur, de lumière et de flamme résultante de la combustion intense de certains matériaux tels que le bois, les feuilles, tapis d'herbe, etc.. [1]

#### I.1.2 Les incendies de forêt

Les incendies de forêt, également connus sous les noms de feux de brousse ou feux de broussailles, représentent des incendies d'une ampleur considérable et souvent incontrôlables, pouvant affecter à la fois les zones urbaines et rurales. Leur propagation peut être rapide, leur direction changeante et ils peuvent même se propager sur de longues distances, Ces incendies ont un impact immédiat et brutal sur le milieu naturel, mais aussi des conséquences à moyen et long terme, en fonction de leur fréquence, de leur taille et de leur répétition. [2]

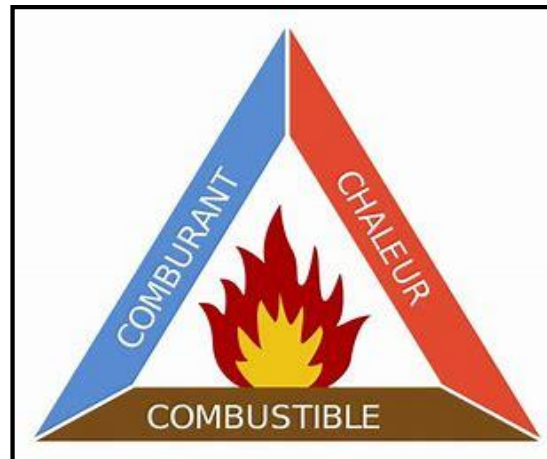


**Figure I.1** : Un gigantesque feu de forêt au Californie

### I.2 Mécanisme des feux de forêts (Triangle de feu)

Le triangle de feu est un concept utilisé pour décrire les trois éléments essentiels nécessaires pour qu'un feu se produit et persiste. Ces trois éléments sont le combustible, la chaleur et le comburant (l'oxygène).

Le combustible et l'oxygène existent en abondance dans la forêt, donc souvent l'élément, manquant pour compléter ce triangle est la chaleur. [3] [4]



**Figure I.2** : Triangle de feu

### I.2.1 Le combustible

Le combustible est la substance ou le matériau qui peut être brûlé pour produire le feu et il se divise en différentes catégories à savoir :

**Combustibles solides** : Les combustibles solides sont des matériaux sous forme solide qui laissent des braises comme par exemple : Bois, carton, papier, tissu, charbon etc. [3] [4]

**Combustibles liquides** : Ce sont des substances inflammables qui sont généralement sous forme liquide à température ambiante et qui peuvent être brûlées sans laisser de braises comme : essence, fuel, huile, paraffine etc. [3] [4]

**Combustibles gazeux** : ils se présentent sous forme de gaz à température et pression ambiantes : propane, butane, acétylène, hydrogène, méthane [3] [4].

**Combustibles métaux** : généralement, ils ne sont pas utilisés comme combustibles dans le sens traditionnel du terme, car leur point de fusion est généralement très élevé. Cependant, certains métaux, comme les métaux finement divisés, en poudre, filaments, poudre d'aluminium, laine d'acier, uranium, zinc, magnésium et sodium, peuvent être utilisés comme combustibles.

On peut conclure que la forêt tout entière est considérée comme un combustible potentiel [3] [4].

### I.2.2 L'énergie d'activation (La chaleur)

C'est l'élément déclencheur du feu, cela signifie qu'un matériau combustible commence à brûler, il doit d'abord absorber une certaine quantité de chaleur pour atteindre ce seuil d'énergie d'activation. Une fois que cette énergie est fournie, la réaction de combustion peut commencer et se propager si les autres conditions nécessaires sont également remplies (l'oxygène et la présence d'un combustible).

D'autres mécanismes qui permettent également de fournir de l'énergie d'activation nécessaire, tels que l'électricité, le rayonnement ou la pression. Dans tous les cas l'augmentation de la température reste un moyen commun d'atteindre ce seuil d'énergie.

Quelques exemples d'énergie d'activation : mécanique due au frottement, électricité (foudre, électricité statique), chimique, biochimique et solaire [3] [4].

### I.2.3 Comburant (L'oxygène)

Un comburant est une substance liquide, gazeuse ou solide, qui réagit avec un combustible lors d'une réaction de combustion. L'oxygène est le comburant le plus courant dans les réactions de combustion, mais d'autres substances peuvent également jouer ce rôle, comme le dioxyde d'azote, le peroxyde d'hydrogène, chlore, eau oxygénée, acide nitrique, oxylythe, acide sulfurique, nitrate de potasse, chlorates, perchlorates etc. En général, le comburant fournit l'élément oxydant nécessaire pour que la réaction de combustion se produise [3] [4].

### I.3 Développement d'un incendie

Au début d'un incendie, la température dans la zone concernée commence à augmenter progressivement. Une fois que la température atteint un seuil critique, généralement 200°C une autre phase démarre pendant laquelle la température augmente rapidement jusqu'à environ 800°C, déclenchant ainsi un embrasement généralisé.

A ce stade, le contenu de la zone est irrémédiablement perdu, marquant le début d'une troisième phase critique. Durant laquelle il faut empêcher que le feu se propage aux zones voisines. [4]

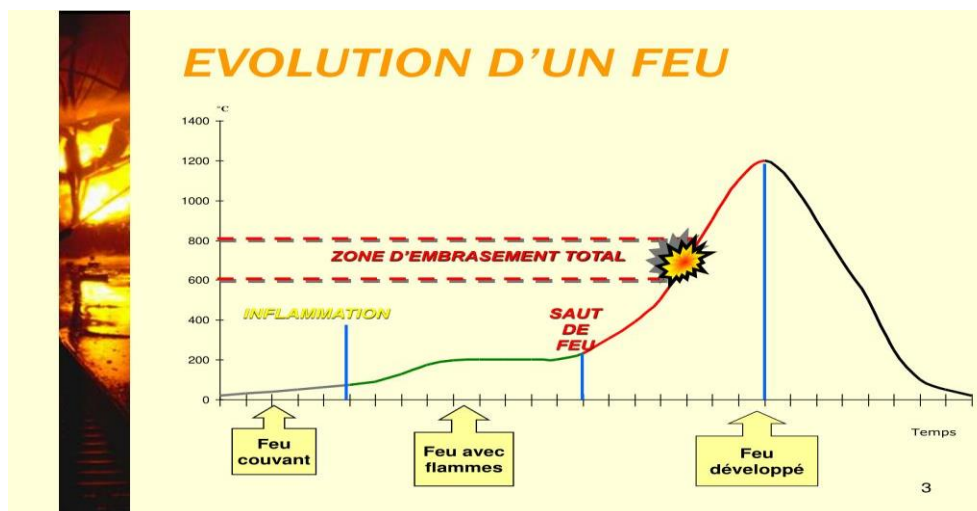


Figure I.3 : Développement d'un incendie

### I.4 Les types d'incendies

Il existe plusieurs types de feux de forêt. Ils peuvent être classés en fonction des caractéristiques de la végétation et des conditions climatiques dans lesquelles ils se développent [5].

### **I.4.1 Feux de sol**

Les feux de sol brûlent la matière organique présente dans le sol pour servir de combustible. Ils ne sont pas très virulents [5], ils détruisent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières dont les dégâts sont importants avec une difficulté d'éliminer les feux totalement [5], même si leur vitesse de propagation reste faible (les systèmes souterrains de la végétation sont complètement détruits) [6].



**Figure I.4** : feux de sol.

### **I.4.2 Feux de surface**

Ce sont des feux qui touchent les parties inférieures de la végétation [6] qui sont utilisées comme combustible et se propagent généralement par rayonnement ou convection et affectent principalement la garrigue ou les landes [7], bien que leur vitesse de propagation puisse être plus rapide en présence de vent et de relief [5].



**Figure I.5** : Feux de surface

### **I.4.3 Feux de cimes**

Les feux de cimes sont des incendies qui se propagent et atteignent les parties supérieures des arbres et forment une couronne de feu [7], ces derniers libèrent de grandes

quantités d'énergie [5] avec une vitesse de propagation très rapide et ils sont difficiles à contrôler [6] ce qui les rendent particulièrement dangereux.



**Figure I.6** : Feux de cime

## **I.5 Les différentes formes de feux de forêts**

Le feu peut prendre différentes formes, chacune étant conditionnée par les caractéristiques de la végétation [8], la nature des combustibles, la direction et de l'intensité du vent [9]. La forme d'un feu peut nous aider à identifier la direction et le sens de sa propagation. Donc, il est important de connaître les formes d'un feu afin d'étudier et de trouver des solutions pour arrêter cette propagation [8].

### **I.5.1 Forme circulaire**

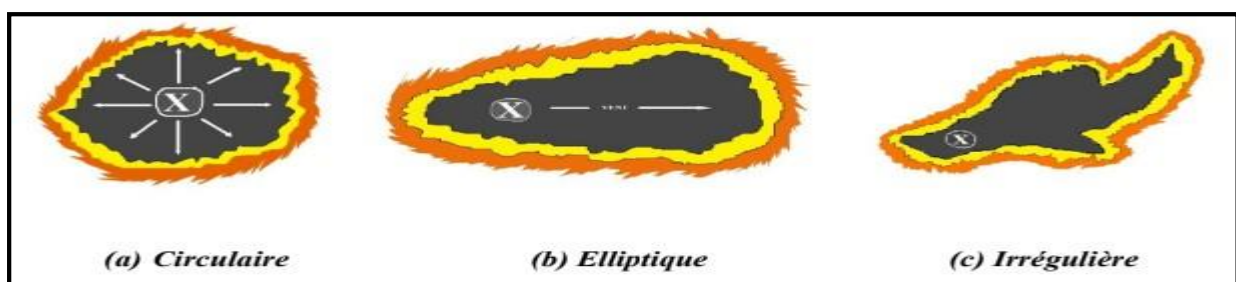
On parle de la forme circulaire d'un feu, lorsqu'on est sur un terrain plat [8] sans vent et dans un peuplement homogène, le feu progresse dans toutes les directions. [9]

### **I.5.2 Forme d'une ellipse allongée**

Le feu prend la forme d'une ellipse allongée lorsque, on est dans les mêmes conditions de terrain et de végétation, mais subissant l'action du vent, Le feu alors progresse dans la direction contraire du vent [8].

### **I.5.3 Forme irrégulière**

Le feu prend une forme irrégulière sur un terrain accidenté en montagne et dans les pentes. [8] [9].



**Figure I.7** : Formes des feux [8]

## **I.6 Les facteurs favorisant le risque de feux de forêt**

### **I.6.1 Structure et composition de la végétation**

Certaines formations végétales sont plus sensibles aux feux que d'autres ; leur vulnérabilité ou leur résistance dépendent de nombreux facteurs, tels que la structure du peuplement forestier [10] (qui évolue avec l'âge), son aptitude à couvrir le sol (très variable selon les essences forestières), les vitesses de croissance des espèces constitutives, leur inflammabilité, leur résistance au passage du feu et de leur aptitude de reconquête après incendie.

### **I.6.2 Le relief**

Les conditions situationnelles telles que la topographie, notamment la présence de pentes doivent également être prises en compte dans l'appréciation de l'aléa car peut influencer la propagation des incendies [10].

### **I.6.3 Les conditions météorologiques**

Les conditions météorologiques telles que la température, le degré d'humidité de l'air, l'historique des précipitations et le vent influencent fortement la sensibilité de la végétation aux feux. En effet, des températures élevées, des vents violents et un déficit hydrique de la végétation constituent un terrain extrêmement favorable à l'éclosion et à la propagation des feux de forêt [10].

### **I.6.4 Les facteurs humains**

L'évolution de l'occupation du sol qui conduit depuis plusieurs décennies à l'augmentation de l'interface habitat/forêt, accroît considérablement le risque d'incendies de forêt.

De l'interpénétration des espaces végétalisés et urbanisés (phénomène de mitage urbain) et souvent du manque d'entretien des coupures naturelles de combustibles. Les nombreuses activités humaines telles que les travaux agricoles ou forestiers, les transports, les loisirs en contact avec ces espaces naturels, contribuent au déclenchement des incendies de forêt, ainsi les interfaces habitat/forêt peuvent être perçues à la fois comme vulnérables au feu et comme sources d'aléa [10].

## **I.7 Les causes des incendies forestières**

Deux facteurs majeurs sont déterminants pour qu'un incendie de forêts se produit à savoir la source de chaleur (mis à feu) et la capacité de propagation du feu jusqu'à son évolution en grand incendie.

L'origine de l'incendie peut faire l'objet d'une classification simple en fonction de sa cause qui peut être réparties en 4 catégories [11].

### **I.7.1 Les causes naturelles**

Les feux de forêt sont causés par plusieurs facteurs, les plus courants sont la foudre qui peut enflammer la végétation sèche lors de l'orage sec, une éruption volcanique ou des conditions météorologiques sans oublier le réchauffement climatique intensif qui est à l'origine fréquente de ces événements [6].

### **I.7.1.1 La chaleur et la sècheresse**

Ces facteurs impactent la sensibilité de la végétation au feu de forêt grâce à la température élevée et à la faible humidité qui rendent la végétation plus sèche avec une quantité d'eau minimale dans le sol. Dans ces conditions la moindre étincèle peut donner lieu à un incendie [6], la raison pour laquelle les incendies de forêt sont plus fréquents pendant les mois d'été.

### **I.7.1.2 Absence de pluie**

L'absence de pluie engendre la hausse des températures qui peuvent augmenter considérablement le risque et la propagation d'un incendie rapidement dont la vitesse dépend de la force du vent, du type de végétation et de la nature des sols. Ces derniers peuvent être à l'origine de nouveau départ de feux parfois à plus d'un kilomètre de l'incendie [6].

## **I.7.2 Les causes humaines**

Les activités humaines sont responsables d'une part importante d'incendie forestier. Les feux peuvent être créés intentionnellement ou involontairement ou bien sont provoqués par des négligences, de l'imprudence de la population ainsi que les comportements dangereux de la part des touristes comme des riverains qui sont principalement à l'origine de ces catastrophes. [6].

### **I.7.2.1 Les causes involontaires liées à l'humain**

Les incendies forestiers d'origine humaine sont causés par des actes de malveillance des individus qui peuvent rapidement se transformer en catastrophe [12]. Parmi ces causes, on retrouve les mégots de cigarette, les barbecues, les feux de camp non surveillés et des objets incandescent [6], qui mettent en péril l'écosystème [12].

### **I.7.2.2 Les causes involontaires liées aux travaux**

Vu l'activité économique, il convient de noter que les activités forestières agricoles et industrielles peuvent créer des paysages plus sujet aux incendies [12].

### **I.7.2.3 Les causes accidentelles**

Les incendies de forêt peuvent être déclenchés par diverses causes accidentelles. Les plus courantes, la ligne électrique endommagées qui peuvent provoquer des arcs électriques et des étincelles, les véhicules dont les systèmes d'échappement sont mal entretenus ou surchauffée, les chemins de fer et les dépôts d'ordure. Ces dernières peuvent entraîner des incendies par accident mettant en danger les zones forestières [12].

### **I.7.2.4 Les causes volontaires**

Les incendies volontaires sont généralement les plus importants car l'homme est à l'origine quand il met le feu par plaisir ou par jeu qui est une forme de pyromanie. Le feu peut également servir de moyen de se venger après un conflit avec l'administration (chasseurs) ou un voisin, ou encore une exclusion sociale (ouvriers licenciés) ou pour des motifs économiques et politiques. Dans le but de faire baisser le prix du bois par exemple, Dans d'autres régions, les incendies sont déclenchés afin de faire fuir les animaux nuisibles [8].

## **I.8 Conséquences des incendies**

Les incendies de forêt peuvent avoir des effets dévastateurs sur l'environnement. Ces conséquences sont nombreuses et de grande envergure.

### **I.8.1 Impact sur la biodiversité**

Les incendies font partie intégrante de la dynamique naturelle de la régénération de certains écosystèmes car ils facilitent le renouvellement de certaines espèces végétales [5]. Les feux de forêt peuvent détruire tous les habitats ou une partie entraînant la perte d'espèces animales et végétales sur son passage seuls quelques grands mammifères et certains oiseaux parviennent à s'enfuir [6], réduire la matière organique et amorcer le processus d'érosion des sols [5] et favorisent la prolifération de parasites qui peuvent détruire des forêts entières [6]. Les feux entraînent une homogénéisation du milieu et font peser une forte menace sur des espèces rares ou très localisées [5].

### **I.8.2 La dégradation de la qualité d'air**

Les incendies de forêt peuvent dégrader considérablement la qualité d'air en raison de la fumée qu'ils produisent car une combustion complète émet principalement du dioxyde de carbone, de plus faibles quantités des oxydes d'azote du dioxyde de soufre et des cendres. Ces effets entraînent des risques majeurs pour la prévention et la pollution de l'environnement [5] ainsi de mettre en péril la santé humaine sans oublier les particules qui se déposent sur la surface de la terre impactant les écosystèmes naturels et les terres agricoles [6].

### **I.8.3 Dégradation des sols**

Après un incendie, les sols exposés sont plus vulnérables à l'érosion, ce qui peut provoquer des glissements de terrain ou des inondations lors des pluies [13].

### **I.8.4 L'économie locale**

Les feux déclenchés à moins de 50 mètres des habitations et de toutes infrastructures, bien qu'il soit difficile de chiffrer les pertes économiques [6], les feux détruisent des biens, réduisent la valeur des terres [13] et les campings qui ne sont pas en mesure d'accueillir les touristes dans ces forêts [6].

### **I.8.5 Impact sur la santé Mentale**

Les effets des feux de forêt sur la santé mentale sont également une préoccupation majeure. Les évacuations inattendues peuvent être traumatisantes, mettant ainsi les habitants dans des situations de stress élevé pendant de longues périodes ce qui peut entraîner des répercussions importantes sur la santé mentale [14].

## **I.9 Méthodes de lutter contre les incendies de forêts**

### **I.9.1 Aménagements des forêts contre les incendies**

L'aménagement des forêts est un processus crucial qui vise à gérer et à préserver les ressources forestières de manière durable et cela avec des actions et des travaux à l'intérieur de la forêt tel que :

- a. **Les points d'eau** : L'eau représente le principal moyen d'éteindre les feux de forêt, jouant un rôle vital dans la préservation des végétaux, des animaux et des êtres humains. La présence de points d'eau en périphérie ou au cœur des zones boisées améliore

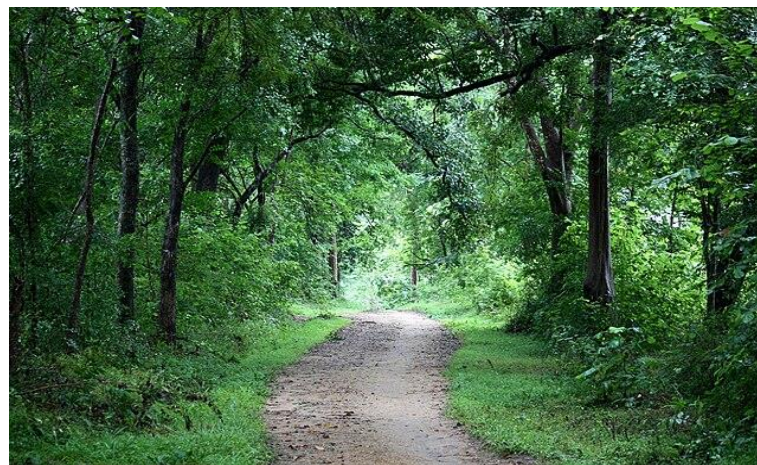
considérablement l'efficacité des opérations de lutte contre les incendies. Toutefois, la densité et la capacité des points d'eau fluctuent en fonction des caractéristiques propres à chaque région [1].



**Figure I.8** : Point d'eau à la forêt

b. **Infrastructures routières** : L'infrastructure routière est un outil indispensable dans la prévention des incendies forestiers. Elle offre une protection essentielle aux forêts menacées et facilite la régénération des zones boisées ravagées par le feu. Ces voies d'accès facilitent la surveillance des forêts et permettent aux sapeurs-pompiers d'intervenir rapidement sur un feu en utilisant leurs moyennes mécaniques de transport et de lutte. Il existe deux types de voies [1] à savoir :

1. **Pistes forestières** : Les pistes forestières sont des voies de circulation aménagées à travers les forêts pour faciliter l'accès aux zones forestières pour les véhicules de pompiers et d'autres équipements spécialisés, permettant aux équipes de se rendre rapidement sur les lieux de l'incendie pour le combattre mais en période humide ces pistes peuvent être incertaine (difficulté d'accès, risque de glissement de terrain) [1].



**Figure I.9** : Une piste forestière

2. **Routes forestières** : Les routes forestières, tout comme les pistes forestières, sont des voies de circulation aménagées à travers les zones forestières. Cependant, les routes forestières sont généralement plus larges et plus robustes que les pistes car elles permettent des déplacements plus rapides et sécurisés que les pistes [1].



**Figure I.10** : Une route forestière

- c. **Débroussaillage** : Le débroussaillage est une pratique de gestion des zones boisées qui vise à réduire le combustible végétal susceptible de contribuer à la propagation des incendies. Cela permet également de faciliter l'accès des équipes de lutte contre les incendies et d'améliorer la sécurité des personnes et des biens dans les zones à risque d'incendie [1].



**Figure I.11** : Débroussaillage dans une zone forestière

### **I.9.2 Améliorer la résilience des forêts**

La résilience est la capacité d'une forêt de supporter (absorber) les pressions externes et de retrouver, avec le temps, son état original après avoir subi des perturbations. Sur une période de temps appropriée, l'écosystème forestier résilient est capable de préserver son « identité » sur le plan de sa composition taxonomique, sa structure, ses fonctions écologiques et le rythme de ses processus [15].

### **I.9.3 Respecter les plans de prévention du risque incendie de forêt (PPRIF)**

Le PPRIF est un plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) ciblant les risques d'incendies de forêts, il s'agit d'un dispositif mis en place par l'État dans le but de prévenir les incendies forestiers et d'en limiter les conséquences néfastes. Le PPRIF a pour objectif principal de protéger les personnes et les biens contre les risques d'incendie de forêt.

Il a également pour but de préserver l'environnement et la biodiversité en limitant les dégâts causés par ces catastrophes naturelles. En identifiant les zones à risques et en déterminant les mesures à prendre pour les protéger. Le PPRIF vise à réduire les dommages causés par les incendies de forêt et à assurer la sécurité des populations vivant dans ces zones [16].

### **I.9.4 Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES)**

Un feu de forêt peut être provoqué par les effets du réchauffement climatique, lui-même engendré par une forte concentration de GES dans l'atmosphère. Ils convient donc de réduire nos émissions de gaz à effet de serre [6] [13].

## **I.10 Systèmes de préventions**

### **I.10.1 Définition**

Détecter le feu tôt, alors qu'il est encore faible, rendra son contrôle plus facile et plus sûr. La lutte préventive regroupe toutes les actions prise avant qu'un incendie ne se déclare, visant à diminuer les risques d'incendie dans les zones forestières, à détecter rapidement les départs de feu et à intervenir efficacement pour limiter les dégâts et à limiter sa propagation.

Ces systèmes comprennent : la surveillance et la détection précoce des incendies, l'aménagement du territoire pour réduire les risques, l'entretien des forêts pour limiter la propagation potentielle des incendies, l'éducation et la sensibilisation du public, l'infrastructure de lutte contre l'incendie, la surveillance continue et une intervention rapide en cas d'incendie.

En générale les systèmes de prévention des incendies de forêt visent à minimiser les pertes humaines, économiques et environnementales associées aux incendies de forêt [17].

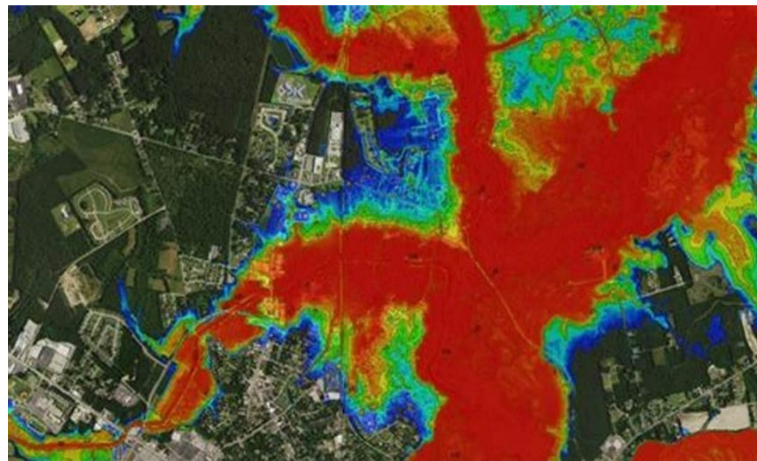
### **I.10.2 Technologie et méthodes cruciale pour une intervention rapide**

La détection précoce des incendies de forêt revêt une importance capitale pour préserver les écosystèmes, protéger les communautés et limiter les dommages causés par ces évènements catastrophiques.

Il existe différentes technologies et méthodes utilisées pour repérer rapidement un feu de forêt, permettant ainsi une intervention rapide et efficace [17] à savoir :

- **Surveillance par Satellite :** Les satellites occupent une position centrale dans la surveillance des incendies de forêt à l'échelle mondiale. Equipés de capteurs

spécialisés, ils peuvent identifier les variations de températures, les émissions de gaz et la présence de fumée. Les images en temps réel fournies par ces satellites permettant aux autorités de surveiller de vastes étendues forestières et de détecter rapidement les débuts d'incendies [17].



**Figure I.12** : Image satellitaire de forêt

- **Drones de Surveillance** : Les drones dotés de caméras infrarouges et de capteurs spécialisés sont aujourd'hui des outils essentiels pour repérer précocement les départs de feu en forêt. Leur déploiement rapide, même dans des zones peu accessibles. Grâce à leur vue aérienne détaillée, ces drones peuvent détecter les indices de combustion, ce qui permet à une intervention rapide [17].



**Figure I.13** : Drones utilisés dans la lutte contre les incendies de forêt

- **Systèmes d'Intelligence Artificielle** : Avec les récentes technologies artificielles, il est désormais possible de recueillir les informations nécessaires plus rapidement et plus efficacement et de les traiter pour donner des algorithmes sophistiqués, il devient donc possible de repérer des schémas et des signaux caractéristiques des départs de feu. Cette approche améliore considérablement la précision de la détection tout en réduisant les erreurs de détection [17].

- **Réseaux de Capteurs au Sol :** Les réseaux de capteurs déployés au sol surveillent les conditions environnementales en mesurant des éléments comme l'humidité, la température et la densité de la végétation. Dès qu'une variation inhabituelle est détectée, le système déclenche des alertes signalant la possible présence d'un début d'incendie forestier [17].



**Figure I.14 :** Capteur de détection précoce thermique d'incendie de forêt

- **Observations Visuelles :** La surveillance visuelle des forêts est une méthode traditionnelle mais efficace consiste à observer attentivement les zones boisées par les gardes forestiers, les patrouilles aériennes et les résidents locaux dont l'objectif est de détecter rapidement tout début d'incendie afin de pouvoir prendre des mesures d'intervention précoces et limiter les dommages causés par les feux de forêt [17].



**Figure I.15 :** Moyens visuelles de détection de feux de forêt

## I.11 Moyens d'aide à l'extinction des feux

### I.11.1 Avion bombardier ou avion citerne

Les aéronefs à citerne sont souvent essentiels à la maîtrise des incendies de forêt. Il est important pour les décideurs en matière de gestion des incendies de comprendre les

performances de chaque type d'aéronef à citerne dans diverses situations d'incendie de forêt [18] où chaque avion bombardier a un réservoir d'eau.



**Figure I.16** : Avion à citerne

### **I.11.2 Seau pomp dorsal**

Sac à dos d'extinction utilisé par les -pompiers pour pouvoir maîtriser les premières braises en milieu forestier, il est Composé d'une poche intérieure imperméable, d'une poche extérieure et d'une lance... Grâce à son poids et son plastique rigide, ce seau pompe permet d'être facilement transportable et maniable [19].



**Figure I.17** : seau pompe dorsal

### **I.11.3 Claie de portage EPI-HI1181**

Fabriqué en aluminium et en textile, avec une mousse haute densité spéciale pour les charges lourdes et une ceinture abdominale avec système de démontage rapide [18]. Il est constitué de sections de tuyaux d'incendie qui peuvent être transportées sur une claie pour acheminer de l'eau depuis une source jusqu'au site de l'incendie. Ces tuyaux sont essentiels pour alimenter les lances à incendie et les équipements d'extinction, de petites pompes portatives transportées sur la claie pour aspirer de l'eau d'une source proche, comme une rivière ou un étang afin de le propulser vers les endroits nécessaire et du Matériel d'extinction qui

peut inclure des outils tels que des pelles, des pioches et des haches qui sont utilisés pour créer des lignes de coupe, éliminer la végétation combustible et empêcher la propagation du feu [20].



**Figure I.18** : Claie de portage

### **Discussion**

Dans ce chapitre, nous avons donné les différentes définitions nécessaires pour comprendre un feu de forêt, nous avons également présenté les causes, la prévention et les moyens de lutter contre les feux de forêt afin de préserver au maximum notre écosystème.

## **CHAPITRE II : La partie matérielle** **du projet**

## II Préambule

Nous nous intéressons dans ce chapitre à la description des composants matériels dont nous avons besoin pour la réalisation de notre système d'alerte et de détection des incendies forestiers. Les composants incluent une carte Arduino et un module Gsm avec différents capteurs.

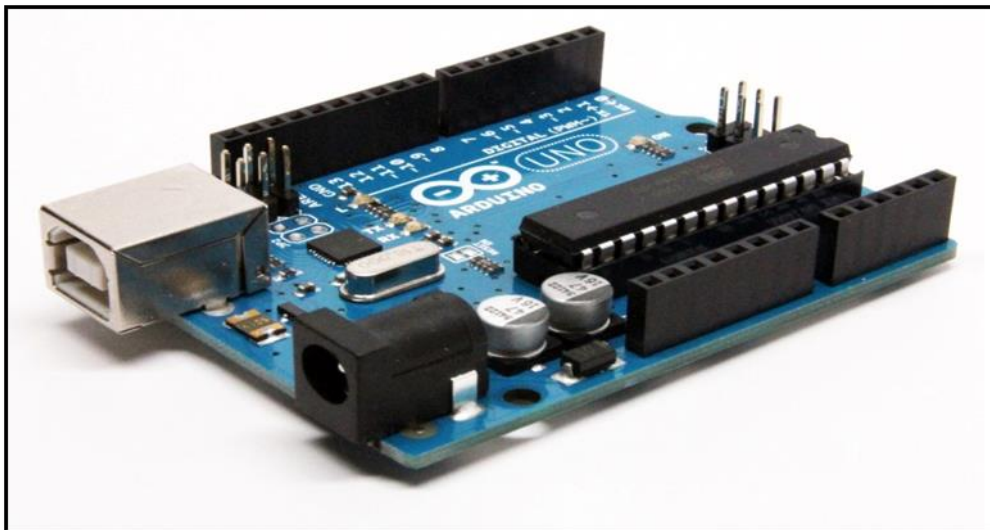
### II.1 La carte Arduino UNO

#### II.1.1 Présentation de la carte

Arduino Uno est un microcontrôleur programmable constitué d'une carte électronique et d'un environnement de programmation qui permet de contrôler des éléments mécaniques : systèmes, lumière, moteurs, etc.

Cette carte offre à son utilisateur de programmer facilement et de créer des mécanismes automatisés sans avoir de connaissances particulières en programmation. Il est un outil pensé et destiné aux inventeurs, artistes ou amateurs qui souhaitent la création de leur propre système automatique.

Arduino est largement employé dans une multitude d'applications couvrant des domaines variés tels que l'électrotechnique industrielle et embarquée, systèmes de surveillance, la domotique, ainsi que des secteurs aussi divers que l'art contemporain et le contrôle de robots. Ses utilisations incluent la commande de moteurs, la création de jeux de lumière, la communication avec les ordinateurs, et le contrôle d'appareils mobiles [21].



**Figure II. 1** : Carte Arduino UNO

### II.1.2 Caractéristiques de la carte Arduino Uno

Microcontrôleur	ATmega 328
Tension d'alimentation interne	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	De 7 à 12V
Entrées/sorties numériques	14 dont 6 sorties PWM
Entrées analogiques	6
Courant max par broches E/S	40 mA
Courant max sur sortie 3,3V	50mA
Mémoire Flas	32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader
Mémoire SRAM	2 KB
Mémoire EEPROM	1 KB
Fréquence horloge	16 MH

Tableau I.1 : Caractéristiques de la carte Arduino Uno

### II.1.3 Les différents composants de la carte Arduino Uno

La carte Arduino uno contient plusieurs parties comme le montre la figure II.2.

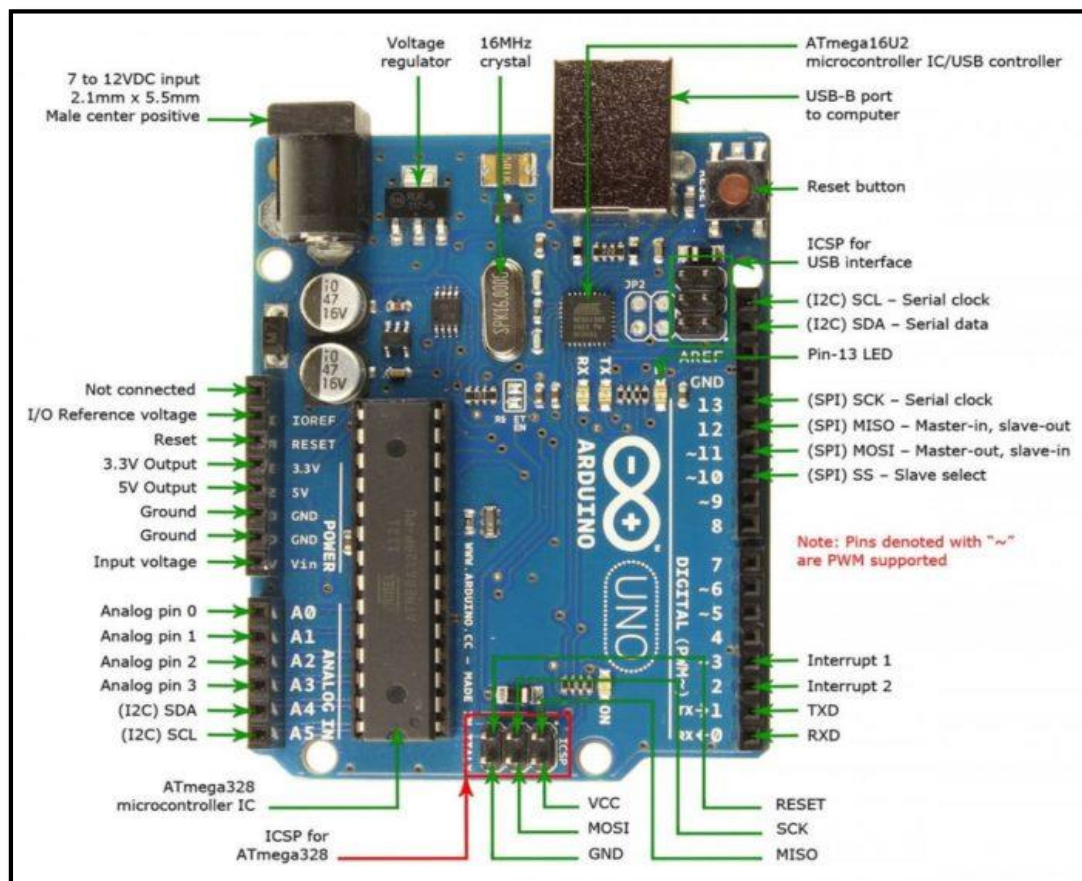


Figure II. 2 : Les différents composants de la carte Arduino UNO.

### II.1.3.1 Le Microcontrôleur ATmega328

#### a.1 Description

Le microcontrôleur ATmega328 est un circuit intégré créé par Atmel de la famille AVR 8bits, il combine plusieurs composants essentiels dans une seule puce. Aujourd'hui grâce à des avancées significatives, on peut intégrer dans un petit boîtier noir un grand nombre de composants encombrants comme des transistors, des condensateurs et des résistances tous munis d'un certain nombre de broches. De plus sa programmation peut s'effectuer en langage C. [21]

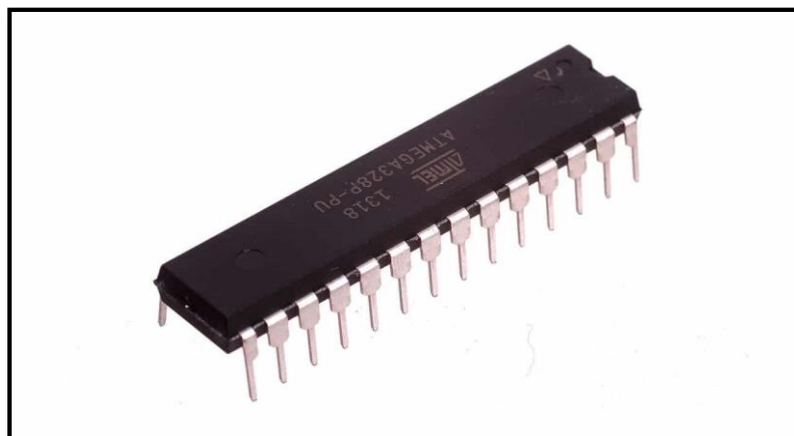


Figure II.3 : Microcontrôleur ATmega328[21].

Le microcontrôleur ATmega328 combine plusieurs composants essentiels qui ont chacun une fonction bien déterminée tels que :

Un processeur : Le cœur de calcul qui exécute les instructions. Dans le cas de l'ATmega328, il s'agit d'un processeur AVR 8 bits.

Une mémoire EEPROM : Une mémoire non volatile utilisée pour stocker des données même lorsque le microcontrôleur est éteint. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme. Sa capacité est de 1 ko.

Une mémoire SRAM : La mémoire vive utilisée pour le stockage temporaire de données et de variables lors de l'exécution du programme car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est de 2 ko.

Une mémoire Flash : La mémoire de programme où sont stockées les instructions à exécuter. L'ATmega328 dispose généralement de 32 ko de mémoire flash.

Interfaces de communication : Des ports pour la communication avec d'autres périphériques.

Broches d'entrée/sortie : Des broches qui permettent au microcontrôleur d'interagir avec le monde extérieur, par exemple pour lire des capteurs ou contrôler des actionneurs.

### a.2 Caractéristiques [1]

Vitesse de processeur	16MHz
Taille de la mémoire Flash	32 Ko
Taille de la mémoire EEPROM	1 Ko
Taille de la mémoire SRAM	2 Ko
Ligne d'E/S à usage général	23
Tension d'alimentation min	1,8 V
Tension d'alimentation max	5,5 V
Type d'interface embarquée	I2C, SPI, UART
Registre à usage général	32
Architecture	AVR 8 bits

TableauII.2: caractéristique du microcontrôleur ATmega328

### a.3 Principe de fonctionnement

ATmega328 dispose de 28 broches :

- 1: Reset: C'est pour la réinitialisation.
- 2 : Entrées/Sorties numérique réservé pour RX (la réception).
- 3 : E/S numérique réservé pour TX (la transmission).

7 et 20 : L'alimentation (5v).

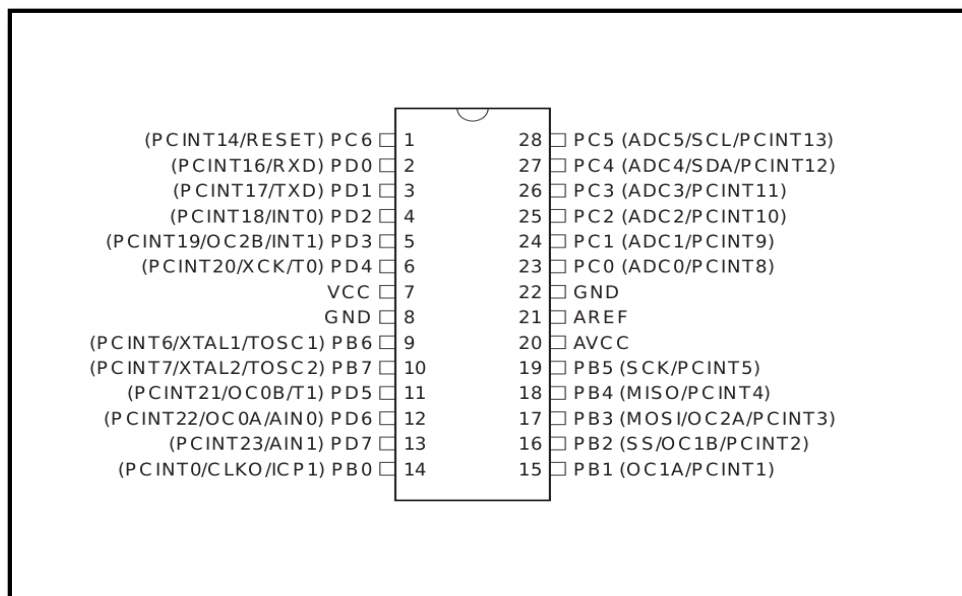
8 et 22 : La masse.

9 et 10 : Crystal

2-3-4-5-6-11-12-13-14-15-16-17-18-19 : Entrées /sorties numérique.

21 : AREF (Reference Voltage).

23-24-25-26-27-28 : Des entrées analogiques. [21]



**Figure II.4** : Brochage de l'ATmega 32

Les types d'alimentation de la carte Arduino UNO :

Nous avons 3 possibilités pour alimenter la carte (qui demande 5volts) :

**Vin** : La broche "Vin" sur la carte Arduino Uno est une entrée permettant d'alimenter la carte avec une tension externe régulée par un régulateur de tension (pour avoir une tension qui est de 5V).

**5V** : On l'appelle aussi la tension régulée utilisée pour alimenter le microcontrôleur et les périphériques connectés aux broches numériques et analogiques de la carte Arduino, le 5V régulé fourni par cette broche peut être obtenu à partir de la tension appliquée à la broche VIN à travers le régulateur intégré sur la carte ou bien de la connexion USB ou de toutes sources d'alimentation régulée.

**3.3V**: une sortie régulée qui fournit une tension de 3,3V par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega), elle est utilisée pour alimenter des composants qui nécessitent une tension de 3,3V, tels que certains capteurs, modules de communication sans fil, etc. [21] [22]

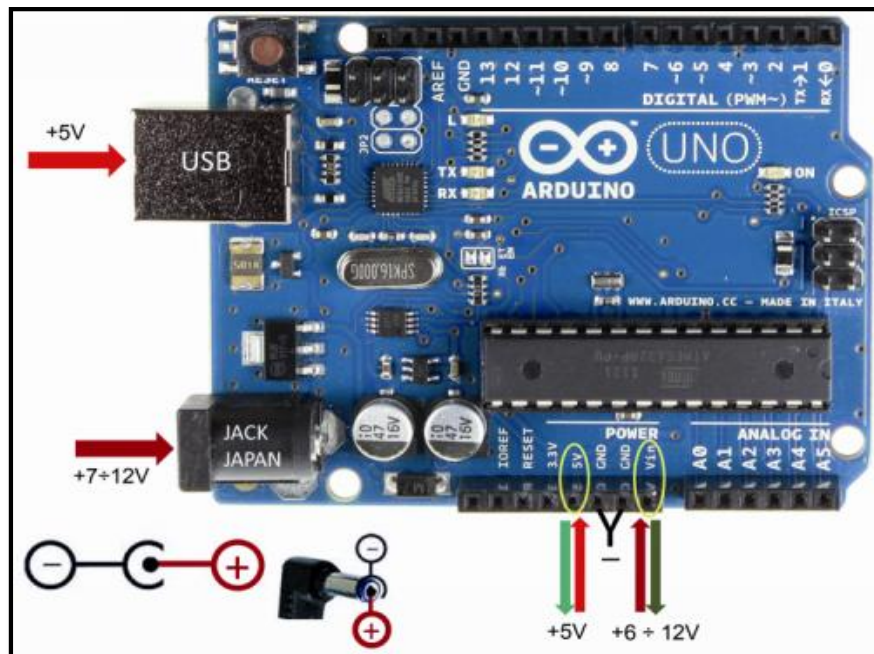


Figure II.5 : Alimentation de la carte Arduino Uno

### II.1.3.2 Les entrées /sorties de la carte

#### II.1.3.2.1 Les E/S numériques

Les broches numérotées de 0 à 13 sont les entrées/sorties numériques fonctionnent en 5V. Certaines d'entre elles peuvent également être utilisées en sortie PWM (les broches 3-5-6-9-10-11 Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analogWrite). [21] [23]

#### II.1.3.2.2 La ligne série

Ce sont les deux broches TX et RX qui correspondent respectivement à la ligne d'émission et de réception série. Cette ligne série est utilisée pour communiquer avec un ordinateur ou d'autres périphériques série (WIFI, BLEUTOOTH) [21] [23]

#### II.1.3.2.3 Le bus I2C (Broches 4 et 5)

C'est un bus qui permet la communication avec d'autres périphériques qui ont ce bus ou bien une autre carte Arduino [21] [23]

#### II.1.3.2.4 Le bus SPI (Broches 10-11-12-13)

C'est un bus de communication destiné à dialoguer avec les circuits périphériques, il est bidirectionnel et son débit de communication est plus important que I2C. [21] [23]

#### II.1.3.2.5 La LED

Il y a une LED connectée à la broche 13.

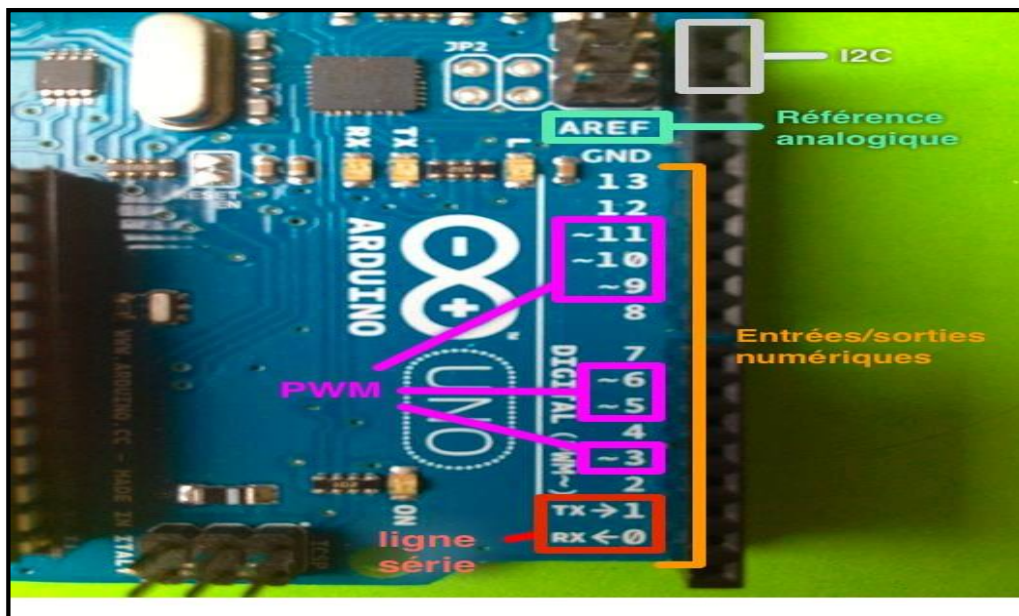


Figure II.6 : Les E/S numériques

### II.1.3.3 Entrées analogiques

Les Arduino sont pourvus de 6 entrées, pour l'Uno (de 0 à 5), chaque broche peut fournir une résolution de 10bits. C'est à dire qu'il convertit la tension en un nombre entier ayant une valeur de 0 à 1023, 0 correspond au 0V et 1023 correspond à 5V. [21] [23]

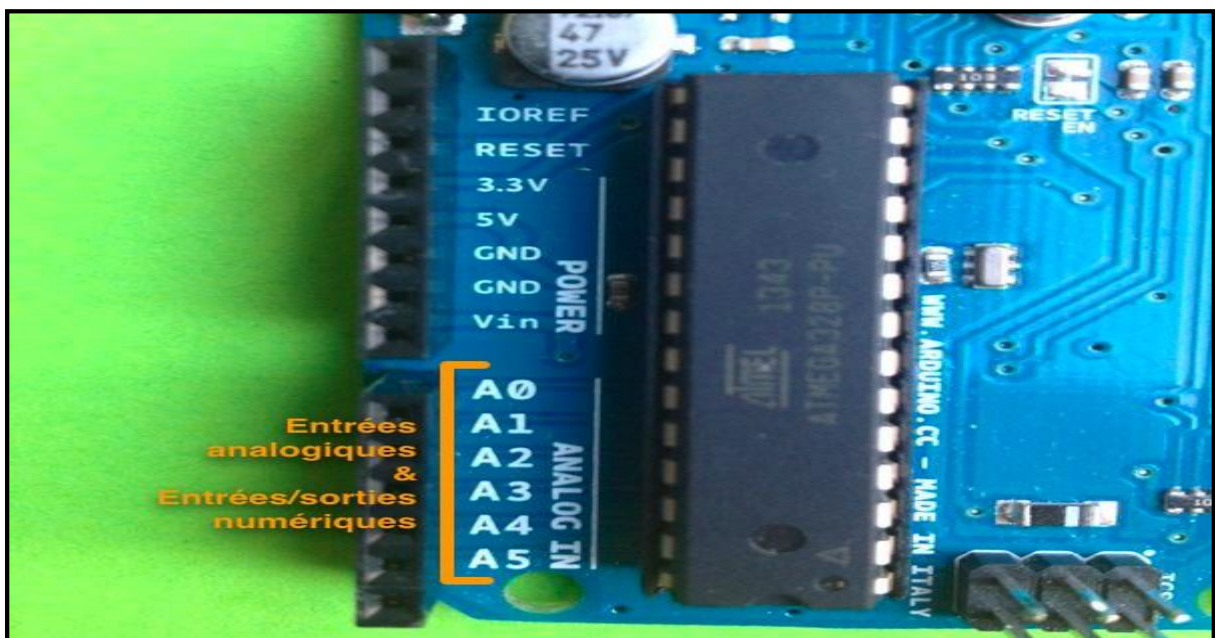


Figure II.7 : Les Entrées analogiques

## II.2 GSM SIM 900

### II.2.1 Définition

Le modem SIM900A est construit avec le modem SIM900A double bande de SIMCOM [24]. Le module permet une communication cellulaire qui se concentre sur la technologie GSM (2G). Il est utilisé pour la transmission de données, les appels vocaux et les SMS (messages textes) via les réseaux GSM [25].

Le modem Sim 900A est un module sans fil ultra compact et fiable. Il s'agit d'un module GSM/GPRS complet de type SMT conçu avec un processeur mono puce très puissant intégrant le cœur AMR926EJ-S, qui permet de bénéficier de petites dimensions et de solutions économiques.



**Figure II.8** : Carte GSM

Le module peut être contrôlé via les commandes AT, avec un débit en bande de communication de 1200bps à 115200bps [24].

### II.2.2 Caractéristiques

- Doublebande900/180MHZ.
- GPRS multi-slot classe 10/8Station mobile GPRS classe B.
- Contrôle à l'aide de commande AT :
  - a- Commande standard : GSM 07.07et 0.5
  - b- Command tendue : SIMCOM AT commande
- Plage de tension d'alimentation : 5V.
- Faible consommation électrique : 1,5mA (mode veille).
- Transmission : voix, données et sms.
- Antenne : externe par connecteur MMCX.
- Lecture de carte Sim : intégré au module.
- Dimensions : 24\*24\*3 mm
- Poids : 3,4 g.
- Température de fonctionnement : -40°C à +85°.

- Conforme à la phase GSM 2/2+ – Classe 4 (2 W à 900 MHz) – Classe 1 (1 W à 1 800 MHz) [24] [26].

### II.2.3 Présentation du bouclier

Le bouclier est conçu pour entourer la puce Sim 900 A de tout le nécessaire pour s’interfacer avec Arduino [26].

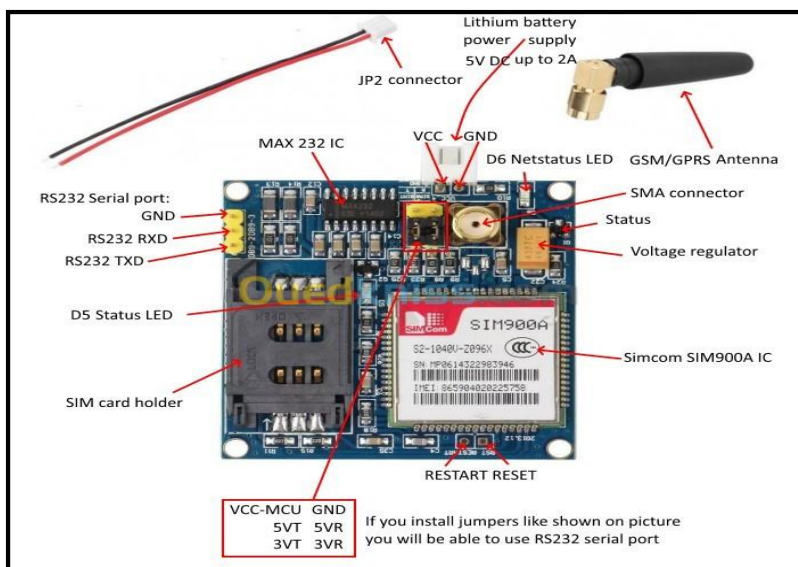


Figura II.9 : Bouclier GSM

#### II.2.3.1 Indicateur d’état de led

Il y a trois leds sur le module GSM 900 A qui indiquent la connectivité ou l’état de l’alimentation. on observant ces leds, nous pouvons obtenir un retour visuel sur ce qui se passe avec le bouclier [26].

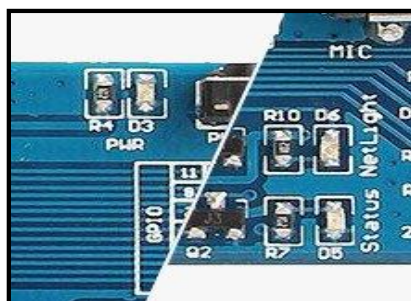


Figure II.10 : Led d’indication

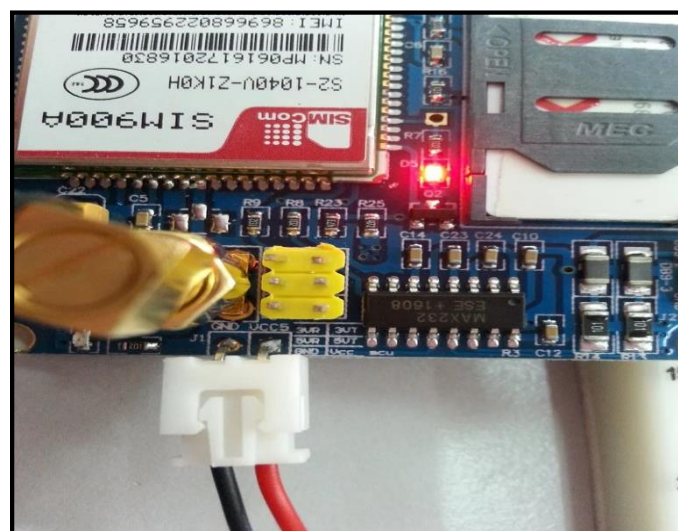
LED	IDICATEUR
PWR	Cette led est connectée à la ligne d’alimentation du blindage, si cette led est allumée donc GSM est alimente.

Statut	Cette led indique l'état de fonctionnement du Sim 900A, si cette led allumée, la puce est en mode de fonctionnement.
Netlight	<p>Cette led indique l'état du réseau cellulaire, il clignotera à différente vitesse pour indiquer dans quel état il se trouve.</p> <p>Eteint : la sim900A ne fonctionne pas.</p> <p>64ms allume, 800ms éteint : la sim900 est en cours d'exécution mais n'est pas enregistrée sur le réseau cellulaire, réseau encore.</p> <p>64ms allume, 3s éteint : la sim900 est enregistrée sur le réseau cellulaire et peut envoyer/recevoir de la voix et des sms.</p>

**Tableau II.3** : led d'indication

### II.2.3.2 L'alimentation

Le bouclier GSM sim900A peut être un appareil relativement gourmand en énergie. L'un des éléments important pour faire fonctionner le bouclier est de lui fournir suffisamment de puissance. Sa consommation de courant maximale est environ 2A, la tension de fonctionnement de la puce est de 3.4V à 4.4V. Pour maintenir la tension d'alimentation en sécurité à 4.1V [26] et pour une utilisation optimale du bouclier, il est recommandé d'utiliser une alimentation stable et suffisamment dimensionnée pouvant fournir jusqu'à 2A et 5 v qui permettra d'éviter tout problème lié à une alimentation insuffisante [25].



**Figure II.11** : Fiche d'alimentation

### II.2.3.3 Antenne

Une antenne est nécessaire pour utiliser le Sim 900A pour tout type de communication vocale ou de données. Le bouclier dispose de deux interfaces pour connecter l'antenne à un connecteur U.FL et un connecteur SMA via un cordon de brassage livré avec une antenne GSM 3dbi [26].

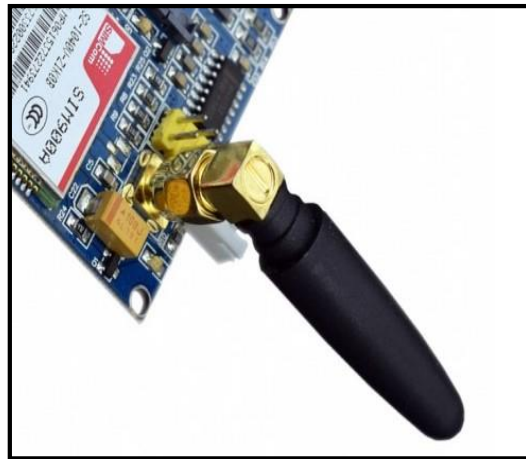


Figure II.12 : Antenne

#### II.2.3.4 Prise Sim

Le fonctionnement de la prise de la carte Sim peut prendre un certain temps pour s'y habituer sachant que toute carte Sim a une taille de 2G qui fonctionne parfaitement [26].

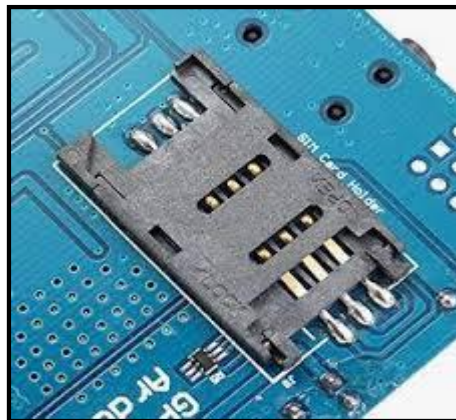


Figure II.13 : Connecteur de Sim

#### II.2.3.5 Illustration de la carte Sim

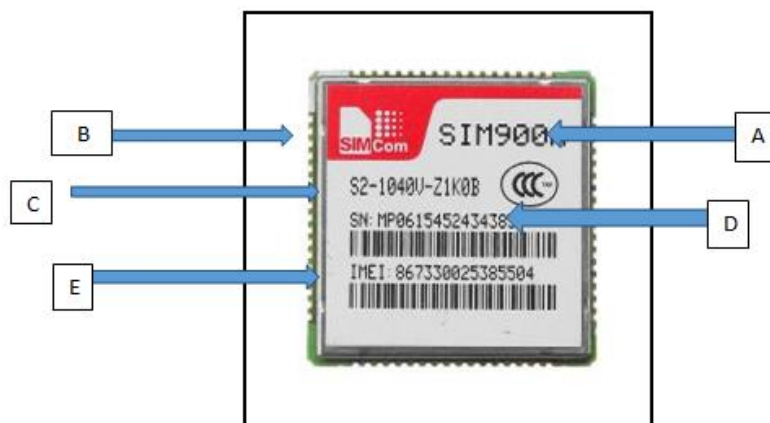


Figure II.14 : Information sur SIM900

Article	Description
A	Nom du module
B	Logo de SIMCom
C	Numéro de la pièce du module
D	Numéro de série du module et code barre
E	Module IMEI et code à barres

**Tableau II.4** : Informations sur la Sim [7].

### II.2.4 Les commandes AT avec arduino

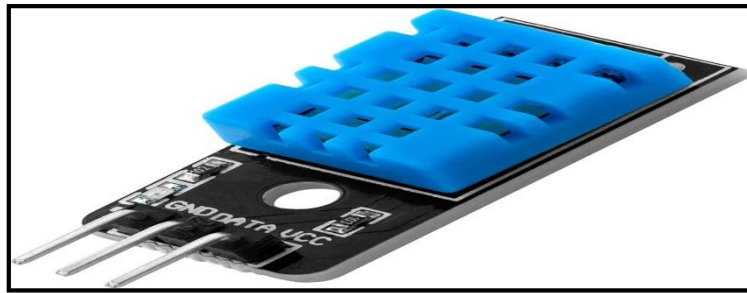
Pour communiquer entre l'arduino et le bouclier Sim 900A, nous utilisons des commandes AT dont on présente quelques-unes qui sont basiques ci-dessous :

- « AT+CCID » : lire l'information Sim pour confirmer si la Sim branchée.
- « AT+CREG » : vérifier s'il s'est enregistré sur le réseau.
- « AT+CMGF=1 » : sélectionner le format de message.
- « AT+CNMI » décide comment le message sms vont arrives doivent être traites.
- « ATD+ +XXX » : compose un numéro pour appeler.
- « ATA » : accepter l'appelé.
- « ATH » : raccroche l'appel
- « AT+CPOWD=1 » : est utilisé pour éteindre le modem.
- « AT+CFUN » : est utilisé pour réglez le modem GSM en mode fonctionnalité minimale.
- « AT+CSCLK=1 » : est utilisé pour active le mode veille [26].

### II.3 CAPTEUR DHT11

Le capteur DHT11 est considéré comme un capteur actif [28], avec un étalonnage du signal numérique capable de fournir des informations sur la température et l'humidité [29]. Il présente des valeurs très précise, fiable et une stabilité à long terme [30].

Le capteur DHT11 dispose d'un composant de mesure d'humidité de type résistif et d'un composant de mesure de température de type NTC avec un microcontrôleur 8 bits intégré dans un boîtier avec une range de 4 branche [30]. Ce capteur a l'avantage d'offre une qualité de lecture de donnée de détection plus réactive [29].



**Figure II.15** : Capteur DHT11

### II.3.1 Caractéristiques

- Il évalue la température de 0°C A 50°C avec une précision de +/-2°C.
- Il évalue le niveau d'humidité de 20% A 90% avec une précision de 5%.
- Alimentation électrique de 3.3v ou 5v.
- Signal de sortie : il fournit un signal numérique sur une seul broche, ce signal est souvent transmis selon le protocole 1 Wire.
- Fréquence de mesure : 1MHZ (1 mesure /s).
- Consommation : 0.5 mA en nominale /2.5mA MAXIMALE.
- Taille 15mm\*12mm\*5.5mm.
- Poids 3g. [28]

### II.3.2 Fonctionnement

Le capteur DHT11 fonctionne sur la communication série, c'est-à-dire la communication monofilaire qui rend l'intégration du système rapide et facile. Il envoie des données sous formes de train d'impulsion à base d'une commande d'initialisation avec un délai et durée du processus est d'environ 4 ms [30].

### II.3.3 Branchement

- Broche 1 : broche d'alimentation à 5 ou 3 volts.
- Broche 2 data : broche de communication, elle doit être reliée à l'alimentation via une résistance de 4.7 k ohm.
- Broche 3 : n'est pas utilisée et ne doit pas être connecter.
- Broche 4 : est la masse du capteur GND. [31]

## II.4 CAPTEUR DE FLAMME KY-026

Le capteur ky-026 est utilisé comme détecteur des flammes nues, il possède une structure led, la première indique que le capteur est alimenté et le deuxième indique qu'une flamme a été détectée. Ce capteur convient parfaitement à la mesure de seuils cela veut dire que le capteur génère un signal numérique élevé dès que la valeur dépasse le seuil. Il dispose aussi d'une sortie de mesure analogique qui ne convient pas aux convertisseurs car le signal analogique est influencé par le potentiomètre rotatif [32] avec une longueur d'onde détectée entre 760nm et 1100nm [33].



**Figure II.16** : capteur ky-026

#### II.4.1 Caractéristiques :

- Extrêmes sensibilité à la longueur d'onde entre 760-1100 nm.
- Seuil de détection de flamme modifiable par un potentiomètre.
- Plage d'onde de détection de 60°C.
- Alimentation 3.3-5v dc.
- Dimension 1.5cm\*3.6cm. [33]

#### II.4.2 Fonctionnement

Trois composants fonctionnels sont présents sur la carte de circuits imprimés de ce capteur à savoir :

Unité de détection située à l'avant du module responsable de la mesure physique de l'environnement actuel et de la transmission en signal analogique.

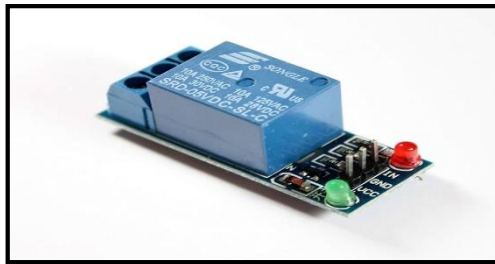
Deuxième unité l'amplificateur, le potentiomètre rotatif amplifie le signal en fonction de la résistance réglée et le transmet à la sortie analogique du module, le signal est inversé lorsqu'on mesure une valeur élevée, cela se traduit par une valeur de tension plus faible à la sortie analogique. Le comparateur est la 3<sup>ème</sup> unité qui commute la sortie numérique et la led, lorsque le signal diminue en dessous d'une certaine valeur. Au moyen du potentiomètre rotatif, la sensibilité peut être réglée. [32]

#### II.4.3 Branchement

- La broche avec le symbole (+) : doit être reliée à une broche d'alimentation 5v.
- La broche avec le symbole (G) : doit être reliée à une broche GND.
- La broche A0 est une broche analogique qui renvoie la température mesuré de la flamme le cas échéant (signal analogique).
- La broche D0 quant à elle, renvoie si le feu est détecté ou non (signal numérique) [34].

### II.5 RELAIS

Le relais est un composant électronique qui se présente sous la forme d'un interrupteur électronique. En principe le relais est un levier d'interrupteur avec un fil enroulé sur une tige de fer (solénoïde) [35]. Le relais nous permet de contrôler des appareils électrique de haut puissance (lampe, ventilateur, pompe à eau) [36] et il possède une interface standard qui peut être contrôlée par un microcontrôleur.

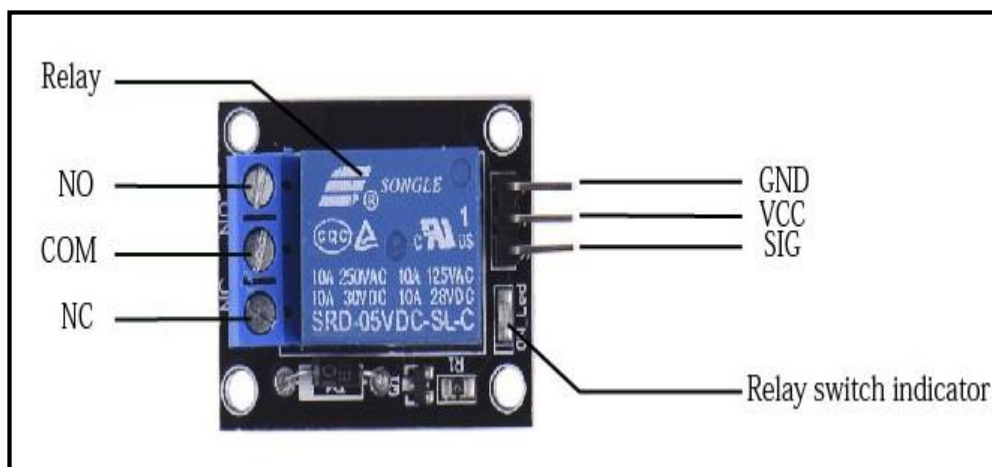


**Figure II.17** : relais

### II.5.1 Principe de fonctionnement

Le relais est constitué d'un électroaimant et d'un contacteur mécanique. Lorsque le courant est suffisamment sur la borne d'entrée [37], le solénoïde est électrifié, le levier sera attiré en raison de la force magnétique qui se produit sur solénoïde de sorte que les contacts de l'interrupteur se fermeront alors le courant est interrompu ; la force magnétique disparaît, le levier revient à sa position initiale et les contacts de l'interrupteur s'ouvrent à nouveau [35].

### II.5.2 Branchement [17]

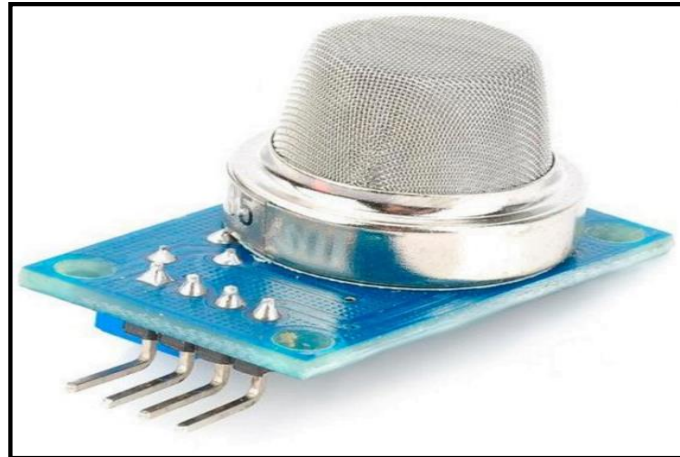


**Figure II.18** : Branchement du relais

## II.6 Capteur de gaz (MQ135)

### II.6.1 Définition

Le capteur de gaz MQ-135 est un dispositif de la série MQ largement utilisé pour la surveillance de la qualité de l'air. Il est capable de détecter divers gaz nocifs tels que l'ammoniac, les oxydes d'azote, le benzène, la fumée, l'alcool et le dioxyde de carbone, la gamme de concentration d'essai de l'élément sensible aux gaz est de 10 à 1000 pp [38].



**Figure II.19** : Capteur de Gaz MQ135

### II.6.2 Caractéristique

- Taille : 32\*20\*22mm / 1.25\*0.78\*0.86.
- La puce principale : Sonde de détection de gaz MQ135.
- Tension de fonctionnement : 5V DC.
- Puissance (Courant) : 150mA.
- Sortie D0 : 0.1/5 V.
- Sortie A0 : 0.1-0.3 V.
- Plage de détection : de 10 à 1000 pp.
- Sortie de signal : double (sortie analogique et sortie de niveau TTL) [38].

### II.6.3 Principe de fonctionnement

Le procédé chimique qui permet la mesure est basé sur la tension entre deux électrodes séparées par le gaz ambiant. Le MQ135 utilise de l'oxyde d'étain ( $\text{SnO}_2$ ) comme matériau sensible. Ce matériau a une résistance plus élevée dans l'air pur. Lorsque des gaz polluants sont présents dans l'air, la résistance du capteur diminue. Ainsi, le MQ135 détecte les variations de résistance causées par la présence de gaz toxiques. Le  $\text{SnO}_2$  réagit chimiquement avec les gaz polluants. Cette interaction modifie la conductivité du matériau, ce qui est mesuré par le capteur. [39]

### II.6.4 Branchement

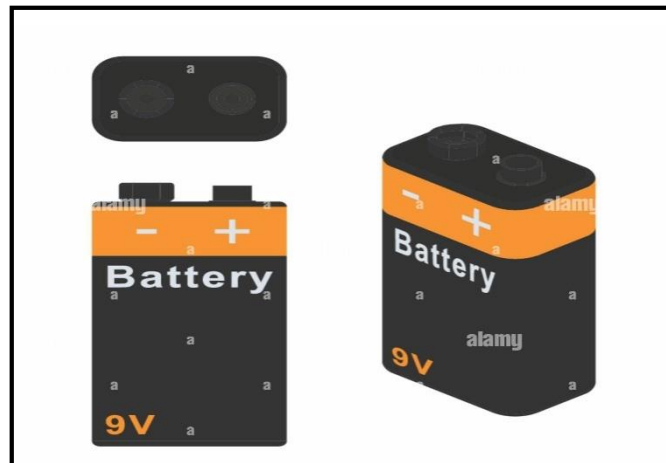
- Vcc : Utilisé pour alimenter le capteur, généralement la tension de fonctionnement est de +5V.
- Ground : Utilisé pour connecter le module à la masse du système.
- D0 (Digital Out : sortie du signal du commutateur TTL.
- A0 (Analog Out) : sortie du signal analogique [21].

## II.7 LA BATTERIE

Une batterie est un dispositif électrochimique utilisé pour fournir de l'énergie électrique dans un large éventail d'application, sa fonction essentielle est de fournir un courant continu, ce qui le rend idéal pour alimenter des appareils électronique de faible consommation. Ils ont

une capacité limitée et finiront par s'épuiser, la durée dépend de la consommation électrique de l'appareil.

La batterie se compose de six cellules connectées en série à l'intérieur d'un boîtier en plastique, chaque cellule produit environ de 1.5v. Les piles ont une réaction chimique au sein de chaque cellule pour générer un courant électrique à l'intérieur de chaque cellule qui contient une anode en zinc et une cathode en dioxyde de manganèse. Ces deux matériaux réagissent avec un électrolyte pour produire des électrons qui circulent entre l'anode et la cathode pour générer le courant électrique [40].

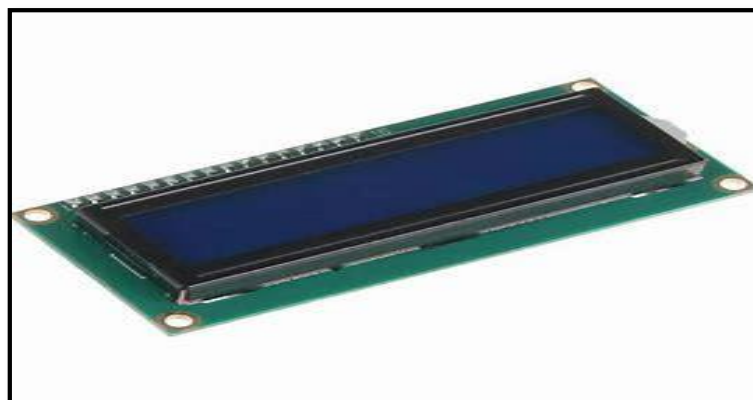


**Figure II.20** : Batterie

## II.8 Afficheur LCD

### II.8.1 Définition

Un afficheur LCD (Liquid Crystal Display) est un composant électronique qui joue un rôle d'interface visuelle entre le système et l'utilisateur, il transmette et affiche des données susceptibles à être exploiter par l'utilisateur d'un système. Un LCD 16\*02 est un type spécifique d'afficheur LCD alphanumérique qui est couramment utilisé dans de nombreux projets électroniques [41].



**Figure II.21** : Afficheur LCD 2\*16

### II.8.2 Caractéristiques

Les différentes caractéristiques d'afficheurs sont données dans le tableau II.5.

Type	Afficheur LCD 1602
Taille de l'écran	16 caractères par ligne, et 2 ligne
Nombre de caractères	32
Type d'affichage	A cristaux liquids
Interface de communication	Parallel a 8 bite
Tension alimentation	3.3-5V
Retroéclairage	Led blanche ou bleu
Controleur	HD44780

**Tableau II.5** : Caractéristiques d'afficheurs LCD [42]

### II.9 Pompe à eau

Une pompe à eau est un dispositif conçu pour déplacer l'eau d'un endroit à un autre en utilisant l'énergie cinétique. Elle dispose de quelques éléments de bases :

Entrée : L'endroit où la pompe absorbe l'eau.

Moteur + Hélice : Celui-ci est responsable de produire l'énergie cinétique nécessaire pour extraire l'eau à partir de l'entrée et la propulser vers la sortie.

Départ : C'est à cet endroit que l'eau propulsé par la puissance de la pompe sera expulsé [43].



**Figure II.22** : pompe à eau

### II.10 Terminaux virtuels

Etant donné que nous travaillons dans un environnement de simulation, nous avons eu besoin de savoir si le système fonctionne réellement, ce virtuel est utilisé pour envoyer et recevoir les données vers un port série. Un terminal virtuel est une interface basse sur un

logiciel qui aide les ingénieurs à créer virtuellement des circuits, ce dernier ressemble au circuit réel et aide à fournir les valeurs à saisir et à obtenir une sortie pour l'analyse du système [44].

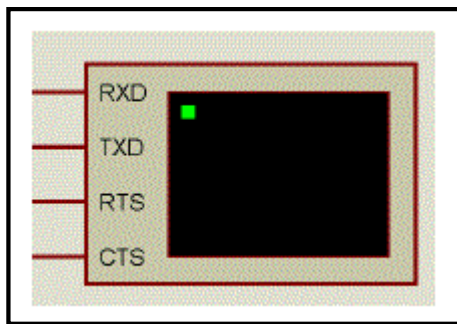


Figure II.23 : virtuels terminaux sur Proteus.

## II.11 Led (Light Emitting Diode)

### II.11.1 Définition

Une diode électroluminescente émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant électrique. Ces semi-conducteurs sont utilisés en affichage, éclairage et même en médecine [45].

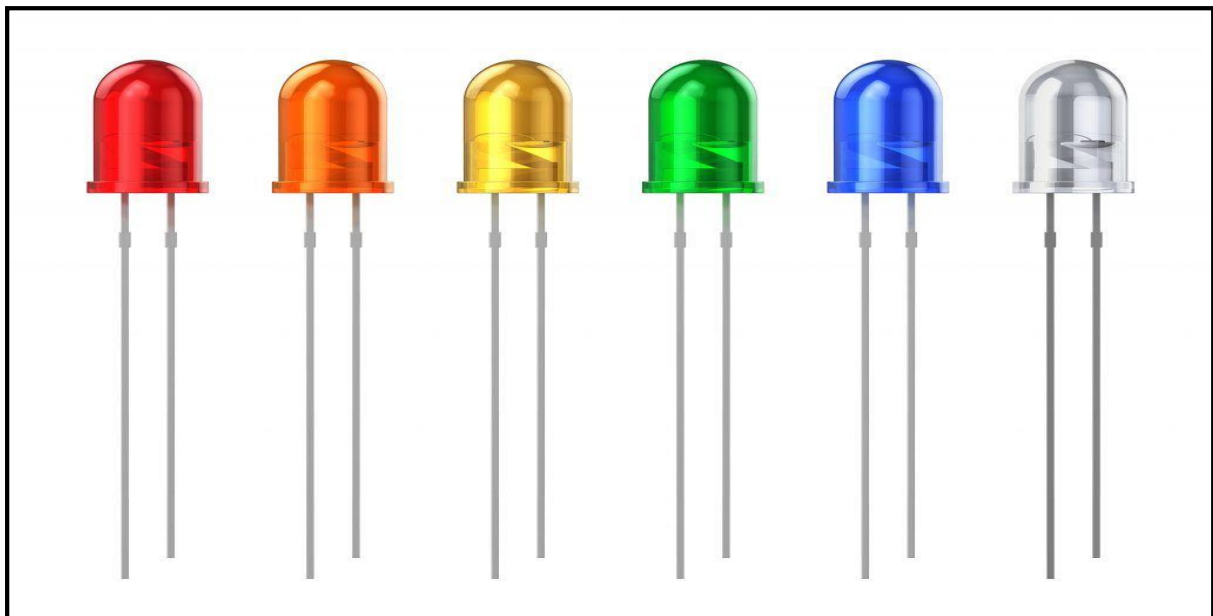


Figure II.23: Diode électroluminescente.

### II.11.2 Composants essentiel d'une LED

**La Puce Semi-conductrice** : Est un élément lumineux qui s'appelle Cœur de la LED, car il produit de la lumière.

**Le Boîtier** : La structure externe qui entoure le cœur de la LED, il protège la puce et aide à la diffusion de la lumière.

**Les Contacts Électriques** : C'est l'interface par laquelle le courant électrique est fourni à la puce LED pour qu'elle puisse émettre de la lumière [45].

### **II.11.3 Principe de fonctionnement des LED**

Une LED est composée de matériaux semi-conducteurs, qui converti l'électricité en lumière grâce à un phénomène appelé électroluminescence. Lorsque le courant électrique circule à travers une LED qui est une puce composée de semi-conducteurs. Ce déplacement d'électrons active les atomes à l'intérieur de la puce, générant ainsi de la lumière visible [45].

### **Discussion**

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les divers composants (carte Arduino, Capteurs, alarmes etc.) Mis en œuvre dans notre projet pour concevoir la simulation, ainsi que les différents programmes. Une communication est établie entre ces composants afin de collecter des données précises et nécessaires à notre réalisation.

---

# **CHAPITRE III : Conception et réalisation du projet**

### III Préambule

Dans ce chapitre, nous allons présenter les logiciels utilisés ainsi que les différentes étapes pour réaliser notre système d’alerte et de détection d’incendie forestier à base d’arduino. Ce projet contient une solution innovante pour détecter précocement les départs des feux et alerter rapidement les autorités compétentes.

Ce chapitre explore en détail les différentes étapes de conception et réalisation de ce système,

#### III.1 Présentation des logiciels

##### III.1.1 Logiciel Arduino IDE

###### III.1.1.1 Définition

Arduino IDE est un environnement de développement intégré (IDE) qui simplifie le processus de programmation des cartes Arduino. C’est une application multiplateforme (pour Windows, MacOS, Linux), écrit en langage de programmation java. Il fournit un éditeur de code dans lequel vous pouvez éditer et téléverser des programmes sur votre carte Arduino. L’IDE Arduino inclut également une bibliothèque de fonctions pré-écrites pour simplifier la programmation des périphériques et des capteurs couramment utilisés. Une fois que vous avez écrit votre programme, vous pouvez le téléverser sur la carte Arduino via un câble USB [46].

###### III.1.1.2 Contenu du logiciel

**Le cadre rouge :** Ce sont des options pour configurer le logiciel.

**Le cadre bleu :** Il contient des boutons destinés à être utilisés lors de la programmation de nos cartes.

**Le cadre vert :** Ce bloc accueillera le programme que nous élaborerons.

**Le cadre violet :** Ce composant revêt une grande importance car il nous aidera à corriger les erreurs de notre programme [46].

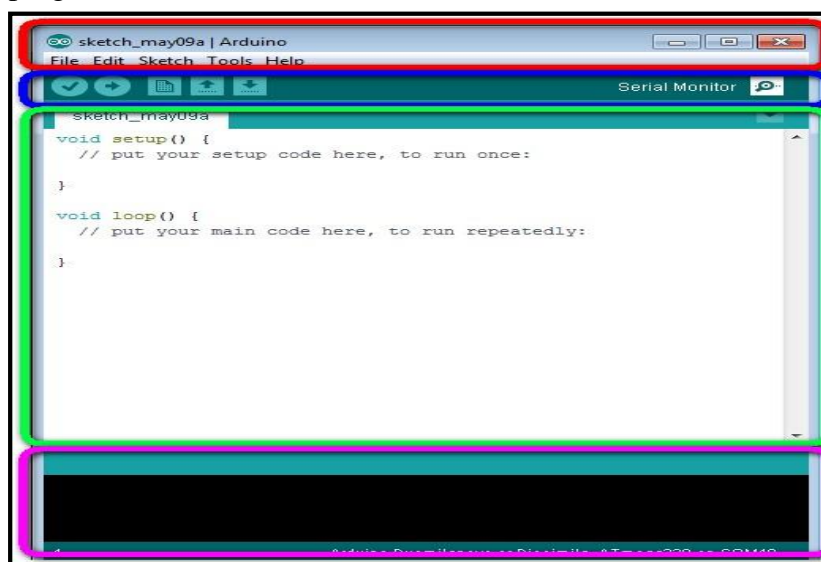
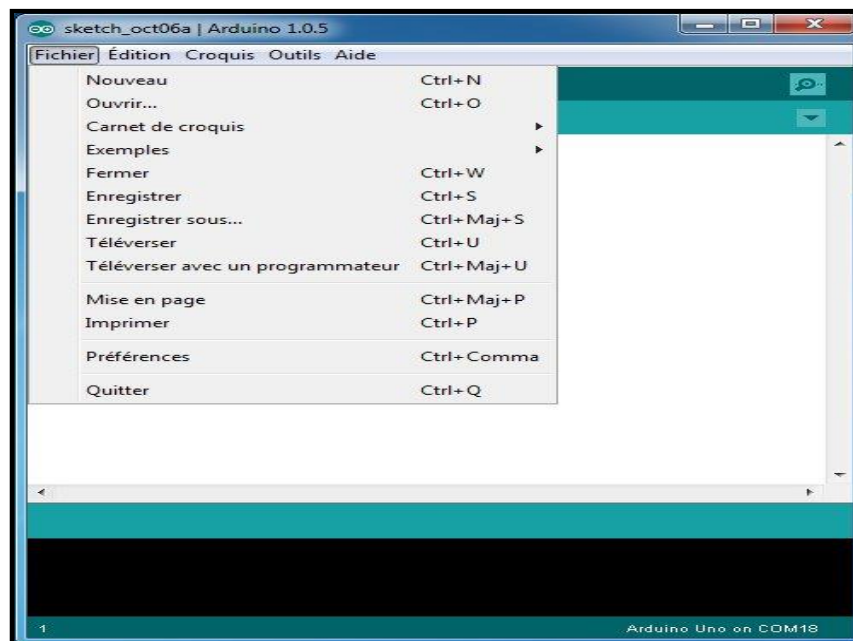


Figure III.1 : Interface de l’IDE Arduino

### III.1.1.3 Approche et utilisation du logiciel

- a. **La menue file** : c'est une section de l'interface utilisateurs où ces derniers peuvent accéder à des fonctionnalités liées à la gestion des fichiers. Le menu a été traduit en français progressivement où nous allons voir quelques options de ce menu :
- **Carnet de croquis** : Ce menu rassemble les fichiers que vous avez créés jusqu'à présent (ils sont enregistrés dans le répertoire par défaut du logiciel). Vous pouvez vous servir / vous inspirer de cette fonction pour concevoir vos propres programmes ou tester de nouveaux composants.
  - **Téléverser** : Il nous permet d'envoyer notre programme une fois vérifié vers la carte Arduino.
  - **Téléverser avec un programmeur** : Identique avec celui de «Téléverser» mais avec un programmeur (rarement utilisé).
  - **Préférences** : D'ici on peut régler quelques paramètres du logiciel [46].



**Figure III. 2** : Menu fichier dans Arduino IDE

- b. **Le menu outil** : Après avoir écrit ou copié le code dans la fenêtre de programmation, vous devez le transférer vers l'Arduino. Pour ce faire, une fois que vous avez connecté l'Arduino à votre ordinateur, vous devez choisir le port et le type de carte, qui est l'Arduino Uno dans notre situation [46].

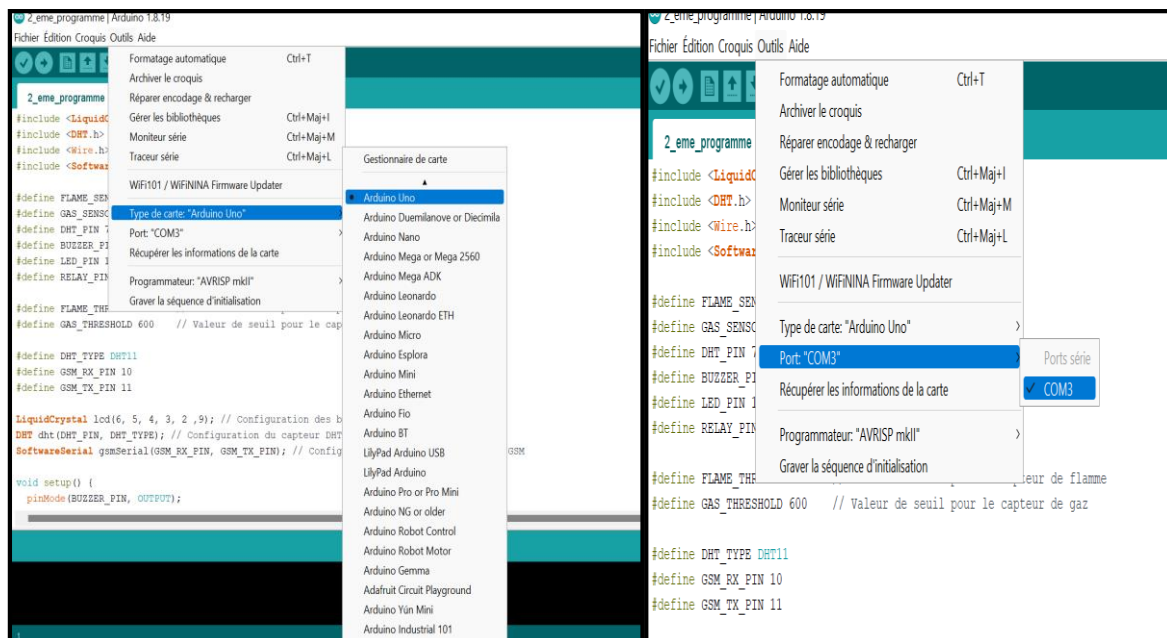


Figure III.3 : Menu outils

c. **La barre d'outils** : Dans l'IDE Arduino, vous trouverez la barre d'outils en haut de la fenêtre.

- Bouton 1 : Exécute une vérification du programme, déclenchant un module qui fait la recherche des erreurs dans votre code.
- Bouton 2 : Permet de transférer le programme vers la carte Arduino.
- Bouton 3 : Créer un nouveau fichier.
- Bouton 4 : Enregistrer le fichier.
- Bouton 5 : Ouvrir le moniteur série [46].

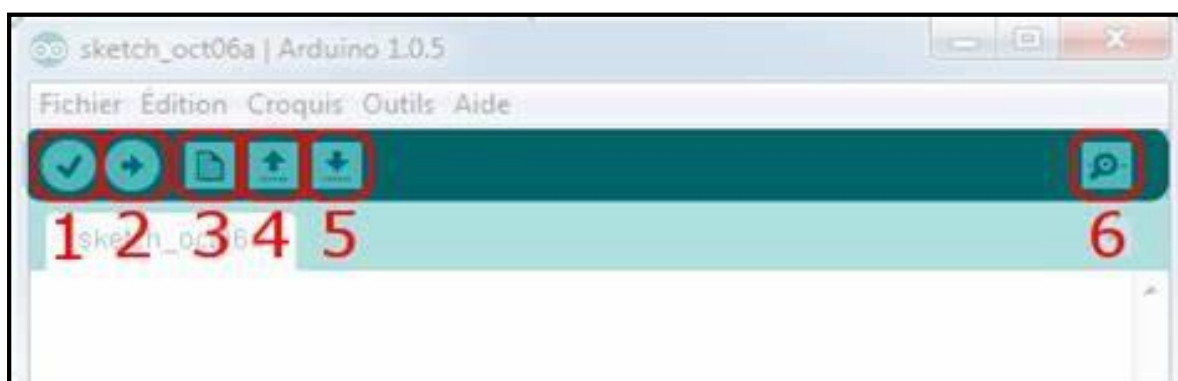


Figure III- 4 : Barre d'outils

### III.1.1.4 Structure d'un programme Arduino

Dans tout programme Arduino, on retrouve une séquence d'instructions élémentaires et séquentielle organisées [46].

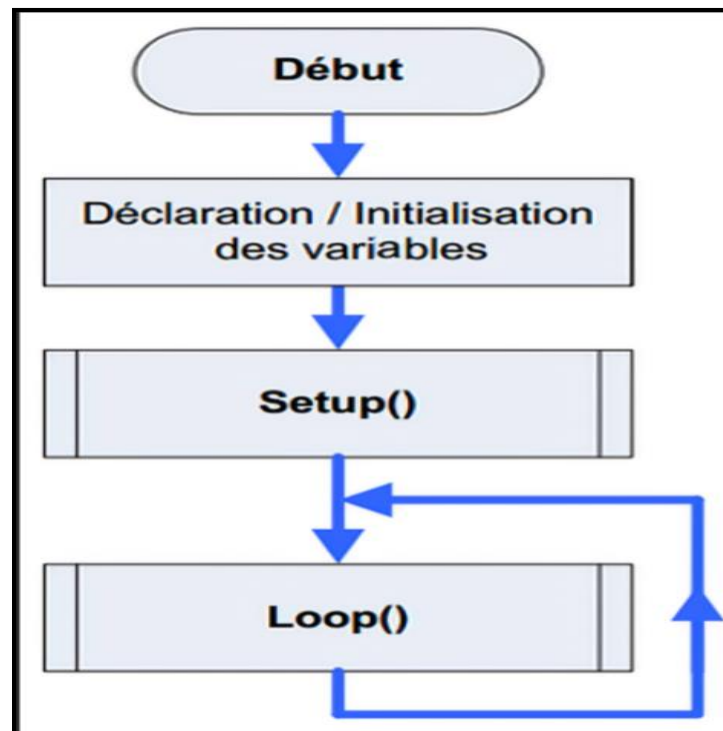


Figure III.5 : Chronogramme générale d'un programme Arduino

- a. **Définitions et déclarations des variables** : Ce sont les étapes où vous spécifiez le type et le nom des variables que vous utiliserez dans votre programme Arduino, ainsi que leur éventuelle initialisation [46].
- b. **Configurations des entrées/sorties voidsetup ()** : Cette fonction permet de configurer les broches et initialiser les variables etc.[46].
- c. **Programmations et interactions voidloop ()** : Dans cette boucle on définit les opérations suivantes :
  - **Digitalwrite (nom, état)** : c'est une fonction qui permet de contrôler des broches numériques.
  - **Delay (temps en milliseconde)** : Cette fonction permet de créer une pause (une attente) dans le programme pendant un certain laps de temps spécifié en millisecondes.
  - Chaque instruction se termine par un point-virgule dans la syntaxe d'un programme Arduino.
  - Les accolades sont des caractères utilisés pour délimiter des blocs de code dans la programmation [46].
- d. **Les commentaires** : vous pouvez inclure dans votre code des commentaires pour expliquer son fonctionnement, documenter des parties spécifiques du code ou ajouter des notes pour les personnes qui lisent votre programme. En Arduino, les commentaires sont précédés de deux barres obliques "//" pour les commentaires sur une seule ligne ou encadrés par "/\* et \*/" pour les commentaires sur plusieurs lignes [46].

## III.2 Proteus Professional

Une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la Société Labcenter Electronics. Les logiciels inclus dans Proteus Professional permettent la Construction Assistée par Ordinateur dans le domaine d'électronique et possèdent des avantages comme :

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et à utiliser.
- Le support technique est performant.
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet.

Proteus professionnelle à deux composants principaux (ISIS, ARES, PROSPICE) et VSM. Nous avons utilisé dans le cadre de notre projet « issis » pour simuler notre système [47].

### III.2.1 ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet à la simulation d'ajuster et de modifier le circuit comme si on manipulait un montage réel. Ceci permet d'accélérer le prototypage et de réduire certaine erreurs. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisé dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits [47].

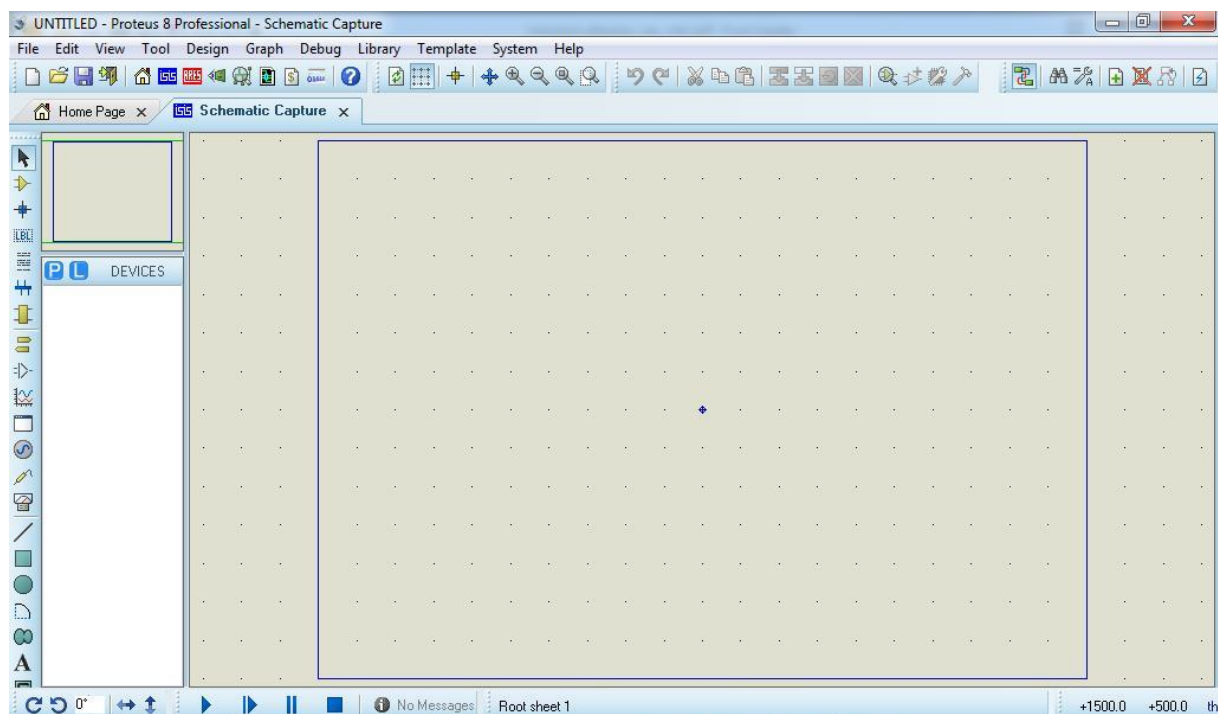


Figure III-6 : Interface de logiciel de simulation ISIS

### III.2.2 Présentation de l'interface isis

- a- Barre de menus :** Cette barre permet de gérer votre travail (ouverture, sauvegarde, impression, mode d'affichage, etc.) [48].

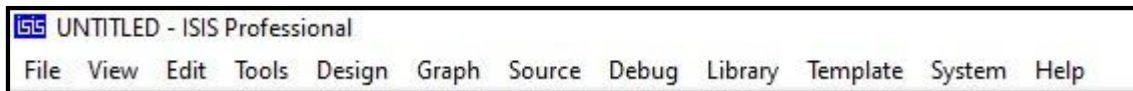


Figure III-7 : barre de menu

- b- **Zone de travail** : Zone rectangulaire où nous déposons les composants pour dessiner le schéma structurel du modèle à simuler ou de la carte à router. [48].

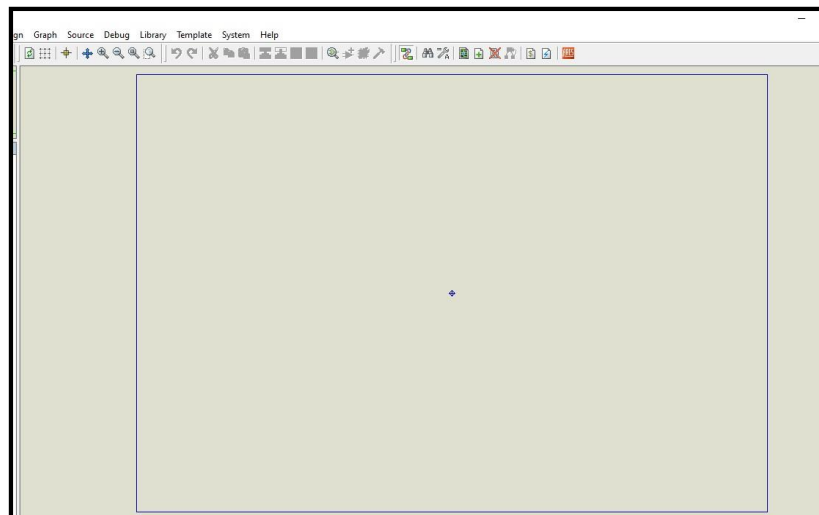


Figure III.8 : Zone de travail

- c- **Sélecteur d'objet** : Zone rectangulaire où nous trouvons tous les composants présents dans le dessin [48].

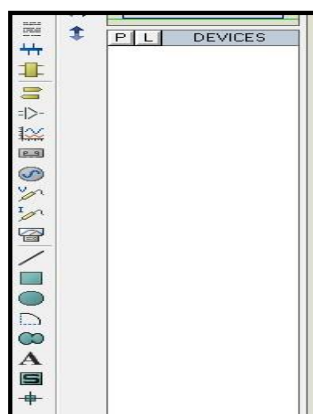



Figure III.9 : Sélecteur d'objet

- d- **Sélection d'un composant**

Pour créer un schéma électrique et choisir des composants nous trouvons une barre d'outil qui nous permet de trouver cette icône , en cliquant sur cette icône la boîte de dialogue apparaîtra, nous donnant le choix des composants [48].

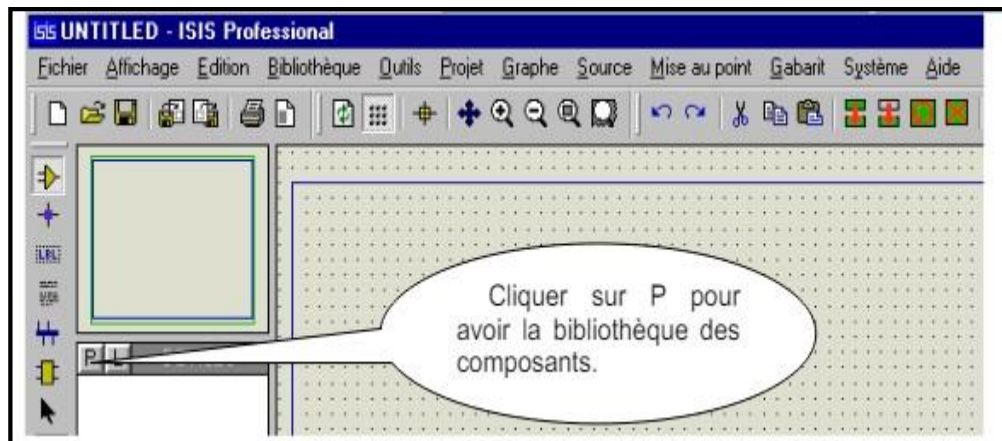


Figure III.10 : Choix des composants.

Dés que nous cliquons sur p, une fenetre qui va apparaître et nous pouvons sélectionner le composant, par exemple le capteur de flamme. [48].

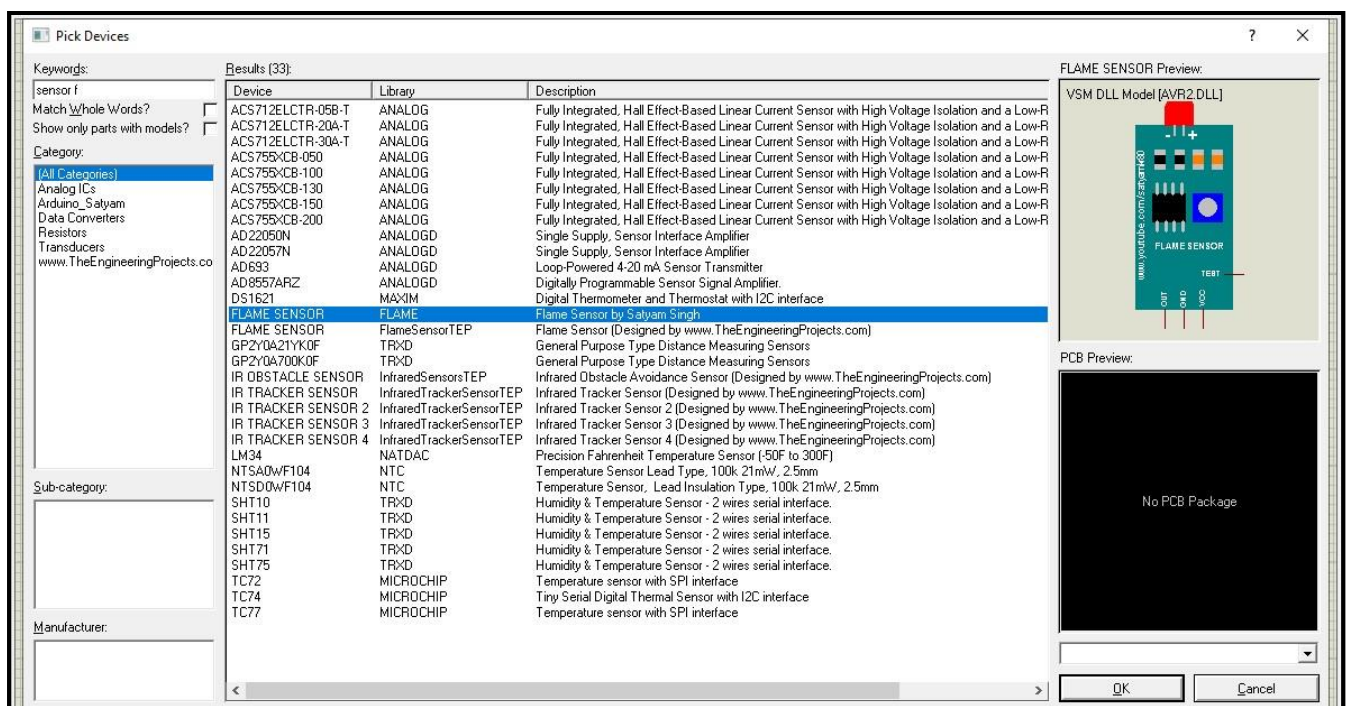


Figure III.11 : Recherche d'un composant

Une fois que le composant a été sélectionné dans la liste proposée, nous cliquons sur "OK" et nous le plaçons sur le sélecteur d'objet.. En utilisant une souris, on positionne le capteur sur la zone de travail [48].

- e- **Placement d'une masse ou d'une alimentation** : Pour placer une masse ou une alimentation, cliquer sur l'icône terminal/inter feuille, puis sélectionner et placer sur la grille [48].

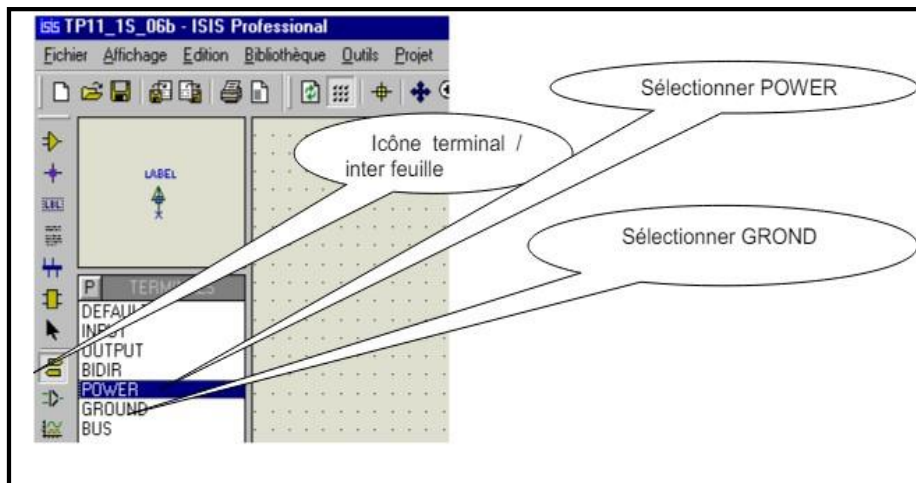


Figure III.12 : Icône terminal

f- **Simulation dynamique** : dès qu'on termine la réalisation, la simulation devienne possible d'une manière interactive, en appuyant sur le bouton Play et le système devient fonctionnel [48].

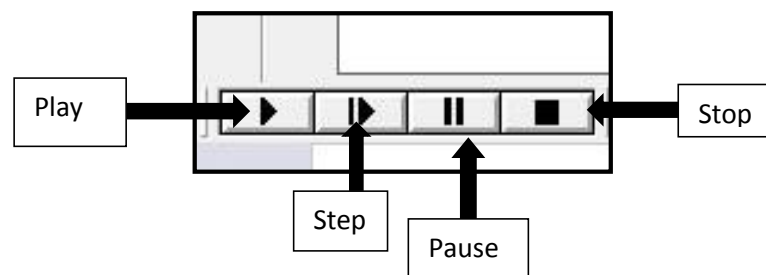


Figure III.13 : Activation de la simulation

### III.3 Description du système de surveillance

#### III.3.1 Principe de fonctionnement

Le système que nous avons réalisé est un système de détection et d'alerte des incendies forestiers, il est constitué de deux parties principales :

- Détection et prévention : constituée de capteurs de flamme ky-026, capteur de gaz mq-135, capteur dht11 et une pompe à eau commandée par un relais ainsi que l'unité principale constituée d'une carte arduino.
- Transmission : ce système alertera l'autorité prévue par un message, cette tâche se fait à l'aide d'un module GSM Sim 900A.

Au démarrage, l'Arduino Uno initialise tous les composants du système. Le capteur DHT11 est utilisé pour surveiller la température et l'humidité de l'environnement, l'arduino envoie une séquence spécifique pour initier la communication et récupérer les données de température et d'humidité ensuite l'afficheur affiche les données collectées, ce qui permet aux utilisateurs de suivre les conditions météorologiques locales. Le capteur KY-026 de flamme et le capteur MQ135 de gaz sont en permanence actif pour surveiller, une fois qu'une flamme détectée par le capteur de flamme ou une présence de gaz, un signal est envoyé à l'Arduino pour signaler la situation. Suite à la réception d'un signal de détection de flamme ou de gaz, l'Arduino met immédiatement en marche les deux LEDs (une qui s'allume lors de la détection de flamme et l'autre lors de la détection de gaz) afin de prévenir les individus à proximité du danger. La LED

donne une évidence visuelle nette de la présence de danger, Simultanément il met en marche une pompe à eau commandée par un relais qui arrosera la zone à proximité. En même temps, un message d'alerte est transmis aux destinataires via le modem GSM SIM900A.

Une fois la situation sous contrôle et que les conditions reviennent à la normale, l'Arduino désactive la LED, la pompe à eau, tout en gardant une surveillance attentive de l'environnement pour détecter toute nouvelle menace éventuelle.

### III.3.2 Schéma électrique du système

Le schéma ci-dessous présente les différentes connexions des capteurs utilisés avec la carte arduino.

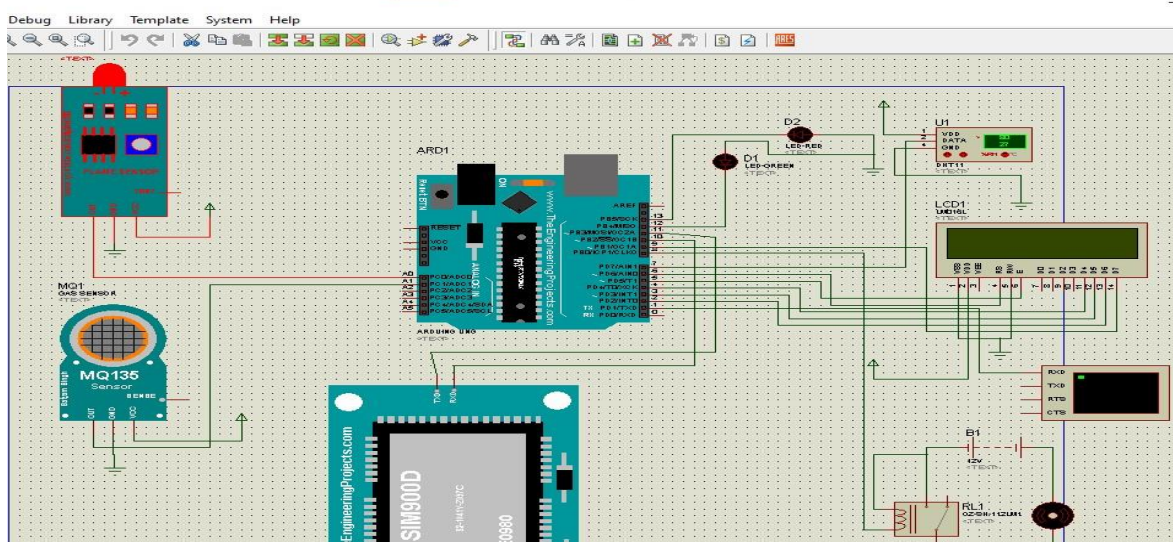


Figure III.14 : Schéma électrique du système sur Proteus

### III.3.3 Branchement du système

#### III.3.3.1 Branchement de l'Arduino et le capteur DHT11

Pour connecter le capteur dht11, nous allons câbler les deux broches d'alimentation du capteur (broche n°1 et broche n°4) respectivement aux broches 5V et GND de la carte arduino, Nous achevons ensuite le circuit en reliant la broche n°2 du capteur (sortie du signal) à la broche 7 de la carte Arduino avec un fil.

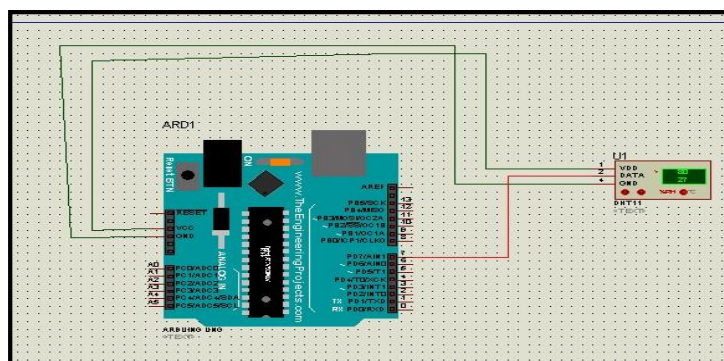


Figure III.15 : Connexion capteur dht11

### III.3.3.2 Branchement de l'Arduino et le capteur de gaz (MQ135)

- Le GND du capteur vers GND de l'Arduino.
- Le VCC du capteur vers l'alimentation de l'Arduino (5V).
- La broche A0 du capteur vers l'entrée Analogique (A1) de l'Arduino.

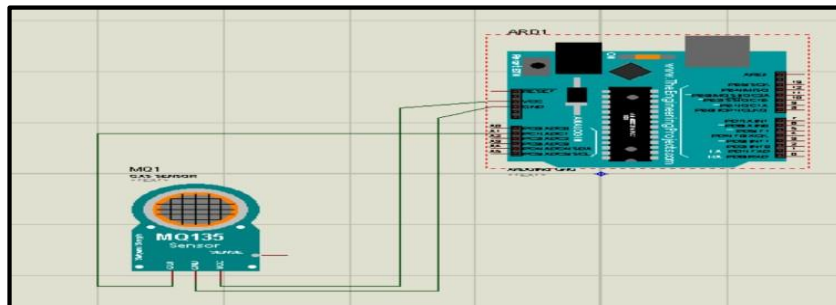


Figure III.16 : Connexion capteur MQ135

### III.3.3.3 Branchement de l'Arduino et le capteur de flamme

- Le GND du capteur de flamme vers le GND de l'arduino.
- Le VCC du capteur vers l'alimentation de 5V de l'arduino.
- La broche A0 (analogique) du capteur vers la broche A0 de la carte arduino.

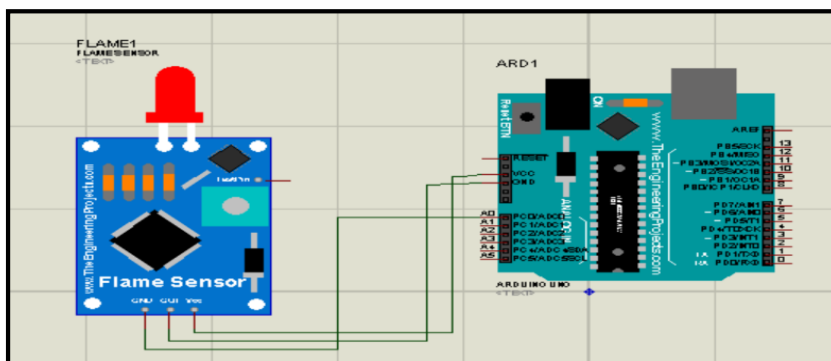


Figure III.17 : Connexion capteur ky-026

### III.3.3.4 Branchement de l'Arduino et la pompe à eau

- Le (+) de la pompe vers NC du relais et le (-) vers le (-) de la batterie.
- Le (+) de la batterie vers le COM du relais.
- Pour finir, nous branchons le relais aux 3 autres broches à savoir le SIG vers la broche 8 de la carte arduino, le VCC vers le (+) de la batterie et le GND vers le GND de l'arduino (on n'a pas utilisé le GND dans la simulation car le relais ne le possède pas).
- La batterie est de 9V.

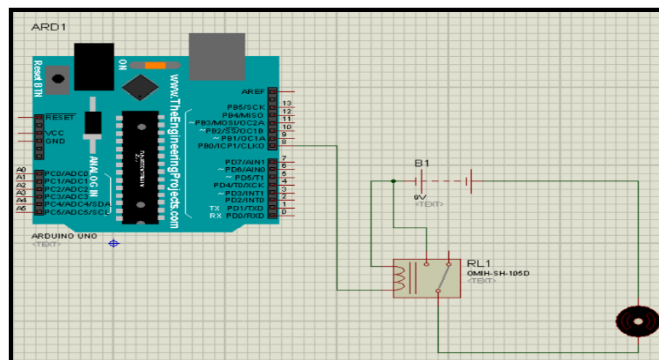


Figure III.18 : Connexion de la pompe à eau.

### III.3.3.5 Branchement de l’afficheur LCD

Pour connecter l’afficheur LCD 16\*2 physiquement à l’arduino, nous relient les broches comme suite :

- Les broches VSS, RW et VDD sont branchés respectivement aux broches GND et à la source d’alimentation 5V.
- « Vo » est utilisée pour ajuster le contraste de l’écran qui peut se faire à travers un potentiomètre.
- Le potentiomètre est branché vers la pin correspondant à la masse et l’autre à la source d’alimentation 5V, la broche du centre est reliée au pin « VO » de l’écran.
- Pour les broches de données (D4, D5, D6, D7), elles sont reliées à la broche (4 ,3 ,2 ,9) de la carte arduino et les registre RS et E sont branchés aux pins 6 ,5.
- Les broches K et A sont les éléments essentiels pour que l’afficheur s’allume. L’anode du rétroéclairage A est branché à la broche de 5V et la cathode du rétroéclairage k a la masse.

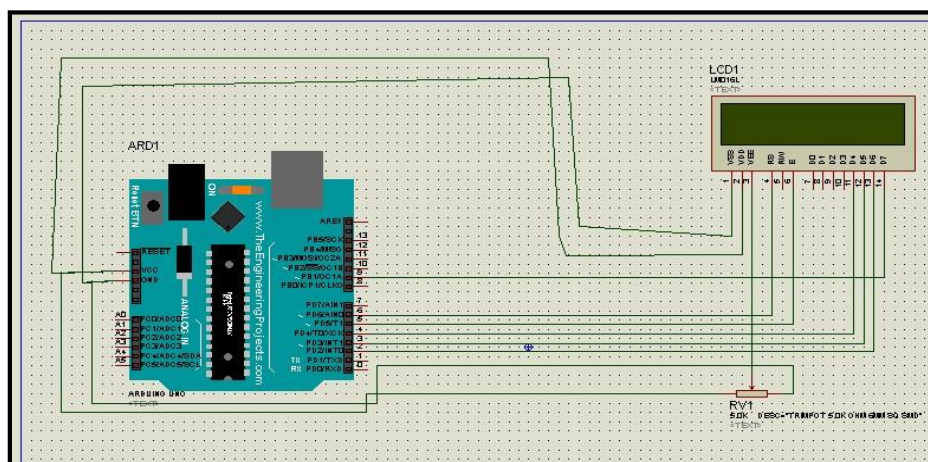
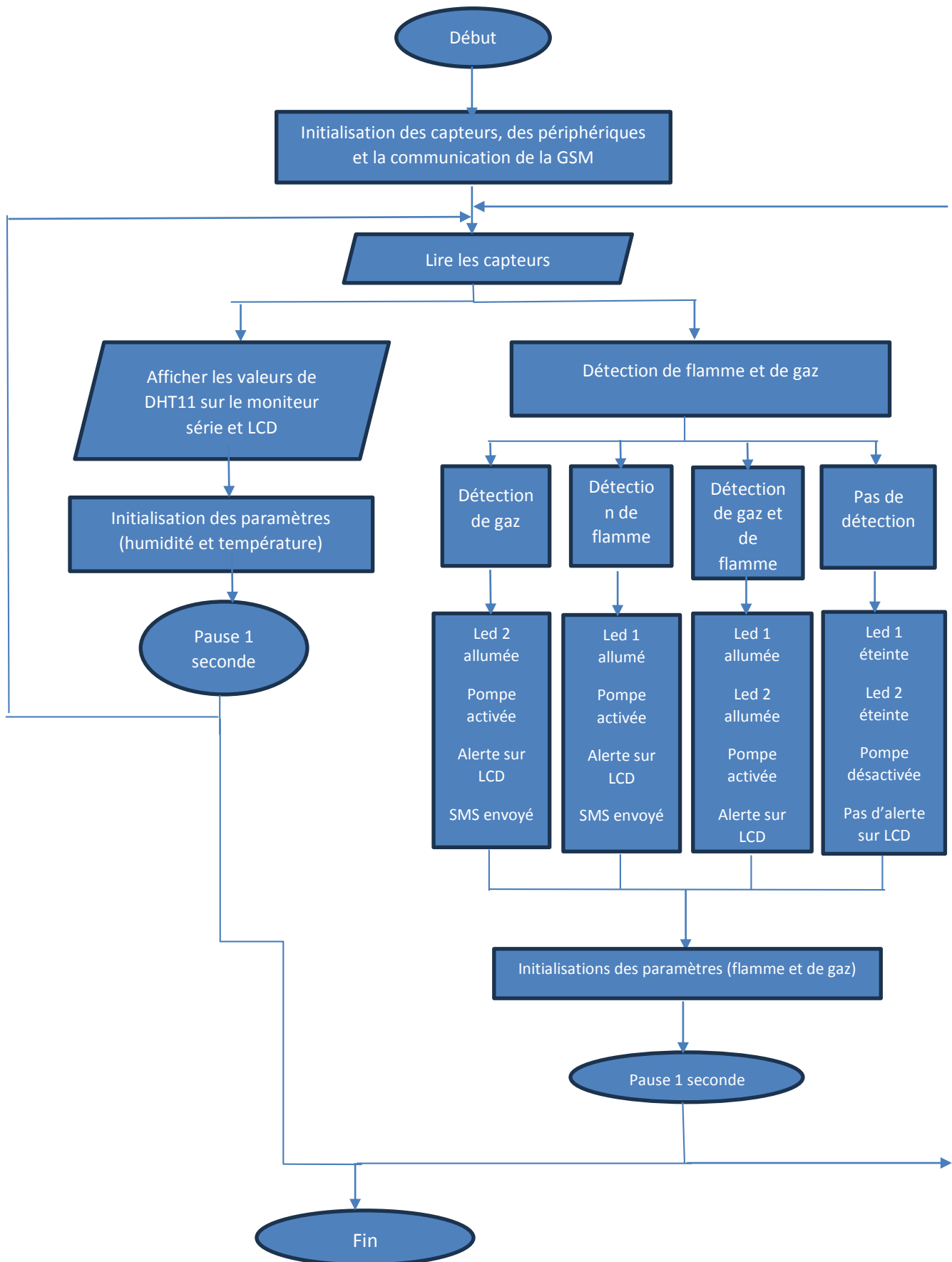


Figure III.19 : Afficheur LCD

#### **III.4 Programmation du système**

Une fois que les diverses interconnexions de capteurs constituant le système ont été établies, la prochaine étape consiste à programmer la carte Arduino Uno. Pour programmer cette dernière, il est nécessaire de saisir le programme, le compiler puis le téléviser comme le montre la figure III.20



III.20 : Organigramme de fonctionnement du système

### III.5 Test du système

Nous allons effectuer quelques tests sur le fonctionnement de notre système de détection.

#### III.5.1 Le système lors du repos

Le système est allumé mais les capteurs ne détectent aucune substance, les deux leds restent éteintes. Le module GSM Sim 900 n'envoie aucun message.

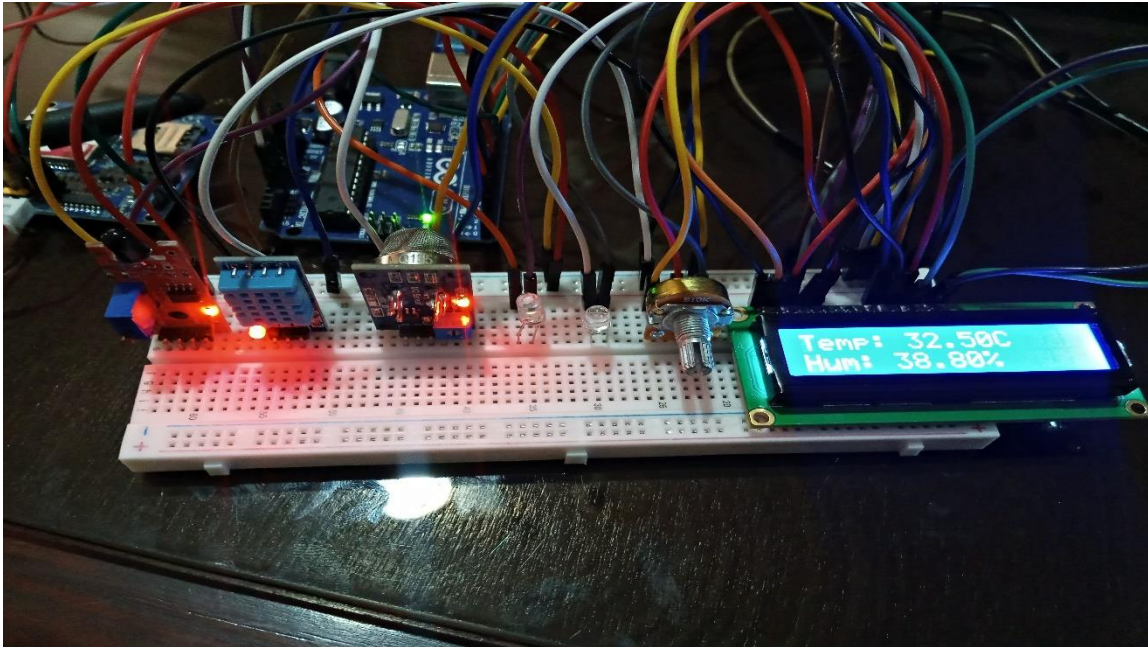


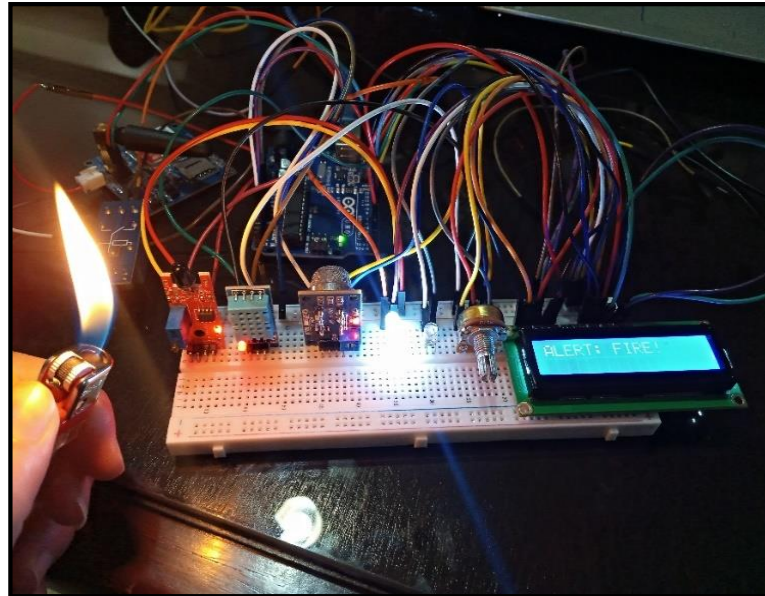
Figure III.21 : Image réelle du système lors du repos

#### III.5.2 Un des deux détecteurs est en marche

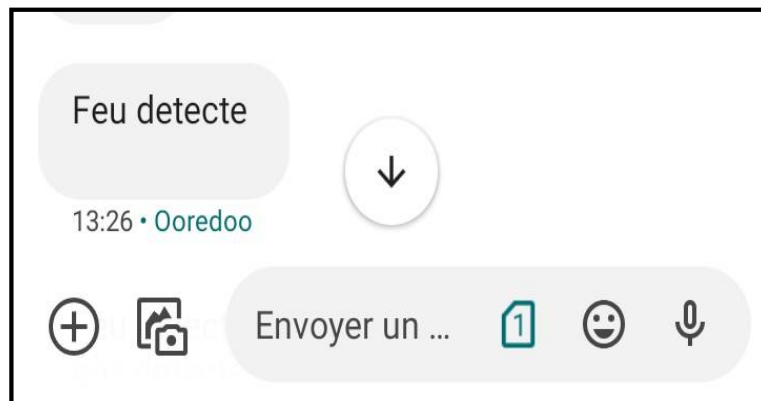
Lorsqu'un des deux capteurs détecte une substance (flamme ou gaz), Nous aurons les cas suivants :

- En cas de détection de flamme

La led 1 s'allume, la pompe en marche, le module GSM SIM 900 A vas transmettre un message <feu détecté>.



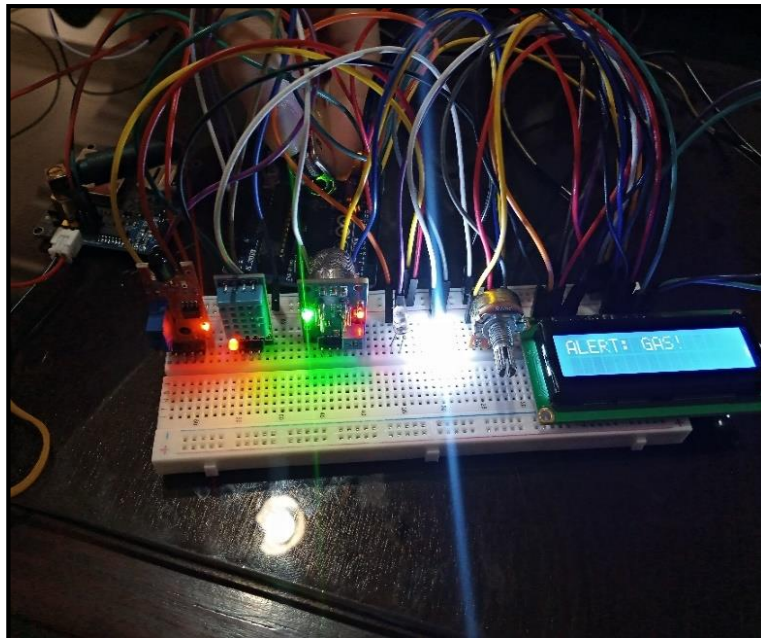
**Figure III. 22** : détection de flamme



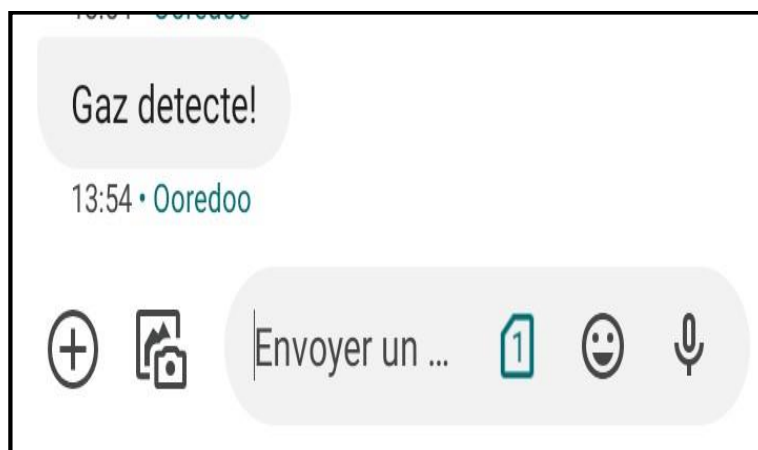
**Figure III. 23** : Message de détection de flamme

- En cas de détection de gaz

La led 2 s'allume, la pompe en marche et le module GSM SIM 900 A vas transmettre un message < gaz détecté>

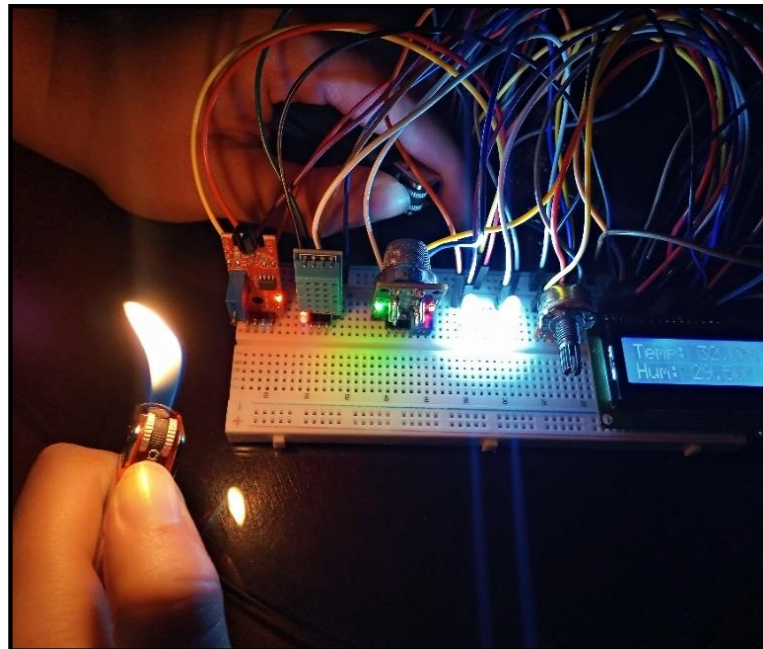


**Figure III. 24:** détection de gaz

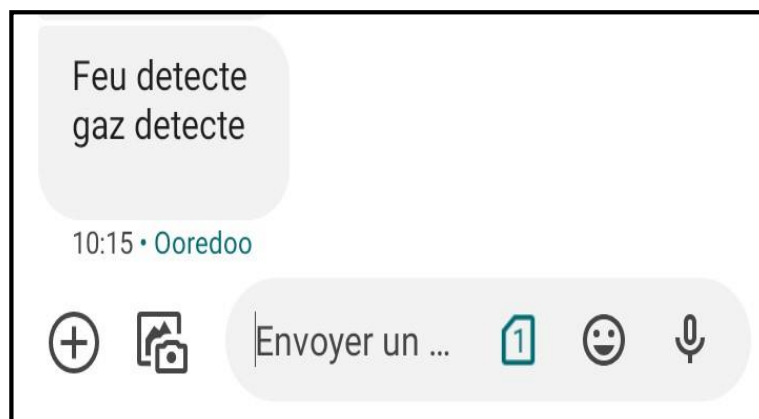


**Figure III. 25 :** Message de détection de gaz

- Lors de la présence de flamme et de gaz simultanément, dans ce cas :  
Les deux capteurs détectent les deux substances (flamme et gaz), les 2 leds s'allument, la pompe se déclenche et le module GSM Sim 900A envoie un message contenant les deux types de détections au même temps.



**Figure III. 26 :** détection de flamme et de gaz



**Figure III. 27 :** Message de détection de gaz et de flamme

### Discussions

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes étapes de détection et d'alerte d'incendie forestières en expliquant ses différents états avec des figures et un organigramme.

## **Conclusion et perspective**

### **Conclusion générale**

Dans ce mémoire, nous avons présenté les différentes étapes suivies pour réaliser un système de détection et d'alerte d'incendie forestier dans le cadre d'une démarche proactive visant à préserver les écosystèmes forestier et à prévenir les catastrophes naturelles , nous avons développé une solution capable de détecter rapidement les signes précises d'incendie et d'alerter les autorités concernées.

Le dispositif met en place est un système qui contient une carte arduino, trois capteur (capteur de température et d'humidité, capteur de flamme et capteur de gaz) un module GSM Sim 900A et deux leds.

Ce travail vise à surveiller les conditions météorologiques et d'envoyer immédiatement un message aux autorités indiquant le type de détection (flamme ou gaz) ce qui permet une intervention rapide des services concernés.

L'incorporation de ce système pourrait avoir un impact considérable sur les dommages causés par les incendies, préserver la biodiversité et les ressources naturelles ainsi que préserver des vies humaines.

Comme perspective à ce travail, plusieurs voies peuvent être envisagées :

Grâce à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage automatique, on peut améliorer la précision des détections en analysant les données des capteurs en temps réel et en développant des modèles prédictifs en fonction des conditions météorologiques et environnementales, ainsi que l'amélioration de la connectivité qui permettra une surveillance centralisée des vastes zones forestières en utilisant des réseaux de capteurs sans fil interconnectés et en intégrant l'Internet des Objets (IoT). Cela nécessite l'utilisation de protocoles de communication robustes afin de garantir une transmission fiable des données.

Nous souhaitons vivement que ce modeste travail serve de modèle pour d'autres études plus approfondies et sera enrichi pour les promotions à venir.

## **Références et bibliographies**

- [1] : Essid Oussama, José Justino Jaime, Nhakalaza Vitoria Vitorino, Rôle des Aménagements des défenses des forêts contre les incendies dans la lutte contre les feux de forêts dans la Wilaya de Blida, Université de Blida 1.
- [2] : <https://www.ifrc.org/fr/notre-travail/catastrophes-climat-et-crisis/quest-ce-quune-catastrophe/les-incendies-foret>.
- [3] : <https://www.profinnovant.com/triangle-de-feu>.
- [4] : Fezazi Chaimaa, Etude, simulation et réalisation d'un système anti incendie à ondes sonores, Université de Tlemcen
- [5] :PERRIEZ.F ; 2003, Rapport sur la protection des incendies de forêt après les feux de l'été ,126p.
- [6] :DUMONT.J ; 2023, feu de forets : chiffres, causes conséquences et prévention Greeley.
- [7] : CHIBOUT M.L, 2022 Incendies de forêt, leurs causes et conséquences.
- [8] : BENKRAOUDA.S ; 2015, Détection des feux de forêts à partir d'images satellitaires infrarouges thermiques IRT en utilisant l'image de l'inverse de la probabilité d'appartenance. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Faculté des Sciences et de la Technologie, département de Génie Electrique.
- [9] : KHALIL .A et al ; 2012 ; Simulation numérique du comportement des feux de forêt par le logiciel farsite, université libanaise faculté de geniebranches.
- [10] : LAVOL .M ; 2021, Mémento du maire et des élus locaux Prévention des risques d'origines naturelle et technologique Incendies de forêt ; Institut des Risques Majeur.
- [11] : PLANA .E et al ; 2016, les incendies en forêt « guide pour le journaliste et les media, Projet eFIRECOM. Edition CTFC. 36pp.
- [12] : DUCHANPT.S ; 2023, 90% des départs de feux sont d'origines humaines" : tout ce qu'il faut savoir des risques d'incendie en forêt, France info.
- [13] : TEBANI .M 2023 : Les incendies de forêts : causes, conséquences, méthodes de lutte et principales espèces végétales utilisées dans le reboisement en Algérie, Université Hassiba Benbouali de Chlef, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département Eau, Environnement et Développement Durable.
- [14] : BAKOURI.S ; 2021, Feux de forêts en Algérie : causes, conséquences et solutions.
- [15] : <https://www.cbd.int/forest/doc/ts41/ts41mainmsgs-fr.pdf>
- [16] : <https://blog.exacompare.fr/environnement/plan-de-prevention-du-risque-incendie-de-foret-pprif/>
- [17] :<https://pepif-13.org/detecter-un-feu-de-foret-technologies-et-methodes-cruciales-pour-une-intervention-rapide>.
- [18] :<https://canadacommons.ca/artifacts/4782971/guide-de-reference-sur-lefficacite-des-largages-dhelicopteres-citernes-et-davions-citernes-ecopeurs-auteurs-colin-b/5619334/>
- [19] : EUROMAST 2019\_Equipement-de-lutte-incendie-de-foret.
- [20] :<https://www.smsp.fr/p/claie-de-portage-pompier-charge-max-60-kgs>
- [21] : Mlle Inguel Malha, Conception et réalisation d'un système domotique par gsm, Université de Tizi Ouzou

- [22] : <https://navlab.fr/projets/2019/01/27/alimentation-dune-carte-arduino-uno>
- [23] : <https://www.locoduino.org/spip.php?article57>
- [24] : <https://mybotic.com.my/products/SIM900A-GSM-GPRS-Module/1783>
- [25] : <https://youpilab.com/components/product/module-gsm-sim900>
- [26] : <https://fr.scribd.com/document/508773788/Module-GSM-SIM-900>
- [27] : <https://www.electronique-mixte.fr/wp-content/uploads/2018/08/PFE-Rapport-de-projet-de-fin-d%E2%80%99%C3%A9tude-105.pdf>
- [28] : <https://fr.scribd.com/document/699282453/capteur-dht11>
- [29] : Indra Aditia<sup>1</sup>), PENETAS TELUR OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR DHT11, 2022. Universitas Teknokrat Indonesia.
- [30] : Deeksha Srivastava<sup>1</sup> et al ; Measurement of Température and Humidité by using Arduino Tool and DHT11 1, 2,3, 2018. Département des applications informatiques, Académie JSS d'enseignement technique, Noida, Inde.
- [31] : AMEUR A .CH . 2021, capteur dht11 récupérer la température et l'humidité.
- [32] : <https://sensorkit.joy-it.net/fr/sensors/ky-026>
- [33] : <https://mataucarre.fr/index.php/2017/03/31/capteur-detecteur-de-flamme-ky-026-arduino/>
- [34] : <http://science-facile.fr/2019/01/capteur-infrarouge-ky-026.html>
- [35] : Sasky Oktafian Nabilla, 2022 implementasi optocoupleur PC817 dan relay sebagai i/osistem remote reset axle counter Az S 350 u menggunakan departement technologie industri sekolah vokasi universitas diplogoro semarang STM32F103C8T6 dengan ethernet client untuk hubungan stasiun weleri-krengseng
- [36] : <https://www.moussasoft.com/relais-avec-arduino/>
- [37] : <https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-module-relais-avec-arduino/>
- [38] : <https://www.smart-cube.biz/produit/module-mq-135-capteur-de-gaz/>
- [39] : <https://fr.vittascience.com/learn/tutorial.php?id=9>
- [40] : <https://bestpiles.fr/blog/quelle-est-lautonomie-dune-pile-9v--n29>
- [41] : <https://arduino-france.site/lcd-1602/>.
- [42] : <https://www.robotique.site/tutoriel/afficheur-lcd-1602-avec-i2c/>.
- [43] : <https://www.hwlibre.com/fr/pompe-%C3%A0-eau-arduino/> .
- [44] : <https://www.theengineeringknowledge.com/virtual-terminal-in-proteus/>
- [45] : <https://www.electricity-magnetism.org/fr/diodes-electroluminescentes-led/>
- [46] : Kechad Assia, Bahloul Ouazna, Réalisation d'un prototype self cleaner à base d'Arduino, Université Akli Mohand Oulhadj- Bouira
- [47] : COULIBALY.M 2019 , Détection du complexe QRS par la Méthode de Laguna Faculté : Sciences de l'Ingéniorat Département :d'Electronique. université Badji Mokhtar Annaba .

[48] : Djoudi Lakhdar,2018 ;GUIDE DE PRISE EN MAIN ISIS PROTEUS V7, Institute of Science and Technologie université tissemsilt